

## بررسی اثرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک با الگوریتم WLC (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای)

صیاد اصغری سراسکانرود\*: دانشیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مهدی فعال‌نذیری: دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

علی اصغر اردشیرپی: دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲)

### چکیده

امروزه تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت، نگرانی‌های زیادی را در زمینه‌ی تخریب خاک، محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی در سطح دنیا پدید آورده‌است؛ از این رو، مطالعه‌ی تغییرات فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری اراضی ضروری است. بنابراین، در این پژوهش به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در حوضه‌ی آبخیز آق‌لاقان‌چای استان اردبیل و تأثیر آن بر فرسایش خاک پرداخته شد. بدین منظور، نقشه‌ی کاربری اراضی سال‌های مورد مطالعه با استفاده از روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی، از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج شد. تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش خاک نیز با استفاده از نقشه‌ی کاربری اراضی و عواملی شامل لیتولوژی، شیب، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، بارش و خاک با استفاده از روش وزن‌دهی کریتیک و روش ترکیب خطی وزن‌دار صورت گرفت. براساس نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش تولید شده در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، به طور عمده مناطق با طبقه‌ی بسیار پرخطر و مناطق پرخطر در کاربری‌های دیم‌زار و مناطق کشاورزی - باغات قرار دارد. با توجه به پهنه‌بندی فرسایش خاک در این سال‌ها، مساحت طبقه‌ی بسیار پرخطر به ترتیب ۱۱/۲۰، ۱۲/۲۰ و ۱۲/۲۲ درصد و طبقه‌ی پرخطر به ترتیب ۲۵/۵۹، ۲۶/۶۵ و ۲۸/۲۹ درصد است که افزایش فرسایش خاک را در گذر زمان نشان می‌دهد. نتایج نشان داد تغییر مراتع و تبدیل آن به مناطق کشاورزی و انسان‌ساخت، بیشترین میزان تأثیر را بر فرسایش خاک داشته‌است.

واژگان کلیدی: استانداردسازی، تصاویر لندست، طبقه‌بندی شیء‌گرا فرسایش خاک، کاربری اراضی.

### ۱- مقدمه

کاربری اراضی، ویژگی‌های تعاملی بین انسان، محیط‌زیست و توصیف نحوه‌ی بهره‌برداری انسان برای یک یا چند هدف بر روی زمین منعکس می‌سازد و معمولاً بر اساس استفاده‌ی انسان از زمین، با تأکید بر نقش کاربردی زمین در فعالیت‌های انسانی و اقتصادی تعریف می‌شود (Nazari et al, 1389). فعالیت‌های انسانی و اقتصادی موجود بر روی کاربری اراضی به تغییرات اساسی در آن منجر می‌شود؛ از جمله این تغییرات می‌توان به تأثیرات منفی در عملکرد

فرسایش خاک اشاره کرد که باعث تغییر در دسترسی به منابع آب شده است و به ایجاد کشت دیم و افزایش فرسایش خاک منجر خواهد شد (DaSilva et al, 2016). تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک و فرسایش خاک است که می‌توان با اطلاع از روند تغییرات آن، در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت (Safarian et al, 2011). فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب و کاهش باروری خاک است که امروزه در حال افزایش می‌باشد و به از دست رفتن خاک مرغوب کشاورزی منجر می‌شود (Trapathidk et al, 2011). امروزه این پدیده به دلیل دخالت‌های غیرکارشناسانه‌ی انسان، از روند طبیعی خود خارج شده و تبعات جبران‌ناپذیری از جمله هدر رفت خاک، کاهش سطح زمین‌های کشاورزی، کاهش عمر مفید سدهای مخزنی را در پی داشته است (karam et al, 1389). از روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات محیطی استفاده می‌شود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی اشاره کرد (Wessels et al, 2004). بنابراین، می‌توان گفت استفاده از داده‌های سنجش از دور در محیط GIS می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی ارائه دهد و در مدیریت آن، به ارائه راهکارهای مناسبی بپردازد (Shataee, 2007). برنامه‌ریزی زیست محیطی بدون تعیین و ارزیابی توان اکولوژیکی سرزمین، امری ممکن نیست (Mahdavi et al, 2011). روش‌های ارزیابی چندمعیاره، این امکان را فراهم می‌سازد که معیارهای گوناگون به طور همزمان در تعیین بهترین گزینه و مناسب‌ترین شرایط به کار گرفته شود. این روش، رایج‌ترین و پرکاربردترین روش در مطالعات فرسایش خاک به شمار می‌رود (malczewski, 2004). در این پژوهش، از روش ترکیب خطی وزنی (wlc)<sup>1</sup> به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است.

تاکنون مطالعات فراوانی پیرامون بررسی نقش کاربری در فرسایش خاک در ایران و سایر کشورها انجام شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود. Petropoulos و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از دو روش شیء‌گرا و ماشین-بردار پشتیبان، به تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی پرداختند. نتایج نشان داد که هر دو روش برای تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی مناسب می‌باشد، ولی روش شیء‌گرا نسبت به روش ماشین‌بردار پشتیبان، صحت کلی و ضریب کاپای بالاتری دارد. Santos و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن بر فرسایش خاک در برزیل پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد سطح زمین‌های کشاورزی و مراتع، کاهش یافته و میزان فرسایش در این مناطق ۱۰ برابر افزایش داشته است. Feizadzade (۲۰۱۷)، تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در فرسایش حوزة علویان را بررسی کرد و دریافت تبدیل اراضی مرتعی پرتراکم به مرتع کم تراکم و زارعت دیم، مهم‌ترین عامل در فرسایش منطقه است. Asghari و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا و تحلیل تأثیرات تغییر کاربری‌ها بر فرسایش خاک (مطالعه موردی: شهرستان مراغه) پرداخته‌اند.

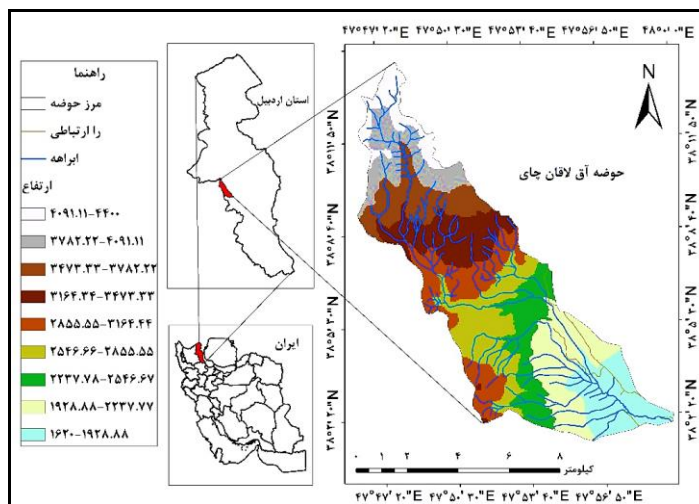
طبق نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر فرسایش در سطح منطقه‌ی مطالعاتی، مساحت طبقه‌ی بسیار پرخطر و پرخطر به ترتیب از ۹/۰۸ و ۱۵/۸۸ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۱۳/۶۶ و ۲۹/۷۶ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است که کاهش میزان مراتع در سال‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. در بیان مسئله‌ی ضرورت این پژوهش باید بررسی شود که تغییرات

<sup>1</sup> Weighted Linear Combination

کاربری اراضی چه تأثیری بر فرسایش خاک حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل دارد؟ و در بازه‌ی زمانی (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸)، چه مقدار تغییرات در این حوضه در زمینه‌ی فرسایش خاک صورت گرفته‌است؟ نوآوری این تحقیق نسبت به تحقیقات مشابه، استفاده از طبقه‌بندی شیء‌گرا با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی می‌باشد که در تحقیقات قبلی، عمدتاً از طبقه‌بندی پیکسل پایه برای تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شده‌است. ذکر این امر لازم است که پردازش‌های شیء‌گرا در مقابل پردازش پیکسل پایه، دقت و کارایی بسیار بالاتری دارد که از سوی گروه وسیعی از پژوهشگران تأیید شده‌است. به طور کلی، هدف از این پژوهش بررسی اثرات کاربری‌های مختلف بر فرسایش خاک در حوضه آق‌لاقان‌چای است.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای، در شهرستان نیر در استان اردبیل واقع است که با وسعت ۱۶۶ کیلومترمربع، در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه طول شرقی قرار گرفته‌است و از زیر حوضه‌های بالیخوچای اردبیل محسوب می‌شود. این حوضه، در شمال غرب ایران و در دامنه‌ی جنوب شرقی کوه سبلان قرار دارد. خاک‌های حوضه آق‌لاقان‌چای شامل چهار نوع خاک براوون - کالوویال، کالوویال، لیتوسول و لیتوسول - کالوویال است. خاک‌های ریزدانه (شامل لیتوسول در واحد دشت منطقه) در سطح این حوضه، از درصد زیادی رس، مارن و سیلت تشکیل شده‌است و عمق زیادی نیز دارد (Sobhani et al, 1376). از نظر زمین‌ساختی، منطقه‌ی مورد مطالعه در زون زمین‌ساختی البرز غربی - آذربایجان قرار دارد. شکل ۱، موقعیت منطقه‌ی آق‌لاقان‌چای استان اردبیل را نشان می‌دهد.

