پیش‌بینی میزان رشد ابعاد مختلف زیتون تلخ (*Melia azedarach*) و توت زینتی (*Morus alba*) در فضای سبز شهری

زهرا کریمیان[۱*]، علی تهرانی فر[۲]، محمد بنایان[۳]، مجید عزیزی[۲] و فاطمه کاظمی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۴)

چکیده

تعیین میزان رشد و فاصله کشت درختان در فضاهای سبز شهری امروزه به صورت یکی از ضرورت‌های برنامه‌های طراحی کاشت و مدیریت فضای سبز در آمده است. به منظور تعیین میزان و سرعت رشد دو گونه درختی زیتون تلخ و توت زینتی داده‌برداری از ابعاد مختلف درخت شامل ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج درختان در سنین مختلف، در محوطه پردیس دانشگاه فردوسی مشهد و در طی فصل رشد سبز آن‌ها انجام شد. تجزیه رگرسیون این ابعاد به عنوان متغیر وابسته با سن به عنوان متغیر مستقل مدل‌های مختلفی را ایجاد کردند که می‌توانند برای تخمین میزان رشد ابعاد اندازه گیری شده این دو گونه طی زمان مورد استفاده قرار گیرند. نتایج تجزیه‌ها نشان داد که در بین مدل‌های برارش شده، بالاترین ضرایب رگرسیون مربوط به توابع خطی، چند جمله‌ای و نمایی است، اما تابع لگاریتمی به عنوان قابل قبول‌ترین مدل برای تخمین ابعاد اندازه‌گیری شده در طی زمان در دو گونه زیتون تلخ (ارتفاع کل R^2=۰/۸۷، ارتفاع تنه R^2=۰/۶۷، قطر تاج R^2=۰/۶۷) و توت زینتی (ارتفاع کل R^2=۰/۶۰ ، ارتفاع تنهR^2=۰/۴۰، قطر تاج R^2=۰/۶۵) معرفی شدند. همچنین در هر دو گونه بیشترین سرعت رشد ابعاد اندازه‌گیری شده همزمان با افزایش سن تا ۱۵ سالگی در قطر تاج یا رشد عرضی شاخساره درختان دیده شد.

واژه‌های کلیدی: ابعاد رشد، توت زینتی، زیتون تلخ، سن، رگرسیون

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

۲. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

۳. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

۴. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zkarimianf@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]

مقدمه

رعایت اصول کشت درختان زینتی یکی از مهم‌ترین مسایل در طراحی فضای سبز شهری می‌باشد. در شهرسازی نوین برنامه‌ریزی فضاهای سبز شهری به‌صورت فعالیتی تخصصی در آمده که کم توجهی به آن می‌تواند به کاهش کارایی فضاهای مذکور و افت کیفیت محیط شهری منجر شود (۱۷). غالباً فضای کشت درختان در محیط‌های شهری با محدودیت مواجه است و درختان باید برای رسیدن به وضعیت مطلوب از نظر ارتفاع در هنگام بلوغ، گسترش شاخه‌ها، قطر تنه و توسعه ریشه‌ها بدون ایجاد اختلال در فعالیت‌های انسانی و اجسام پیرامونی دارای فضا و فاصله کاشت کافی باشند. اگر شرایط درختان از این نظر برای رشد مناسب باشد مشکلات آتی ایجاد شده برای پیاده‌روها، جاده‌ها، ساختمان‌ها، تابلو های شهری (خصوصاً علایم راهنمایی و رانندگی) و کلیه وسایل و تجهیزات داخل و بیرون از زمین کاهش یافته و یا حذف می‌شوند و نیاز به هرس در مراحل بعدی نخواهد بود (۴). از طرفی عدم رعایت فاصله کشت مناسب بین درختان از طریق ایجاد سایه‌دهی و رقابت بر سر منابع مختلف باعث ایجاد اختلال در رشد آن‌ها می شود (۱۸). در معماری منظر، کشت درختان چه از نقطه نظر اکولوژیکی و چه از جنبه زیباشناختی به آگاهی در مورد میزان ارتفاع و قطر تاج درخت وابسته است. فضایابی و موقعیت‌یابی درختان کشت شده در ارتباط با ساختارهای شهری با داشتن اطلاعات کافی از رشد درخت میسر است و می‌تواند طراحی کاشت معماری منظر بهتر و واقعی‌تری فراهم کند (۱۱). اطلاعات موجود بر روابط بین ابعاد مختلف درختان در فضای سبز معمولاً بر اساس مشاهدات فردی است و غالباً بر اساس پیش‌بینی سرعت رشد درختان به صورت کیفی (رشد آهسته، متوسط، سریع و خیلی سریع) و بدون استفاده از مقادیر کمی و ریاضی توضیح داده می‌شود (۹ و ۱۰).

مدل‌ها و روابط ریاضی رشد متعددی مبتنی بر ابعاد درخت در بسیاری از گونه‌های جنگلی درختی (۳، ۷ و ۱۴) و نیز برخی از گونه‌های درختی فضای سبز پیشنهاد شده است (۱۲، ۱۳ و ۱۵) اما تا کنون مطالعات و تحقیقات محدودی روی تعیین مدل‌ها و روابط ریاضی بین ابعاد درخت و سن آن‌ها وجود دارد که در همین موارد اندک نیز به‌دلیل تفاوت‌های بین گونه‌ای و اقلیمی مدل‌ها تقریباً در همان‌گونه مورد نظر کاربردی و قابل استفاده هستند و برای هر گونه داده‌برداری و تجزیه و تحلیل جدید مورد نیاز است (۱۶).

