



## مروری بر روش‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی حجم درختان سرپا (مطالعه موردی: توسکا)

علی شکرورد شکیب<sup>۱\*</sup>، مهدی کلاگر<sup>۲</sup>، فاطمه حسن‌زاده<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- دکتری صنایع چوب و کاغذ، معاون اجرایی شرکت شفارود، گیلان، ایران

۵- کارشناسی ارشد علوم جنگل، مدیر تحقیقات و نوآوری جنگل شفارود، گیلان، ایران

### چکیده

کسب اطلاعاتی دقیق و به هنگام از وضعیت کمی جنگل‌های هیرکانی برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح این منابع از اولویت زیادی برخوردار است. حجم درخت از جمله مشخصه‌هایی است که کاربرد قابل توجهی در مدیریت منابع جنگلی دارد، که از جمله آن‌ها می‌توان به روند بهبود یا تخریب رویشگاه، میزان مجاز برداشت، میزان رویش و مبنای خرید و فروش و مدیریت جنگل اشاره کرد. قطر برابر سینه و ارتفاع درختان از مهمترین مؤلفه‌های مورد نیاز در آماربرداری جنگل برای تعیین حجم هستند. برای یافتن حجم روش‌هایی مانند: هوبر، اسمالین، پرسلر استفاده می‌شود. در این روش‌ها با استفاده از یک سری متغیرها مانند قطر در ارتفاع‌های مختلف، حجم و ضریب شکل محاسبه می‌شوند. برای برآورد حجم درختان و پیش‌بینی آن روش‌های مختلفی وجود دارد و در پژوهش‌هایی که درباره برآورد حجم و پیش‌بینی آن صورت گرفته به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون توجه بیشتری شده است. استفاده از روابط برای محاسبه حجم درختان از آن جهت ارزشمند است که امکان پیش‌بینی حجم را با اندازه‌گیری چند متغیر میسر می‌سازد. از طرف دیگر، رابطه‌ای مقبول و مطلوب‌تر است که با حداقل تعداد متغیر مورد نیاز، حجم را با دقت قابل قبولی برآورد کند.

**واژگان کلیدی:** رگرسیون، شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی حجم، آنالیز تصویر



## مقدمه

مدیریت پایدار و برنامه ریزی صحیح منابع جنگلی به اطلاعات دقیق و با کیفیت زیاد از وضعیت حال و آینده جنگل نیازمند است. یکی از این بوم سازگان‌های حیاتی، جنگل‌های هیرکانی است که در دهه‌های اخیر به دلایل متعدد دستخوش تغییرات زیادی شده است که حفظ، دوام و بقای آن، پایش مداوم، چاره‌اندیشی و تمهیدات همه جانبه را می‌طلبد. به همین دلیل کسب اطلاعاتی دقیق و به هنگام از وضعیت کمی این منابع جنگلی در برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح این منابع، از اولویت زیادی برخوردار است. مشخصه های قطر برابر سینه و ارتفاع درختان، از مهمترین مؤلفه های مورد نیاز در آماربرداری جنگل هستند (عالمی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به مهم بودن توده‌های دست کاشت از نظر تند رشد بودن، اهمیت اقتصادی و زیست محیطی بررسی رشد و عملکرد آنها مورد تحقیق پژوهشگران زیادی بوده است. مناطق جلگه‌ای استان گیلان و به‌ویژه غرب استان از سال‌های دور تحت عملیات جنگل‌کاری با گونه‌های بومی و غیر بومی در سطوح مختلف بوده است. توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa*) یکی از گونه‌های مهم سریع‌الرشد مناطق مرطوب است. به عنوان گونه پیشگام و با داشتن قدرت تثبیت‌کنندگی ازت خاک و با بیومس تولیدی بالا در زراعت چوب، در سیستم‌های بهره‌برداری کوتاه مدت در صنایع کاربری متنوعی دارد. جنس توسکا (*Alnus sp.*) در عرض‌های ۲۵ درجه جنوبی تا ۷۰ درجه شمالی در اروپا تا ارتفاع ۲۸۰۰ متر از سطح دریا و در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای سرد، عمدتاً در مناطق جلگه‌ای مرطوب و در خاک‌های هیدرومورف و نیمه باطلای پراکنش دارد. بخش‌های قابل توجه‌ای از جلگه گیلان توسط توسکای قشلاقی و ییلاقی عموماً به‌صورت خودرو پوشانده شده است. حجم درخت از جمله مشخصه‌هایی است که کاربرد قابل توجهی در جنگل دارد، که از جمله آن‌ها می‌توان به روند بهبود یا تخریب رویشگاه، میزان مجاز برداشت، میزان رویش و مبنای خرید و فروش و مدیریت جنگل اشاره کرد (معصومیان، ۱۳۷۶). به همین دلیل و برای یافتن حجم روش‌هایی مانند: هوپر، اسمالین، پرسر استفاده می‌شود. در این روش‌ها با استفاده از یک سری متغیرها مانند قطر در ارتفاع‌های مختلف، حجم و ضریب شکل محاسبه می‌شوند. برای برآورد حجم درختان و پیش‌بینی آن روش‌های مختلفی وجود دارد و در پژوهش‌هایی که درباره برآورد حجم و پیش‌بینی آن صورت گرفته به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون توجه بیشتری شده است. استفاده از روابط برای محاسبه حجم درختان از آن جهت ارزشمند است که امکان پیش‌بینی حجم را با اندازه-گیری چند متغیر میسر می‌سازد. از طرف دیگر، رابطه‌ای مقبول و مطلوب‌تر است که با حداقل تعداد متغیر مورد نیاز، حجم را با دقت قابل قبولی برآورد کند (بیاتی و نجفی، ۱۳۹۴). در ادامه روش‌های پیش‌بینی حجم تشریح و دقت پیش‌بینی آنها با هم مقایسه می‌شوند

