وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نقشه علمی

اطلس نقشه کاربری های اراضی استان اصفهان

نویسندگان: بهرام چوبین، علی دسترنج

شماره ثبت: ۶۹۲۲۰

۱۴۰۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

نقشه علمی:

اطلس نقشه کاربری‌های اراضی استان اصفهان

نویسندگان:
بهرام چوبین، علی دسترنج

شماره ثبت: ۶۹۲۲۰

۱۴۰۵

وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

عنوان اثر: اطلس نقشه کاربری‌های اراضی استان اصفهان
نویسندگان: بهرام چوبین، علی دسترنج
ویراستار: سعید نبی‌پی لشکریان
صفحه‌آرایی و طرافی جلد: عباس صدیق
ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
شمارگان: ۱۰ نسخه
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵
این اثر در مورخه **۱۴۰۵/۰۲/۱۰** با شماره **۶۹۲۲۰** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

پیشگفتار

در عصر کنونی، فقدان نقشه‌های کاربری اراضی دقیق و به‌روز، چالش‌های جدی را در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی شهری به‌وجود آورده است. این خلأ اطلاعاتی می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های نادرست در توسعه زیرساخت‌ها، مدیریت ناپایدار منابع آب و تخریب فزاینده محیط زیست منجر شود. یکی از مهم‌ترین موانع در این زمینه، نبود دسترسی مستمر به نقشه‌هایی است که به‌طور سالانه و متناسب با پویایی‌های محیطی به‌روزرسانی شوند. تغییرات سریع کاربری زمین، گسترش شتابان شهرنشینی و محدودیت‌های فنی در فرآیندهای سنتی نقشه‌سازی، از جمله عواملی هستند که استخراج به‌موقع این نقشه‌ها را با دشواری مواجه ساخته‌اند.

اگرچه محصولات کوپرنیکوس امکان دسترسی به داده‌های سالانه کاربری اراضی را در مقیاس جهانی فراهم کرده‌اند، اما توان تفکیک مکانی ۱۰۰ متری آن‌ها پاسخگوی نیازهای مطالعات محلی و منطقه‌ای با دقت بالا نیست. ازاین‌رو، همچنان نیاز به توسعه روش‌های کارآمدتر برای تولید نقشه‌های دقیق و به‌روز احساس می‌شود. استخراج این نقشه‌ها عمدتاً با بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌پذیرد و در سال‌های اخیر، روش‌های پیشرفته‌ای همچون یادگیری عمیق و پردازش ابر نقاط نیز در این حوزه مورد توجه قرار گرفته‌اند.

ارتباط مستقیم نقشه‌های کاربری اراضی با مدیریت منابع آب غیرقابل انکار است. در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک ایران، که برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی به یک بحران جدی تبدیل شده است، به‌روزرسانی سالانه این نقشه‌ها می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت پایدار منابع آبی ایفا کند. این نقشه‌ها در شناسایی منابع آبی سطحی، پیش‌بینی رواناب‌ها، برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی و مدیریت جامع حوضه‌های آبریز کاربرد حیاتی دارند. در همین راستا، اطلس کاربری اراضی استان اصفهان با هدف پوشش این نیازها و با تأکید بر کاربردهای آن در مدیریت منابع آب و خاک تدوین شده است.

افزون بر این، بهره‌گیری صحیح از نقشه‌های کاربری اراضی مستلزم آگاهی کاربران از حدود دقت و سال تولید آن‌هاست. مخاطبان اصلی این اطلس شامل مدیران منابع آب، خاک، محیط‌زیست و منابع طبیعی، برنامه‌ریزان

شهری و منطقه‌ای و پژوهشگران حوزه علوم محیطی هستند که در فرآیندهای تصمیم‌سازی و تحلیل‌های برنامه‌ریزی به نقشه‌های روزآمد و معتبر نیاز دارند. نقشه‌های تهیه‌شده در این مجموعه بر مبنای داده‌های سال ۱۴۰۲ تولید شده‌اند و کاربران باید در تحلیل‌های بلندمدت، تغییرات احتمالی پس از سال تهیه نقشه را مدنظر قرار داده و از به‌روزرسانی‌های آتی برای ارتقای دقت مطالعات خود بهره بگیرند. این اطلس با ارائه لایه‌های اطلاعاتی دقیق و استاندارد، بستری قابل اتکا برای تحلیل‌های تخصصی فراهم می‌سازد، مشروط بر آنکه محدودیت‌های زمانی و روش‌شناختی آن در هنگام استفاده رعایت شود.

این اطلس برگرفته از پروژه تحقیقاتی «کاربست روش پیشرفت فاجعه و مدل مفهومی فشار-وضعیت-پاسخ برای بررسی تاب‌آوری حوزه آبخیز نسبت به سیل» با کد مصوب ۰۳۰۸۵۲-۰۸۶-۲۹-۳۸-۲۴ در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری است. نتایج این پروژه نشان داد که دسترسی به نقشه‌های کاربری اراضی با دقت بالا، پیش‌نیاز اساسی برای مدل‌سازی هیدرولوژیک و برآورد ریسک و تاب‌آوری سیلاب محسوب می‌شود. ازاین‌رو، اثر حاضر در قالب اطلس کاربری‌های اراضی استان اصفهان تدوین شده است تا ضمن پاسخ به نیازهای پژوهشی، ابزاری کاربردی برای مدیران و برنامه‌ریزان فراهم آورد.

نویسندگان

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده ..... **Error! Bookmark not defined.**

مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

ضرورت و اهمیت تهیه نقشه کاربری اراضی ..... **Error! Bookmark not defined.**

معرفی محصول کوپرنیکوس (Copernicus Land Cover Products) ۴

شرح گام‌های اجرایی تهیه اطلس نقشه کاربری‌های اراضی با استفاده از محصول کوپرنیکوس ۵

نقشه کاربری‌های اراضی استان اصفهان ۹

برش‌های شهرستانی نقشه کاربری‌های اراضی ۱۳

نتیجه‌گیری ۴۱

منابع ۴۱

Abstract ۴۳

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱- خلاصه مراحل استخراج نقشه کاربری اراضی ۱۰ متری ۷

شکل ۲- نقشه کاربری اراضی استان اصفهان با دقت ۱۰ متری با استفاده از پروداکت Copernicus ۱۳

شکل ۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان بوئین و میاندشت با دقت ۱۰ متری ۱۶

شکل ۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان اردستان با دقت ۱۰ متری ۱۷

شکل ۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان اصفهان با دقت ۱۰ متری ۱۸

شکل ۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان آران و بیدگل با دقت ۱۰ متری ۱۹

شکل ۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان برخوار با دقت ۱۰ متری ۲۰

شکل ۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان تیران و کرون با دقت ۱۰ متری ۲۱

شکل ۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان جرقویه با دقت ۱۰ متری ۲۲

شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان چادگان با دقت ۱۰ متری ۲۳

شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی شهرستان خمینی‌شهر با دقت ۱۰ متری ۲۴

شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی شهرستان خوانسار با دقت ۱۰ متری ۲۵

شکل ۱۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان خور و بیابانک با دقت ۱۰ متری ۲۶

شکل ۱۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان دهاقان با دقت ۱۰ متری ۲۷

شکل ۱۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان سمیرم با دقت ۱۰ متری ۲۸
شکل ۱۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان شاهین‌شهر و میمه با دقت ۱۰ متری ۲۹
شکل ۱۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان شهرضا با دقت ۱۰ متری ۳۰
شکل ۱۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان فریدن با دقت ۱۰ متری ۳۱
شکل ۱۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان فریدون‌شهر با دقت ۱۰ متری ۳۲
شکل ۲۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان فلاورجان با دقت ۱۰ متری ۳۳
شکل ۲۱- نقشه کاربری اراضی شهرستان کاشان با دقت ۱۰ متری ۳۴
شکل ۲۲- نقشه کاربری اراضی شهرستان کوهپایه با دقت ۱۰ متری ۳۵
شکل ۲۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان گلپایگان با دقت ۱۰ متری ۳۶
شکل ۲۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان لنجان با دقت ۱۰ متری ۳۷
شکل ۲۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان مبارکه با دقت ۱۰ متری ۳۸
شکل ۲۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان نائین با دقت ۱۰ متری ۳۹
شکل ۲۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان نجف‌آباد با دقت ۱۰ متری ۴۰
شکل ۲۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان نطنز با دقت ۱۰ متری ۴۱
شکل ۲۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان هرند با دقت ۱۰ متری ۴۲
شکل ۳۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان ورزنه با دقت ۱۰ متری ۴۳

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۱- سطوح کاربری‌های اراضی به تفکیک شهرستان‌های استان اصفهان (سال ۱۴۰۱)..... **Error! Bookmark not defined.**

چکیده

تهیه نقشه‌های به‌روز و دقیق از پوشش و کاربری اراضی، یکی از الزامات اساسی در مدیریت منابع طبیعی و مطالعات سنجش از دور محسوب می‌شود. این نیاز با توجه به سرعت فزاینده تغییرات محیطی و مداخلات انسانی، هر سال پررنگ‌تر می‌شود. در این میان، داده‌های سالانه و باکیفیت محصولات کوپرنیکوس، زمینه مناسبی را برای استخراج و به‌روزرسانی منظم این نقشه‌ها فراهم آورده است. اطلس کاربری اراضی پیش رو، حاصل تلفیق تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۱ و سنتینل-۲ (شامل داده‌های اپتیکی و راداری) است که با بهره‌گیری از سامانه گوگل‌ارث‌انجین به‌عنوان یک بستر پردازش ابری، امکان تولید نقشه‌هایی با دقت ۱۰ متر را فراهم ساخته است. این در حالی است که محصولات استاندارد کوپرنیکوس دارای دقت ۱۰۰ متر هستند و برای بسیاری از مطالعات محلی و منطقه‌ای پاسخگو نیستند. روش تهیه این اطلس بر پایه طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم جنگل تصادفی استوار است. فرآیند کار شامل آماده‌سازی تصاویر مبنا، گردآوری نمونه‌های آموزشی از روی محصول کوپرنیکوس، اجرای الگوریتم طبقه‌بندی و در نهایت ارزیابی دقت نتایج است. تلفیق داده‌های اپتیکی سنتینل-۲ با داده‌های راداری سنتینل-۱ (باندهای VV و VH) موجب بهبود تفکیک کلاس‌ها، به ویژه در تفکیک عوارض شهری و مناطق مرتعی شده است. همچنین برای ارتقاء دقت طبقه‌بندی از شاخص‌های طیفی مانند NDVI و NDWI به‌عنوان لایه‌های کمکی استفاده شده است. نقشه‌های تولید شده در این اطلس، کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف دارند. در مدیریت منابع آب، این نقشه‌ها برای شناسایی سطوح آبی، برآورد نیاز آبی محصولات کشاورزی و پیش‌بینی رواناب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پایش تغییرات زیست‌محیطی، امکان ردیابی تغییرات کاربری اراضی در بازه‌های زمانی مختلف و ارزیابی تخریب منابع طبیعی را فراهم می‌آورند. همچنین در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، به‌عنوان لایه‌ای پایه برای تصمیم‌گیری‌های کلان و تدوین طرح‌های آمایش سرزمین عمل می‌کنند. اطلس حاضر با ارائه نقشه‌هایی با توان تفکیک مکانی بالا، ابزاری کارآمد در اختیار پژوهشگران، برنامه‌ریزان و

مدیران اجرایی قرار می‌دهد تا بتوانند گام‌های مؤثری در جهت مدیریت پایدار منابع طبیعی و حفاظت از محیط زیست بردارند.

واژه‌های کلیدی: اطلس کاربری اراضی، برنامه‌ریزی محیطی، تصاویر سنتینل، جنگل تصادفی، سامانه گوگل‌ارث‌انجین.

مقدمه

کاربری اراضی به مجموعه‌ای از خاک، پوشش طبیعی، اراضی کشاورزی و سازه‌های انسان‌ساخت اطلاق می‌شود که به‌عنوان رابطی میان فعالیت‌های انسانی و محیط زیست طبیعی عمل می‌کند. این مفهوم نه‌تنها یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تنوع زیستی در مقیاس جهانی و موجودیت آب و اقلیم به‌شمار می‌رود (Mohammady و همکاران، ۲۰۱۵)، بلکه نقشی کلیدی در ایجاد توازن میان مؤلفه‌های اقتصادی، هیدرولوژیکی و اکولوژیکی ایفا می‌کند (Varamesh و همکاران، ۲۰۱۷). در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، دسترسی به نقشه‌های دقیق و به‌هنگام کاربری اراضی، زیربنای برنامه‌ریزی و توسعه پایدار محسوب می‌شود؛ به‌گونه‌ای که امنیت غذایی، برنامه‌ریزی کاربری زمین و مدیریت محیط زیست و منابع طبیعی همگی به این داده‌های مکانی وابسته هستند (Saah و همکاران، ۲۰۱۹). تغییرات کاربری و پوشش اراضی از طریق تأثیر بر تعامل انسان و محیط، خدمات اکوسیستم را از تنوع زیستی گرفته تا تنظیم اقلیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. گسترش شهرنشینی و تخریب بی‌رویه اراضی کشاورزی، جنگل‌ها و مراتع به نفع مناطق مسکونی، چالش‌های متعددی را در کشورهای درحال‌توسعه ایجاد کرده است (Tolessa و همکاران، ۲۰۱۷). ازاین‌رو، برنامه‌ریزی و مدیریت فضاهای شهری و روستایی نیازمند اطلاعات مکانی دقیق و سریالی درباره تغییرات کاربری اراضی است. در این میان، دانش مربوط به کاربری و پوشش اراضی برای مدیریت فعالیت‌های زمینی ضروری بوده و نخستین گام در این مسیر، تهیه نقشه‌های دقیق با بهره‌گیری از روش‌های نوین طبقه‌بندی است. فناوری سنجش از دور، سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تصاویر

ماهواره‌ای با طیف وسیعی از توان تفکیک مکانی، زمانی، طیفی و رادیومتری، ابزاری اساسی برای تحلیل این تغییرات و تولید داده‌های پوشش سطح زمین فراهم می‌آورند.

ضرورت و اهمیت تهیه نقشه کاربری اراضی

پیشرفت‌های شگرف در حوزه سنجش از دور، امکان تولید نقشه‌های کاربری اراضی را با دقت، سرعت و مقیاس بی‌سابقه‌ای فراهم آورده است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اپتیکی و راداری، ابزارهای قدرتمندی را در اختیار پژوهشگران و مدیران محیط زیست قرار داده تا تحولات پوشش زمین را در بازه‌های زمانی کوتاه و بلند رصد کنند. درحالی‌که داده‌های اپتیکی از دیرباز به دلیل قابلیت تفسیر بصری و اطلاعات طیفی غنی مورد توجه بوده‌اند، محدودیت ذاتی آن‌ها در مناطق با پوشش ابری مداوم، چالش بزرگی محسوب می‌شود. این پدیده در مطالعات اخیر نیز به قوت خود باقی است و بر لزوم استفاده از داده‌های مکمل تأکید دارد (Asner و همکاران، ۲۰۰۱؛ Leinenkugel و همکاران، ۲۰۱۴؛ Wagner، ۲۰۱۶).

در مقابل، فناوری رادار با روزنه مصنوعی (SAR)، به‌ویژه داده‌های حاصل از ماهواره‌هایی چون Sentinel-1، به‌دلیل توانایی نفوذ در ابرها و شرایط جوی نامساعد، راهکاری ایده‌آل برای مناطق ابرخیز محسوب می‌شود (Steinhausen و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که داده‌های SAR، به‌خصوص در ترکیب با داده‌های اپتیکی، می‌توانند دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی را به‌طور چشمگیری افزایش دهند. به‌عنوان‌مثال، تلفیق داده‌های Sentinel-1 و Sentinel-2 در مطالعات منطقه‌ای، نتایج امیدوارکننده‌ای در طبقه‌بندی انواع کاربری‌ها، ازجمله مناطق جنگلی و کشاورزی، نشان داده است (چوبین و کریمی، ۱۴۰۴). این تلفیق، اطلاعات مکملی را فراهم می‌آورد که هر یک از سنجنده‌ها به تنهایی قادر به ارائه آن نیستند؛ داده‌های اپتیکی اطلاعات طیفی دقیق‌تری را در مورد ویژگی‌های سطحی ارائه می‌دهند، در حالی که داده‌های راداری اطلاعات ساختاری و بافتی را به تصویر می‌کشند.

بااین‌حال، ادغام داده‌ها از منابع و سنجنده‌های مختلف، چالش‌های فنی قابل توجهی را به همراه دارد (Joshi و همکاران، ۲۰۱۶). فرآیندهای پیش‌پردازش گسترده، از جمله تصحیحات هندسی و رادیومتریک، واسنجی و هم‌ترازی مکانی داده‌ها، زمان و منابع محاسباتی قابل توجهی را می‌طلبد. این پیچیدگی‌ها، به ویژه در پروژه‌هایی که نیازمند تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها در مقیاس ملی یا جهانی هستند، می‌تواند مانعی جدی باشد (Roy و همکاران، ۲۰۱۴).

در این میان، ظهور و توسعه پلتفرم‌های پردازش ابری مانند گوگل‌ارث‌انجین[1] (GEE) انقلابی در این حوزه ایجاد کرده است (Carrasco و همکاران، ۲۰۱۹). GEE با فراهم آوردن دسترسی به آرشیو وسیعی از داده‌های ماهواره‌ای رایگان (شامل داده‌های اپتیکی مانند Landsat و Sentinel-2، و داده‌های راداری مانند Sentinel-1) و همچنین زیرساخت محاسباتی قدرتمند، امکان تحلیل داده‌ها را در مقیاس وسیع و با سرعت بالا فراهم می‌سازد (Kumar و Mutanga، ۲۰۱۸؛ Tamiminia و همکاران، ۲۰۲۰). این پلتفرم به‌طور چشمگیری فرآیند پیش‌پردازش و تحلیل را ساده‌سازی کرده و زمان مورد نیاز برای تولید نقشه‌های کاربری اراضی را کاهش داده است. پژوهش‌های اخیر به طور مداوم کارایی GEE را در پروژه‌های متنوع سنجش از دور، ازجمله پایش جنگل‌ها، کشاورزی و تغییرات کاربری اراضی، تأیید کرده‌اند (Amani و همکاران، ۲۰۲۰). با استفاده از GEE، محققان می‌توانند با صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان و منابع، به نتایج دقیق و قابل اعتمادی دست یابند.

در راستای بهره‌گیری از این پیشرفت‌های فناورانه، اطلس کاربری اراضی حاضر با هدف تولید نقشه‌های دقیق (با دقت مکانی ۱۰ متر) تدوین شده است. این اطلس از تصاویر اپتیکی و راداری ماهواره‌های سری سنتینل (Sentinel-1 و Sentinel-2) و همچنین محصولات مرتبط کوپرنیکوس بهره می‌برد. هدف نهایی، ارائه یک منبع اطلاعاتی جامع و به‌روز برای پژوهشگران، برنامه‌ریزان، و مدیران در زمینه‌های مختلف مرتبط با مطالعات محیطی و مدیریت منابع طبیعی است.

[1] Google Earth Engine (GEE)

معرفی محصول کوپرنیکوس[1]

محصول پوشش اراضی کوپرنیکوس، حاصل تلاش برنامه کوپرنیکوس اتحادیه اروپا برای پایش مستمر و منظم سطح زمین در مقیاس جهانی است (https://land.copernicus.eu/en/products/global-dynamic-land-cover). این محصولات که تحت نظارت دقیق سرویس پایش زمین کوپرنیکوس[2] تولید می‌شوند، مزیت‌های کلیدی متعددی را برای جامعه علمی، محققان و برنامه‌ریزان فراهم می‌آورند:

- دسترسی رایگان و جهانی: یکی از برجسته‌ترین مزایای این محصولات، رایگان بودن و دردسترس‌بودن آن‌ها برای تمامی کاربران در سراسر جهان است. این ویژگی، موانع مالی و دسترسی را برای تحقیقات گسترده و کاربردهای متنوع از بین می‌برد .
- پایش مستمر و منظم: برنامه کوپرنیکوس متعهد به پایش مداوم زمین است. این امر تضمین می‌کند که داده‌های پوشش اراضی به طور منظم به‌روزرسانی شده و تصویر دقیقی از وضعیت فعلی و تغییرات زمین در طول زمان ارائه می‌دهند.
- دقت مکانی مناسب: محصول شاخص این مجموعه، CGLS-LC100[3]، با دقت مکانی ۱۰۰ متر ارائه می‌شود. این دقت، تعادلی مناسب بین جزئیات فضایی و حجم داده قابل مدیریت برقرار کرده و برای بسیاری از تحلیل‌های منطقه‌ای و جهانی کفایت می‌کند.
- طبقه‌بندی جامع و استاندارد: این محصولات با استفاده از ۲۳ کلاس کاربری اراضی براساس سامانه طبقه‌بندی LCCS سازمان خواربار جهانی (FAO) طبقه‌بندی شده‌اند. این استانداردسازی، قابلیت مقایسه داده‌ها در طول زمان و بین مناطق جغرافیایی مختلف را به شدت افزایش می‌دهد.

