

بررسی ارتباط بین اندازه تنه و کرنش‌های طولی رشد در گونه ممرز (*Carpinus betulus*)

نیما مخملباف¹، حبیب‌الله خادمی اسلام²، امیر هومن حمصی³، رضا بخشی⁴

چکیده

تنش‌های رشد در درختان یکی از مشکلات اصلی در تبدیل گرده‌بینه‌ها به چوب آلات به‌ویژه در پهن‌برگان می‌باشند. وجود آنها سبب معایب شدیدی همچون شکاف‌های انتهایی در گرده‌بینه‌ها و تنه درختان تازه قطع شده، شکاف‌ها و تاب برداشتن الوارها، و یا حتی مشکلاتی در انجام عملیات برش مانند فشردن تیغ اره و جلوگیری از عمل برش می‌گردند. طی مطالعه‌های انجام شده تاکنون مشخص شده‌است که تنش‌های رشد از یک سو توسط فاکتور ژنتیک کنترل شده و از سوی دیگر تحت تاثیر عوامل محیطی می‌باشند. اما این‌که اثر متقابل کدام‌یک از عوامل رویشگاهی در گونه‌های مختلف بیشترین تاثیر را در تشدید تنش‌های رشد دارد، به دلیل تنوع گونه‌ها از لحاظ ساختاری و پاسخ‌های متفاوت هریک به این عوامل، واکنش‌های متفاوت در یک گونه و یا حتی در یک پایه، هنوز تحت آزمون و بررسی می‌باشد. هدف این مطالعه توجه به پارامترهای اندازه تنه در جهت یافتن ارتباط آن با میزان تنش‌های رشد در گونه ممرز بوده‌است. بدین منظور، یازده اصله درخت از پارسل 319 لیرسرا واقع در جنگل ماشک نوشهر، وابسته به شرکت کشت و صنعت طوبی شمال جهت اندازه‌گیری قطر برابر سینه، ارتفاع، سن، برون مرکزی، و تنش‌های طولی رشد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز رگرسیون تک عامله برای بررسی و یافتن تنها یک عامل که سبب افزایش یا کاهش شاخص تنش رشد (GSI) گردد نشان داد که همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. این در حالی است که، با اعمال آنالیز رگرسیون خطی چندعامله تحت مدل‌سازی رگرسیون به‌صورت مرحله‌ای می‌توان شاخص تنش رشد را به‌عنوان تابعی از سن، ارتفاع و قطر برابر سینه درخت تا 84 درصد با همبستگی بسیار معنی‌داری پیش‌بینی نمود. یافته فوق نشان می‌دهد که تنش‌های رویشی به‌ویژه در گونه ممرز بسیار تحت تاثیر اندازه تنه بوده و نیز تنش‌های رشد پدیده‌ای پیچیده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: شاخص تنش رشد، کرنش‌های طولی رشد، ارتفاع درخت، قطر برابر سینه، سن درخت، برون مرکزی، گونه ممرز

1- دانش‌آموخته مقطع دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

2- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

3- دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

4- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد چالوس دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

امروزه پرداختن به مساله کیفیت چوب یکی از موضوعات کلیدی در بخش صنعت چوب و جنگل می باشد، چرا که افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به محصولات چوبی از یک طرف، و نیز کاهش پوشش جنگلی و محدودیت های زیست محیطی و اکولوژیک از سوی دیگر دسترسی به این ماده اولیه با ارزش، چوب، را برای صنایع وابسته دشوار ساخته است. ویژگی های کیفی چوب آلات استحصالی، بازار آتی محصولات چوبی و رسیدن به درجات کمی و کیفی بالاتری از گرده بینه های استحصالی، تماماً بستگی به رعایت اصول صحیح کاشت، داشت و بهره برداری از منابع موجود و حتی احیای بخش های از دست رفته جنگل دارد.

در کنار تیمارها و روش های موجود جهت حفظ و کنترل درختان و گرده بینه ها برای رسیدن به حد بهینه^۱ بهره برداری، مطالعه کیفیت چوب جهت مطمئن ساختن بخش صنعت و توجیه اقتصادی پتانسیل توده جنگلی تحت برداشت و بهره برداری، نیازمند درک عوامل اثرگذار بر کیفیت چوب آلات استحصالی و بررسی اثر فاکتورهایی چون صفات کلیدی درخت، محیط و رویشگاه، و تیمارهای پرورشی است. در این اثنا، مطالعه پدیده تنش های رویشی که یکی از عوامل موثر بر کاهش کیفیت چوب آلات استحصالی است، حایز اهمیت می باشد.

تنش های رشد در تمامی تنه های گیاهان چوبده به وجود آمده و نقش آن از این بابت حایز اهمیت است که سبب جهت گیری مجدد تنه و شاخه ها می گردد. تشکیل تنش های رشد در بیرونی ترین لایه چوبی تنه، توسط کامبیوم و در طول مدت مرحله دوم رویش (که به عنوان بلوغ سلول شناخته می شود) اتفاق می افتد [26]. توزیع این تنش ها در تنه و در طول حیات درخت، با افزایش قطر تنه ادامه دارد و با تنش های حاصل از پروسه خشک شدن تفاوت داشته ولی با یکدیگر در تقابل می باشد [11، 17 و 26].

