نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال شانزدهم- شماره ۵۸- پاییز ۱۴۰۱

Vol. 16, No. 58, Fall 2022

# شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CLUE-s در حوزه آبخیز سد درودزن

حمیدرضا پورقاسمی[۱]، مجید محمدی[۲]، حمزه نور[۳] و سید فخرالدین افضلی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱

## چکیده

**تغییرات کاربری اراضی عامل تعیین کننده مهمی در فرآیندهای هیدرولوژیکی بوده و بسیاری از آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی، رشد مناطق مسکونی و کشاورزی و اثرات آن از جمله مهم‌ترین موضوعات مهم در ارتباط با مدیریت حوزه آبخیز است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات کاربری در گذشته و شبیه‌سازی کاربری برای آینده با استفاده از مدل CLUE-s است. در ابتدا نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۹۸ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش تلفیقی تهیه گردید. سپس بعد تغییرات کاربری اراضی محاسبه و سپس نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۲۰ با استفاده از مدل CLUE-s شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین تغییرات کاربری اراضی در حوزه درودزن بین سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۹۸ تبدیل منابع طبیعی به مناطق مسکونی، کشاورزی و باغ بوده است. ارزیابی دقت مدل رگرسیونی در بررسی عامل‌های موثر بر هر طبقه کاربری با استفاده از منحنی ROC، دقت قابل قبول این روش را نشان داد. با استفاده از مدل CLUE-s می‌توان مدیران و برنامه‌ریزان را از شرایط آینده منطقه آگاه ساخت تا در برنامه‌ریزی‌های خود مشکل تغییر کاربری را لحاظ کنند.**

**کلیدواژه‌ها:** *کاربری اراضی، تقاضای کاربری اراضی، رگرسیون لجیستیک، مدل CLUE-s*

## مقدمه

کاربری اراضی یک از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تنوع زیستی در مقیاس جهانی و اقلیم است که تحت تأثیر این عوامل نیز قرار می‌گیرد. تغییرات کاربری اراضی نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیندها و متغیرهای هیدرولوژیکی مانند حجم رواناب، فراوانی سیل، جریان پایه، جریان سطحی و زیرسطحی داشته و آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۴]. با توجه به اهمیت کاربری اراضی درک چگونگی شکل‌گیری الگو و هم‌چنین تغییرات کاربری امری ضروری است. از طرفی مدل‌سازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی نقش مهمی در مدیریت منابع داشته و مدیران را در برنامه‌ریزی بهتر کاربری اراضی یاری می‌دهد. تغییرات کاربری اراضی نتیجه برهم کنش انسان و عوامل موثر بر محیط است که در مقیاس زمانی و مکانی مطرح می‌شود. با وجود نقشی که کاربری اراضی در خصوصیات اقلیمی، تنوع زیستی و موجودیت آب دارد توجه کمی به آن می‌شود. امروزه در اثر توسعه سطح زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی شاهد تخریب و کاهش منابع طبیعی بویژه در کشورهای در حال توسعه هستیم [۱۵].

تغییرات کاربری اراضی به‌منظور تامین غذا و افزایش مناطق مسکونی یکی از مهم‌ترین تأثیرات انسان در محیط‌زیست و منابع طبیعی و هم‌چنین تغییرات منطقه‌ای مانند فرآیندهای هیدرولوژیکی است. در واقع تغییرات کاربری اراضی با برهم کنش مکانی و زمانی عوامل بیوفیزیکی و عوامل انسانی در مقیاس‌های مختلف تعریف می‌شود [۱۲]. متاسفانه افزایش جمعیت، توسعه تکنولوژی و تغییر سبک زندگی بشر اثرات مخربی بر کاربری اراضی به‌ویژه در دهه‌های اخیر داشته است. توسعه بی‌رویه سکونت‌گاه‌ها و مراکز صنعتی- تجاری، تخریب جنگل‌ها و مراتع و تبدیل به زمین‌های کشاورزی، جاده‌سازی غیر اصولی و آلودگی‌های محیط‌زیستی از جمله موارد مهم در بحث کاربری ارضی می‌باشد. کاربری اراضی، در بسیاری از پژوهش‌ها از جمله مدیریت منابع آب، پیش‌بینی سیلاب، فرسایش خاک و تنوع زیستی به عنوان یک پارامتر کلیدی استفاده می‌شود [۱۷ و ۲۴].

با توجه به اهمیت کاربری اراضی، در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. به عنوان مثال ترپسترا[5] و

۱- نویسنده مسئول و استاد بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران hr.pourghasemi@shirazu.ac.ir
۲- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی. ایران
۴- استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران

5Terpstra

مازیک[1] [۲۳]، دی‌رو[2] و همکاران [۹] و چوی[3] و دیل[4] [۷] به نقش کاهش کاربری جنگل و افزایش مسکونی بر افزایش رواناب اشاره نمودند. ونگ[5] و همکاران [۲۷] تأثیر کاربری مسکونی بر افزایش درجه حرارت را نشان دادند. ارشاد[6] و همکاران [۳] نقش تغییرات کاربری و تخریب منابع طبیعی بر کاهش کیفیت خاک را ثابت کردند. محمدی[7] و همکاران [۱۷] نقش تغییرات کاربری بر افزایش رواناب را نشان دادند. به‌طورکلی می‌توان مطالعات مربوط به کاربری اراضی را در چهار گروه شامل تهیه نقشه، بررسی تغییرات، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی کاربری اراضی قرار داد [۱۷].