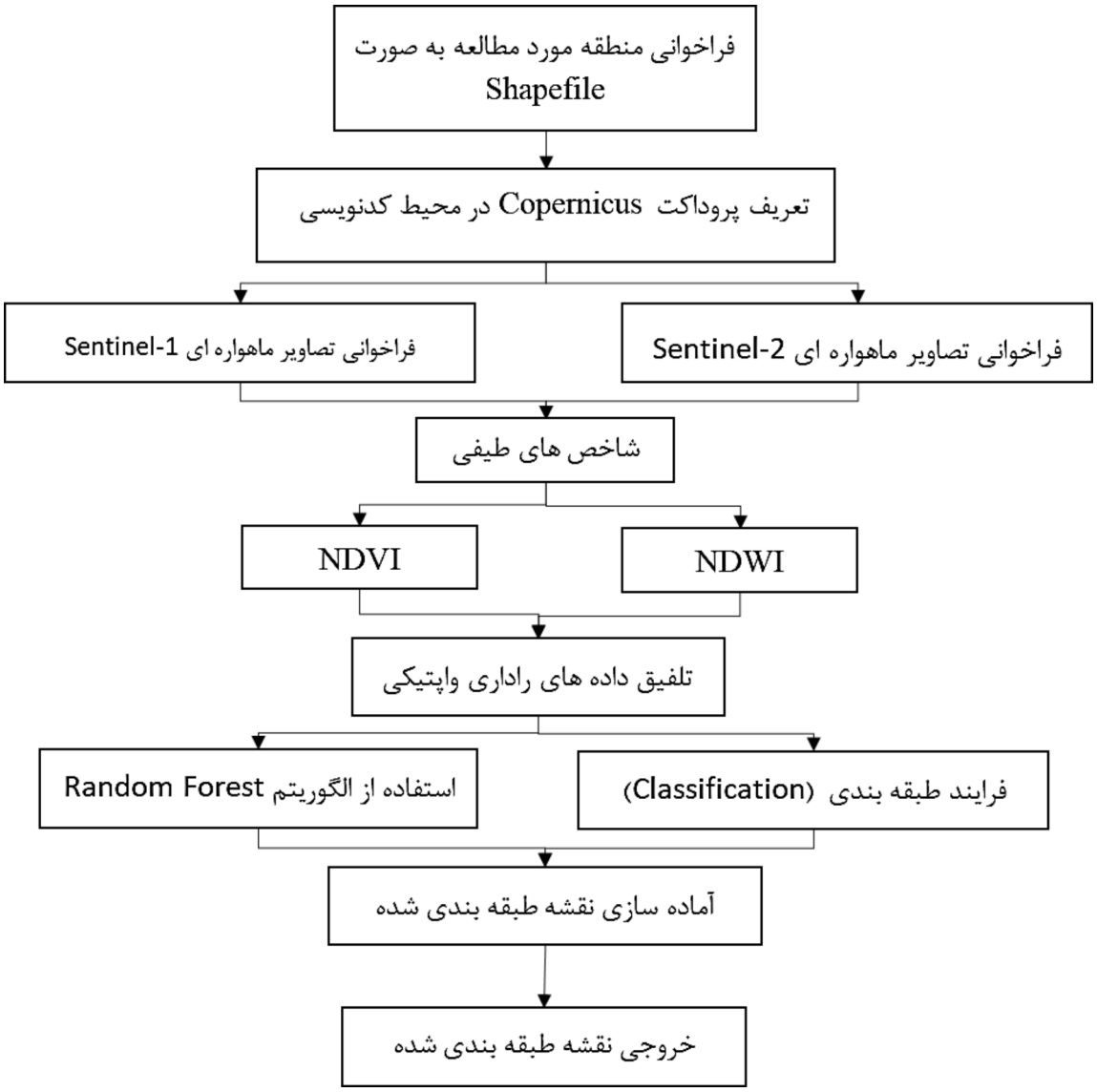
[1] Copernicus Land Cover Product
[2] Copernicus Land Monitoring Service - CLMS
[3] (Copernicus Global Land Cover

- به‌روزرسانی سالانه: نقشه پوشش اراضی جهانی از سال ۲۰۱۵ به صورت سالانه به‌روزرسانی می‌شود. این به‌روزرسانی منظم، امکان پایش دقیق روند تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسانی و طبیعی را فراهم می‌کند.
- پشتیبانی توسط برنامه معتبر کوپرنیکوس: اعتبار و پشتوانه برنامه کوپرنیکوس اتحادیه اروپا، اطمینان از کیفیت، قابلیت اطمینان و پایداری این داده‌ها را تضمین می‌کند.

برای استخراج اطلس کاربری اراضی، ابتدا این محصول را برای استان اصفهان پیاده، ویژگی‌های بصری آن را بررسی و در نهایت، نقشه‌ای با دقت بالاتر از نقشه کوپرنیکوس تهیه شد.

شرح گام‌های اجرایی تهیه اطلس نقشه کاربری‌های اراضی با استفاده از محصول کوپرنیکوس

استخراج اطلس کاربری اراضی با دقت ۱۰ متر نیازمند طی مراحل مشخصی است که مطابق با دستورالعمل ارائه‌شده توسط چوبین و کریمی (۱۴۰۴) تهیه شده است. این مراحل با بهره‌گیری از سامانه گوگل‌ارث‌انجین به‌عنوان بستر پردازش ابری و تصاویر سری سنتینل انجام شده است. خلاصه گام‌های اجرایی برای تهیه نقشه کاربری اراضی ۱۰ متری با استفاده از پروداکت Copernicus در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- خلاصه مراحل استخراج نقشه کاربری اراضی ۱۰ متری

- دسترسی به داده‌ها و آماده‌سازی محیط پردازش:

نخستین گام، دسترسی به محصولات کوپرنیکوس و تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز است. محصولات LCFM از طریق سامانه CDSE[1] قابل دسترسی هستند. کاربران می‌توانند با مراجعه به Copernicus Browser، داده‌های مورد نظر خود را مشاهده، تحلیل و دانلود کنند. همچنین امکان دسترسی برنامه‌نویسی از طریق OData API برای ادغام در گردش کارهای پردازشی فراهم است.

[1] Copernicus Data Space Ecosystem

در محیط گوگل‌ارث‌انجین، ابتدا منطقه موردمطالعه تعریف و فراخوانی شد. استاندارد روش استخراج نقشه کاربری اراضی مبتنی بر ۲۳ کلاس است، اما برخی مناطق‌ها ممکن است تعداد کلاس‌های کمتری داشته باشند و لزوماً تمامی این کلاس‌ها در تمامی نقاط وجود نخواهد داشت. بنابراین لازم است متناسب با منطقه موردمطالعه، کلاس‌های هدف تعریف شوند (چوبین و کریمی، ۱۴۰۴).

- فراخوانی محصول کوپرنیکوس به‌عنوان نقشه راهنما:

محصول کوپرنیکوس به‌عنوان لایه راهنما برای تعریف کلاس‌ها و برداشت نمونه‌های آموزشی مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور، ابتدا تصاویر مربوط به سال ۲۰۲۲ فراخوانی شد و باند مربوط به طبقه‌بندی (discrete_classification) انتخاب شد.

- فراخوانی و پیش‌پردازش تصاویر سنتینل-۲ (داده‌های اپتیکی):

تصاویر سنتینل-۲ سطح A2 که از لحاظ اتمسفری تصحیح شده‌اند، به‌عنوان داده‌های اپتیکی اصلی مورد استفاده قرار گرفت. برای کاهش اثر ابر، تصاویری با درصد ابر کمتر از ۱۰ درصد فیلتر شد و سپس با استفاده از محاسبه میانه یک تصویر ترکیبی بدون ابر از مجموعه تصاویر موجود در بازه زمانی مشخص (معمولاً یک سال) ایجاد شد. باندهای مورد استفاده شامل آبی (B2) ، سبز (B3) ، قرمز (B4) و مادون قرمز نزدیک (B8) بودند.

- فراخوانی و پیش‌پردازش تصاویر سنتینل-۱ (داده‌های راداری):

تصاویر سنتینل-۱ با باندهای VV و VH به‌دلیل حساسیت به ساختارهای سطحی و استقلال از شرایط جوی، اطلاعات ارزشمندی برای طبقه‌بندی فراهم می‌کنند. این داده‌ها در بازه زمانی مشابه فراخوانی شد و پیش‌پردازش‌های لازم شامل تصحیح توپوگرافی و تبدیل مقادیر از دسیبل به حالت بازپخش (لینار) انجام شد.

- محاسبه شاخص‌های طیفی:

به‌منظور تسهیل در شناسایی کلاس‌های پوشش گیاهی و سطوح آبی، شاخص‌های طیفی شامل اختلاف پوشش گیاهی نرمال‌شده (NDVI) و شاخص نرمال‌شده تفاوت رطوبت (NDWI) به‌عنوان لایه‌های کمکی به مجموعه داده اضافه شدند (چوبین و کریمی، ۱۴۰۴).

- تلفیق داده‌ها و ایجاد مجموعه داده نهایی:

در این مرحله، کلیه لایه‌های اطلاعاتی شامل: باندهای اپتیکی سنتینل-۲، شاخص‌های NDVI و NDWI و باندهای راداری سنتینل-۱ (باندهای VV و VH) با یکدیگر تلفیق شده و یک مجموعه داده چندمنظوره ایجاد شد. تلفیق داده‌های اپتیکی و راداری، اطلاعات مختلف اما مکملی را برای بهبود طبقه‌بندی پوشش اراضی ارائه می‌دهد. داده‌های راداری به ویژه در تفکیک عوارض شهری و مناطق مرتعی مؤثر هستند، زیرا امواج راداری با برخورد به سازه‌های مختلف، شدت انرژی بیشتری ثبت کرده و عوارض شهری را به شکلی واضح‌تر مشخص می‌کنند.

- برداشت نمونه‌های آموزشی:

با استفاده از روش نمونه‌برداری طبقه‌بندی‌شده[1] و با تکیه بر باند نقشه کوپرنیکوس به‌عنوان مبنا، نمونه‌های آموزشی از مجموعه داده نهایی برداشت شدند. برای هر کلاس، تعداد ۱۰۰ نمونه در نظر گرفته شد.

- اجرای الگوریتم طبقه‌بندی جنگل تصادفی:

الگوریتم جنگل تصادفی به‌عنوان روش طبقه‌بندی نظارت‌شده مورد استفاده قرار گرفت. این الگوریتم با ایجاد تعداد زیادی درخت تصمیم‌گیری (۱۰۰ درخت) و رأی‌گیری میان آن‌ها، کلاس هر پیکسل را تعیین می‌کند. مقاومت در برابر نویز، قابلیت پردازش داده‌های حجیم و دقت بالا از ویژگی‌های این الگوریتم است. پس از آموزش

[1] Stratified Sampling

مدل با استفاده از نمونه‌های آموزشی، فرآیند طبقه‌بندی روی کل مجموعه داده اعمال شد و نقشه نهایی کاربری اراضی تولید شد.

- ارزیابی دقت:

اعتبارسنجی نتایج، گامی ضروری در فرآیند طبقه‌بندی است. برای این منظور، نمونه‌های آزمایشی که در مرحله برداشت نمونه جدا شدند (۳۰ درصد نمونه‌ها)، مورد استفاده قرار می‌گیرند. با محاسبه ماتریس درهم‌ریختگی[1]، شاخص‌های صحت کلی و ضریب کاپا به‌ترتیب برابر با ۹۲ درصد و ۸۷ درصد محاسبه شد. این شاخص‌ها نشان‌دهنده میزان تطابق نقشه تولیدشده با واقعیت زمینی هستند.

- پس‌پردازش و اعتبارسنجی نقشه:

یکی از مراحل مهم در تولید نقشه کاربری اراضی با هر روشی پس‌پردازش است. کاربر با ارجاع به منابع اطلاعاتی دردسترس و معتبر (مشاهدات میدانی، تصاویر گوگل ارث، نقشه‌های دردسترس و ...) اقدام به اصلاح نقشه کاربری تولیدشده می‌کند. در نقشه تولید شده برای استان اصفهان برخی از اسامی کلاس‌ها را مطابق با منطقه موردمطالعه تغییر داده شد. همچنین برخی از کلاس‌ها با کلاس‌های دیگر تلفیق شد. به‌عنوان مثال، یکی از کلاس‌های استاندارد جهانی ارائه‌شده در نقشه کوپرنیکوس Scrub/Shrub است، این کلاس در ایران گویای مراتع است و نقشه کاربری اراضی استان به این نام تغییر یافت. کلاس بعدی Flooded vegetation است که اشاره به نواحی مرطوب با حیات گیاهی است که در استان اصفهان سطح بسیار ناچیزی را دارد. با بررسی این مناطق، محدوده‌های زراعی و کشاورزی را جزو کلاس Crops یا کشاورزی قرار داده شد؛ اما اگر محدوده رودخانه‌ها و یا تالاب‌ها به موقعیت جزئی از مراتع و یا سطوح آبی طبقه‌بندی شدند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نحوه استخراج کاربری اراضی

[1] Confusion Matrix

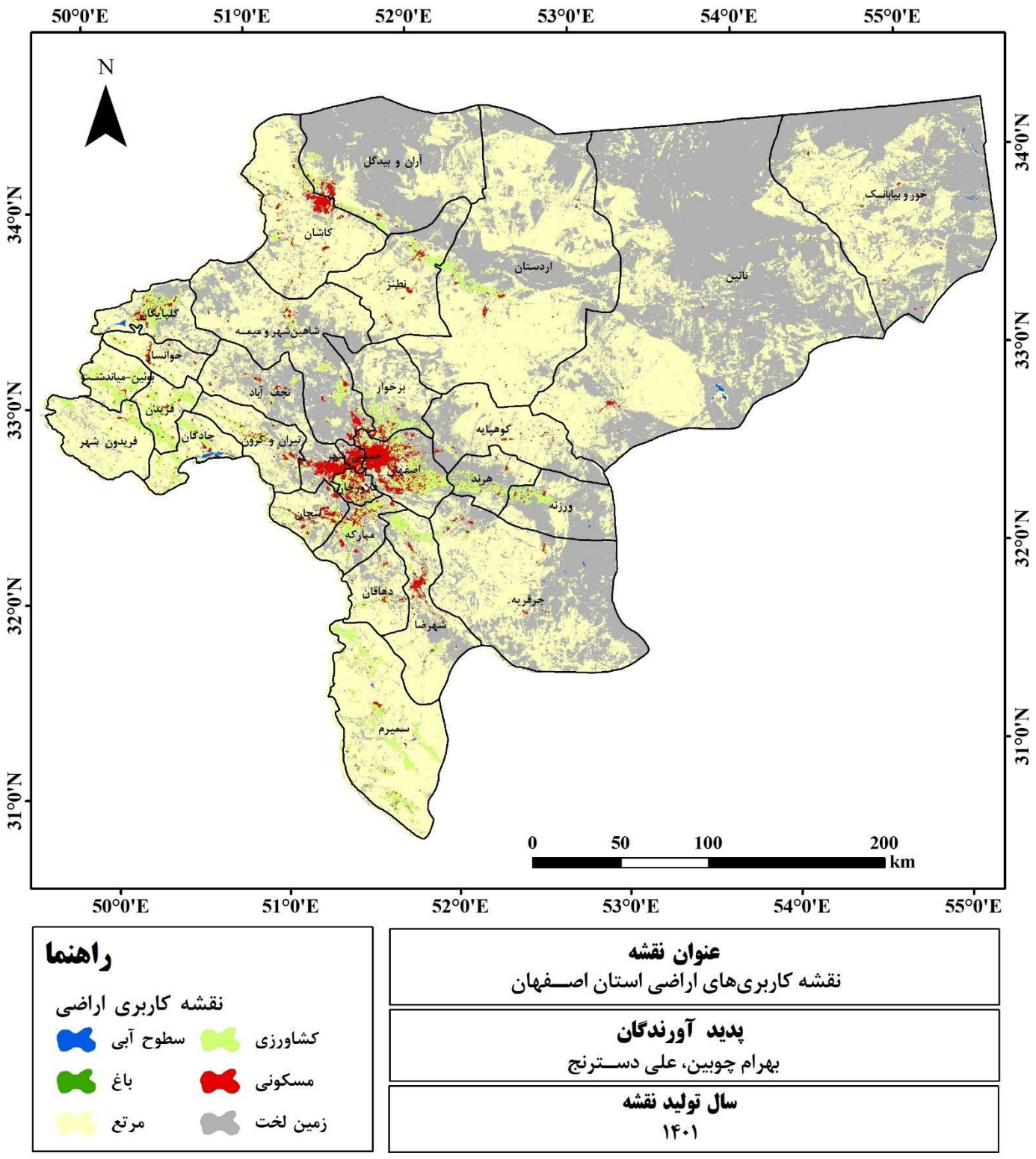
و دسترسی به کدهای مورد استفاده در محیط گوگل‌ارث‌انجین به دستورالعمل ارائه‌شده توسط چوبین و کریمی (۱۴۰۴) مراجعه شود.

نقشه کاربری‌های اراضی استان اصفهان

در شکل ۲ نقشه کاربری اراضی استان اصفهان برای سال ۱۴۰۱ ارائه شده است. حدود ۸۴ کیلومترمربع از سطح استان را سطوح آبی، حدود ۳۹ کیلومتر مربع مربوط به باغات، حدود ۵۳۲۷۰ کیلومتر مربع اراضی مرتعی، ۴۱۳۶ کیلومترمربع اراضی کشاورزی، حدود ۱۸۵۳ کیلومترمربع مناطق مسکونی و ۴۲۵۶۴ کیلومترمربع را اراضی فاقد پوشش و زمین‌های لخت شامل می‌شود (جدول ۱). نگاه کلی به کاربری‌های استان حاکی از آن است که:

- مرتع و زمین لخت و کاربری غالب در استان هستند که نشان‌دهنده اقلیم خشک و نیمه‌خشک منطقه است.
- کشاورزی و باغ عمدتاً در شهرستان‌های با دسترسی بهتر به آب متمرکز شده‌اند.
- سطوح آبی بسیار محدود بوده و عمدتاً به زاینده‌رود، تالاب گاوخونی و برخی چشمه‌ها محدود می‌شود.
- مناطق مسکونی در شهرستان‌های پرجمعیت مانند اصفهان، خمینی‌شهر، فلاورجان و کاشان متراکم‌ترند.
- بیشترین مساحت آبی به ترتیب در شهرستان‌های چادگان، نائین و گلپایگان دیده می‌شود.
- باغ‌ها بیشتر در سمیرم، نطنز و لنجان متمرکز شده‌اند.
- مراتع وسیع‌ترین کاربری در بیشتر شهرستان‌هاست. اردستان، نائین و خور و بیابانک بیشترین مراتع را دارند.
- اراضی کشاورزی عمدتاً در شهرستان‌های سمیرم، اصفهان و فریدن متمرکز شده‌اند.
- بیشترین سطح مسکونی متعلق به شهرستان اصفهان است که مرکز استان و پرجمعیت‌ترین شهرستان است. پس از آن شهرستان‌های نجف‌آباد،کاشان و فلاوجان قرار دارند.

- زمین لخت (تپه‌های ماسه‌ای، کویر، اراضی بایر) بیشترین مساحت را در شهرستان‌های شرقی و کویری دارد. نائین (۱۳۸۹۵ کیلومترمربع) و خور و بیابانک (۶۰۰۱) و آران و بیدگل (۴۰۳۳) بیشترین زمین لخت را دارند که بخشی از کویر مرکزی ایران محسوب می‌شوند.