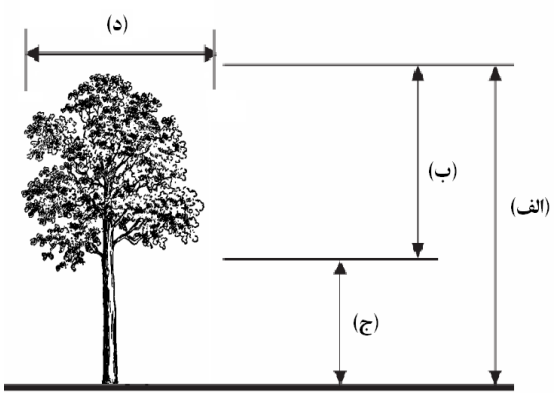
گونه زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) از تیره (*Meliaceae*) درختی بومی استرالیا و آسیای جنوب شرقی است که به خاطر مقاومت محیطی نسبتاً بالا (۵) و زیبایی چتر آن در فصول مختلف در فضای سبز اکثر شهرهای ایران به‌ویژه در سال های اخیر مورد استفاه گسترده قرار گرفته است. گونه توت زینتی (*Morus alba* L.) از تیره (*Moraceae*) نیز درختی مقاوم است که به‌ویژه جنس نر آن به‌دلیل گستره مناسب تاج و عدم وجود میوه مورد اقبال فراوان در فضاهای سبز شهری است (۶). در دو گونه زیتون تلخ و توت زینتی تاکنون پژوهش‌ها و مطالعه کمّی و ریاضی بین سن درخت و رشد ابعاد مختلف آن صورت نگرفته است و مدیریت کشت آن‌ها از نظر رعایت فاصله کاشت بین آن‌ها با دیگر درختان هم نوع و یا غیر هم نوع و هم‌چنین رعایت فاصله کاشت آنها با تجهیزات و سازه‌های شهری و پیش‌بینی رشد آن‌ها غالباً بر اساس مشاهدات تجربی و فردی صورت می‌گیرد. هدف از این پژوهش، تعیین مدل یا مدل‌هایی جهت تخمین سرعت یا میزان رشد دو گونه مذکور با استفاده از روابط ریاضی بین شاخص‌های مربوط به ابعاد درخت (ارتفاع کل، ارتفاع تنه ارتفاع تاج و قطر تاج) و سن درخت می‌باشد، به گونه‌ای که بتوان به کمک این مدل‌ها ابعاد درخت و رشد آنها را در سنین مختلف پیش‌بینی و مدیریت مناسب فضای سبز را اعمال کرد.

مواد و روش ها

اندازه‌گیری‌ها روی ۲ گونه درخت فضای سبز شهری، زیتون تلخ و توت زینتی در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۰ در فضای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]



شکل ۱. ابعاد اندازه‌گیری شده برای هر درخت: ارتفاع کل (الف)، ارتفاع تاج (ب)، ارتفاع تنه (ج) و قطر تاج (د).

سبز پردیس دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. ابعاد اندازه‌گیری شده در این دو گونه شامل ارتفاع کل درخت (از سطح زمین تا نوک بلندترین شاخه‌های عمودی)، ارتفاع تنه درخت (از سطح زمین تا پایین‌ترین برگ‌های تاج) و ارتفاع تاج و قطر تاج درخت بودند. اندازه‌گیری قطر تاج در دو جهت موازی و عمود بر تنه درخت انجام شد و نهایتاً میانگین این دو مقدار برای محاسبه قطر استفاده شدند (شکل ۱).

اندازه گیری‌ها با استفاده از میله‌های مدرج بلند و متر ساختمانی (با دقت ۱ میلی‌متر) انجام شد. در درختان بلندتر ارتفاع با کمک شیب سنج سنتو و با استفاده از روابط هندسی (رابطه فیثاغورث) محاسبه شدند. به‌این ترتیب که با استفاده از شیب سنج سنتو مقدار شیب از نوک درخت تا سطح افق و هم‌چنین از بن درخت تا سطح افق اندازه‌گیری و ارتفاع درخت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$H = B (Tg\ \alpha - Tg\ \beta)$$

h: ارتفاع درخت، B: فاصله افقی تا درخت بر حسب متر، Tg β: درصد شیب بن درخت و Tg α: درصد شیب نوک درخت.

سن درختان با استفاده از داده‌های مورد تأیید مسئولان، ناظران و کارگران فضای سبز محوطه پردیس در طی ۲۰ سال گذشته به‌دست آمد. معیار سن درختان از زمان کشت آنها در محوطه پردیس در نظر گرفته شدند. در مواردی که سن درختان به‌دلایل مختلف در دست نبود از روش اندازه‌گیری محیط درخت برای تخمین سن آن استفاده شد. در این روش محیط پیرامون تنه درخت اندازه‌گیری شد و سپس با کمک فرمول زیر سن تقریبی آن محاسبه شد (۲۰).

