

پایش آفات و بیماری‌های باغات انجیر با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی مشارکتی (PPGIS) (مطالعه موردی: شهر استهبان در استان فارس)

زهرا نرگس^۱، محمدرضا جلوخانی نیارکی^{*}، نرجس محمودی وانعلیا^۱، سعید حمزه^۱

^۱ گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران، تهران، ایران

znarges.76@ut.ac.ir

mrjelokhani@ut.ac.ir

mahmoodi.narjes.v@ut.ac.ir

saeid.hamzeh@ut.ac.ir

(دریافت: تیر ۱۴۰۳، تصویب: شهریور ۱۴۰۳)

چکیده

باغات انجیر همه ساله در معرض انواع مختلفی از آفات و بیماری‌های گیاهی قرار دارند. نحوه شیوع و گسترش این آفات می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف اقلیمی، محیطی و نحوه عملکرد باغداران در طول یک سال زراعی، تغییر نماید. باغداران به دلیل داشتن تجربه و آگاهی از وضع موجود منطقه می‌توانند از طریق مشارکت مستقیم، نقش مهمی در کنترل و شناسایی آفات و بیماری‌های باغات انجیر، ایفا نمایند. لذا در این تحقیق یک سامانه اطلاعات مکانی مشارکتی (PPGIS) جهت مشارکت باغداران شهرستان استهبان از طریق ثبت و گزارش نواحی آفت‌زده باغات خود طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، طراحی و اجرا شده است. با ثبت این اطلاعات در سامانه امکان آگاهی همه باغداران از وضعیت و انواع آفات موجود در منطقه فراهم شده است. در ادامه نحوه ارتباط و شیوع انواع آفات و بیماری‌های گزارش شده با داده‌های مختلف اقلیمی، محیطی و عملیات مختلف باغداری، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از بکارگیری PPGIS نشان داد که به دلیل تغییر شرایط اقلیمی و عملکرد باغداران در هر سال، آفت کنه انجیر و بیماری برگ زرد در سال ۱۴۰۱ و آفت مگس انجیر و بیماری ترشیدگی انجیر در سال ۱۴۰۲، بیشترین جمعیت آفات و بیماری‌های گزارش شده را به خود اختصاص داده‌اند. ارزیابی کاربرپسندی سامانه نیز نشان داده است که ۸۵ درصد از باغداران مشارکت‌کننده جهت استفاده از سامانه نیاز به آموزش قبلی داشته و بیش از نیمی از آن‌ها (۶۵ درصد) بر سادگی استفاده از سامانه، سازگاری و امکان بهبود بخش‌های مختلف آن تاکید کرده‌اند.

واژگان کلیدی: پایش آفات، سامانه اطلاعات مکانی مشارکتی، PPGIS، باغات انجیر، استهبان

^{*} نویسنده رابط

۱- مقدمه

بخش باغداری به عنوان یک بخش کلیدی در چرخه اقتصاد، همانند بخش کشاورزی همواره در معرض بحران‌ها و تهدیدات مختلفی مانند بلایای طبیعی (نظیر خشکسالی) و آفات و بیماری‌های گیاهی قرار دارد [۱]. آفات و بیماری‌های گیاهی هر ساله موجب از بین رفتن ۲۰ تا ۴۰ درصد از تولید جهانی محصولات کشاورزی و باغی می‌شوند [۲]. عوامل متعددی در ایجاد و گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی نقش دارند که بسته به نوع کشت و شرایط اقلیمی در هر منطقه، متفاوت است [۳]. با توجه به اهمیت بخش باغداری در تأمین و امنیت مواد غذایی کشورها، لزوم دسترسی آسان تصمیم‌گیران به اطلاعات به‌روز و صحیح، بیش از پیش اهمیت یافته است [۴]. در سال‌های اخیر، حسگرهای مصنوعی در بخش کشاورزی و باغداری (مانند سنسورهای دما و رطوبت خاک) با اهداف متنوعی نظیر پایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، پایش‌بینی میزان محصول، مدیریت آفات مزارع و کشف استرس‌های آبی گیاهان طراحی شده‌اند؛ اما این حسگرها قادر به ارائه جزئیات کامل و همه‌جانبه نیستند. همچنین دامنه عملکرد آن‌ها پایین و محدود به زمین یا مزرعه‌ای خاص با صرف هزینه بسیار زیاد می‌باشند [۵]، [۶]. با توجه به این موارد، باغداران و کشاورزان می‌توانند با بهره‌گیری از حواس پنج‌گانه خود اطلاعات مربوط به آفات و بلایای طبیعی را حتی بهتر از حسگرهای مصنوعی جمع‌آوری کرده و از دانش بومی خود که حاصل سال‌ها تجربه در مزارع و باغات می‌باشد، در پایش آفات و بیماری‌های گیاهی به کار گیرند [۷].

یکی از ابزارهای موثر که می‌توانند با مشارکت افراد و جمع‌آوری سری زمانی داده‌های مکانی، امکان پایش و ارزیابی عملکرد محصولات کشاورزی و مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی را فراهم نمایند، سامانه‌های اطلاعات مکانی مشارکتی (PPGIS)^۱ می‌باشند [۸-۱۰]. با استفاده از این سامانه‌ها داده‌های مکانی مرتبط با بحران‌های کشاورزی و باغداری می‌توانند توسط کشاورزان، باغداران و یا سایر گروه‌های متخصص، تولید شده و به صورت رایگان در دسترس اداره‌ها و سایر سازمان‌های ذی‌ربط قرار گیرند. در

نتیجه استفاده از این سامانه‌ها امکان دسترسی تصمیم‌گیران و کارشناسان مربوطه به اطلاعات به‌روز آفات و بیماری‌های گیاهی را تسهیل می‌نماید [۱۱]. قابلیت هم‌افزای سامانه‌های اطلاعات مکانی مشارکتی در کنار فناوری وب ۲ می‌تواند امکانات جدیدی را جهت استفاده از محیط‌های مشارکتی در فضاهای کشاورزی و باغی ایجاد کند. نتایج این امر می‌تواند با افزایش تولید بهره‌وری، کاهش میزان خسارت به محصولات و افزایش صادرات محصول، در جهت پیش‌برد اهداف توسعه کشور عمل نماید [۱۲]. انجیر خشک به عنوان یکی از خشکبارهای صادراتی ایران، دارای ارزش‌آوری بسیار بالایی است و حدود ۵۵۰۰ بهره‌بردار به طور مستقیم از باغات انجیر امرار معاش می‌کنند [۱۳]. عدم وجود یک سامانه اطلاعات مکانی جامع در زمینه پایش باغات انجیر و به طور خاص آفات و بیماری‌های این گیاه، از معضلات مهم این محصول در مناطق مختلف انجیرکاری کشور، به‌ویژه در قطب انجیر دیم ایران، به شمار می‌آید.

PPGIS‌ها به عنوان یک منبع غنی و به‌روز می‌توانند با جمع‌آوری اطلاعات از خود کشاورزان و باغداران، منجر به مدیریت بهتر و کاهش خسارت‌های زمین‌های کشاورزی شوند. برای مثال، گزارش مشکلات و بحران‌های جاری باغات انجیر در یک منطقه علاوه بر افزایش آگاهی همه زمین‌داران از وضعیت موجود سبب نظارت مداوم، انتقال تجربه‌ها و تدابیر مناسب شده و می‌تواند نقش بسیار مهمی در پایش، پیش‌گیری و مدیریت آفات و بیماری‌ها ایفا نماید [۱۴]. استفاده از این فناوری در کنار اطلاعات حاصل از کاربرد علم سنجش از دور این امکان را فراهم می‌سازد تا اطلاعات دقیق‌تری از وضعیت مزارع و باغات جمع‌آوری شود. این اطلاعات شامل پارامترهای مهمی نظیر پایش رشد گیاهان، نحوه گسترش آفات و بیماری‌ها، شرایط آب و هوایی و میزان رطوبت خاک می‌باشند. با تحلیل این پارامترها، می‌توان به بهبود عملکرد زمین‌های کشاورزی و باغی، بهینه‌سازی مصرف آب و پیش‌بینی خسارت‌های ناشی از عوامل مختلف اقدام نمود [۱۵]، [۱۶]. همچنین این امر سبب نزدیک شدن به اهداف کشاورزی و باغداری هوشمند شده و می‌تواند راه‌حل بسیاری از مشکلات در زمینه کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی باشد [۱۷]. استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی بصورت آنلاین و مبتنی بر وب علاوه بر تلفیق دانش بومی و دانش نوین، امکان اشتراک‌گذاری داده‌ها را نیز فراهم می‌سازد [۱۸].