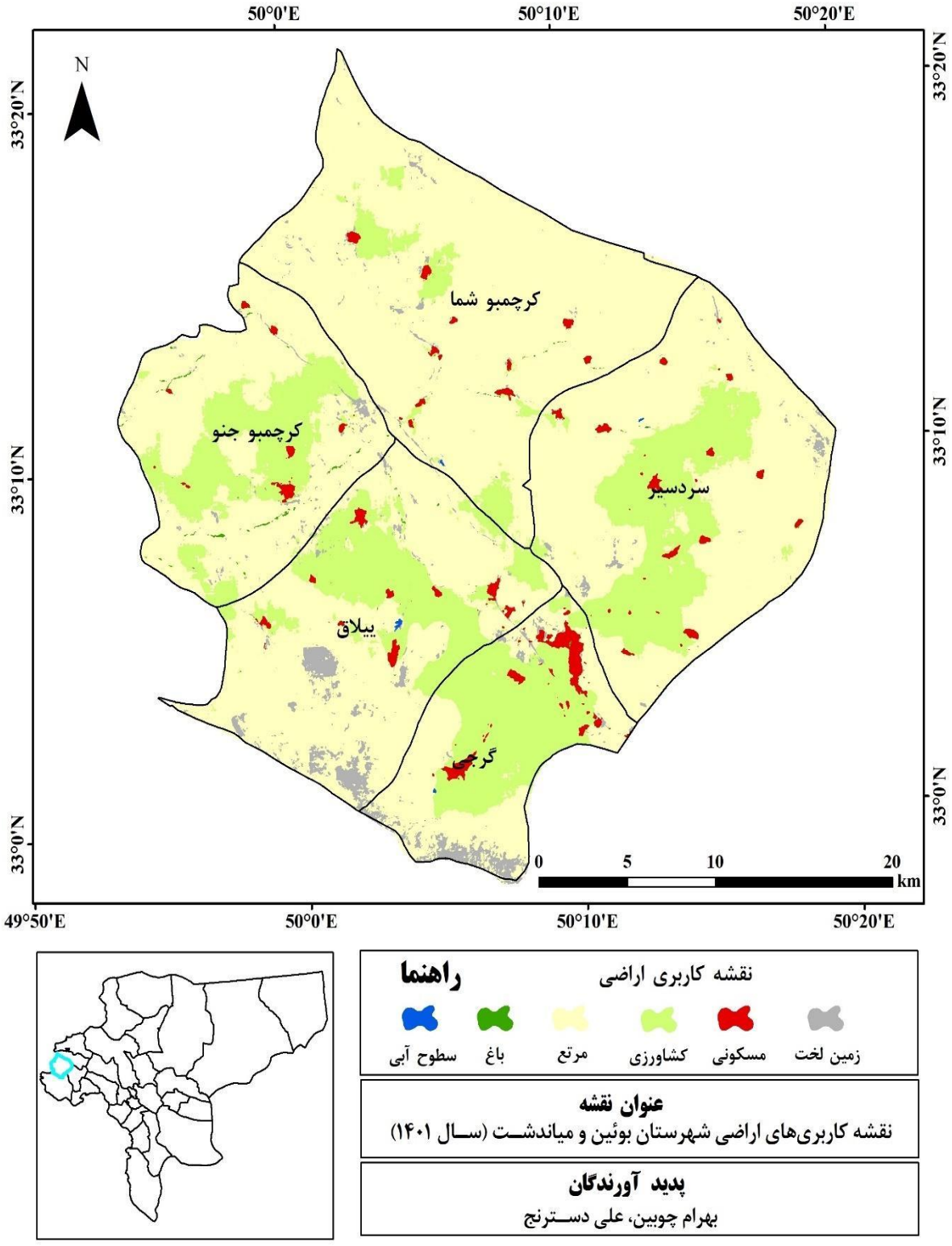
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی استان اصفهان با دقت ۱۰ متری با استفاده از پروداکت Copernicus

جدول ۱- سطوح کاربری‌های اراضی به تفکیک شهرستان‌های استان اصفهان (سال ۱۴۰۱)

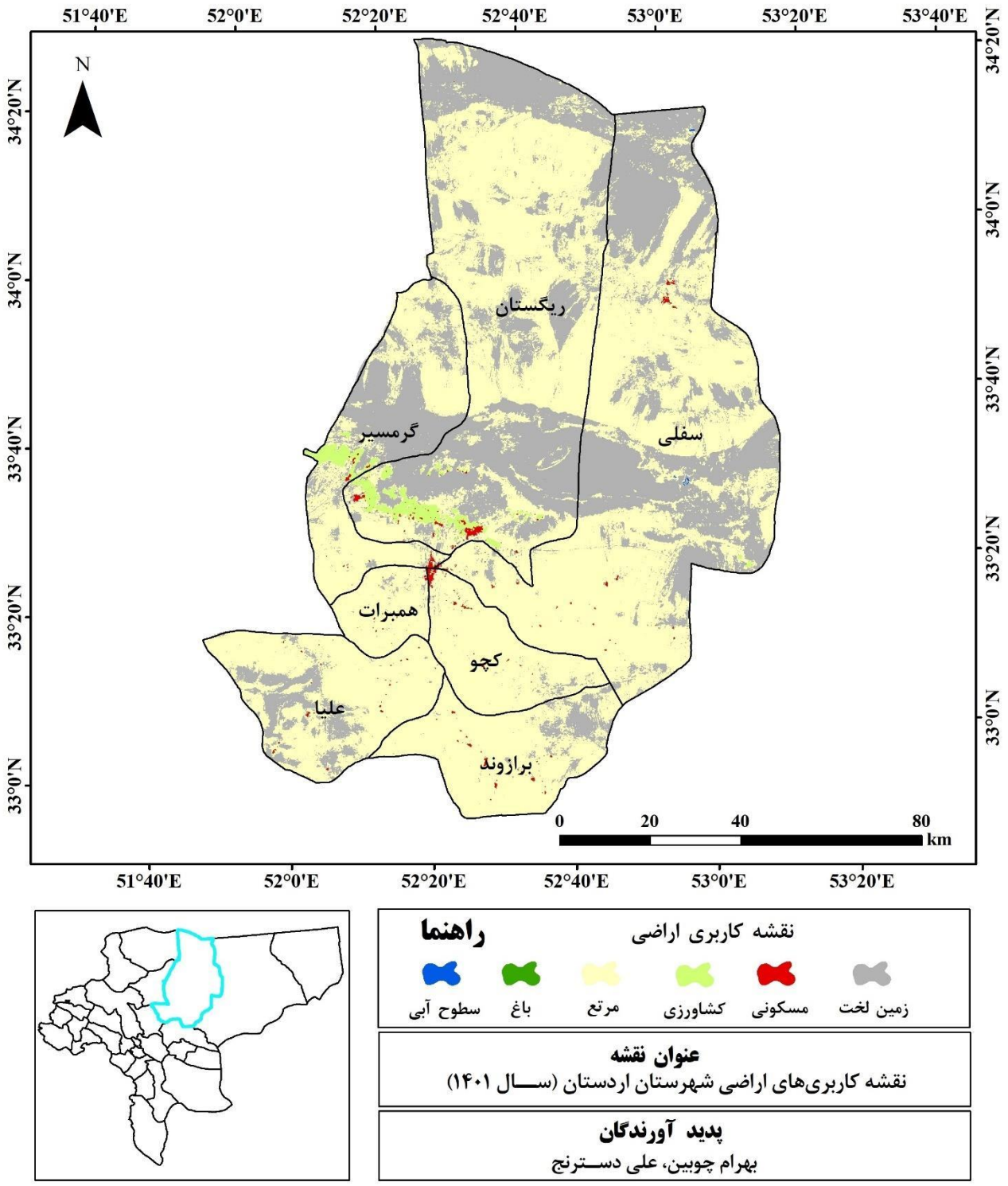
شهرستان	سطوح آبی	باغ	مرتع	کشاورزی	مسکونی	زمین لخت
بوئین و میاندشت	۰/۲۷	۰/۸۹	۶۷۳/۷۴	۲۱۵/۵۱	۱۳/۷۱	۲۳/۳۸
اردستان	۱/۵۷	۰/۳۲	۷۹۹۱/۶۲	۱۵۱/۹۰	۴۱/۸۳	۳۹۷۴/۷۹
اصفهان	۱/۸۹	۱/۵۵	۳۴۳/۴۲	۴۲۷/۱۰	۴۰۲/۴۹	۴۷۴/۹۵
آران و بیدگل	۰/۱۷	۰/۰۵	۱۷۴۱/۸۰	۱۳۹/۲۷	۵۷/۶۴	۴۰۳۳/۲۶
برخوار	۰/۰۹	۰/۱۸	۹۱۸/۷۲	۱۹۳/۳۴	۴۲/۶۷	۷۴۰/۲۹
تیران و کرون	۰/۵۴	۱/۵۸	۱۰۵۴/۷۷	۱۱۶/۱۹	۴۸/۵۹	۳۴۷/۲۰
جرقریه	۳/۳۷	۰/۰۰	۴۰۸۵/۱۲	۵۲/۰۲	۲۹/۲۹	۳۳۷۱/۵۸
چادگان	۱۹/۵۹	۱/۳۰	۷۹۸/۳۹	۱۹۲/۲۹	۲۲/۱۲	۶۲/۴۲
خمینی شهر	۰/۲۱	۱/۰۲	۲۵/۷۹	۱۲/۷۲	۹۶/۲۵	۳۶/۷۴
خوانسار	۰/۵۵	۲/۲۵	۷۴۳/۸۰	۴۸/۱۰	۲۴/۵۴	۱۰۱/۷۹
خور و بیابانک	۱۴/۲۵	۰/۰۱	۴۵۰۳/۹۲	۱۶/۱۶	۲۱/۳۲	۶۰۰۱/۹۵
دهاقان	۰/۰۱	۰/۲۳	۹۵۴/۶۶	۵۷/۰۷	۲۴/۰۶	۲۸۰/۵۷
سمیرم	۵/۱۴	۷/۲۹	۳۹۶۸/۴۵	۴۵۷/۶۱	۳۳/۹۳	۲۱۳/۳۳
شاهین‌شهر و میمه	۰/۴۷	۰/۷۸	۲۵۸۷/۰۷	۱۶۰/۵۳	۹۰/۴۸	۲۳۰۸/۶۱
شهرضا	۰/۳۴	۱/۲۸	۱۷۶۱/۳۴	۱۷۳/۲۵	۸۲/۰۱	۶۴۲/۵۹
فریدن	۰/۱۰	۰/۰۳	۵۷۶/۸۸	۳۱۱/۳۱	۲۲/۵۹	۳۷/۰۰
فریدون شهر	۰/۵۶	۰/۶۵	۱۶۰۳/۴۲	۱۶۲/۴۱	۱۵/۰۱	۱۴۹/۳۰
فلاورجان	۰/۶۳	۰/۲۳	۴۸/۲۲	۱۴۴/۸۷	۱۱۰/۳۳	۴۸/۳۲
کاشان	۰/۶۶	۵/۲۶	۳۲۹۱/۱۱	۱۰۳/۳۸	۱۵۶/۲۰	۵۸۴/۱۱
کوهپایه	۰/۰۲	۰/۱۴	۱۸۱۱/۴۲	۱۵/۹۹	۲۵/۹۹	۹۳۰/۷۴
گلپایگان	۱۰/۰۲	۱/۱۸	۸۰۱/۶۱	۲۳۸/۰۴	۵۳/۱۰	۴۰۸/۳۵
لنجان	۲/۸۵	۵/۳۷	۵۸۰/۱۲	۸۳/۹۸	۸۷/۳۸	۲۳۳/۸۰
مبارکه	۱/۱۴	۰/۶۴	۴۰۴/۱۷	۲۰۱/۸۷	۷۹/۲۸	۳۴۴/۱۰
نائین	۱۷/۳۶	۰/۰۱	۷۸۵۲/۳۷	۸/۹۳	۲۷/۵۷	۱۳۸۹۵/۱۷
نجف آباد	۰/۰۹	۰/۳۱	۹۹۱/۶۲	۷۲/۰۶	۱۶۶/۹۶	۱۰۸۰/۵۳
نطنز	۰/۱۴	۵/۵۸	۲۱۰۲/۳۴	۱۰۲/۳۹	۴۷/۰۵	۶۹۲/۱۷
هرند	۰/۱۷	۰/۰۲	۴۲۹/۴۲	۱۶۳/۲۰	۱۷/۳۴	۴۸۶/۷۵
ورزنه	۱/۷۲	۰/۳۵	۶۲۴/۵۰	۱۱۵/۱۳	۱۳/۴۸	۱۰۶۰/۴۴
استان	۸۳/۹۳	۳۸/۵۳	۵۳۲۶۹/۸۰	۴۱۳۶/۶۳	۱۸۵۳/۲۳	۴۲۵۶۴/۲۵

برش‌های شهرستانی نقشه کاربری‌های اراضی

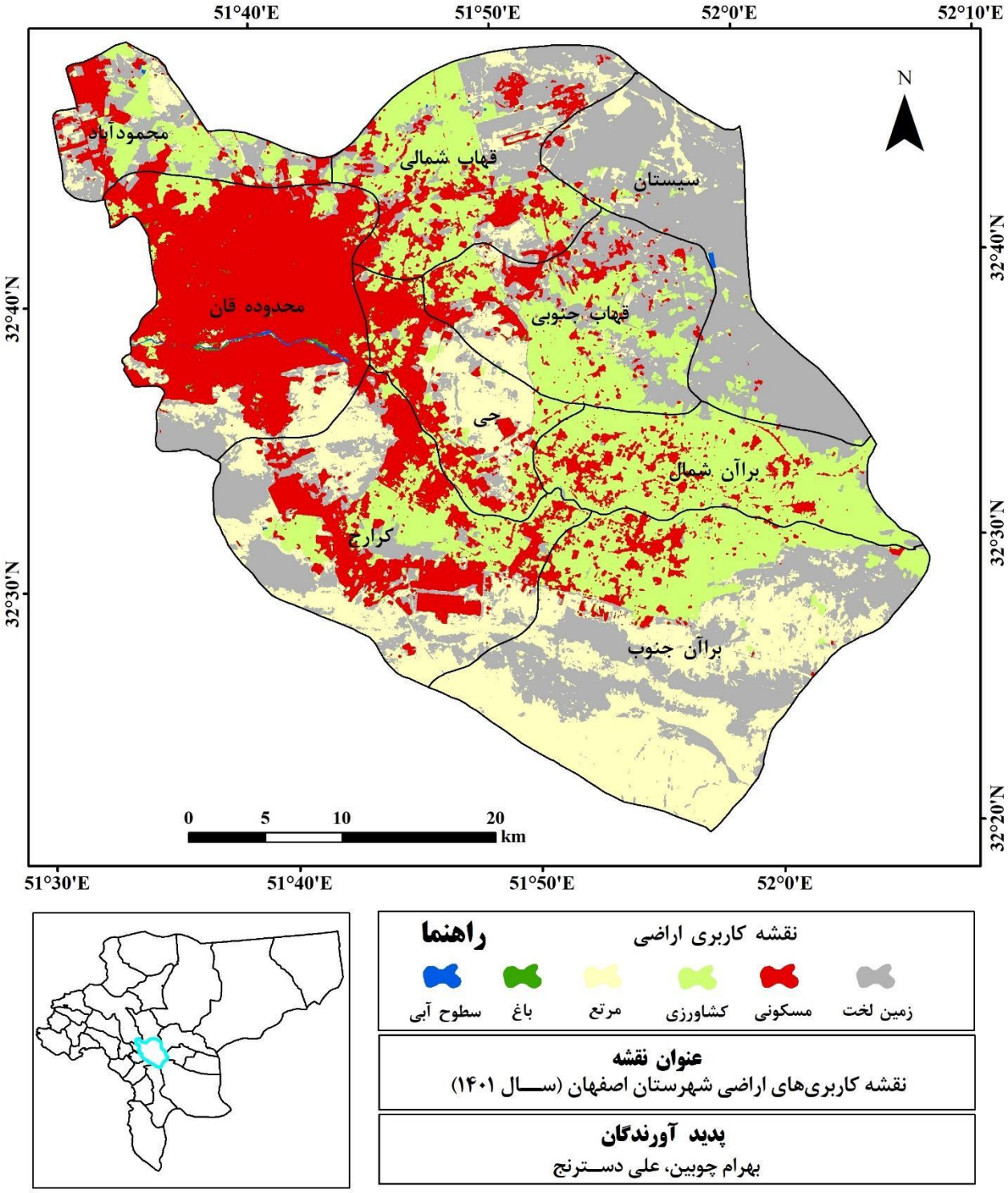
در شکل‌های ۳ تا ۳۰ برش‌های شهرستانی نقشه کاربری‌های اراضی (با همپوشانی مرز دهستان‌ها) با دقت ۱۰ متری ارائه شده است.



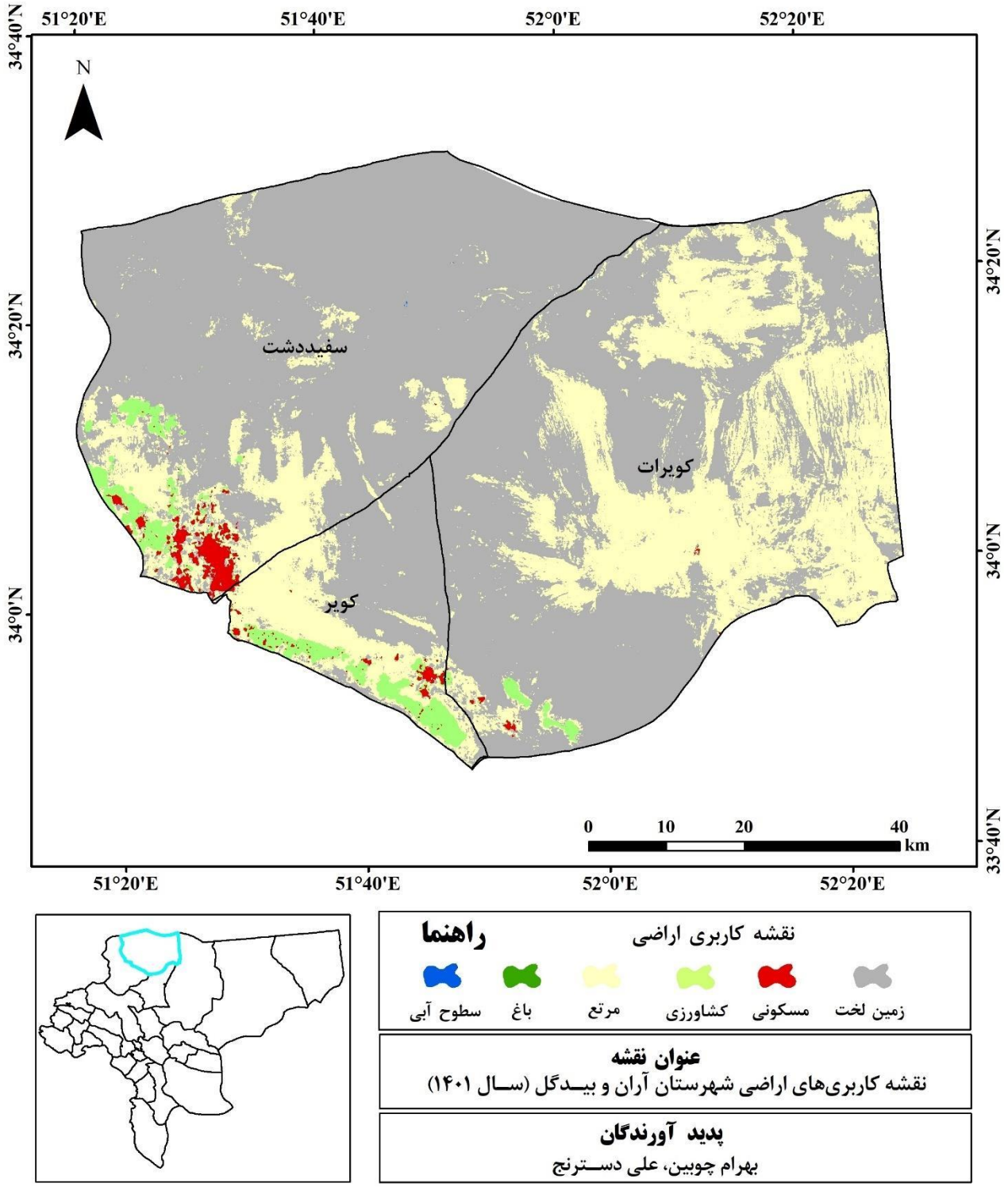
شکل ۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان بوئین و میاندشت با دقت ۱۰ متری