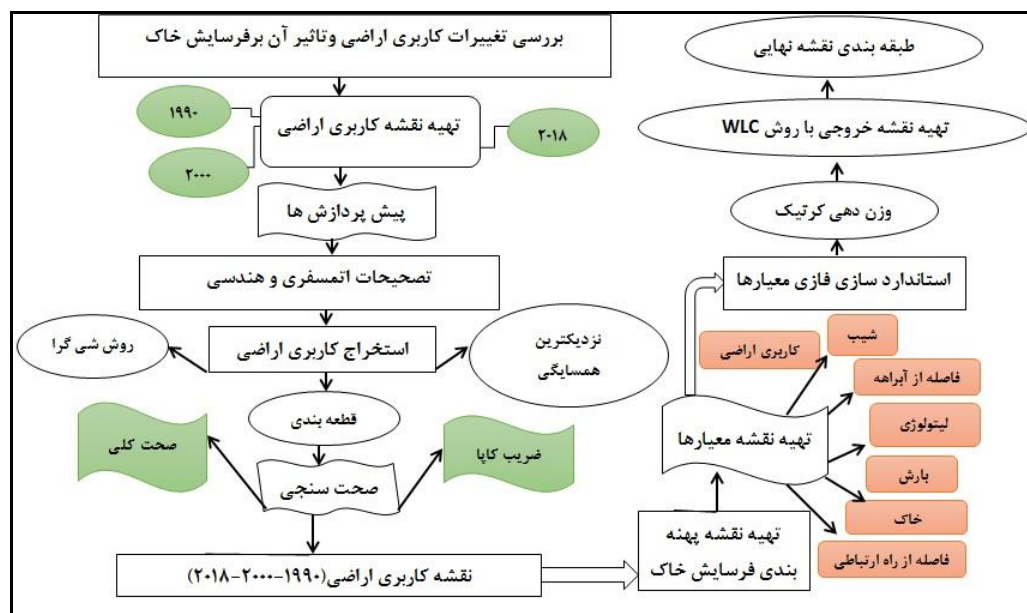


شکل ۱: موقعیت حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

## ۳- مواد و روش

پژوهش مورد نظر از نوع تحقیقات کاربردی و روش آن، تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها و تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. یکی از روش‌های مورد استفاده به منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر

فرسایش خاک، روش ترکیب خطی وزنی (WLC)<sup>۱</sup> است. این روش به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مطرح شده است. به طور کلی، روش ترکیب خطی وزنی (WLC) مرحله‌ای دارد که عبارت است از: ۱- استاندارد سازی نقشه‌های معیار؛ ۲- تعیین وزن‌های معیار؛ ۳- ایجاد لایه‌های نقشه‌ی استاندارد شده وزنی (ضرب لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های متناظر)؛ ۴- اعمال عملیات همپوشی جمعی بر لایه‌های نقشه‌ی استاندارد شده وزنی؛ ۵- برآورد نمره یا امتیاز کل (گزینه‌ای که بالاترین امتیاز (رتبه) را دارد به عنوان بهترین گزینه شناخته می‌شود) (malchefki, 2006). معیارهای موردنیاز در این روش، نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی<sup>۲</sup>، راه‌های ارتباطی، فاصله از آبراهه، خاک‌شناسی<sup>۳</sup>، مدل ارتفاعی رقومی<sup>۴</sup> و شیب<sup>۵</sup> منطقه می‌باشد. در ادامه، نحوه‌ی تهیه‌ی این ورودی‌ها شرح داده شده است. شکل ۲، روند کلی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲: روند کلی بررسی اثرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسنده‌گان، ۱۳۹۸)

### تهیه نقشه کاربری اراضی

کاربری اراضی از عوامل تأثیرگذار برافزایش میزان فرسایش خاک و کاهش درآمدهای حاصل از اراضی است و با تعیین کاربری اراضی مناسب، می‌توان به توسعه‌ی پایدار دست یافت (Dadkxah and Najafinejad, 1997). در تحقیق حاضر نیز با هدف استخراج کاربری اراضی حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های (OLI<sup>۶</sup> - TM<sup>۷</sup>) برای سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) در ماه جولای از سایت زمین‌شناسی آمریکا اتخاذ شد (جدول ۱). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از ترکیب باندهای مرئی (آبی، سبز و قرمز) و مادون قرمز نزدیک ماهواره‌ی

<sup>۱</sup> Weighted Linear Combination

<sup>۲</sup> Land use

<sup>۳</sup> Soil

<sup>۴</sup> Digital elevation model

<sup>۵</sup> Slope

<sup>۶</sup> Operational Land Imager

<sup>۷</sup> Thematic Mapper

لندست، برای طبقه‌بندی استفاده شد. ذکر این امر لازم است که برخلاف طبقه‌بندی پیکسل پایه، در طبقه‌بندی شیء‌گرا ترکیب چهار باند (۲، ۳، ۴ و ۷) ماهواره‌ی لندست ممکن می‌باشد. سپس به‌منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از روش Flaash روی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Envi5.3 صورت گرفت. نهایت، طبقه‌بندی با روش شیء‌گرا و الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی<sup>۱</sup> توسط نرم‌افزار Ecognition صورت گرفت. طبقه‌بندی شیء‌گرا، فرایندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیای تصویری ربط می‌دهد. این نوع از طبقه‌بندی بر منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند (Rezaei et al, 2010). مبنای طبقه‌بندی شیء‌گرا، فرایند قطعه‌بندی<sup>۲</sup> است. در فرآیند قطعه‌بندی، مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام دهد و بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آنها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال کند (Feizizadeh et al, 2008). در تحقیق حاضر، برای قطعه‌بندی از روش قطعه‌بندی چند مقیاسه<sup>۳</sup> استفاده شد؛ برای این منظور با تجزیه و تحلیل، مقیاس<sup>۴</sup> ۷۵ و شکل<sup>۵</sup> ۰/۷ و ضریب فشردگی<sup>۶</sup> ۰/۳ برای قطعه‌بندی انتخاب شد. قبل از طبقه‌بندی به روش شیء‌گرا، لازم است قطعه‌بندی تصویر صورت گیرد (شکل ۳).

در این پژوهش، پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شیء‌گرا شامل این موارد است: ۱- انحراف معیار باندها؛ انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد، داده‌ها به‌طور میانگین به چه میزان از مقدار متوسط فاصله دارند. در این شاخص از سه پارامتر شامل باند مادون قرمز و قرمز و سبز استفاده شد. ۲- شاخص NDVI<sup>۷</sup>: در این پژوهش از شاخص NDVI به‌منظور جداسازی بهتر پوشش گیاهی از بقیه‌ی پدیده‌ها استفاده شد. ۳- شاخص PCI<sup>۴</sup>: واریانس؛ واریانس برای محاسبه‌ی بافت بر پایه‌ی میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM<sup>۸</sup> به کار گرفته می‌شود. ۴- در شاخص هندسی، از پارامترهای مؤثری چون حداکثر اختلاف، درجه‌ی روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی استفاده شد. در این پژوهش برای بررسی صحت طبقه‌بندی از نرم‌افزار Envi 5.3 استفاده شد؛ بدین منظور، ابتدا برای هر کاربری ۵۰ نمونه از سطح محدوده برداشت شد. سپس با استفاده از روش پیکسل پایه و الگوریتم، بیشترین فراوانی<sup>۹</sup> طبقه‌بندی صورت گرفت. در مرحله‌ی بعد، طبقه‌بندی شیء‌گرا و بیشترین فراوانی با مقایسه‌ی تک به تک کاربری‌ها با یکدیگر انجام و در نهایت، ضریب کاپا و صحت کلی تعیین شد. برای خروجی تمامی نقشه‌های طبقه‌بندی شده به روش شیء‌گرا، از نرم‌افزار Arc Gis 10.5 استفاده شد.