^۱ Public Participation Geographic Information System

تاکنون مطالعات بسیار زیادی در زمینه کاربرد PPGIS ها در علوم کشاورزی و باغداری انجام شده است. برای مثال، [۱۹] با توسعه یک سامانه اطلاعات مکانی و جمع‌آوری داده‌ها از منابع مختلف (مشاهده زمینی، هواشناسی، اکولوژیکی، حشره‌شناسی، و پاتولوژی گیاهی)، به پایش زیستگاه آفات و بیماری‌های محصولات کشاورزی و تهیه نقشه‌های پیش‌بینی وقوع آن‌ها (بیماری زنگ زرد گندم^۲ و ملخ مهاجر شرقی^۳) در چین پرداخته‌اند. مازول‌های عملکردی این سامانه، با استفاده از فناوری‌های اینترنت، سنجش از دور و GIS توسعه داده شده‌اند. مشارکت‌کنندگان با استفاده از این سامانه و انتخاب مناطق مورد نظر خود می‌توانند به صورت پویا به استخراج پارامترهای محیطی مرتبط با آفات و بیماری‌ها، نظارت بر زیستگاه آن‌ها و پیش‌بینی نواحی آلوده و سطوح آسیب‌پذیر دست یابند. [۲۰] با توسعه یک سامانه Web-GIS مشارکتی به جمع‌آوری و پایش اطلاعات مربوط به منابع ژنتیکی دام و طیور با هدف حفظ کشاورزی پایدار پرداخته‌اند. این سامانه علاوه بر افزایش کارایی مدیریت و نظارت بر مزرعه، امکان جستجو، بازیابی، پایش و ذخیره داده‌های مربوط به منابع ژنتیکی دام و طیور را برای مشارکت‌کنندگان فراهم می‌نماید. مطالعه مشابه دیگری نیز در این زمینه توسط [۲۱] در یونان با هدف نظارت بر مراحل مختلف کشاورزی شامل کوددهی، حفاظت از گیاهان در برابر آفات، آبیاری و مدیریت خاک با تأثیر بر حفظ تنوع زیستی در مقیاس‌های مختلف، انجام شده است. در مطالعات [۲۲]، [۲۳] و [۲۴] نیز کاربرد فناوری GIS در مدیریت آفات مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده‌اند که GIS با دریافت و ترکیب اطلاعات مختلفی مانند تشخیص زیستگاه آفات، شاخص خسارت شاخه و برگ، نحوه پراکنش و مهاجرت آفات و حشرات، نقش بسیار مهمی در پیش‌بینی و هشدار اولیه شیوع آفات و پراکنش جمعیت آن‌ها دارد. این اطلاعات با تسهیل تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی به موقع و اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی و کنترل‌گر به محققان و کشاورزان کمک می‌کند تا مزارع کشاورزی را از حمله یا شیوع آفات نجات داده و خسارت‌های ناشی از آن‌ها را به حداقل برسانند. در مطالعه دیگری که توسط [۲۵] انجام

^۲ *Puccinia striiformis*

^۳ *Locusta migratoria manilensis*

شده، نقش سامانه Web-GIS مشارکتی در پایش جمعیت مگس محصول زیتون و نحوه پراکنش آن در مزارع مورد بررسی قرار گرفته است. با ثبت داده‌های موقعیت و جمعیت آفات در سامانه، امکان نمایش نحوه پراکندگی آن‌ها برای تمامی مشارکت‌کنندگان فراهم می‌گردد. استفاده از این سامانه با امکان شناسایی سریع نقاط با تراکم بالای مگس میوه زیتون، نقش مهمی در سمپاشی به موقع و محلی مزارع جهت حفظ محصولات زراعی دارد. در [۲۶] نیز تمامی فناوری‌های مختلف توسعه یافته مانند Web-GIS مشارکتی جهت مدیریت آفات و حشرات برنج در بنگلادش مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به مناطق آلوده به آفات توسط کشاورزان در این سامانه ثبت شده و نمایش داده می‌شود. این نقشه‌ها جهت انجام اقدامات فوری مانند استفاده از حشره‌کش‌ها در مقیاس کوچک، به منظور جلوگیری از انتشار آن‌ها به سایر مزارع برنج، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سامانه همچنین تولید امن مواد غذایی و کاهش مصرف آفت‌کش‌ها را تضمین می‌کند.

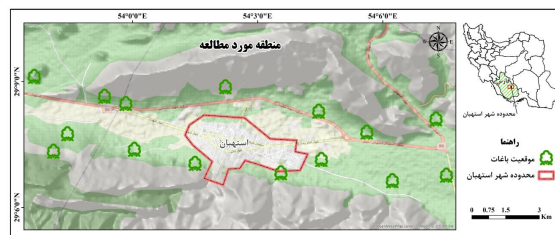
بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که به دلیل نقش حیاتی و مهم بخش کشاورزی و باغداری در تأمین مواد غذایی، لزوم حفاظت از محصولات تولیدی در برابر آفات و بیماری‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این راستا، توسعه و استفاده از PPGIS ها علاوه بر امکان گزارش و پایش آفات و بیماری‌های گیاهی سبب دسترسی آسان تصمیم‌گیرندگان به اطلاعات به‌روز، پویا و کامل بخصوص در زمان بروز بحران‌ها و تهدید محصولات کشاورزی و باغی می‌شوند. بر اساس بررسی‌های نگارنده در بین مطالعات داخلی و خارجی، تا به امروز هیچ مطالعه‌ای در زمینه پایش آفات و بیماری‌های باغات انجیر با استفاده از PPGIS ها انجام نشده است. در نتیجه پژوهش حاضر به طراحی و توسعه یک PPGIS به منظور پایش آفات و بیماری‌های باغات انجیر در شهر استهبان استان فارس پرداخته است. این سامانه، با ایجاد امکان ثبت و گزارش آفات و بیماری‌های باغات انجیر توسط باغداران و زمین‌داران، سبب پایش بلندمدت و آگاهی تمامی مشارکت‌کنندگان از موقعیت و گسترش آفات شده و نقش بسیار مهمی در مدیریت بهینه این بحران ایفا می‌نماید. در پایان میزان صحت اطلاعات ثبت شده و قابلیت کاربرپسندی سامانه نیز

با استفاده از معیارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان استهبان با مساحتی حدود ۲۶۵۲ کیلومتر مربع، یکی شهرستان‌های استان فارس است. این شهرستان در قسمت شرقی استان فارس واقع شده و از قسمت‌های غرب، جنوب غرب، جنوب و تا حدودی در شمال توسط کوه‌های مرتفع احاطه شده است. با توجه به موقعیت منطقه از نظر صعب‌العبوری و مشکل دسترسی به برخی از باغات تنها بخشی از شهرستان استهبان به عنوان منطقه مورد مطالعه، در نظر گرفته شده است که از لحاظ موقعیت جغرافیایی، در محدوده ۵۴ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع متوسط آن به حدود ۱۷۰۰ متر از سطح دریا می‌رسد. شهرستان استهبان با داشتن حدود ۲۳۵۰۰ هکتار سطح زیر کشت باغات انگیز به عنوان قطب تولید انگیز دیم ایران و خاورمیانه محسوب می‌شود که همواره با چالش آفات و بیماری‌های مختلف انگیز مواجه بوده است [۱۳]. در نتیجه این شهرستان پتانسیل بسیار خوبی جهت اجرای طرح‌های مشارکتی دارد. منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.

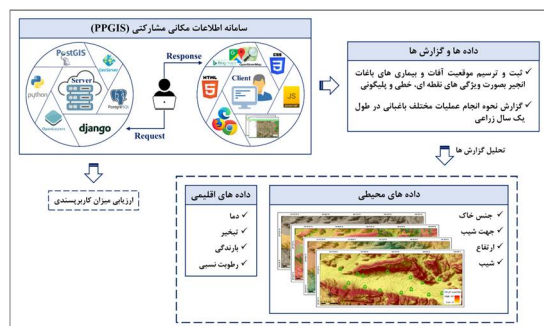


شکل ۱- منطقه مورد مطالعه.

۲-۲- چارچوب تحقیق

پس از تعیین منطقه مورد مطالعه، یک PPGIS مبتنی بر Web جهت جمع‌آوری و ثبت داده‌ها و گزارش‌های باغداران از آفات و بیماری‌های موجود در باغات انگیز طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، طراحی و اجرا شده است. این اطلاعات شامل ثبت و ترسیم موقعیت مکانی نواحی آفت‌زده، معرفی نوع آفات و بیماری‌ها، ثبت نحوه انجام

مراحل و عملیات مختلف باغداری و ثبت تصاویر انواع آفات و بیماری‌های موجود و اثرات ناشی از آن‌ها در باغات انگیز است. در ادامه، داده‌های جمع‌آوری شده توسط باغداران با استفاده از مشاهدات میدانی و پارامترهای مختلف اقلیمی و محیطی، اعتبارسنجی شده و میزان کاربرپسندی و کارایی سامانه نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. شکل (۲) چارچوب کلی تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۲- چارچوب کلی تحقیق.