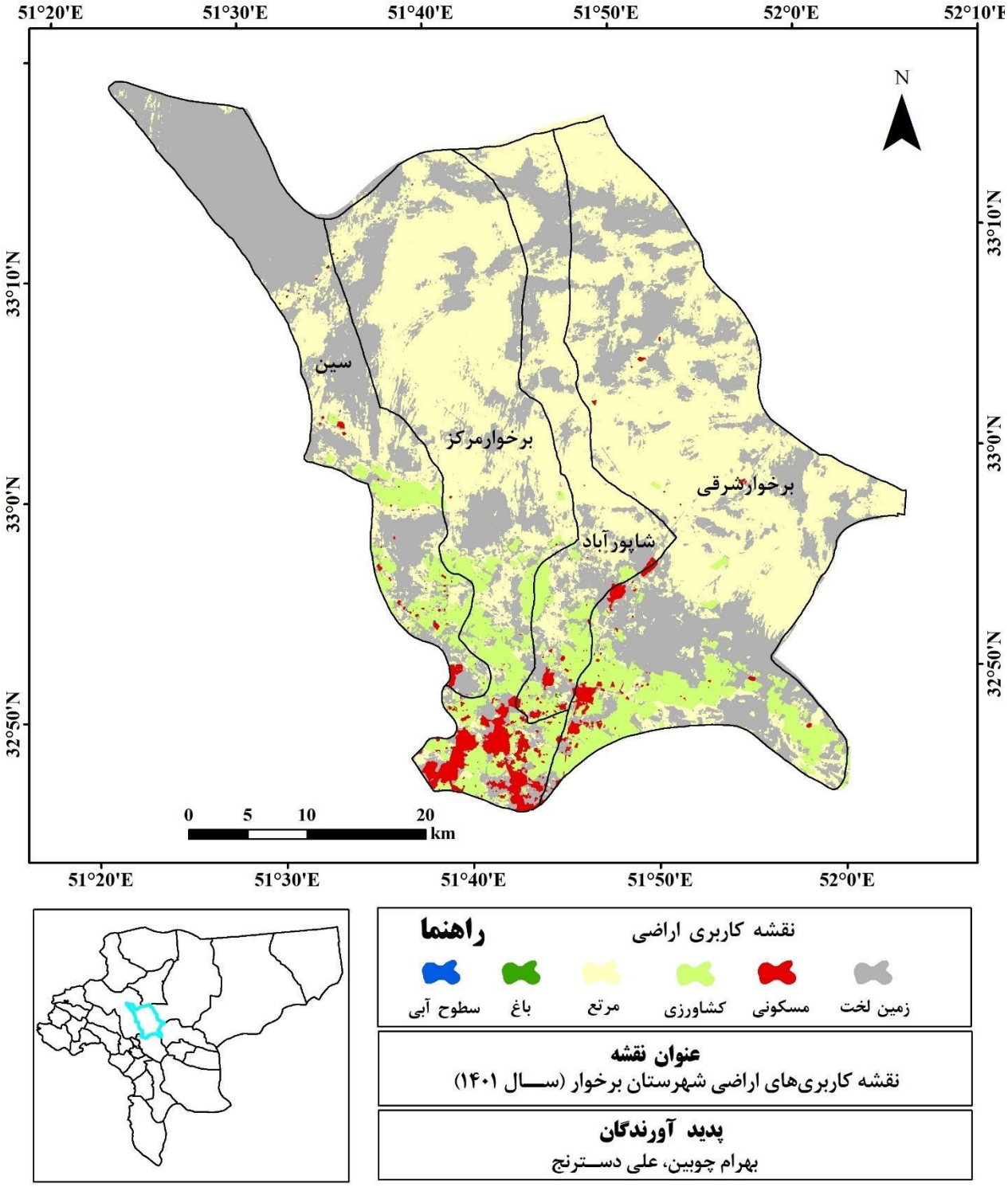
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان اردستان با دقت ۱۰ متری



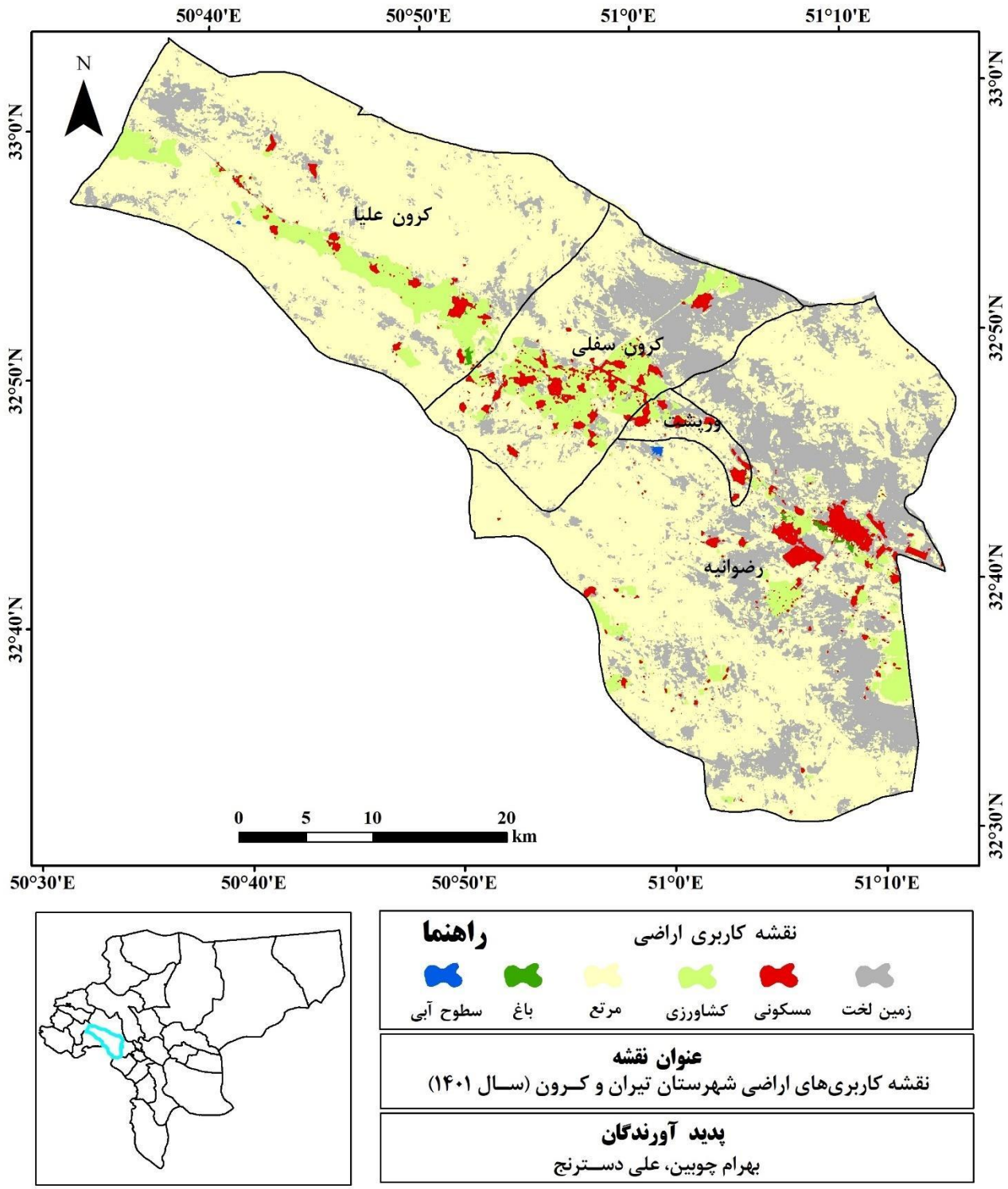
شکل ۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان اصفهان با دقت ۱۰ متری



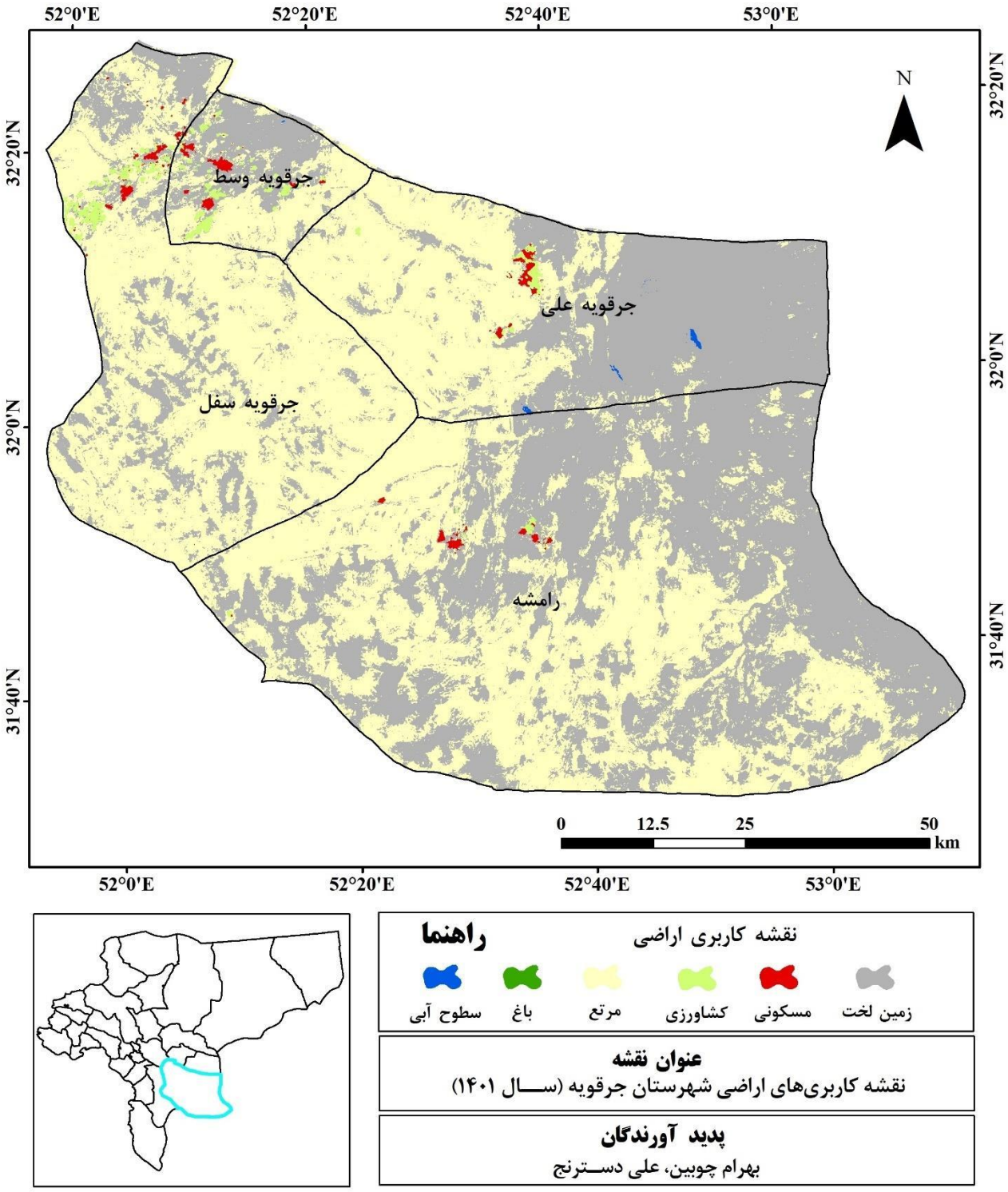
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان آران و بیدگل با دقت ۱۰ متری



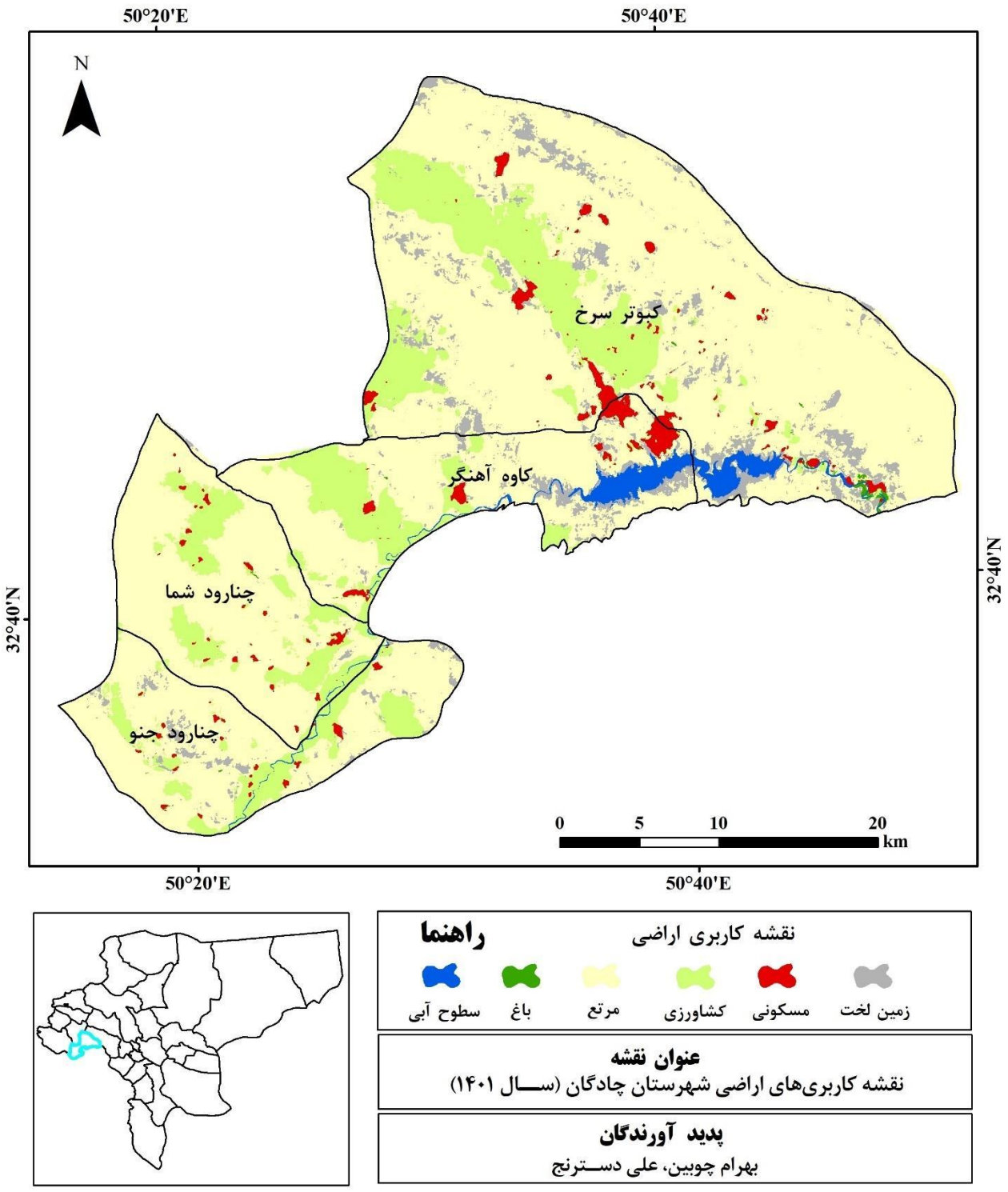
شکل ۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان برخوار با دقت ۱۰ متری



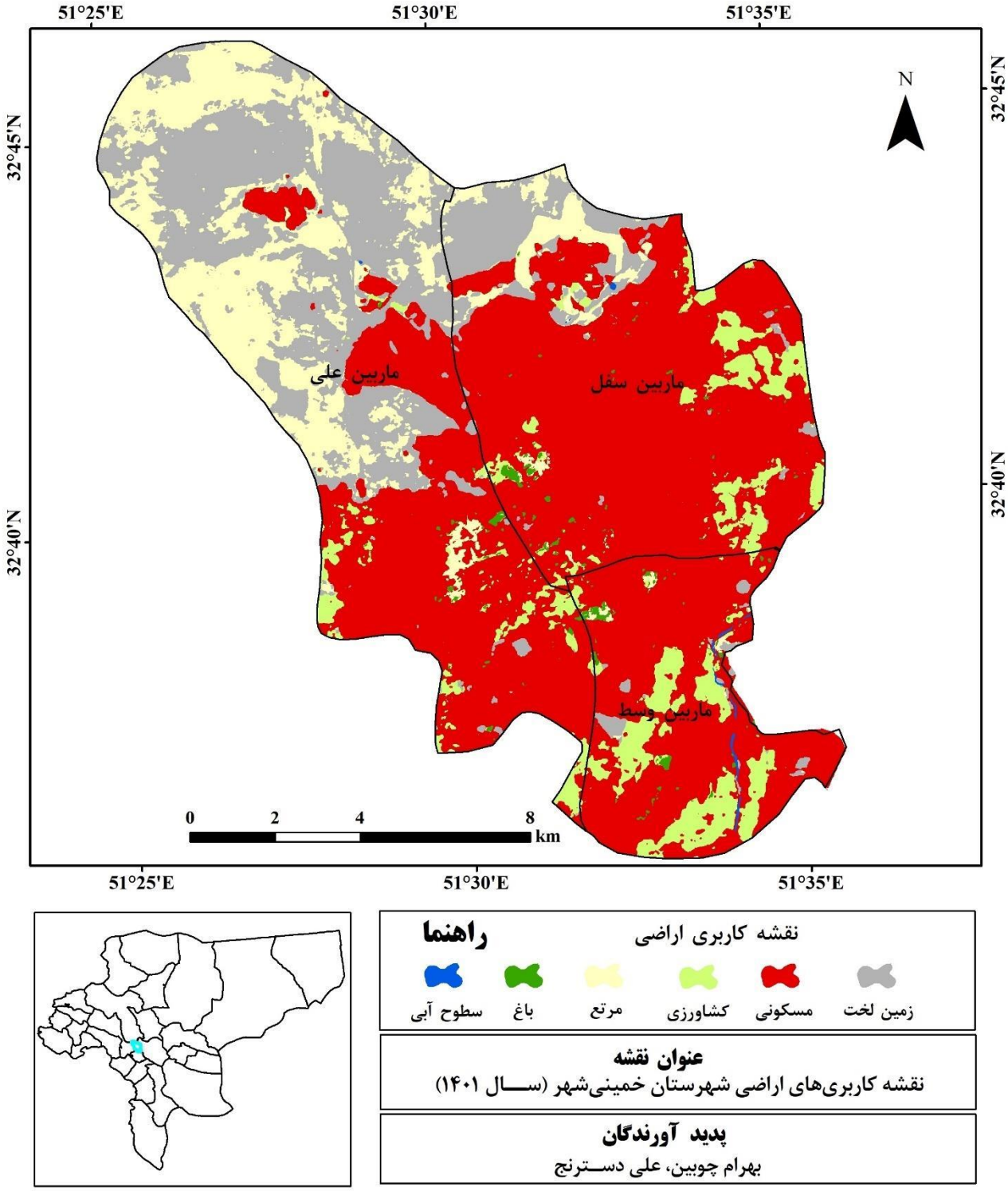
شکل ۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان تیران و کرون با دقت ۱۰ متری



