

پایش ظهورشناسی گونه عرعر (*Ailanthus altissima*) در شمال غرب اصفهانعاطفه شهبازی* و سید حمید متین خواه^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۴)

چکیده

مشکلات عمده تغییرات اقلیمی در جهان موجب توجه روزافزون به ظهورشناسی و توسعه مطالعات در این زمینه شده است. مطالعه کمی ظهورشناسی با استفاده از ثبت رنگ اندام‌های مختلف گیاهان می‌تواند مکمل روش توصیفی در تعیین زمان دقیق رویدادهای ظهورشناسی باشد. هدف اصلی این مطالعه شناسایی خصیصه‌های ظهورشناسی گونه عرعر آن به دو روش توصیفی و با استفاده از سری زمانی عکس-برداری است. به منظور بررسی توصیفی، مدت ۷ سال از ۴ پایه گونه عرعر (*Ailanthus altissima*) در محوطه فضای سبز دانشگاه صنعتی اصفهان در فواصل زمانی حداقل هر دو هفته یکبار بازدید به عمل آمد و زمان ظهور پدیده‌های ظهورشناسی ثبت گردید. عکسبرداری بخش‌های مختلف گیاه، به مدت ۴ سال انجام شد. طیف عکس برگ و میوه درخت تهیه شد و رنگ در سیستم RGB با وضوح تصویر هشت بیت (۲^۸) برای هر رنگ آنالیز شد. با تعیین نسبت هر رنگ اصلی، ترکیب رنگ به دست آمد که می‌تواند به آسانی تفسیر شود. برای بررسی اثر دما بر تغییرات رنگ در طول زمان، شاخص (2G-RB) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مشاهدات توصیفی نشان داد که گلدهی این گونه در نیمه دوم اردیبهشت تا نیمه اول خرداد ماه و زمان ظهور میوه‌ها معمولاً از نیمه دوم خرداد تا اوایل تیر ماه است. نتایج حاصل از نمودارهای تغییرات رنگ برگ نشان داد که در اوایل ماه آبان (اکتبر) تلاقی باند رنگی سبز و قرمز، نشان‌دهنده انقلاب رنگ در برگ‌ها است. در نمودارهای مربوط به میوه اولین تلاقی مربوط به ظهور میوه به رنگ سبز است ولی دومین تلاقی مربوط به تغییر رنگ میوه از سبز به قهوه‌ای می‌باشد. هم‌چنین همبستگی بین دما و شاخص رنگ (2G-RB) مربوط به هر دو جزء گیاه (برگ و میوه) در سطح یک در صد و پنج در صد معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: درخت عرعر، ظهورشناسی، کمی‌سازی رنگ، عکس‌برداری دیجیتال، RGB

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.shahbazi@na.iut.ac.ir

مقدمه

گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری با فرم‌های بیولوژیک متفاوت از هم در دوره زندگی خود وقایع طبیعی مختلفی را در فصول و زمان معینی به معرض ظهور در می‌آورند که از آن به ظهورشناسی تعبیر می‌شود. تغییرات در ظهورشناسی گیاهان به علت حساسیت آنها می‌تواند به عنوان شاخص قابل مشاهده‌ای برای واکنش گیاهان به تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد (۱۳). مشکلات عمده تغییرات اقلیمی در جهان موجب توجه روزافزون به ظهورشناسی و توسعه مطالعات در این زمینه شده است. در آسیا ژانگ و همکاران (۱۸) با استفاده از داده‌های ۲۶ ایستگاه در شبکه مشاهدات ظهورشناسی چین برای ۴۰ سال گذشته تغییرات موسمی ظهور گیاهان در بهار و تأثیر گرم شدن اقلیمی روی آنها را در چین بررسی کردند و نشان دادند که واکنش پیش روی موسمی ظهور (یا تأخیر آنها) به تغییرات دمایی به صورت خطی نبود به طوری که با افزایش دامنه دمایی سرعت روزهای پیش روی موسمی ظهور کاهش یافت (۱۸). فصل رشد تغییرات سالانه زیادی دارد و مشخص‌ترین تغییرات در پارامترهای فصل رشد در اواخر ۳۰ سال قرن بیستم اتفاق افتاده است (۱۳).

رنگ از جمله پدیده‌هایی است که در اجزای مختلف گیاهی طی زمان‌های مختلف تغییر می‌کند و در مطالعات ظهورشناسی به خاطر کاربردهای مختلف آن مورد توجه می‌باشد. تغییرات رنگ گیاهان می‌تواند در تیپ‌بندی مناطق جنگلی و طراحی پارک‌ها و فضای سبز استفاده شود. در گذشته با رنگ پدیده‌ها به صورت یک پارامتر کیفی برخورد می‌شد که قابل استفاده به عنوان یک پارامتر کمی در پژوهش‌های علمی نبود، به عنوان مثال تبدیل رنگ برگ‌ها در فصل خزان به صورت زرد یا قرمز بیان شده است (۲). قاسمی و همکاران (۳) در بررسی ظهورشناسی کلن‌های مختلف صنوبر در کلکسیون پایه مادری کرج طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۳ از دوربین چشمی برای ثبت مراحل