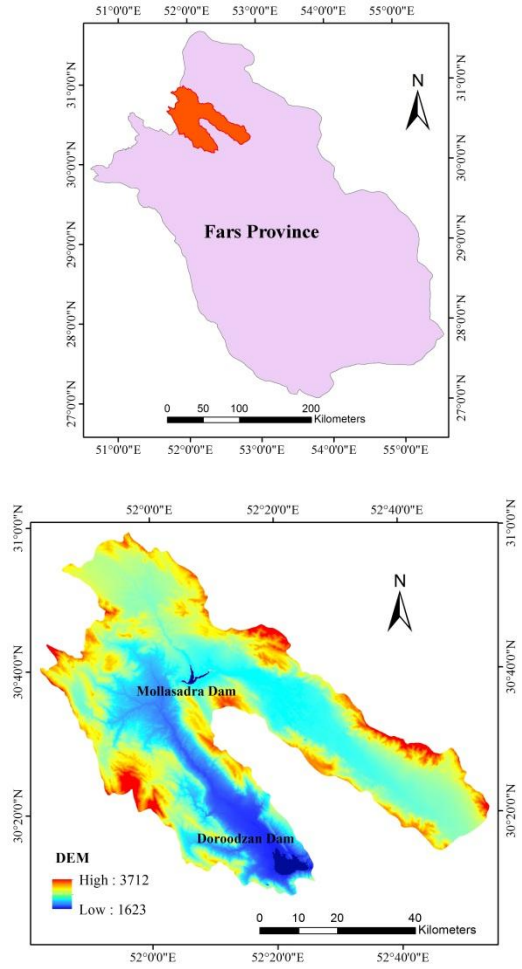
منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوزه آبخیز سد درودزن در استان فارس است که در سال‌های گذشته در معرض تغییر کاربری بوده است. یکی از مشکلات اساسی در بسیاری از مطالعات کاربری اراضی، تهیه نقشه دقیق آن است. به همین دلیل در این پژوهش از یک روش ترکیبی جدید به منظور افزایش دقت نقشه کاربری اراضی استفاده شد. همچنین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کاربری اراضی برای آینده مانند مدل CLEU-s اهمیت زیادی در مدیریت کاربری اراضی دارد که متاسفانه مطالعات کمی در مورد کاربرد این مدل در حوزه‌های آبخیز ایران انجام شده است. در مجموع می‌توان استفاده از روش ترکیبی تهیه نقشه کاربری اراضی و استفاده از مدل CLEU-s را از نوآوری‌های این پژوهش به حساب آورد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای نقشه کاربری اراضی تهیه شد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی در دو دهه گذشته به منظور افزایش دقت نقشه‌ها گسترش زیادی یافته است [۱۶]. در مرحله بعد تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های اخیر بررسی شده و در نهایت با استفاده از مدل CLUE-s کاربری اراضی برای سال‌های آینده شبیه‌سازی گردید.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه، حوزه آبخیز سد درودزن و ملاصدرا در شمال استان فارس می‌باشد که مساحت آن ۴۳۴۲ کیلومتر مربع و کمینه و بیشینه ارتفاع به‌ترتیب ۱۶۱۹ و ۳۷۰۷ متر است. این منطقه در عرض‌های شمالی ۳۰ درجه و ۸ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه و طول‌های شرقی ۵۱ درجه و ۴۲ دقیقه و ۱ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۵۴ دقیقه و ۵۶ ثانیه ۵۲ قرار گرفته است و به‌عنوان یکی از مناطق مهم کشاورزی استان فارس و به‌ویژه کشت برنج حائز اهمیت می‌باشد (شکل ۱).




**شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز درودزن در استان فارس**

Fig 1. Location of Doroodzan watershed in Fars province

### تهیه نقشه کاربری اراضی

تصاویر مربوط به ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر برای سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۹۸ تهیه شد. به منظور بررسی دقیق کاربری اراضی به‌ویژه مناطق کشاورزی، برای هر سال از چند تصویر در فصل‌های مختلف استفاده شد.

تصاویر مورد استفاده برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۸ مربوط به تاریخ‌های ۱۳۹۷/۱۲/۱۸، ۱۳۹۸/۲/۳۰، ۱۳۹۸/۳/۲۹، ۱۳۹۸/۶/۲۶ و ۱۳۹۸/۷/۲۵ و برای سال ۱۳۷۰ مربوط به تاریخ‌های ۱۳۷۰/۲/۲۲، ۱۳۷۰/۳/۳، ۱۳۷۰/۴/۴، ۱۳۷۰/۵/۵، ۱۳۷۰/۶/۶ و ۱۳۷۰/۷/۲۴ است.

در بازدیدهای میدانی و همچنین با استفاده از نرم‌افزار Google Earth، ۱۸۲ نمونه آموزشی از کاربری‌های مختلف برای طبقه‌بندی نظارت‌شده تهیه شد [۴]. حدود یک‌سوم نمونه‌های آموزشی (۶۰ نمونه) در طبقه‌بندی استفاده نشده و برای ارزیابی روش طبقه‌بندی کنار گذاشته شد. معمولا به‌دلیل وجود کشاورزی چندزمانه و خصوصیات طیفی نزدیک بین کاربری مرتع و کشاورزی استفاده از روش نظارت‌شده به‌تنهایی قادر به تفکیک کامل این دو کاربری نیست

1 Mazijk
2 De Roo
3 Choi
4 Deal
5 Weng
6 Arshad
7 Mohammady

[٤] و برای افزایش دقت نقشه کاربری اراضی در این پژوهش از روش تلفیقی استفاده شد [١٦]. در روش تلفیقی کاربری کشاورزی در فصول مختلف سال ١٣٩٨ با استفاده از روش نظارت‌نشده و هم‌چنین ترکیب رنگی کاذب با توجه به شکل منظم این کاربری به‌دست آمد. در نهایت مناطق کشاورزی استخراج شده در تمام تصاویر تلفیق شده و کاربری نهایی کشاورزی به دست آمد. کاربری‌های جنگل، مسکونی، باغ و پهنه آبی با استفاده از روش نظارت‌شده بیشینه احتمال استخراج شد. با تلفیق کاربری‌های استخراج شده، مناطق باقی‌مانده به‌عنوان کاربری مرتع در نظر گرفته شد. برای سال ١٣٧٠ نیز از روش مشابه استفاده گردید ولی نمونه‌های آموزشی از روی خود تصاویر و در مناطق مشخص هر کاربری تهیه شد.

**بررسی تغییرات کاربری اراضی**

برای بررسی تغییرات کاربری‌ها، مساحت کاربری‌ها محاسبه و میزان کاهش یا افزایش مساحت هر کاربری به دست آمد. برای محاسبه مساحت هر کاربری و تغییرات حاصله، نقشه‌های کاربری اراضی به نرم‌افزار ArcGIS10.3 وارد شد. بر اساس تعداد پیکسل‌های هر طبقه کاربری، مساحت و تغییرات آن طی دوره ١٣٧٠ تا ١٣٩٨ محاسبه شد.