مطابق این شکل، سامانه از دو بخش سمت سرویس‌دهنده^۴ و سمت سرویس‌گیرنده^۵ تشکیل شده که ارتباط بین این دو بخش از طریق اینترنت برقرار می‌گردد. در طراحی این سامانه از زبان برنامه‌نویسی پایتون^۶ و فریم ورک جنگو^۷ استفاده شده است. پایتون یک زبان برنامه‌نویسی شی‌گرا با خوانایی بالای کدها و جنگو یک فریم‌ورک رایگان، منبع-باز^۸ و سطح بالا در پایتون است که شامل مجموعه‌ای از استانداردها و چارچوب‌هایی برای توسعه بهتر کدها و برنامه‌های مبتنی بر وب می‌باشد [۲۷]. ذخیره‌سازی اطلاعات مشارکت‌کنندگان و داده‌های گزارش شده نیز با استفاده از پایگاه داده PostgreSQL و افزونه PostGIS انجام شده است. در این سامانه از نقشه‌های پایه OSM^۹ و Bing Satellite به منظور بصری‌سازی موقعیت‌های مکانی و همچنین از کتابخانه منبع-باز OpenLayers برای انتشار سرویس‌ها استفاده شده است. این کتابخانه انتشار سرویس‌ها را در هر نوع وب‌سایتی آسان می‌سازد و با استفاده از توابع موجود، ابزاری قدرتمند در سمت سرویس‌گیرنده فراهم می‌نماید [۲۸].

۴ Server Side

۵ Client Side

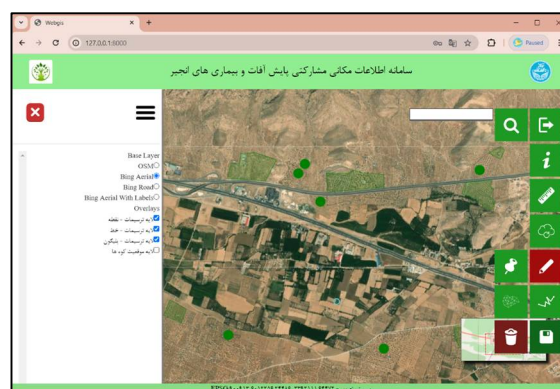
۶ Python

۷ Django

۸ Open-Source

۹ OpenStreetMap

ثبت نام باغداران در سامانه با ورود اطلاعاتی نظیر نام کاربری، رمز عبور، جنسیت، سن و میزان تحصیلات انجام می شود. پس از تکمیل فیلدهای ضروری در فرم ثبت نام، صفحه اصلی ثبت گزارش در سامانه نمایش داده می شود. در این صفحه امکانات مختلفی مانند دسترسی به نقشه های پایه، موقعیت باغ های موجود در منطقه و ابزارهایی جهت ترسیم و ویرایش نواحی مورد نظر باغداران بصورت ویژگی های نقطه ای، خطی و چندضلعی (پلیگونی) قرار دارند (شکل ۳). باغداران همچنین می توانند طول و مساحت نواحی آفت زده باغ خود را پس از ترسیم اندازه گیری نمایند.

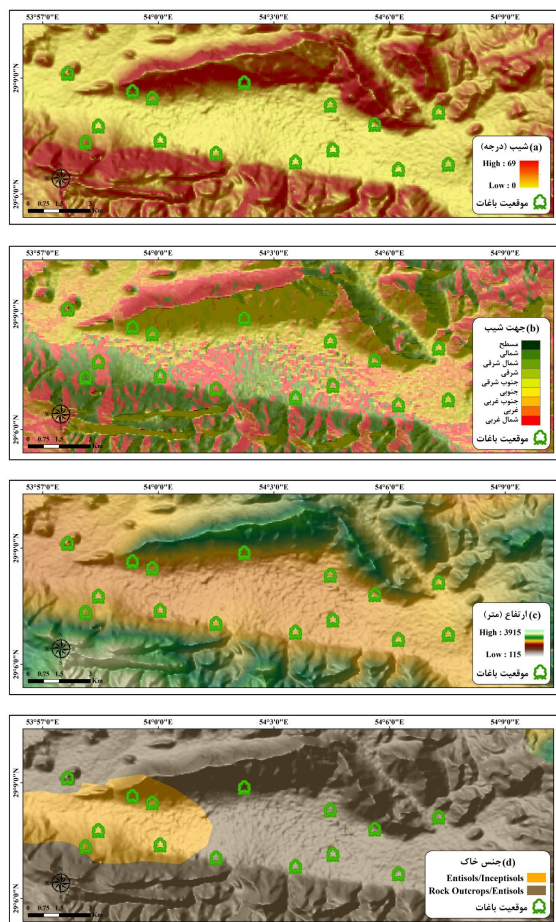


شکل ۳- ابزارهای مختلف تعبیه شده در سامانه جهت ثبت نواحی آفت زده.

پس از ثبت و گزارش نواحی مورد نظر بر روی نقشه، امکان بارگذاری تصاویر درختان آفت زده و بیمار، معرفی نام آفات و بیماری ها و نحوه انجام عملیات مختلف باغداری مانند تعداد دفعات آبیاری، گرده افشانی، کوددهی و خاک دهی باغات نیز برای مشارکت کنندگان، فراهم شده است.

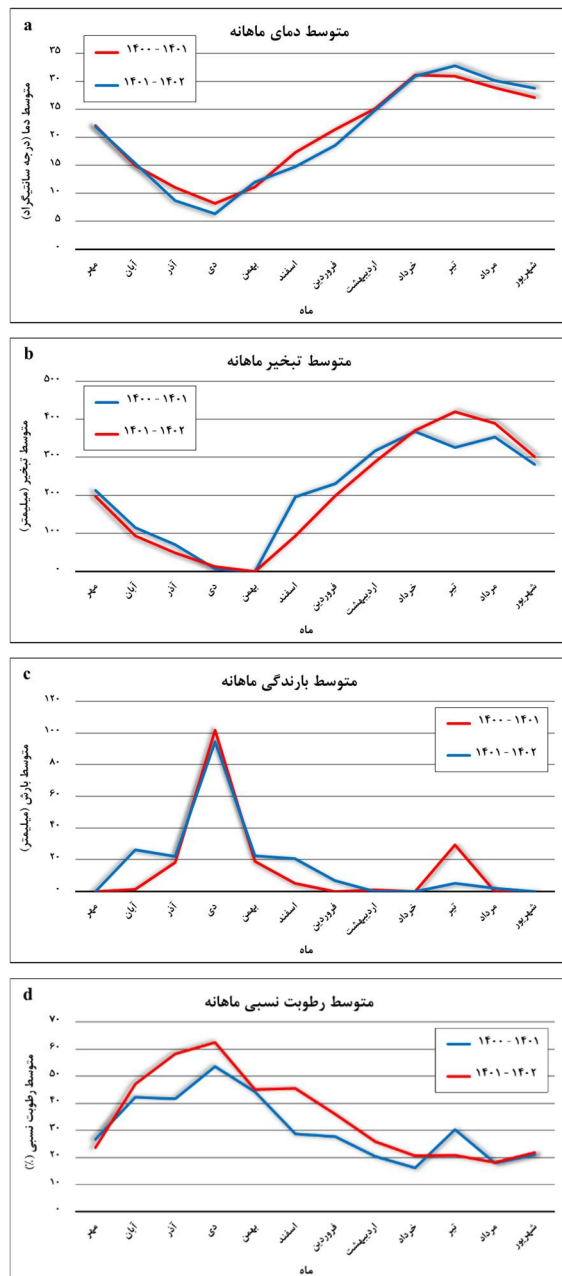
در ادامه نحوه ارتباط برخی از پارامترهای محیطی منطقه مانند شیب، جهت شیب، ارتفاع و جنس خاک با داده های باغداران و موقعیت نواحی آفت زده، مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۴). اراضی بدون شیب و با سطحی نسبتاً هموار و بافت ریز و عمیق خاک (رسی، شنی و لومی)، برای کشت دیم بسیار مطلوب هستند و هر اندازه شیب زمین زیاده تر باشد، مرغوبیت خاک برای دیم کاهش می یابد. این امر به دلیل جریان یافتن آب باران در سطح زمین است که باعث نفوذ کمتر آب در خاک می شود. علاوه بر این، جریان یافتن آب بر روی زمین سبب شست و شوی خاک، کاهش عمق و ایجاد مشکلاتی در عمل شخم زنی می شود. برخی از باغداران به منظور کنترل جریان آب باران، اراضی را تراس بندی نموده و با استفاده از سنگ و خاک موجود در

باغات و ایجاد آبگیر برای درختان، تلاش کرده اند تا ضمن عمیق تر نمودن خاک، از هدررفت آب باران نیز جلوگیری نمایند. پارامترهای ارتفاع و جهت شیب بر میزان دما، بارندگی، تابش خورشید و قدرت باد در یک منطقه تاثیرگذار هستند. تاثیر ارتفاع بر روی کیفیت عملکرد باغات انجیر با دمای کمتر و بارندگی بیشتر نمایان می شود.



