Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۶۱-۴۳

*کامران شایسته [۱]
سحر عابدیان [۲]

ارزیابی درازمدت اثرات هیدرولوژیک تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب سالانه در حوضه آبریز زیارت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

چکیده

مهم‌ترین مداخله انسانی در چرخه هیدرولوژیک حوضه‌ها، تغییرات کاربری اراضی است. عدم رعایت قابلیت توسعه زمین در انتخاب کاربری‌ها و حتی مدیریت غیراصولی کاربری‌ها، باعث افزایش حجم رواناب و فراوانی وقوع سیلاب می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار تغییر کاربری اراضی حوضه آبریز زیارت در دوره زمانی ۲۱ ساله و در فاصله زمانی (۱۳۹٤-۱۳۷۳) بر عمق و حجم رواناب است که به این منظور از مدل L-THIA بهره‌گیری شده است. مدل L-THIA، مدلی برای ارزیابی آثار بلندمدت حاصل از تغییر کاربری زمین بر منابع آبی است که با استفاده از داده‌های اقلیمی بلندمدت، نقشه کاربری اراضی و نقشه خاک قابل اجرا هست. در این راستا از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های TM (۱۹۹٤) و OLI (۲۰۱۵)؛ و تکنیک‌های دورسنجی نظیر طبقه‌بندی نظارتی و تفاضل تصاویر برای شناسایی و پایش تغییرات استفاده شده است. نتایج طبقه‌بندی حاکی از پنج کلاس کاربری شامل جنگل، مناطق مسکونی، زمین کشاورزی، مرتع و مناطق آبی می‌باشد. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی بیانگر سیر صعودی سطح مناطق مسکونی (٪۹٦/۳) و اراضی کشاورزی (٪۳۷/۸) و سیر نزولی مساحت اراضی مرتعی (٪٦/۳۵)، جنگلی (٪۱/۲) و مناطق آبی می‌باشد. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که در طی ۲۱ سال، علی‌رغم روند کاهشی میزان بارندگی در منطقه و ثابت بودن ویژگی‌های هیدرولوژیکی در طول زمان، عمق رواناب تولیدی در حوضه به‌طور متوسط ۱٤/۲ میلی‌متر بر اثر تغییرات در کاربری زمین افزایش داشته است که سهم مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی در افزایش

*۱- گروه محیط‌زیست، دانشگاه ملایر. (نویسنده مسئول). E-mail: ka_shayesteh@yahoo.com
۲- دانشجوی دکتری محیط‌زیست دانشگاه ملایر.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

حجم رواناب به‌ترتیب ۳۷/۲۶ و ۲۷/۹۱ درصد بوده است. این مدل با ارائه نقشه توزیع مکانی رواناب، امکان شناسایی مناطق حادثه‌خیز، پهنه‌بندی سیل و همچنین مدیریت سیل را فراهم می‌سازد.

کلید واژه‌ها: تغییر کاربری اراضی، عمق رواناب، حجم رواناب، مدل‌های هیدرولوژیکی، L-THIA.

مقدمه

برآورد میزان رواناب در حوضه آبریز از نقطه نظر درک بهتر مسائل هیدرولوژیکی، مدیریت منابع آب، مهندسی رودخانه و ذخیره سیلاب اهمیت ویژه‌ای دارد (Nameghi et al., 2013: 1067). در کشور ما وقوع سیلاب بیش از این‌که ناشی از بارش‌های تند باشد، از برهم خوردن تعادل طبیعی و شرایط جغرافیایی و فیزیولوژیکی متأثر است (Omidvar et al., 2010: 74). یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی یک منطقه افزایش تولید رواناب در آن است. روابط بارش–رواناب حوضه آبریز نتیجه اثر متقابل بسیاری از فرآیندها مانند خاک‌شناسی، کاربری اراضی و اقلیم می‌باشد. رواناب از طریق تلفات بخش حاصلخیز خاک منجر به کاهش حاصلخیزی آن شده و به خاطر ته‌نشینی رسوبات در سواحل رودخانه‌ها، خلیج‌ها و دریاچه‌ها باعث کاهش کیفیت آب سطحی می‌گردد. در مناطقی که دارای خاک، توپوگرافی و اقلیم مشابه می‌باشند، اختلاف در میزان رواناب عموماً به نوع کاربری اراضی بر می‌گردد (Rosenmund et al., 2005: 16). نوع کاربری با آثار مستقیم در سرعت رواناب، میزان نفوذپذیری و زمان تمرکز، سیل را کنترل می‌کند. در این بین تغییر کاربری از نوع کشاورزی یا مرتع به کاربری شهری تا مقادیر زیادی بر کاهش کیفیت آب و افزایش میزان رواناب حاصل از بارش تأثیر می‌گذارد (Perry & Nawaz, 2008: 4). تغییر این کاربری‌ها در حوضه‌های تحت تأثیر شهرسازی نتایجی همچون تخریب خطوط تقسیم آب، قطع کردن زهکش‌های طبیعی و افزایش سطوح نفوذناپذیر دارد (Shi et al., 2007: 31). تغییر کاربری اراضی منجر به پیدایش مشکلات فزاینده‌ای در هیدرولوژی شهری شده و در اکثر موارد افزایش دبی پیک و حجم سیلاب را به‌همراه داشته است (Razmjoee et al., 2017: 235). افزایش تولید رواناب در یک منطقه، علاوه بر افزایش پتانسیل سیل‌خیزی تأثیرات دیگری را نیز به‌دنبال دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کاهش میزان نفوذپذیری زمین در نتیجه افت سطح آب‌های زیرزمینی، افزایش قدرت تخریب آب، افزایش قدرت حمل رسوب و خارج از دسترس شدن، کاهش کیفیت آب و موارد دیگر (Esfandyari et al., 2015: 60). در دهه‌های اخیر به‌دلیل اهمیت فرآیند بارش–رواناب توسعه مدل‌های مناسب برای تخمین رواناب به مسأله ضروری تبدیل شده است (Mohajeri et al., 2014: 181). برای ارزیابی آثار تغییر کاربری زمین بر کیفیت و کمیت آب از مدل هیدرولوژیکی استفاده می‌شود (Lim et al., 2006: 35). اگرچه بعضی از مدل‌های هیدرولوژیکی موجود توانایی ارزیابی آثار بلندمدت را دارند، اما برای ارزیابی اولیه به‌دلیل پیچیدگی و هزینه‌بر بودن داده‌های مورد استفاده مناسب نیستند. ارزیابی اولیه آثار هیدرولوژیکی تغییرات کاربری زمین، نیازمند یک مدل ساده است که بتواند با داده‌های ورودی در دسترس، ارزیابی اولیه‌ای از آثار مطلق و نسبی توسعه آبریز تهیه کند و نیاز به استفاده از مدل‌های پیشرفته‌تر را تشخیص دهد (LI & Wang, 2009: 557).

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

در میان مدل‌های هیدرولوژیکی، مدل L-THIA[3] مدلی است که به ارزیابی آثار هیدرولوژیکی بلندمدت با استفاده از داده‌های در دسترس می‌پردازد (Pandey et al., 2000; Grove, 1997; Lim et al., 2006). در واقع مدل L-THIA یک مدل ساده و مرتبط با GIS است که رواناب مستقیم را از داده‌های ورودی پایه شامل داده‌های اقلیمی بلندمدت، کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک برآورد می‌نماید (Bhaduri et al., 1999: 2).

