

آشکار سازی تغییرات مورفودینامیک با استفاده از داده های سنجش از دور و تحلیل

مؤلفه های اصلی (PCA) و منطق فازی (FUZZY-LOGIC)

مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان

عزت ... ا. قنواتی* - دانشیار دانشگاه تربیت معلم

پرویز ضیائیان - استادیار دانشگاه تربیت معلم

ماهرخ سردشتی - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی

علی اکبر جنگی - کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری

دریافت مقاله: ۸۴/۴/۲۸ تأییدیه چاپ: ۸۵/۹/۲۹

چکیده

آشکاری سازی تغییرات با استفاده از داده های سنجش از دور در سال های اخیر مورد توجه بسیار محققان و پژوهش گران قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، با استفاده از شکل ها ماهواره ای و روش های تحلیل مؤلفه های اصلی و منطق فازی اقدام به آشکار سازی تغییرات مورفودینامیکی حوضه آبخیز طالقان گردیده است. نقشه نهایی، شدت تغییرات را در یک دوره زمانی ۱۵ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲) نشان می دهد. بیشترین شدت تغییرات در کنار آبراهه ها و دامنه ها و همچنین در مسیر طالقان رود مشاهده می شود. کمترین تغییرات مربوط به ارتفاعات کوهستانی و اراضی صخره ای حوضه آبخیز می باشد. همچنین کاربری اراضی از جمله عواملی است که در مورفودینامیک حوضه تأثیر دارد. با توجه به نوع کاربری اراضی اشکال ژئومورفولوژیک و مورفودینامیک نیز فرق می کند. لذا در این تحقیق تغییرات کاربری اراضی سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ با هم مقایسه شده اند.

کلید واژه ها: مورفودینامیک، آشکار سازی تغییرات، تحلیل مؤلفه های اصلی، منطق فازی، طالقان.

مقدمه

امروزه در هر اقتصاد ملی پویایی برنامه های عمران منطقه ای از ارکان اساسی رشد و توسعه به شمار می روند. لازمه هرگونه برنامه ریزی منطقی شناخت دقیق از بستر محیط طبیعی و انسانی می باشد. اگر چه محیط طبیعی یک دستگاه خود تنظیم است اما وسعت عملکرد انسان بدون برنامه ریزی و اعمال مدیریت صحیح تغییر و تحولاتی در محیط طبیعی ایجاد نموده است و در بیشتر موارد نتایج این تغییر و تحولات نه تنها برای انسان مفید نبوده بلکه با از بین بردن تعادل و پایداری طبیعی مسائل و سوانح محیطی را سبب شده است.

حوضه آبخیز طالقان جزء مناطق کوهستانی است. این مناطق علیرغم ظاهر پر صلابت و نسبتاً پایدار خود از جمله محیط‌های حساس و شکننده می‌باشند. در این مناطق هرگونه دستکاری و بهره برداری نادرست ممکن است موجب تغییرات وسیع و بروز مشکلات عدیده ای برای ساکنان آنها شود.

حساسیت خاص اکوسیستم های کوهستانی در به هم خوردن تعادل طبیعی و عمدتاً تحت تأثیر برخوردهای ناآگاهانه، پتانسیل لازم را در ایجاد پدیده هایی همچون فرسایش، تولید رسوب و تخریب پوشش گیاهی را فراهم می‌کند.

حوضه آبخیز طالقان از نظر دینامیکی حوضه بسیار فعال می‌باشد به نحوی که در محدوده ای کوچک انواع مکانسیم های فرسایشی و حرکات دامنه ای و پدیده های مورفولوژیکی حاصل را می‌توان مشاهده نمود. با توجه به احداث سد مخزنی طالقان و اهمیت استراتژیک منابع آب و خاک منطقه بخاطر نزدیکی به تهران، ضرورت مطالعه و حفاظت کافی از این منابع انکار ناپذیر می‌باشد.

در این تحقیق سعی شده است به کمک فنون سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از شکل ها ماهواره ای لندست سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ میلادی پدیده ها، فرایندها و تغییرات مکانسیم های فرسایشی غالب در منطقه شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

آشکارسازی و کشف تغییرات یکی از کاربردهای عمده سنجش از دور می‌باشد. با استفاده از ویژگی تکراری بودن داده های دور سنجی زمان های مختلف، امکان شناسایی و بررسی پدیده های متغیر و پویا در محیط وجود دارد. بر این اساس روش های رقومی مختلفی جهت آشکارسازی و کشف تغییرات و تحولات پدیده های سطح زمین در سنجش از دور توسعه داده شده است.

استفاده از شکل ها ماهواره ای به دلیل اشراف کلی بر پدیده ها و منابع زمین و ثبت ویژگی های پدیده ها توسط سنجنده ها و در نهایت تجزیه و تحلیل توسط سخت افزارها و نرم افزارهای کامپیوتری در این زمینه بسیار به ما کمک می‌نماید.

شوم ضمن مطالعات خود به دو طریق مختلف به تغییرات مجرای رود توجه نمود و در رودخانه می‌سی‌سی‌پی با توجه به اندازه گیری روش های تاریخی به تغییرات بستر رودخانه پی برده است (شوم، ۱۹۷۱، ۲۰).