شکل ۴- پارامترهای محیطی تاثیرگذار بر عملکرد باغات انجیر در استهبان: a. شیب، b. جهت شیب، c. ارتفاع و d. جنس خاک.

جهت شیب و طول ساعاتی که درختان انجیر در معرض آفتاب قرار می گیرند نیز اهمیت بسیار زیادی در نحوه رشد و کیفیت محصول تولیدی دارد. برای مثال، باغاتی که در دامنه های غربی با درجات شیب زیاد و عمق نامطلوب خاک قرار گرفته اند، علاوه بر وجود محوطه های کوچک و محدود برای آبیاری، مدت زمان بیشتری نیز در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار دارند (به خصوص در فصل های بهار و تابستان). این شرایط بخصوص در سال های خشکسالی، سبب ریزش شدید برگ های درختان شده و تاثیر منفی بر روی کمیت و کیفیت میوه ها دارد. در صورتیکه درختانی که در شیب های شمالی کاشته شده اند به دلیل مواجه کمتر با



شکل ۵- وضعیت پارامترهای اقلیمی (متوسط ماهانه) در شهر استهبان: a. دما، b. تبخیر، c. بارندگی و d. رطوبت نسبی.

افزایش میزان بارندگی بخصوص در زمان تکامل میوه‌ها چندان مناسب نیستند، زیرا علاوه بر مشکلاتی چون شیوع آفات مانند شته‌ها، مگس‌ها، شپشک‌ها و موارد دیگر، کیفیت میوه نیز به شدت کاهش می‌یابد. بارندگی در اواخر مرداد، شهریور و نیمه اول مهر ماه (فصل رسیدن و برداشت انجیر) نه تنها برای باغات انجیر سودآوری ندارد، بلکه جزو خطرناک‌ترین بارندگی‌ها محسوب می‌شود و باغداران را با خسارت‌های فراوانی مواجه می‌کند. درحالی‌که بارندگی قبل از شروع رسیدن محصول، تأثیر بسیار مثبتی بر روی درختان انجیر دارد و از عارضه زرد شدن و ریزش برگ

تابش مستقیم آفتاب، از شرایط رشد و میوه‌دهی بهتری برخوردارند. درختان انجیر در طیف وسیعی از انواع خاک‌ها مانند شنی سبک تا شنی لومی و لومی رسی تا رسی سنگین، قابل کشت هستند. با این وجود، بهترین خاک برای درخت انجیر، خاکی است که درصد رس، شن و سیلت آن تقریباً به یک اندازه باشد (خاک لیمونی). این خاک‌ها به دلیل خاصیت ذخیره و نگهداری آب و مواد غذایی، برای درخت انجیر بسیار مناسب هستند؛ اما اراضی با بافت درشت و شنی به دلیل مشکلاتی نظیر از دست دادن سریع رطوبت، تبخیر شدید و فقر مواد غذایی برای زراعت دیم مناسب نیستند [۱۳]، [۲۹].

پارامترهای اقلیمی منطقه نیز می‌توانند اثرات مختلفی در نحوه رشد و عملکرد باغات انجیر و میزان بروز آفات و بیماری‌ها داشته باشند. این پارامترها شامل دما، بارندگی، رطوبت نسبی و تبخیر می‌باشند که در شکل (۵) بصورت متوسط ماهانه در شهر استهبان طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، نمایش داده شده‌اند. درخت انجیر به عنوان یک گیاه نیمه گرمسیری شناخته می‌شود و در نیمه اول سال و دمای بالای هوا رشد بیشتری را نسبت به نیمه دوم سال از خود نشان می‌دهد. به طور کلی، برای تولید مطلوب انجیر دیم، شرایط آب و هوایی مورد نیاز شامل تابستان‌های گرم و خشک، رطوبت نسبی پایین و زمستان ملایم است. اگرچه درخت انجیر در برابر گرما مقاومت تقریباً زیادی دارد و می‌تواند گرمای تابستان را تحمل کند؛ اما دماهای بالاتر از ۳۹ درجه سانتی‌گراد، تأثیر مخربی بر روی کیفیت میوه خواهد گذاشت. در این شرایط پوست میوه سخت و خشک شده و زودتر از زمان طبیعی خود، می‌رسد. همچنین حجم گوشت درونی میوه کمتر شده و اندازه آن به دلیل فرصت کم برای رشد طبیعی، ریز باقی می‌ماند. تغییرات دما در فصل پاییز و شرایط سرد زمستان نیز می‌تواند بر رشد درخت و تولید میوه تأثیرگذار باشند. درخت انجیر زمستان‌های ملایم با بارندگی‌های کم و پراکنده را بیشتر ترجیح می‌دهد و در شرایط رطوبت نسبی پایین و تابش مناسب نور خورشید بهترین رشد را دارد. به طور کلی رطوبت نسبی کمتر از ۲۵ درصد برای درختان انجیر بهتر است زیرا در محیط با رطوبت نسبی بالا، خطر ابتلا به بیماری‌های قارچی و شکافته شدن میوه افزایش می‌یابد.

جلوگیری می‌کند. میزان تبخیر نیز می‌تواند تأثیر مستقیمی بر تنظیم دما در محیط اطراف درختان انجیر داشته باشد. این پدیده به عنوان یک مکانیسم خنک‌کننده طبیعی عمل می‌کند؛ بطوریکه با افزایش میزان تبخیر دمای محیط کاهش می‌یابد. همچنین، تبخیر می‌تواند بر میزان رطوبت محیط تأثیرگذار بوده و با از دست رفتن آب روی برگ‌ها سبب کاهش رطوبت اطراف درختان انجیر شود. به طور خلاصه، تبخیر علاوه بر اثرات زیستی در خود گیاه، تأثیرات مهمی بر تأمین آب، تنظیم دما و رطوبت محیط دارد [۱۳]. [۲۹]

۳- نتایج و بحث

سامانه طراحی شده در این پژوهش به صورت کاملاً مستقل از خصوصیات خاص منطقه استهبان تهیه شده است. لذا این سامانه قابل تعمیم و توسعه برای تمامی کاربردهای مشابه در جمع‌آوری داده‌های مشارکتی مرتبط با مشکلات باغات و زمین‌های کشاورزی، می‌باشد. مطالعات مشابه متعددی با طراحی و توسعه سامانه‌های جمع‌آوری PPGIS و اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه (VGI) با استفاده از نرم‌افزارها و چارچوب‌های منبع-باز مانند Django ، OpenLayers ، Python ، GeoServer ، PostgreSQL و PostGIS در جهت پردازش و تحلیل، مدیریت پایگاه داده، پرس و جو و نمایش داده‌ها انجام شده و نشان داده‌اند که بکارگیری و استفاده از این ابزارها امکان توسعه بهینه و مستمر وب‌سایت‌ها، خدمات پویا و برنامه‌های کاربردی تحت وب را فراهم نموده و هزینه‌ها و مدت زمان طراحی سامانه‌ها را تسهیل می‌نمایند [۳۰-۳۳].

تعداد ۶۰ نفر از باغداران شهرستان استهبان در سامانه پیشنهادی ثبت‌نام نموده و اقدام به ترسیم و ثبت نواحی آفت‌زده باغات خود نموده‌اند. مشخصات این مشارکت‌کنندگان در جدول (۱) نشان داده شده است. بررسی این داده‌ها نشان می‌دهد که بازه سنی بین ۴۰-۶۰ سال بیشترین تعداد مشارکت‌کنندگان را به خود اختصاص داده‌اند (۵۳/۴ درصد). همچنین بیشتر باغداران مشارکت‌کننده (بیش از ۵۰ درصد) فاقد تحصیلات دانشگاهی هستند و افراد دارای مدرک لیسانس و بالاتر (حدود ۱۳ درصد)،

کمترین تعداد مشارکت‌کنندگان را تشکیل می‌دهند. علی‌رغم داشتن سطح تحصیلات کم، علاقه باغداران به مشارکت در گزارش آفات و بیماری‌های باغات انجیر می‌تواند به علت اهمیت موضوع باشد. مشکل آفات و بیماری‌ها تهدیدی جدی برای محصول درخت انجیر است و همین امر سبب شده تا باغداران حتی تا با وجود سطح تحصیلات و دانش نرم‌افزاری اندک، تمایل نسبتاً خوبی در مشارکت و ثبت نیازها و مشکلات خود در سامانه داشته باشند.

جدول ۱- مشخصات باغداران مشارکت‌کننده در سامانه.