توزیع تنش های رشد در چوب از هر سو نا یکسان بوده و در سه جهت محوری، شعاعی و مماسی در تنه تشکیل می گردد. مهم ترین و شدیدترین حالت تنش های فوق، تنش های طولی رشد بوده که توزیع آن در جهت شعاعی تنه به صورت کششی در پیرامون و تبدیل تدریجی آن به فرم فشاری در مرکز تنه یا مغز می باشد [8، 17، 18 و 28].

وجود تنش های طولی رشد می تواند سبب ایجاد بسیاری از معایب مانند شکاف های انتهایی سطح مقطع چوب آلات در استحصال و همچنین ترک های طولی و اعوجاج تخته ها گردد [5، 12، 27 و 33].

میزان تنش های رشد در بین گونه های مختلف و حتی در زیر گونه ها به طور بسیار گسترده ای در نوسان است. این کمیت در بین پایه های یک گونه چوبی، تحت شرایط رویشگاهی همسان و یکنواخت و یا در بین بخش های مختلف یک تنه نیز متغیر است. در حقیقت، تنش های رشد به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط محیطی، رویشگاهی و خصوصیات ژنتیک هر درخت قرار می گیرد [20، 24 و 30].

¹ Optimum

ارتباط بین تنش‌های رشد و سایر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و آناتومیک چوب در کاهش راندمان تولید، همواره مورد مطالعه پژوهشگران قرار داشته است. به‌عنوان نمونه وجود ارتباط بین عملکرد متقابل چوب‌های واکنشی (مسبب پدیده برون‌مرکزی در تنه درختان) و تنش‌های رشد، مورد بررسی قرار گرفته است [7، 13، 14 و 32] و یا درختان با ارتفاع بیشتر به دلیل قرار داشتن بیشتر در معرض باد و متعاقباً در نتیجه اثر مقادیر بالاتری از همان خمشی حاصل، میزان بالاتری از تنش‌های طولی را ایجاد می‌کنند [6 و 22]. همچنین می‌توان به افزایش رشد قطری تنه اشاره نمود که تابعی از افزایش سن درخت بوده و سبب کاهش گرادیان تنش‌های طولی رشد در جهت شعاعی سطح مقطع (در جهت پوست به مغز) می‌گردد [6 و 22]. طبق بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردیده‌است که تشکیل تنش‌های رشد به‌میزان بالاتری در گونه‌های پهن‌برگ در مقایسه با سوزنی‌برگان اتفاق می‌افتد [31]، در واقع درخت برای نجات و حفظ بقا در هر رویشگاهی که قرار گرفته باشد، نیازمند برقراری یک تعادل مکانیکی ضامن حیات در جهت رسیدن به فاکتور اطمینان¹ می‌باشد. میزان فاکتور اطمینان در هر درخت با افزایش ابعاد و اندازه آن کاهش می‌یابد. بدین جهت، لطمه‌پذیری مکانیکی تنه و ریشه درخت با روند رشد و افزایش وزن و ارتفاع آن سیر صعودی دارد. به‌طور کلی، تنه‌های کوتاه‌تر، از بافت‌هایی با قابلیت انعطاف بالاتر نسبت به تنه‌های بلندتر برخوردار بوده و میزان بالاتری از تنش در آنها وجود دارد [25].

مواد و روش‌ها

تعداد 11 اصله درخت گونه ممرز به روش کاملاً تصادفی از طرح جنگلداری لیرسرا واقع در جنگل ماشلک نوشهر انتخاب و از هر درخت یک عدد دیسک به ضخامت 10 سانتی‌متر از ارتفاع برابر سینه تهیه گردید. ارتفاع از سطح دریا در منطقه نمونه‌برداری 150 متر، شیب مکان 15 درجه شمالی، خاک اسیدی با هوموس فراوان، سنگ مادر آهکی، توده جنگلی آن شامل تیپ غالب ممرز - انجیلی و شیوه بهره‌برداری آن به‌صورت احیایی - اصلاحی با اعمال برش به روش تک‌گزینی بوده‌است. در این مطالعه، فاکتورهای سن، ارتفاع و قطر درخت، مطابق با استاندارد BS:2000/094-96 و برون‌مرکزی با استفاده از روش ارائه شده در پژوهش المراس و همکارانش² [3] اندازه‌گیری شده و به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. همچنین میزان کرنش‌های طولی رشد با استفاده از روش CIRAD-forêt [34] تعیین و به‌عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون‌های پیش از قطع