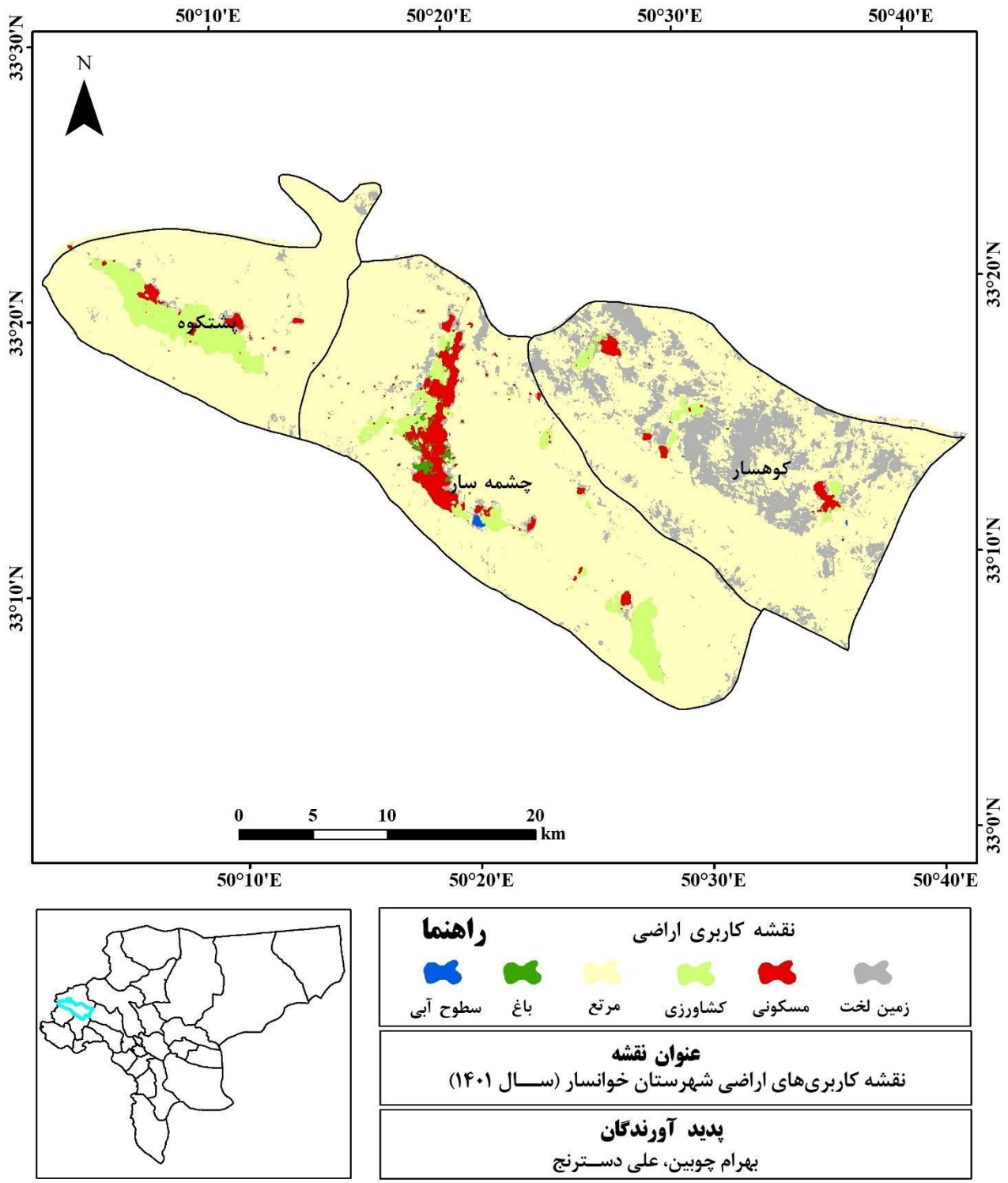
شکل ۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان جرقویه با دقت ۱۰ متری



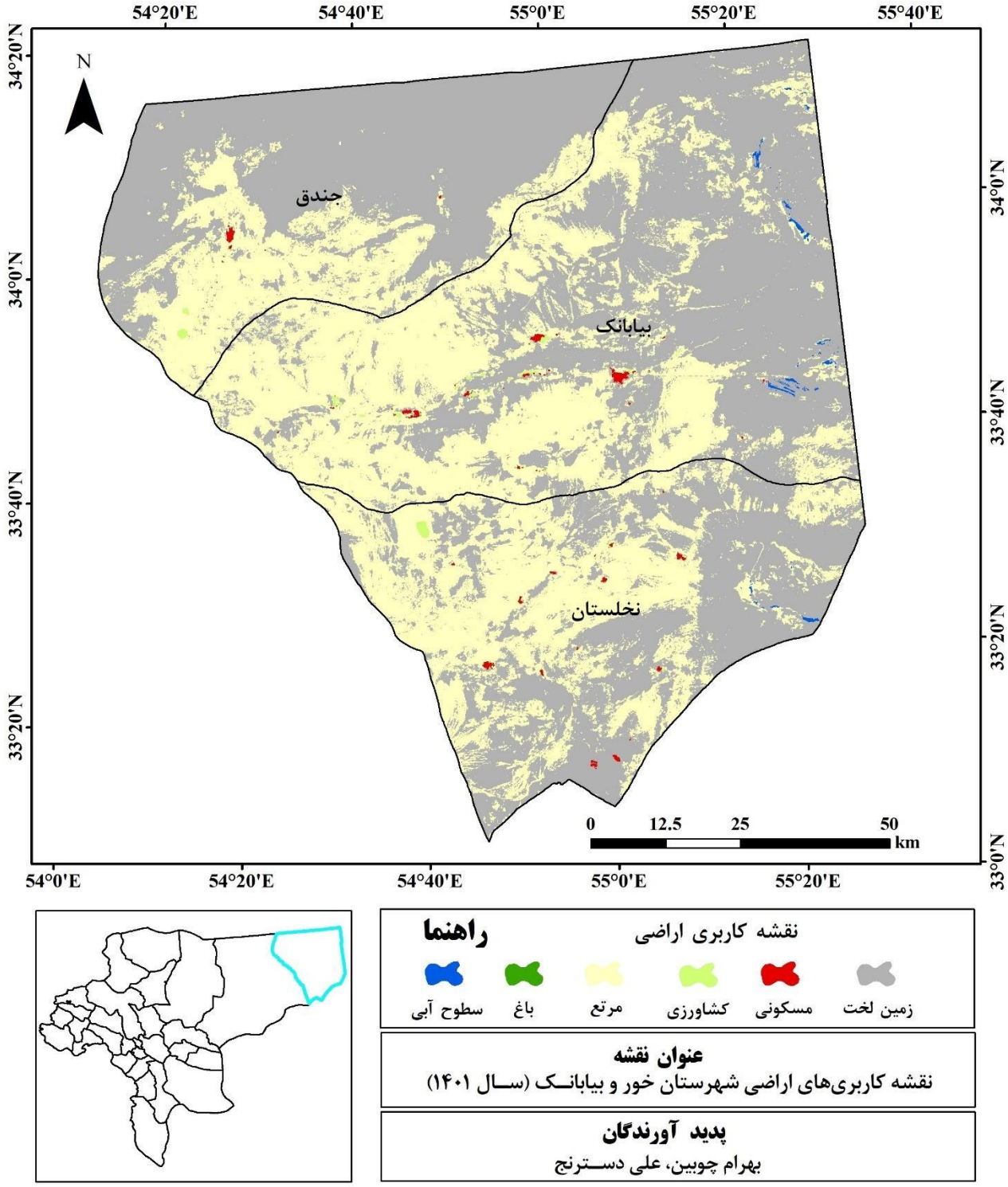
شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان چادگان با دقت ۱۰ متری



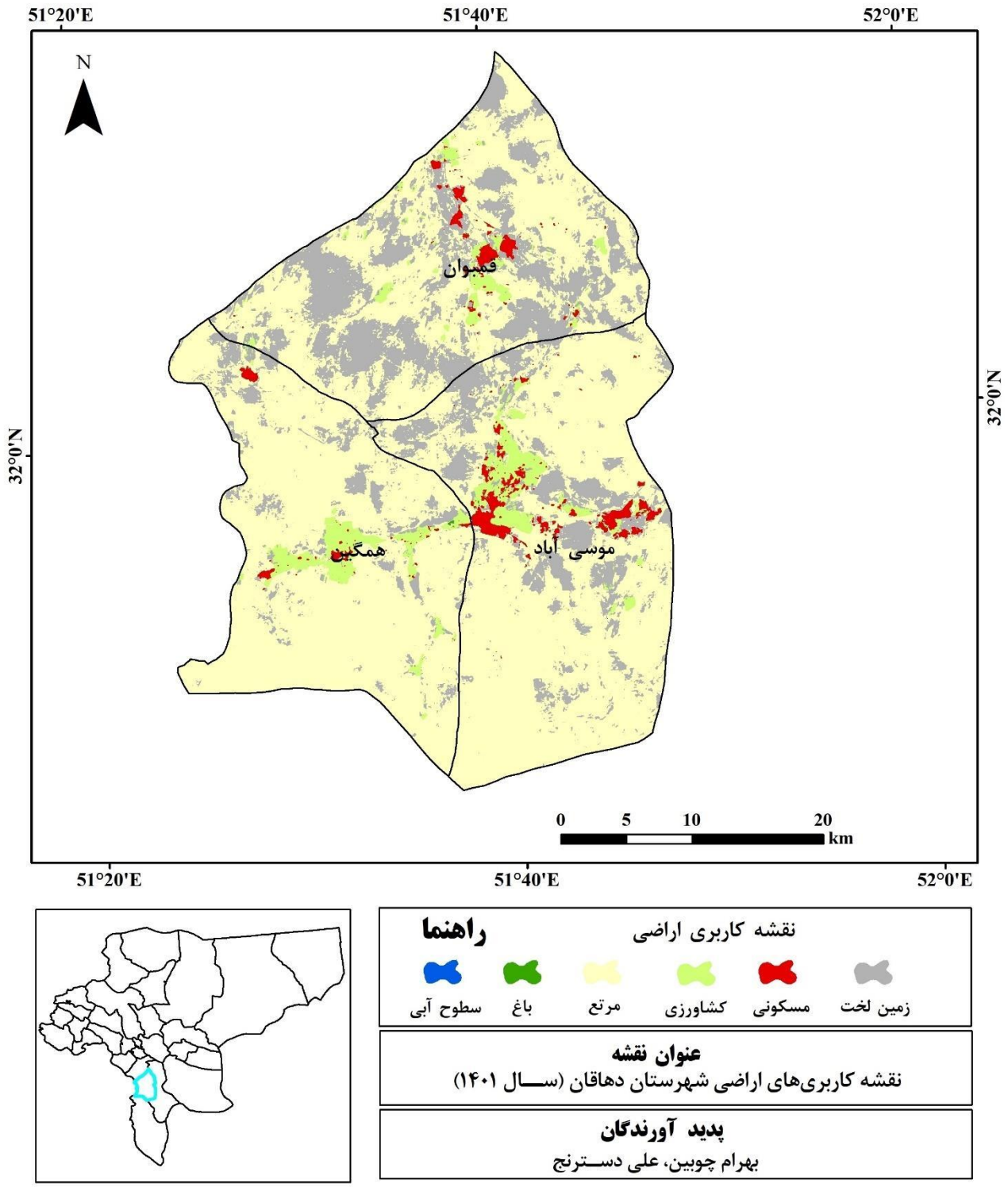
شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی شهرستان خمینی‌شهر با دقت ۱۰ متری



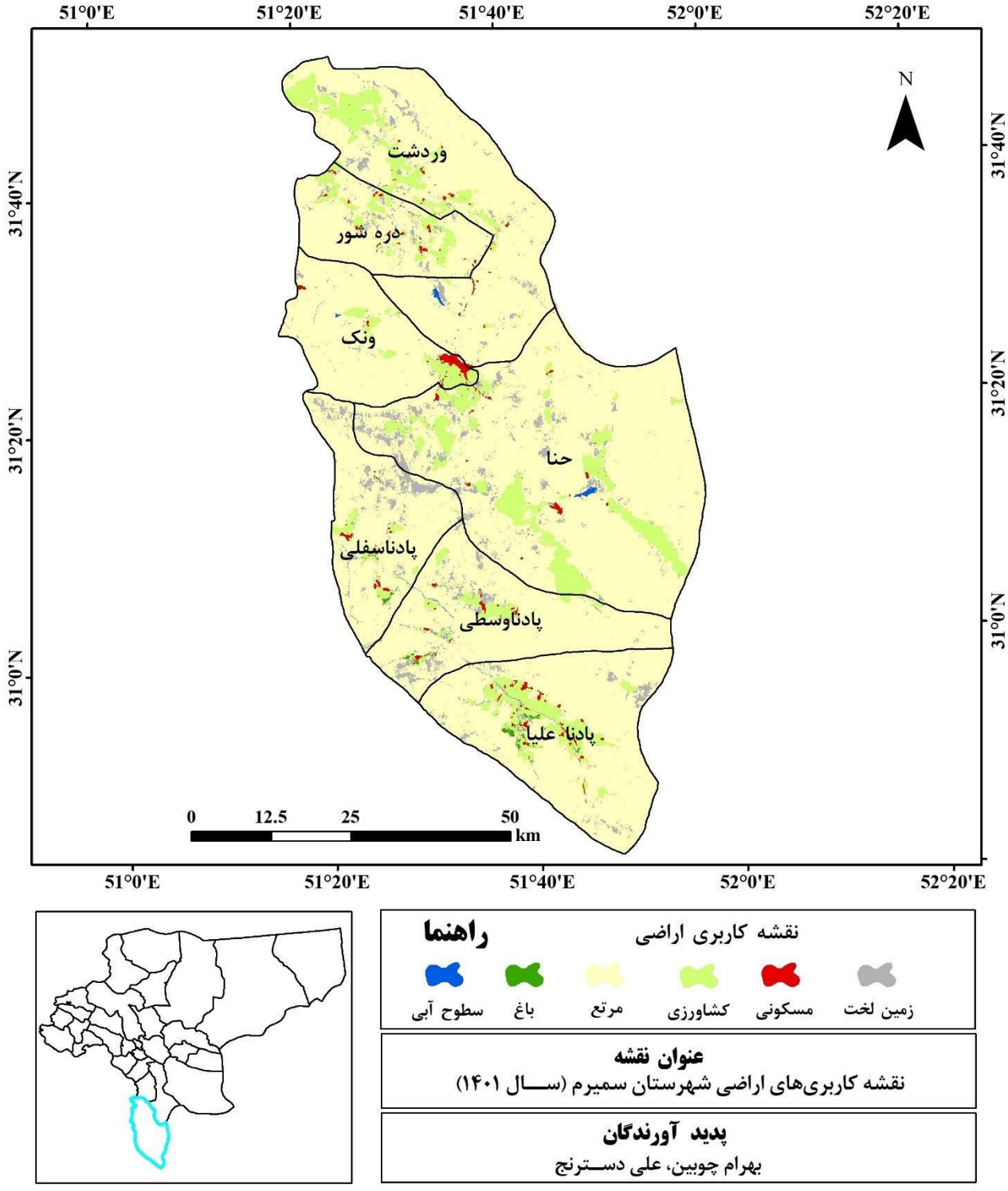
شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی شهرستان خوانسار با دقت ۱۰ متری



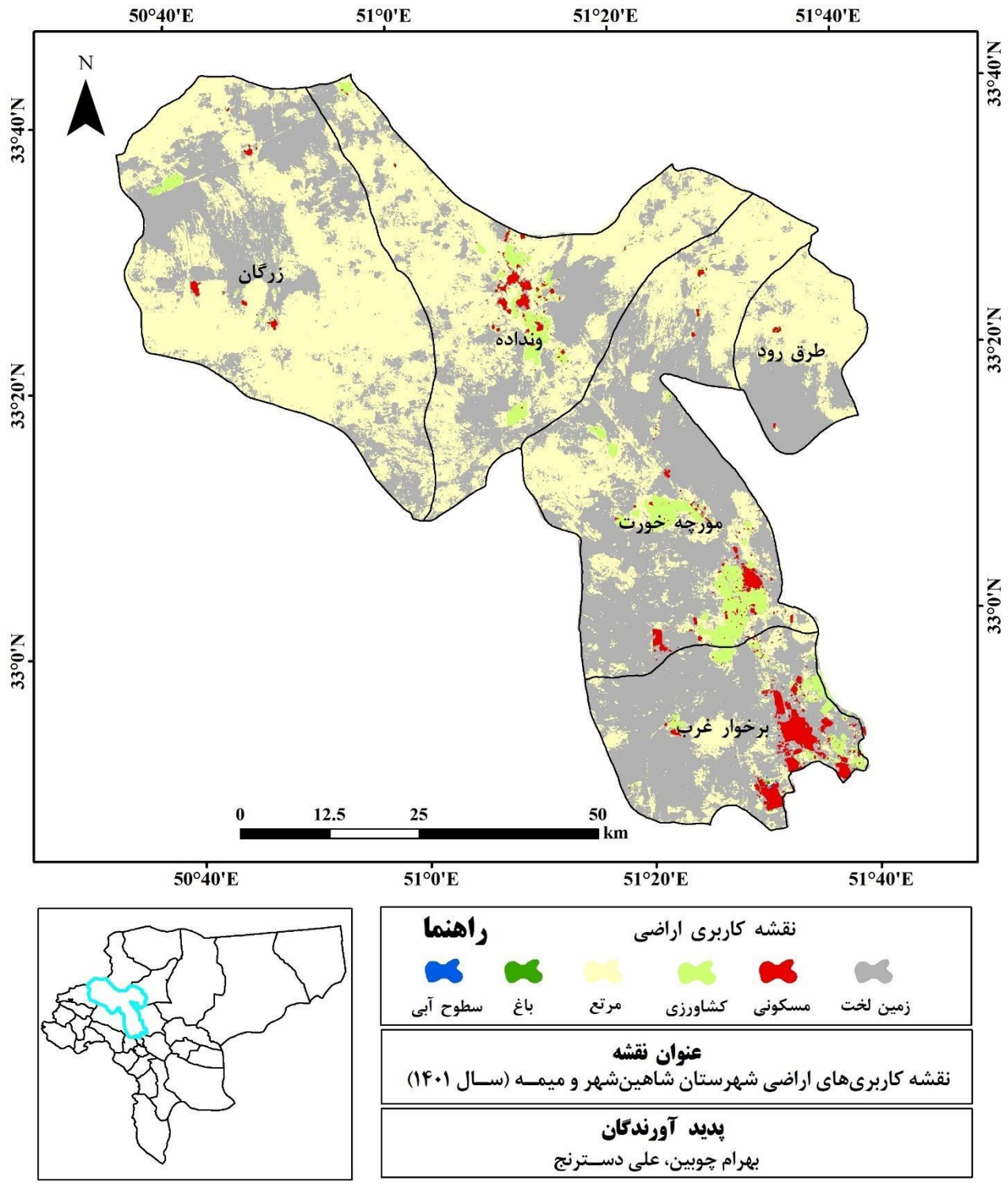
شکل ۱۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان خور و بیابانک با دقت ۱۰ متری