فنولوژیک در فرم‌های مربوطه استفاده کردند و اقدام به تعیین رنگ پدیده‌ها به صورت کیفی کرده‌اند. به عنوان مثال رنگ برگ هنگام خزان را با واژه‌هایی همچون زرد، زرد سبز، نارنجی و زرد، سبز و زرد و یا رنگ برگ هنگام باز شدن را نیز به صورت خرمایی، سبز روشن و غیره توصیف کرده‌اند (۳). این در حالی است که هیچ‌گونه تحلیل کمی از رنگ پدیده‌ها صورت نگرفته است. کریمینز و همکارش در سال ۲۰۰۸ ضمن بیان مشکلات ثبت مشاهدات روزانه ظهورشناختی، عکس‌برداری به صورت مکرر را، راه حل مناسبی برای پایش رویدادهای ظهورشناختی در گیاهان عنوان می‌کنند. وی با استفاده از روش الگوریتم‌های ریاضی از سری زمانی عکس‌های به دست آمده از گونه‌های درختی به تخمین سبزی‌نگی و شمارش گل‌های انفرادی مبادرت کرده و ضمن بیان فواید این روش اندازه‌گیری، با بررسی روابط ظهورشناختی با متغیرهای هواشناسی و ادا فیزیکی به این نتیجه رسیده است که عکس‌برداری مکرر پیوند خورده با اندازه‌گیری‌های هواشناسی خاص منطقه می‌تواند رابطه بهتری از آنها را نشان دهد (۶). هدف از این مطالعه شناسایی جامع ویژگی‌های گونه عرعر (از قبیل زمان گلدهی، برگ‌دهی، میوه‌دهی، تغییرات رنگ و ارتباط آن با پارامتر محیطی دما) به عنوان یک گونه چند منظوره در اهداف مختلف جنگل‌کاری در مناطق خشک و توسعه فضای سبز حاشیه شهری می‌باشد و از آنجایی که دانستن خصیصه‌های ظهورشناسی در انتخاب گونه نقش مؤثری دارد ظهورشناسی عرعر به دو روش توصیفی و با استفاده از سری زمانی عکس‌برداری مورد تحلیل پژوهشی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی گونه

عرعر از خانواده Simarubaceae بومی چین و شمال ویتنام است که از سال‌های قدیم به ایران وارد شده است. این گیاه

به مدت ۴ سال روی ۴ پایه عرعر (*Ailanthus altissima*) انجام پذیرفت. لازم به ذکر است که این ۴ پایه همسال بوده و در یک دوره جنگل کاری کاشته شده‌اند و از قطر و ارتفاع نسبتاً مشابهی برخوردار هستند. به این منظور مشاهده‌گر در طول فواصل زمانی حداقل هر دو هفته یکبار با رجوع کردن به پایه‌های گیاه اقدام به ثبت مشاهدات ظهورشناختی از قبیل جوانه‌زنی، زمان گلدهی، برگ‌دهی، میوه دهی، تغییرات رنگ اجزای گیاهی، رسیدن میوه و زمان خزان می‌کند و داده‌های آنها را در فرم‌هایی از قبل تهیه شده وارد کرده و در هر بار مراجعه به گیاه این فرم‌ها تکمیل می‌گردد.

روش کمی کردن مشاهدات رنگ پدیده‌های گیاهی

به منظور بررسی تغییرات رنگ برگ و میوه در گونه مورد نظر در فواصل زمانی حداقل هر دو هفته یکبار عکسبرداری و ثبت مشاهدات مربوطه صورت گرفته است. بدین منظور از دوربین دیجیتال Canon با قدرت تفکیک 2048×1536 پیکسل استفاده گردید. هم‌چنین عکس‌برداری‌ها از ارتفاع، جهت و زاویه ثابتی صورت گرفته است.

از زمان شروع پایش کمی (اول تیر ۱۳۸۵ معادل ۷ ژوئن ۲۰۰۶) حداکثر هر دو هفته یکبار از پدیده‌های گیاهی (برگ و میوه) گونه مذکور به‌طور متوسط ۸ عکس گرفته شده است. قابل ذکر است که این عکس‌برداری‌ها در ساعات مختلفی از روز گرفته شده‌اند. باید این نکته را هم در نظر گرفت که برای پایش تغییرات رنگ، بعضی از فصول اهمیت بیشتری دارند، برای مثال تغییرات رنگ برگ‌ها در مورد درختان خزان‌کننده در فصول پاییز و بهار به مراتب بسیار بیشتر و با اهمیت‌تر از فصول تابستان و زمستان است. برای بررسی کمی رنگ از نرم‌افزار فتوشاپ استفاده شده است. هم‌چنین از عکس‌هایی استفاده شده که نشانگر وضعیت عمومی گیاه باشند. قسمت‌هایی از برگ‌ها و میوه انتخاب می‌شوند که رنگ یکنواخت‌تری داشته و از وضوح کافی برخوردار باشند. سپس از رنگ یکنواخت شده نمونه‌برداری می‌شود و RGB آن قرائت می‌شود. سیستم RGB