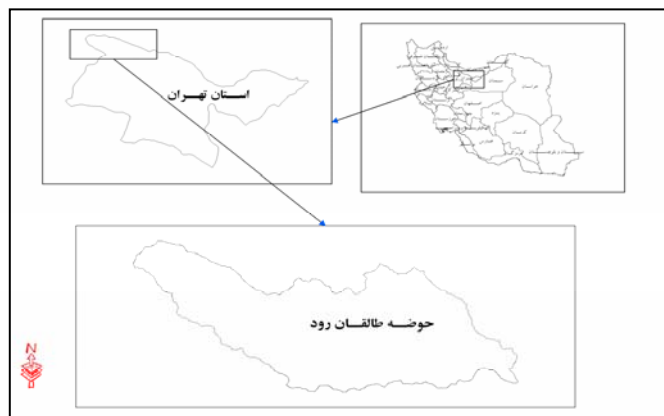
دراند کارپرومی در سال ۱۹۸۰ از روش مجموع شکل ها چند طیفی دو زمانه برای تحلیل مؤلفه های اصلی استفاده نموده و تغییرات را در مؤلفه ای که از شکل اولیه استخراج می‌شود مشخص کرد.

ضیائیان فیروز آبادی برای کشف تغییرات روش های تفریق شکل ها، تحلیل مؤلفه های اصلی و منطق فازی، طبقه بندی و ارزیابی پس از طبقه بندی را برای کشف تغییرات در شهر مدرس هند به کار گرفت. در این مطالعه از شکل ها سنجش از دور ماهواره (IRS) ۱۹۹۳ تا آوریل ۱۹۹۵ استفاده شده است (ضیائیان فیروز آبادی ۱۹۹۵، ۲۵).

منطقه مورد مطالعه

کلیات طبیعی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز طالقان یکی از زیر حوضه های مهم آبخیز سفید رود به شمار می رود که در دامنه جنوبی رشته کوه های البرز و در بخش شمال غربی در فاصله ۱۲۰ کیلومتری از تهران واقع شده است. این حوضه بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵ دقیقه و ۳۱ ثانیه شمالی تا ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۷ ثانیه و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱ دقیقه و ۱۶ ثانیه شرقی واقع شده است. وسعت حوضه آبخیز طالقان ۱۳۵۲۰۰ هکتار و مساحت بالا دست سد مخزنی معادل ۹۵۸۱۳ هکتار بالغ می شود. ارتفاع حوضه از سطح دریا از ۱۱۰۰ تا ۴۴۰۰ متر متغیر است. رودخانه طالقان در مرکز این حوضه از گردنه عسلک در غرب کندوان سر چشمه می گیرد و به سمت غرب در جریان است. این رودخانه پس از دریافت شاخه های پر آبی مانند رودهای علی زان، مهران، خچیره، حسنجون، و اورازان و پس از طی چندین کیلومتر به رودخانه الموت می پیوندد. سپس با نام رودخانه شاهرود به دریاچه سد سفید رود می ریزد (شکل ۱).



شکل ۱ منطقه مورد مطالعه در ایران و استان تهران

از نظر زمین شناسی این منطقه متشکل از یک سری چین و راندگی های خاوری - باختری است که به سوی شمال و جنوب بر روی هم رانده شده اند. به نظر می رسد که چین خوردگی مهمی قبل از دوره تریاس فوقانی در منطقه وجود نداشته است^۱. سرگذشت زمین ساخت حوضه طالقان با افزایش کوه های طالقان در جنوب و البرز در شمال و عملکرد مکانیسم های فرسایش بعدی، با ایجاد دره های عمیق و دامنه های پرشیب، به همراه چینه شناسی و سنگ شناسی خاص منطقه باعث گردیده تا فرایندهای زمین ریختی مانند لغزش، ریزش، بهمین و غیره در نقاط مختلفی از حوضه قابل تشخیص باشد. میانگین بارش سالانه حوضه آبخیز طالقان ۵۱۵/۱۶ میلی متر و دمای سالانه آن نیز ۱۰/۵ درجه سانتیگراد می باشد.

۱- گزارش زمین شناسی مطالعات آبخیز داری طالقان، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲

مواد و روش‌ها

الف). پیش پردازش تصاویر

در این تحقیق از نقشه‌های توپوگرافی سال ۱۳۳۵ به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و همچنین تصاویر ماهواره ای ETM, TM, مربوط به تاریخ‌های ۱۰ اکتبر ۱۹۸۷ و ۲۸ اکتبر سال ۲۰۰۲ استفاده شده است. به کمک ۲۰ نقطه کنترل زمینی نقشه‌های توپوگرافی یاد شده با میزان $RMS X=0.5, Y=0.7$ و با استفاده از تابع درجه اول و الگوریتم دوباره سازی نزدیک ترین همسایه، زمین مرجع شده و سپس موزائیک گردیدند.

با توجه به تفاوت دو دوره زمانی تصحیحات رادیومتریکی با استفاده نرم افزار PCI Geomatica برای دو تصویر انجام گرفت. تصحیحات هندسی تصاویر نیز با استفاده از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی زمین مرجع شده و سیستم شکلی جهانی مرکاتور با میزان خطای ۰/۵ پیکسل انجام گرفته است. تصاویر با استفاده از تابع درجه اول و الگوریتم دوباره سازی نزدیک ترین همسایه با اندازه پیکسل ۲۸/۵ در ۲۸/۵ برای همه باندها با میزان RMS کمتر از ۵/۵ پیکسل تصحیح شدند.