پیشینه پژوهش

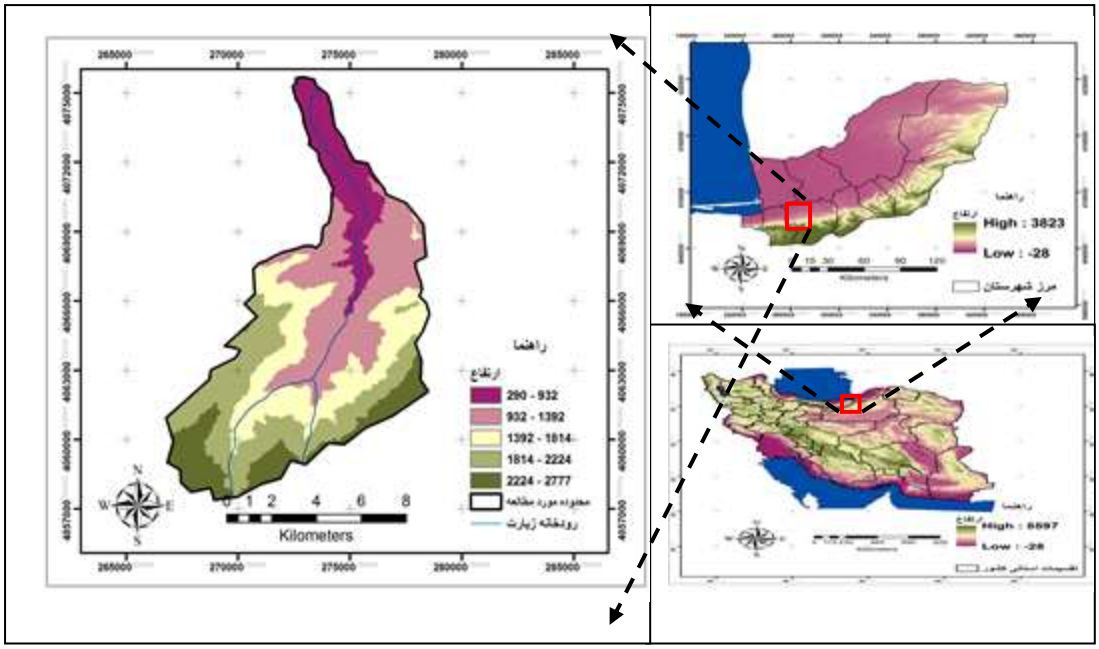
در زمینه تأثیر کاربری اراضی بر مقدار رواناب حوضه در مناطق مختلف جهان و ایران تحقیقاتی انجام گرفته است. Tang et al (2005) در پژوهشی به پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین و ارزیابی آثار آن در حوضه آبریز ماسکگون در ایالت میشیگان پرداختند. آن‌ها از مدل L-THIA برای ارزیابی آثار حاصل از تغییرات کاربری زمین بر رواناب سطحی استفاده نمودند. آن‌ها بیان نمودند که توسعه شهرها نیروی محرک اصلی تغییر شرایط هیدرولوژیکی است که باعث افزایش حجم و عمق رواناب در منطقه شده است. Sun et al (2013) در پژوهشی به بررسی اثرات رشد سریع شهرسازی بر هیدرولوژی حوضه آبریز بین سال‌های (۱۹۹۲) تا (۲۰۰۹) در شهر بیجینگ چین پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در طی این دوره، میزان رواناب ۳۰ درصد افزایش پیدا کرده است که سهم مناطق شهری ۳۵ درصد بوده است. Zahedi et al (2011) در مطالعه‌ای با عنوان "بررسی تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر هیدرولوژی حوضه آبریز زیارت گرگان" نشان دادند که به‌علت تغییر کاربری اراضی و تخریب جنگل و ساخت‌وساز بی‌رویه، ارتفاع رواناب کاربری فعلی (۱۳۸۷) نسبت به کاربری‌های دوره‌های قبلی (۱۳۵۲)، ۳۷/۱ درصد افزایش داشته است که نتیجه آن افزایش وقوع سیلاب‌ها در سال‌های اخیر می‌باشد. Salman Mahiny et al (2012) از مدل L-THIA برای تخمین رواناب ناشی از تغییر کاربری در شهرهای چالوس و نوشهر استفاده نمودند. نتایج مدل‌سازی رواناب، افزایش ۱۷/۳ میلی‌متری متوسط رواناب سالانه تنها در طی ١٤ سال را نشان می‌دهد. این پژوهشگران ذکر کردند که مدل، قابلیت قابل قبولی در بیان نحوه اثر تغییر کاربری بر مقادیر حجم و عمق رواناب، طبق سناریوهای مختلف دارد. بررسی سوابق تحقیق نشان می‌دهد که یکی از عوامل مؤثر بر میزان رواناب، تغییر نوع کاربری اراضی و میزان پوشش گیاهی است. در سال‌های اخیر، حوضه آبریز زیارت با گسترش شتاب‌زده‌ای همراه بوده است. آبریز زیارت در جنوب‌غربی شهرستان گرگان و در منطقه کوهستانی و مرتفع واقع شده است که به‌دلیل سازند شیلی ذغالی حساس به فرسایش و تغییرات شدید کاربری اراضی در وضعیت بحرانی قرار گرفته است و از طرف دیگر شرایط مساعد آب‌وهوایی و گردشگری آن باعث شده است این حوضه به شدت مورد آسیب و تهاجم انسانی قرار گیرد. با توجه به این که استفاده نادرست از حوضه آبریز زیارت باعث کاهش پوشش گیاهی و افزایش حجم رواناب و در نهایت افزایش فرسایش و رسوب شده است، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز زیارت بر میزان رواناب برای یک دوره ۲۱ ساله است.

3- Long-Term Hydrological Impct Assessment

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

محدوده مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه از حوضه‌های کوهستانی با وسعت ۹۸۷۲ هکتار در محدوده طول جغرافیایی ٥٤ درجه ۲۳ دقیقه ۵۳ ثانیه تا ٥٤ درجه ۳۱ دقیقه ۱۱ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه ۳٦ دقیقه ۵۱ ثانیه تا ۳٦ درجه ٤۳ دقیقه ۵۹ ثانیه شمالی قرار گرفته است. این حوضه از لحاظ تقسیمات سیاسی در جنوب شهرستان گرگان در استان گلستان قرار گرفته است و یکی از زیرحوضه‌های آبریز قره‌سو به‌شمار می‌رود، به‌طوری که حداقل ارتفاع ۲۹۰ متر و حداکثر آن ۲۷۷۷ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه برابر با ۵۵۰/۲۸ است. سطح حوضه آبریز از کاربری‌های جنگل، مرتع، کشاورزی و مناطق مسکونی پوشیده شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر خاک‌شناسی دارای ٤ بافت لومی شنی، لومی سیلتی، شنی و لومی رسی سیلتی می‌باشد که بیش ترین درصد از سطح حوضه مربوط به لومی سیلتی می‌باشد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

Figure 1: Location of the studied area

مواد و روش‌ها

معرفی مدل L-THIA

مدل L-THIA یک مدل هیدرولوژیکی است که قابلیت بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در فرآیندهای هیدرولوژیکی، کیفیت آب و مدیریت آبخیز را در مقیاس‌های حوضه، زیرحوضه و شبکه سلولی با گام‌های زمانی مختلف دارا است (Nameghi et al., 2013: 1069). در مدل L-THIA دو مؤلفه وجود دارد: یکی از آن‌ها عنصر هیدرولوژی و دیگری

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

عنصر کیفیت آب است. مدل L-THIA، رواناب مستقیم را بر مبنای روش شماره منحنی[4] و داده‌های بارندگی روزانه برآورد می‌نماید (Lim et al., 2006: 34) که در این مطالعه، مؤلفه اول مورد بررسی قرار گرفته است. مدل L-THIA از داده‌های پایه‌ای که به آسانی قابل دسترس هستند استفاده می‌نماید و یک تخمین کلی از اثرات آب‌شناختی بلندمدت به‌واسطه تغییر کاربری برآورد می‌کند (Perry & Nawaz, 2008: 5) که با استفاده از نقشه کاربری اراضی، نقشه خاک و داده‌های اقلیمی بلندمدت قابل اجرا هست و خروجی مدل نقشه‌های عمق و حجم رواناب است.

- آماده‌سازی لایه‌ها

تهیه نقشه کاربری اراضی و آشکارسازی تغییرات

به‌منظور بررسی و شناخت تغییرات کاربری اراضی، از تصویر ماهواره لندست ۵ (سنجنده TM) مربوط به سال (۱۳۷۳) و لندست ۸ (سنجنده OLI) مربوط به سال (۱۳۹٤) استفاده شد (جدول ۱) و مراحل پیش پردازش که شامل تصحیح هندسی می‌باشد، روی تصاویر ماهواره‌ای انجام گردید. رایج‌ترین روش غیرپارامتری انجام تطابق هندسی، استفاده از نقاط کنترل زمینی است (Liew et al., 2012: 1002). لذا در این پژوهش، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری که هم دقت بالایی دارد و هم نسبتاً بهنگام می‌باشند، نقاط کنترل زمینی انتخاب گردیده و نسبت به تصحیح هندسی با استفاده از این نقاط اقدام گردید. تصحیح هندسی بر روی تصویر سنجنده TM سال (۱۳۷۳) به روش نزدیک‌ترین همسایه با ۱۳ نقطه کنترل به‌صورت تصویر-وکتور صورت گرفت. همچنین تصویر سنجنده OLI سال (۱۳۹٤) به روش تصویر به تصویر براساس تصویر سال (۱۳۷۳) با انتخاب ۱۰ نقطه کنترل زمینی[5] تصحیح هندسی گردید. سپس ترکیب‌های رنگی مختلف کاذب به‌منظور افزایش کنتراست و تفسیر بهتر تصاویر برای تهیه نمونه‌های آموزشی[6] تهیه گردید که برای سال (۱۳۷۳) از ترکیب رنگی (R=4, G=3, B=2) به‌عنوان مناسب‌ترین ترکیب رنگی برای نمایش انتخاب شد. در این ترکیب پوشش گیاهی به رنگ قرمز و مناطق مسکونی به رنگ خاکستری نشان داده می‌شود که بهترین ترکیب برای تفسیر این دو کاربری است. به همین ترتیب در مورد تصویر (۱۳۹٤) که دارای ۱۱ باند است از ترکیب (R=5, G=4, B=3) استفاده گردید.