بسیار کم نیاز است و به خشکی، گرما و خاک ضعیف بسیار بردبار می‌باشد ولی در مقابل سنگینی برف و بادهای طوفانی مقاوم نیست (۱۰). بردباری این گونه به شرایط اقلیمی به‌شدت روی بقا، رشد و گسترش آن تأثیر می‌گذارد. این گونه تنش‌های خشکی را از طریق برخی سازگاری‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی تحمل می‌کند و روی دامنه وسیعی از خاک‌های طبیعی و خاک‌های دست‌کاری شده توسط انسان رشد می‌کند (۱۴، ۱۰ و ۱۷). در مناطق با آلودگی زیاد، عرعر از جمله گونه‌های بسیار مقاوم به آلودگی است (۹) و به دی اکسید گوگرد و دیگر اجزای اصلی تشکیل‌دهنده آلودگی هوا مقاومت بالایی نشان می‌دهد (۱۵). این گونه به‌عنوان یک درخت تزئینی و سایه‌انداز (۱۱)، برای کنترل فرسایش روی شیب‌ها، حاشیه‌های خطوط ترافیک و تپه‌های شنی روی سواحل دریای سیاه (۱۷)، جنگل‌کاری و احیای جنگل در مجارستان (۱۲) مورد استفاده قرار می‌گیرد. از کاربرد دارویی آن نیز می‌توان به‌عنوان داروی قابض، ضد تشنج، ضد کرم و مسکن در چین (۷) نام برد.

منطقه مورد بررسی

دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در شمال غربی شهر اصفهان، ایران در عرض جغرافیایی $32^{\circ} 43'$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 31'$ شرقی و ارتفاع از سطح دریای ۱۶۲۶ متر واقع شده است. میانگین بارندگی سالانه $105/9$ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه $15/74^{\circ}\text{C}$ ، خاک‌های منطقه براساس مطالعات میدانی انجام شده، عمدتاً در دو رده Entisols و Aridisols و گروه‌های بزرگ Calcigypsid و Haplocalcid، Torriorthent قرار می‌گیرند. بافت خاک منطقه مورد مطالعه شنی لومی (LS) با جرم مخصوص ظاهری $1/2$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میانگین PH $7/8$ و متوسط هدایت الکتریکی (EC) خاک $1/07$ دسی زیمنس بر متر می‌باشد (۱).

ثبت رویدادهای ظهورشناختی به روش توصیفی در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۲ در محدوده دانشگاه صنعتی اصفهان

جدول ۱. فرم نمونه ثبت مشاهدات رنگ برگ

رنگ	RGB	مدت پایش به روز	تاریخ	فصل	ردیف
-	-	-	-	-	۱
-	-	-	-	-	۲

$$= 2 \times (\text{green DN}) - (\text{red DN} + \text{blue DN})$$

$$\text{DN} = (\text{digital number})$$

[۲]

از آنجایی که عکسبرداری در بررسی حاضر در ساعات مختلفی از روزهای سال صورت گرفته است، بنابراین برای حذف تأثیرات نور در به دست آوردن شاخص رنگ 2G-RB از درصد نسبی باندهای رنگ به جای اعداد دیجیتال رنگ (DN) استفاده شد. بنابراین لازم است ابتدا معادله ۱ برای هر کدام از باندهای رنگ به دست آید و سپس از آنها در معادله ۲ استفاده شود.

با توجه به این که دما یکی از پارامترهای مهم تأثیرگذار بر رنگ اجزای گیاهی است، همبستگی دما با شاخص رنگ 2G-RB مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا متوسط دمای ماهانه از میانگین متوسط دماهای روزانه در هر ماه به دست آمد. متوسط دمای روزانه از میانگین دمای حداقل و حداکثر در هر روز به دست آمده است. این داده‌ها مربوط به نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به دانشگاه صنعتی اصفهان و از سازمان هواشناسی استان اصفهان تهیه شده است. شاخص رنگ 2G-RB نیز از میانگین باندهای رنگی RGB طبق معادله ۲ برای هر ماه به دست آمد. سپس برای آگاهی از وضعیت داده‌ها آزمون نرمالیت به روی آنها توسط نرم‌افزار SPSS اعمال شد و با مشخص شدن نرمال نبودن داده‌ها از آماره توصیفی ضریب همبستگی اسپیرمن برای بررسی همبستگی بین دما و شاخص رنگ 2G-RB در نرم‌افزار SPSS استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

نتایج

با توجه به فرم‌های مشاهده‌گران میانگین زمان ظهور رویدادهای

ترکیبی از باندهای رنگی قرمز (Red)، سبز (Green) و آبی (Blue) است و بین صفر تا ۲۵۶ تغییر می‌کند. در نهایت اعداد به دست آمده از RGB در نوشت‌افزار Word بازسازی می‌شوند. تهیه طیف رنگی هر پدیده با استفاده از بازسازی رنگ در جداولی مشابه جدول ۱ امکان‌پذیر است.