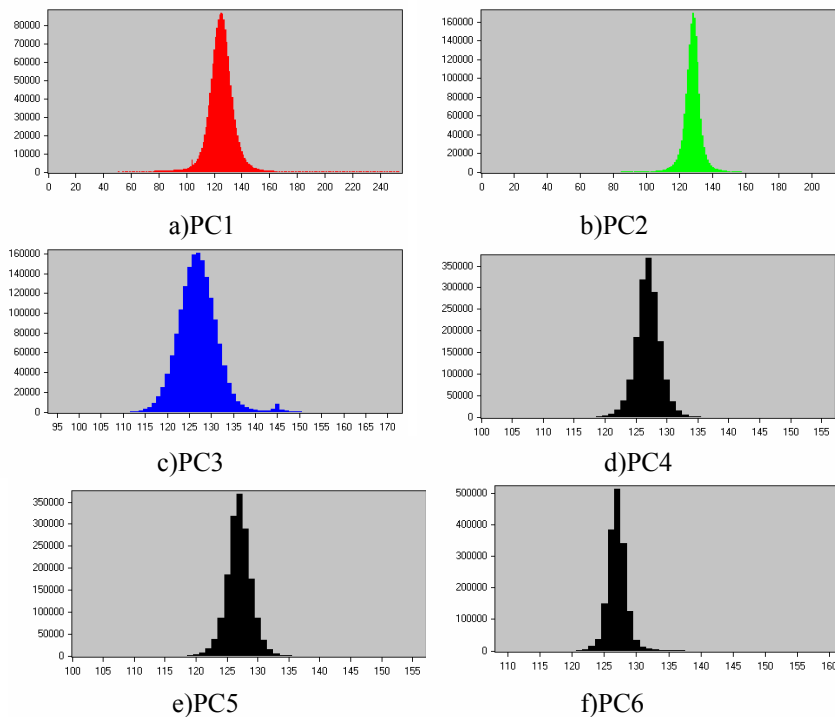
ب). پردازش تصاویر و آشکار سازی تغییرات

در راستای آشکار سازی تغییرات ژئومورفولوژیک حوضه آبخیز طالقان طی دوره زمانی یاد شده، ابتدا عملیات تفریق باندهای متناظر تصاویر اعمال گردید. به دلیل پراکندگی و تکرار اطلاعات در باندهای مختلف حاصل از تصاویر، تفریق تحلیل مولفه‌های اصلی جهت حذف اطلاعات تکراری انجام شد.

سپس با استفاده از شاخص‌های آماری حاصل از اعمال تحلیل مولفه‌های اصلی از قبیل کمترین، بیشترین، میانگین و انحراف از معیار عضوگیری فازی برای هر باند انجام شد. شاخص‌های آماری و هیستوگرام مربوط به آن به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۱ اطلاعات آماری حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی تفریق

باند	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	درصد اطلاعات
PC ₁	۷۰	۱۶۵	۱۲۷	۲۰/۵۵	۴۹/۶
PC ₂	۸۵	۱۶۰	۱۲۷	۹/۰۶	۲۱/۹
PC ₃	۱۱۰	۱۵۵	۱۲۷	۴/۶۶	۱۱/۲
PC ₄	۱۱۰	۱۴۰	۱۲۷	۳/۱۹	۷/۱
PC ₅	۱۱۵	۱۳۷	۱۲۷	۲/۲۴	۵/۴
PC ₆	۱۲۰	۱۴۰	۱۲۷	۱/۷۰	۴/۱



شکل ۲ هیستوگرام حاصل از تحلیل مؤلفه های اصلی تفریق

تعیین تابع عضویت فازی

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می شود مؤلفه های اول (PCA)، دوم (PCA)، سوم (PCA) و چهارم (PCA) حاصل از تغییرات تفریق باندهای متناظر تصاویر در سال های مورد مطالعه بیش از ۹۰ درصد کل اطلاعات را به خود اختصاص داده اند. این مؤلفه ها عمدتاً حاوی اطلاعات حاصل از تغییراتی هستند که در فاصله زمانی دو تصویر حادث شده اند. چون این مؤلفه ها اطلاعات متفاوتی از تغییرات را در خود دارند بنابراین باید روشی اتخاذ گردد از طریق آن عضویت هر پیکسل را در هر باند مشخص کرد. به این منظور اطلاعات موجود در مؤلفه های اول، دوم، سوم و چهارم حاصل از تصاویر تفریقی از قوانین و تئوری مجموعه های فازی استفاده شد. در منطق فازی تابع عضویت با استفاده از هیستوگرام تصاویر مؤلفه های اصلی تعیین شد. اعداد ۷۰، ۸۵، ۱۱۰، ۱۱۶ بیانگر حداقل و ۱۲۷ بیانگر میانگین و ۱۶۵، ۱۶۰، ۱۵۵ و ۱۴۰ بیانگر حداکثر مقدار تابع عضویت در تغییرات با توجه به آستانه انتخاب شده می باشند. تابع عضویت برای چهار مؤلفه مورد نظر در منطق فازی بر اساس مدل ارائه شده توسط گنگ (۱۹۹۳) به شرح زیر محاسبه گردیده است.

