نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۹، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۴، ص. ۱۴۳-۱۳۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 19, Apr.-May. 2025, p. 135-143

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اصلاح جانمایی درختان نر در باغ پسته به منظورافزایش بهره‌وری‌آب

مریم جمالی نظری[۱]، مسعود سلطانی[۲]*، هادی رمضانی اعتدالی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

چکیده

پسته به عنوان یک محصول اقتصادی در باغداری محسوب می‌شود و در مقایسه با سایر محصولات، با مصرف مقدار آب کمتر، درآمد بیشتری حاصل خواهد کرد که به عنوان مزیت اصلی بخش کشاورزی، بازار جهانی دارد. یکی از عوامل موثر بر میزان محصول و کیفیت پسته، گرده افشانی کامل در سطح باغ می‌باشد که با تعداد درختان نر موجود در باغ، رابطه مستقیم دارد. به طور معمول ۵ تا ۷ درصد تعداد درختان در باغ را پایه‌های نر تشکیل می‌دهند که لازم است بر اساس شرایط اقلیمی منطقه، پراکندگی مناسبی در سطح باغ داشته باشند. این پژوهش در باغ‌های پسته مزرعه پاپلی قزوین به وسعت ۱۹۳ هکتار انجام شد. تعداد ۲۰ پرواز با پهپاد انجام شد و ۲۷۲۲ تصویر هوایی از ارتفاع ۳۰ متری باغ برداشت شد. پس از پردازش تصویر و تعیین موقعیت درختان نر در باغ، نقشه جانمایی اصلاح‌شده برای یک باغ نمونه تهیه شد و بر اساس اطلاعات آب آبیاری باغ در طی ۱۰ سال، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در شرایط دو سناریوی اصلاحی، مورد ارزیابی قرار گرفت. در سناریو اول حداقل تغییر در جایگاه درختان نر، موردنظر قرار گرفت و در سناریوی دوم بدون توجه به وضعیت فعلی و بر اساس پیشنهاد پژوهش‌های قبل، جانمایی انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده برای مقادیر بهره‌وری آب در هر دو سناریو نشان داد اصلاح جانمایی درختان نر در باغ، می‌تواند بهره‌وری کل آب آبیاری را بهبود بخشد و مقدار آن از حدود ۰/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط کنونی، به مقدار ۹/۵ درصد در سناریوی اول و همچنین حدود ۱۴ درصد در سناریوی دوم افزایش یابد، درنتیجه با مصرف آب کمتر و یا افزایش میزان عملکرد با همان مقدار آب آبیاری قبلی، باغدار درآمد بیشتری خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: احمد آقایی، پهپاد، تصاویر RGB، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) به‌عنوان یک کالای استراتژیک از مزیت‌های اصلی بخش کشاورزی و محصول برتر تولیدی این بخش در بازارهای جهانی است که با نام ایران پیوندی عمیق دارد (Mehdi-Tounsi et al., 2017). سطح زیر کشت پسته در ایران بیش از ۵۱۸۹۱۷ هکتار هست که ۱۱۳۲۲۶ هکتار آن غیر بارور و ۴۰۵۶۹۱ هکتار آن بارور است میانگین عملکرد باغ‌های پسته کشور برای کشت دیم و آبی به ترتیب ۲۴۵ و ۸۳۲ کیلوگرم در هکتار است. در استان قزوین سطح غیر بارور و بارور پسته در سال ۱۳۹۸ به ترتیب ۸۰۰ و ۳۶۰۰ هکتار و متوسط عملکرد آبی برابر ۱۰۹۹ کیلوگرم در هکتار است (آمارنامه محصولات باغی - ۱۳۹۸) . اگرچه درخت پسته به‌عنوان یک محصول کم آب‌بر در کشور شناخته می‌شود ولی بیشتر باغ‌های پسته در ایران وابسته به منابع آب زیرزمینی هستند. درصورتی‌که بهره‌برداری از منابع آب‌زیرزمینی بر اساس بیلان آب منطقه نباشد، احداث باغ‌های جدید در راستای توسعه پایدار نخواهد بود و سرمایه‌گذاری کلان انجام‌شده در احداث باغ‌های پسته با مشکلات اساسی مواجه خواهد شد. پسته گیاهی دوپایه است و گل‌های نر و ماده آن روی شاخه‌های یک‌ساله درختان نر و بارور مجزا تشکیل می‌شود .بنابراین تولید محصول پسته نیازمند وجود هر دو نوع درخت نر و بارور در محل باغ و انجام فرآیند گرده‌افشانی و تلقیح است. نسبت درختان نر به بارور و تعیین الگوی صحیح قرار گرفتن درختان نر در باغ پسته با در نظر گرفتن نسبت مناسب درختان نر به بارور به‌منظور افزایش تراکم دانه گرده در سطح باغ و بهبود کارایی گرده‌افشانی یکی از موضوعات مهم در مدیریت درختان نر باغ پسته، است (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۹، قاسمی و همکاران ۱۳۹۹).

۱ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) - قزوین-ایران
۲ - استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) - قزوین-ایران
۳ - استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) - قزوین-ایران
(*- نویسنده مسئول: msoltani@eng.ikiu.ac.ir)

یک درخت نر می‌تواند یک شعاع ۲۰ متری از درختان بارور را در اطراف خود به‌خوبی پوشش دهد. بنابراین باید چیدمان درختان نر در باغ به‌گونه‌ای باشد که هر درخت بارور با اولین درخت نر بیش از ۲۰ متر فاصله نداشته باشد (Vaknin et al., 2002). بنابراین با این الگو در هر هکتار نیازمند ۲۵ تا ۳۰ عدد درخت نر است که ۳ تا ۵ درصد از کل درختان باغ را تشکیل می‌دهد. در مناطقی که به‌تازگی باغ‌های پسته احداث گردیده است و یا مناطقی که میزان رطوبت هوا بالاست بین ۵ تا ۷ درصد تعداد کل درختان باید پایه‌های نر باشد و محل جانمایی آن‌ها در باغ باید به‌گونه‌ای باشد که با وزش بادهای غالب منطقه، دانه‌های گرده به‌خوبی در سطح باغ پراکنده گردند.