<sup>1</sup> Nearest neighbor

<sup>2</sup> Segmentation

<sup>3</sup> Multi resolution segmentation

<sup>4</sup> Scale

<sup>5</sup> Shape

<sup>6</sup> Compactness

<sup>7</sup> normalized difference vegetation index

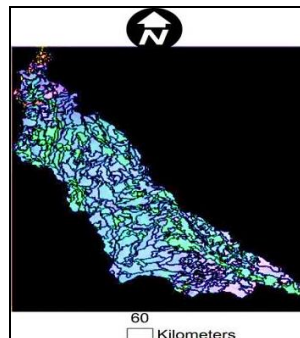
<sup>8</sup> Precipitation Concentration Index

<sup>9</sup> Gray Level Co Gray Level Co-Occurrence Matrix

<sup>10</sup> Maximum likelihood

جدول ۱: خصوصیات تصویرسنجنده (TM-OLI) از ماهواره‌ی لندست (منبع: منادینا)

| تصویر     | تاریخ اخذ  | ردیف/گذر | زاویه‌ی ازیموت خورشید | زاویه‌ی ارتفاع خورشید |
|-----------|------------|----------|-----------------------|-----------------------|
| لندست TM  | ۱۹۹۰/۰۷/۰۲ |          | ۱۱۲/۱۰                | ۵۴/۹۴                 |
|           | ۲۰۰۰/۰۷/۰۲ | ۱۶۷/۳۴   | ۱۲۰/۶۶                | ۵۸/۸۸                 |
| لندست OLI | ۲۰۱۸/۰۷/۰۲ |          | ۱۲۱/۴۲                | ۶۶/۴۴                 |



شکل ۳: نمونه تصویر قطعه‌بندی شده حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

### تهیه‌ی نقشه‌های معیار

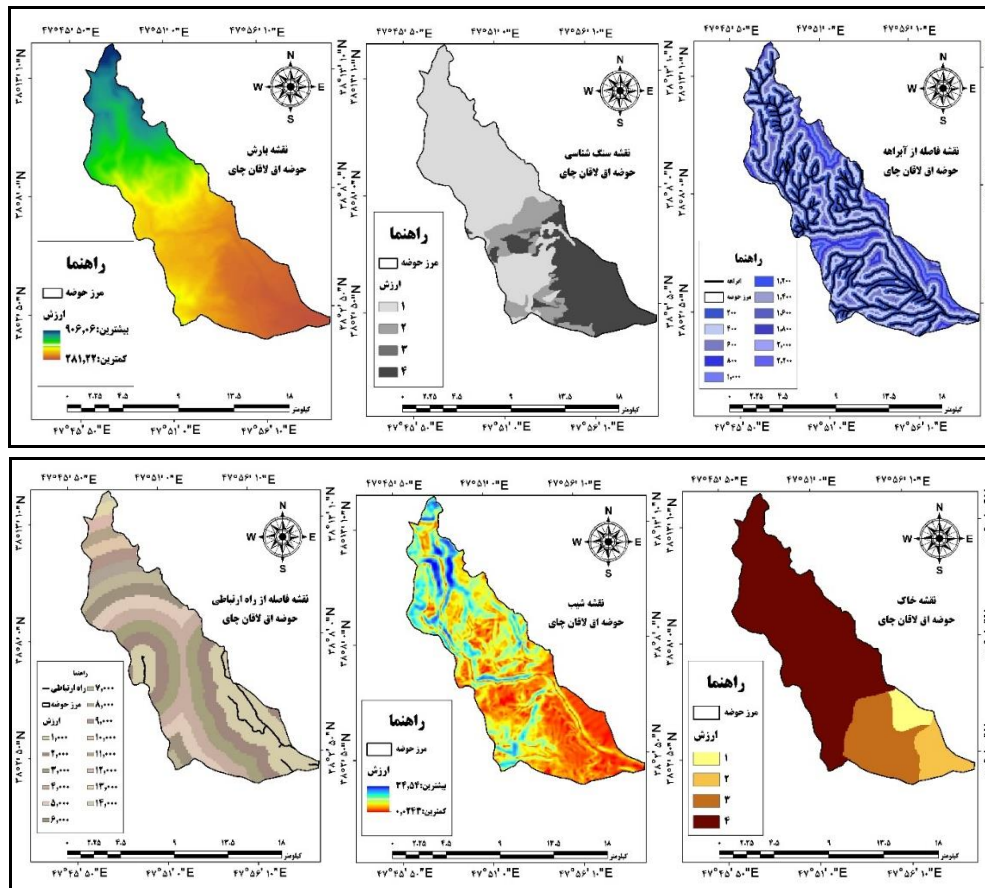
اطلاعات خاک‌شناسی، از اساسی‌ترین اطلاعات موردنیاز فرسایش‌خاک است. مدل ترکیب خطی وزن‌دار برای بررسی فرسایش خاک، به خصوصیات مختلف فیزیکی - شیمیایی خاک نیازمند است؛ از قبیل بافت خاک، درصد رطوبت در دسترس خاک و هدایت هیدرولیکی برای مقادیرهای مختلف خاک (Bossa et al, 2012). در این پژوهش، نقشه‌ی خاک منطقه با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ از اداره‌ی منابع طبیعی استان اردبیل سال (۱۳۹۸)<sup>۱</sup> تهیه شد. همین‌طور نقشه‌ی ارتفاعی رقوم، با به‌کارگیری نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه‌ی مطالعاتی تهیه و استفاده شد. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و تهیه‌ی مدل رقوم ارتفاعی، نقشه‌ی شیب حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای تهیه شد. برای استخراج نقشه‌ی سنگ‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه، از نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور سال (۱۳۹۸)<sup>۲</sup> استفاده شد. نقشه‌ی راه‌های ارتباطی و نقشه‌ی آبراهه‌های حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای، از مطالعات امایش سرزمین و سند راهبردی توسعه‌ی استان اردبیل (۱۳۹۵) تهیه شد. نقشه‌ی بارش نیز با استفاده از رابطه‌ی گرادیان بارش (رابطه‌ی ۱) محاسبه و نقشه‌ی بارش استخراج شد. شکل ۴، نقشه‌های معیار ذکر شده را نشان می‌دهد. مؤلفه‌ی H در رابطه‌ی ۱، نقشه‌ی مدل رقوم ارتفاعی است.

$$P=0.228 H - 86.6$$

رابطه‌ی ۱

<sup>1</sup> www.ardabil.frw.org.ir

<sup>2</sup> www.gsi.ir



شکل ۴: نقشه‌های اطلاعات خاک‌شناسی، شیب، راه ارتباطی، آبراهه، بارش، لیتولوژی حوضه آبخیز آق‌لجان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسنده‌گان، ۱۳۹۸)

### روش ترکیب خطی وزنی<sup>۱</sup>

در این پژوهش، از روش فازی برای استانداردسازی استفاده شده‌است. در مجموعه‌های فازی بیشترین ارزش یعنی مقدار یک، به حداکثر عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد و کمترین ارزش یعنی صفر، به حداقل عضویت در مجموعه (Sui, 1999). بدین صورت که به‌طور مستقیم، وزنی از اهمیت نسبی به هر نقشه‌ی معیار اختصاص داده می‌شود. در این مطالعه از روش وزندهی کریتیک<sup>۲</sup> استفاده شد.