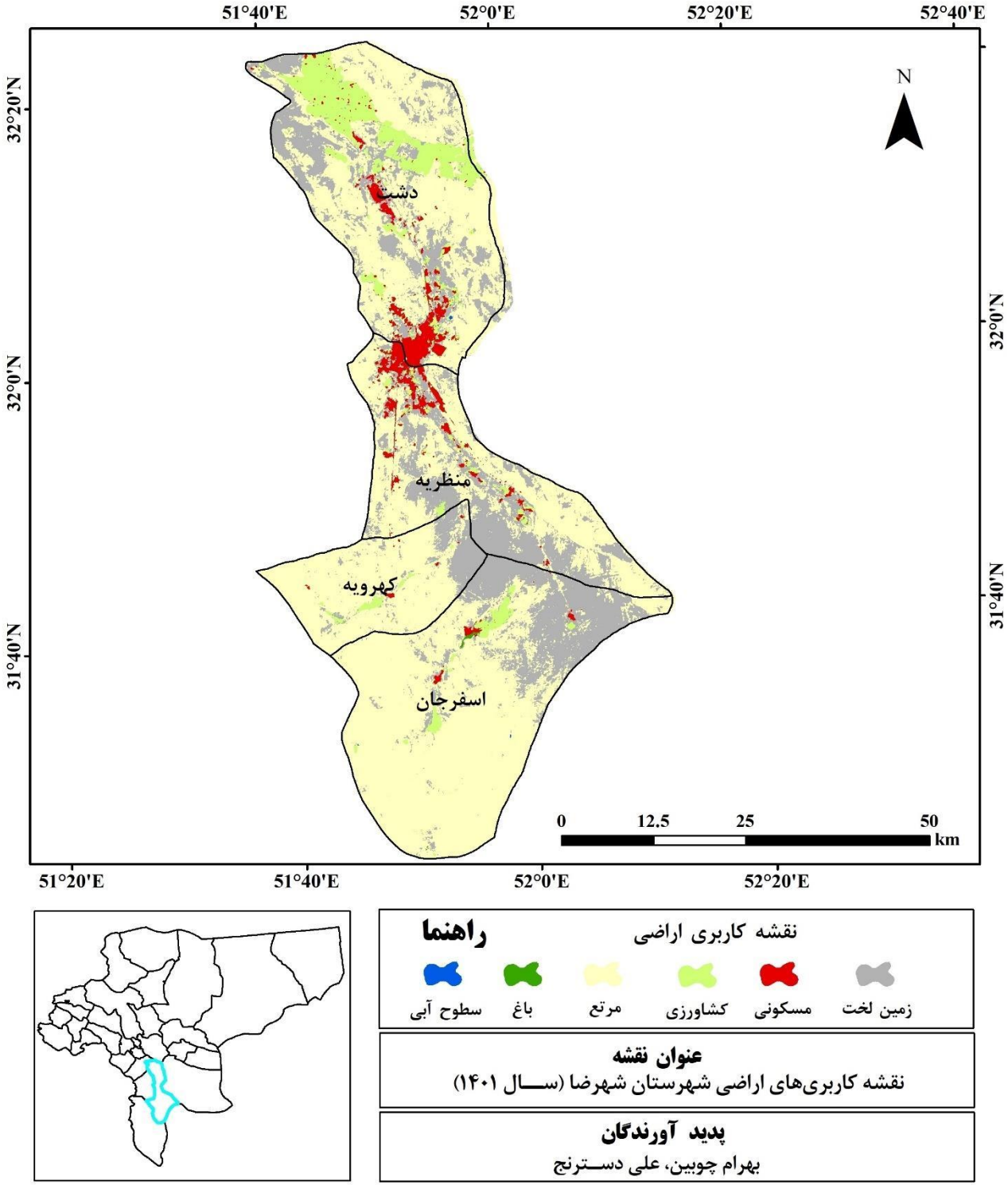
شکل ۱۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان دهاقان با دقت ۱۰ متری



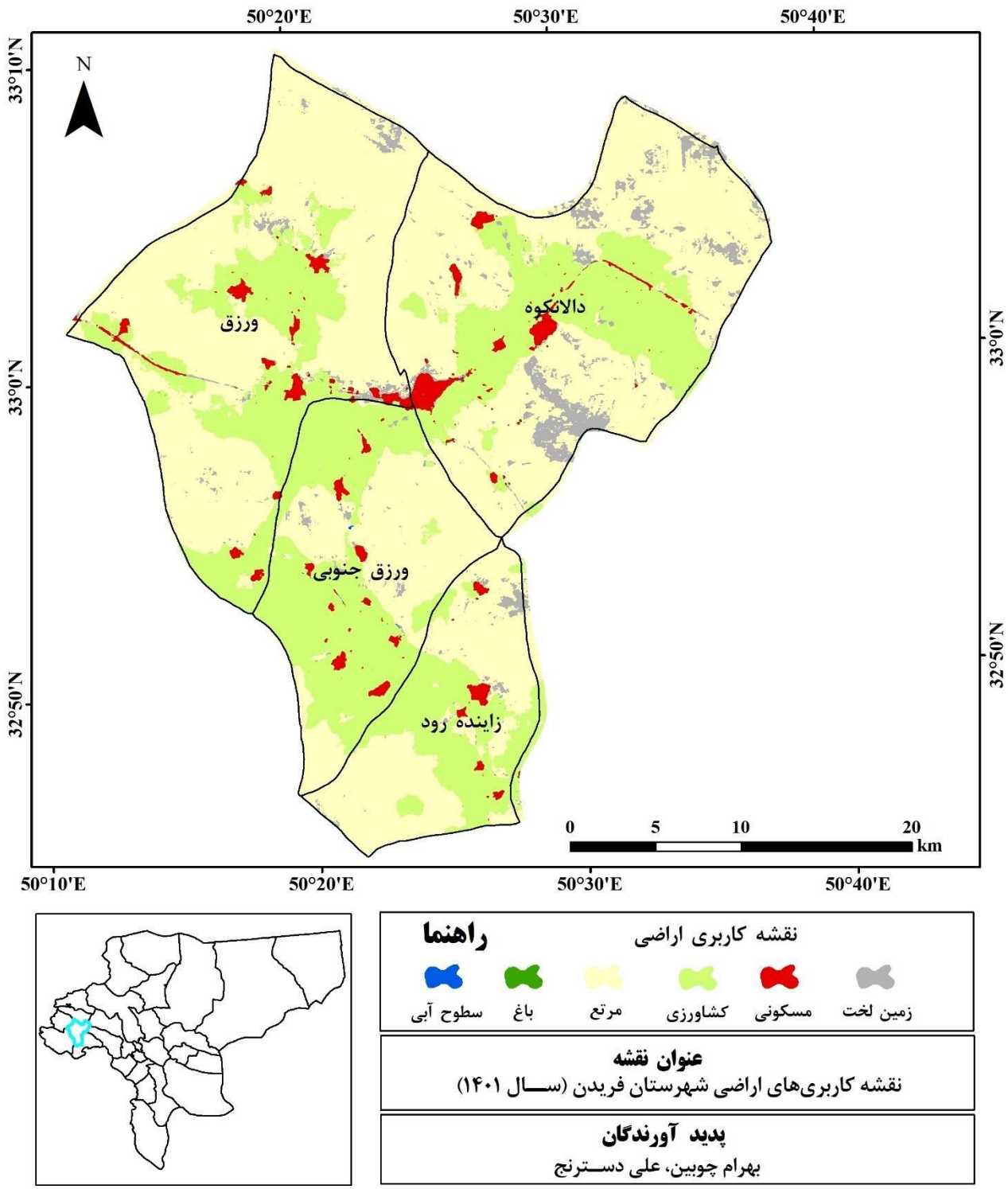
شکل ۱۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان سمیرم با دقت ۱۰ متری



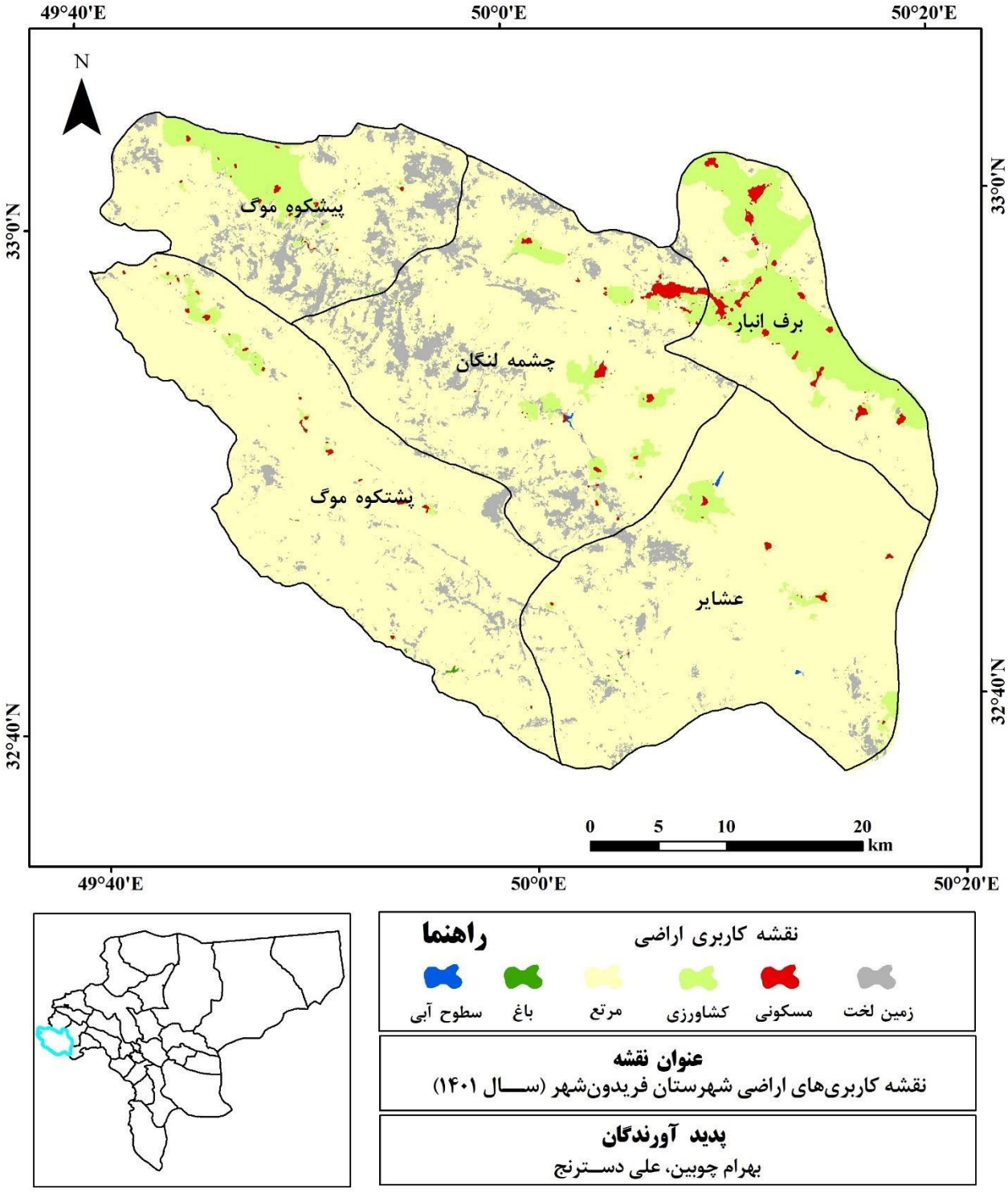
شکل ۱۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان شاهین‌شهر و میمه با دقت ۱۰ متری



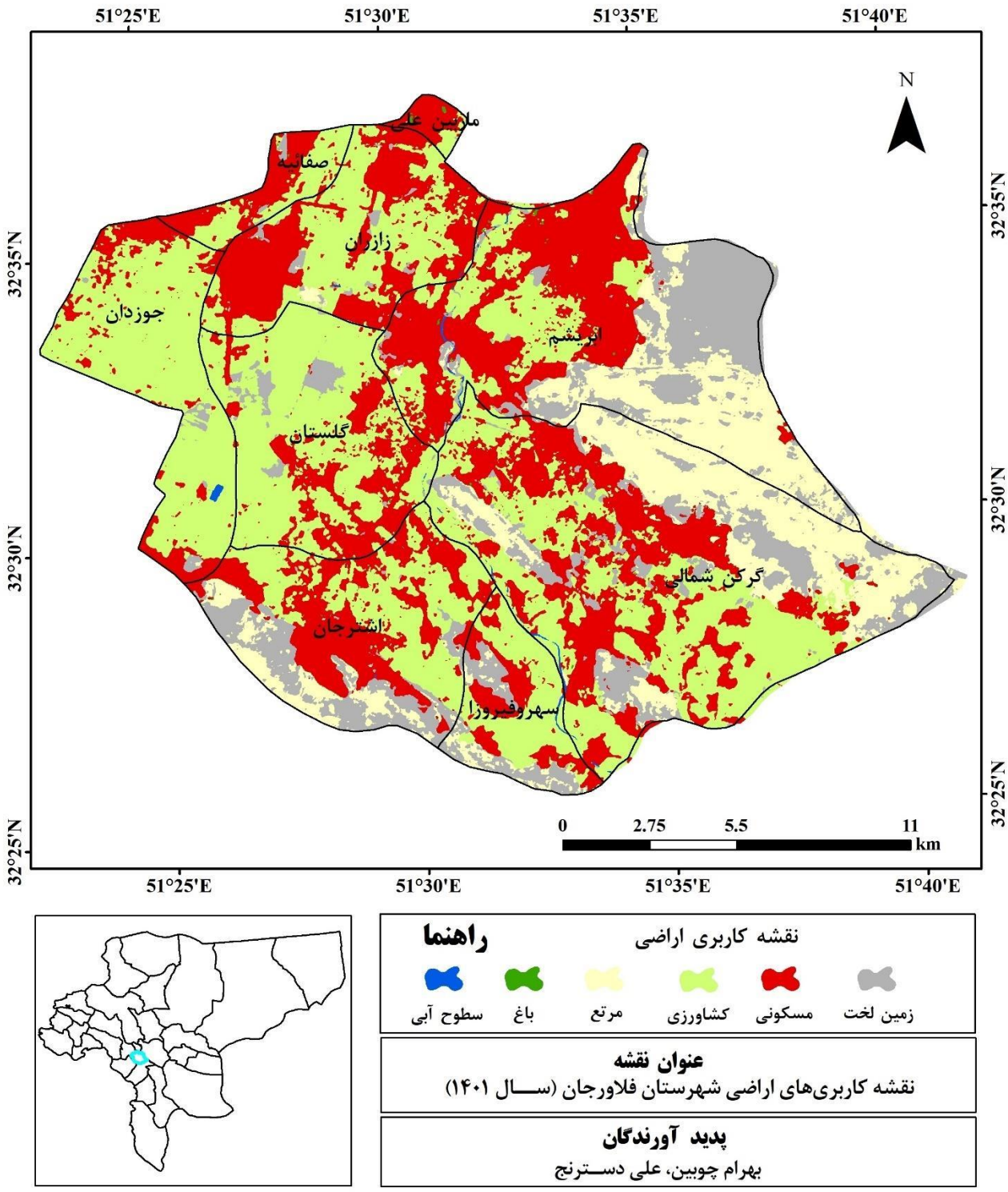
شکل ۱۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان شهرضا با دقت ۱۰ متری



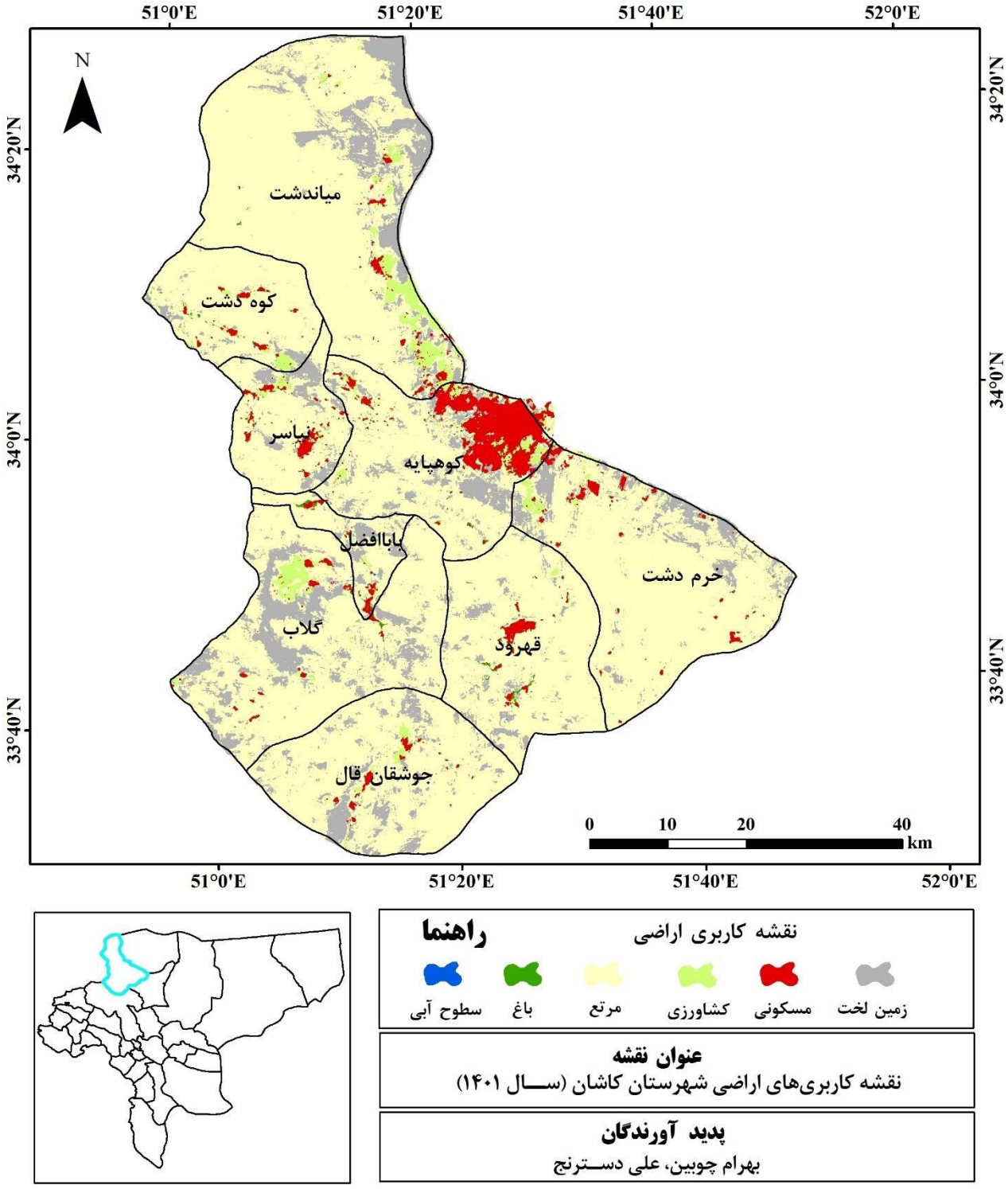
شکل ۱۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان فریدن با دقت ۱۰ متری



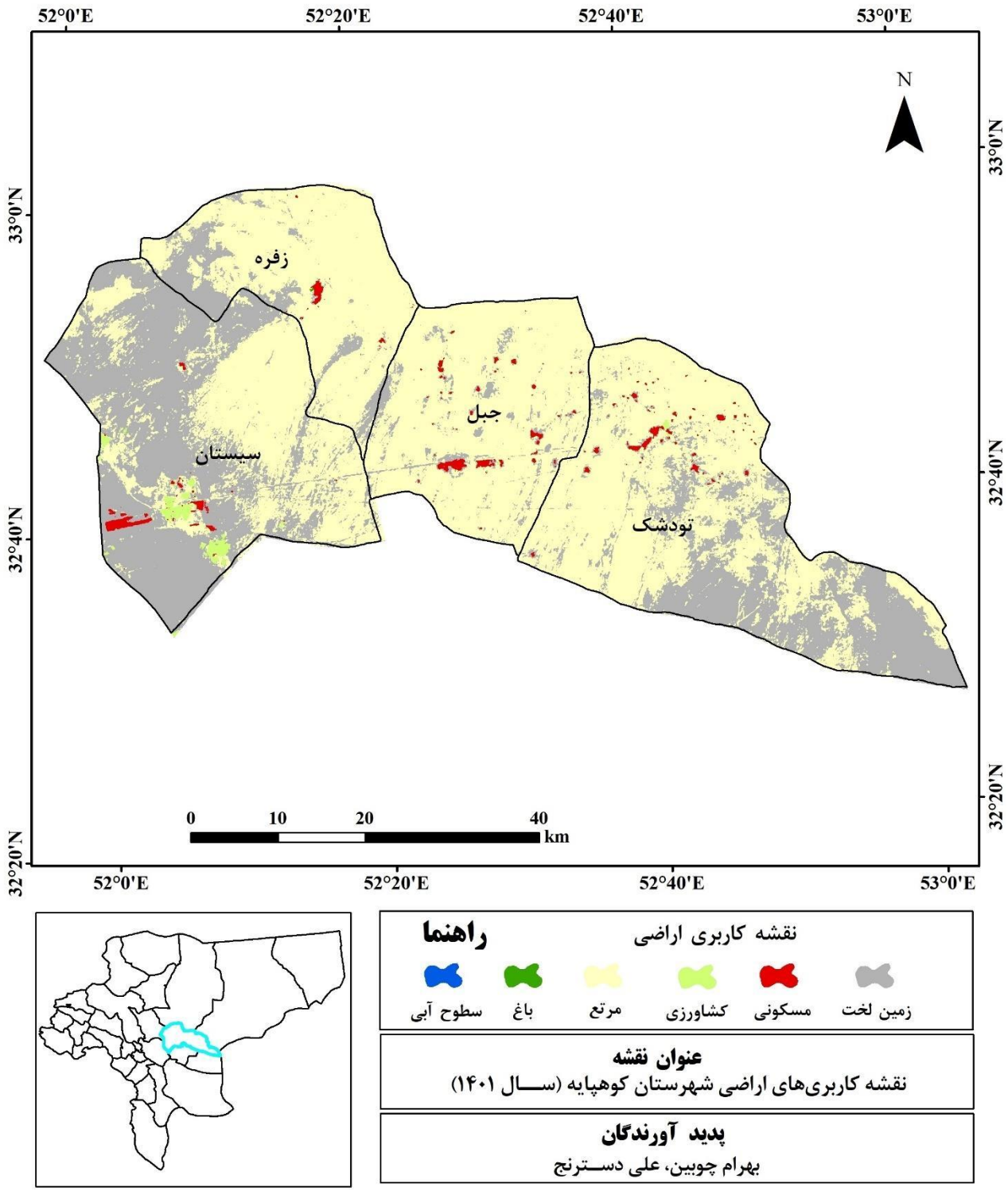
شکل ۱۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان فریدون‌شهر با دقت ۱۰ متری