به‌کارگیری روش‌های پردازش تصویر در کشاورزی می‌تواند بصورت غیر مستقیم منجر به افزایش بهره‌وری آب و همچنین افزایش کیفیت و کمیت محصول گردد. در باغ‌های بزرگ که امکان بازدید و سرکشی از تمام مساحت کشت‌شده امکان‌پذیر نیست، استفاده از تصاویر پهپادی این فرصت را برای مدیر باغ ایجاد می‌کند تا در کمترین زمان ممکن، ارزیابی دقیق از وضعیت درختان در تمام سطح باغ را داشته باشد. به همین دلیل در باغداری مدرن سال‌های اخیر در کنار استفاده از سنسورهای محیطی و نمونه‌برداری‌های مزرعه‌ای، تصویربرداری با پهپادها و استفاده از روش‌های سنجش از دور می‌تواند کمک شایانی در مدیریت هرچه بهتر باغ داشته باشد. برخی از کاربردهای سنجش‌ازدور در باغداری عبارت است از، تشخیص و پایش وضعیت گیاه ازنظر وجود تنش آبی یا شوری، برآورد نیاز آبی و تعیین زمان آبیاری بر اساس وضعیت ظاهری گیاه، ارزیابی جنبه‌های رشد و توسعه گیاهان، مدیریت منابع آب ازنظر برآورد مصارف آبی بر اساس سطح زیر کشت و مدیریت عملیات باغی به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز و آفات. به‌کارگیری روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی دقت پردازش‌ها را بالابرده و برای کاربر امکان برآورد و تحلیل شرایط موجود را فراهم می‌آورد. یکی از روش‌های رایج پردازش تصویر برای متمایز ساختن پوشش گیاهی و حذف پیکسل‌های پس‌زمینه، استفاده از الگوریتم‌های جداسازی در تصاویر ناحیه مرئی است (Riehle et al., 2020). هم‌چنین، در میان تکنیک‌های جداسازی، روش‌های مبتنی بر آستانه‌گذاری[1] و خوشه‌بندی[2]، بیشترین استفاده را برای جداسازی تصاویر دارند (Abdullah et al., 2012; Riehle et al., 2020).

پهپادها را می‌توان در فعالیت مختلف کشاورزی، ازجمله نظارت بر محصول و رشد، برآورد عملکرد، ارزیابی تنش آبی و تشخیص و آشکارسازی علف هرز، آفات و بیماری‌ها استفاده کرد (Inoue, 2020; Panday et al., 2020). از سوی دیگر، پهپادها نیز با محدودیت‌هایی مواجه هستند. مشارکت هدایت‌کننده، قدرت موتور، پایداری و اطمینان‌پذیری، کیفیت حسگرها به دلیل محدودیت‌های بار وزنی، هزینه‌های اجرا و مقررات پرواز ازجمله این محدودیت‌ها هستند (Zhang. C & Kovacs, 2012). در تحقیقی بررسی شد که در حال حاضر به ازای هر ۹۰ الی ۱۵۰ درخت ماده، یک درخت نر کاشته می‌شود، درحالی‌که نسبت ایده آل آن، ۲۴ به ۱ و یا حداکثر فاصله ۲۰متر است (کاشانی‌زاده ۱۳۸۴).

در پژوهشی عبداله‌نژاد باروق و همکاران (۱۳۹۵) برای کلاس‌بندی انواع پسته‌های دربسته، پوک و مغز دار، از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی–فازی تطبیق‌پذیر استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، مدل توسعه‌یافته در هر دو مرحله آموزش و تست، توانایی دسته‌بندی انواع پسته را با دقت بالا و قابل‌قبول دارد. در تحقیقی شاخص سطح برگ برای مزرعه ذرت علوفه‌ای با استفاده از تصاویر پهپادی تهیه شد و توزیع مکانی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد ۹۶/۶ درصد از تغییرات شاخص سطح برگ در سطح مزرعه، توسط دو متغیر کسر پوشش گیاهی و باند مادون‌قرمز نزدیک واردشده به مدل قابل تبیین بود (گوینده و همکاران، ۱۳۹۷). در پژوهش دیگری با استفاده از داده‌های طیفی برداشت‌شده با پهپاد، آشکارسازی درختان پرتقال و تشخیص تنش گیاهی را مورد مطالعه قراردادند. نتایج تحقیق الگوریتم‌های طبقه‌بندی برای تشخیص درختان دارای تنش با صحت کلی ۶۹ درصد، کارایی پهپادها برای آگاهی دادن به بهره‌برداران را نشان داد (Miraki et al., 2022). همچنین در پژوهشی، به‌کارگیری تصاویر پهپادی در برآورد پوشش سایه‌انداز گیاه ذرت با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر بررسی شد. هر دو روش جداسازی و طبقه‌بندی دقت بالایی در برآورد سطح سایه‌انداز ذرت داشتند ولی روش جداسازی، پوشش گیاهی را ۱۰ درصد کمتر از الگوریتم‌های طبقه‌بندی به دست آورد (Soltani, 2024).

در تحقیقی مشخص شد که تراکم گرده در اکبری تحت تاثیر, فاصله و فراوانی تعداد منبع گرده بود و از فاصله ۳۰ متری تراکم گرده رو به کاهش نهاد. سرعت و جهت باد , و تعداد درختان نر اثر محسوسی بر تراکم مناسب گرده در اکبری داشت .(شریفانی ،۱۴۰۲)