در این مرحله ابتدا قطر برابر سینه درختان هدف و سپس کرنش‌های طولی رشد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بدین صورت که جهت تعیین قطر برابر سینه، پیرامون تنه در ارتفاع 1/3 متر توسط متر نواری ثبت گردید و سپس با استفاده از معادله 1، قطر برحسب متر محاسبه شد:

¹ -Safety factor

² -Aleras et al

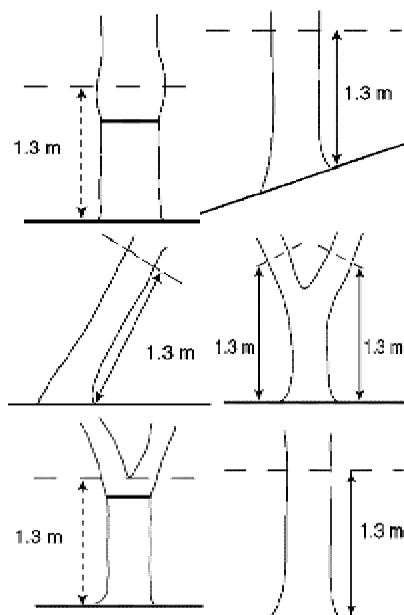
$$D = (C / \pi) / 100 \quad \text{معادله - 1}$$

D - قطر بر حسب متر

C - پیرامون بر حسب سانتیمتر

π - عدد پی 3/14159 (ثابت ریاضی)

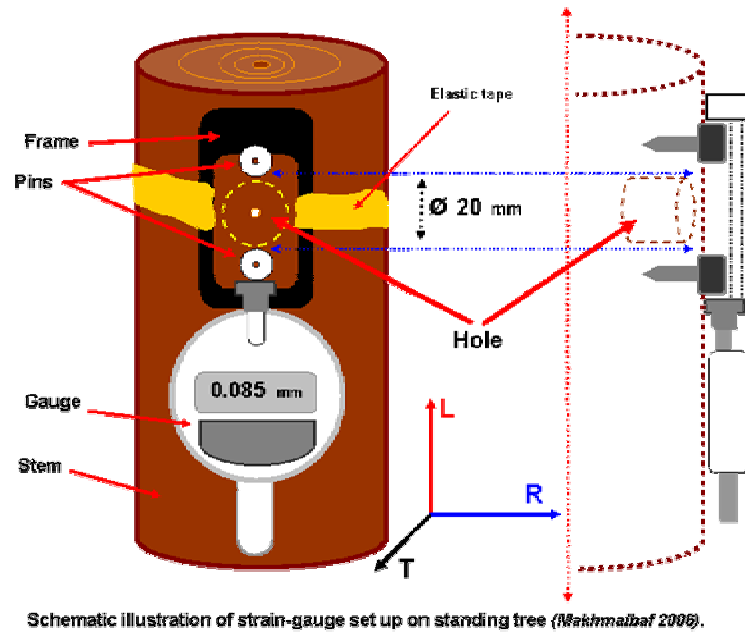
در مواردی که برخی معایب تنه همچون حالت چند شاخه، کجی تنه، واقع شدن تنه در شیب و یا حالت انحنا در محل ارتفاع 1/3 متر وجود داشت، مطابق با روش‌های نشان داده شده در شکل (1) عمل گردید.



شکل 1- اندازه‌گیری ارتفاع برابر سینه در حالت حضور معایب تنه بر اساس صرف نظر از محدوده معایب و ثبت قطر در نزدیک‌ترین ارتفاع فاقد معایب

اندازه‌گیری کرنش‌های سطحی طولی رشد بر اساس روش تک حفره‌ای [15] صورت گرفت (شکل 2). مطابق این روش ابتدا محل مناسبی جهت نصب کرنش سنج در ارتفاع برابر سینه در پیرامون تنه انتخاب شده و سپس سطحی برابر با 200 سانتی‌متر مربع پوست‌کنی می‌گردد. پس از نصب دستگاه، می‌بایست با استفاده از مته‌زنی و ایجاد حفره‌ای به عمق 2 سانتی‌متر که سبب آزادسازی تنش‌های طولی رشد می‌گردد، میزان کرنش‌های طولی رشد را ثبت نمود. در واقع این روش میزان افزایش یا کاهش فاصله بین دو نقطه از سطح چوبی تنه را مشخص می‌کند که به عنوان یک روش غیر مستقیم جهت تعیین تنش‌های طولی رشد شناخته شده و داده حاصل برحسب میکرون، شاخصی از تنش‌های رشد¹ می‌باشد [15]. این روش در چهار نقطه با فواصل یکسان پیرامون هر یک از درختان انجام شد.

1-Growth stress indicator



شکل 2- اندازه‌گیری کرنش‌های طولی رشد بر اساس ایجاد حفره توسط مته‌زنی پیرامون تنه و آزادسازی تنش‌های رویشی تشکیل شده در طول حیات درخت.