قطر درخت = محیط درخت / عدد پی

سن درخت = قطر درخت × فاکتور رشد درخت

فاکتور رشد در درختان مختلف مقدار متفاوتی است و این مقدار برای درختان زیتون تلخ و توت زینتی تقریباً ۳ در نظر گرفته شد (۲۰). در کل حدود ۲۵۰ درخت اندازه‌گیری شدند که ۱۴۰ درخت مربوط به گونه توت زینتی و ۱۱۰ درخت متعلق به گونه زیتون تلخ با دامنه سنی بین ۱ تا ۱۵ سال بودند. درختان کشت شده در مکان‌های مختلف محوطه پردیس توزیع سنی نسبتاً یکسانی داشت و اندازه‌گیری درختان در هر مکان به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد. فاصله کشت درختان از یکدیگر، جدول‌ها و مسیرهای ماشین رو با توجه به مکان اندازه‌گیری (بولوار، حاشیه خیابان کشی و یا فضای سبز متمرکز) متفاوت بود اما به‌طور متوسط فاصله بین درختان توت زینتی حدود ۲/۵ و زیتون تلخ ۳ متر بود. اکثریت درختان کشت شده در فضای سبز محوطه پردیس دانشگاه فردوسی به‌دلیل مدیریت یکسان در محیط‌های تقریباً مشابه از نظر آبیاری، کوددهی، کنترل علف‌های هرز و ... پرورش یافته بودند. بین ابعاد اندازه‌گیری شده هر درخت (ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج) و سن آن با استفاده از نرم افزار Excel انواع رگرسیون‌های ساده خطی (Linear) ، چند جمله‌ای (Polynomial)، نمایی (Exponential)، لگاریتمی (Logarithmic) و توانی (Power)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]

گرفته شد تا سرعت رشد درخت در ابعاد و سنین مختلف محاسبه شود.

در مطالعات مختلف برای آنالیز رشد محیطی ساقه مدل‌های منحنی رشد متعددی مثل نمایی، لگاریتمی (۱۹)، Lundqvist (۱) و Richarde family (۲) آزمایش شدند. در نهایت معادله لگاریتمی به‌عنوان بهترین معادله برای محاسبه رشد محیط ساقه در برابر داده‌های مربوط به سن درخت در نظر گرفته شد و بنابراین در پژوهش حاضر نیز برای تعیین سرعت رشد ابعاد مختلف اندازه‌گیری شده در دو گونه زیتون تلخ و توت زینتی از معادله لگاریتمی استفاده شد.

واکنش رشدی گونه‌ها بر اساس پارامترهای ابعاد درخت به‌وسیله میانگین سرعت رشد سالانه آنالیز شدند (۸) در این رابطه:

رابطه (۱) $AGR_{۲} = a-b/t$

$AGR_{۲}$ میانگین سرعت رشد سالانه (Annual Growth Rate) بر حسب میلی‌متر در سال

a : بزرگ‌ترین بعد درخت (mm)، b: کوچک‌ترین بعد درخت (mm)، از بین ابعاد ارتفاع و قطر درخت، عدد بزرگ‌تر به عنوان a و عدد کوچک‌تر به‌عنوان b در نظر گرفته می شود.

t : دوره زمانی بین اندازه گیری‌ها (در این تحقیق دوره زمانی ۲ سال در نظر گرفته شده است). با استفاده از رابطه فوق میانگین رشد سالانه در بازه زمانی ۲ سال یک بار برای هر گونه محاسبه می شود.

نتایج و بحث

معادلات رگرسیونی، ضرایب تبیین ($R^۲$) و میانگین خطای استاندارد (MSE) برای دو گونه زیتون تلخ و توت زینتی به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. در گونه زیتون تلخ بالاترین ضرایب رگرسیون بین ارتفاع کل و سن درخت در روابط چند جمله‌ای ($R^۲$ = ۰/۹۶)، خطی ($R^۲$ = ۰/۹۶) و توانی ($R^۲$ = ۰/۹۴) و بین ارتفاع تنه و سن درخت در روابط چند جمله‌ای ($R^۲$ = ۰/۶۹)، توانی ($R^۲$ = ۰/۶۹)، لگاریتمی ($R^۲$ = ۰/۶۶) و خطی ($R^۲$ = ۰/۶۲) و بین قطر تاج و سن در رابطه توانی ($R^۲$ = ۰/۸۳) برآورد گردید.

همان‌طورکه از جدول (۱) مشخص می‌باشد بین ابعاد اندازه‌گیری شده در درخت زیتون تلخ به‌عنوان متغیر وابسته و سن آنها به‌عنوان متغیر مستقل ضریب تبیین نسبتاً بالا و معنی‌داری وجود دارد که بیشترین مقدار آن در توابع رگرسیونی برآورد شده بین ارتفاع کل و سن درخت دیده می‌شود (جدول ۱).

در گونه توت زینتی بالاترین ضرایب رگرسیون بین ارتفاع کل و سن درخت در روابط چندجمله‌ای($R^۲$ = ۰/۸۳)، خطی ($R^۲$ = ۰/۷۸) و نمایی ($R^۲$ = ۰/۷۲) و بین قطر تاج و سن در روابط توانی ($R^۲$ = ۰/۷۸)، نمایی ($R^۲$ = ۰/۷۷)، چند جمله‌ای ($R^۲$ = ۰/۷۶) و خطی ($R^۲$ = ۰/۷۵) برآورد گردید. ضریب رگرسیون بین ارتفاع تنه و سن درخت در کلیه روابط حاصل $R^۲$ =۰/۴۰-۰/۴۶ به‌دست آمد.

در توت زینتی بین ابعاد اندازه‌گیری شده ارتفاع کل درخت و قطر تاج به‌عنوان متغیرهای وابسته و سن آنها به عنوان متغیر مستقل، ضریب تبیین بالا و معنی‌داری وجود دارد درحالی‌که مقدار ضریب تبیین در ارتفاع تنه به‌عنوان متغیر وابسته و سن به‌عنوان متغیر مستقل پایین است (جدول۲).