تعداد باغداران مشارکت‌کننده		۶۰
گروه‌های سنی	کمتر از ۴۰	۱۸
	۴۰ تا ۶۰	۳۲
	بیش از ۶۰	۱۰
میزان تحصیلات	بی‌سواد و سیکل	۳۰
	دیپلم و فوق دیپلم	۲۲
	لیسانس و بالاتر	۸

در فرآیند ثبت گزارش‌های مرتبط با آفات باغات انجیر، باغداران از امکانات متعددی در سامانه بهره‌مند شده‌اند. این امکانات شامل ابزارهایی هستند که به باغداران اجازه می‌دهند تا به صورت دقیق و کارآمد نواحی مورد نظر خود را در سامانه ثبت نمایند. همان‌گونه که قبلاً اشاره شده است، فرآیند ثبت و ترسیم موقعیت نواحی آفت‌زده بر روی نقشه‌های موجود در سامانه به صورت عوارض نقطه‌ای، خطی و چندضلعی برای مشارکت‌کنندگان فراهم شده است. بررسی اطلاعات ثبت شده در سامانه نشان می‌دهد که ۸۰ درصد از باغداران مشارکت‌کننده نواحی آفت‌زده خود را به صورت نقطه‌ای ثبت نموده‌اند. دلیل این انتخاب می‌تواند به دلیل سادگی ترسیم عارضه نقطه‌ای، آشنایی محدود باغداران با تکنولوژی و همچنین زمان کمتر ترسیم نقطه باشد. همچنین، برخی از باغداران قادر به تشخیص موقعیت دقیق نواحی آفت‌زده باغ خود بر روی نقشه نبوده و با انتخاب عارضه نقطه‌ای اقدام به ثبت موقعیت تقریبی آن‌ها نموده‌اند. یافته‌های [۳۴] نیز نشان داده‌اند که افراد به دلیل سادگی ترسیم و آشنایی کم با نقشه، تمایل بیشتری به ثبت داده‌ها و مشکلات خود را به صورت عارضه نقطه‌ای دارند. [۳۵] نیز در تحقیق خود اشاره کرده‌اند که ترسیم عوارض پیچیده‌تر مانند عوارض خطی و چندضلعی نیاز به زمان و

تلاش بیشتری نسبت به عوارض نقطه‌ای دارند و از نظر فیزیکی و ادراکی بار بیشتری را بر مردم تحمیل می‌کنند؛ بنابراین اکثر افراد ترجیح می‌دهند از عوارض نقطه‌ای به جای عوارض خطی و چندضلعی در گزارش مشکلات خود استفاده نمایند.

با توجه به گزارش‌های ثبت شده در سامانه مشخص شد که ۵۰ درصد از باغداران مشارکت‌کننده علاوه بر ثبت نواحی آفت‌زده باغ خود، تصاویری از آفات و بیماری‌های موجود را نیز بارگذاری کرده‌اند که ۴۰ درصد از آن‌ها مربوط به آفات و ۶۰ درصد از آن‌ها مربوط به بیماری‌های درختان انجیر بوده است. این مساله نشان می‌دهد که باغداران با نوع آفات و بیماری‌هایی که باغات انجیر را تهدید می‌کنند، آشنایی دارند. از طرفی، تمایل باغداران به بارگذاری تصاویر به همراه گزارش‌های خود نشان دهنده اهمیت آگاه‌سازی سایر باغداران از مشکلات موجود می‌باشد. این موضوع با نتایج تحقیقاتی که توسط [۳۶] و [۳۷] انجام شده است، مطابقت دارد.

سایر اطلاعات ثبت شده توسط باغداران مشارکت‌کننده که شامل مراحل و عملیات مختلف باغداری (آبیاری، گرده‌افشانی، کوددهی و خاک‌دهی) جهت رشد و پرورش درختان انجیر می‌باشد، در جدول (۲) نشان داده شده است. اگرچه درختان انجیر در استهبان به صورت دیم کاشت می‌شوند اما بر اساس گزارش‌های ثبت شده توسط باغداران در سال ۱۴۰۱ کمتر از نیمی از آن‌ها و در سال ۱۴۰۲، بیش از نیمی از آن‌ها حداقل دو بار در سال زمین خود را آبیاری کرده‌اند. این تغییر و آبیاری بی‌رویه نسبت به سابق ممکن است به دلیل افزایش دمای هوا و یا تمایل باغداران برای برداشت بیشتر میوه انجیر در سال‌های اخیر باشد. در حالیکه نتایج این امر افزایش رطوبت خاک و ایجاد شرایط مطلوب برای رشد آفات مختلفی مانند طغیان مگس انجیر آفریقایی و مدیترانه‌ای و رواج بیماری ترشیدگی انجیر را به دنبال داشته است. انجیر از میر (خوراکی) نیاز به گرده‌افشانی (بردهی) داشته و در صورتیکه این عمل انجام نشود یا تعداد دفعات گرده‌افشانی کم باشد، میوه‌ها قبل از رسیدن می‌ریزند و سطح زیر درختان پوشیده از میوه‌های نارس می‌شود [۱۳]. بر اساس اطلاعات ثبت شده توسط باغداران مشارکت‌کننده در سال ۱۴۰۱، بیش از ۹۰ درصد و در سال ۱۴۰۲ بیش از ۸۵ درصد آن‌ها، ۲ تا ۳ مرتبه اقدام به

گرده‌افشانی کرده‌اند. با توجه به وضعیت آب و هوا در مناطق مختلف، عمل گرده‌افشانی در فاصله زمانی اوایل خرداد تا اواسط تیرماه انجام می‌شود. با توجه به اینکه میوه انجیر به تدریج بر روی درختان ظاهر می‌شود، در شهرستان استهبان تعداد دفعات گرده‌افشانی عمدتاً ۲-۳ نوبت و به فاصله هر ۴-۵ روز انجام می‌شود. در صورتیکه باغداران بیش از نیاز درخت انجیر خوراکی اقدام به گرده‌افشانی درخت نمایند، منجر به تلقیح میوه‌های زیاده‌تری شده و باعث ریز ماندن میوه‌های انجیر و ریزش برگ‌های درختان در زمان رسیدن میوه‌ها می‌شود [۱۳]. خروجی نتایج نشان می‌دهد که باغداران از دانش کافی برای زمان و تعداد دفعات گرده‌افشانی درختان انجیر برخوردار بوده‌اند. در مورد عمل کوددهی نیز باغداران استهبان معمولاً از هیچ نوع کود حیوانی یا شیمیایی برای درختان انجیر استفاده نمی‌کنند ولی با رواج آبیاری در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲، حدود ۳۰ درصد از باغداران مشارکت‌کننده در فصول پاییز و زمستان از هر دو نوع کود مذکور استفاده کرده‌اند. این عمل در برخی موارد می‌تواند منجر به سوختن برگ‌ها و ریزش میوه‌های انجیر می‌شود. عمل خاک‌دهی (گل دادن) درختان انجیر نیز زمان خاصی نداشته و هر چند سال یک بار انجام می‌شود. در دهه‌های اخیر باغداران جهت خاک‌دهی به درختان انجیر از تراکتور و بیل مکانیکی و روش‌های سنتی و دستی استفاده کرده‌اند. باغداران با کندن خاک بین درختان با استفاده از تراکتور باعث می‌شوند که حدود یک سال پس از انجام عملیات، درختان به شدت دچار عارضه برگ‌زردی شوند که این عارضه تا سالیان متمادی از بین نمی‌رود. خروجی گزارش‌های ثبت شده نشان می‌دهد که استفاده از هر دو روش خاک‌دهی در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال قبل، روند کاهشی داشته است.

به منظور پایش و شناسایی آفات و بیماری‌های درختان انجیر، از باغداران خواسته شد که پس از آشنایی با سامانه، تمامی آفات و بیماری‌هایی که در دو سال اخیر (۱۴۰۲-۱۴۰۱) با آن‌ها مواجه بوده و خسارت‌های فراوانی را به درختان و محصولات باغی آن‌ها وارد کرده‌اند، در سامانه ثبت نمایند. شکل‌های (۶) و (۷) موقعیت مکانی و نحوه پراکندگی آفات و بیماری‌های گزارش شده را نشان می‌دهند.

جدول ۲- اطلاعات ثبت شده مربوط به عملیات مختلف باغداری توسط باغداران (۱۴۰۱-۱۴۰۲).