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x_i \leq 70 \\ (x_i - 127) / (127 - 70) & 70 \leq x_i \leq 127 \\ (x_i - 127) / (165 - 127) & 127 \leq x_i \leq 165 \\ 1 & 165 \leq x_i \leq 255 \end{cases}$$

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x_i \leq 85 \\ (x_i - 127) / (127 - 85) & 85 \leq x_i \leq 127 \\ (x_i - 127) / (160 - 127) & 127 \leq x_i \leq 160 \\ 1 & 0 \leq x_i \leq 255 \end{cases}$$

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x_i \leq 110 \\ (x_i-127)/(127-110) & 110 \leq x_i \leq 127 \\ (x_i-127)/(155-127) & 127 \leq x_i \leq 155 \\ 1 & 155 \leq x_i \leq 255 \end{cases}$$

$$\mu(x_i) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x_i \leq 116 \\ (x_i-127)/(127-116) & 116 \leq x_i \leq 127 \\ (x_i-127)/(140-127) & 127 \leq x_i \leq 140 \\ 1 & 140 \leq x_i \leq 255 \end{cases}$$

با تعریف تابع عضویت در تغییرات به شرح فوق تصاویری تهیه شد که نشان دهنده مقدار عضویت در تغییرات بین صفر تا یک برای تمامی پیکسل‌های هر بانده می‌باشد.

نقشه شدت تغییرات

نقشه شدت تغییرات از طریق ترکیب چهار فازی بدست آمده از مرحله قبل طبق معادله ذیل بدست آمده است.
 $FCCI = \text{Max}(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4)$

μ_1 : مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مولفه اول

μ_2 : مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مولفه دوم

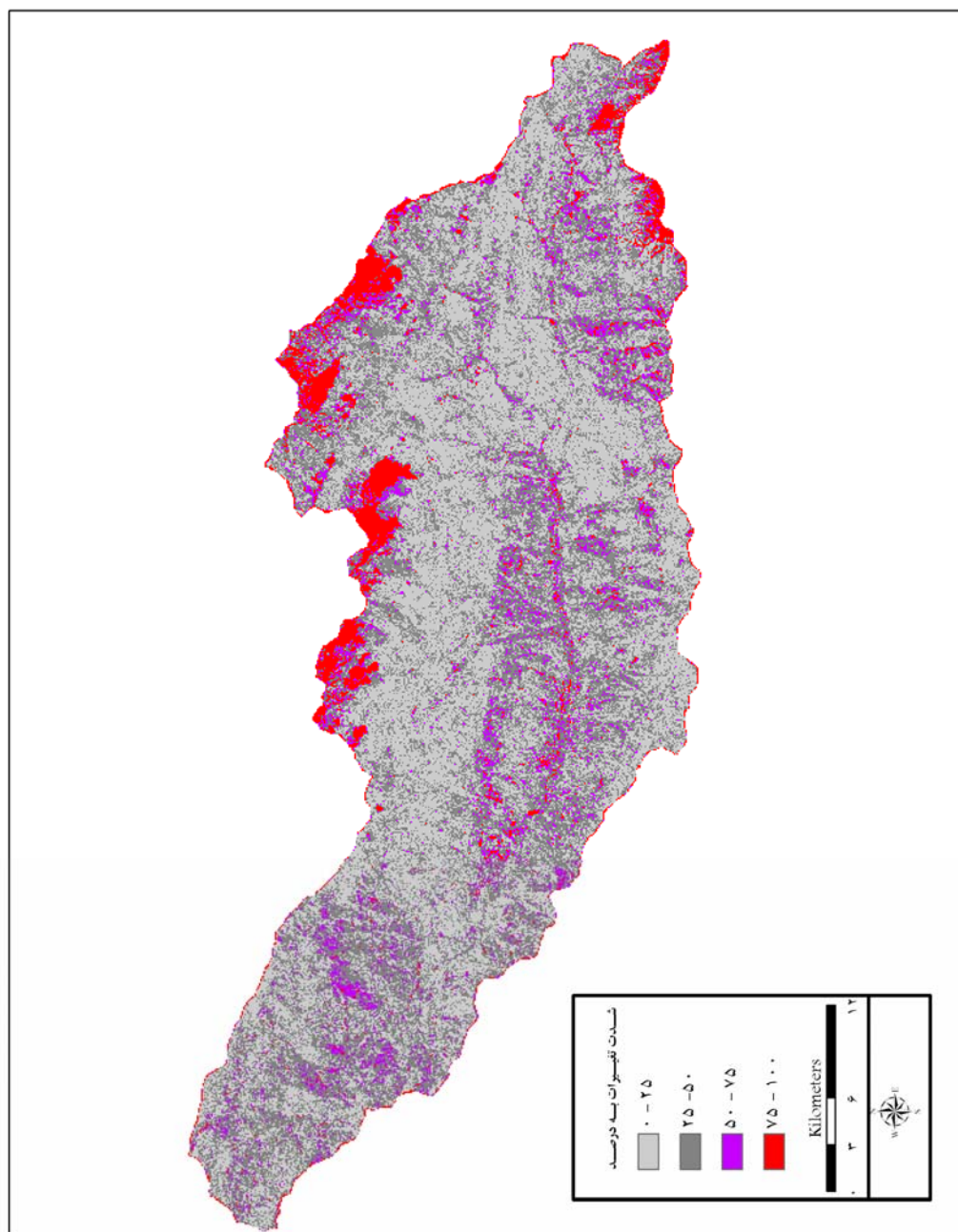
μ_3 : مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مولفه سوم