در هر دو گونه به‌ویژه توت زینتی کمترین میزان ضریب رگرسیون بین ابعاد درخت و سن مربوط به ارتفاع تنه درختان است. هرس کردن به‌ویژه قطع شاخه‌های پایینی تاج درخت یکی از عملیات نگهداری درختان فضای سبز به‌منظور زیبا سازی آنها و یا کنترل رشد شاخه‌ها جهت جلوگیری از مزاحمت احتمالی برای رفت و آمد و یا تجهیزات شهری است از این رو ارتفاع تنه درخت علاوه بر رشد طبیعی آنها، تابعی از عملیات داشت و نگهداری درختان نیز می‌باشد (۱۱ و ۱۶).

علی‌رغم این که در هر دوگونه زیتون تلخ و توت زینتی، بالاترین ضرایب وابستگی در مدل‌ها و توابع حاصل، غالباً مربوط به توابع نوع چند جمله‌ای، خطی و نمایی (توابعی غیر از توابع لگاریتمی) بود با این وجود برای پیش‌بینی میزان رشد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]

جدول ۱. مدل، MSE و R^2 حاصل از توابع رگرسیونی بین سن (متغیر مستقل؛ x) و پارامترهای؛ ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج (متغیر وابسته؛ y) در زیتون تلخ

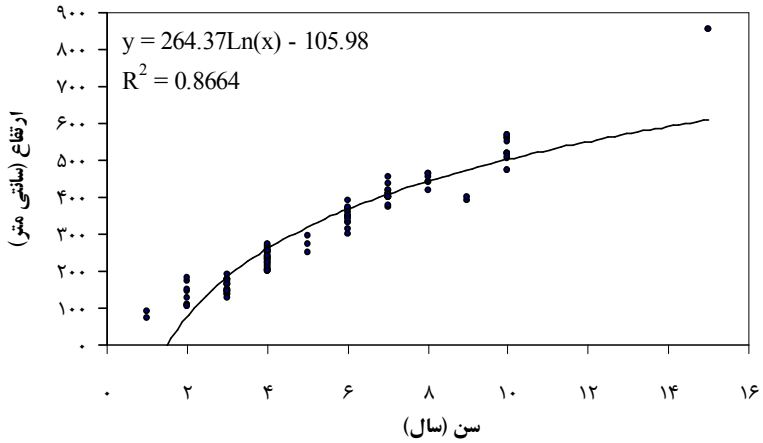
	نوع معادله	مدل (معادله)	a	b	MSE	R^2
ارتفاع کل و سن	خطی	$y = ۵۲/۸۲۹\ x + ۱۷/۸۲۹$	۵۲/۸۲	۱۷/۸۲	۱۴/۷۶	۰./۹۶
	لگاریتمی	$y = ۲۶۴/۳۷Ln\ (x) - ۱۰۵/۹۸$	۲۶۴/۳۷	−۱۰۵/۹۸	“	۰/۸۷
	چند جمله ای	$y = ۰/۱۱۵۵\ x^۲ + ۵۱/۲۶۶x + ۲۲/۰۱$	۰/۱۱	۵۱/۲۶	“	۰/۹۶
	توانی	$y = ۶۴/۳۲۹x^{۰/۹۲}$	۶۴/۳۲۹	۰/۹۲	“	۰/۹۴
	نمایی	$y = ۱۰۷/۸۳e^{۰/۱۶۸۴x}$	۱۰۷/۸۳	۰/۱۶۸۴	“	۰/۸۸
ارتفاع تنه و سن	خطی	$y = ۱۴/۷۴۹x + ۴۲/۶۶۸$	۱۴/۷۴	۴۲/۶۶	۵/۱	۰/۶۳
	لگاریتمی	$y = ۸۰/۱۸۵Ln\ (x) - ۱/۹۵۷۴$	۸۰/۱۸۵	−۱/۹۵۷۴	“	۰/۶۷
	چند جمله ای	$y = -۱/۲۵۵۸\ x^۲ + ۳۱/۷۴۴x - ۲/۸۰۲$	−۱/۲۵	۳۱/۷۴	“	۰/۶۹
	توانی	$y = ۳۴/۹۶۱x^{۰/۷۳۹۱}$	۳۴/۹۶۱	۰/۷۳۹۱	“	۰/۶۹
	نمایی	$y = ۵۴/۷۷۲e^{۰/۱۲۹۲x}$	۵۴/۷۷	۰/۱۲۹۲	“	۰/۵۹
قطر تاج وسن	خطی	$y = ۶۷/۷۷۷x - ۱۴۷/۶۸۹$	۶۷/۷۷	−۱۴/۶۸۹	۲۰/۵	۰/۷۱
	لگاریتمی	$y = ۳۴۶/۹۴Ln\ (x) - ۱۸۵/۷۹$	۳۶۴/۹۴	−۱۸۵/۷۹	“	۰/۶۷
	چند جمله ای	$y = -۱/۸۶۳۸\ x^2 + ۹۳/۰۰۱x - ۸۲/۱۷۴$	−۱/۸۶	۹۳	“	۰/۷۲
	توانی	$y = ۵۰/۵۰۶x^{۱/۱۱۶}$	۵۰/۵۰۶	۱/۱۱۶	“	۰/۸۳
	نمایی	$y = ۹۵/۲۷۹e^{۰/۲۰۲۸x}$	۹۵/۲۷۹	/۲۰۲۸	“	۰/۷۶