روش محاسبه شاخص رنگ 2G-RB

رنگ بخش‌های مختلف گیاه در ارتباط با روشنایی محیط اطراف متفاوت خواهد بود. ته رنگ هر رنگی می‌تواند به وسیله محاسبه درصد هریک از باندهای رنگ محاسبه شود، در این صورت می‌تواند صرف نظر از روشنایی محیط خصوصیت پدیده‌ها را نشان دهد. از این مسئله در رسم نمودار تغییرات رنگ استفاده می‌شود که می‌تواند امکان آنالیز کمی در آینده را فراهم کند. این شیوه پیش‌تر در مطالعات قبلی تحت عنوان "روشنی نرمال شده (Normalized brightness)" شرح داده شده بود (۱۶). نمودار تغییرات رنگ برگ و میوه گونه مذکور به تفکیک سال‌ها در نمودارهای ۸-۱ آورده شده است. آنها هم‌چنین در بررسی سبزیگی جنگل‌های خزان‌کننده با استفاده از تصاویر دوربین دیجیتال دریافتند که تفاضل بین باندهای رنگی می‌تواند برای درک بهتر تغییرات رنگ استفاده شود. آنها شاخصی تحت عنوان 2G-RB به صورت زیر تعریف کردند:

$$\text{درصد باند رنگ} = \text{عدد رقمی باند رنگ} / \text{مجموع اعداد RGB} \quad [۱]$$

به عنوان مثال:

$$(R / R + G + B) \times 100 = R\%$$

$$2G - RB = (\text{green DN} - \text{red DN}) + (\text{green DN} - \text{blue DN})$$

جدول ۲. زمان ظهور رویدادهای ظهورشناسی گونه عرعر در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۲

سال	رویدادهای ظهورشناسی		
	ظهور گل‌ها	ظهور برگ‌های اولیه	برگ‌دهی کامل
۱۳۸۲	۷ خرداد	*	*
۱۳۸۳	۱۲ اردیبهشت	۸ فروردین	۵ اردیبهشت
۱۳۸۴	۲۱ اردیبهشت	۱۰ فروردین	۷ اردیبهشت
۱۳۸۵	*	*	*
۱۳۸۶	۳ خرداد	۱ اردیبهشت	۱۵ اردیبهشت
۱۳۸۷	۱۱ اردیبهشت	۷ فروردین	۲۲ فروردین
۱۳۸۸	۱۲ اردیبهشت	۸ فروردین	۱۰ اردیبهشت

*: فاقد آماربرداری

رویدادهای ظهورشناسی نشان می‌دهد. این اختلاف می‌تواند به فاکتورهایی از جمله ارتفاع از سطح دریا، میزان بارندگی، متوسط درجه حرارت ماهانه، میزان ساعات آفتابی در روز، میزان مواد غذایی موجود در خاک و غیره مرتبط باشد. به‌علاوه اختلاف مکانی، فاصله جغرافیایی و بیش از یک دهه اختلاف زمانی دو تحقیق انجام شده تفاوت مشاهدات را می‌تواند توجیح کند. در رابطه با گلدهی گزارشات مختلفی وجود دارد. در آمریکای شمالی بسته به ارتفاع، گل‌ها از اواسط آوریل تا جولای (اواخر فروردین تا اواخر تیر) ظاهر می‌شوند (۱۴). در مناطق مدیترانه‌ای فرانسه گلدهی اواسط می (اواخر اردیبهشت) آغاز می‌شود، در حالی که در اروپای مرکزی جولای (تیر) ماه اصلی گلدهی است (۸). شاید بتوان با توسعه شبکه‌های پایش درختان خطوط هم پدیدار را در آینده برای این درخت ترسیم نمود.

در جدول ۳ از طیف رنگی حاصل مشخص است که این درخت با برگ‌هایی به رنگ جگری روشن ظاهر می‌شوند، سپس به رنگ سبز روشن در آمده و به تدریج رنگ تیره‌ای در طول تابستان به خود گرفته و نهایتاً در پاییز کمی به زرد متمایل شده و خزان می‌کند. اگر برگ‌ها به‌مدت طولانی‌تری روی درخت باقی بمانند رنگ قهوه‌ای می‌یابند. تفاوت‌های دیده شده در سال‌های مختلف را شاید بتوان به شرایط محیطی و نوسانات پایه‌ای ارتباط داد.

ظهورشناسی گونه عرعر در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۸۸ به دست آمد که براساس توالی فنولوژی در این گیاه در جدول ۲ نشان داده شده است.

از آنجایی که برگ و میوه دو جزء اصلی گونه مورد مطالعه هستند، بنابراین تغییرات رنگ هر یک از این دو پدیده به‌طور جداگانه بررسی گردید و میانگین ماهانه آنها تعیین و به این ترتیب جداول طیف رنگی آنها تشکیل شد که در جداول ۳ و ۴ آمده است.