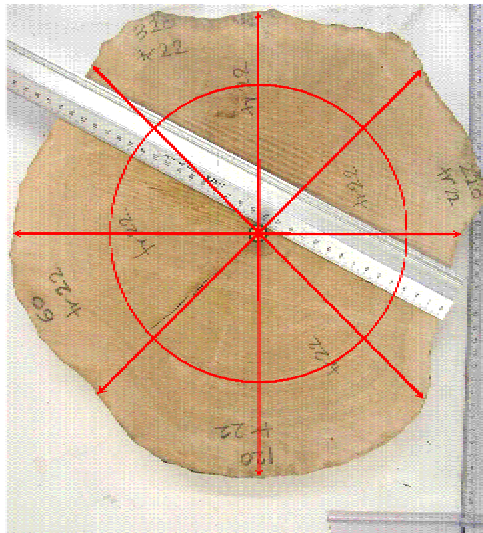
آزمون‌های پس از قطع

پس از انجام عملیات قطع، ارتفاع اسمی درختان هدف، از محل نشانه‌گذاری شده در ارتفاع برابر سینه تا رأس (نوک شاخه انتهایی) به وسیله متر نواری اندازه‌گیری و بر حسب متر ثبت گردید. ارتفاع نهایی درخت از مجموع داده حاصل و عدد ثابت 1/3 متر به دست آمد. سپس از ارتفاع برابر سینه هر درخت یک عدد دیسک جهت تعیین سن و برون مرکزی تهیه گردید. سن درخت بر اساس شمارش تعداد دایر سالانه پس از خشک‌کنی دیسک‌ها و پرداخت کامل سطح مقطع صورت گرفت. به دلیل عدم وضوح برخی از دایر رویش در بخش چوب جوان از محلول 2% سفرائین در اتانول جهت نمایان‌سازی بهتر و تشخیص دایر رویشی استفاده گردید [10]. نهایتاً میزان برون مرکزی با جمع برداری مؤلفه‌های بردارهای شعاعی در هشت جهت اصلی جغرافیایی از مغز تا کامبیوم طبق رابطه‌های 1 و 2 محاسبه گردید [3] (شکل 3).

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n r_i \sin \theta_i \quad \text{رابطه (1)}$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n r_i \cos \theta_i \quad \text{رابطه (2)}$$

X بار و Y بار میانگین جمع برداری مؤلفه‌های بردار شعاعی r و زاویه θ آزیموت بردار r می‌باشد.



شکل 3- اندازه‌گیری برون مرکزی بر اساس جمع برداری طول شعاع در 8 جهت اصلی جغرافیایی در فواصل مغز تا کامبیوم در هر دیسک

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای SAS ver.9 و Genstat و نیز آزمون‌های رگرسیون خطی تک و چند عامله و آنالیز واریانس استفاده گردید.

نتایج و بحث

جدول 1 داده‌های به‌دست آمده از آزمون متغیرهای تحت مطالعه را نشان می‌دهد. به دلیل اثر لنگر خمشی بر میزان کرنش‌های طولی رشد، از نسبت ارتفاع به قطر (شاخص لاغری تنه) نیز در تجزیه و تحلیل استفاده شده است.

جدول 1- داده‌های اولیه متغیرها و دامنه تغییرات و میانگین

شماره نمونه	شماره شناسه درخت	کرنش طولی حداکثر (میکرون)	سن (سال)	برون مغزی (%)	شاخص لاغری	ارتفاع درخت (متر)	قطر برابر سینه (متر)
1	1	142	76	11.65	41.65	20.55	0.49
2	2	102	55	6.76	69.27	18.74	0.27
3	22	175	69	4.18	52.76	20.99	0.40
4	70	199	64	1.69	66.25	21.09	0.32
5	73	111	54	11.36	61.24	17.54	0.29
6	75	96	50	3.79	65.05	14.50	0.22
7	77	163	73	2.19	39.69	15.16	0.38
8	85	99	41	6.52	91.06	18.84	0.21
9	86	174	56	10.63	66.07	18.93	0.29
10	93	93	67	4.26	38.58	17.19	0.45
11	152	44	66	5.22	32.20	19.47	0.60
		199	76	11.65	91.06	21.09	0.60
		44	41	1.69	32.20	14.50	0.21
		127	61	6.20	56.71	18.46	0.36
		47	11	3.57	17.52	2.20	0.12