جدول ۲. مدل، MSE و R^2 حاصل از توابع رگرسیونی بین سن (متغیر مستقل؛ x) و پارامترهای؛ ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج (متغیر وابسته؛ y) در توت زینتی

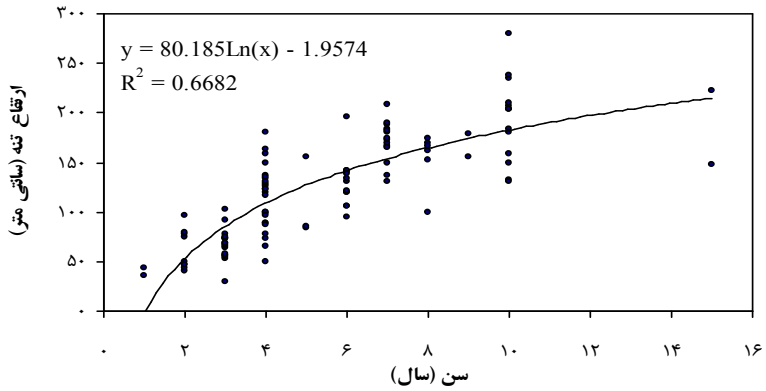
	نوع معادله	مدل (معادله)	a	b	MSE	R^2
ارتفاع کل و سن	خطی	$y= ۲۹/۵۸۵x + ۴۸/۶۲۵$	۲۹/۵۸	۴۸/۶۲۵	۱۵/۴۵	۰/۷۸
	لگاریتمی	$y = ۱۵۷/۶۱Ln\ (x) + ۱۴/۳۲۶$	۱۵۷/۶۱	۱۴/۳۲۶	“	۰/۶۰
	چند جمله‌ای	$y = ۲/۰۲۵۹x^۲ - ۵/۲۳۵۲x + ۱۴۸/۲۵$	۲/۰۲۵۹	۵/۲۳۵۲	“	۰/۸۳
	توانی	$y = ۹۰/۷۶۲x^{۰/۵۶۷۸}$	۹۰/۷۶۲	۵۶۷۸	“	۰/۵۹
	نمایی	$y = ۱۰۶/۰۵e^{۱۰۳۳x}$	۱۰۶/۰۵	۱۰۳۳	“	۰/۷۲
ارتفاع تنه و سن	خطی	$y = ۵/۴۵۴x + ۵۶/۸۹۳$	۵/۴۵۴	۵۶/۸۹۳	۳/۸	۰/۴۴
	لگاریتمی	$y = ۳۱/۷۰۳Ln\ (x) + ۴۵/۰۸۲$	۳۱/۷۰۳	۴۵/۰۸۲	“	۰/۴۰
	چند جمله‌ای	$y = -۰/۱۳۴۶x^۲ + ۷/۷۶۶۶x + ۵۰/۲۷۷$	−۰/۱۳۴	۷/۷۶۶۶	“	۰/۴۴
	توانی	$y = ۵۲/۱۸۱x^{۰/۳۲۸۳}$	۵۲/۱۸۱	۰/۳۲۸۳	“	۰/۴۳
	نمایی	$y = ۵۹/۲۵e^{۰/۰۵۶x}$	۵۹/۲۵	۰/۰۵۶X	“	۰/۴۶
قطر تاج و سن	خطی	$y = ۳۳/۲۸۲x + ۱۸/۲۰۶$	۳۳/۲۸۲	۱۸/۲۰۶	۱۷/۶۸	۰/۷۵
	لگاریتمی	$y = ۱۸۶/۹۱Ln\ (x) - ۴۰/۲۸۴$	۱۸۶/۹۱	−۴۰/۲۸۴	“	۰/۶۵
	چند جمله‌ای	$y = ۰/۸۷۷x^۲ + ۱۸/۲۰۸x + ۶۱/۳۳۴$	۰/۸۷۷	۱۸/۲۰۸	“	۰/۷۶
	توانی	$y = ۵۳/۹۹۵x^{۰/۷۹۸۱}$	۵۳/۹۹۵	۰/۷۹۸۱	“	۰/۷۸
	نمایی	$y = ۷۷/۳۵۲e^{۰/۱۳۱x}$	۷۷/۳۵۲	۰/۱۳۱	“	۰/۷۷

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]



شکل۱. نمودار تابع رگرسیونی لگاریتمی بین ارتفاع و سن درخت در زیتون تلخ



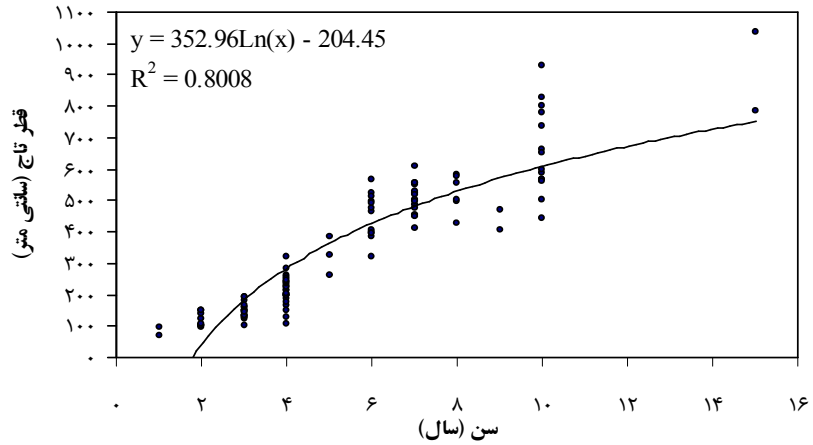
شکل۲. نمودار تابع رگرسیونی لگاریتمی بین ارتفاع تنه و سن درخت در زیتون تلخ