جدول ۱- داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

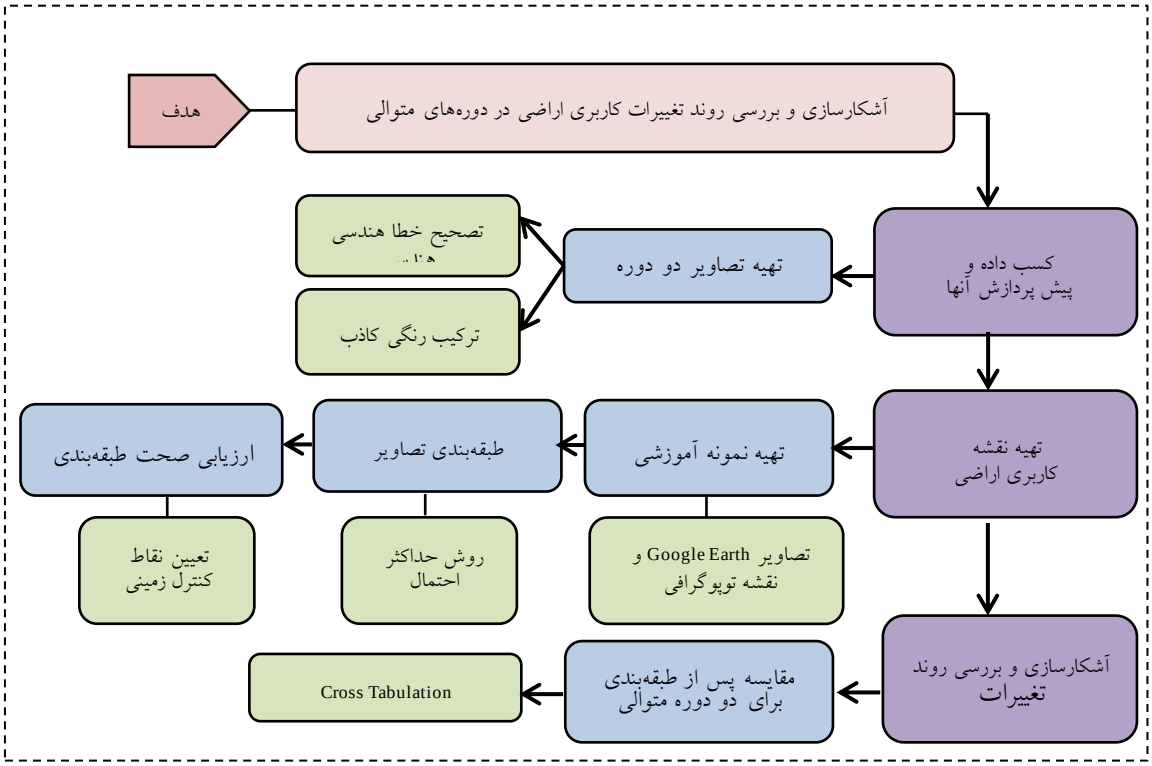
Table 1- Satellite data used

ماهواره	سنجنده	زمان جمع‌آوری		Pass/Row	قدرت تفکیک (متر)	تعداد باندها	زاویه آزیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید
		میلادی	**شمسی**					
لندست ۵	TM	۱۹۹٤-۱۲-۲٦	۱۳۷۳/۱۰/۵	۱٦۳/۳٤	۳۰	۷	۱٤۷/۸	۲۱/۹
لندست ۸	OLI	۲۰۱۵-۰٦-۱۸	۱۳۹٤/۳/۱۵	۱٦۳/۳٤	۳۰	۱۱	۱٤۷/۷	٤۲/۰۵

4- Curve Number (CN)
5- Ground Control Points (GCPs)
6- Training Samples

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

پس از این مرحله، با بهره‌گیری از تصاویر Google Earth و تفسیر دیداری، نمونه تعلیمی برای هر کلاس کاربری برداشت گردد. با توجه به این‌که الگوریتم‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه براساس ماتریس واریانس و کواریانس عمل می‌کنند، لذا کمترین پیکسل‌های مورد نیاز برای هر کلاس n+1 می‌باشد (n به معنای شمار باندهای مورد استفاده در طبقه‌بندی می‌باشد)، اما در بهترین حالت می‌بایست شمار نمونه‌های تعلیمی بین n ۱۰ و n ۱۰۰باشد (Lillesand et al., 2008: 203). همچنین سعی شد از کلاس‌هایی که دارای الگوی طیفی متفاوتی بودند نمونه‌های آموزشی بیش‌تری برداشت شود تا تغییرات طیفی این کلاس‌ها در طبقه‌بندی دخالت داده شود. سپس به‌منظور تهیه نقشه طبقات کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال استفاده شد که به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه پذیرفته شده است (Alavi Panah & Masoudi, 2001; Feizizadeh & Haj Mirrahemi, 2008). سپس با توجه به پوشش منطقه، پنج کاربری شامل اراضی جنگلی، مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، مرتع و مناطق آبی برای دو تصویر برای حوضه آبریز زیارت طبقه‌بندی گردید. علاوه بر این، هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است، تکمیل نیست. معمول‌ترین روش جهت ارزیابی صحت در کاربرد داده‌های سنجش از دور، ایجاد ماتریس خطا یا ماتریس درهم می‌باشد. این ماتریس حاصل مقایسه پیکسل‌های معلوم از یک نقشه مرجع با پیکسل‌های متناظر حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی است (Alavi Panah, 2004: 331). برای انجام ارزیابی صحت، نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس به‌صورت تصادفی از سطح حوضه جمع‌آوری و سپس ماتریس خطا طبقه‌بندی استخراج گردید. در شکل (۲) مراحل انجام طبقه‌بندی تصاویر نشان داده شده است.



شکل ۲: چارچوب فرآیند آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

Figure 2: Framework for land use change detection process

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

در مدل L-THIA، هشت طبقه کاربری زمین جهت اجرای مدل در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین برای اجرای مدل، نقشه کاربری زمین باید براساس جدول موجود در مدل L-THIA دوباره طبقه‌بندی شوند. همچنین، اگر برخی از طبقات متفاوت با طبقات این مدل هستند، باید آن‌ها را در طبقه‌ای قرار داد که بیش‌ترین شباهت از لحاظ ویژگی‌های تولید رواناب با آن طبقه را دارد (Engel, 2005: 11). جدول (۲) کدهای طبقات کاربری زمین و چگونگی طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری زمین برحسب طبقات مدل L-THIA را نشان می‌دهد.

جدول ۲- طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری زمین بر حسب طبقات مدل L-THIA

Table 2- Classification of land use maps based on classes of the L-THIA model

طبقه‌بندی کاربری براساس مدل L-THIA	طبقات کاربری زمین منطقه	کد طبقات کاربری زمین براساس مدل L-THIA
منابع آب	رودخانه و حریم رودخانه	۱۰۰۰
مناطق تجاری	-	۲۰۰۰
اراضی کشاورزی	اراضی کشاورزی	۳۰۰۰
مناطق مسکونی متراکم	مناطق مسکونی و جاده	٤۰۰۰
مناطق مسکونی کم تراکم	-	۵۰۰۰
مرتع/ علفزار	مرتع/ بوته‌زار	٦۰۰۰
اراضی جنگلی	اراضی جنگلی	۷۰۰۰
مناطق صنعتی	-	۸۰۰۰

- آماده‌سازی نقشه خاک

برای اجرای مدل L-THIA، نقشه خاک باید براساس گروه‌های هیدرولوژیک خاک طبقه‌بندی شود. گروه هیدرولوژیک خاک طبق تعریف سازمان حفاظت خاک ایالات متحده در چهار گروه شامل گروه‌های A, B, C و D قرار دارند. گروه هیدرولوژیک A دارای کم‌ترین توان در تولید رواناب و بیش‌ترین میزان نفوذ و گروه هیدرولوژیک D دارای بیش‌ترین توان در تولید رواناب و کم‌ترین قدرت نفوذ است. برای تعیین گروه‌های هیدرولوژیک خاک از ویژگی "استعداد و قابلیت اراضی" و "نوع کاربری زمین" استفاده می‌شود (Goldavi et al., 2016: 135). به این منظور، نقشه کاربری زمین منطقه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه خاک منطقه با استفاده از تابع Intersect در محیط نرم‌افزار ArcGIS روی‌هم‌گذاری شدند و از اطلاعات موجود در جدول اطلاعاتی حاصل جهت استخراج گروه‌های هیدرولوژیک خاک استفاده شد. جدول (۳) طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک براساس مدل L-THIA را نشان می‌دهد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

جدول ۳- طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک براساس مدل L-THIA

Table 3- Classification of soil hydrological groups based on the L-THIA model

گروه هیدرولوژیکی خاک	کد طبقه‌بندی	نوع خاک	توانایی تولید رواناب
A	۱۰۰۰	شن، لومی-شنی، شنی-لومی	کم
B	۲۰۰۰	سیلت-لوم، لوم	متوسط
C	۳۰۰۰	شنی-رسی-لوم	نسبتاً زیاد
D	٤۰۰۰	رسی-لومی، سیلتی-لومی-رسی، سیلتی-رسی، رسی، شنی-رسی	زیاد

مأخذ: (USDS, 1986)

- آماده‌سازی داده‌های اقلیمی

مدل L-THIA، برای ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی بلندمدت به داده‌های بارندگی روزانه نیاز دارد. در مدل L-THIA، داده‌های بارندگی برحسب اینچ به‌صورت فایل متنی با فرمت "txt" مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تهیه این لایه، ابتدا داده‌ها در محیط نرم‌افزار Excel تهیه و سپس به فرمت قابل قبول برای L-THIA تبدیل می‌گردد.