μ_4 : مقدار عددی تابع عضویت پیکسل در مولفه چهارم

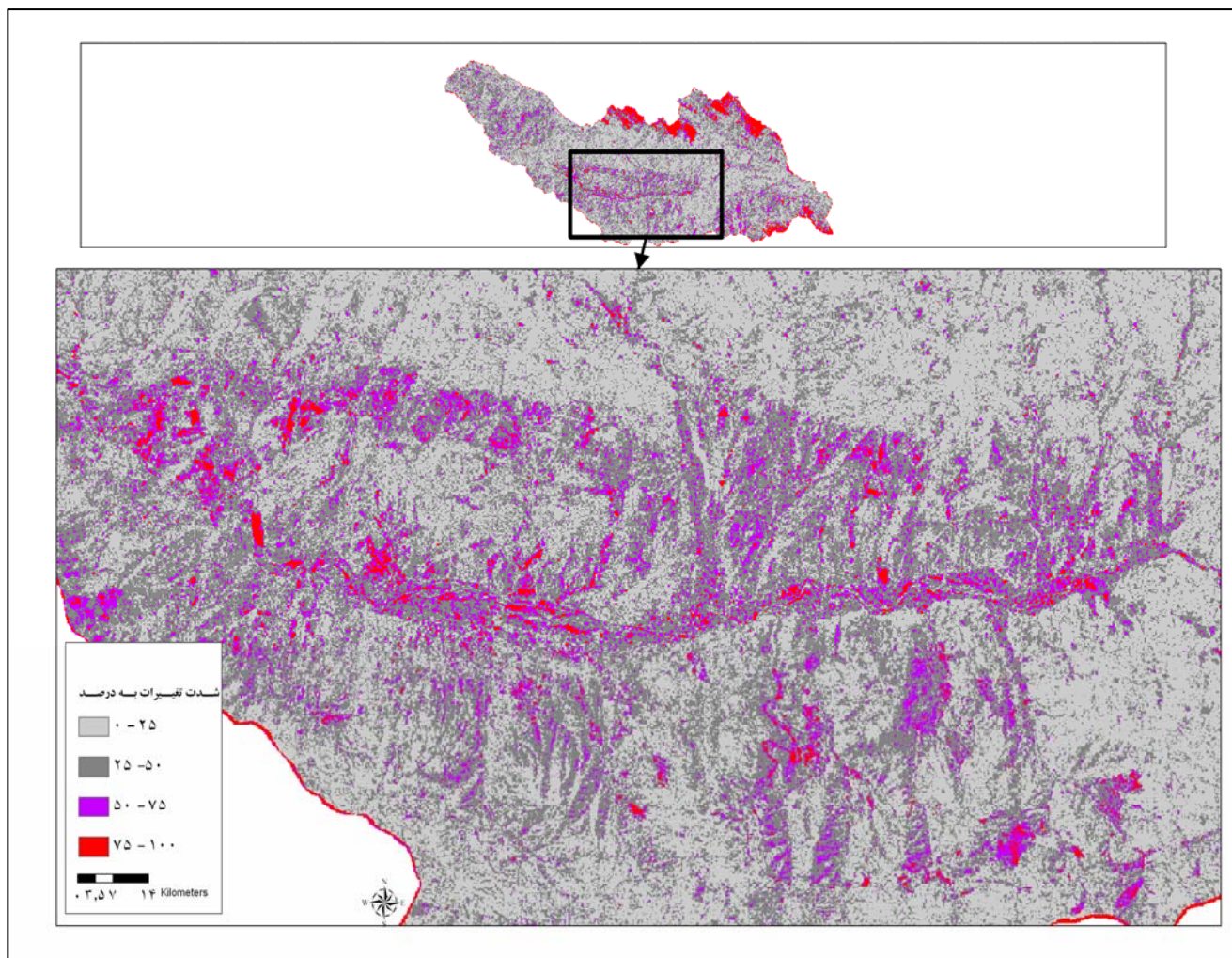
جدول ۲ مساحت هر طبقه از تغییرات انجام گرفته در حوضه آبخیز طالقان بر حسب کیلومتر مربع نشان می‌دهد.