ابعاد اندازه‌گیری شده در سنین مختلف، مدل ها و توابع لگاریتمی به‌عنوان مدل‌های برگزیده و مناسب پیش‌بینی در هر دو گونه انتخاب شدند. الگو و مدل رشد ارتفاع کل، ارتفاع تنه و هم‌چنین قطر تاج درختان زیتون تلخ و توت زینتی به شکلی است که با استفاده از توابع خطی و چند جمله‌ای و تا حدودی توانی پیش‌بینی صحیح و قابل قبولی به‌دست نخواهد آمد به‌طوری‌که این مدل‌ها با افزایش سن درختان به‌ویژه در سنین بالا (حدود ۲۵ سال و بالاتر) پیش‌بینی بسیار بالایی (Overestimate) از ابعاد درخت دارند که عملاً در شرایط طبیعی درختانی با چنین ابعاد در آن سن وجود ندارد و این مدل‌ها و توابع جهت پیش‌بینی الگوی رشدی این درختان به لحاظ علمی قابل قبول نیستند (۱۶). ازطرفی با رجوع به برخی تحقیقات و مقالات مشابه، مدل لگاریتمی با توجه به وضعیت و الگوی رشدی ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج به عنوان مدل قابل قبول جهت پیش‌بینی رشد این ابعاد در سنین مختلف در نظر گرفته می شود (۱۲ , ۱۳ و ۱۶). شکل‌های (۳-۱) و (۵-۴) به‌ترتیب نشان دهنده منحنی توابه رگرسیون لگاریتمی بین ابعاد مختلف رشد و سن در دو گونه زیتون تلخ و توت زینتی می‌باشد.

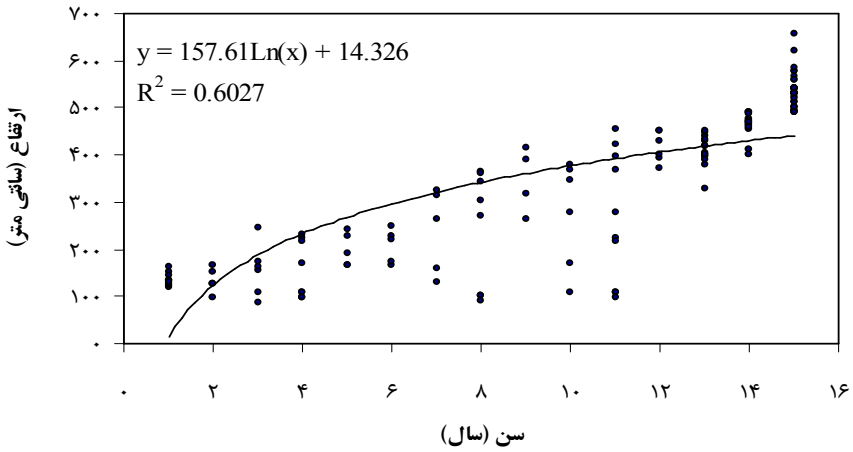
با استفاده از معادلات لگاریتمی به‌دست آمده برای هر گونه میزان رشد ابعاد اندازه‌گیری شده (ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج) در سنین ۱۰، ۱۵ و ۳۰ سال پیش‌بینی شدند (جدول ۳). پیش‌بینی ابعاد حداقل در سنین ۱۰ و ۱۵ سال به ابعاد واقعی درختان در این سنین بسیار نزدیک هستند. سرعت رشد سالانه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]