**شبیه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل CLUE-s**

مدل CLUE-s یک مدل شبیه‌سازی تخصیص مکانی کاربری اراضی بوده که بر اساس تحلیل تجربی تناسب اراضی، تغییرات زمانی و مکانی کاربری و بررسی عوامل موثر بر طبقه‌های مختلف کاربری اراضی استوار است [٢٥ و ٢٦]. مدل دارای سه بخش شامل بخش کنترل تقاضا، تحلیل مکانی و تخصیص مکانی است [٢٩]. در ادامه توضیح مختصری در مورد نحوه آماده‌سازی داده‌های ورودی به مدل و هم‌چنین نحوه اجرای مدل ارائه می‌شود.

**محاسبه میزان تقاضای کاربری اراضی**

یکی از مهم‌ترین موارد در شبیه‌سازی کاربری اراضی، تعیین میزان تغییرات کاربری و محاسبه تقاضای سالانه برای هر کاربری است. در این پژوهش از برون‌یابی تغییرات گذشته کاربری اراضی برای محاسبه میزان تقاضا استفاده گردید [١٧]. نحوه محاسبه به این صورت است که تغییرات در دوره‌های گذشته بررسی شده و میزان تغییرات هر کاربری به‌دست آمد. میزان تغییرات به تعداد سال‌ها تقسیم و میزان تغییرات سالانه به‌دست می‌آید. با اضافه کردن مساحت هر کاربری به میزان سالانه تغییرات آن، تقاضای کاربری برای سال بعد به‌دست می‌آید. ماتریس به‌دست آمده در یک فایل متنی ذخیره شده و در مقیاس سالانه به مدل وارد شد [١٠]. برای محاسبه تقاضای کاربری برای دوره ١٣٩٨ تا ١٤٢٠ از برون‌یابی تغییرات کاربری طی دوره ١٣٧٠ تا ١٣٩٨ استفاده شد.

**بررسی عوامل مؤثر با استفاده از رگرسیون لجیستیک**

عوامل موثر بر انواع کاربری اراضی با مرور منابع و هم‌چنین موجودیت داده‌ها انتخاب گردید. در این پژوهش داده‌های مربوط به زمین‌شناسی، درجه شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، آبراهه و مناطق مسکونی، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، بارش سالانه و دما به‌عنوان عوامل تأثیرگذار انتخاب و در محیط GIS رقومی گردید.

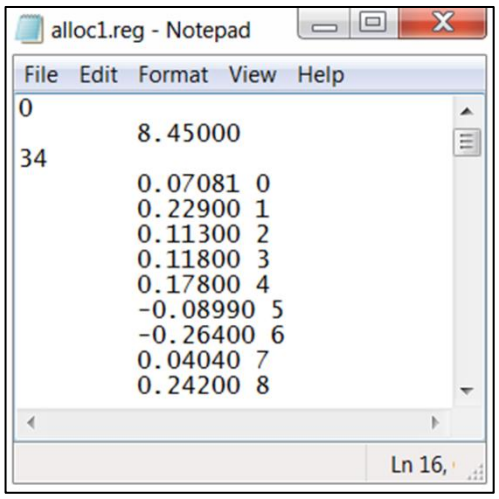
در بسیاری از پژوهش‌های شبیه‌سازی کاربری اراضی از روش رگرسیون لجیستیک استفاده شده و دقت این روش تایید شده است [١٤، ٢١ و ٢٥]. برای استفاده از رگرسیون لجیستیک تعدادی نقطه با وزن یک به مفهوم حضور و تعدادی نقطه با وزن صفر به معنی عدم حضور یک طبقه کاربری در نظر گرفته شد [١٤]. در مرحله بعد وزن مربوط به هر یک از نقاط صفر و یک از نقشه‌های عوامل موثر استخراج و در فرمت اکسل ذخیره گردید. برای این کار نقشه نقطه‌ای مربوط به نمونه‌های هر طبقه کاربری با نقشه‌های رستری ادغام شده و در محیط نرم‌افزار ArcGIS وزن‌ها استخراج شد. این داده‌ها به نرم‌افزار R منتقل و طبق رابطه ١ وزن‌های هر عامل محاسبه شد.

$$Log\left(\frac{Pi}{1-Pi}\right) = \beta 0 + \beta 1X1 + \beta 2X2 + \cdots + \beta nXn \quad (١)$$

که در آن: Pi احتمال یک سلول برای وقوع یک نوع کاربری، X ها عوامل موثر، β0 ضریب ثابت و β ها ضرایب هر عامل هستند [٢١ و ٣٠].

برای ارزیابی مدل رگرسیون از منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) استفاده شد. برای بیان دقت مدل از تقسیم‌بندی ١-٠/٩، عالی؛ ٠/٩-٠/٨، خیلی خوب؛ ٠/٨-٠/٧، خوب؛ ٠/٧-٠/٦، متوسط و ٠/٦-٠/٥، ضعیف استفاده می‌شود [١٩].

برای تمامی کاربری‌ها رابطه رگرسیونی و ضریب مربوط به هر عامل محاسبه و در نهایت در یک فایل متنی ذخیره و به نرم‌افزار CLUE وارد گردید (شکل ٢). در فایل متنی برای هر کاربری تعداد عوامل مورد استفاده، ضریب ثابت و ضرایب مربوط به هر عامل نمایش داده شد.