لازم به ذکر است که برای رسم نمودار تغییرات رنگ میوه (شکل ۱ و ۲) در ماه‌هایی که میوه‌ها با دو رنگ مشاهده شده تنها از رنگ میوه‌های مربوط به سال جدید استفاده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که ظهور برگ‌ها از نیمه اول فروردین ماه شروع می‌شود و معمولاً تا برگ‌دهی کامل یک ماه به طول می‌انجامد. گلدهی این گونه در نیمه دوم اردیبهشت تا نیمه اول خرداد ماه است و زمان ظهور میوه‌ها معمولاً از نیمه دوم خرداد تا اوایل تیر ماه است. در برخی گزارشات زمان جوانه‌زنی این گونه اواخر آوریل (اوایل اردیبهشت) و برگ‌دهی کامل در حدود ۲۰ می (۳۰ اردیبهشت) گزارش شده است (۴) که در مقایسه با یافته‌های این بررسی تأخیری در ظهور

جدول ۳. متوسط ماهانه تغییرات رنگ برگ در درخت عرعر (*Ailanthus altissima*) در سال‌های (۲۰۰۶-۲۰۰۹)

فصل	ماه	(R-G-B) ۲۰۰۶	(R-G-B) ۲۰۰۷	(R-G-B) ۲۰۰۸	(R-G-B) ۲۰۰۹	رنگ برگ ۲۰۰۶	رنگ برگ ۲۰۰۷	رنگ برگ ۲۰۰۸	رنگ برگ ۲۰۰۹
	فروردین	-	*	*	۱۵۵-۸۸-۴۰	-	*	*	
بهار	اردیبهشت	-	۸۱-۱۰۴-۶۱	۱۰۵-۱۲۷-۶۱	۱۳۳-۱۰۳-۵۹	-			
	خرداد	-	۹۴-۱۳۸-۶۰	۸۶-۱۳۰-۶۴	۱۰۶-۱۴۲-۸۰	-			
تابستان	تیر	۷۳-۱۲۱-۴۴	۸۳-۱۳۳-۶۳	۹۱-۱۲۶-۹۵	۹۶-۱۳۶-۷۷				
	مرداد	۹۸-۱۲۴-۸۸	۸۳-۱۲۶-۷۱	۹۹-۱۳۳-۸۷	۱۰۵-۱۴۱-۶۰				
	شهریور	۱۱۰-۱۴۲-۱۱۵	۹۴-۱۴۳-۸۲	۱۰۳-۱۳۹-۶۹	۹۹-۱۲۹-۶۵				
	مهر	۱۲۳-۱۶۱-۱۳۰	۹۲-۱۳۶-۷۸	۱۰۹-۱۴۵-۶۶	۹۴-۱۲۷-۶۱				
	پاییز	۱۳۸-۱۷۲-۱۱۱	۱۳۷-۱۷۱-۱۰۷	۱۰۲-۱۲۹-۳۹	۱۲۸-۱۴۳-۶۶				
	آذر	۱۰۹-۱۲۶-۵۲	۱۱۶-۱۲۷-۷۲	۱۶۹-۱۶۶-۸۴	*				
	دی	*	۱۶۳-۱۳۳-۹۶	*	*	*			
زمستان	بهمن	*	*	*	*	*	*	*	*
	اسفند	*	*	*	*	*	*	*	*

*: فاقد برگ - فاقد اطلاعات

این معنا است که آن پدیده به آن رنگ دیده می‌شود، زمانی که دو یا هر سه باند رنگ با همدیگر تلاقی پیدا کنند نشان‌دهنده تغییر در رنگ پدیده است و از آنجا به بعد آن باند رنگی بر بقیه تفوق پیدا خواهد کرد. با توجه به نمودارهای مربوط به تغییرات رنگ برگ می‌توان دریافت که معمولاً ظهور برگ‌ها به رنگ سبز در حدود اواخر فروردین اتفاق افتاده است و دوام برگ‌ها با این رنگ نسبتاً طولانی است. این در حالی است که در اواخر ماه آبان تلاقی باند رنگی سبز و قرمز مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده انقلاب رنگ در برگ‌ها است. در سال ۲۰۰۹ در ابتدای سال تفوق باند قرمز بر سبز را شاهد هستیم که این مسئله به دلیل برگ‌های نو ظهور است که معمولاً به رنگ جگری است و پس از گذشت مدت زمانی به رنگ سبز در می‌آید. کواریک و سامونل (۱۱) ظهور برگ‌های عرعر را به رنگ جگری روشن توصیف کرده‌اند. در مطالعه حاضر در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۸ برای پایش رنگ از برگ‌های کاملاً باز شده استفاده شده است.