شکل۳. نمودار تابع رگرسیونی لگاریتمی بین قطر تاج و سن درخت در زیتون تلخ

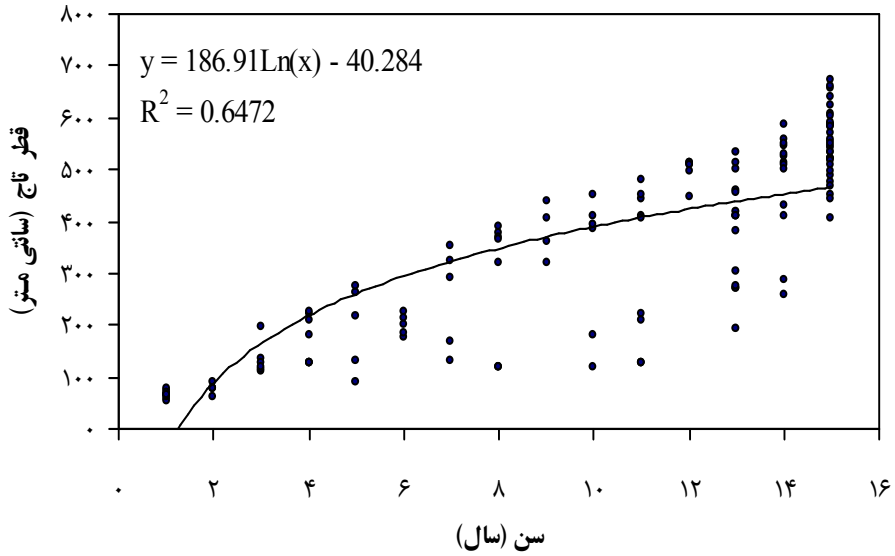


شکل۴. نمودار تابع رگرسیونی لگاریتمی بین ارتفاع و سن درخت در توت زینتی

ارتفاع کل در درخت زیتون تلخ تا سن ۴ سالگی روند افزایشی داشته اما در سنین ۸-۴ سالگی کاهش یافته ولی پس از آن مجدداً رو به افزایش تدریجی می‌گذارد.سرعت رشد ارتفاع تنه تا سن ۴ سالگی افزایش و پس از آن به‌طورکلی رو به کاهش می گذارد اما سرعت رشد قطر تاج افزایش قابل ملاحظه‌ای را به‌ویژه تا سن ۴ سالگی نشان می‌دهد ولی پس از آن طور نسبی رو به کاهش می‌گذارد. به‌طورکلی می‌توان گفت با افزایش سن تا حدود ۱۵ سالگی سرعت رشد این گونه نسبت به سال‌های اولیه رشد افزایش نشان می‌دهد. به‌طورکلی سرعت رشد ابعاد اندازه‌گیری شده ارتفاع تنه و قطر تاج در درخت توت زینتی با افزایش سن افزایش می‌یابد هرچند یک وقفه مشخص و بارز در سنین ۶-۴ سالگی در سرعت رشد ارتفاع تنه به چشم می‌خورد که می‌تواند مربوط به سوء مدیریت‌هایی باشد که رشد طولی تنه را تحت تأثیر قرار می‌دهند چرا که سرعت رشد قطر تاج در این سن هم چنان روند افزایشی سریعی را نشان می‌دهد اما سرعت رشد در ارتفاع کل درخت روند منظمی ندارد و کاهش و افزایش آن در سنین مختلف مشاهده می‌شود (جدول ۵). همان‌طور که جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد در هر دو گونه سرعت رشد قطر تاج با افزایش سن در مقایسه با سرعت رشد ارتفاع کل و ارتفاع تنه بیشتر است که شاید علت آن به این دلیل باشد که با افزایش سن تا حدود ۱۵ سالگی درختان مسن‌تر به حداکثر رشد طولی و ارتفاعی خود نزدیک شده‌اند درحالی‌که رشد جانبی و گسترش تاج درخت هم‌چنان ادامه دارد (۱۶).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]



شکل۵. نمودار تابع رگرسیونی لگاریتمی بین قطر تاج و سن درخت در توت زینتی

جدول ۳. پیش‌بینی ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج در سنین ۱۰، ۱۵ و ۳۰ سال در زیتون تلخ و توت زینتی بر اساس مدل برازش شده لگاریتمی

گونه	ارتفاع کل (متر)			ارتفاع تنه (متر)			قطر تاج (متر)		
	۱۰ سال	۱۵ سال	۳۰ سال	۱۰ سال	۱۵ سال	۳۰ سال	۱۰ سال	۱۵ سال	۳۰ سال
زیتون تلخ	۵/۰۲	۶/۰۸	۷/۹۳	۱/۸۳	۲/۱۵	۲/۷۱	۶/۱۳	۷/۵۱	۹/۹۴
توت زینتی	۳/۷۷	۴/۱	۵/۵۰	۱/۱۸	۱/۳۰	۱/۵۲	۳/۹۰	۴/۶۶	۵/۹۲

جدول۴. میانگین سرعت رشد سالانه ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج محاسبه شده هر ۲ سال یکبار در درخت زیتون تلخ

سن	ارتفاع کل (mm)	ارتفاع تنه (mm)	قطر تاج (mm)
۰-۲	۵۴۰	۳۰۵	۴۰۰
۲-۴	۷۲۵	۷۵۰	۱۰۹۲
۴-۶	۶۱۵	۵۶۰	۱۰۰۵
۶-۸	۴۲۰	۵۴۰	۹۷۵
۸-۱۰	۵۵۰	۴۴۰	۹۰۵
۱۰-۱۲	۵۸۲	۳۷۵	۷۲۵
۱۲-۱۴	۶۷۵	۳۷۵	۸۴۱

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]

جدول۵. میانگین سرعت رشد سالانه ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج محاسبه شده هر ۲ سال یکبار در درخت توت زینتی

سن	ارتفاع کل (mm)	ارتفاع تنه (mm)	قطر تاج (mm)
۰-۲	۲۲۵	۲۰۰	۳۷۰
۲-۴	۷۲۵	۲۹۶	۵۶۵
۴-۶	۴۲۰	۱۶۰	۹۳۰
۶-۸	۱۱۷۰	۵۲۵	۱۳۵۰
۸-۱۰	۵۷۵	۵۸۰	۱۶۵۵
۱۰-۱۲	۱۷۶۵	۵۹۵	۱۹۲۵
۱۲-۱۴	۸۰۰	۴۹۰	۱۹۸۰