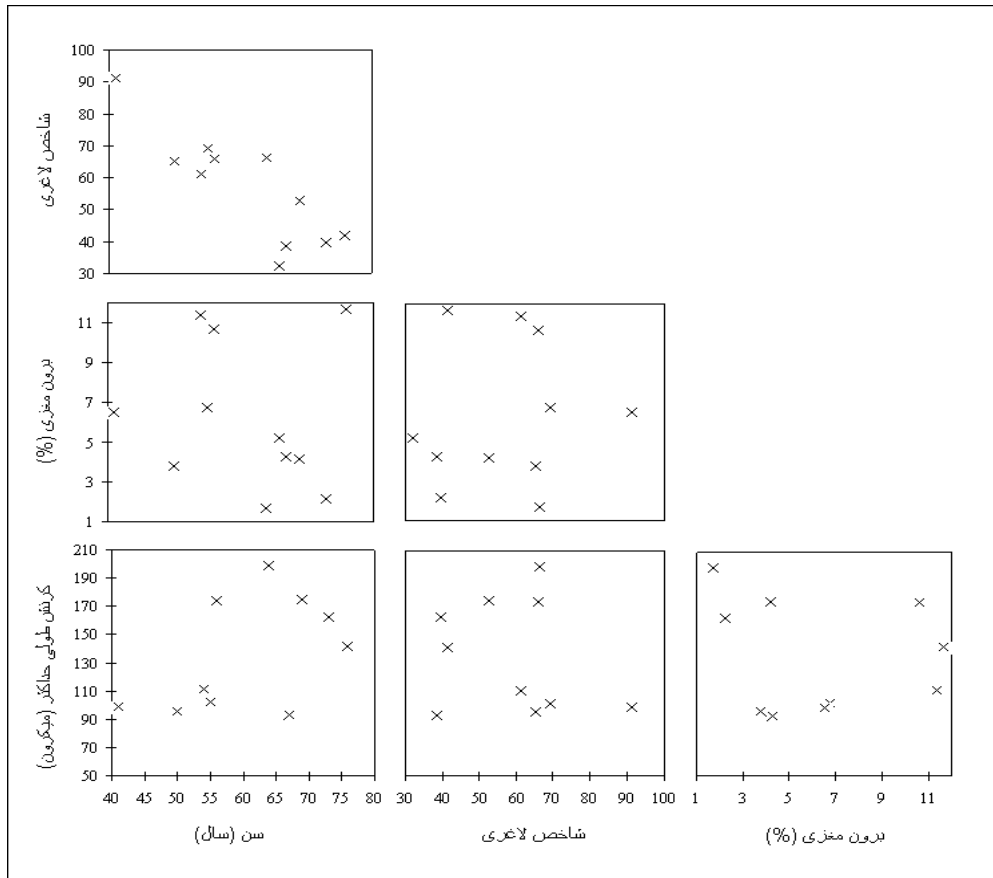
حداکثر

حداقل

میانگین

انحراف معیار

در جدول 1 مشاهده می‌شود که دامنه تغییرات حداکثر میزان شاخص تنش‌های رشد در محدوده قطری 20 تا 60 سانتی‌متر، بین حداقل 44 μm و حداکثر 199 μm قرار دارد. وجود این دامنه از تغییرات نشان دهنده واکنش درخت در حفظ تنه در جهت قایم به ویژه در تنه‌های با قطر کمتر می‌باشد.



شکل 4- ارتباط متقابل بین متغیرهای مورد مطالعه در نمودار ماتریسی

در تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفته مطابق شکل (4) و جدول (2)، بین متغیر سن درخت (با مقادیر P برابر با 0/34 و ضریب تعیین 10 درصد) و شاخص تنش طولی رشد ارتباط معنی‌داری در سطح اعتماد 95 درصد تحت آنالیز رگرسیون خطی تک‌عامله مشاهده نگردید.

جدول 2- آنالیز واریانس رگرسیون خطی تک‌عامله برای شاخص تنش رشد تحت متغیرهای سن، برون

مرکزی، قطر، ارتفاع و شاخص لاغری

متغیر	ضریب تعیین	خطای استاندارد	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	مقدار t	مقدار P
سن	0.10	46.82	9	19726.34	2191.82	0.9867	0.9933	0.3465
برون مرکزی	0.01	49.09	9	21688.99	2409.89	0.0830	-0.2880	0.7798
قطر	0.05	48.00	9	20738.15	2304.24	0.4994	-0.7067	0.4976
ارتفاع	0.10	46.79	9	19706.28	2189.59	0.9968	0.9984	0.3442
شاخص لاغری	0.02	48.83	9	21463.20	2384.80	0.1785	0.4225	0.6826