عملیات	گزینه‌ها	۱۴۰۱	۱۴۰۲
آبیاری	عدم آبیاری	۷	۵
	۱ مرتبه	۲۴	۱۹
	۲ مرتبه	۱۸	۲۶
	۳ مرتبه و بیشتر	۱۱	۱۰
گرده‌افشانی	عدم گرده‌افشانی	۰	۰
	۱ مرتبه	۰	۰
	۲ مرتبه	۲۴	۲۳
	۳ مرتبه	۳۱	۲۹
کوددهی	۴ مرتبه و بیشتر	۵	۸
	عدم کوددهی	۴۵	۳۸
	فصل بهار	۱	۳
	فصل تابستان	۱	۰
نحوه خاک‌دهی	فصل پاییز	۸	۹
	فصل زمستان	۵	۱۰
	عدم خاک‌دهی	۲۹	۴۱
	دستی (سنتی)	۱۷	۱۱
	تراکتور و بیل مکانیکی	۱۴	۸

طبق گزارش‌های انجام‌شده، باغداران انجیر در طول دوره آماری با آفات مختلفی مواجه بوده‌اند (آفات مینوز برگ انجیر، کنه، شته، شپشک، مگس و پروانه برگ‌خوار انجیر) که بیشترین آن‌ها در سال ۱۴۰۱ مربوط به آفت کنه انجیر می‌باشد (جدول ۳). این آفت شامل کنه تارتن انجیر و کنه اریوفیده^{۱۱} انجیر است. به گفته [۳۸] و [۳۹]، این کنه‌ها یکی از مضرترین آفات در نحوه عملکرد گیاهان می‌باشند و خسارت‌های زیادی مانند ایجاد تار در راس‌ها و برگ‌های گیاه، تغییر رنگ و شکل برگ درختان، رنگ پریدگی نامنظم برگ‌ها (بیماری موزائیک انجیر)، برگ‌ریزی شاخه‌ها و کوچکی و نارس ماندن میوه را به دنبال دارند. بررسی داده‌های اقلیمی (جدول ۴) نیز نشان می‌دهد که باغات انجیر استهبان در سال ۱۴۰۱ میزان بارندگی و رطوبت کمتر و دمای بالاتری را نسبت به سال ۱۴۰۲ تجربه کرده‌اند و همین امر شرایط لازم جهت رشد و گسترش آفات کنه انجیر را افزایش داده است که این شرایط در [۳۸] نیز به عنوان عوامل تشدیدکننده جمعیت کنه‌ها تایید شده است. در بین بیماری‌های گزارش شده نیز (عارضه برگ زردو، بیماری موزائیک انجیر، ترشیدگی، خشکیدگی، زنگ و

^{۱۱} Eriophyidae

سوختگی برگ انجیر)، عارضه برگ زردو در جایگاه نخست سال ۱۴۰۱ قرار دارد که دلیل آن می‌تواند بالا بودن میزان خاک‌دهی به روش‌های مختلف در این سال باشد.

جدول ۳- آفات و بیماری‌های گزارش شده توسط باغداران.

آفات	تعداد		بیماری‌ها	تعداد	
	۱۴۰۱	۱۴۰۲		۱۴۰۱	۱۴۰۲
کنه	۵۱	۱۸	عارضه برگ زردو	۴۴	۲۱
شته	۶	۵	موزائیک انجیر	۱۸	۱۰
شپشک	۷	۱۵	ترشیدگی انجیر	۲۶	۴۹
مینوز برگ	۱	۰	بیماری شانکر یا خشکیدگی انجیر	۴	۱
مگس	۲۷	۴۸	زنگ انجیر	۲	۰
پروانه برگ‌خوار	۶	۱	سوختگی بر اثر سم و مواد شیمیایی	۷	۱۲

در سال ۱۴۰۲ برخلاف سال ۱۴۰۱، میزان متوسط سالانه بارندگی و رطوبت هوا افزایش و دمای هوا کاهش یافته است. اما باغداران به دلیل تجربه شرایط اقلیمی سال قبل، دفعات آبیاری خود را افزایش داده‌اند تا از عارضه برگ زردو، کنه و شپشک جلوگیری کنند. این امر سبب هجوم مگس میوه و بیماری ترشیدگی میوه انجیر در این سال شده است. این مگس شامل مگس سرکه، مگس انجیر آفریقایی و مگس انجیر مدیترانه است. باغداری که با این آفت مواجه شده‌اند، آثاری چون ریزش شدید میوه، تخمیر گوشت میوه انجیر و کاهش در کمیت و کیفیت محصول خود را گزارش داده‌اند. علاوه بر این، بیماری ترشیدگی انجیر که عامل اصلی آن مگس انجیر است، به عنوان رتبه نخست بیماری‌ها در سال ۱۴۰۲ ثبت شده است. مگس انجیر از درختان بسیار زیادی تغذیه می‌کند و یکی از مهمترین آفات در ایجاد خسارت‌های اقتصادی باغات انجیر محسوب می‌شود. این موضوع در سال ۱۴۰۲ به دلیل افزایش دفعات آبیاری زمین و افزایش رطوبت خاک نسبت به سال ۱۴۰۱ خسارت‌های بیشتری را برای باغداران به همراه داشته است. همچنین در این سال میزان سوختگی برگ درختان به دلیل استفاده نابجا از سموم و مواد شیمیایی نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

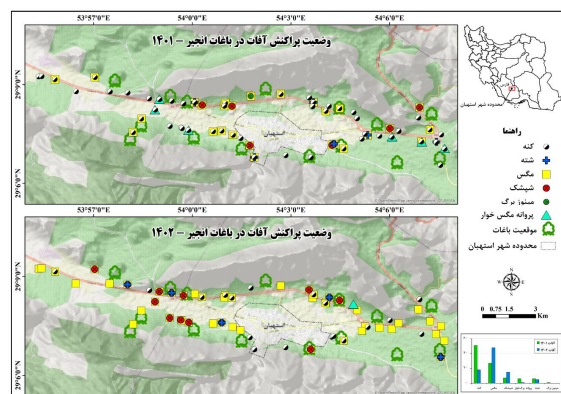
مقایسه گزارش‌ها در دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ نشان می‌دهند که شیوع آفات و بیماری‌های درختان انجیر به صورت مستقیم با عناصر اقلیمی و عملکرد باغداران ارتباط دارد. در واقع اگر باغداران بدون توجه به شرایط اقلیمی و برای کسب سود بیشتر اقدام به آبیاری، گرده‌افشانی و یا کوددهی بیش از حد درختان نمایند، ممکن است سبب شیوع و گسترش آفات و بیماری‌های مختلفی شده و با خسارت‌های جبران‌ناپذیری مانند از بین رفتن کل محصول در یک سال زراعی، مواجه شوند. مقایسه داده‌های باغداران و پارامترهای محیطی منطقه (میزان شیب و جهت آن، ارتفاع و جنس خاک) نیز نشان می‌دهد که این پارامترها برخلاف پارامترهای اقلیمی و نحوه انجام عملیات باغداری، تاثیر زیادی در ایجاد و گسترش آفات و بیماری‌های گزارش شده، ندارند. با این وجود، پارامترهای محیطی می‌توانند بصورت غیرمستقیم با تاثیر بر پارامترهای اقلیمی منطقه (مانند تغییر در دما، بارندگی، میزان تبخیر و جهت باد غالب) و عملکرد باغداران (تغییر میزان آبیاری، کوددهی، گرده‌افشانی و خاک‌دهی) در مقیاس‌های محلی، نقش کلیدی در شیوع و پراکنش آفات و بیماری‌های گیاهی ایفا نمایند.

با توجه به ارتباط منطقی بین نحوه انجام عملیات باغداری و بیماری‌های گزارش شده توسط باغداران می‌توان نتیجه گرفت که باغداران در ثبت اطلاعات از صداقت کافی برخوردار بوده و مشارکت و همکاری خوبی جهت ثبت گزارش مشکلات باغات خود با استفاده از PPGIS نشان داده‌اند. بنابراین باغداران می‌توانند با بکارگیری آموزش‌های لازم در زمینه رشد و پرورش گیاهان و نحوه کار با سامانه‌های پایشی نقش بسیار مهمی در پیشگیری و مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی باغات انجیر ایفا نمایند. اطلاعات ثبت شده در این سامانه قابلیت بازبینی مجدد داشته و می‌توانند جهت پایش، مقایسه و ارزیابی نتایج در مطالعات مرتبط آتی نیز مورد استفاده قرار گیرند. این اطلاعات بخصوص در مواقع عدم دسترسی به داده‌های مکانی معتبر و رسمی، بسیار مهم و ارزشمند خواهند بود و می‌توانند همانند VGI در صورت برخورداری از صحت و کیفیت لازم، به عنوان یک منبع داده جایگزین، رایگان، به‌روز و محلی در زمینه

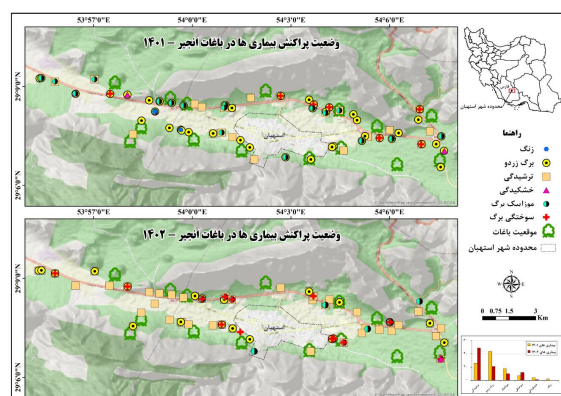
تکمیل، اصلاح و به‌روزرسانی زیرساخت داده مکانی (SDI)^{۱۲} هر کشور مورد استفاده قرار گیرند [۴۰]، [۴۱].

جدول ۴- وضعیت متوسط پارامترهای اقلیمی شهر استهبان.