**شکل ٢- قسمتی از رابطه رگرسیونی در نرم‌افزار**CLUE-s

Fig 2. A part of regression equation in the CLUE-s software

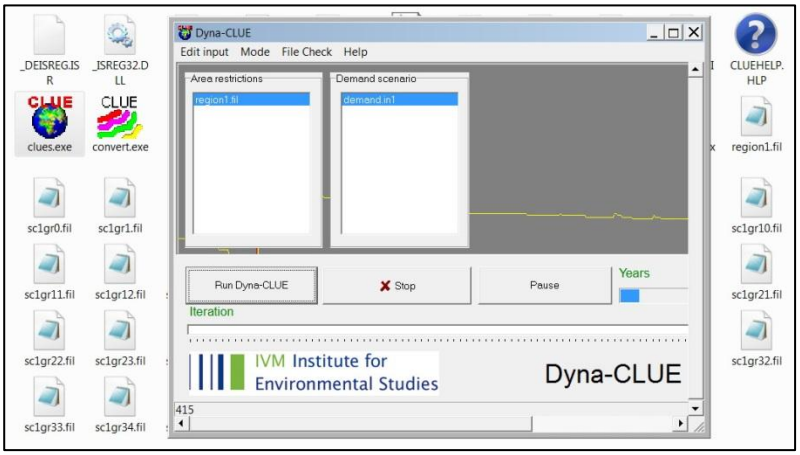
**ماتریس تبدیل و برگشت‌پذیری کاربری‌ها**

ماتریس تبدیل و برگشت‌پذیری برای کاربری‌های مختلف تهیه گردید. در این ماتریس مشخص شد که کاربری‌های مختلف چگونه

به یک‌دیگر تبدیل می‌شوند و وضعیت برگشت‌پذیری کاربری‌ها به چه صورت است. منظور از برگشت‌پذیری احتمال بازگشت یک کاربری بعد از تبدیل به کاربری دیگر است. به‌عنوان مثال کاربری کشاورزی و جنگل می‌توانند به مسکونی تبدیل شوند ولی مسکونی در شرایط کشور ما به جنگل تبدیل نمی‌شود. در ماتریس تبدیل، وزن بین ۱ (با قابلیت تبدیل) و ۰ (بدون تبدیل) در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین بر اساس نظر کارشناسی، برای هر کاربری، وزنی بین صفر و یک برای مشخص شدن میزان برگشت‌پذیری تعیین می‌گردد [۱۲]. در واقع کارشناس بر اساس شناختی که از منطقه و نحوه تغییرات کاربری دارد وزنی بین ۰ تا ۱ برای هر کاربری انتخاب می‌کند. به این صورت که کاربری‌هایی که احتمال تغییر آنها کمتر است (مانند مناطق مسکونی) وزن بیشتری می‌گیرند. ماتریس تبدیل در فایل متنی ذخیره و در پوشه پروژه CLUE-s قرار داده شد.

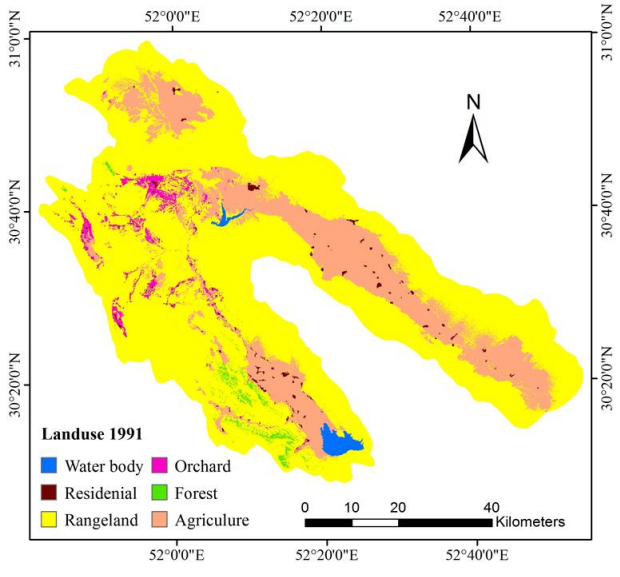
**فرآیند تخصیص و شبیه‌سازی کاربری**

فایل‌های متنی مربوط به معادلات رگرسیون، ماتریس تبدیل و تقاضای کاربری به‌همراه نقشه‌های مربوط به عوامل موثر در پوشه مربوط به نرم‌افزار CLUE قرار داده شد. شبیه‌سازی کاربری به‌صورت سالانه انجام می‌شود؛ به‌طوری که مناطق مستعد برای هر کاربری بر اساس حداکثر احتمال به کاربری مربوطه اختصاص داده می‌شود. این کار بر اساس رابطه رگرسیونی برای تمام کاربری‌ها و در تمام پیکسل‌ها انجام شد. در هر مرحله پیکسل‌های اختصاص داده شده با میزان تقاضا کنترل شده و این کار تا جایی ادامه می‌یابد که میزان تقاضا و پیکسل‌های اختصاص داده شده برای کاربری‌ها برابر شوند [۱٤]. بعد از این مرحله شبیه‌سازی و اختصاص کاربری‌ها برای سال بعد آغاز شده و به‌همین ترتیب تا رسیدن به سال ۱٤۲۰ ادامه می‌یابد. درصورتی‌که تا ۲۰۰۰۰ تکرار میزان تقاضا و پیکسل‌های اختصاص داده شده برابر نشوند مدل خطا داده و باید تنظیمات مربوط به آن کنترل گردد [۱٤]. شکل ۳ نحوه اجرای شبیه‌سازی و همچنین پوشه مربوط به مدل CLUE را نشان می‌دهد.



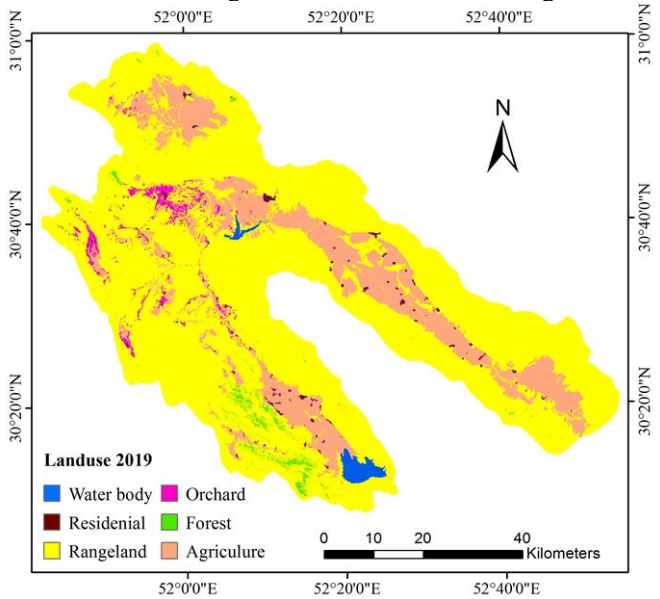

**شکل ۳- شبیه‌سازی کاربری اراضی با استفاده از مدل CLUE در حوزه آبخیز درودزن (استان فارس)**

Fig 3. Land use simulation using CLUE-s model in Doroodzan watershed (Fars province)