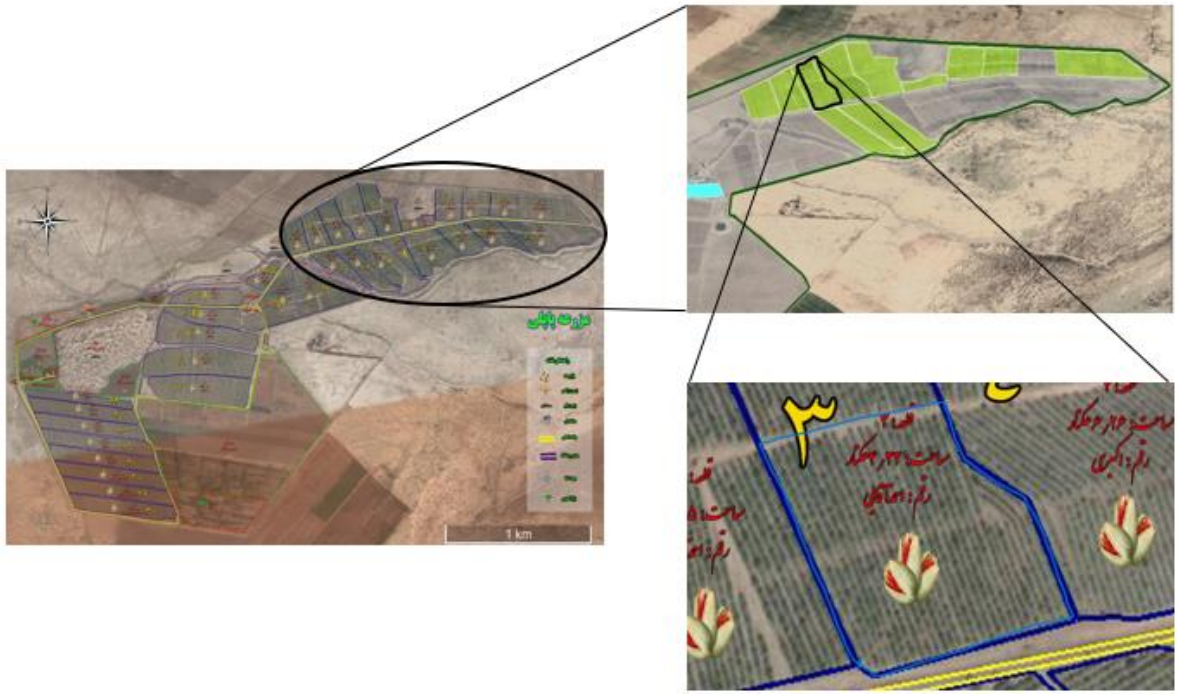
مطالعه تحقیقات پیشین نشان می‌دهد، به‌کارگیری فن‌آوری سنجش‌ازدور و الگوریتم‌های پردازش تصویر در محدوده‌ی وسیعی از موضوعات در علوم کشاورزی کاربرد دارند. به‌کارگیری روش‌های پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی مصنوعی با کاربردهای مختلف برای باغ و محصول پسته مورد استفاده قرارگرفته است ولی استفاده از تصاویر پهپادی برای طبقه‌بندی درختان نر و بارده در سطح باغ انجام‌نشده است. با توجه به اهمیت جانمایی درختان نر در باغ و اصلاح نسبت تعداد آن‌ها به تعداد کل درختان کاشته شده، لازم است

1- Thresholding
2- Clustering

با استفاده از روش‌های پردازش تصویر، جانمایی درختان نر در باغ پسته مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی روش‌های مختلف پردازش تصویر در تشخیص موقعیت درختان نر در سطح باغ و همچنین تأثیر اصلاح جانمایی درختان بر شاخص بهره‌وری آب و عملکرد محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه از باغ‌های پسته قزوین واقع در مزرعه پاپلی در ۳۵ کیلومتری جنوب شهر قزوین واقع‌شده که ازنظر جغرافیایی در ۵۰ درجه و ۴ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۲۱۰ متری از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارش سالانه در سطح استان از ۲۱۰ میلی‌متر در بخش‌های شرقی تا بیش از ۵۵۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمال شرقی متغیر است (احمدی و همکاران ۱۴۰۱). متوسط حداکثر دما (درجه سلسیوس) ۳۵/۸ و متوسط حداقل دما (درجه سلسیوس) ۱۵/۸ و مجموع بارندگی در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ برابر با ۳۳۶/۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است (بولتن هفتگی مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی اسماعیل‌آباد، اداره کل هواشناسی استان قزوین). وسعت کل باغ ۱۹۳ هکتار بود که در ۳۰ قطعه مختلف طبقه‌بندی‌شده‌اند. در این پژوهش از تعداد ۱۲ باغ منتخب که مجموع مساحت‌شان حدود ۵۰ هکتار بود تصویربرداری هوایی انجام شد و قسمتی از قطعه شماره ۳ به عنوان باغ نمونه، به مساحت ۲/۸۱ هکتار که ارقام پیوندی غالب کل مجموعه را داشتند برای اصلاح جانمایی درختان، انتخاب شد. شکل ۱ موقعیت مکانی محل پژوهش و باغ‌های انتخاب‌شده برای تصویربرداری هوایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت مجموعه باغ‌های پاپلی، باغ‌های منتخب تصویربرداری با پهپاد و باغ نمونه برای اصلاح جانمایی

آبیاری باغ به‌صورت قطره‌ای با استفاده از لوله‌های ۱۶ میلی‌متری در طول فصل رشد انجام می‌شد. حجم آب مصرفی با استفاده یک کنتور حجمی که در ابتدای هر باغ نصب شده‌بود، اندازه‌گیری می‌شد. تعداد ۱۱ آبیاری در طول فصل رشد گیاه از خرداد تا آبان ماه انجام شد که طول مدت هر آبیاری بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت متغیر بود. در ابتدای شروع آبیاری مدت زمان کارکرد قطره چکان‌ها ۱۱ ساعت و در اوج نیاز آبی، مدت زمان کارکرد قطره چکان‌ها تا ۲۴ ساعت افزایش داشت. در باغ منتخب تعداد ۲۸۰۰ قطره چکان در هکتار با دبی متوسط ۱۱ لیتر در ساعت در حال استفاده بودند. مقدار آب مصرفی در سال ۱۴۰۱، در هر دور آبیاری ۳۷۰ مترمکعب در هکتار و برای کل سال حدود ۴۰۷۰ مترمکعب در هکتار بود. همچنین مقدار آب مصرفی به ازای یک کیلوگرم پسته تر در حدود ۰/۵ مترمکعب بر گیلوگرم برای سال ۱۴۰۱ تعیین گردید.