- تهیه نقشه عمق و حجم رواناب

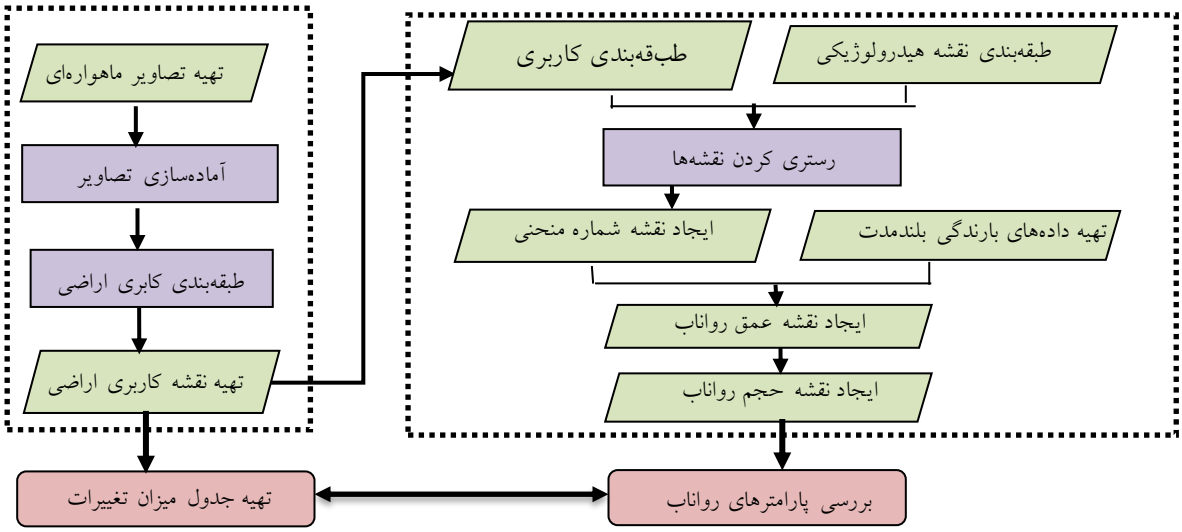
در نهایت با ورود داده‌های کاربری اراضی و خاک، مدل L-THIA شماره منحنی هر کاربری (CN) را تعیین می‌نماید. روش شماره منحنی (CN) هسته اصلی این مدل است که به‌طور گسترده‌ای برای تخمین تغییر رفتار دبی در یک آبریز به‌کار رفته است (Tang et al., 2005: 43). CN شماره منحنی رواناب است که بین صفر تا صد متغیر است و با توجه به جدولی که توسط سازمان حفاظت خاک ایالات متحده براساس کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک ارائه داده است، تعیین می‌گردد. پس از آن در مدل L-THIA با توجه به نقشه شماره منحنی و داده‌های بارندگی روزانه، میزان عمق رواناب براساس روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌گردد (USDS, 1986):

$$Q = \frac{(P - 0 \cdot 2S)^2}{(P + 0 \cdot 8S)}$$ رابطه (۱)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$ رابطه (۲)

در این روابط، S: ضریب نگهداشت سطحی، P: ارتفاع بارندگی (اینچ)، CN: شماره منحنی رواناب و Q: ارتفاع رواناب (اینچ) در هر پیکسل است. سپس با ضرب ارتفاع رواناب، حجم رواناب برای هر سلول محاسبه می‌گردد که در (شکل ۳) فرآیند انجام کار نشان داده شده است.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025



شکل ۳: چارچوب کلی بررسی آثار تغییر کاربری اراضی بر پارامترهای هیدرولوژیک

Figure 3: The general framework of investigating the effects of land use change on hydrological parameters

یکی از مهم‌ترین مزایای L-THIA عدم نیاز به کالیبراسیون مدل با داده‌های واقعی منطقه است. در سامانه L-THIA مقادیر CN پیش فرض برای کاربری‌ها و ترکیب گروه‌های آب‌شناختی خاک آماده شده است. همچنین دامنه‌ای از مقادیر CN برای هر کاربری و ترکیب گروه آب‌شناختی وجود دارد که وابسته به تیپ پوشش و مدیریت سرزمین می‌باشد. کالیبراسیون مدل به‌صورت خودکار با استفاده از ترکیب‌های مختلف CN پیش فرض موجود در L-THIA صورت می‌پذیرد و به این دلیل مورد توجه سیاست‌گذرانی است که می‌خواهند پیامدهای مدیریت بحران و منابع هدف را شناسایی نموده و اثرات نامطلوب آن را اصلاح نمایند (Perry & Nawaz, 2008: 10).

یافته‌ها و بحث

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی

به‌منظور بررسی و شناخت تغییرات کاربری اراضی، از تصویر ماهواره لندست ۵ (سنجنده TM) مربوط به سال (۱۳۷۳) و لندست ۸ (سنجنده OLI) مربوط به سال (۱۳۹٤) استفاده شد. در مرحله بعد، تصویر سنجنده TM با خطای معادل ۰/۲٤ و تصویر سنجنده OLI با خطای معادل ۰/۱۱ تصحیح هندسی گردید. سپس با روش بیش‌ترین احتمال و پردازش بصری نقشه‌های کاربری اراضی استخراج گردید که در نهایت با توجه به پوشش‌های منطقه پنج کلاس کاربری شامل اراضی جنگل، مناطق مسکونی، زمین کشاورزی، مرتع و مناطق آبی برای دو تصویر طبقه‌بندی گردید. پس از طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی، به ارزیابی صحت پرداخته شد. دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های (۱۳۷۳) و (۱۳۹٤) به‌ترتیب ۸۵/۲۱ و ۸۸/۲۱ درصد و ضریب کاپا کلی به‌ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸٦ به‌دست آمد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی دقت، میزان تطابق نمونه‌ها با واقعیت زمینی نشان‌دهنده صحت قابل قبول برای نقشه‌های تهیه شده می‌باشد.

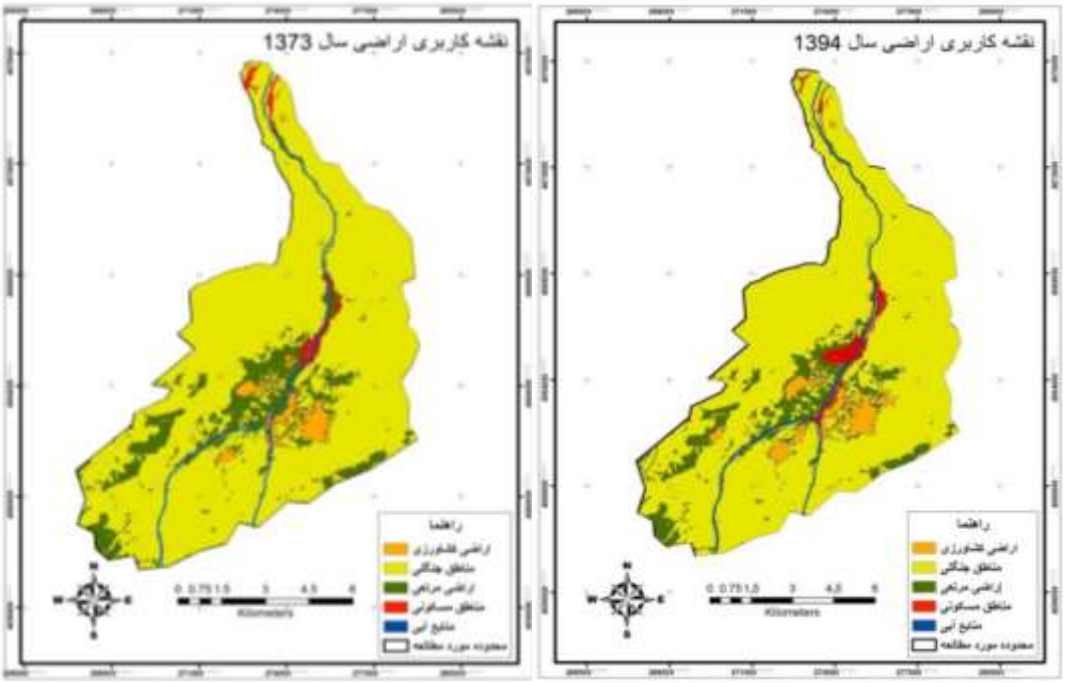
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