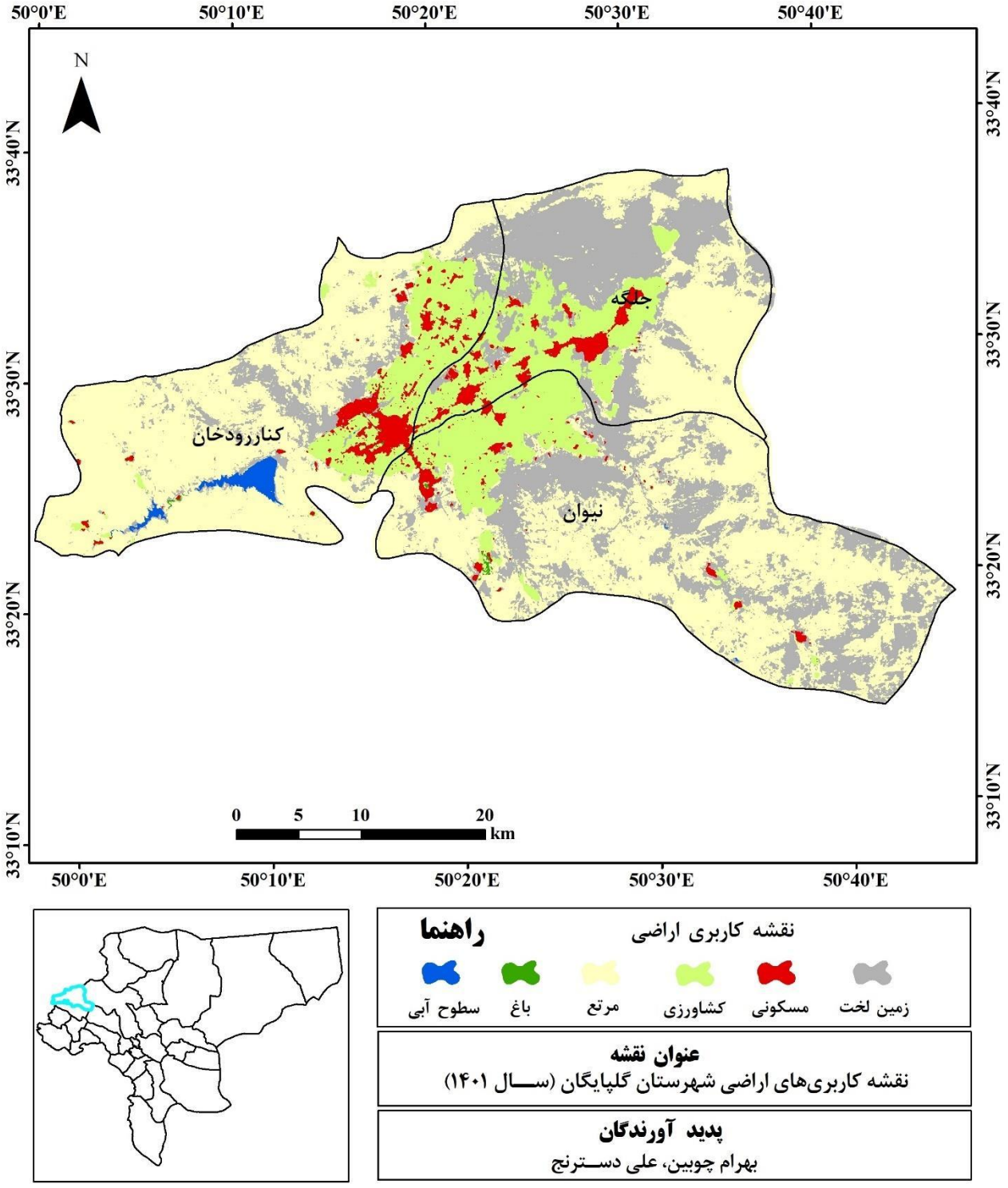
شکل ۲۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان فلاورجان با دقت ۱۰ متری



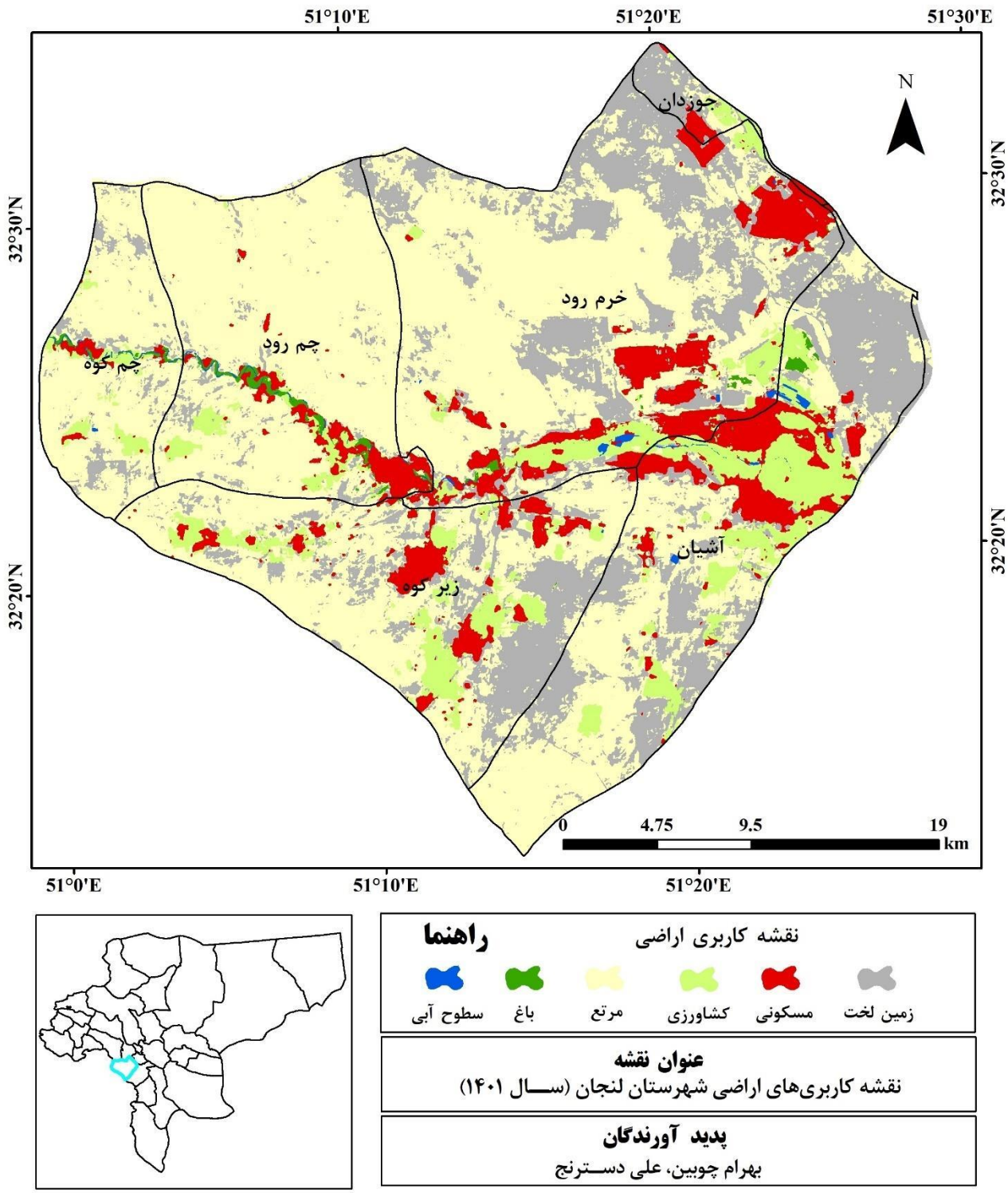
شکل ۲۱- نقشه کاربری اراضی شهرستان کاشان با دقت ۱۰ متری



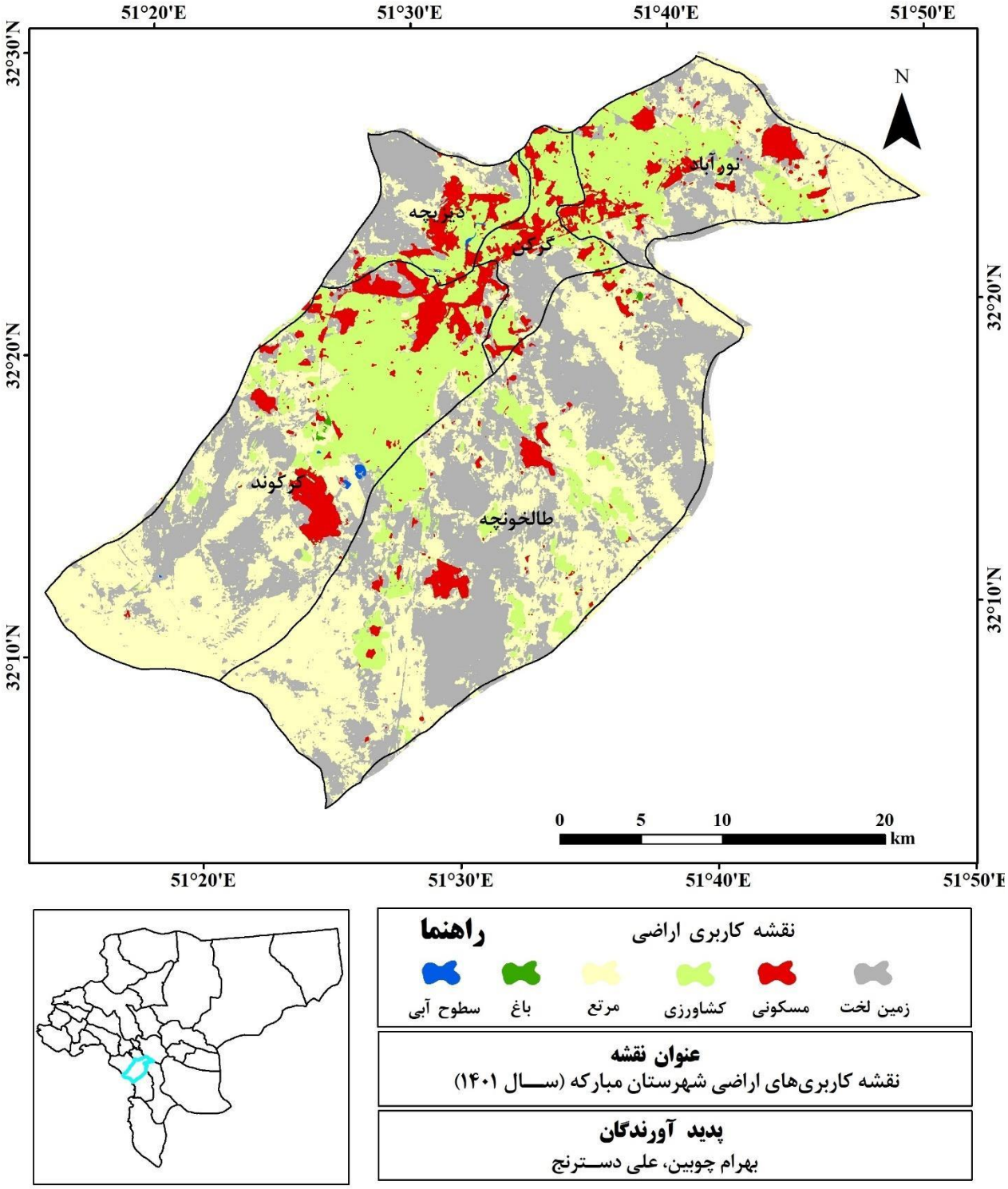
شکل ۲۲- نقشه کاربری اراضی شهرستان کوهپایه با دقت ۱۰ متری



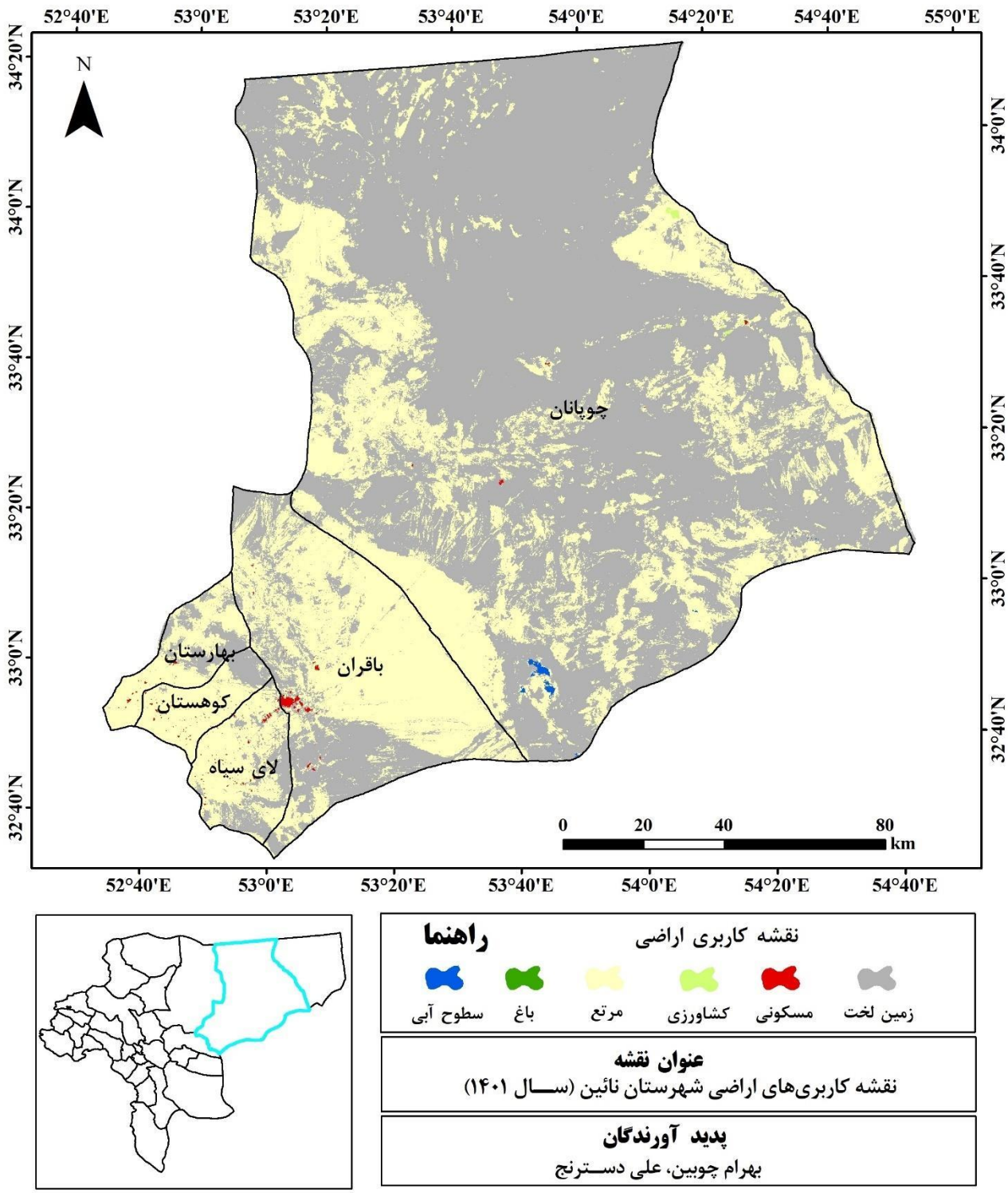
شکل ۲۳- نقشه کاربری اراضی شهرستان گلپایگان با دقت ۱۰ متری



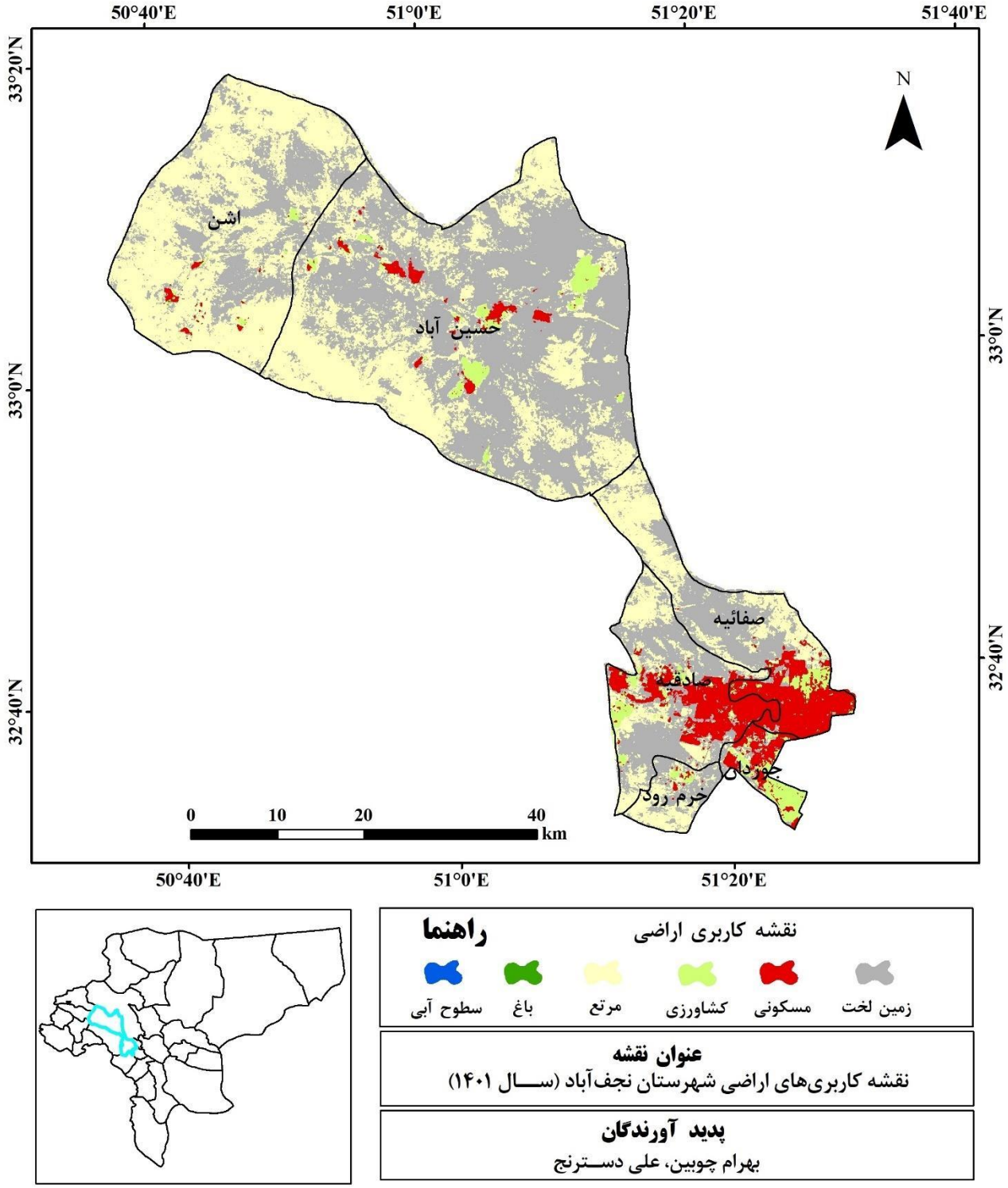
شکل ۲۴- نقشه کاربری اراضی شهرستان لنجان با دقت ۱۰ متری