برای تصویربرداری و جمع‌آوری مجموعه داده‌های باغ پسته از

پهپاد موویک ۲ پرو شرکت DJI، مجهز به سنسور ۲۰ مگاپیکسلی Hasselblad L1D-20c camera- 20 MP 1" CMOS sensor استفاده شد. ارتفاع پروازی ۳۰ متر بود که برای ثبت تصاویر با قدرت تفکیک مکانی زیر یک سانتیمتر انتخاب گردید. ارتفاع پروازی در طول تصویربرداری ثابت و همپوشانی طولی و عرضی بالای ۷۰ درصد انتخاب گردید. پس از تصویربرداری با استفاده از نرم‌افزار Agisoft نقشه اورتوموزاییک از قطعات مختلف تولید شد. پیش از پردازش تصاویر تولیدشده به‌منظور تعیین تأثیر نوع رقم، تراکم کاشت درختان و تراکم درختان بارور در هکتار بر روی عملکرد محصول و بهره‌وری آب، آزمون مقایسه میانگین انجام شد. همچنین به دلیل سال‌آوری پسته، میزان عملکرد در هکتار برای سال‌های روشن (بارده) قطعات مختلف و همچنین میزان آب آبیاری و بهره‌وری آب، با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک، نرمال بودن داده‌ها بررسی و آزموده شد. تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS.v26 انجام شد و سطح معنی‌داری تفاوت میانگین‌ها ۵ درصد در نظر گرفته شد. به‌منظور تشخیص درخت نر در باغ، ابتدا از روش جداسازی و با استفاده از آستانه گذاری خودکار بر روی شاخص‌های مختلف گیاهی، سعی شد موقعیت و تعداد درختان نر در باغ تعیین شود. در این تحقیق ۵ روش مختلف آستانه گذاری , Manuall , RiddlerCalvard (RC) Johanson , Otsu , Twopeakو ۳۰ شاخص حاصل از ترکیب باندهای مرئی تصاویر موردبررسی قرار گرفت. پردازش‌ها در محیط برنامه‌نویسی پایتون و با استفاده از کدهای توسعه‌یافته انجام شد. شاخص‌های گیاهی که در این پژوهش استفاده شدند به همراه روابط ریاضی آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است .

جدول ۱- شاخص‌های مورداستفاده برای تشخیص گل‌آذین به روش جداسازی

شماره	نام شاخص	رابطه ریاضی	شماره	نام شاخص	رابطه ریاضی
۱	r	R/(R+G+B)	۱۶	I_{PCA}	0.994|R B|+0.961|GB|+0.914|GR|
۲	g	G/(R+G+B)	۱۷	ExR	1.4r g
۳	b	B/(R+G+B)	۱۸	ExB	1.4b g
۴	RG	R-G-	۱۹	ExG	2g-r b
۵	R B	R-B	۲۰	ExGR	ExG- ExR
۶	G B	G-B	۲۱	Gray	0.2898r+0.5870g+0.1140b
۷	(RG)/(R+G)	(R−G)/(R+G)	۲۲	CIVE	0.441r 0.811g+0.385b+18.78
۸	(R B)/(R+B)	(R−B)/(R+B)	۲۳	PCA_1	−0.977b + 0.916((G−B)/(G+B)) + 0.995((R−B)/(R+B)) + 0.771 ((R−G)/(R+G))
۹	(G B)/(G+B)	(G−B)/(G+B)	۲۴	PCA_2	0.999|R−B| + 0.92|G−B| + 0.886|R−G|
۱۰	(RG)/(R+G+B)	(R−G)/(R+G+B)	۲۵	I_1	R + G − 2B
۱۱	(R B)/(R+G+B)	(R−B)/(R+G+B)	۲۶	SLR1	−60430 − 0.7316B + 69680b + 112800g + 28270((G−B)/(G+B)) − 23890((R−B)/(R+B)) + 68380((R−G)/(R+G))
۱۲	(G B)/(R+G+B)	(G−B)/(R+G+B)	۲۷	SLR2	−46240 − 2.678B + 1.05G + 52570b + 87420g + 20720((G−B)/(G+B)) − 18240((R−B)/(R+B)) + 52500((R−G)/(R+G))
۱۳	RGRI	R/G	۲۸	SLR3	−25373 + 30106b + 46539g + 12776((G−B)/(G+B)) − 10507((R−B)/(R+B)) + 28821((R−G)/(R+G))
۱۴	GLI	(2GR B)/(2G+R+B)	۲۹	SLR4	−44312 + 51689b + 81995g + 21751((G−B)/(G+B)) − 18156((R−B)/(R+B)) + 50425((R−G)/(R+G))
۱۵	VARI	(GR)/(G+R B)	۳۰	SLR5	−41048 + 46964b + 76841g + 19998((G−B)/(G+B)) − 17173((R−B)/(R+B)) + 47162((R−G)/(R+G))