با توجه نمودارهای مربوط به تغییرات رنگ میوه می‌توان

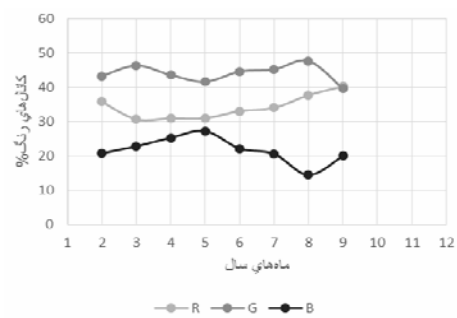
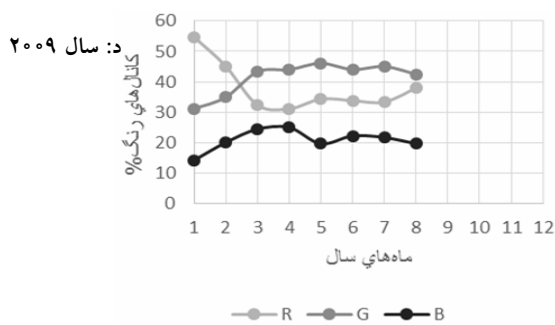
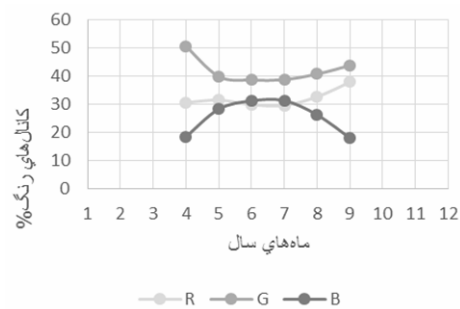
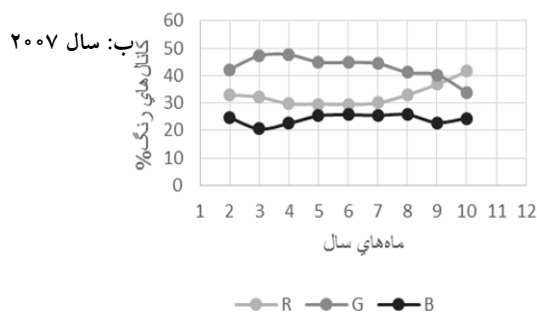
ظهور میوه‌ها به رنگ سبز معمولاً در اواسط خرداد تا اوایل تیر اتفاق می‌افتد (جدول ۴) و به‌طور همزمان با میوه‌های سال گذشته که تا مدتی پس از ظهور میوه‌های جدید همچنان بر روی درخت باقی می‌مانند، قابل مشاهده است. بنابراین در طی این ماه‌ها میوه‌های عرعر با دو رنگ متفاوت بر روی درخت مشاهده می‌شود ولی معمولاً پس از آن تغییرات رنگ براساس میوه‌های جدید دنبال می‌شود. لازم به ذکر است که دوام میوه‌ها به رنگ سبز کوتاه است و این شاید به مصادف شدن ظهور میوه‌ها با گرمای تابستان مرتبط باشد. برخی از میوه‌ها در بالاترین نقاط تاج درخت به رنگ قرمز روشن با عدد RGB (۴۵-۱۱۶-۱۵۸) در می‌آیند که با توجه به این‌که گزارشات مقاله حاضر وضعیت میانگین و متعارف را نشان می‌دهد در رنگ کلی میوه در آن ماه ادغام شده است. کومبس (۵) در سال ۱۹۹۵ نیز اشاره کرده است که میوه‌های بالدار یا سامار این گیاه گاهی پس از رسیدن قرمز رنگ می‌شود و درختان ماده آن را زیباتر می‌سازد.

وقتی نمودار یک رنگ نسبت به رنگ دیگر تفوق دارد به

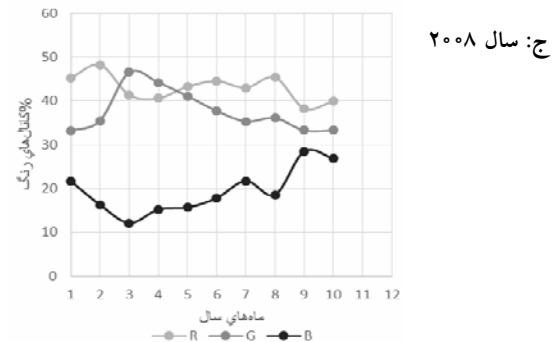
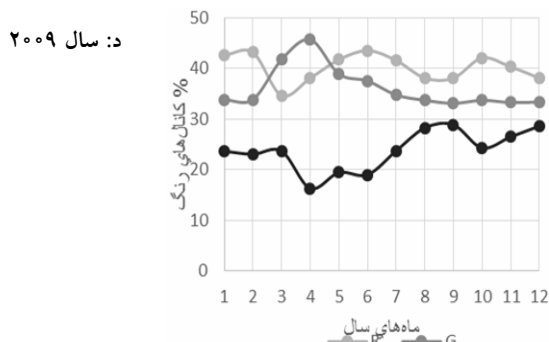
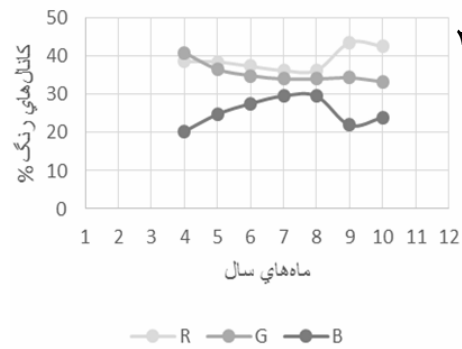
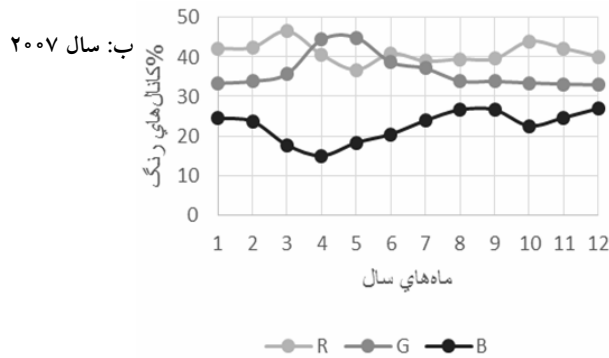
جدول ۴. متوسط ماهانه تغییرات رنگ میوه در درخت عرعر (*Ailanthus altissima*) در سال‌های (۲۰۰۶-۲۰۰۹)