درصد مساحت تغییرات انجام گرفته	مساحت تغییرات انجام گرفته به کیلومتر مربع	طبقه بندی شدت تغییرات در حوضه به درصد
۳۸/۵۴	۱۲۳/۱۶۸۳	۰ - ۲۵
۳۹	۱۲۴/۵۹۷۰	۲۵ - ۵۰
۱۲/۷۷	۴۰/۸۱۶۵۷	۵۰ - ۷۵
۹/۶	۳۰/۹۷۲۶۰	۷۵ - ۱۰۰

سپس جهت نمایش بهتر شدت تغییرات حاصله، در چهار کلاس ۰-۲۵ و ۲۵-۵۰ و ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ درصد نشان داده شده است (شکل‌های ۳ و ۴). این رنگها به ترتیب مناطق با شدت تغییر کم تا زیاد را نشان می‌دهند.



شکل ۳ تصویر طبقه بندی شده شدت تغییرات بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد



شکل ۴ طبقه بندی شدت تغییرات بین ۰ تا ۱۰۰ درصد

تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه طالقان با استفاده از تصاویر ماهواره ای منطقه

کاربری اراضی یکی دیگر از عواملی است که در مورفودینامیک حوضه تاثیر می گذارد به نحوی که هر نوع تغییر در کاربری اراضی واکنش متقابل خود را در عوارض سطحی زمین و مکانیسم های فرسایشی به جای خواهد گذاشت.

می توان اظهار داشت علاوه بر عوامل طبیعی که در حرکات توده ای و فرایند های مورفودینامیکی مؤثر هستند، نوع استفاده عمرانی و کشاورزی از زمین نیز در حرکات توده ای و فرایندهای مورفودینامیکی تاثیر دارند. مهمترین نوع بهره برداری های مؤثر در تحریک زمین لغزها ساخت جاده های روستایی، کانال های آب رسانی بدون پوشش و کشاورزی به طریق آبی در مناطق حساس بدون ضوابط فنی صحیح و در نظر نگرفتن پتانسیل ناپایداری می باشد. از این رو لازم است در جهت کاهش خسارت و اثرات ناپایداری شیب ها در منطقه

نوع کاربری اراضی و نقشه مربوطه تهیه و مشخص گردد. به عبارت دیگر آگاهی از نوع کاربریهای مختلف اراضی و مساحت هریک از آن ها اهمیت زیادی در اقدامات کنترلی یا کاهش فرسایشی دارد.

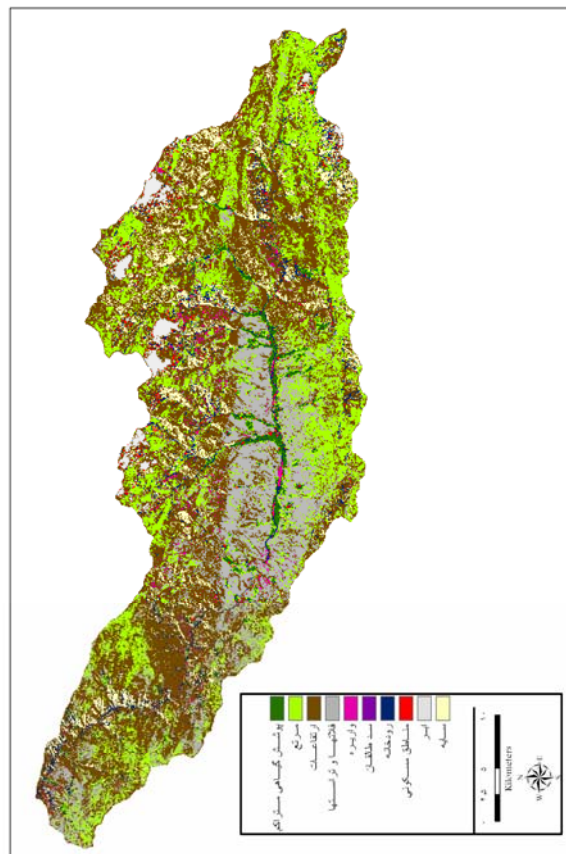
برای تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه تصاویر ماهواره ای ETM 2002, TM 1987 مورد استفاده قرار گرفت. نقشه کاربری اراضی از طریق نمونه گیری در ۱۰ کلاس با استفاده از الگوریتم حداکثر مشابهت (MLC^۱) برای هر یک از تصاویر بدست آمد (نقشه ۵، ۶).

برای تعیین شدت تغییرات با استفاده از مقایسه تغییرات نوع کاربری بین تصاویر دو زمان متفاوت از تابع زیر استفاده شد.