تهیه نقشه پراکندگی درختان نر در باغ و اصلاح جانمایی آن

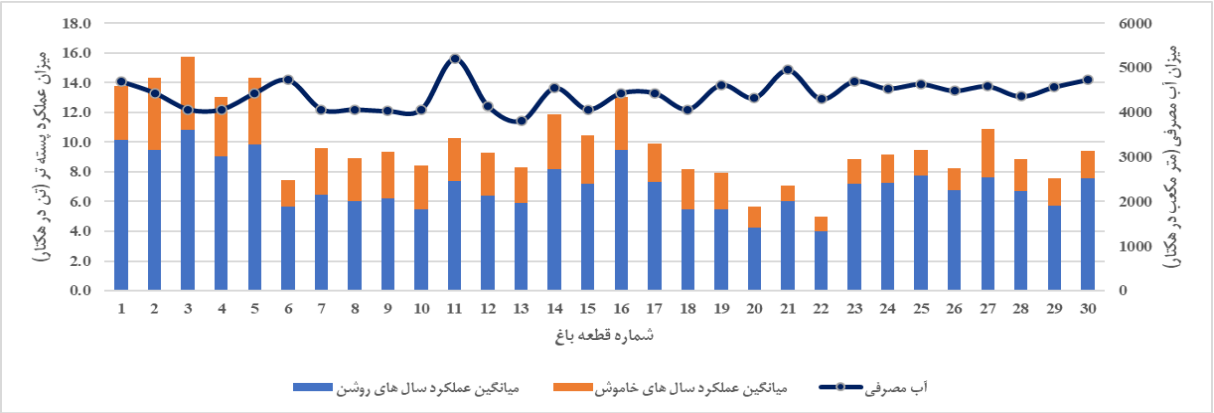
پس از تعیین موقعیت درختان نر در باغ پسته، محل درختان به‌صورت پلی گون برچسب‌گذاری شد. سپس با بررسی فاصله آن‌ها از یکدیگر تحت دو سناریو مختلف، اقدام به اصلاح جانمایی‌ها شد. در سناریو اول حداقل تغییر در جایگاه درختان نر مورد نظر قرار گرفت و در سناریوی دوم بدون توجه به وضعیت فعلی و بر اساس نتایج پژوهش‌های قبل که حداقل فاصله از درختان نر را در باغ پسته ۲۰ متر گزارش کردند، جانمایی انجام شد. پس از تولید نقشه اصلاح‌شده برای موقعیت درختان نر در هر دو سناریو، میزان بهره‌وری آب محاسبه و با وضعیت موجود مقایسه گردید. برای محاسبه بهره‌وری آب آبیاری از مفهوم CPD استفاده شد که معادل نسبت مقدار محصول تولید شده به میزان آب آبیاری مصرف‌شده می‌باشد (رابطه

۱)، در این رابطه Yield مقدار محصول باغی تولیدشده در هکتار و CWR مقدار آب آبیاری مصرفی در هکتار می باشد.

$$CPD = \frac{Yeild_c}{CWR_c} \quad (۱)$$

نتایج و بحث

مقایسه میانگین عملکرد طی ۱۰ سال برای هر یک از باغ‌ها نشان داد، متوسط عملکرد در سال‌های روشن ۷۰۹۲ کیلوگرم در هکتار و برای سال‌های خاموش ۲۷۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. شکل ۲ میزان آب آبیاری و متوسط عملکرد سال‌های روشن و خاموش را برای هر یک از ۳۰ قطعه باغ ، طی مدت ۱۰ سال اخیر نشان می‌دهد.



شکل ۲- میانگین عملکرد سال‌های روشن و خاموش ۳۰ قطعه باغ و میزان آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) برای هر یک از قطعات باغ

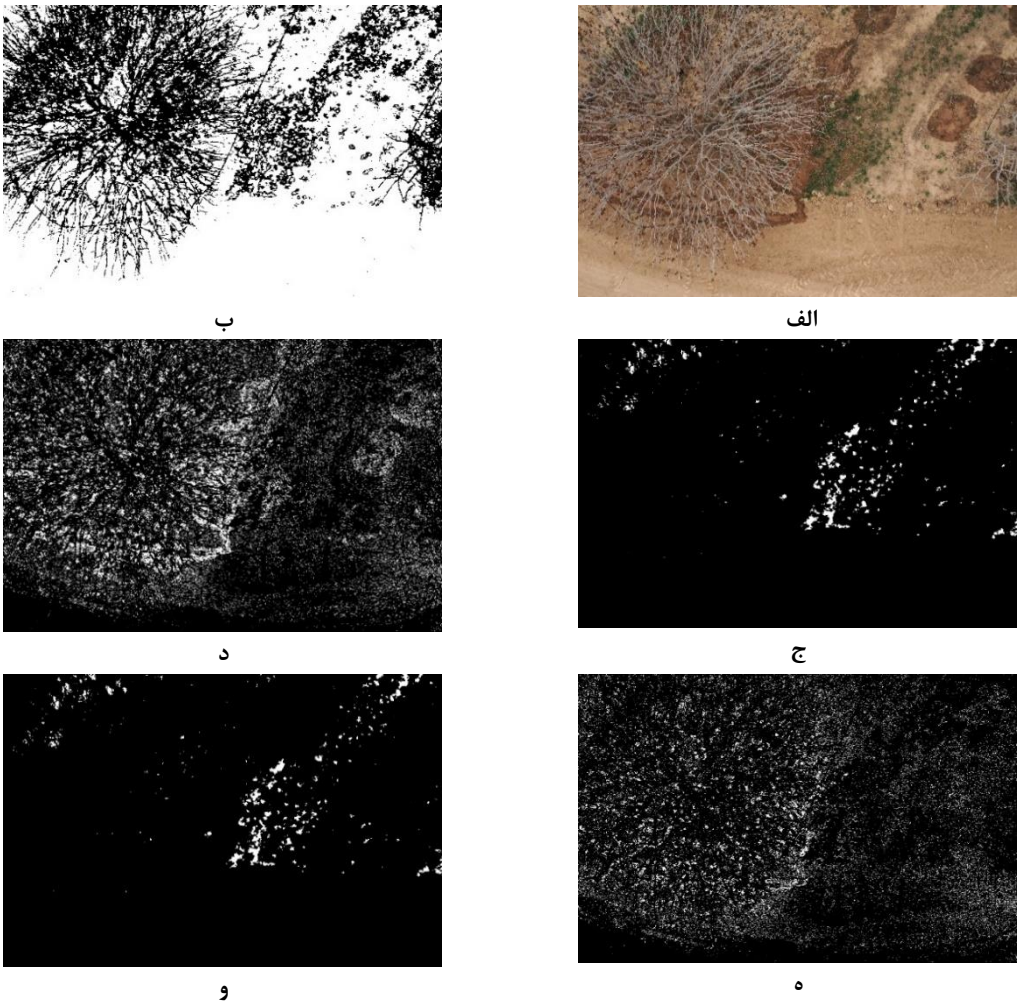
با توجه به یکنواختی بین باغ‌های منتخب، یک باغ با مساحت ... هکتار به‌عنوان نمونه، برای پردازش تصاویر انتخاب شد و اصلاح جانمایی و محاسبات مربوط به بهره‌وری آب برای باغ نمونه بررسی شد. مقایسه میانگین عملکرد ۱۰ ساله دو رقم احمد آقایی با مقدار ۴/۴ تن در هکتار و رقم اکبری با مقدار ۴/۳ تن در هکتار نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین میانگین عملکرد دو رقم غالب وجود نداشت. مقایسه میانگین مقادیر آب آبیاری طی ۱۰ سال در باغ نشان داد، به طور متوسط هر هکتار ۴۴۰۵ متر مکعب آب مصرف می‌کند و مقادیر حداکثر و حداقل آب آبیاری به ترتیب ۵۲۱۱ و ۳۸۰۶ مترمکعب در هکتار بدست آمد. با توجه به تعداد کل درختان در باغ، مقدار آب آبیاری به ازای هر درخت ۶/۳ مترمکعب در سال و مقدار آب آبیاری به ازای تولید یک کیلوگرم پسته تر مقدار ۰/۵ مترمکعب بدست آمد. بنابراین با اصلاح تعداد درختان نر در باغ پسته بر اساس حداکثر فاصله پیشنهادی دو درخت نر متوالی و اختصاص آب آبیاری آن‌ها به درختان بارور، تولید در واحد سطح افزایش پیدا خواهد کرد و کارایی مصرف آب ارتقا خواهد یافت. در ادامه نتایج مربوط به تعیین موقعیت درختان نر به کمک روش‌های پردازش تصویر و مقایسه روش‌های مختلف جداسازی تصویر مورد بحث و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج تشخیص گل‌آذین‌های درختان نر با استفاده از روش‌های جداسازی