**شکل ٤- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۰**

Fig 4. Land use map of 1991



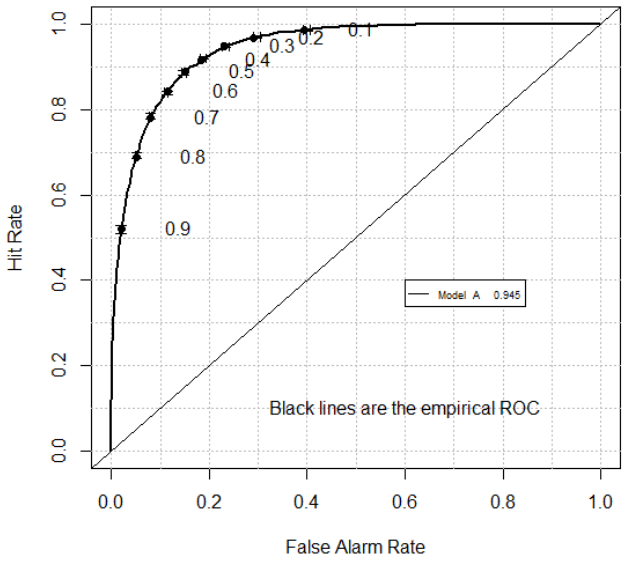

**شکل ٥- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۸**

Fig 5. Land use map of 2019

**جدول ۱ تغییرات کاربری منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۸**

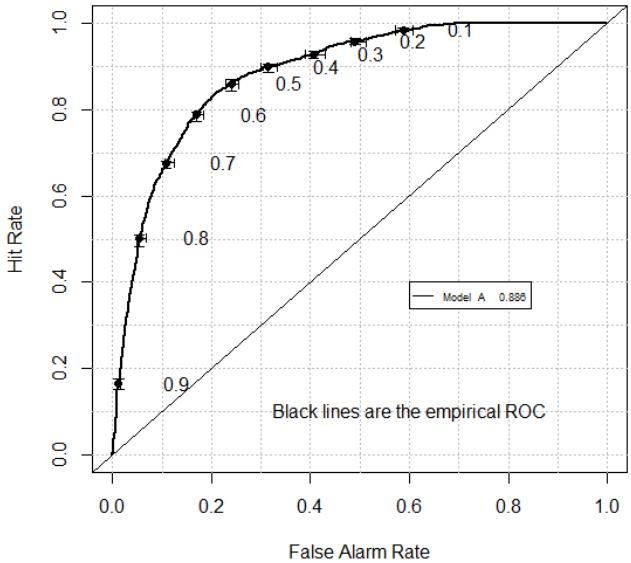
Table 1. Land use change of the study area between 1991-2019

| درصد تغییرات Changes% | میزان تغییرات Changes | مساحت ( کیلومترمربع) Area ($Km^2$) | | طبقه کاربری اراضی Land use type |
|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | 1991 | |
| 49.47 | 283.5500 | 856.7225 | 573.1725 | کشاورزی Agriculture |
| -11.36 | -5.0825 | 39.6575 | 44.74 | جنگل Forest |
| 70.89 | 29.1900 | 70.3675 | 41.1775 | باغ Orchard |
| -7.89 | -312.6950 | 3650.24 | 3962.94 | مرتع Rangeland |
| 1.99 | 0.5025 | 25.6775 | 25.175 | مسکونی Residential |
| 11.99 | 4.5477 | 42.4825 | 37.935 | پهنه آبی Water body |