$$Luc = (Lu1987*10+Lu2002)$$

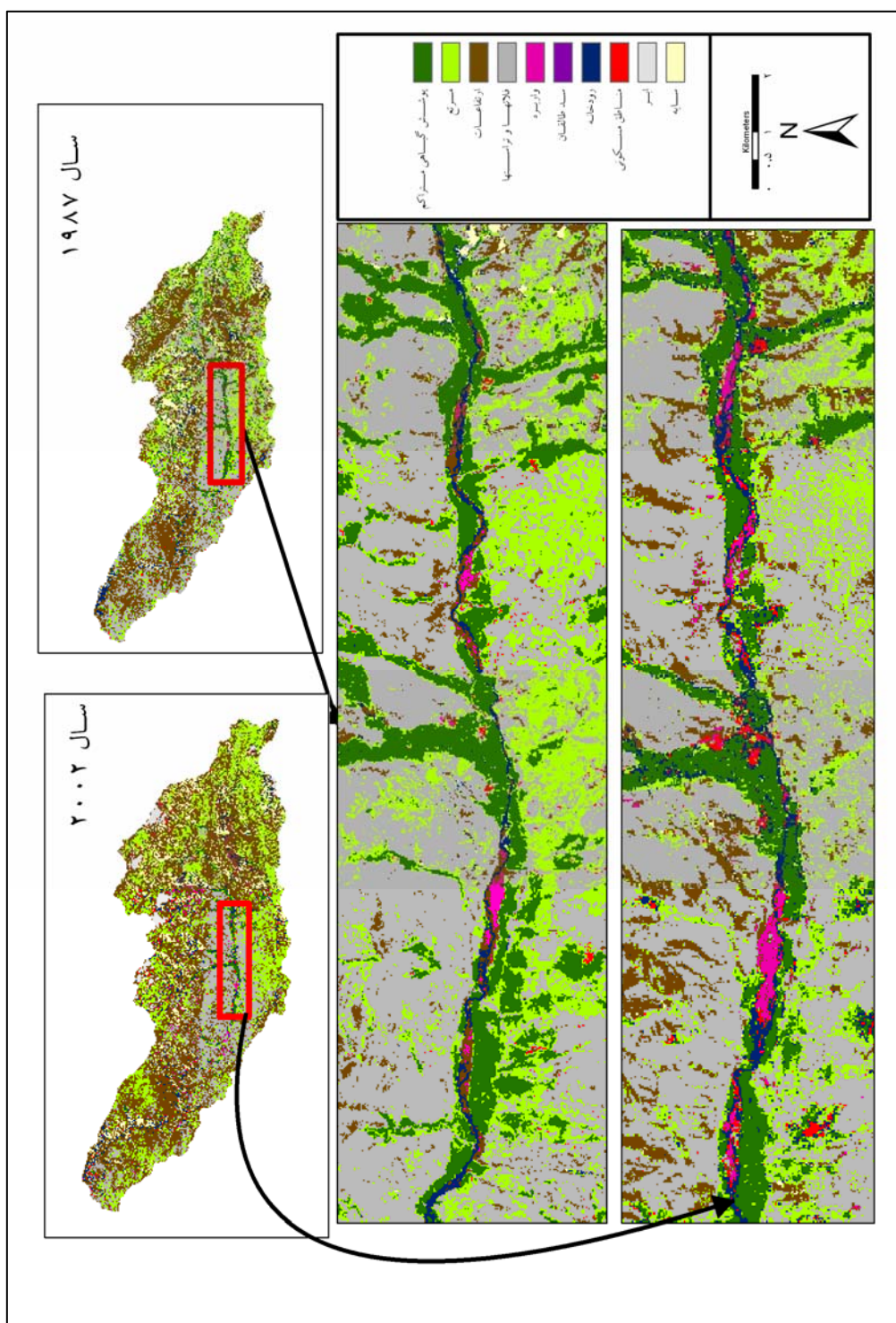
Luc=تغییرات کاربری اراضی

Lu=نقشه کاربری اراضی



شکل ۵ نقشه کاربری اراضی از طریق نمونه گیری در ۱۰ کلاس با استفاده از الگوریتم حداکثر مشابهت (MLC) سال ۱۹۸۷

¹ - Mmaximum likelihood classifier



شکل ۶ تغییرات کاربری در قسمتهای از طاقان رود بین سال های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲

جدول ۳ مساحت کاربری اراضی حوضه آبخیز طالقان در سال ۱۹۸۷

مساحت منطقه تحت پوشش به درصد	مساحت منطقه تحت پوشش به هکتار	نوع کاربری اراضی
۸/۲	۱۰۷۹۲/۲۶	۱-پوشش گیاهی (متراکم_درختی)
۴۸/۹	۲۵۰۰۰۴/۷۹	۲-مراتع
۳۱/۳۱	۴۱۳۹۱/۳۸	۳-نواحی کوهستانی
۳۲/۴۰	۴۲۸۳۷/۱۱	۴-فلات ها و تراست ها
۰/۰۵	۶۹/۵۲	۵-واریزه
۰/۰۰۵	۶/۷۰	۶-سد طالقان
۲/۴۵	۳۲۴۸/۴۵	۷-طالقان رود
۰/۵۱	۶۷۴/۹۲	۸-مناطق مسکونی
۱/۰۳	۱۳۶۸/۱۱	۹-برف
۵/۱	۶۹۹۳/۷۷	۱۰-سایه

جدول ۴ مساحت کاربری اراضی حوضه آبخیز طالقان در سال ۲۰۰۲

مساحت منطقه تحت پوشش به درصد	مساحت منطقه تحت پوشش به هکتار	نوع کاربری اراضی
۲	۲۶۵۱/۲۷	۱-پوشش گیاهی (متراکم_درختی)
۲۲/۶۸	۳۰۳۰۸/۷۰	۲-مراتع
۴۲	۵۵۹۶۶/۵۵	۳-نواحی کوهستانی
۱۶/۳۳	۲۱۷۱۸/۸۹	۴-فلاتها و تراستها
۰/۸۲	۱۱۰۰/۷۷	۵-واریزه
۰/۰۰۲	۳/۵۵	۶-سد طالقان
۴/۵	۶۰۴۳/۷۴	۷-طالقان رود
۱/۲۶	۱۶۸۹/۱۸	۸-مناطق مسکونی
۱/۶۵	۲۲۱۱/۶۱	۹-ابر
۹	۱۱۸۰۳/۷۳	۱۰-سایه

جدول ۵: ارزیابی تبدیل هریک از کاربری‌ها به کاربری جدید در فاصله سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲.