پس از انجام این کار، به هر یک از طبقات کاربری زمین کدهایی از هزار تا هشت هزار اختصاص داده شد و به‌صورت لایه‌های رستری مورد نیاز برای اجرای مدل تبدیل شدند (شکل ٤). سپس مساحت کاربری‌ها و میزان تغییرات آن‌ها محاسبه گردید که نتایج در جدول (٤) نشان داده شده است. از بیش‌ترین تغییرات کاربری اراضی بین این سال‌ها، می‌توان به کاهش ۱/۲ درصدی (معادل ۹۸/٦ هکتار) مناطق جنگلی و ٦/۳۵ درصدی (معادل ۷۳/۱٦ هکتار) اراضی مرتعی و تبدیل آن به کاربری کشاورزی و مسکونی اشاره نمود به گونه‌ای که اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی رشد ۳۷/۸ و ۹٦/۳ درصدی را داشته‌اند. در مجموع بین سال‌های (۱۳۷۳) تا (۱۳۹٤)، در حدود ٦٤ و ۳٤ هکتار از مناطق جنگلی به اراضی کشاورزی و مرتعی و همچنین ۵۹ و ٤۸ هکتار از اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی و مسکونی تبدیل شده است. از جمله دلیل این نوع تغییر می‌توان به جنگل‌تراشی و تخریب اراضی مرتعی با هدف تصرف محدوده تراشیده شده به‌عنوان زمین کشاورزی و مناطق مسکونی اشاره نمود.

جدول ٤- مساحت کاربری‌های مختلف اراضی در سال‌های (۱۳۷۳) و (۱۳۹٤) در حوضه آبریز زیارت

Teble 4- The area of land uses in the Ziyarat basin between 1994 and 2015

نوع کاربری	سال ۱۳۷۳	درصد	سال ۱۳۹٤	درصد	میزان تغییرات بین سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤ (هکتار)
اراضی کشاورزی	۲۹٦/۹	۲/۹۹	٤۰۹/۱۱	٤/۱۲	۱۱۲/۲۱
اراضی جنگلی	۸۳٤۳/۹٤	۸٤/۰۲	۸۲٤۵/۳۳	۸۲/۷۲	-۹۸/٦۱
اراضی مرتعی	۱۱٤۹/۲٤	۱۱/۵۵	۱۰۷٦/۰۸	۱۰/۷۵	-۷۳/۱٦
مناطق مسکونی	٦۹/۱۷	۰/۷	۱۳۵/۷۸	۱/۳٦	٦٦/٦۱
مناطق آبی	۱۳/۵٦	۰/۱۳	٦/۳٦	۰/۰٦	-۷/۲



شکل ٤: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز زیارت در سال ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤

Figure 4: Land use map of the Ziyarat basin in 1994 and 2015

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

- آماده‌سازی نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک

در این پژوهش با توجه به نقشه کاربری زمین و نقشه خاک، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک تعیین گردید. با بررسی نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی مشخص گردید که ۱۱/۹ درصد از حوضه دارای بافت لومی شنی، ۳۷/۶۲ درصد لومی سیلتی، ۲/۹۲ درصد شنی و ۴۷/۱۳ درصد لومی رسی و لومی رسی سیلتی می‌باشد. براساس جدول (۵)، به‌طور کلی ۵۰ درصد از منطقه در گروه‌های هیدرولوژیکی C و D قرار دارند که توان بالایی برای تولید رواناب دارد. همچنین با مقایسه بین نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک شکل (۵) مشخص گردید که بیش‌تر مناطق با گروه‌های هیدرولوژیکی C و D عمدتاً منطبق بر اراضی جنگلی و زمین‌های کشاورزی می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که فرآیندهای تغییر کاربری زمین در این کاربری‌ها در کنار توانایی بالای خاک در تولید رواناب، نقش مهمی در افزایش رواناب در منطقه مطالعاتی طی زمان خواهد داشت. شکل (۵) گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه آبریز زیارت را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مساحت گروه‌های هیدرولوژیک خاک منطقه مورد مطالعه

Table 5- Area of soil hydrological groups in the studied area

گروه‌های هیدرولوژیک خاک	مساحت حوضه (هکتار)	درصد مساحت در حوضه
A	۱۱۸۱/۳۴	۱۱/۹۰
B	۳۷۳۳/۶۵	۳۷/۶۲
C	۲۹۰/۶۱	۲/۹۲
D	۴۶۷۷/۹	۴۷/۱۳

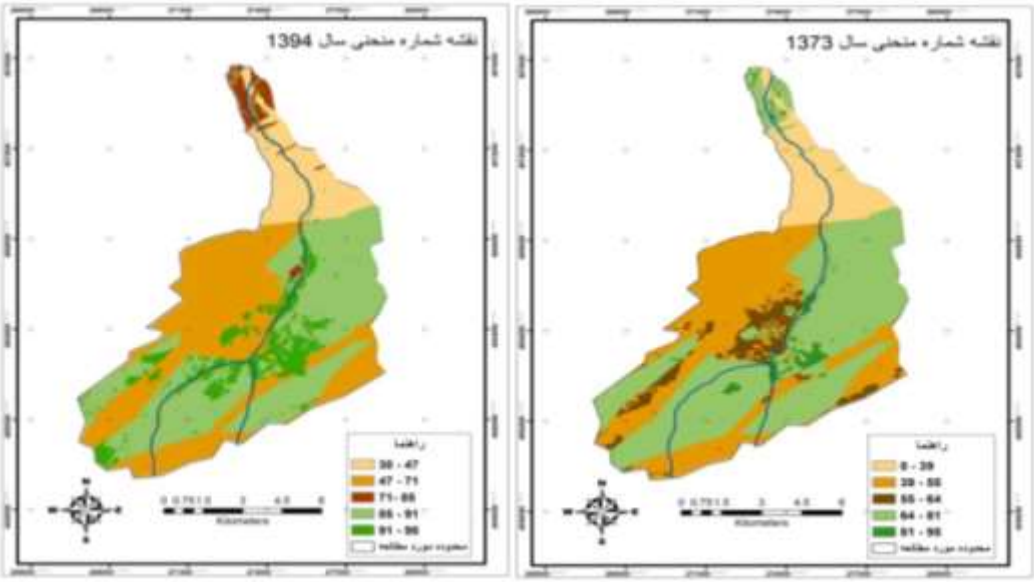
شکل ۵: طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیک خاک

Figure 5: Classification of soil hydrological groups

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

- اجرای مدل L-THIA

برای تهیه نقشه‌های عمق و حجم رواناب سالانه، نقشه CN با توجه به نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک در محیط L-THIA تهیه گردید که در نتیجه آن نقشه‌ای با واحدهای کوچک‌تر به‌دست آمد که هر واحد آن دارای یک نوع گروه هیدرولوژیکی با یک کاربری مشخص است (شکل ٦). مقایسه نقشه CN مربوط به سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقدار میانگین وزنی CN از ٦١ در سال (١٣٧٣) به ٧٨ در سال (١٣٩٤) افزایش پیدا کرده است. این تغییر تفاوت در بازه‌ها می‌تواند ناشی از افزایش اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی و کاهش اراضی جنگلی و مرتعی باشد. همچنین با مقایسه بین نقشه کاربری و نقشه شماره منحنی مشخص گردید که بیش‌تر مناطق با شماره منحنی بالای ٨٠ منطبق بر کاربری‌های کشاورزی و مناطق مسکونی می‌باشد و اراضی جنگلی و مرتعی دارای شماره منحنی کم‌تر از ٥٠ می‌باشد. در CN برابر صفر، روانابی از بارندگی حاصل نگردیده و در CN برابر صد، تمامی بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر ارتفاع بارندگی بوده است.