### روش وزندهی کریتیک

در روش وزندهی کریتیک، داده‌ها بر اساس میزان تداخل و تضاد موجود بین عوامل یا معیارها تجزیه و تحلیل می‌شود. در روش کریتیک برای هر معیار ارزیابی، دامنه‌ای از تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده در میان پیکسل‌ها (گزینه) وجود دارد که در قالب یک تابع عضویت بیان می‌شود. هر کدام از بردارهای تشکیل‌شده برای معیارهای مورد استفاده، دارای پارامترهای آماری از جمله انحراف معیار است. این پارامترها، درجه‌ی تباین را در مقادیر معیار مربوطه نشان می‌دهد. پس برای محاسبه‌ی انحراف معیار عوامل و معیارهای مورد بررسی، ماتریس مقارنی به ابعاد  $m \times m$  به وجود می‌آید که شامل ضرایب همبستگی بین بردار

<sup>1</sup> Weighted Linear Combination

<sup>2</sup> Critic

تشکیل شده است (Malchevsky, 2006). با تعیین پارامترهای بالا، تضاد موجود بین معیار  $j$  با معیار دیگر از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$c_{jk} = \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه،  $c_{jk}$  معرف مجموعه تضاد معیار  $j$  با معیار  $k$  است که از  $k=1$  شروع شده و تا  $k=m$  ادامه دارد و  $r_{jk}$ ، همبستگی بین دو معیار  $k$  و  $j$  را نشان می‌دهد. میزان اطلاعات  $j$  از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (Malchevsky, 2006).

$$c_j = \delta_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه،  $c_j$  معرف میزان اطلاعات معیار  $j$  و انحراف معیار در مقادیر مربوط عامل یا معیار  $j$  را نشان می‌دهد. با توجه به رابطه یادشده، معیارهایی که  $c_j$  بیشتری دارند، وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند  $j$  از رابطه ۴ تعیین می‌شود (Malchevsky, 2006).

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^m c_k} \quad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه،  $w_j$  معرف وزن معیار  $j$  و  $c$  بیانگر میزان اطلاعات مجموع معیارهای  $k$  است که از  $k=1$  شروع شده و تا  $k=m$  ادامه دارد. استفاده از روش کریتیک در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر، می‌تواند گامی در جهت حل معضل استقلال صفات از یکدیگر باشد. به طور رسمی، در قاعده‌ی تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه از رابطه ۵ استفاده می‌کنیم (Malchevsky, 2006).

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij} \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه،  $x_{ij}$  معرف نمره‌ی گزینه  $i$  ام در ارتباط با صفت  $j$  ام و  $w_j$  مشتمل بر یک وزن استاندارد شده است که در مجموع، وزن‌ها برابر با یک می‌شود ( $\sum w_j = 1$ ). وزن‌ها اهمیت نسبی هر صفت را نشان می‌دهند. با تعیین ارزش حداکثر  $i = A_j$ ، اولویت‌دارترین گزینه انتخاب می‌شود (Malchevsky, 2006).

#### ۴- یافته‌ها (نتایج و بحث)

در این پژوهش، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به صورت شیء‌گرا صورت گرفت و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی به طبقه‌بندی تصاویر پرداخته شد. بدین ترتیب، نقشه‌ی پوشش اراضی با استفاده از روش شیء‌گرا در نرم‌افزار Ecognition مربوط به سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) استخراج شد (شکل ۵). تعداد ۱۱ کلاس شامل نواحی انسان‌ساخت، مرتع ضعیف، مرتع متراکم، مرتع کم تراکم، پوشش برف دائمی، فضای سبز، دیم‌زار، مناطق کوهستانی، مناطق کشاورزی، زمین بایر و باغات برای ناحیه‌ی مورد مطالعه استخراج شد. سپس صحت طبقه‌بندی برای سال‌های ذکر

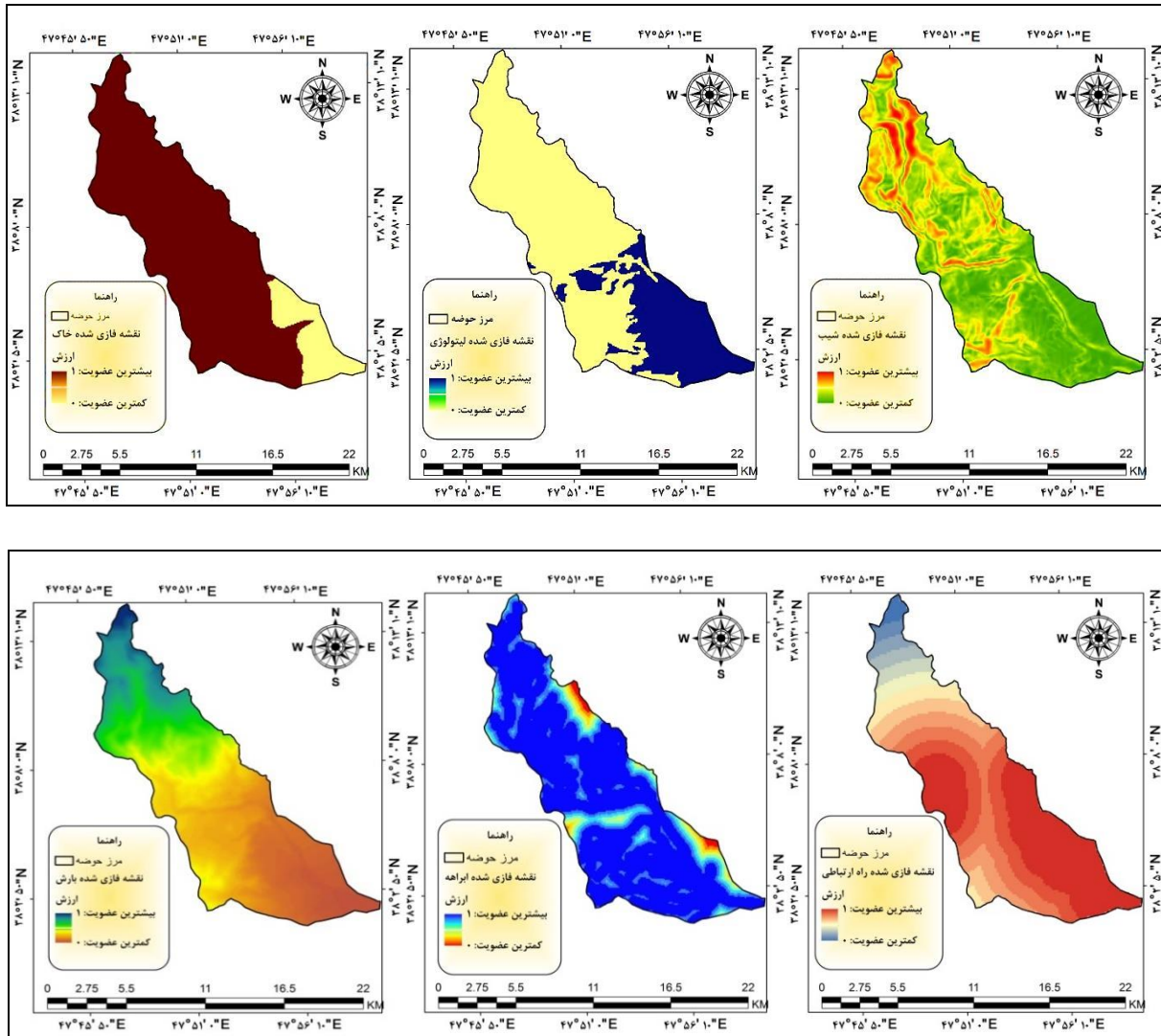




جدول ۳: درصد مساحت کاربری حاصل از طبقه‌بندی سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) حوضه آبخیز آقلاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل  
(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| سال   |       |       | کلاس کاربری اراضی |
|-------|-------|-------|-------------------|
| ۲۰۱۸  | ۲۰۰۰  | ۱۹۹۰  |                   |
| ۲۳/۵۱ | ۴/۳۱  | ۰/۸۵  | دیم‌زار           |
| ۳/۱۰  | ۳/۱۸  | ۴/۶۵  | مناطق کوهستانی    |
| ۴/۵۸  | ۱/۲۸  | ۰/۱۶  | مناطق انسان‌ساخت  |
| ۱۸/۸۳ | ۷/۶۰  | ۶/۸۸  | مناطق کشاورزی     |
| ۳/۶۶  | ۱۰/۶۲ | ۱۹/۴۵ | مرتع              |
| ۱/۳۱  | ۰/۲۷  | ۱۱/۴۸ | برف               |
| ۱۶/۸۳ | ۱۹/۲۹ | ۲۴    | مرتع کم تراکم     |
| ۲/۴۷  | ۳/۸۲  | ۴/۴۳  | مرتع متراکم       |
| ۲/۴۱  | ۴/۶۶  | ۶/۹۷  | پوشش گیاهی        |
| ۴/۸۳  | ۱۱/۱۷ | ۱۹/۸۳ | زمین بایر         |
| ۹/۰۹  | ۲/۹۵  | ۰/۸۷  | باغات             |

نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان می‌دهد که در سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) تغییرات چشم‌گیری قابل مشاهده است. از عمده‌ترین این تغییرات می‌توان به مراتع و زمین بایر اشاره کرد که به مرور در اثر بهره‌برداری شدید، به دیگر کاربری‌ها همچون مناطق مسکونی، مناطق کشاورزی و دیم‌زار تبدیل شده‌است. افزایش مساحت کاربری انسان‌ساخت و دیم‌زار و مناطق کشاورزی در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۰، بیانگر تخریب مراتع و کاهش زمین‌های بایر است که همین امر تغییرات بسیار زیادی در سیستم‌های مورفولوژیک منطقه ایجاد خواهد کرد. این تغییرات عمدتاً به افزایش میزان فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز، کاهش میزان تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی، بروز سیلاب‌های مخرب و سایر فرایندهای مورفولوژیک منجر خواهد شد. همان‌طور که نتایج Riyahi و همکاران (۲۰۱۷) نشان می‌دهد، در شرایط بارش‌های یکسان در پی از بین رفتن پوشش طبیعی منطقه و افزایش سطوح نفوذناپذیر، تغییرات دبی اوج و حجم رواناب در منطقه افزایش معنی‌داری خواهد یافت که این امر می‌تواند به ایجاد تخریب بسیار گسترده در منطقه منجر شود. در این پژوهش در اندازه‌گیری معیارها برای بررسی فرسایش خاک، دامنه‌ی متنوعی از مقیاس‌ها وجود دارد؛ از این رو، لازم است معیارها قبل از ترکیب با یکدیگر استاندارد شود. در این مطالعه، مرحله‌ی مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شده‌است. در پژوهش حاضر، ارزش عضویت بین مقادیر ۰ تا ۱ قرار دارد. نقشه‌های استاندارد شده‌ی مربوط به معیارهای مطرح در مطالعه‌ی حاضر، در شکل ۶ نشان داده شده‌است.



شکل ۶: نقشه‌های استاندارد شده‌ی فازی معیارهای مطرح در حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل

(منبع: نویسنده‌گان، ۱۳۹۸)

### پهنه‌بندی فرسایش خاک

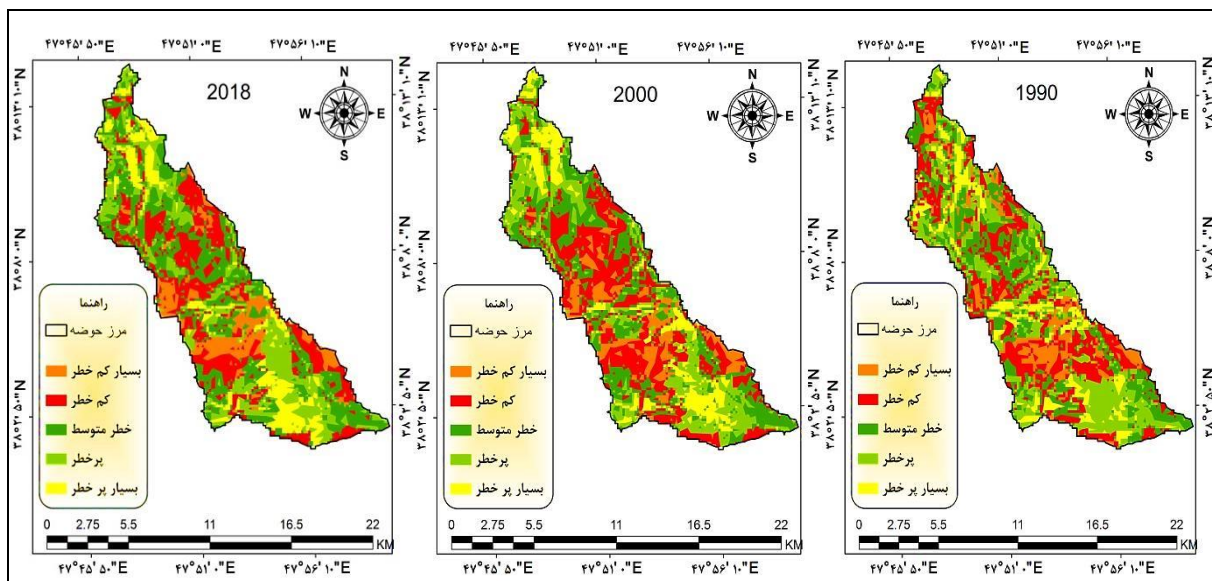
برای پهنه‌بندی فرسایش خاک، ابتدا وزندهی معیارها انجام شد. مفروضات پایه‌ای و وزن حاصل از وزندهی کریتیک معیارها، در جدول ۴ آورده شده‌است. سپس با اجرای دیگر مراحل مدل ترکیب خطی وزندار، نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در ۵ طبقه‌ی بسیار پرخطر تا بسیار کم‌خطر در بازه‌های زمانی (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) استخراج شد (شکل ۶). مساحت و تعداد پیکسل‌های مربوط به هر یک از طبقات خطر نیز در جدول ۵ ذکر شده‌است.

جدول ۴: مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش خاک حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسنده‌گان، ۱۳۹۸)

| معیار           | مجموع تضاد | انحراف معیار | میزان اطلاعات | وزن نهایی |
|-----------------|------------|--------------|---------------|-----------|
| شیب             | ۶/۲۲       | ۸۴/۴۲        | ۵۲۵/۲۴        | ۰/۲۱      |
| لیتولوژی        | ۵/۳۹       | ۷۲/۷۸        | ۳۹۲/۳۵        | ۰/۱۶      |
| کاربری          | ۶/۶۸       | ۷۵/۲۳        | ۵۰۲/۹۳        | ۰/۲۰      |
| خاک             | ۵/۶۰       | ۵۳/۷۸        | ۳۰۱/۵۰        | ۰/۱۲      |
| بارش            | ۸/۶۷       | ۵۵/۵۰        | ۴۸۱/۲۴        | ۰/۱۹      |
| فاصله از آبراهه | ۶/۱۷       | ۳۷/۲۹        | ۲۳۰/۳۳        | ۰/۰۹      |
| راه ارتباطی     | ۵/۸۴       | ۰/۳۹         | ۲/۲۸          | ۰/۱       |
| شیب             | ۶/۲۰       | ۸۴/۴۲        | ۵۲۵/۲۴        | ۰/۲۲      |
| لیتولوژی        | ۵/۳۹       | ۷۱/۸۳        | ۳۹۲/۲۶        | ۰/۱۸      |
| کاربری          | ۵/۴۸       | ۷۲/۶۹        | ۴۹۶/۴۰        | ۰/۲۴      |
| خاک             | ۵/۳۷       | ۵۳/۷۸        | ۳۰۱/۵۰        | ۰/۱۲      |
| بارش            | ۸/۶۳       | ۵۵/۴۶        | ۴۸۱/۰۸        | ۰/۱۷      |
| فاصله از آبراهه | ۶/۱۳       | ۳۷/۲۹        | ۲۳۰/۳۰        | ۰/۰۹      |
| راه ارتباطی     | ۵/۸۷       | ۰/۳۹         | ۲/۲۹          | ۰/۱       |
| شیب             | ۶/۲۱       | ۸۴/۴۲        | ۵۲۵/۲۴        | ۰/۲۰      |
| لیتولوژی        | ۵/۳۹       | ۷۲/۷۲        | ۳۹۲/۳۲        | ۰/۱۵      |
| کاربری          | ۵/۹۳       | ۷۴/۹۳        | ۵۱۸/۰۵        | ۰/۳۰      |
| خاک             | ۵/۴۲       | ۵۳/۹۱        | ۳۰۰/۹۴        | ۰/۱۷      |
| بارش            | ۸/۶۷       | ۵۴/۷۴        | ۴۸۸/۶۴        | ۰/۲۰      |
| فاصله از آبراهه | ۶/۱۷       | ۳۲/۲۰        | ۲۲۹/۱۸        | ۰/۱۰      |
| راه ارتباطی     | ۵/۹۲       | ۰/۳۹         | ۲/۳۳          | ۰/۱۰      |