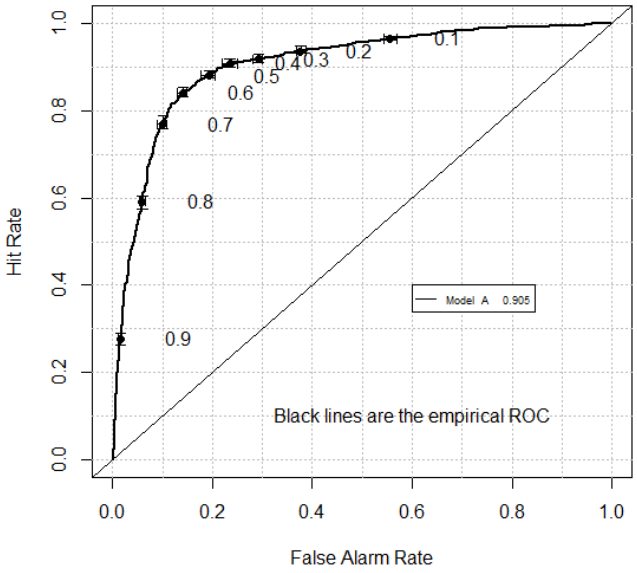

**شکل ٦- منحنی ROC مربوط به کاربری کشاورزی**

Fig 6. ROC curve of agriculture land use type



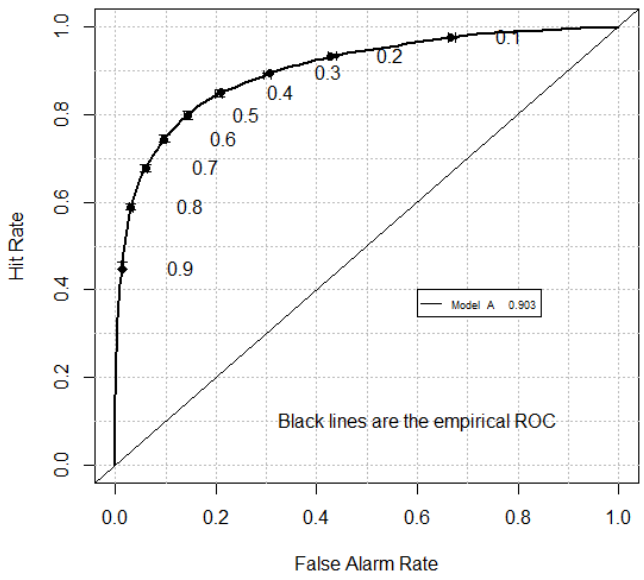

**شکل ۸- منحنی ROC مربوط به کاربری باغ**

Fig 8. ROC curve of orchard land use type



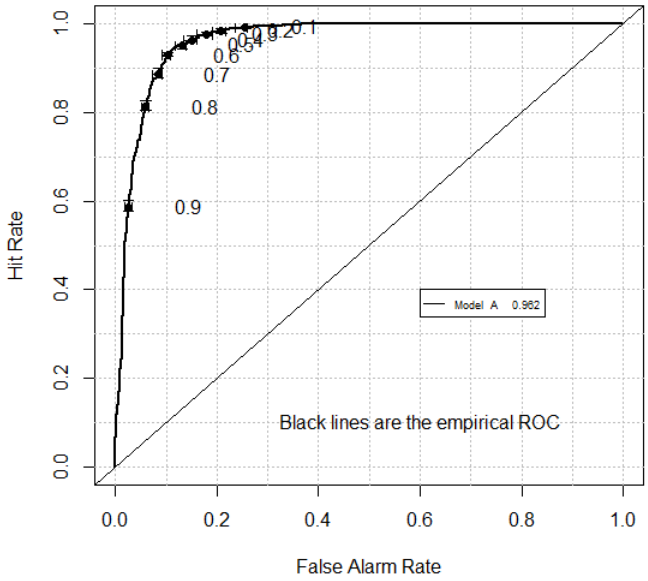

**شکل ۷- منحنی ROC مربوط به کاربری جنگل**

Fig 7. ROC curve of forest land use type




**شکل ۹- منحنی ROC مربوط به کاربری مرتع**

Fig 9. ROC curve of range land use type



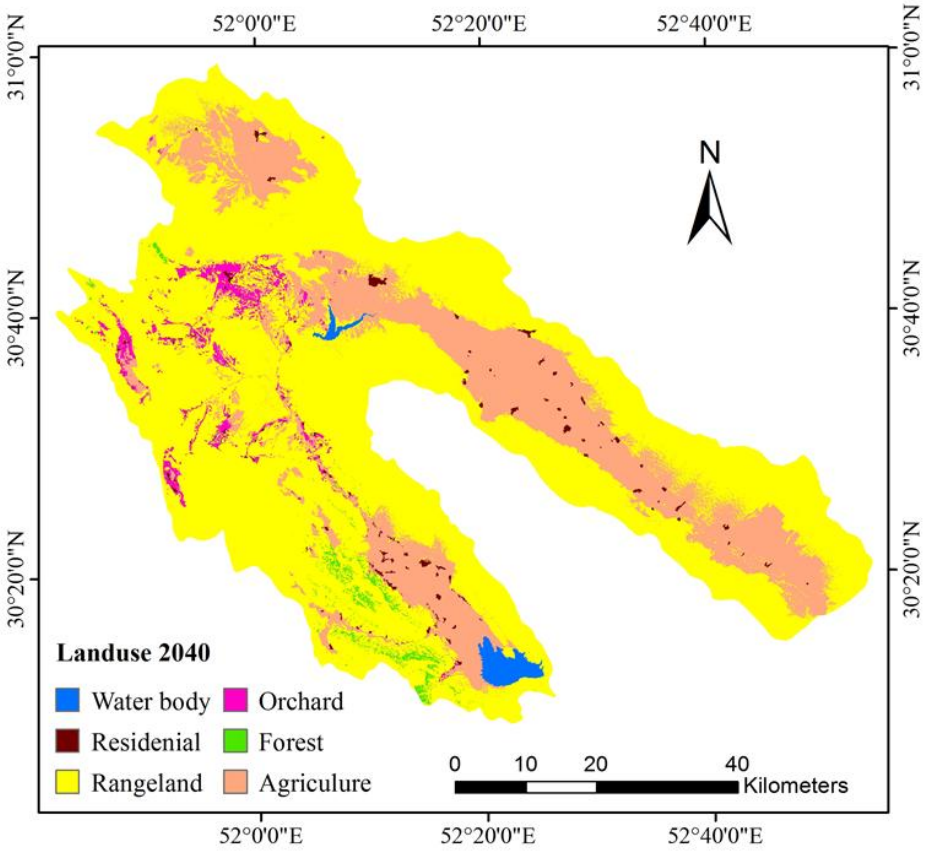

**شکل ۱۰- منحنی ROC مربوط به کاربری مسکونی**

Fig 10. ROC curve of residential land use type

## نتایج

شکل ٤ و ٥ نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال ۱۳۷۰ و ۱۳۹۸ و جدول ۱ تغییرات مربوط به طبقه‌های مختلف کاربری اراضی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود کاربری‌های کشاورزی، باغ، مسکونی و پهنه آب افزایش و کاربری‌های جنگل و مرتع کاهش داشته است. البته افزایش پهنه‌های آبی به دلیل احداث سد در بالادست حوزه آبخیز است. هم‌چنین از نظر مساحت، بیش‌ترین افزایش مربوط به کاربری کشاورزی با ۲۸۳/۵۵۰۰ کیلومتر مربع ولی از نظر درصد افزایش بیش‌ترین درصد مربوط به باغ با ۷۰/۸۹ درصد بوده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین کاهش سطح مربوط به کاربری مرتع با ۳۱۲/٦۹۵۰ کیلومتر مربع ولی بیش‌ترین درصد کاهش مربوط به کاربری جنگل با ۱۱/۳٦- درصد است.

برای ارزیابی روش رگرسیون از منحنی ROC و محاسبه سطح زیر منحنی استفاده شد. شکل‌های ٦ تا ۱۰ منحنی مربوط به کاربری‌ها را نشان می‌دهد. بعد از ورود داده‌های مورد نیاز و روابط رگرسیون به




**شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی شبیه‌سازی شده سال ۱۴۲۰**

Fig 11. Simulated land use map of year 2040

محیط نرم‌افزار، نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۲۰ شبیه‌سازی گردید (شکل ۱۱)

## بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که بیان شد تهیه نقشه کاربری اراضی با دقت بالا یکی از اهداف این پژوهش بود. جهت تهیه نقشه از تصاویر لندست استفاده گردید چرا که تصاویر ماهواره لندست با قدرت تفکیک مناسب و قابلیت تکرار طی سال، ابزار مهمی در تهیه نقشه کاربری بوده و در بسیاری از پژوهش‌ها قابلیت آنها به اثبات رسیده است [۱، ۶، ۸، ۱۱، ۲۱و ۲۲].