پارامترهای اقلیمی	سالانه	تیر	مرداد	شهریور
۱۴۰۱	۱۴/۶	۲۹/۲	۰	۰/۱
بارش متوسط	۱۴۰۲	۱۶/۶	۵	۰
۱۴۰۱	۲۰/۸	۳۰/۹	۲۸/۸	۲۷/۱
دمای متوسط	۱۴۰۲	۲۰/۴	۳۲/۷	۲۸/۷
۱۴۰۱	۳۰/۹	۳۰/۳	۱۷/۹	۲۱/۱
رطوبت نسبی متوسط	۱۴۰۲	۳۵/۴	۲۰/۸	۲۱/۷
۱۴۰۱	۲۰/۶/۳	۳۲/۶/۴	۳۵/۳/۷	۲۸۰/۸
تبخیر متوسط	۱۴۰۲	۲۰/۱/۲	۴۱/۹/۸	۳۰۰/۸



شکل ۴- وضعیت پراکنش آفات در باغات انجیر.



شکل ۵- وضعیت پراکنش بیماری‌ها در باغات انجیر.

در پایان، میزان کاربرپسندی سامانه طراحی شده با ۵ معیار مختلف شامل نیاز به آموزش قبل از استفاده از سامانه، سادگی سامانه، نیاز به بهبود سامانه، سازگاری

بخش‌های مختلف سامانه و سرعت یادگیری استفاده از سامانه، مورد بررسی قرار گرفته است. جدول (۵) نحوه پاسخ مشارکت‌کنندگان را در ارزیابی عملکرد سامانه نشان می‌دهد. پاسخ‌های داده شده به سوال اول (نیاز به آموزش قبل از استفاده از سامانه)، نشان می‌دهد که ۸۵ درصد از باغداران مشارکت‌کننده بر این باورند که قبل از استفاده از سامانه باید آموزش‌های لازم را دریافت کنند. در نتیجه، ارائه آموزش‌های جامع و تخصصی، پشتیبانی فعال از کاربران و ایجاد راهنمای کاربری در سامانه جهت ارتقاء سطح آگاهی و توانمندی باغداران از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. این تدابیر می‌توانند علاوه بر تسهیل درک و نحوه بهره‌برداری از سامانه، سبب جلب اعتماد باغداران شده و افزایش میزان اثربخشی و موفقیت سامانه را به همراه داشته باشد. حدود ۶۵ درصد از باغداران مشارکت‌کننده با سادگی و سهولت ورود داده‌ها و گزارش مشکلات مرتبط با باغات انجیر در سامانه موافق بوده‌اند. تعداد ۱۶/۷ درصد از آن‌ها مردد و ۱۸/۳ درصد مخالف سادگی استفاده از سامانه هستند. این امر نیز نشان‌دهنده لزوم فراهم نمودن مقدمات اولیه آموزشی، طراحی ساده و قابل فهم و حذف ابزارهای غیرضروری و پیچیده از سامانه است تا تمامی باغداران بتوانند به طور کامل از خدمات ارائه شده در سامانه بهره‌مند گردند. بیش از نیمی از باغداران مشارکت‌کننده (۶۶/۷ درصد) با بهبود بخش‌های مختلف سامانه مخالف بوده‌اند. ولی با توجه به نظر سایر باغداران (۸/۳ درصد موافق و ۲۵ درصد مردد) بهتر است که قسمت‌های مختلف سامانه مورد بازنگری قرار گرفته تا علاوه بر رفع مشکلات موجود سبب ارتقاء کارایی و بهبود عملکرد سامانه گردد. باغداران در پاسخ به سازگاری بخش‌های مختلف سامانه نیز نظر تقریباً مشابهی ارائه داده‌اند (۶۵ درصد مخالف). در نتیجه لازم است تا در توسعه نسخه‌های بعدی سامانه، انسجام و توازن بین مؤلفه‌ها و قسمت‌های مختلف سامانه، بیشتر مورد توجه قرار گیرد. پاسخ‌های داده شده به سوال آخر نیز نشان می‌دهند که استفاده از سامانه برای ۶۶/۷ درصد از باغداران مشارکت‌کننده راحت بوده است. در مقابل ۲۱/۷ درصد مردد و ۱۱/۶ درصد از آن‌ها مخالف سرعت یادگیری استفاده از سامانه هستند. این آمار لزوم آموزش‌های نرم-افزاری را برای باغداران قبل و حین استفاده سامانه تأیید می‌کند. این آموزش‌ها می‌توانند به افزایش سرعت

یادگیری و بهره‌وری مشارکت‌کنندگان در استفاده از سامانه کمک نمایند.

جدول ۵- ارزیابی میزان کاربرپسندی سامانه.

معیارهای ارزیابی سامانه	نیاز به آموزش قبل و بعد	سادگی	نیاز به بهبود مختلف	سازگاری بخش‌های مختلف	سرعت یادگیری
کاملاً موافق	۴۹	۱۶	۰	۱	۲۹
موافق	۲	۲۳	۵	۷	۱۱
مردد	۹	۱۰	۱۵	۱۳	۱۳
مخالف	۰	۱۰	۲۳	۱۸	۴
کاملاً مخالف	۰	۱	۱۷	۲۱	۳
مجموع موافق‌ها	۵۱	۳۹	۵	۸	۴۰
مجموع مخالف‌ها	۰	۱۱	۴۰	۳۹	۷

تحلیل آمارهای مربوط به قابلیت کاربرپسندی سامانه نشان می‌دهد که اکثر باغداران تمایل به مشارکت و استفاده از سامانه برای ثبت اطلاعات باغات انجیر دارند. اما تناقضات موجود در نظرات موافق و مخالف، نیاز به آموزش فنی و ترویج فرهنگ استفاده از مزایای سامانه را نشان می‌دهد. زیرا اهمیت استفاده از سامانه هنوز برای باغداران شفاف نبوده و بسیاری از آن‌ها ترجیح می‌دهند برای پیشگیری و مقابله با آفات و بیماری‌های باغ خود از تجربه شخصی و روش‌های سنتی گذشته، استفاده نمایند. همچنین باغداران بر این باورند که با وجود سامانه ممکن است پیگیری مشکلات مربوط به باغات از طرف مسئولین به درستی انجام نگیرد و تنها با مراجعه حضوری بتوان امید به حمایت آن‌ها داشت. یکی دیگر از مشکلاتی که باغداران هنگام استفاده از سامانه با آن مواجه شده‌اند، پیدا کردن موقعیت باغشان بر روی نقشه و عدم آشنایی و درک یکسان باغداران از ابزارهای موجود در سامانه بود. این مشکل باعث شد که با وجود طراحی ساده سامانه، باغداران در وهله اول کمی دچار سردرگمی شوند. به همین دلیل لازم است که پژوهشگر در منطقه مورد مطالعه حضور یابد تا توضیحات کامل را در مورد نحوه کار با سامانه، ارائه دهد. همچنین می‌توان به عدم تمایل برخی از باغداران به همکاری در این تحقیق اشاره کرد که منجر به کم شدن تعداد گزارش‌های دریافتی شده است. بدیهی است در صورتیکه حضور فیزیکی پژوهشگر برای جمع‌آوری گزارش‌ها ضروری باشد، ممکن است مدت

زمان جمع‌آوری داده با محدودیت‌های مختلفی مواجه شده و بازه زمانی مطالعه افزایش یابد. رابط کاربری سایت نیز نیاز به تقویت، بازبینی و بهبود دارد تا بتواند در وهله اول مخاطب را جذب و به استفاده از سامانه ترغیب نماید. یکی دیگر از محدودیت‌های این تحقیق، آنتن‌دهی ضعیف موبایل، دسترسی به اینترنت و سرعت بارگذاری در منطقه بوده است که در بسیاری از موارد موجب بروز مشکل در کار با سامانه و امکان بارگذاری عکس شده و منصرف شدن برخی از کاربران از ادامه روند ثبت نواحی آفت‌زده را به دنبال داشته است.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مشارکت عمومی به دلیل استفاده از دانش بومی و محلی می‌تواند تا حد بسیار زیادی برای پایش و کنترل آفات و بیماری‌های محصولات کشاورزی و باغی مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این تحقیق با توسعه یک سامانه PPGIS امکان ثبت و گزارش مشکلات مربوط به باغداران

انجیر، در بخشی از شهرستان استهبان فراهم شده است. تحلیل و ارزیابی گزارش‌های ثبت شده در سامانه نشان می‌دهد که نوع آفات و بیماری‌های شیوع یافته در هر سال زراعی به طور مستقیم با شرایط مختلف اقلیمی و نحوه عملکرد باغداران منطقه، مرتبط است.

جهت افزایش بکارگیری PPGIS ها پیشنهاد می‌شود که این سامانه‌ها به صورت نرم‌افزارهای تحت GIS همراه^{۱۳} طراحی شوند. این نرم‌افزارها به دلیل پیاده‌سازی با زبان‌های برنامه‌نویسی مختص دستگاه‌های تلفن همراه با سهولت بیشتری اجرا شده و طراحی فضای کاربری آن‌ها نیز مناسب‌تر خواهد بود. دستگاه‌های تلفن همراه به دلیل داشتن سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)^{۱۴} و اینترنت، این امکان را برای باغداران فراهم می‌کنند تا به راحتی موقعیت مکانی باغ خود را شناسایی کرده و اطلاعات مربوطه (مانند ترسیم نواحی آفت‌زده و بارگذاری عکس) را با سرعت بیشتری وارد یا دریافت نمایند. علاوه بر این، این دستگاه‌ها قابل حمل بوده و در هر مکان و زمان در دسترس باغداران قرار دارند.