فصل	ماه	(R-G-B) ۲۰۰۶	(R-G-B) ۲۰۰۷	(R-G-B) ۲۰۰۸	(R-G-B) ۲۰۰۹	رنگ میوه ۲۰۰۶	رنگ میوه ۲۰۰۷	رنگ میوه ۲۰۰۸	رنگ میوه ۲۰۰۹
فروردین		-	۱۳۸-۱۰۹-۸۰	۱۳۸-۱۰۱-۶۶	۱۶۰-۱۲۷-۸۹	-	-	-	-
		-	۱۳۸-۱۱۰-۷۷	۱۷۸-۱۳۱-۶۰	۱۴۴-۱۱۳-۷۷	-	-	-	-
اردیبهشت		-	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	-	-	-	-
		-	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	۱۳۷-۱۰۵-۵۲	-	-	-	-
بهار		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
خرداد		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
تیر		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
تابستان		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
مرداد		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
شهریور		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
مهر		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
پاییز		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
آبان		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
آذر		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
دی		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
		۱۷۵	۱۴۹	۱۶۷	۱۱۷	۱۵۹	۱۱۷	۱۴۹	۱۶۷
زمستان		*	۱۴۴-۱۱۳-۸۵	*	۱۴۹-۱۲۳-۹۸	*	-	-	-
		*	۱۳۴-۱۱۰-۹۰	*	۱۶۹-۱۴۸-۱۲۷	*	-	-	-

*: فاقد عکسبرداری - فاقد اطلاعات



شکل ۱. نمودار تغییرات رنگ برگ درخت عرعر در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۸



شکل ۲. نمودار تغییرات رنگ میوه درخت عرعر در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۹

تغییرات هر سه باند به‌طور هم‌زمان توسط یک عدد بیان می‌شود. حسن اینکار در این است که می‌توان با استفاده از این شاخص همبستگی پارامترهای محیطی از جمله دما را بر روی تغییرات رنگ بررسی کرد. با توجه به جدول ۵ می‌توان دریافت که رابطه مثبت و معنی‌داری بین متوسط دمای ماهانه و شاخص رنگ مربوط به هر دو جزء گیاه (برگ و میوه) وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی این‌که پدیده‌های ظهورشناسی به وضوح تحت تأثیر تغییرات اقلیمی هستند و بیانگر آنها می‌باشند از این رو انتخاب روش مناسب در ثبت رویدادهای ظهورشناختی از اهمیت زیادی برخوردار است. چنانچه در این بررسی دیده می‌شود برخورد باندهای رنگی RGB کاملاً گویای انقلاب در پدیده‌های گیاهی است مثلاً تغییر رنگ برگ و میوه را کاملاً کمی نشان می‌دهد و تاریخ آن بر روی نمودارهای بدون دخالت نظر مشاهده‌گر قابل نمایش خواهد بود. روش کمی ثبت رویدادهای ظهورشناسی از طریق آنالیز

مشاهده کرد که در ابتدای سال باند رنگ قرمز (R) بر باند رنگ سبز تفوق دارد که این مسئله مربوط به میوه‌های قدیمی سال قبل است که همچنان بر روی درخت باقی مانده است اما پس از گذشت چند ماه میوه‌های تازه به رنگ سبز ظهور می‌کند که برای پایش رنگ از این میوه‌ها استفاده شده و از اینجا به بعد دیگر میوه‌های قدیمی مورد پایش قرار نمی‌گیرند. معمولاً ماندگاری میوه‌ها به رنگ سبز بیش از دو ماه به طول نمی‌انجامد و پس از آن رنگ میوه‌ها شروع به قهوه‌ای شدن می‌کند و این باعث تفوق باند رنگ قرمز بر سبز می‌شود. روی نمودارهای مربوط به سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۹ دو محل تلاقی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده انقلاب در رنگ میوه‌هاست با این تفاوت که اولین تلاقی مربوط به ظهور میوه به رنگ سبز است ولی دومین تلاقی مربوط به تغییر رنگ میوه از سبز به قهوه‌ای شدن می‌باشد. گزارش رنگ اجزای گیاهی در طول زمان با سه عدد RGB بیان می‌شود، ولی با استفاده از شاخص 2G-RB