در این پژوهش از روش تلفیقی برای افزایش دقت نقشه کاربری اراضی استفاده شد. روش استفاده از تصاویر مختلف طی یکسال و روش تلفیقی یکی از روش‌های در نظر گرفتن کشاورزی طی فصل‌های مختلف است [۲۰]. نقشه کاربری اراضی منطقه با ضریب کاپا و دقت کلی برابر ۰/۹۱ و ۸۹/۲ درصد به دست آمده در این پژوهش، بسیار بالاتر از میزان استاندارد (۸۵ درصد) برای نقشه‌های کاربری است [۲]. نتایج نشان داد تخریب منابع طبیعی و تبدیل آن‌ها به کاربری باغ، کشاورزی و مسکونی مهم‌ترین تغییر اراضی در منطقه است. شرایط آب و هوایی مناسب منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی، تمایل به تغییر اراضی منابع طبیعی به کشاورزی را افزایش می‌دهد. این تغییرات در بسیاری دیگر از مناطق دنیا نیز گزارش شده است. به عنوان نمونه مندوزا[1] و همکاران [۱۳] تخریب جنگل و تبدیل به زمین کشاورزی را مهم‌ترین نوع تغییر در بخش‌هایی از مکزیک، وو[2] و همکاران [۲۸] تخریب منابع طبیعی و تبدیل به اراضی مسکونی را مشکلی بزرگ در پکن، برینکمن[3] و همکاران [۵] تبدیل جنگل‌ها و بوته‌زارها به کشاورزی را مهم‌ترین مشکل تغییر کاربری در غرب افریقا، نظری سامانی و همکاران [۱۸] تغییر کاربری مرتع به کشاورزی دیم و در نهایت اراضی رها شده را مهم‌ترین تغییر کاربری در حوزه آبخیز طالقان و محمدی و همکاران [۱۷] تخریب منابع طبیعی و تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی را مهمترین تغییر در بخشی از استان گلستان معرفی نمودند.

برای بررسی نقش عوامل موثر بر تناسب طبقات کاربری از روش رگرسیون استفاده گردید. میزان سطح زیر منحنی نشان داد که دقت مدل رگرسیون برای کاربری‌های کشاورزی، جنگل، مرتع و مسکونی در طبقه عالی و برای کاربری باغ در طبقه خیلی خوب قرار گرفت که بیان‌گر دقت روش رگرسیون بود [۱۹]. برای رسیدن به حداکثر

1. Mendoza
2. Wu
3. Brinkmann

دقت، تعداد نقاط زیادی انتخاب شد. تعداد زیاد این نقاط و پراکنش نسبتاً یکنواخت موجب شد تا نقش تمام عوامل مکانی در منطقه لحاظ گردد و دقت روش رگرسیون افزایش یابد.

به‌طورکلی شرایط آب و هوایی مناسب در حوزه آبخیز مورد مطالعه برای کشاورزی و بویژه باغ‌داری، تمایل به تغییر اراضی منابع طبیعی به کشاورزی را افزایش می‌دهد که می‌تواند خطر جدی برای منابع طبیعی و محیط‌زیست منطقه باشد.

آگاهی از وضعیت کاربری اراضی در سال‌های آینده و درصورت امکان ارزیابی خسارات ناشی از تغییرات نقش زیادی در مدیریت کاربری اراضی دارد. زمانی‌که کاربری تغییر می‌کند و خسارات آن نمایان می‌شود کنترل و کاهش خسارات نیاز به هزینه‌های زیادی دارد، ولی درصورتی‌که از قبل شرایط شبیه‌سازی و خسارات احتمالی ارزیابی شود کنترل شرایط آسان‌تر خواهد بود. بدون تردید تخریب منابع طبیعی و تبدیل به مناطق مسکونی و کشاورزی در آینده‌ای نه چندان دور منطقه مورد مطالعه را در معرض بحران قرار داده و پیامدهایی از جمله افزایش سیلاب، فرسایش و رسوب، آلودگی‌های کشاورزی و حرکات توده‌ای زمین را به دنبال خواهد داشت. با استفاده از مدل CLUE-s می‌توان مدیران و برنامه‌ریزان را از شرایط آینده منطقه آگاه ساخت تا در برنامه‌ریزی‌های خود مشکل تغییر کاربری را لحاظ کنند.

## تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از نتایج طرح مصوب شرکت آب منطقه‌ای استان فارس به شماره FAW-97001 بوده و بدین‌وسیله نویسندگان از همکاری‌های شرکت مذکور تشکر می‌نمایند.

## منابع

1. Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A., Nouri, N. 2007. Coastline change detection using remote sensing. International Journal of Environmental Science and Technology. 4(1): 61-66.

2. Anderson, J.R., Hardy, E.E., Roach, J.T., Witmer, R.E. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Washington, dc: U.S. Geological survey. No. Professional paper 964.

3. Arshad, M.A., Franzluebbers, A.J. and Azooz, R.H. 1999. Component of surface soil structure under conventional and no-tillage in northern Canada. Soil Till Res. 53(1): 41-47.

4. Brandt, J.S., Haynes, M.A., Kuemmerle, T., Waller, D.M., Radeloff, V.C. 2013. Regime shift on the roof of the world: alpine meadows converting to shrublands in the southern Himalayas. Biological Conservation. 158(6): 116–127.

5. Brinkmann, K., Schumacher, J., Dittrich, A., Kadaore, I., Buerkert, A. 2012. Analysis of landscape transformation processes in and around four West African cities over the last 50 years. Landscape and Urban Planning. 1059(1-2): 94–105.

6. Cetin, M. 2009. A satellite based assessment of the impact of urban expansion around a lagoon. International Journal of Environmentl Science and Technology. 6(4): 579-590.

7. Choi, W., Deal, B., 2008. Assessing hydrological impact of potential land use change through hydrological and land use change modeling for the Kishwaukee River basin (USA), Journal of Environmental Management. 88(4): 1119-1130.

8. Cohen, W.B., Goward, S.N. 2004. Landsat's role in ecological applications of remote sensing. Bioscience. 54(6): 535−545.