برای تحلیل شاخص‌های مؤثر در فرسایش خاک حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای، معیارهای شیب لیتولوژی، کاربری، خاک، بارش، فاصله از آبراهه و راه ارتباطی تحلیل شد. می‌توان گفت استفاده از روش کریستیک در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر، می‌تواند گامی در جهت حل معضل استقلال صفات از یکدیگر باشد که به هنگام مقایسه‌ی زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و در شرایط عدم تحقق همبستگی بین صفات عینیت می‌یابد (karam et al, 1389)؛ زیرا در این روش، وجود همبستگی بالای یک معیار با معیارهای دیگر می‌تواند در کاهش وزن آن معیار نیز تأثیرگذار باشد. بنابراین نتایج حاصل از وزن‌دهی، از بین عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خاک در محدوده‌ی

مورد مطالعه عوامل لیتولوژی با ضریب وزنی (۰/۱۶)، بارش با ضریب وزنی (۰/۱۹)، شیب با ضریب وزنی (۰/۲۱) و کاربری اراضی با ضریب وزنی (۰/۲۰)، از مهم‌ترین عوامل ایجاد فرسایش خاک در حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای می‌باشد.



شکل ۷: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش خاک در سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

جدول ۵: اطلاعات طبقات خطر فرسایش سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای شهرستان نیر در استان اردبیل (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۸)

| طبقه خطر    |         |           |         |              |                        |
|-------------|---------|-----------|---------|--------------|------------------------|
| بسیار پرخطر | پرخطر   | خطر متوسط | کم خطر  | بسیار کم خطر |                        |
| ۱۷۵۸/۸۲     | ۴۰۱۸/۵۹ | ۴۲۳۲/۰۵   | ۴۰۱۷/۱۱ | ۱۶۸۳/۵۸      | مساحت (هکتار) سال ۱۹۹۰ |
| ۱۱/۲۰       | ۲۵/۵۹   | ۲۶/۹۳     | ۲۵/۵۷   | ۱۰/۷۱        | درصد                   |
| ۱۹۱۲/۰۸     | ۴۲۱۹/۷۸ | ۴۳۰۵/۵۴   | ۴۴۲۳/۰۷ | ۱۶۱۶/۸       | مساحت (هکتار) سال ۲۰۰۰ |
| ۱۲/۲۰       | ۲۶/۶۵   | ۲۷/۵۰     | ۲۸/۲۶   | ۱۰/۳۳        | درصد                   |
| ۱۹۱۴/۲۵     | ۴۴۸۱/۳۱ | ۴۸۸۴/۶۸   | ۳۷۷۷/۶۲ | ۱۵۹۴/۶۷      | مساحت (هکتار) سال ۲۰۱۸ |
| ۱۲/۲۲       | ۲۸/۲۹   | ۳۱/۱۸     | ۲۴/۱۱   | ۱۰/۱۸        | درصد                   |

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش در محدوده‌ی مطالعاتی می‌توان گفت در سال ۱۹۹۰، مساحت طبقه‌ی بسیار پرخطر ۱۷۵۸/۸۲ هکتار بوده که این مقدار در این طبقه از خطر در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، به ترتیب ۱۹۱۲/۰۸ و ۱۹۱۴/۲۵ هکتار افزایش یافته و همین‌طور مساحت طبقه‌ی پرخطر ۴۰۱۸/۵۹ در سال ۱۹۹۰، به ۴۲۱۹/۷۸ و ۴۴۸۱/۳۱ هکتار به ترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ افزایش یافته‌است. در نقشه‌ی فرسایش سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸، به‌طور عمده

مناطق با طبقه‌ی بسیار پرخطر و پرخطر در کاربری‌های اراضی کشاورزی، باغات و مسکونی قرار دارد. بنابراین، تغییرات کاربری‌های مختلف در منطقه به تغییر در روندهای مورفولوژیک انجامیده‌است؛ برای مثال، تغییرات در کاربری‌های مراتع و تبدیل آن به باغات یا اراضی کشاورزی به تغییر در سیستم فرسایش منطقه منجر شده‌است. با توجه به اینکه مراتع در مقابل فرسایش منطقه نقش حفاظتی دارند، هرگونه تغییر در میزان پوشش گیاهی و افزایش دخالت‌های انسانی (ساخت و ساز و تغییر در شرایط طبیعی زمین از جمله شخم زدن) به افزایش میزان فرسایش و رسوب منطقه منجر خواهد شد (Asghari et al, 2019). به علاوه، باید توجه داشت که تغییر کاربری اراضی مرتعی به‌ویژه در مناطق پرشیب کوهستانی علاوه بر فرسایش خاک به جاری شدن سیل نیز منجر خواهد شد و کیفیت پویای خاک را تحت تأثیر قرار خواهد داد. همچنین با مطالعه‌ی میدانی و بررسی نقشه‌های موجود دریافته شد که افزایش مساحت کاربری مسکونی، با کاهش مساحت کاربری‌های بایر و باغات کم تراکم همراه بوده‌است. این امر تأثیر ساخت‌وسازهای مسکونی را بر کاربری‌های بایر و باغات کم تراکم نشان می‌دهد که تخریب باغات کم تراکم را به همراه داشته و در پی آن با دخالت انسان در محیط (مانند ایجاد ترانژه برای جاده‌سازی و عدم رعایت اصول مکانیک خاک در احداث مناطق مسکونی و ابنیه‌ی فنی و ...)، میزان پتانسیل فرسایش خاک افزایش می‌یابد. این نوع موارد علاوه بر اینکه می‌تواند تغییرات بسیار زیادی در روندهای هیدرولوژیک منطقه ایجاد کند، به افزایش تمرکز جریان، افزایش میزان فرسایش ناشی از تجمع جریان، کاهش نفوذ و کاهش میزان تغذیه‌ی سطح سفره‌های زیرزمینی نیز منجر می‌شود. همچنین این نتایج با یافته‌های Hessipour (۲۰۱۲) در حوضه آبخیز دارابکلا استان مازندران، Toriman و همکاران (۲۰۱۵) در مالزی - که بیان کردند اراضی با کاربری جنگل و پوشش گیاهی کمترین میزان فرسایش و رواناب را دارد و کاربری کشاورزی و دیم‌زارها بیشترین میزان فرسایش و رواناب - مطابقت دارد.

##### ۵- نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه‌ی تغییرات آن در گذر زمان، یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است. فرسایش خاک یک مشکلی جهانی است که تغییرات آن برای منابع آب و خاک، تهدیدی جدی به شمار می‌رود. تغییرات کاربری اراضی نیز یکی از مهم‌ترین مسائل اخیر جهان است که به تغییرات بسیار زیادی در سیستم‌های سطح زمین منجر شده‌است. این تغییرات می‌تواند تأثیر بسیار زیاد و بلندمدتی به همراه داشته باشد؛ از این رو، متغیر کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در زمینه‌ی فرسایش خاک می‌باشد (Trapathidk et al, 2011).

در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به ارزیابی پایش تغییرات کاربری اراضی رخ داده در حوضه آبخیز آق‌لاقان‌چای در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ و نقش آن در فرسایش خاک پرداخته شد. سپس به منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی از روش شیء‌گرا استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش‌های شیء‌گرا، در صورت رعایت کردن تمامی پارامترها نتایج مناسب‌تری نسبت به روش‌های پیکسل پایه ارائه می‌دهد. همچنین نتایج تمامی مطالعات این حوضه بیانگر برتری کاملاً آشکار تکنیک‌های شیء‌گرا به پیکسل پایه است. این تحقیق با نتایج تحقیقات محققانی همچون Feizizadeh و همکاران (۲۰۰۸)، Feizizadeh و همکاران (۲۰۰۹)، Yamagochi و همکاران (۲۰۰۹) و Ackay و همکاران (۲۰۰۸) مقایسه شد و به نظر می‌رسد که روش‌های

شیء گرا ضمن استخراج و شناسایی دقیق‌تر پدیده‌ها، می‌تواند در نتایج آشکارسازی تغییرات نیز نتایج مطلوب‌تری نسبت به روش‌های پیکسل پایه ارائه دهد. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸) نشان داد، عمده‌ترین تغییرات در این بازه‌ی زمانی مربوط به مرتع متراکم می‌باشد که در اثر بهره‌برداری شدید، به مرور مساحت خود را به دیگر کاربری‌ها همچون مناطق مسکونی و مناطق کشاورزی و دیم‌زار اختصاص داده‌است. همچنین کاربری زمین بایر که با گذشت زمان، مساحتی رو به کاهش داشته و به دیم‌زار و زمین کشاورزی تبدیل شده‌است. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش خاک در محدوده‌ی مطالعاتی آق‌لاقان‌چای در سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸)، به‌طور عمده مناطق با طبقه بسیار پرخطر و پرخطر در کاربری‌های دیم‌زار، مناطق کشاورزی - باغات - پوشش گیاهی قرار دارند و مناطق با خطر کم و بسیار کم در کاربری‌های مراتع و مناطق انسان‌ساخت قرار گرفته‌اند.