جدول ۵. مقادیر همبستگی اسپیرمن (r^2) بین شاخص 2G-RB و متوسط دمای ماهانه در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۹

زمان پایش (سال میلادی)	ضریب همبستگی (میوه)	تعداد نمونه در سال	سطح معنی‌دار	ضریب همبستگی (برگ)	تعداد نمونه در سال	سطح معنی‌دار
۲۰۰۶	۰/۷۸*	۷	۰/۰۴۱	۰/۸۱**	۶	۰/۰۰۱
۲۰۰۷	۰/۹۶**	۱۲	۰/۰۰۰	۰/۸۵**	۹	۰/۰۰۴
۲۰۰۸	۰/۷۱*	۱۰	۰/۰۳۰	۰/۷۶*	۸	۰/۰۴۳
۲۰۰۹	۰/۸۲*	۱۲	۰/۰۰۱	۰/۸۶**	۸	۰/۰۰۶

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد **: معنی‌دار در سطح یک درصد

عکس‌ها و تعیین رنگ اجزای گیاهی به صورت کمی و رسم نمودارهای تغییرات رنگ برگ و میوه امکان بررسی به صورت کمی را فراهم می‌کند که تا حدی می‌تواند مشکلات روش توصیفی از جمله تعیین زمان دقیق پدیده‌ها و خطاهای ناشی از ثبت مشاهده‌گر را رفع کند.

منابع مورد استفاده

۱. شهبازی، ع. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات ظهورشناسی چند گونه درختی و درختچه‌ای با استفاده از روش‌های توصیفی و تحلیل کمی رنگ پدیده‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۵ ص
۲. متین‌خواه، س. ح. ۱۳۸۵. بررسی فنولوژی (ظهورشناسی) سی و پنج گونه درختی و درختچه‌ای در شهر اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۴)(ب): ۵۱۶-۵۰۳
۳. قاسمی، ر.، ع. مدیررحمتی، ا. همتی، ف. اسدی و م. کلاگری. ۱۳۸۷. بررسی فنولوژی کلن‌های مختلف صنوبر *Populus deltoides* و *Populus euramericana* در کلکسیون پایه مادری کرج طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۳. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۶(۳): ۴۰۷ - ۳۹۰
4. Adolphi, K. 1995. Neophytische Kultur- und Anbaupflanzen als Kulturflu- chtlinge des Rheinlandes. *Nardus* 2: 1-272.
5. Coombes. A.J. 1995. Trees Eyewitness Handbooks. Published by BCA, London, 367p.
6. Crimmins, M. A., T. M. Crimmins. 2008. Monitoring Plant Phenology Using Digital Repeat Photography. *Environmental Management* 41: 949-958
7. Hu, S. Y., 1979. *Ailanthus*. *Arnoldia* 39: 29-50
8. Klotz, S., I. Kühn and W. Durka. 2002. BIOFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*. 38: 1-334.
9. Kovacs, M., I. Opauszky, P. Klincsek and J. Podani. 1982. The leaves of city trees as accumulation indicators. PP. 149-153. *In: Steubing, L.S. and Jager, H.J. (Eds.), Monitoring of Air Pollutants by Plants, Methods and Problems. Proceedings of the International Workshop, Osnabrück (F. R. G.), The Hague/Boston/London* W. Junk.
10. Kowarik, I. and R. Bocker. 1984. Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbu rgerung des Gotterbaumes (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) in Mitteleuropa. *Tuexenia* 4: 9-29.
11. Kowarik, I. and I. Saumel. 2007. Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics* 8: 207-237.
12. Krivanek, M., P. Pysek and V. Jarosik. 2006. Planting history and propagule pressure as predictors of invasion by woody species in a temperate region. *Conservation Biology* 20: 1487-1498.
13. Linderholm, W. 2006. Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology* 137: 1-14
14. Miller, J. 1990. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Ailanthus*. PP. 101-104 . *In: Burns, R. M., Honkala, B. H. (Eds.), Silvics of North America. Vol. 2: Hardwoods. US Department of Agriculture Forest Service, Washington,*

15. Ranft, H. and H. G. Dassler. 1970. Smoke-hardiness test carried out on woods in a SO₂-chamber. *Flora* 159: 573–588
16. Richardson, A. D., J. P. Jenkins, B. H. Braswell, D. Y. Hollinger and S. V. Ollinger. 2007. Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. *Oecologia* 152: 323–334.
17. Singh, R. P., M.K. Gupta and P. Chand. 1992. Autecology of *Ailanthus glandulosa* Desf. in Western Himalayas. *Indian Forester* 118: 917–921.
18. Zheng, J., Q. Ge and Z. Hao. 2003. Impacts of climate warming on plants phenophases in China for the last 40 years. *Chinese Science Bulletin* 47: 1826–1831.