9. De Roo, A., Schmuck, G., Perdigao, V., Thielen, J., 2003. The influence of historic land use changes and future plannedland use scenarios on floods in the Oder catchment, Physics and Chemistry of the Earth. 28(33-36): 1291-1300.

10. Gibreel, T.M., Herrmann, S., Berkhoff, K., Nuppenau, E.A., Rinn, A. 2014. Farm types as an interface between an agroeconomical model and CLUE-Naban land change model: Application for scenario modeling. Ecological Indicators, 36(4): 766– 778.

11. Hansen, M.C., Roy, D.P., Lindquist, E., Adusei, B., Justice, C.O., Altstatt, A. 2008. A method for integrating Modis and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo basin. Remote Sensing of Environment. 112(5): 2495−2513.

12. Luo, G., C. Yin, X. Chen, W. Xu., Lu, L. 2010. Combining System Dynamic Model and CLUE-s Model to Improve Land Use Scenario Analyses at Regional Scale: A Case Study of Sangong Watershed in Xinjiang, China". Ecological Complexity. 7(22): 198-207.

13. Mendoza, L., Pena, E., Ramırez, M., Prieto, J., Galicia, L. 2006. Projecting land use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. Applied Geography. 26(3-4): 276-290.

14. Mohammady, M. 2014. Predicting Effects of Land Use Changes on Runoff Generation Using CLUE-s and WetSpa models for Management of Baghsalian Watershed in Golestan Province. Ph.D. thesis: watershed management engineering and sciences. Tarbiat Modares University, p.108. (In Persian)

15. Mohammady, M., Amiri, M., Dastorani J. 2016. Modeling land use changes of Ramin city in the Golestan province. Spatial Planning. 19(4): 141-158. (In Persian)

16. Mohammady, M., Morady, H.R., Zeinivand, H., Temme, A.J.A.M. 2015. A Comparison of Supervised, Unsupervised and Synthetic Land use Classification Methods in the North of Iran. International Journal of Environmental Science and Technology.

12(5):1515-1526.

17. Mohammady, M., Moradi, H.R., Zeinivand, H., Temme, A.J.A.M., Yazdani, M.R., Pourghasemi, H.R. 2018. Modeling and assessing the effects of land use changes on runoff generation with the CLUE-s and WetSpa models. Theoretical and Applied Climatology. 133 (1-2):459–471.

18. Nazari samani, A., Heravi, H., Panahi, M., JafariShalamzari, M. 2013. The effect of change on land use and precipitation on the sediment in Taleghan basin. Journal of range and watershed management. 66(1): 157-165. (In Persian).

19. Nefeslioglu, H.A., Duman T.Y., Durmaz, S. 2008. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Easten Black Sea Region of Turkey). Geomorphology. 94(3-4): 401-418.

20. Rozenstein, O., Karnieli, A. 2010. Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. Applied geography. 31(2):533-544.

21. Schulz, J., Cayuela, L., Echeverria, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of central Chile (1975-2008). Applied Geography. 30 (3): 436-447.

22. Sexton, J.O., Urban, D.L., Donohue, M.J., Song, C. 2013. Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the Landsat-5 record. Remote Sensing and Environment. 128(7): 246–258.

23. Terpstra, J., Mazijk, V., 2001. Computer aided evaluation of planning scenarios to assess the impact of land-use changes on water balance. Physics and Chemistry of the Earth. 26(7): 523-527.

24. Thanapakpawin, P., Richey, J., Thomas, D., Rodda, S., Campbell, B., Logsdon, M. 2006. Effects of landuse change on the hydrologic regime of the Mae Chaem River basin, NW Thailand. Journal of Hydrology. 334(1-2): 215–230

25. Verburg, P., Veldkamp, T. 2001. The role of spatially explicit models in land-use change research: a case study for cropping patterns in China. Agriculture, Ecosystem and Environment. 85(1-3): 177-190.

26. Verburg, P.H., Veldkamp, A. 2004. Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales. Landscape Ecology. 19 (4): 77–98.

27. Weng, Q., Lu, D., Jacquelyn Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment. 89(5): 467–483.

28. Wu, Q., Li, H., Wang, R., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B., Wang, Z. 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. Landscape and Urban Planning. 78(4): 322-333.

29. Zare, M., Nazari Samani, A.A, Mohammady, M. 2016. The impact of land use change on runoff generation in an urbanizing watershed in the north of Iran. Environmental Earth Sciences. 75 (18): 1-20.

30. Zare M, Nazari Samani A.A, Mohammady, M., Salmani, H, Bazrafshan J. 2017. Investigating effects of land use change scenarios on soil erosion using CLUE-s and RUSLE models. International Journal of Environmental Science and Technology. 14(2). 1905-1918.

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 16, No. 58, Fall 2022
سال شانزدهم- شماره ۵۸- پاییز ۱۴۰۱

# Land Use Change Simulation Using CLUE-s Model in the Watershed of Doroodzan Dam

H.R. Pourghasemi[1], M. Mohammady[2], H. Noor[3] and S.F. Afzali[4]

Received: 05-07-2021 Accepted: 22-06-2022

***Abstract***

Land use change is an essential determinant factor in hydrological processes and it affects many of them. Simulation of land use changes, rise in residential and agricultural area and its effects are among the most important issues related to the watershed management. The objective of this research is land use change detection in the past and simulation of future land use using CLUE-s Model. At first, land use map of years 1991 and 2019 was prepared using satellite images and synthetic method. Then, land use change was calculated, and then land use map of year 2040 was simulated using CLUE-s model. The results indicated that the main land use changes in Doroodzan watershed between 1991 and 2019 was the conversion of natural resources to residential area, agriculture and orchards. Accuracy assessment of regression model to investigate condition factors of each land use types using ROC corves demonstrated acceptable accuracy of this method. Using the CLUE-s model, managers and planners can be informed about the future conditions of the region to take into account the problem of land use change in their planning.

***Keywords: Land use, Land use demand, Logisic regression, CLUE-s model***

1. Corresponding Author and professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Shiraz University, Iran. Email: hr.pourghasemi@shirazu.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Nature Resources, Semnan University, Iran
3. Assistant professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran
4. Assistant professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Shiraz University, Iran