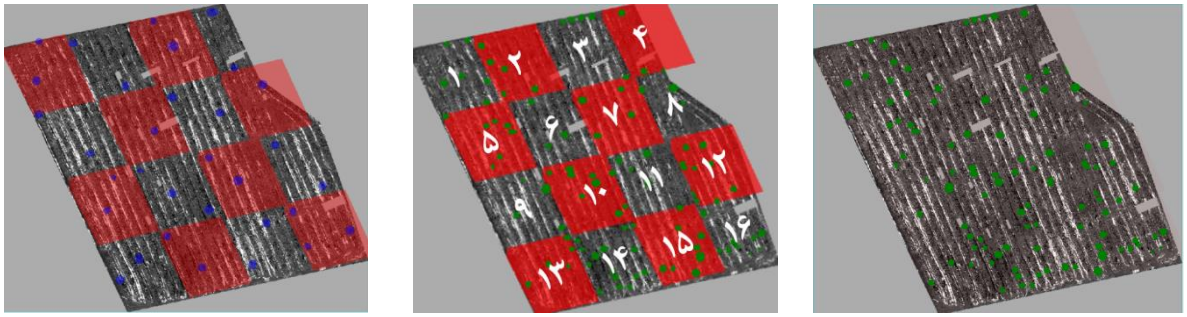
با اعمال هم‌زمان ۵ روش آستانه‌گذاری و شاخص‌های ۳۰ گانه گیاهی بر روی تصویر رنگی، تلاش شد تا موقعیت درختان نر در باغ نمونه تشخیص داده شود. در شکل زیر نتایج اعمال روش‌های مختلف آستانه‌گذاری نشان داده‌شده است. در این پژوهش نتایج اعمال شاخص‌های گیاهی و روش‌های مختلف آستانه‌گذاری بر روی تصاویر پهپادی نشان داد امکان تشخیص پیکسل‌های گل‌آذین به کمک روش جداسازی وجود نداشت. بررسی نتایج ۱۵۰ روش مختلف (ترکیب ۳۰ شاخص مختلف گیاهی و ۵ روش مختلف آستانه گذاری) نشان داد دو دلیل اصلی وجود دارد که امکان تشخیص پیکسل‌های گل‌آذین به روش جداسازی امکان‌پذیر نیست. اول اینکه نسبت تعداد پیکسل‌هایی که در آن‌ها گل‌آذین بودند در کل تصویر کمتر از ۰/۱۵ درصد بود و دلیل دوم، نزدیک بودن بازتاب پیکسل‌های گل‌آذین و بازتاب پیکسل‌های خاک مرطوب بود. از آن‌جایی‌که گل‌آذین‌ها فقط بر روی پایه‌های نر پسته ظاهر می‌شود، درصورتی‌که روش‌های جداسازی توانایی تفکیک پیکسل‌های گل‌آذین و پیکسل‌های خاک مرطوب را در تصویر رنگی ایجاد می‌کردند، امکان تعیین موقعیت مکانی درختان نر در باغ وجود داشت، ولی نتایج نشان داد روش‌های جداسازی دقت مطلوبی در تشخیص گل‌آذین‌ها در تصاویر رنگی نداشتند. تابع هدف در هر دو روش جداسازی و اعمال آستانه گذاری تصاویر، تشخیص گل‌آذین‌ها در درختان نر بود. شکل ۳ عملکرد هر یک از پنج روش مختلف آستانه گذاری را بر روی تصویر رنگی نشان می‌دهد.

با توجه به قابلیت بالای روش‌های جداسازی در تصویر، در صورت وجود باند مادون قرمز در تصاویر و اعمال شاخص‌های گیاهی مبتنی بر باند مادون قرمز، کارایی روش‌های جداسازی نیز بهبود

خواهد داشت، ولی از آن‌جایی که در این پژوهش دسترسی به تصاویر چند طیفی و همچنین باند قرمز وجود نداشت، موقعیت درختان نر به کمک روش‌های طبقه‌بندی تصویر مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت و نتایج نشان داد به کمک طبقه‌بندی تصویر به روش شبکه عصبی و استفاده از داده‌های آموزشی، امکان تعیین موقعیت درختان نر در باغ وجود دارد. شکل ۳ نتایج خروجی پردازش تصویر به روش طبقه‌بندی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشخص است موقعیت درختان نر، پس از تعین محل، برچسب‌گذاری شدند که در شکل ۴ با برچسب‌های سبز مشخص‌شده‌اند.