شکل ٦: شماره منحنی (CN) حوضهٔ آبریز زیارت طی سال‌های ١٣٧٣ و ١٣٩٤

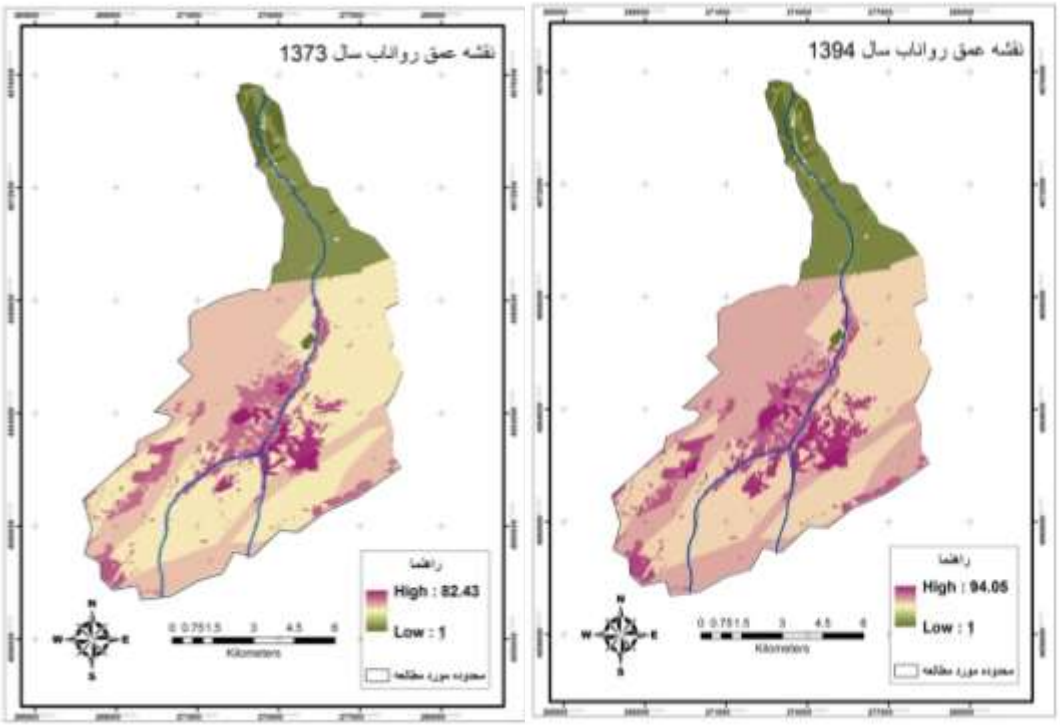
Figure 6: The Curve number (CN) of the Ziyarat basin during the years of 1994 and 2015

جدول ٦- نتایج حاصل از بررسی مجموع مقادیر عمق و حجم رواناب سالانه طی سال‌های ١٣٧٣ و ١٣٩٤ در حوضهٔ زیارت

Table 6- Results of the annual depth and volume of runoff in the Ziyarat basin during the years of 1994 and 2015

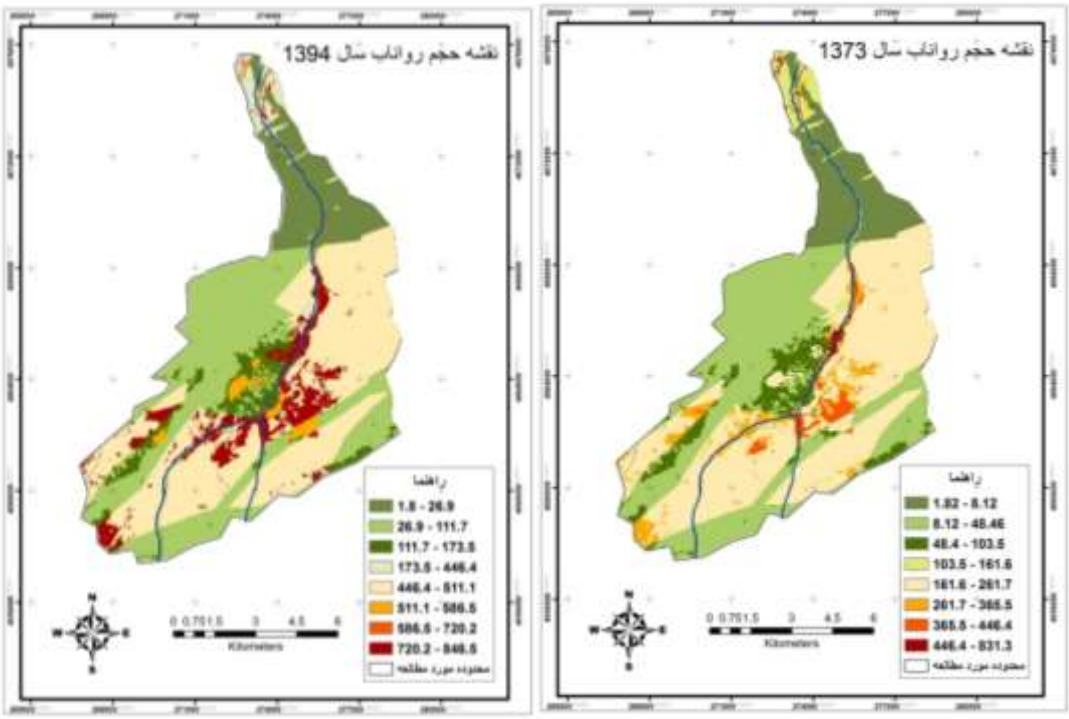
سال مورد مطالعه	متوسط عمق رواناب (cm)	متوسط حجم رواناب (M^3/cell)	حجم کل رواناب (M^3)
١٣٧٣	٣٣/١١	٣٠٣/٤١	١٧٢٦١٩٩٧/٤٦
١٣٩٤	٣٤/٥٣	٣١١/٣٦	١٨٥٤٦٢٠٩/٠١

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025



شکل ۷: عمق رواناب حوضهٔ آبریز زیارت طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤

Figure 7: The depth of runoff in the Ziyarat basin during the years of 1994 and 2015



شکل ۸: حجم رواناب حوضهٔ آبریز زیارت طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤

Figure 8: The volume of runoff in the Ziyarat basin during the years of 1994 and 2015

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

جدول ۷- عمق و حجم رواناب طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤ در کاربری‌های حوضهٔ آبریز زیارت

Table 7- The depth and volume of runoff in the land uses of Ziyarat basin during the years of 1994 and 2015

کاربری	۱۳۷۳			۱۳۹٤		
	میانگین عمق رواناب (CM)	متوسط حجم رواناب (M^3/cell)	حجم رواناب کلی (M^3)	میانگین عمق رواناب (CM)	متوسط حجم رواناب (M^3/cell)	حجم رواناب کلی (M^3)
اراضی کشاورزی	۳۰/۵۳	۲۸٦/۰٦	۱۱۳۷۰۲۲/۵٦	۳۱/۷۸	۲۹٦/۲۱	۱۵۹۹۱۹۵/۷٦
اراضی مرتعی	۱٦/۳۳	۱٤۳/۷۳	۲۲۲۸٦٦۵/۵۱	۱۷/۳۰	۱۵۵/۷۳	۲۳۵۰۳۳۷/۸٦
مناطق مسکونی	٦۲/۱۹	۵٦۱/۳۳	٦۱۰۹۳۲/۸۱	٦٤/٤۷	۵۷۱/۳۳	۹۷۳۸٤۱/۲۵
اراضی جنگلی	۱۱/٦۵	۱۱۸/٤۱	۱۳۱۲۹۷۳۳/۱۲	۱۲/۱٦	۱٤۱/۷۳	۱۳٤٤۳۱۹۹/۰٤
مناطق آبی	۲۳/۰۷	۲۰۲/۲۵	۱۵۵٦٤۳/٤٦	۲۳/۵۲	۲۳۰/۳۱	۱۷۹٦۳۵/۰۹

جدول ۸- درصد تغییرات مساحت کاربری‌ها و حجم رواناب طی سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹٤ در حوضهٔ آبریز زیارت

Table 8- Percentage changes in area of land uses and runoff volume during 1994 and 2015 in the Ziyarat basin

نوع کاربری	درصد تغییر کاربری اراضی	درصد تغییرات حجم رواناب
اراضی کشاورزی	۳۷/۸	۲۸/۹۱
اراضی مرتعی	-٦/۳۵	۵/۱۷
مناطق مسکونی	۹٦/۳	۳۷/۲٦
اراضی جنگلی	-۱/۲	۲/۳۳
مناطق آبی	-۴/۲	۱۳/۳۵

با توجه به این‌که تغییر کاربری زمین آثار مهم و مستقیمی بر شرایط هیدرولوژیک حوضه آبریز دارد که یکی از اثرات آن ایجاد تغییرات کمی در آب‌های سطحی است، میزان تغییرات حجم رواناب در سال‌های مورد مطالعه با یکدیگر مقایسه و با توجه به میزان تغییرات کاربری اراضی تحلیل گردید. با توجه به نتایج جدول (٤، ۷ و ۸) افزایش در مساحت کاربری‌ها مربوط به اراضی کشاورزی و کاربری مسکونی است؛ بدین ترتیب که مساحت اراضی کشاورزی از ۲۹۷ هکتار در سال (۱۳۷۳) به ٤۱۳/۳۱ هکتار در سال (۱۳۹٤) (با نرخ تغییر ۳۷/۸ درصد) افزایش یافته است که این میزان رشد باعث افزایش ۱۲/۵ میلی‌متری متوسط عمق رواناب در این کاربری‌ها در طی این سال‌ها شده است. از آنجایی که مخلوط زراعت و باغ در ارتفاع بین ۱۰٤٦ تا ۱۷۷٦ متر و شیب متوسط ۱۵ درجه و در خاک‌های عمدتاً عمیق و نیمه عمیق لومی- رسی و لومی سیلتی در حاشیه رودخانه‌ای توسعه یافته است، لذا با توجه به افزایش ۱۲/۵ میلی‌متری عمق رواناب در طی دوره مورد مطالعه و همچنین قرارگیری در مناطق شیب‌دار، احتمال سیلاب‌های کوچک و بزرگ وجود دارد. همچنین مناطق کوهستانی عمدتاً در حاشیه رودخانه، در ارتفاع بین ۸۷۰ تا ۹٦۲ متر و شیب متوسط ۱۲ درجه و پوشش خاک عمدتاً لومی- رسی- سیلتی و لومی- رسی واقع می‌باشد. مساحت مناطق مسکونی