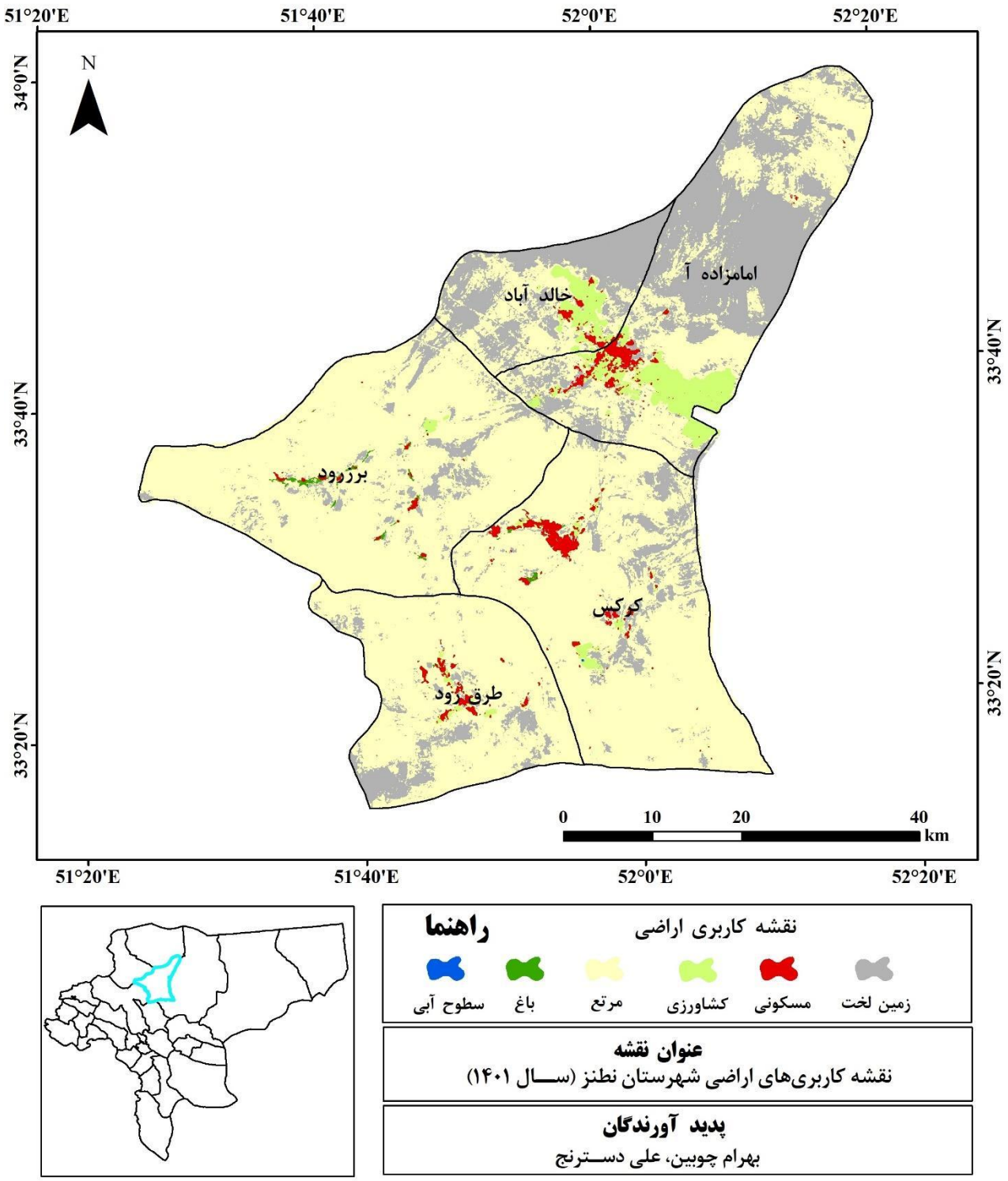
شکل ۲۵- نقشه کاربری اراضی شهرستان مبارکه با دقت ۱۰ متری



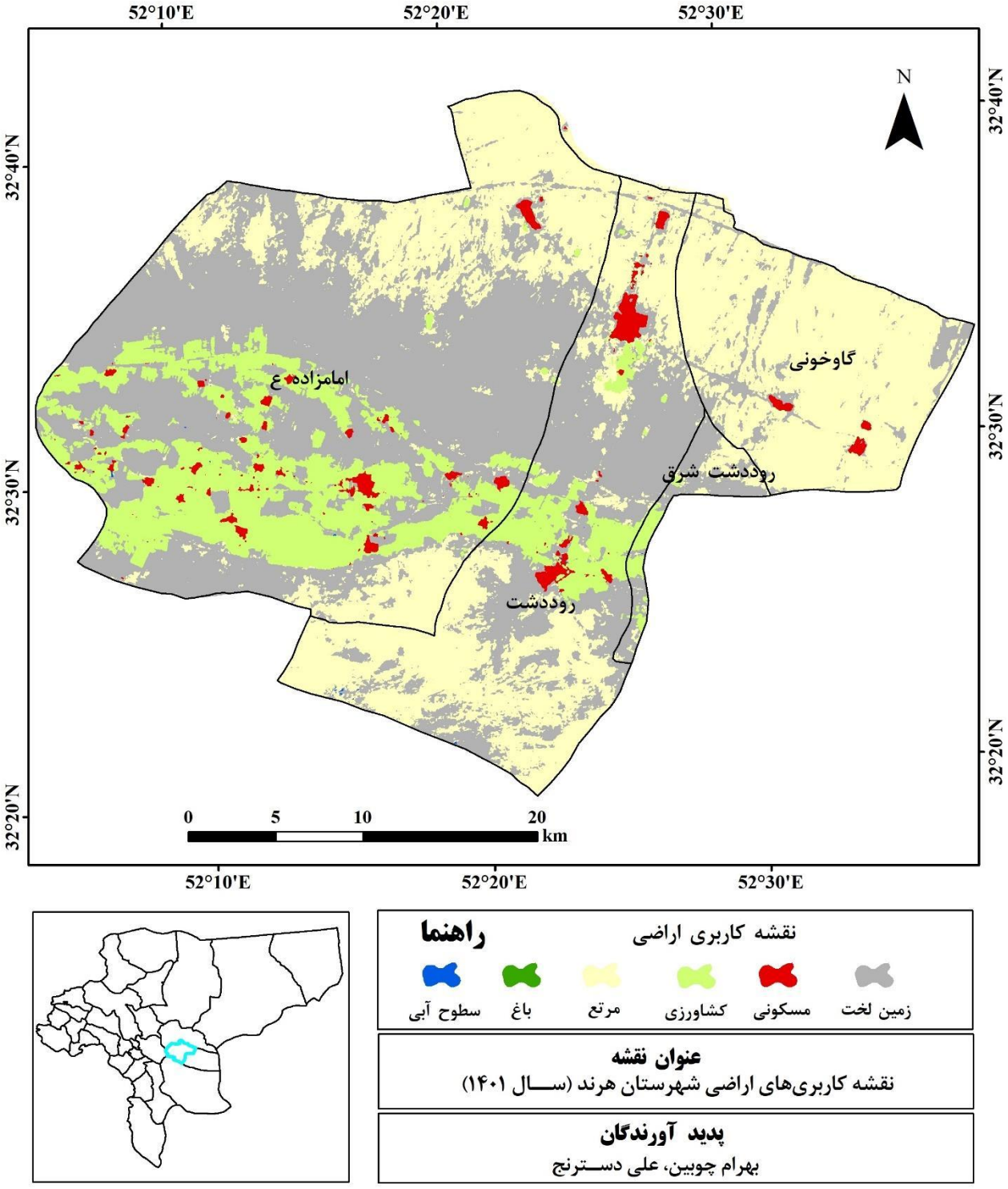
شکل ۲۶- نقشه کاربری اراضی شهرستان نائین با دقت ۱۰ متری



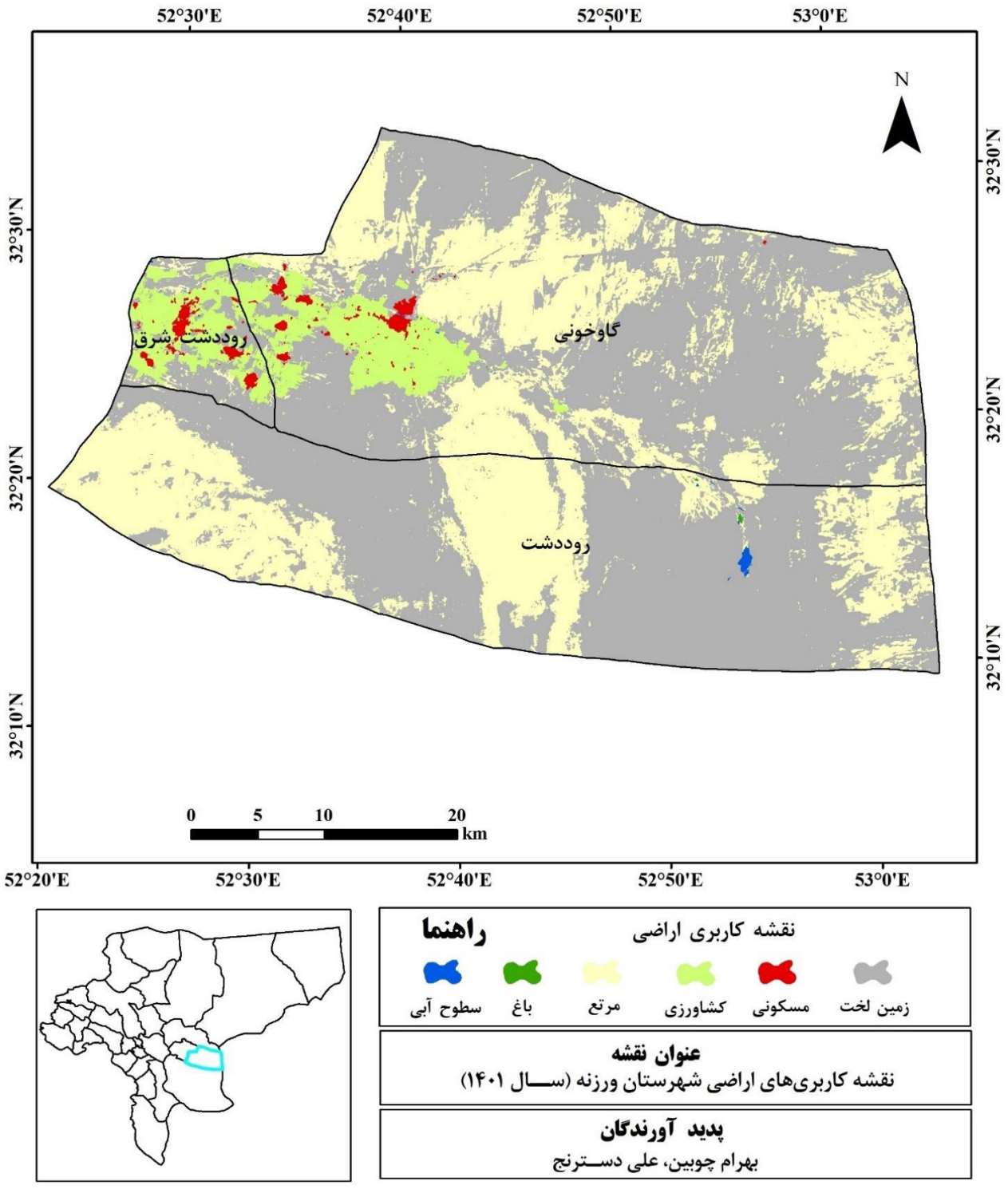
شکل ۲۷- نقشه کاربری اراضی شهرستان نجف‌آباد با دقت ۱۰ متری



شکل ۲۸- نقشه کاربری اراضی شهرستان نطنز با دقت ۱۰ متری



شکل ۲۹- نقشه کاربری اراضی شهرستان هرند با دقت ۱۰ متری



شکل ۳۰- نقشه کاربری اراضی شهرستان ورزنه با دقت ۱۰ متری

نتیجه‌گیری

اطلس کاربری اراضی استان اصفهان با دقت مکانی ۱۰ متر، حاصل تلفیق داده‌های اپتیکی سنتینل-۲ و راداری سنتینل-۱ در بستر رایانش ابری گوگل ارث انجین و با بهره‌گیری از محصول کوپرنیکوس است. این اطلس با ارائه شش کلاس اصلی شامل سطوح آبی، باغ، مرتع، اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و زمین‌های لخت، تصویری جامع و به‌روز از الگوهای پراکنش کاربری‌ها در سطح شهرستان‌های استان ارائه می‌دهد.

یافته‌های حاصل از این اطلس نشان می‌دهد که استان اصفهان به دلیل موقعیت جغرافیایی و تنوع اقلیمی، طیف گسترده‌ای از کاربری‌ها را در خود جای داده است. پهنه‌های وسیع مرتعی و زمین‌های لخت به‌ترتیب با غلبه در شهرستان‌های غربی و شرقی استان، بازتابی از شرایط خشک و نیمه‌خشک حاکم بر منطقه است. از سوی دیگر، تمرکز اراضی کشاورزی و باغ‌ها در شهرستان‌های برخوردار از منابع آبی پایدارتر همچون سمیرم، فریدن، لنجان و نجف‌آباد، وابستگی شدید این کاربری‌ها به دسترسی به آب را آشکار می‌سازد. پراکنش سکونتگاه‌های انسانی نیز الگوی متمرکزی را در شهرستان‌های پرجمعیت و صنعتی نظیر اصفهان، خمینی‌شهر، کاشان و فلاورجان نشان می‌دهد که خود بیانگر فشار فزاینده بر اراضی کشاورزی و مرتعی پیرامون این مراکز است.

این اطلس می‌تواند به‌عنوان یک سند پایه و مرجع در اختیار برنامه‌ریزان، مدیران و پژوهشگران حوزه‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب و خاک، آمایش سرزمین، کشاورزی، حفاظت محیط زیست، پایش بیابان‌زایی و برنامه‌ریزی شهری قرار گیرد. قابلیت به‌روزرسانی سالانه نقشه‌ها با استفاده از روش‌شناسی ارائه‌شده، امکان پایش روند تغییرات کاربری اراضی در طول زمان و ارزیابی اثرات سیاست‌های اجرایی را فراهم می‌آورد که این ویژگی برای مدیریت تطبیقی و پایدار منابع طبیعی در شرایط تغییرات سریع محیطی و انسانی ضروری است.

در پایان، انتظار می‌رود این اطلس ضمن خلأ اطلاعاتی موجود در زمینه نقشه‌های کاربری اراضی با دقت بالا در سطح استان، گامی مؤثر در جهت تصمیم‌گیری‌های آگاهانه، کاهش تخریب محیط زیست و حرکت به سمت توسعه پایدار منطقه‌ای محسوب شود.

منابع

- چوبین، ب.، کریمی، ا. ۱۴۰۴. دستورالعمل فنی استخراج نقشه کاربری اراضی ۱۰ متری با ادغام محصول کوپرنیکوس و تصاویر سنتینل در سامانه گوگل ارث انجین. انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۴۱ص. https://press-abkhiz.areeo.ac.ir/book_3000.html
- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., ... & Brisco, B. 2020. Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 13: 5326-5350.
- Asner, G.P. 2001. Cloud cover in landsat observations of the Brazilian amazon. Int. J. Remote Sens. 22 (18): 3855–3862.
- Carrasco, L., O'Neil, A.W., Morton, R.D., & Rowland, C.S. 2019. Evaluating combinations of temporally aggregated Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 for land cover mapping with Google Earth Engine. Remote Sensing, 11(3): 288.
- Joshi, N., Baumann, M., Ehammer, A., Fensholt, R., Grogan, K., Hostert, P., Jepsen, M.R., Kuemmerle, T., Waske, B. 2016. A review of the application of optical and radar remote sensing data fusion to land use mapping and monitoring. Remote Sens. (Basel) 8 (1): 1–23.
- Kumar, L., & Mutanga, O. 2018. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends,and potential. Remote Sensing, 10(10): 1509.
- Leinenkugel, P., Wolters, M.L., Kuenzer, C., Oppelt, N., Dech, S. 2014. Sensitivity analysis for predicting continuous fields of tree-cover and fractional land-cover distributions in cloudprone areas. Int. J. Remote Sens. 35(8): 2799–2821.
- Mohammady, M., Moradi, H.R., Zeinivand, H., Temme, A. 2014. 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.
- Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., ... & Scambos, T.A. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sensing of Environment, 145: 154-172.
- Saah, D., Tenneson, K., Matin, M., Uddin, K., Cutter, P., Poortinga, A., ... & Chishtie, F. 2019. Land cover mapping in data scarce environments: challenges and opportunities. Frontiers in Environmental Science, 7: 150.
- Steinhausen, M.J., Wagner, P.D., Narasimhan, B., & Waske, B. 2018. Combining Sentinel-1 and Sentinel-2 data for improved land use and land cover mapping of monsoon regions. International journal of applied earth observation and geoinformation, 73: 595-604.

- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L. J., Adeli, S., & Brisco, B. 2020. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164: 152-170.
- Tolessa T, Senbeta F., Kidane M. 2017. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. Ecosystem Services. 23: 47- 54.
- Varamesh, S, Hosseini, S.M., Rahimzadegan, M. 2017. Comparison of conventional and advanced classification approaches by landsat-8 imagery. Applied Ecology and Environmental Research. 15(3):1407-1416.
- Wagner, P.D., Waske, B. 2016. Importance of spatially distributed hydrologic variables for land use change modeling. Environ. Model. Softw. 83: 245–254.

Abstract

Providing up-to-date and accurate land use/land cover maps is a fundamental requirement in natural resource management and remote sensing studies. This need becomes increasingly pronounced each year due to the accelerating pace of environmental changes and human interventions. In this context, the availability of high-quality annual data from Copernicus products has created a suitable foundation for the regular extraction and updating of these maps. The present land use atlas is the result of fusing Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite imagery (including optical and radar data). By utilizing the Google Earth Engine system as a cloud computing platform, it has enabled the production of maps with 10-meter resolution. This is while standard Copernicus products offer 100-meter resolution, which is inadequate for many local and regional studies. The methodology for developing this atlas is based on supervised classification using the Random Forest algorithm. The workflow includes preparing base imagery, collecting training samples derived from Copernicus products, executing the classification algorithm, and finally evaluating the accuracy of the results. The integration of Sentinel-2 optical data with Sentinel-1 radar data (VV and VH bands) has improved class differentiation, particularly in distinguishing urban features and rangeland areas. Furthermore, to enhance classification accuracy, spectral indices such as NDVI and NDWI have been employed as auxiliary layers. The maps produced in this atlas have wide-ranging applications across various domains. In water resource management, these maps are used for identifying water bodies, estimating agricultural water demand, and predicting runoff. In environmental change monitoring, they enable the tracking of land use changes over different time periods and the assessment of natural resource degradation. Additionally, in urban and regional planning, they serve as a foundational layer for high-level decision-making and the formulation of land use planning schemes. By providing high spatial resolution maps, the present atlas offers an efficient tool for researchers, planners, and executive managers to take effective steps toward sustainable natural resource management and environmental protection.

Keywords: Environmental Planning, Google Earth Engine, Random Forest, Landuse Atlas, Sentinel imagery.

Ministry of Agriculture Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Title: Atlas of Land Use Map of Isfahan Province
Authors: Bahram Choubin, Ali Dastranj
Editor: Saeed Nabipay Lashkarian
Page Layout: Abbas Seddigh
Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Circulation: 10 Copies
Date of Publication: Spring 2026
This Scientific work has been registered with the series number of **69220** at the date of **2026-04-30** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No Part of this Publication may reproduce or transmitted without the original reference.

Ministry of Agriculture Jahad

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)

Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

Atlas of thematics maps:

Atlas of Land Use Map of Isfahan Province

Authors:

Bahram Choubin, Ali Dastranj

Series Number: 69220

2026

Minstry of Agriculture - Jahad
Agriculture Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Scientific Map

Atlas of Land Use Map of Isfahan Province

Autors: Bahram Choubin, Ali Dastranj

Series number: 69220

2026