شکل ۳ – نتایج اعمال آستانه گذاری‌های مختلف الف: تصویر اصلی ، ب: manuall، ج: Otsu، د: RC، ه: Two peak، و: johanson



الف) وضعیت پراکندگی درختان نر قبل از اصلاح جانمایی

ب) تقسیم‌بندی باغ به ۱۶ قطعه مساوی برای اصلاح تعداد درختان در هر قطعه

ج) وضعیت پراکندگی درختان نر پس از اصلاح جانمایی

شکل ٤- برچسب گذاری موقعیت درختان نر در باغ نمونه

پس از تعیین موقعیت درختان نر در باغ نمونه، محل آن‌ها با کمک ابزار ROI در نرم‌افزار Envi 5.6 با رنگ سبز برچسب‌گذاری شد و با شمارش تعداد آن‌ها در یک مساحت ۴۰ × ۴۰ مترمربعی، تراکم درختان نر با مقدار پیشنهادشده در مراجع، مورد مقایسه قرار گرفت. کل باغ نمونه به ۱۶ قطعه تقسیم‌بندی شد (شکل ۴). مطابق منابع پیشنهادی، در هر قطعه حداقل چهار درخت نر باید وجود داشته باشد. بر همین اساس قطعاتی که تراکم درختان نر زیاد بود، به روش پیوند می‌توان آن‌ها را به درختان بارده تبدیل کرد، که باعث افزایش تولید در واحد سطح و در نهایت افزایش بهره‌وری خواهد شد. همچنین در برخی از قطعات نیاز به کاشت درخت نر بود که مطابق شکل ۵ تعداد درختان در باغ نمونه اصلاح شد.

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود بیشترین و کمترین تعداد درخت نر به ترتیب ۱۶ و ۳ است که لازم است جانمایی و تعداد آن‌ها اصلاح شود. پس از اصلاح تعداد درختان نر در باغ و جانمایی آن‌ها بر اساس متوسط آب آبیاری هر درخت و تولید محصول میانگین، مقادیر بهره‌وری آب در این باغ نمونه با مساحت حدود ۲/۸ هکتار برآورد شد. نتایج به‌دست‌آمده برای مقادیر بهره‌وری آب در هر دو سناریوی مورد بررسی نشان داد اصلاح تعداد و جانمایی درختان نر در باغ نمونه می‌تواند باعث بهبود بهره‌وری آب آبیاری گردد و مقدار آن از ۰/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب به مقدار ۹/۵ درصد در سناریوی اول و همچنین حدود ۱۴ درصد در سناریوی دوم افزایش یافت (جدول ۲).

شکل ۵- تعداد درخت نر در هر یک از ۱۶ قطعه‌ی باغ نمونه

جدول ۲ - میزان افزایش بهره‌وری آب آبیاری درختان پسته بعد از اصلاح تعداد و جانمایی درختان نر در باغ نمونه

شماره سناریو	مساحت قطعه نمونه	تعداد درختان کل	تعداد درختان نر قبل از اصلاح	بهره‌وری آب آبیاری قبل از اصلاح $kg\ m^{-3}$	تعداد درختان نر حذف شده	بهره‌وری آب آبیاری پس از اصلاح $kg\ m^{-3}$
۱	۲/۸۱	۲۶۶۶	۱۰۳	۰/۵۹	۲۵	۰/۶۴۶
۲					۵۳	۰/۶۷۳

نتیجه‌گیری

با توجه به ارزش اقتصادی بالای محصول پسته، هر نوع مدیریتی که بتواند منجر به تولید بیشتر این محصول با مقدار آب کمتر شود، باعث افزایش سطح درآمد باغدار و همچنین منجر به بهبود کیفیت و کمیت محصول می‌شود. اگرچه در باغ‌های پسته وجود پایه نر برای گرده‌افشانی ضروری است ولی افزایش تراکم درختان نر، بیشتر از حد مورد نیاز نه تنها باعث افزایش محصول نمی‌شود بلکه با مصرف آب غیرمفید بهره‌وری کل را کاهش می‌دهد. در این پژوهش نشان داده شد که در صورت اصلاح تعداد و جانمایی درختان نر در باغ پسته، امکان افزایش بهره‌وری آب بین ۹ تا ۱۴ درصد وجود دارد. مطابق نتایج سناریوی اول برای باغ‌های احداث‌شده می‌توان با کمترین میزان جابه‌جایی درختان، بهره‌وری آب را تا ۹/۵ درصد افزایش داد، در نتیجه با مصرف آب کمتر و یا افزایش میزان عملکرد با همان مقدار آب مصرفی قبلی، باغدار درآمد اقتصادی بیشتری خواهد داشت. همچنین در سناریوی دوم نشان داده شد برای باغ‌هایی که در حال احداث هستند می‌توان با جانمایی صحیح درختان نر در کل سطح، تا ۱۴ درصد میزان بهره‌وری آب بیشتری را نسبت به احداث سنتی باغ انتظار داشت. برای اصلاح جانمایی درختان نر در باغ‌های احداث‌شده، به‌کارگیری تصویر اورتوموزاییک باغ، که به‌وسیله پهپادهای سبک، تصویربرداری شده باشند، پیشنهاد می‌گردد. مدیریت و پایش وضعیت ظاهری باغ نیز با استفاده از تصاویر پهپادی بسیار کاربردی و مفید خواهد بود.

منابع

احمدی، م. و رمضانی اعتدالی، ه. ۱۴۰۱. کاربردپذیری پایگاه بارشی GLDASدر برآورد ردپای آب سبز و آبی گندم و ذرت در دشت قزوین با استفاده از مدل 'Aqua Crop، هیدروژئولوژی. ۷(۲): ۴۲-۳۰.

سلطانی، م. ۱۴۰۳. برآورد درصد پوشش گیاهی ذرت با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر.مدیریت آب و آبیاری. ۱۴(۱): ۱۲۲-۱۱۱.