^{۱۳} Mobile

^{۱۴} Global Positioning System

مراجع

- [1] Faraji, L., & Karimi, M. (2022). Botanical gardens as valuable resources in plant sciences. *Biodiversity and Conservation*, 31(12), 2905-2926.
- [2] Karar, M. E., Alsunaydi, F., Albusaymi, S., & Alotaibi, S. (2021). A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system. *Alexandria Engineering Journal*, 60(5), 4423-4432.
- [3] Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H., & Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security, and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*, 21(10), 640-656.
- [4] Mathenge, M. (2022). The Spatial Dimension of Agriculture and Food Security: A GIS-based Spatially Explicit Approach for Integration of Smallholder Agriculture into Agribusiness.
- [5] Singh, A., Mehrotra, R., Rajput, V. D., Dmitriev, P., Singh, A. K., Kumar, P., ... & Singh, A. K. (2022). Geoinformatics, artificial intelligence, sensor technology, big data: emerging modern tools for sustainable agriculture. *Sustainable agriculture systems and technologies*, 295-313.
- [6] Kumar, P., Singh, A., Rajput, V. D., Yadav, A. K. S., Kumar, P., Singh, A. K., & Minkina, T. (2022). Role of artificial intelligence, sensor technology, big data in agriculture: next-generation farming. In *Bioinformatics in Agriculture* (pp. 625-639). Academic Press.
- [7] Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69, 211-221.
- [8] Roberts, D. P., Short Jr, N. M., Sill, J., Lakshman, D. K., Hu, X., & Buser, M. (2021). Precision agriculture and geospatial techniques for sustainable disease control. *Indian Phytopathology*, 74(2), 287-305.
- [9] Wu, Q., Zeng, J., & Wu, K. (2022). Research and application of crop pest monitoring and early warning technology in China. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 9(1), 19-36.
- [10] Stankovic, M., Neftenov, N., & Gupta, R. (2022). Use of Digital Tools in Fighting Climate Change: A Review of Best Practices. Available online: <https://bit.ly/3Gxodt6>.
- [11] Gebresenbet, G., Bosona, T., Patterson, D., Persson, H., Fischer, B., Mandaluniz, N., Chirici, G., Zacepins, A., Komasilovs, V., Pitulac, T. and Nasirahmadi, A. (2023). A concept for application of integrated digital technologies to enhance future smart agricultural systems. *Smart agricultural technology*, 5, p.100255.
- [12] Aithal, S., & Aithal, P. S. (2024). Information Communication and Computation Technologies (ICCT) for Agricultural and Environmental Information Systems for Society 5.0. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML)*, 8(1), 67-100.
- [13] Faqih, F. (2018). The complete book of figs, Farhangestanecadab, Fars, Iran, (in Persian).
- [14] Zaman, S. (2020). Examining the relationships between environmental values, knowledge, and preferences using public participatory geographic information systems.
- [15] Pandey, P. C., & Pandey, M. (2023). Highlighting the role of agriculture and geospatial technology in food security and sustainable development goals. *Sustainable Development*, 31(5), 3175-3195.
- [16] Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745.
- [17] Morchid, A., El Alami, R., Raczah, A. A., & Sabbar, Y. (2023). Applications of internet of things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural Sustainability: Benefits and challenges. *Ain Shams Engineering Journal*, 102509.
- [18] Ebitu, L., Avery, H., Mourad, K. A., & Enyetu, J. (2021). Citizen science for sustainable agriculture—A systematic literature review. *Land use policy*, 103, 105326.
- [19] Dong, Y., Xu, F., Liu, L., Du, X., Ren, B., Guo, A., Geng, Y., Ruan, C., Ye, H., Huang, W., & Zhu, Y. (2020). Automatic system for crop pest and disease dynamic monitoring and early forecasting. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 4410-4418.
- [20] Jelokhani-Niaraki, S., & Omidipour, M. (2023). Development and Implementation of a Web-based GIS for Registering and Monitoring the Livestock and Poultry Genetic Resources. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66, e23220759.
- [21] Avaniidou, K., Alexandridis, T., Kavroudakis, D., & Kizos, T. (2023). Development of a multi scale interactive web-GIS system to monitor farming practices: a case study in Lemnos Island, Greece. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100313.
- [22] Rano, S. H., Afroz, M., & Rahman, M. M. (2022). Application of GIS on monitoring agricultural insect pests: a review. *Reviews In Food And Agriculture*, 3(1), 19-23.
- [23] Mathenge, M., Sonneveld, B. G., & Broerse, J. E. (2022). Application of GIS in agriculture in promoting evidence-informed decision making for improving agriculture sustainability: a systematic review. *Sustainability*, 14(16), 9974.
- [24] Raihan, A. (2024). A Systematic Review of Geographic Information Systems (GIS) in Agriculture for Evidence-Based Decision Making and Sustainability. *Global Sustainability Research*, 3(1), 1-24.
- [25] Papafilippaki, A., Stavroulakis, G., & Petropoulos, G. P. (2022). Geoinformation Technologies in Pest Management: Mapping Olive Fruit Fly Population in Olive Trees. In *Information and Communication Technologies for Agriculture—Theme I: Sensors* (pp. 289-304). Cham: Springer International Publishing.
- [26] Ali, M., Nessa, B., Khatun, M., Salam, M., & Kabir, M. (2021). A way forward to combat insect pest in rice. *Bangladesh Rice J*, 25(1), 1-22.
- [27] Ghimire, D. (2020). Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django.
- [28] Gábor, F. (2020). Creating the foundations of a universal client-side Web GIS system.
- [29] Faqih, F. (2014). Drought control solutions in rainfed orchards: (case study: rainfed fig orchards), University jihad of mashhad, Razavi Khorasan, Iran, (in Persian).

- [30] Gao, W., Chen, N., Chen, J., Gao, B., Xu, Y., Weng, X., & Jiang, X. (2024). A Novel and Extensible Remote Sensing Collaboration Platform: Architecture Design and Prototype Implementation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(3), 83.
- [31] White, C. T., Petrasova, A., Petras, V., Tateosian, L. G., Vukomanovic, J., Mitasova, H., & Meentemeyer, R. K. (2023). An open-source platform for geospatial participatory modeling in the cloud. *Environmental Modelling & Software*, 167, 105767.
- [32] Hadj Kaddour, N. Z., Meguenni, B., Benshila, N., Bouakkaz, K., & Mebrek, A. (2022). Development of a collaborative platform for intelligent territorial mapping of the city of ORAN. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 175-180.
- [33] Jan, J. F. (2018). Application of Citizen Science and Volunteered Geographic Information (VGI): Tourism Development for Rural Communities. *Big Data in Computational Social Science and Humanities*, 29-44.
- [34] Hosseini, F. S., Jelokhani-Niaraki, M., & Faraji-Sabokbar, H. (2022). Developing a participatory WebGIS for monitoring the physical problems of rural settlements. *Intercontinental Geoinformation Days*, 4, 55-57.
- [35] Jelokhani-Niaraki M R, Rahmani M, Kiavarz M. (2021). Evaluation of Citizens' Efforts in Participatory Production of Spatial Data. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 11(1), 79-90, (in Persian).
- [36] Fatehian, S., Jelokhani-Niaraki, M., Kakroodi, A. A., Dero, Q. Y., & Samany, N. N. (2018). A volunteered geographic information system for managing environmental pollution of coastal zones: A case study in Nowshahr, Iran. *Ocean & coastal management*, 163, 54-65.
- [37] Salahudin, S., Husaini, H., Anwar, A., & Zulfan, Z. (2020). Web-Gis Application Of Agricultural And Food Crop Management. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 2(1), 25-30.
- [38] Jakubowska, M., Dobosz, R., Zawada, D., & Kowalska, J. (2022). A review of crop protection methods against the twospotted spider mite—*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)—with special reference to alternative methods. *Agriculture*, 12(7), 898.
- [39] Marini, F., Weyl, P., Vidović, B., Petanović, R., Littlefield, J., Simoni, S., de Lillo, E., Cristofaro, M., & Smith, L. (2021). Eriophyid mites in classical biological control of weeds: Progress and challenges. *Insects*, 12(6), 513.
- [40] Shahi, K. (2023). Volunteered Geographic Information (VGI) in Spatial Data Infrastructure (SDI) Continuum. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 9(1), e3-e3.
- [41] Naghavi, M., Alesheikh, A. A., Hakimpour, F., Vahidnia, M. H., & Vafaeinejad, A. (2022). VGI-based spatial data infrastructure for land administration. *Land Use Policy*, 114, 105969.