می‌توان گفت نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات Esfandiari و همکاران (۲۰۱۴)، Khaledian و همکاران (۲۰۱۷)، Martínez و همکاران (۲۰۱۱) و DaSilva و همکاران (۲۰۱۶)، مبنی بر این امر که کاربری زراعت دیم، بیشترین فرسایش را دارد و مراتع، کمترین پتانسیل برای ایجاد فرسایش، مطابقت دارد. همچنین نتایج مطالعه نشان داد که مساحت طبقه‌ی بسیار پرخطر در سال (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸)، به ترتیب ۱۱/۲۰، ۱۲/۲۰ و ۱۲/۲۲ درصد بوده که نشان می‌دهد در گذر زمان افزایش یافته‌است. کاهش میزان مراتع در سال‌های موردبررسی می‌تواند تغییرات بسیار زیادی در میزان فرسایش و رسوب ایجاد کند. با توجه به اینکه مراتع در مقابل فرسایش نقش حفاظتی دارند، از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی به کاهش مقاومت خاک، افزایش میزان فرسایش و به تبع آن رسوب منجر خواهد شد. با توجه به نتایج تحقیقات مختلف، بر اثر تبدیل اراضی مرتعی به اراضی دیم و زمین‌های کشاورزی، شستشو و تولید رواناب در اراضی شیب‌دار به ایجاد فرسایش بسیار وسیع می‌انجامد. همچنان که گروه وسیعی از محققان نیز بر این امر تأکید کرده‌اند. همچنین تغییرات کاربری اراضی، تغییرات بسیار زیادی در میزان نفوذپذیری خاک، کاهش تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی و اثرات هیدرولوژیک در بلندمدت ایجاد خواهد کرد؛ از جمله این تغییرات، تبدیل مراتع به مناطق مسکونی و انسان‌ساخت است که بیشترین میزان تأثیر را در این مورد خواهد داشت. بنابراین با توجه به نتایج Mehmandoust و همکاران (۲۰۱۷)، هرگونه تغییر در کاربری اراضی به افزایش فرسایش خاک منجر می‌شود که این امر کاهش کیفیت خاک و افزایش حساسیت اراضی و در نهایت، تخریب را در پی خواهد داشت. مساحت طبقه‌ی پرخطر در سال‌های (۱۹۹۰، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸)، به ترتیب ۲۵/۵۹، ۲۶/۶۵ و ۲۸/۲۹ می‌باشد که همانند طبقات بسیار پرخطر رو به افزایش می‌باشد و علت این امر، افزایش مساحت مناطق مسکونی است. بنابراین، می‌توان نتیجه‌ی به‌دست آمده را با نتیجه‌ی مطالعه‌ی Martínez و همکاران (۲۰۱۱) یکسان پنداشت که بر نقش تبدیل پوشش گیاهی به مناطق مسکونی در ایجاد فرسایش تأکید دارند. به نظر می‌رسد لازم است نهادهای متخصص و مدیران اراضی برای حفظ عرصه‌های طبیعی، تثبیت و قانونی کردن کاربری اراضی، کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب در مناطق با پتانسیل فرسایشی بالا، اقداماتی را در چارچوب طرح‌های حفاظتی در دستور کار خود قرار دهند.

## ۶- سپاس‌گزاری

نویسندگان برخود واجب می‌دانند از کمک‌های بی‌دریغ سرکار خانم پیروزی در روند این پژوهش، تشکر و قدردانی کنند و برای ایشان در تمامی عرصه‌های زندگی آرزوی موفقیت و بهروزی دارند.

## منابع

1. Ackay, H. G., & S. Aksoy., (2008). Automatic detection of geospatial objects using multiple hierarchical segmentation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 46 (7), 2097-2111.
2. Asghari Saraskanrood, S.; Mohammadnejad Arouq, V.; & H. Emami, 2019. Investigation of Land Use Changes Using Basic and Object Oriented Pixel Methods and Analysis of Land Use Impacts on Soil Erosion (Case Study: Maragheh City), *Quantitative Geomorphological Researches*, Eighth Year, 1, 178-160. (in Persian)
3. Bossa, A. Y.; Diekkrüger, B.; Igué, A. M.; & T. Gaiser, 2012. Analyzing the effects of different soil databases on modeling of hydrological processes and sediment yield in Benin (West Africa), *Geoderma*, 174, 61-74.
4. Da Silva, V. P. R.; Silva M. T.; & E. P. De Souza, 2016. Influence of land use change on sediment yield: A case study of the submiddle of the SAO Francisco River Basin, *Soil and Water Engineering*, 36 (6), 105-115.
5. Dadkhah, M., & A. Najafinejad., (1997). Performance of EPM Model in Estimation of Erosion and Sedimentation in Latian Watershed. *Iranian Journal of Natural Resources*. 50 (1), 49-58. (in Persian)
6. Esfandiari, M., & A. Holy., (2014). Investigating the Impacts of Land Use and Limited Vegetation on the Forms of Sediment Frequency (Study Study of Qazvin Rudasan Watershed). *Geographical Journal of the Land*. 11 (42), 62-51. (in Persian)
7. Feizadzade, B., 2017. Modeling Land Use Changes and Its Impacts on Fields Only by GIS and Gis Techniques, *Journal of Hydrology*, 11, 21- 38. (in Persian)
8. Feizizadeh, b., & H. Hilali., (2018). Comparison of Basic and Object Oriented Pixel Methods and Influential Parameters in Landscaping / Land Use Classification of West Azerbaijan Province. *Natural Geography Research*. 42 (71), 73-84. (in Persian)
9. Feizizadeh, Bakhtiar-Hussein., 2010. Comparison of Basic, Object Oriented Pixel Methods and Influential Parameters in 84 Land Use Classifications of West Azarbaijan Province, *Journal of Geographical Research*, 7-16. (in Persian)
10. Feizizadeh, Jafari, Nazimfar-Bakhtiar, Firouz, Hossein, 2008. The Use of Remote Sensing Data in Detecting Urban Land Use Changes Case Study of Tabriz Green Space, *Journal of Fine Arts*, 17-24. (in Persian)
11. Hessipour Thab, Q., 2012. Simulation of Land Use Change Effects on Soil Header Using RUSLE Model (StudyCase Study: Darabkt Watershed, Mazandaran, Iran. Master of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Sciences, And Sari Natural Resources, 103-118. (in Persian)
12. karam, A.; Safriyan, A.; & Sh, 1389. The pilgrimage pilgrimage..Estimation and Zoning of Soil Erosion in the Mamelu Basin(Tehran) using the modified equation of the worldSoil Erosion and Analytical Hierarchy Process, *Journal, Earth Knowledge Research*, 73-86 (in Persian).
13. Khaledian, H., & Nikki Kam., (2017). The Role of Land Use Optimization on Reduction of Erosion and Sediment Potential Using Linear Planning Model (Case Study: Chandelier Area of Sanandaj). *Journal of Soil Science (Agricultural Science and Techniques and Natural Resources)*. 95-111.(in Persian)



14. Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; & W. J. Chipman, 2009. Remote sensing and Image Interpretation, New York: John Wiley & Sons, Inc., 6<sup>th</sup> Ed, 127- 137.
15. Mahdavi, A.; Karami, O.; & J. Mirzaei, 2011. Evaluation ecotourism potentials of Badreh region in Ilam province using GIS, *Natural Ecosystems of Iran*, 2(2), 63-74 (in Persian).
16. Malchevsky, I., 2006. Translated by A. Pizhizkar et al. Ghaffari Gilandeh. Geographic Information System and Multi-criteria Decision Analysis, First Edition, Side Publications, 597-622. (in Persian)
17. Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview, *Progress in planning*, 62(1), 3-65.
18. Martínez-Murillo, M J. F.; Lopez Vicente, M.; Poesen, J.; & J. D. Ruiz Sinoga, 2011. Modelling the effects of land use changes on runoff and soil Erosion in two Mediterranean catchments with active gullies (South of Spain), *Landform Analysis*, 17(1), 99-104 .
19. Mehmandoust, F. O.; Adhami, H. R.; & N. R. Ebrahim, 1979. The Effect of Land Use Change on Some Physical, Chemical and Biological Properties of Soil in Sarvak Region, Yasuj County, *Abhakak Journal*, 32 (3), 587-599. (in Persian)
20. Mokhtari, M. H., & A. Najafi., (2015). Comparison of Support Vector Machine Classification Methods and Artificial Neural Network in Land Use Extraction from Tm Satellite Images. *Agriculture and Natural Resources Science and Technology (Aquifer)*. 19 (72), 44-35. (in Persian)
21. Petropoulos, G. P.; Kalaitzidis, C.; & K. P. Vadrevu, 2012 . Support vector machines and object-based classification for obtaining land-use/cover cartography from Hyperion hyperspectral imagery, *Computers & Geosciences*, 41, 99-107.
22. Rezaei Moghaddam.; Rezaei Banafsheh.; Feizizadeh.; Nazimfar, 2010. Land Cover / Land Use Classification Based on Object Oriented Techniques and Satellite Images, Case Study: West Azerbaijan Province, *Watershed Research*, 87, 20-35. (in Persian)
23. Riahi, M. R.; Soleimani, K.; Mousavi, S. R.; & M. Bani Hashem, 2017. Study of lands on river discharge using HEC-HMS model: Lakshka Nakrood watershed, *Journal of Research Iranian Water*, 11, 43-33. (in Persian)
24. Safarian, A., & L. Khodakarami., (2011). Land Use Mapping Using Fuzzy Classification Method (Case Study of Three Sub-catchments of Kabudarahang, Razan-Ghahavand and Khajinj-Talab Basin in Hamadan Province). *Land Planning*. 3 (4), 95-114. (in Persian)
25. Santos, J. C. N.; Andrade, E. M.; Medeiros, P. H. A.; & M. Joao, 2017. Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid, *Revista Ciencia Agronomica*, 48(2), 251-260.
26. Sui, D. Z., 1999. A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban Land Evaluation, *Computer, Environment and Urban Systems*, 16(1), 101-11.
27. Toriman, M.; AmriKamarudin, M.; Sansena, T.; & K. Bhaktikuld, 2015. Assessment of land use change and sedimentation modeling on environmental health in the Tropical River, *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19 (6), 1335- 1347.
28. trapathidk and kumaram., 2012. Remote sensing based analysis of land use land cover dynamics in takula block, almora district (ut tarkand), *journal Of human Ecology*, 38(3), 207-212.
29. Tyagi, P., & U. Bhosle., (2011). Atmospheric Correction of Remotely Sensed Images in Spatial and Transform Domain. *International Journal of Image Processing (IJIP)*. 5, 564-579.

## studying the effects of land use on soil Erosion with WLC algorithm. Case of study: Agh Laghan Chay basin

**Sayyad Asghari Sarasekanrood<sup>1</sup>**: Associate Professor, Department of Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Mehdi Faal Naziri**: Masters Student Remote Sensing, GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Ali Asghar Ardeshirpy**: Masters Student Remote Sensing, GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Article History (Received: 2019/11/5 Accepted: 2019/12/23)

### Extended abstract

#### 1- Introduction

Land use includes all types of land uses to meet different human needs. In other words, land use refers to the type of human use of land, and this type of use is related to the value of the land and (its) natural characteristics. To understand and identify, land use changes using satellite data to provide a broad and integrated view of an area, reproducibility, easy access, high accuracy of data obtained and high analytical speed, as well as performing the classification process a suitable way to map land use. It is particularly widespread in geographical areas. These changes include changes in the hydrological system, effects on erosion, changes in soil physical and chemical properties, and vast changes in land surface morphology, so studying land use changes is one of the (necessities). (The) rain study is the cognition of the face of the earth. Identifying timely and precise land use changes is the basis for a better understanding of the relationships and interactions between humans and land resources. Soil erosion is one of the most important soil (in)fertility factors that nowadays is increasing because of poultry manure loss.

#### 2- Methodology

The data needed in this method include topographic maps, land use, hydrological basin, soil, digital elevation model, slope of the area, as the input to the required model. Soil information is one of the most basic data needed for soil erodibility. WLC model requires soil map to scale with different soil physico-chemical properties such as soil texture, soil moisture percentage, hydraulic conductivity, bulk density. 1: 40,000 was prepared and used by Ardebil Province Natural Resources Department. Digital elevation map was prepared using 1: 25000 topographic map of the study area. In this research, using the topographic map of 1: 25000 scale and digital elevation modeling, the slope map of Agh Laghan Chay Watershed was prepared. The lithology map of the study area was prepared using the 1: 100,000 Geological Survey of Iran Geological Survey. In addition, the standardization-criticalization and weighing methods have been used.

#### 3- Results

The results show that in 1990 the overall accuracy was 95% and the kappa coefficient was 0.93, in 2000 the overall accuracy was 90% and the kappa coefficient was 0.97 and in 2018 the overall accuracy was 93% and the kappa coefficient was 0.91. During the years (1990-2000-2018), significant changes are noticeable, most notably the rangelands and the waste land,

<sup>1</sup> Corresponding Author: Sayyad.sasghari21@gmail.com

which, due to intensive exploitation, gradually shifts its land to other uses such as residential and agricultural areas, dry land, that have been assigned. Increased area of land use and cropland and agricultural areas in 2000 and 2018, compared to 1990, indicate the degradation of rangelands and the reduction of waste land, which will cause significant changes in the morphological systems of the region, mainly to increase the rate erosion and sedimentation in watersheds, reduction of groundwater recharge, destructive floods and other morphological processes will be due to erosion zoning maps in the study area that in 1990 was very high risk area of 1758/82 hectares. This class of danger per year 2000 and 2018, respectively 08/1912 and 25/1914 hectare is increased and the high class area in 1990, 59/4018, 78/4219 and 31/4481 to ha respectively in 2000 and 2018 is increased. In the erosion map of the years 1990-2000-2018, mainly high-risk and high-risk areas are located in agricultural, orchard and residential land uses; therefore, different land use changes in the area have caused changes in the morphological trends of the area.

#### 4- Discussion & Conclusions

Knowing the ratios of land uses and how they change over time is one of the most important issues in planning and policy making. Soil erosion is a global problem that threatens land-use such as changes in water resources. Land use changes are one of the most important issues in the recent world which causes many changes in land surface systems, including geomorphic systems. Land use is one of the most important factors in soil erosion. The results show more accuracy of object-oriented classification. Studies also show that monitoring land use changes using object-oriented methods yields better results when observing all parameters. In the study of land use changes over the years 1990–2012, the results showed that there were major changes in this period of time and It is related to dense rangelands that, due to intensive exploitation, have gradually devoted their land to other uses, such as residential and agricultural areas, and land use, and wasteland has declined over time and has become land and agricultural land. According to soil erosion zoning maps in the study area of Agh Laghan Chay, In the years (1990-2000-2018), mainly high risk and high risk areas are in land use, agricultural, orchard, vegetation and high risk areas. Comfy and very comfy are located in rangelands and man-made areas. The results also showed that the area of high risk class in the years (1990 - 2000 - 2018) was 11.20, 12.20 and 12.22%, respectively, and the area of high risk class in the years (1990-2000-2018), respectively. The order is 25.59, 26.65 and 28.29, which is increasing like many high-risk classes, due to the increase in residential area. It seems necessary to preserve natural areas, stabilize and legalize land use, erosion control and soil and water conservation practices in the context of high erosion potentials, within the framework of other conservation schemes. Get it. Civilians and governmental and non-governmental organizations in the region can manage and monitor land use changes.

**Key Words: Object Oriented Classification - Land Use - Landsat Pictures - Soil Erosion - Ag Laghan Chay.**