شریفانی،م.، اسماعیلی، م.، ترابی، ب.، دهقانی، ا.ا.، عوض آبادیان، ع.ا.، و حکم‌آبادی، ح. ۱۴۰۲. بررسی دینامیک حرکت دانه‌گرده و ارتباط آن با بارآوری درختان پسته. پژوهش‌های تولید -گیاهی. ۳۰(۴): ۵۷-۷۷ .

عبداله‌نژاد باروق، ع.، عادلی نیا، م. و محمدی، م. ۱۳۹۵. کلاس‌بندی پسته با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه نروفازی تطبیق‌پذیر. ماشین های کشاورزی. ۶ (۱): ۶۸-۶۰.

فرهادی، ح.، شریفانی، م. م. و حکم آبادی، ن. ۱۳۹۹. بررسی اثرات گرده‌افشانی آزاد و کنترل شده دانه گرده گونه‌های اهلی و اینتگریما بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پسته (Pistachio vera L.)رقم فندقی، مجله علوم و فناوری پسته. ۵ (۱۰): ۴۵-۶۵.

قاسمی، م.، کاشانی‌زاده، س.، گلمحمدی، م.، قاسمی، ش.، هاشمی‌نسب، ح. و حکم‌آبادی، ح. ۱۳۹۹. بررسی الگوی گلدهی و کمیت دانه گرده برخی ژنوتیپ‌های نر پسته(Pistacia vera L.) در شرایط آب و هوایی قزوین، مجله علوم و فناوری پسته. ۵ (۹): ۱۷۶-۱۸۷

کاشانی‌زاده، س. ۱۳۸۴. بررسی، شناسایی و جمع آوری ارقام نر پسته در منطقه قزوین. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان.

گوینده نجف‌آبادی، م.، میرلطیفی، س.م. و اکبری، م. ۱۳۹۷. برآورد شاخص سطح برگ ذرت با استفاده دوربین دیجیتال اصلاح شده، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲(۶): ۱۴۰۶-۱۳۹۶.

Mehdi-Tounsi, H, Chelli-Chaabouni, A, Mahjoub-Boujnah, D. and Boukhris, M. 2017. Long term field response of pistachio to irrigation water salinity. Journal of agricultural water management. 185: 1-12.

Inoue, Y. 2020 Satellite- and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming – a review. Soil Science and Plant Nutrition. 66(6): 798–810. https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1738899

Soltani, M. 2024. Estimating maize canopy cover percent by means of image processing algorithms. Water and Irrigation Management. 14(1): 111-122. doi: 10.22059/jwim.2023.364331.1098

Riehle, D., Reiser, D. and Griepentrog, H. W. 2020. Robust index-based semantic plant/background segmentation for RGB- images. Computers and Electronics in Agriculture. 169: 105201. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105201.

Abdullah, S. L. S., Hambali, H. and Jamil, N. 2012. Segmentation of natural images using an improved thresholding-based technique. Procedia Engineering. 41(Iris): 938–944. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.266.

Panday, U. S., Pratihast, A. K., Aryal, J. and Kayastha, R. B. 2020. A review on drone-based data solutions for cereal crops. Drones. 4(3): 1–29. https://doi.org/10.3390/drones4030041

Zhang, C. and Kovacs, J. M. 2012. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. Precision Agriculture 2012 13:6. 13(6): 693–712. https://doi.org/10.1007/S11119-012-9274-5

Miraki, M., Sohrabi, H., Fatehi, P. 2022. Citrus trees identification and trees stress detection based on spectral data derived from UAVs. Research in Horticultural Sciences. 1(1): 27-40. doi: 10.22092/rhsj.2022.127815

Vaknin, Y, Gan-Mor, S, Bechar, A, Ronen B, & Eisikowitch, D. 2002. Electrostatic pollination of pistachio, a novel technique of pollen supplementation in agriculture. United States Agricultural Research and Development Funding. 1511-1516.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 19, Apr.-May. 2025, p. 135-143

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۹، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۴، ص. ۱۴۳-۱۳۵

Investigation the Placement Refinement of Male Trees in Pistachio Orchard to Increase Water Productivity

M. Jamali Nazari[1], M. Soltani[2]* and H. Ramezani Etedali[3]
Recived: Jan.08, 2024 Accepted: Feb.02, 2025

Abstract

Pistachios are considered as an economic crop in horticulture and, compared to other crops, they will gain more income by consuming less water, which is a major advantage for the global agricultural market. One of the factors affecting the yield and quality of pistachios is proper pollination in the orchard, which is directly related to the number of male trees in the orchard. Typically, 5 to 7 percent of the trees in the orchard are male rootstocks, which need to be properly distributed throughout the orchard based on the climatic conditions of the region. This research was conducted in the pistachio orchards of Popli Farm in Qazvin, covering an area of 193 hectares. 20 drone flights were conducted and 2722 aerial images were taken from a height of 30 meters above the orchard. After image processing and determining the location of male trees in the orchard, a modified layout map was prepared for a sample orchard, and based on the orchard's water consumption data over 10 years, water productivity values were evaluated under two modified scenarios. In the first scenario, minimal changes were made to the position of male trees, and in the second scenario, placement was done regardless of the current situation and based on the suggestions of previous studies. The results obtained for water productivity values in both scenarios showed that modifying the placement of male trees in the sample orchard improved total productivity, and its amount increased from about 0.59 kg m^{-3} to 9.5% in the first scenario and about 14% in the second scenario. As a result, with less water consumption or increasing the yield with the same amount of water consumption, the orchardist will have more income.

Keywords: Ahmad Aghaei, Drone, Increasing water productivity, RGB images

1 – Graduated M.Sc. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Water Science. & Eng. Dept., Faculty of Agri. & Natural Res. Imam Khomeini International University, Iran, Qazvin
2 – Assistant Professor, Water Science. & Eng. Dept., Faculty of Agri. & Natural Res. Imam Khomeini International University, Iran, Qazvin
3 – Professor, Water Sci. & Eng. Dept., Faculty of Agri. & Natural Res. Imam Khomeini International University, Iran, Qazvin
(*- Coresponding Author Email: msoltani@eng.ikiu.ac.ir)