همچنین میزان متغیرهای برون مرکزی (با مقادیر P برابر با 0/779 و ضریب تعیین 1 درصد)، قطر برابر سینه (با مقادیر P برابر با 0/497 و ضریب تعیین 5 درصد)، ارتفاع درخت (با مقادیر P برابر با 0/344 و ضریب تعیین 10 درصد)، و در نهایت شاخص لاغری (با مقادیر P برابر با 0/682 و ضریب تعیین 2 درصد)، هیچ یک به تنهایی ارتباط معنی داری را با شاخص تنش طولی رشد در سطح اعتماد 95 درصد تحت آنالیز رگرسیون خطی تک عامله نشان ندادند. در حقیقت، با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی تک فاکتوره نمی توان تخمین مناسبی با ضریب تعیین¹ با درصد بالا داشت. یافته فوق با نتایج پژوهش محققان دیگر مطابقت دارد [7,25,31] زیرا که تنش های رشد در واقع یک پدیده کمپلکس بوده و تنها یک فاکتور در پیدایش و تشدید آن دخیل نمی باشد و در بررسی یک متغیره نمی توان ارتباط معنی داری را در گونه مرمرز یافت بلکه ترکیبی از عوامل فوق در تشدید آن نقش دارد. همان طور که در مقدمه بدان اشاره شد، مجموعه عواملی نظیر ژنتیک و نیز فاکتورهای محیطی بر شدت تنش های رشد می افزایند. از این رو از آنالیز رگرسیون خطی چندعامله تحت روش مرحله ای² جهت آزمون این فرض و نیز تخمین شاخص تنش رشد با ترکیبی از متغیرهای فوق تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت. طبق جدول 3، نتایج به دست آمده نشان داد که ترکیبی از متغیرهای قطر برابر سینه، سن و ارتفاع درخت می توانند از عوامل اصلی اثر گذار در تشدید پدیده تنش طولی رشد بوده و با استفاده از این سه متغیر می توان میزان شاخص تنش رشد را با درصد بسیار بالایی در حدود 84 درصد در سطح اعتماد 95 درصد برای گونه مرمرز پیش بینی نمود. مدل پیشنهادی براساس آنالیز واریانس رگرسیون خطی چندعامله ارائه شده در جدول 3 به صورت ذیل می باشد:

رابطه (3)

$$197 - (\text{قطر} * 516) - (\text{ارتفاع} * 9/13) + (\text{سن} * 5/56) = \text{شاخص تنش طولی رشد (پیش بینی شده)}$$

- شاخص حداکثر تنش طولی رشد پیش بینی شده: بر حسب میکرون
- سن درخت: تعداد دواير رویش سالیانه در ارتفاع 1/3 متری با ضریب 5/56
- ارتفاع درخت: بر حسب متر با ضریب 9/13
- قطر برابر سینه: بر حسب متر با ضریب 516
- عدد 197: ثابت مدل

جدول 3 - آنالیز واریانس رگرسیون خطی چندعامله برای شاخص تنش طولی رشد به عنوان تابعی از متغیرهای سن، ارتفاع و قطر درخت برای مدل پیشنهاد شده.

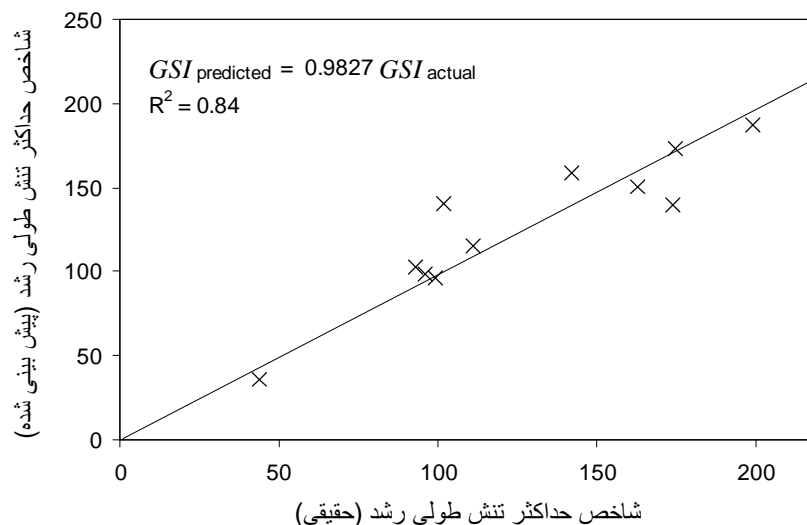
درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آماره F	مقدار P	ضریب تعیین خطای استاندارد	سطح اعتماد	ضریب واریانس
مدل	3	18441.65	12.48	0.0034	0.842511	0.95	17.461
باقی مانده	7	3447.25					
مقدار کل	10	21888.91					

¹ - Coefficient of determination

² - Stepwise Regression

از بین ترکیب متغیرهای مورد مطالعه، سن، ارتفاع، قطر، شاخص لاغری و برون مرکزی، بهترین ترکیب با بالاترین درصد پیش‌بینی شامل سه متغیر اصلی سن، ارتفاع و قطر بود. این مدل از جهت سهولت اندازه‌گیری متغیرهای تعیین‌کننده شاخص تنش حداکثر، می‌تواند بسیار کاربردی بوده و از اهمیت بالایی برخوردار باشد. همچنین مدل فوق ثابت می‌کند که تعداد دوایر رویش سالیانه به‌همراه قطر و ارتفاع از عوامل اصلی در افزایش تنش‌های رشد می‌باشند بدین صورت که با افزایش ارتفاع بر میزان اثر لنگر خمشی افزوده شده و متعاقباً به مقادیر کرنش‌های طولی رشد افزوده می‌شود که روند مثبت این رابطه در مدل به‌دست آمده مشهود است. همچنین عامل افزایش تعداد دوایر رویش سالیانه که در نتیجه روند افزایش سن درخت می‌باشد اثر مستقیم در افزایش تنش‌های رشد دارد که آن را می‌توان به تجمع نیروهای داخلی در اثر تشکیل هر لایه رویشی جدید و اعمال فشار به لایه‌های رویشی قدیمی‌تر نسبت داد. در نهایت عامل قطر که افزایش آن سبب کاهش گرادیان تنش‌های طولی رشد می‌شود و در مدل به‌دست آمده این روند به‌صورت ضریب منفی این مورد را نیز ثابت می‌کند. افزایش قطر سبب کاهش شاخص لاغری شده و موجبات مقاومت بیشتر درخت در برابر اثر لنگر خمشی را فراهم می‌آورد که سبب کاهش کرنش‌های سطحی طولی رشد در درختان قطورتر می‌گردد.