آن‌چه از نتایج و جداول مشخص است این است که در هر دو گونه زیتون تلخ و توت زینتی سرعت رشد نسبتاً بالایی به ویژه از نظر گسترش و توسعه تاج حداقل تا سنین ۱۵-۱۴ سالگی دارند که ظهور و بروز آن در فصول رشد سبز یعنی بهار و تابستان مشخص‌تر است و به‌طورکلی جزو درختان نسبتاً پر رشد در فضای سبز به حساب می‌آیند. استفاده از مدل‌ها و توابع ریاضی و به بیانی دیگر کمی کردن الگوی رشد در درختان زینتی به طراحان و مدیران فضای سبز این امکان را می‌دهد که سرعت رشد ابعاد مختلف درخت را در سنین مختلف پیش‌بینی کنند و تصویر صحیح‌تر و واقعی‌تری از فضای سبز طراحی شده در آینده داشته باشند. این مدل‌ها و توابع قابلیت استفاده در نرم افزارهای فضای سبز مثل CAD (Computer Aided Design software) را دارند و به این ترتیب تغییر رشد درخت در سنین مختلف به صورت دیجیتالی و تصویری نیز شبیه‌سازی می‌شود (۱۶). داشتن اطلاعات کافی در ارتباط با ابعاد درخت (ارتفاع کل، ارتفاع تنه و قطر تاج) می‌تواند برای مدل کردن جذب آلودگی هوا، بهبود میکروکلیما، محاسبه جذب کربن و... در محیط‌های شهری به کار گرفته شود (۱۲). از طرفی با داشتن اطلاعات مربوط به ابعاد درختان امکان محاسبه دقیق‌تر هزینه‌ها، آنالیز برنامه‌های مدیریتی مطلوب در سال‌های آینده با هدف ایجاد فضاهای سبز پایدار شهری فراهم می‌شود. با کمک این مدل‌ها و توابع چنان چه سرعت رشد درختی زیاد باشد امکان استفاده و کشت آن در مکان‌هایی با فضای باز و یا موقعیت‌هایی که نیاز پوشش سبز سریع و فوری‌تر احساس می شود قابل توصیه است. هم‌چنین در مورد درختان کم رشد توصیه به کاشت در مکان‌هایی با فضاهای محدود مثل بولوارها و پیاده‌روهای خیابان‌های تجاری و شلوغ قابل توجیه خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1. Brewer, J. A., P. Y. Burns and Q. V. Cao. 1985. Short term Projection accuracy of five asymptotic height–age curves For Loblolly pine. *Forest Science* 31: 414–418.
2. Du Toit, S. H. C. 1979. Analysis of growth curves. Ph.D. Thesis, University of South Africa, Pretoria, South Africa.
3. Fox, J., H. Bi and P. Ades. 2007. Spatial dependence and individual-tree growth models II. Modeling spatial dependence, *Forest Ecology and Management* 245: 20–30.
4. Gerhold, H. D., N. L. Lacasse and W. W. Andel. 1993. Street tree fact sheets. University Park, The Pennsylvania State University. AGRS-056.
5. Harrison N. A., E. Boa and M. L. Carpio. 2003. Characterization of phytoplasmas detected in Chinaberry trees with symptoms of leaf yellowing and decline in Bolivia. *Plant Pathology* 52: 147-157.
6. Hickey M. and C. J. King. 1981. Moraceae, 100 families of flowering plants. Cambridge University Press, London.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]

7. http://www.learner.org/jnorth/tm/leaf/HowOld.html
8. Ishii, H., J. P. Clement and D. C. Shawc. 2000. Branch growth and crown form in old coastal Douglas-fir, *Forest Ecology and Management* 131: 81-91.
9. Jalota, R. K., and K. K. Sangha. 2000. Comparative ecological–economic analysis of growth performance of exotic *Eucalyptus tereticornis* and indigenous *Dalbergia sissoo* in mono-culture plantations. *Ecological Economics* 33: 487–495.
10. Joffe, P. 1993. The gardener's guide to South African plants. Tafelberg-Uitgewers Beperk, CapeTown.
11. Kirsten, K. E. and L. Meyer. 1992. Keith Kirsten's complete garden manual for South Africa. Human and Rousseau, Cape Town.
12. Larsen, F. K. and P. Kristoffersen. 2002. Tilia's physical dimensions over time. *Journal of Arboriculture* 25: 209–213.
13. Peper, P. J., E. G. Mc Pherson and S. M. Mori. 2001a. Predictive equations for dimensions and leaf area of coastal southern California street trees. *Journal of Arboriculture* 27: 169–181
14. Peper, P. J., E. G. Mc Pherson and S. M. Mori. 2001b. Equations for predicting diameter, height, crown width and leaf area Of San Joaquin Valley street trees. *Journal of Arboriculture* 27: 306–317.
15. Pukkala, T., T. Kolstrom and J. Miina. 1994. A method for predicting tree dimensions in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 65: 123-134.
16. Simard, S. W., and B. J. Zimonick. 2005. Neighborhood size effects on mortality, growth and Crown morphology of paper birch. *Forest Ecology and Management* 214: 251–265.
17. Stoffberg, G.H., M. W. van Rooyen, M. J. van der Linde and H. T. Groeneveld. 2008. Predicting the growth in tree height and crown size of three street tree species in the city of Tshwane. *South Africa Urban Forestry and Urban Greening* 7: 259–264.
18. Teimoori, R., S. Roostaee, A. Akbarizamaneh and M. Ahadinejad. 2010. The evaluation of spatio-temporal suitability of urban parks using GIS (a case study of area no. 2 neighborhood parks of Tabriz municipality). *Itanian Jornal of Geographic Space* 10: 137-168. (In Farsi).
19. Wyckoff, P. H., and J. S. Clark. 2005. Tree growth prediction using size and exposed crown area. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 13-20.
20. Zhanga, L., H. Bi, P. F. Chenga and C. J. Davis. 2004. Modeling spatial variation in tree diameter–height relationships. *Forest Ecology and Management* 189: 317–329.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-03-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.9.9]