تغییر کاربری		مساحت تغییر یافته به هکتار	تغییر کاربری		مساحت تغییر یافته به هکتار
پوشش گیاهی متراکم	پوشش گیاهی متراکم	2200.529213	ارتفاعات	پوشش گیاهی متراکم	42.8
	مرتع	3838.990464		مرتع	4303.7
	ارتفاعات	1943.95779		ارتفاعات	28321.3
	فلاتها و تراسها	605.8409861		فلاتها و تراسها	1705.53
	واریره	5.376126951		واریره	711.52
	سد طالقان	0		سد طالقان	0
	رودخانه	845.6491691		رودخانه	0.08
	مناطق مسکونی	133.5723395		مناطق مسکونی	0.07
مرغ	پوشش گیاهی متراکم	223	فلاتها و تراسها	پوشش گیاهی متراکم	113.64
	مرتع	12152.38		مرتع	9236.11
	ارتفاعات	5247		ارتفاعات	15563.76
	فلاتها و تراسها	4008.4		فلاتها و تراسها	15091.045
	واریره	15.28		واریره	161.035
	سد طالقان	0.016		سد طالقان	0
	رودخانه	0.063		رودخانه	1001.4
	مناطق مسکونی	0.067		مناطق مسکونی	450.26

بحث و نتیجه‌گیری

در راستای بهره‌برداری بهینه از امکانات محیطی به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز آگاهی از تغییرات و تحولات انجام گرفته در طول یک دوره زمانی برای برنامه‌ریزان و مدیران اهمیت به‌سزایی دارد. تهیه نقشه‌شدت و نوع تغییرات کاربری برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر از نیازهای اساسی به‌شمار می‌آید.

جهت تهیه نقشه‌شدت و نوع تغییرات کاربری‌های مختلف و در نتیجه تغییرات محیطی و ژئومورفولوژیک حاصل از این تغییر کاربری‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای دو زمان متفاوت، نقشه کاربری‌های مختلف برای هریک از تصاویر مربوط به دو زمان متفاوت حوضه طالقان بدست آمد.

تغییرات حادث شده در یک منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه قابل استخراج است. تقریباً ۲۳ درصد تغییراتی که شدت آن‌ها بین ۱۰۰-۵۰ درصد می‌باشد در مسیر طالقان رود و کنار آبراهه‌ها و در پای دامنه‌ها می‌باشد. نقشه‌شدت تغییرات منطقه نشان می‌دهد که بیشتر این تغییرات در ارتفاعات به‌خاطر کمبود پوشش گیاهی و همچنین در سازنده‌های رسوبی و آبرفتی و مسیر طالقان رود بوده است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه و گسترش سازنده‌های فرسایش‌پذیر نئوژن در منطقه طالقان تغییرات پوشش گیاهی و درختی منطقه سبب گسترش و فعال‌تر شدن مکانیسم مختلف فرسایش در دوره مذکور گردیده است.

نقشه تغییرات کاربری اراضی که از تصاویر ماهواره ای سال های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ تهیه شده است، نشان می دهد که طی دوره مذکور حدود ۱۲/۱۱ درصد از پوشش گیاهی متراکم و درختی به مناطق مسکونی تبدیل شده است. همچنین براساس نقشه مذکور طی دوره زمانی یاد شده ۹/۵ درصد از پوشش گیاهی متراکم و درختی تخریب و به زمین های بایر تبدیل شده است که در مجموع ۵۵ درصد کل حوضه را در برمی گیرد.

منابع

- ۱- سازمان سنجش از دور، تصاویر ماهواره ای لندست T. M مربوط به سال ۱۹۸۷.
- ۲- سازمان جنگل ها و مراتع کشور، تصاویر ماهواره ای لندست ETM مربوط به سال ۲۰۰۲.
- ۳- ربیعی دستجردی، حمید رضا، (۱۳۸۲)، بررسی نقش خطا و عدم اطمینان در آشکار سازی تغییرات بر مبنای طبقه بندی داده های ماهواره ای، استاد راهنما: دکتر ضیائیان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- علوی پناه، سید کاظم، (۱۳۸۲)، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- غیاثوند، غلامرضا، (۱۳۷۷)، تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه، استاد راهنما: دکتر علی محمدی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- وارسته مرادی، محمد رضا، (۱۳۷۶)، مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای چند زمانه، استاد راهنما: دکتر علی محمدی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

7- Firouzabadi, P, 1995. Digital approaches for change for change detection in urban environment using remote sensing Data.

8- Gong, p, 1993, change detection using principal component analysis and fuzzy set theory, can, J, Remotesns.19 (1).22-29.

9- Ross S.Lunetta.1999, Remote sensing change Detection.

10- Schumm, S. A, 1971, "Fluvial Geomorphology in River Mechanics", Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, Chapters 4 and 5.