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

از ٦٩ هکتار در سال (١٣٧٣) به ١٣٦ هکتار در سال (١٣٩٤) (با نرخ تغییر ٩٦/٣ درصد) افزایش یافته است که این میزان رشد، باعث افزایش ٢٢/٨ میلی‌متری متوسط عمق رواناب در این کاربری در طی این سال‌ها شده است.
از طرفی این افزایش مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی، سبب کاهش اراضی مرتعی و جنگلی شده است؛ به‌طوری که مساحت اراضی جنگلی از ٨٣٤٤ هکتار در سال (١٣٧٣) به ٨٢٤٥ هکتار در سال (١٣٩٤) (با نرخ تغییر ١/٢- درصدی) کاهش یافته است که این میزان کاهش مساحت باعث افزایش ٥/١ میلی‌متری متوسط عمق رواناب در اراضی جنگلی شده است. در حوضه مورد مطالعه، اراضی جنگلی در ارتفاع بین ٢٩٠ تا ٢٧٧٧ متری با شیب متوسط ٣١/٦٢ درجه قرار گرفته است. همچنین در این منطقه، پوشش گیاهی عمدتاً در خاک‌های لومی- رسی، لومی- سیلتی و در مناطقی با ارتفاع کمتر در خاک لومی-شنی واقع شده است که در دو نوع از خاک‌ها، احتمال ایجاد رواناب و خطر سیل وجود دارد، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که تغییر هر چند جزئی این نوع پوشش گیاهی با وجود شیب متوسط ٣١/٦٢ درجه می تواند تأثیر تولید رواناب را در این نوع خاک تشدید نماید. همچنین مساحت اراضی مرتعی از ١١٤٩ هکتار در سال (١٣٧٣) به ١٠٧٦ هکتار در سال (١٣٩٤) (با نرخ تغییر ٦/٣٥- درصد) کاهش یافته است که باعث افزایش ٩/٧ میلی‌متری متوسط عمق رواناب شده است. تخریب و کاهش تراکم پوشش گیاهی مرتعی خصوصاً در ارتفاع بین ٤٤٠ تا ٢٧٥٣ متری و شیب متوسط ١٦/٢ درجه و پوشش خاکی همانند کاربری جنگل، می‌تواند تأثیر نفوذپذیری جریان آب را کاهش و در نتیجه منجر به ایجاد رواناب گردد. همان‌طور که در جدول (٨) مشاهده می‌شود، نرخ تغییر برای کاربری‌های جنگل و مرتع جهت منفی دارند و شهر و فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با آن، با گسترش خود سایر کاربری‌ها را به سود خود تغییر داده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که با گسترش کاربری مناطق مسکونی و زمین کشاورزی، میزان حجم رواناب در این دو کاربری به‌ترتیب ٣٧/٢٦ و ٢٨/٩١ درصد افزایش در طی این سال‌ها داشته است. همچنین نتایج این تحقیق با پژوهش‌های Goldavi et al (2016) و Tang et al (2005) همخوانی دارد. همان‌طور که نتایج نشان داده است، تغییر کاربری اراضی در کنار رژیم هیدرولوژیکی آبریز زیارت و ویژگی‌های ژئو مورفولوژیکی موجب شده است که رودخانه زیارت توان سیل‌خیزی بالایی داشته باشد و علی‌رغم حساسیت فوق‌العاده حوضه از نظر سیل‌خیزی در تمام مسیر رودخانه، فعالیت‌های انسانی همچون تغییر کاربری، ساخت و ساز غیراصولی و توسعه سکونت‌گاه‌ها (ویلاسازی) در حریم رودخانه وجود دارد. این امر، سبب ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ در سطح زمین و افزایش عمق و حجم رواناب منجر شده است. همچنین، تغییر اراضی جنگلی به سایر کاربری‌ها که در این حوضه روی داده است، نقش مهمی در افزایش رواناب داشته است؛ زیرا رواناب در مناطق باز و با تراکم پوشش گیاهی کم‌تر، سریع‌تر از مناطق جنگلی جریان می‌یابد.

نتیجه‌گیری

عمق و حجم رواناب، تابع عوامل مختلفی است که براساس شرایط خاص هر منطقه ممکن است یک یا چند عامل در تشدید آن مؤثر باشد. در این پژوهش از بین عوامل مؤثر در میزان رواناب، به عامل تغییرات کاربری اراضی پرداخته

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

شده است. تغییرات کاربری موجب تغییر مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی و افزایش و یا کاهش مقادیر رواناب و در نهایت فرسایش حوضه می‌شود. به همین منظور، در این مطالعه از مدل L-THIA برای ارزیابی اثرات حاصل از تغییرات کاربری زمین بر تغییرات کمی منابع آب سطحی استفاده گردید. این مدل با استفاده از نقشه‌های کاربری زمین چندزمانه و نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک و داده‌های هواشناسی بلندمدت منطقه قابل اجرا هست. همان‌طور که نتایج تحقیق نشان می‌دهد، در مجموع بین سال‌های (۱۳۷۳) تا (۱۳۹٤)، در حدود ٦٤ و ۳٤ هکتار از مناطق جنگلی به اراضی کشاورزی و مرتعی و ۵۹ و ٤۸ هکتار از اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی تبدیل شده است. همچنین ۱۱ و ۷ هکتار از اراضی کشاورزی و حریم رودخانه‌ها نیز به ساخت‌وساز ویلا در این منطقه توریستی اختصاص داده شده است که این تغییرات در افزایش ۱٤/۲ میلی‌متری میزان متوسط عمق رواناب در کل منطقه در طی دوره مورد مطالعه تأثیر داشته است. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج سایر محققان که از روش‌های دیگری برای مدل‌سازی شرایط هیدرولوژیکی در همین حوضه استفاده نمودند، مطابقت دارد و آثار تغییر کاربری زمین را بر رواناب سطحی را تأیید می‌نمایند که از جمله، پژوهش Khalilizadeh et al (2015) است. آن‌ها تغییرات کاربری و پوشش اراضی و اثرات آن بر رواناب سطحی و ایجاد سیل را در حوضه آبریز زیارت و گرگان مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با وجود سیر نزولی میزان بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه، حجم رواناب افزایش یافته است. در این مطالعه بیان شده است که افزایش رواناب بیش‌تر به‌دلیل کاهش اراضی جنگل و مرتع در سطح منطقه بوده است. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در صورت ادامه روند فعلی و عدم اعمال مدیریت جامع در حوضه مورد مطالعه خسارات جانی و مالی ناشی از وقوع زمین لغزش و سیلاب برای ساکنان حوضه و شهر گرگان می‌تواند یک خطر و تهدید جدی به‌شمار آید. همچنین Zahedi et al (2011)، در مطالعه‌ای با عنوان بررسی تغییر کاربری اراضی و تأثیر آن بر هیدرولوژی حوضه آبریز زیارت گرگان نشان دادند که به‌علت تغییر کاربری اراضی و تخریب جنگل‌ها و ساخت‌وساز بی‌رویه، ارتفاع رواناب کاربری فعلی (۱۳۸۷) نسبت به کاربری‌های دوره‌های قبل (۱۳۵۲)، ۳۷/۱ درصد افزایش داشته است که نتیجه آن افزایش وقوع سیلاب‌ها در سال‌های اخیر می‌باشد.

به‌طور کلی می‌توان گفت با توجه به اینکه مدل L-THIA قابلیت مناسبی در بیان نحوه اثر تغییر کاربری بر مقادیر حجم و عمق رواناب دارد، برای مدیران و کارشناسان این امکان را فراهم می‌نماید که قبل از اجرای هرگونه عملیات، مناطق مختلف را از نظر پتانسیل ایجاد رواناب شناسایی نمایند. البته براساس تحقیقات Pandey et al (2000)، باید توجه داشت که نتایج L-THIA اتفاقات سال خاصی را پیش‌بینی نمی‌کند و تنها تأثیرات تغییرات کاربری اراضی بر حجم رواناب را برآورد می‌نماید و برای شبیه‌سازی مقادیر پیک جریان و تغییر در تعادل هیدرولوژیک کاربردی ندارد، بلکه یک بینش کلی نسبت به اثرات آب‌شناختی بلندمدت نسبی، حاصل از کاربری‌های مختلف ایجاد می‌نماید. همچنین توجه به این نکته ضروری است که استفاده از داده‌های بارندگی در طی یک دوره بلندمدت در این مدل، باعث تأثیر نقش کاربری اراضی بر تغییر رواناب پس از حذف نوسانات بارندگی می‌شود. علاوه بر این استفاده ترکیبی از مدل‌های مبتنی بر تغییرات کاربری با مدل‌های آب‌شناختی رویکرد نوینی است که نتایج این تحقیق نیز همچون مطالعات Perry

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

Nawaz (2008) & و Goldavi et al (2016) تأییدکننده قابلیت مدل‌سازی در این نوع مدل‌های ترکیبی می‌باشد. البته ضعف مدل نیز در لحاظ نکردن دیگر عوامل مؤثر در ایجاد رواناب همچون شیب و طول آبراهه، مدت زمان تمرکز و شدت بارش است.

نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد حوضه آبریز زیارت به‌دلیل شرایط توپوگرافی و نوع سازند موجود، از پتانسیل بالایی از نظر سیل‌خیزی برخوردار می‌باشد. از طرفی به‌دلیل دارا بودن ویژگی‌های توریستی و گردشگری در سال‌های اخیر مورد بهره‌برداری نادرست از کاربری‌های موجود به‌منظور گسترش باغات و اراضی کشاورزی، ساخت ویلاها و تأسیسات قرار گرفته است. این عوامل موجب شده است که در سال‌های اخیر در حوضه آبریز شاهد کاهش نفوذپذیری و کاهش کیفیت خاک و وقوع سیلاب‌های شهری باشیم و تخریب بیش از حد حوضه زیارت خطر افزایش تعداد و شدت سیلاب‌های شهری را افزایش داده است. این مدل این امکان را به وجود می‌آورد که بتوان فهمید که اثرات کمی تغییر کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژی حوضه از گذشته تا حال، چگونه و به چه میزان می‌باشد؛ زیرا میزان و روند تغییرات ایجاد شده و اثر آن بر فرآیندهای هیدرولوژی حوضه، راه‌گشای پیش‌بینی وضعیت تغییرات در آینده و ارائه برنامه‌های مؤثرتر در زمینه توسعه پایدار منابع آب حوضه می‌باشد. لذا استفاده از این‌گونه مدل‌ها برای مدیران و برنامه‌ریزان این فرصت را فراهم می‌آورد تا قبل از وقوع حادثه بتوان آن را کنترل و مدیریت نمایند. همچنین این مدل با ارائه نقشه توزیع مکانی رواناب، امکان شناسایی مناطق حادثه‌خیز و مدیریت سیل را فراهم می‌سازد. البته پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر نقش تغییر کاربری اراضی بر حجم رواناب، با مدل‌های هیدرولوژیکی دیگر نیز نقش تغییرات کاربری اراضی بر ویژگی‌هایی همچون تغییر در دبی پیک جریان، تغییر در کیفیت آب و تغییر در تعادل هیدرولوژیک رودخانه‌ها نیز بررسی گردد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

References

- Alavi Panah, S. K., (2004), *"Application remote sensing in earth sciences"*, Tehran: Geographic Institute of Tehran University Press. [In Persian].
- Alavi Panah., S. K., Masoudi, M., (2001), "Land use mapping based on Landsat TM digital data and GIS (Case study: Mook area in Fars province)" , ***Journal of Agriculture Science and Natural Resources***, (8) 1: 65-76. [In Persian].
- Bhaduri, B., Harbor, J., Engel, B., Lim, K., Jones, D., (1999), "Assessing the long-term hydrologic impact of land use change using a GE-NPS model and the world wide WEB", A national conference organized by the united States environmenta l protection agency, September 22- 24 pp 1- 23.
- Engel, B., (2005), "Long-term hydrological impact assessment and nonpoint source pollution model, version- 2, 1 a", United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington, DC.
- Esfandyari, F., Beheshti, E., Fathi, M. H., (2015), "Hydrological impact assessment of land use change on annual surface runoff at the Gharesoo catchment by using LTHIA model", ***Journal of Hydrogeomorphology***, 1 (1): 59- 73. [In Persian].
- Feizizadeh, B., Haj Mirrahemi, M., (2008), "Land use/cover changing detection trends based on object based image analysis method, case study area: Andish town of Tabriz", National Conference Geomatic, May 10-11 (2008), National Cartographic Center, Tehran, Iran. [In Persian].
- Goldavi, S., Mohammadzadeh, M., Salman Mahiny, A. R., Najafi Nejad, A., (2016), "Impacts assessment of land use change on surface water using L-THIA model in Gorgan area", ***Journal of Environmental Researches***, 6 (11): 131- 140. [In Persian].
- Grove, M., (1997), "Development and application of a GIS based model for assessing the long-term hydrologic impacts of land use change", M.Sc. thesis, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue university.
- Khalilizadeh, M., Mosaedi, A., Najafinejad, A., (2005), "Flood hazard zonation in a part of Ziyarat river in Gorgan urban watershed", ***Journal of Agriculture Science and Natural Resources***, 12 (4): 138-146. [In Persian].
- Li, Y., Wang, C., (2009), "Impacts of urbanization on surface runoff of the Dardenne Creek watershed, St. Charles county, Missouri", ***Physical Geography***, 30 (6): 556-573.
- Liew, L., Wang Y. Ch., Cheah, W. Sh., (2012), " Evaluation of control points' distribution on distortions and geometric transformations for aerial images rectification", ***Procedia Engineering***, 41 (2012): 1002- 1008.
- Lillesand, T., Kieferand, R., Chipman, J., (2008), "***Remote Sensing and Image Interpretation***", 6th edition, John Wiley & Sons: New York.
- Lim, K. J., Engel, B., Tang, Z., Muthukrishnan, S., Choi, J., Kim, K., (2006), "Effects of calibration on L-THIA GIS runoff and pollutant estimation", ***Journal of Environmental Management***, 78 (1): 35-43.
- Mohajeri, F., Saghebian, S. M., Ghorbani, M. A., Darbandi, S., Asadi, E., (2014), "The effect of spot and regional rainfall in estimating the runoff of Balkhlouchay basin", ***Journal of Geographic Space***, 14 (48): 181-197. [In Persian].
- Nameghi, Z., Bahremand, A., Ownegh, M., Golkarian, A., (2013), "River flow simulation using distributed hydrological model wetspa in Atrak watershed", ***Journal of Water and Soil***, 27 (25): 1067-1076.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 9:31 IRDT on Tuesday August 26th 2025

- Omidvar, K., Kianfar, A., Asgari, SH., (2010), "Zoning the flood-Producing potentials of Konjancham basin", ***Journal of Physical Geography Research Quarterly***, 42 (72): 73-90. [In Persian].
- Pandey, S., Gunn, R., Lim, K., Engel, B., Harbor, J., (2000), "Developing a Web-enabled tool to assess long-term hydrologic impacts of land use change, information technology issues and a Case Study", URISA Journal, 12 (4): 5-17.
- Perry, T., Nawaz, R., (2008), "An investigation into the extent and impacts of hard surfacing of domestic gardens in an area of Leeds, United Kingdom", ***land scape and urban planning***, pp 86: 1-13.
- Razmjoee, N., Mahdavi, M., Afkhami, H., Mohseni saravi, M., Motamed, B., (2017), "Impact of urbanization development on increase in peak flow discharges and flood damages in the last half century using RS and GIS (Case study: Tehran region", ***Journal of Geographic Space***, 17 (57): 235-253. [In Persian].
- Rosenmund, A., Confaloneri, R., Roggero, P. P., Toderi, M., Acutis, M., (2005), "Evaluation of the EUROSEM model for simulating erosion in Hilly areas of central Italy", ***Rivista Italiana di Agrometeorologia***, 22: 15-23.
- Salman Mahiny, A. R., Hosssein Nia, A., Ghasem Poori, M., Tavasoli, A., Rezaei, M., (2012), "Long-term hydrology impact assessment (L-THIA) of land use change on annual runoff in the watershed scale", ***Journal of Geography and Development***, 10 (26): 125-134. [In Persian].
- Shi, P. J., Yuan Zheng, J., Wang, J. A., Ge, Y., Qiu, G. Y., (2007), "The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region", ***Catena***, 69 (1): 31–35.
- Sun, Z., Li, X., Fu, W., Li, Y., Tang, D., (2013), "Long-term effects of land use/land cover change on surface runoff in urban areas of Beijing, China", ***Journal of Applied Remote Sensing***, 8 (1): 1-18.
- Tang, Z., Engel, B., Pihanwski, B. C., Lim, K. J., (2005), "Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale", ***Journal of Environmental Management***, 76 (1): 35-45.
- USDA, (1986), "***Urban hydrology for small watersheds***", Natural Resources Conservation Service, United State Department of Agriculture, Washington, DC.
- Zahedi, E., Mohammadi, M., Sheikh, V. B., (2011), "Investigating of land use change and effect on hydrology at Ziyarat catchment", Seventh National Conference on Watershed Management, Avril 7-8, 2011, University of Isfahan., Esfahan. [In Persian].