شکل 5 نمودار آزمون مدل ارایه شده بر اساس مقادیر حقیقی و مقادیر حاصل از مدل را برای شاخص تنش‌های طولی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همبستگی بسیار معنی‌داری در سطح اعتماد 95 درصد با مقدار P برابر با 0/003 و ضریب تعیین 84 درصد وجود دارد.



شکل 5- همبستگی بین مقادیر حقیقی شاخص حداکثر تنش طولی رشد و مقادیر پیش‌بینی شده با درجه آزادی 10 در سطح اعتماد 95 درصد با استفاده از مدل پیشنهادی شامل متغیرهای سن، ارتفاع و قطر درخت

مدل فوق این امکان را به بهره‌برداران جنگل و صنعت می‌دهد که پیش از عملیات قطع بتوان برآوردی از میزان پتانسیل تنش‌های رشد توده جنگلی انجام داده و یا حتی بدون به‌کار بردن آزمون‌های مخرب، تنها به‌وسیله ابزارهای ساده با اندازه‌گیری ارتفاع و قطر درخت توسط شیب‌سنج و متر نواری، و نیز شمارش

دوایر رویشی سالیانه درخت به وسیله مته سن سنج، بدون پوست‌کنی و صرف وقت بتوان میزان حداکثر تنش‌های رویشی را که از جمله عوامل اصلی کاهش کیفیت چوب آلات استحصالی است، به دست آورده و تخمین زد. مزیت مدل فوق همچنین در مواردی که بهره‌برداران جنگل با عدم امکانات و وسایل آزمون همچون دستگاه کرنش‌سنج و یا محدودیت‌هایی در قطع درختان و نشانه‌گذاری مواجه هستند، نمود پیدا می‌کند.

با توجه به امکانات محدود در ایران و عدم امکان استفاده از برخی از آزمون‌های صحرایی جهت تعیین کیفیت چوب (آزمون‌های غیر مخرب)، استفاده از مدل پیشنهادی و نیز توسعه مدل‌های مشابه جهت تخمین میزان کرنش‌های رشد و درجه‌بندی توده جنگلی و درختان قابل برداشت بر اساس خصوصیات ظاهری و اندازه تنه حایز اهمیت می‌باشد. استفاده از این روش موجبات طبقه‌بندی گرده‌بینه‌ها را فراهم آورده و به دلیل مشخص شدن کیفیت چوب استحصالی پیش از ارسال به بخش تولید، سبب صرفه‌جویی در حمل و ارسال به صنعت مربوط می‌گردد و در نهایت باعث افزایش راندمان در سطوح صنعتی می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از شرکت طوبی شمال و کلیه پرسنل آن خصوصاً جناب مهندس متاجی به‌خاطر در اختیار گذاشتن منطقه جنگلی تحت پوشش جهت انجام آزمون‌های صحرایی و نمونه‌گیری تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین از اداره کل منابع طبیعی مازندران - نوشهر جهت صدور مجوز حمل سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- 1- ایزدی، شاهرخ جباری. 1376. طرح جنگلداری لیرسرا، سری 3 بخش ماشلک، حوزه آبخیز شماره 45، اداره کل منابع طبیعی منطقه نوشهر، کتابچه طرح، 302 صفحه.
- 2- کیایی، م. 1384. بررسی خصوصیات فیزیکی و بیومتری گونه ممرز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، 121 صفحه.
- 3- Almeras, T.; A. Thibaut; J. Gril (2005). Effect of circumferential heterogeneity of wood maturation strain, modulus of elasticity and radial growth on the regulation of stem orientation in trees. Springer-Verlag 19: 457 – 467.
- 4- Arian, A.; R. P. Vlosky; M. K. Zamani (2007). The wood products industry in Iran. Forest Products Journal. Vol. 57, No. 3, 6 – 13.
- 5- Archer, R. R. (1986). Growth stresses and strains in trees, Springer-Verlag, Berlin, 240 pp.
- 6- Atanackovic, A. (1977). An investigation in assessing of spring and bow on sawing re-growth black butt (*Eucalyptus pilularis* Sm.). For. Comm. of N.S.W. Wood Tech. Divn., Project 822.1.
- 7- Bamber, R. K. (2001). A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: How trees stay upright. IAWA, 22(3): 205 – 212.
- 8- Boyd, J. D. (1950). Tree growth stresses. Part II. The development of shakes and other visual failure in timber. Aust. J. Appl. Sci. 1:296 - 312.
- 9- Barnacle, K. E. (1971). Rapid effect of drying on development of heart cracks (*Eucalyptus camaldulensis*, logs). Australian Forestry 35 No. 4, 251 – 257.
- 10- British Standard (2000). Standard Methods for Plant Geometry Measurements. FC Booklet No.39 - Forest Mensuration Handbook "FC Mensuration Handbook for Practitioners", Mensuration Sample Plot. SOP's 094 – 96.
- 11- Chafe, S.C. (1979a). Wood hardness as a poor indicator of growth stresses. Australian For. Res. 9(2): 147 - 148.
- 12- Chafe, S.C. (1979b). Growth stress in trees. Australian For. Res. 9(3):203 - 223.
- 13- Clarke, S. H. (1939). Stresses and strains in growing timber. Forestry 13(1): 68 – 79.
- 14- Dinwoodie, J. M. (1965). Growth stresses in timber. A review of European investigations. Committee on tree growth stresses. Proc. IUFRO Sect. 41, Australia.
- 15- Fournier, M.; B. Chanson; B. Thibaut; D. Guitard (1994) Measurement of residual growth strains at the stem surface. Observations of different species. Ann For Sci 51:249–266
- 16- Gilman, E. F. and D. G. Watson (1993). Fact Sheet ST-119, a series of the Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- 17- Jacobs, M. R. (1965). Stresses and strains in tree trunks as they grow in length and width. Leaflet, For. And Timb. Bur. Aust. Bull. No. 96, 15 pp.
- 18- Kubler, H. (1959). Studies in growth stresses in trees. Part 1: The origin of growth stresses and the stresses in transverse direction. Holz als Roh-und Werkstoff 17(1): 1 - 9.
- 19- Kubler, H. (1987). Growth stresses in trees and related wood properties. For. Abstr. 48:131 - 189.

- 20- Lenz, O. and H. Strassler (1959). Contribution a l'etude de l'ecalfement des billes de hetre (*Fagus silvatica* L.). Schweiz. Anstalt. Forstl. Versuchsw. 35: 373 – 409.
- 21- Linford, J. (2007). Handbook “A concise guide to trees”. Parragon Books Ltd, Atlantics Publishing. ISBN 978-1-4054-8801-3. 255 pp.
- 22- Malan, F. S. (1985). Studies on the phenotypic variation in growth stress intensity and its association with tree and wood properties of South African grown Eucalyptus. PhD thesis, University of Stellenbosch, South Africa.
- 23- Malan, F. S. (1993). The wood properties and qualities of three South African grown eucalypt hybrids. South African Forestry Journal No. 167, 35 – 44.
- 24- Nicholson, J. E. (1973). Growth stress differences in Eucalypts. For. Sci. 19: 169 – 174.
- 25- Niklas, K. J. (2002). Wind, Size, And Tree Safety. Journal of Arboriculture 28(2): 84 – 93.
- 26- Okuyama, T.; Y. Kikata (1975). The residual stresses in wood logs due to growth stresses. Mokuzai Gakkaishi 21:335 – 341
- 27- Okuyama, T.; Y. Sasaki (1979). Crooking during lumbering due to residual stresses in the tree. Mokuzai Gakkaishi 25:681 – 687
- 28- Okuyama, T.; Kikata Y. (1981). The generation process of the growth stress and residual stress. Voluntary paper XVII IUFRO World Congress, Kyoto, Japan.
- 29- Okuyama, T.; H. Yamamoto; M. Yoshida; Y. Hattori; R. R. Archer (1994). Growth stresses in tension wood: Role of microfibrils and lignification. Ann. Sci. For. 51:291 - 300.
- 30- Trenard, Y. and P. Gueneau (1975). Relationship between longitudinal growth stresses and tension wood in *Fagus sylvatica*. Holzforschung 29 (6): 217 – 223.
- 31- Wilkins, A. P. (1986). Nature and origin of growth stresses in trees. Australian Forestry Research 49(1): 56 – 62.
- 32- Wilson, B. F. (1981). The development of growth strains and stresses in reaction wood. Castle House Publ., Kent. In: Xylem Cell Development 275 – 290.
- 33- Yamamoto, H. (1998). Generation mechanism of growth stresses in wood cell walls. Role of lignin deposition and cellulose microfibril during cell wall maturation. Wood Sci. Technol. 32, 171 – 182.
- 34- Yang, J. L.; A., Muneri; G., Downes; H., Bailleres; T., Okuyama (2002). Growth strain measurement methods – A literature review. CSIRO Forestry and Forest Products Client Report No.1216 for ACIAR project FST/1999/042, 46 pp.