## ۱- استفاده از روش رگرسیون برای پیش‌بینی حجم سرپای درخت

در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون، یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می‌باشد. این روش شامل تکنیک‌های زیادی برای مدل‌سازی و تحلیل متغیرهای خاص و منحصر بفرد، با تمرکز بر رابطه بین متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل، می‌باشد. تحلیل رگرسیون خصوصاً کمک می‌کند در فهم اینکه چگونه مقدار متغیر وابسته با تغییر هر کدام از متغیرهای مستقل و با ثابت بودن دیگر متغیرهای مستقل تغییر می‌کند. بیشترین کاربرد تحلیل رگرسیون تخمین امید ریاضی شرطی متغیر وابسته از متغیرهای مستقل معین است که معادل مقدار متوسط متغیر وابسته است وقتی که متغیرهای مستقل ثابت هستند. کمترین کاربرد آن تمرکز روی چندک یا پارامتر مکانی توزیع شرطی متغیر وابسته از متغیر مستقل معین است. در همه موارد هدف تخمین یک تابع از متغیرهای مستقل است



که تابع رگرسیون نامیده شده است. در تحلیل رگرسیون تعیین پراکندگی متغیر وابسته اطراف تابع رگرسیون مورد توجه است که می تواند توسط یک توزیع احتمال توضیح داده شود. تحلیل رگرسیون به صورت گسترده برای پیش بینی استفاده شده است. تحلیل رگرسیون همچنین برای شناخت ارتباط میان متغیر مستقل و وابسته و شکل این روابط استفاده شده است. در شرایط خاصی این تحلیل برای استنتاج روابط عالی بین متغیرهای مستقل و وابسته می تواند استفاده شود. هر چند این می تواند موجب روابط اشتباه یا باطل شود بنابراین احتیاط قابل توصیه است. برای پیش بینی حجم سرپای درختان با روش روش رگرسیون، داده های مربوط به قطر در دامنه های ارتفاعی، ارتفاع درخت و ضریب شکل درخت به عنوان متغیرهای مستقل و حجم سرپای درختان به عنوان متغیر وابسته استفاده می شوند. بدین منظور شاخص های پیش بینی کننده ابتدا به صورت تکی در مدل رگرسیون ساده وارد می شوند. سپس برای مقایسه شاخص های پیش بینی کننده به صورت همزمان به مدل های رگرسیون چندگانه وارد شدند و سپس دقت پیش بینی مدل های ساده و چندگانه خطی و غیر خطی با هم مقایسه می شوند. Karaman و caliskan (۲۰۰۹) با مقایسه روش شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون توانی در مطالعه عوامل موثر بر زمان قطع درخت به این نتیجه رسیدند که نتایج روش شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با رگرسیون توانی خیلی بیشتر به واقعیت نزدیک بوده و قابل اتکا هست. سهرابی و همکاران (۱۳۹۴) روش رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی را برای محاسبه حجم سرپای جنگل بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با توجه به روش های مختلف محاسبه شده برای ارزیابی و مقایسه روش های مدلسازی، مدل پرسپترون تک لایه و رگرسیون خطی دقت بهتری نسبت دیگر روشها دارند. رگرسیون را می توان در سه دسته تقسیم بندی کرد که عبارتند از رگرسیون خطی، غیرخطی و رگرسیون خطی چندگانه (چند متغیره). در روش خطی برای توصیف یا پیش بینی خروجی ناشی از چند متغیر مستقل، تنها بر اساس یک متغیر وابسته انجام می گیرد. در رگرسیون چند متغیره برای همین منظور از دو یا چند متغیر وابسته استفاده می شود. رگرسیون غیر خطی برای مواردی استفاده می شود که به دنبال یافتن رابطه ای غیر خطی بین متغیرها هستیم. از این روش در محاسبات بسیار پیچیده استفاده می شود.

#### رگرسیون ساده:

اگر برای شناسایی و پیش بینی متغیر وابسته فقط از یک متغیر مستقل استفاده شود، مدل را "رگرسیون ساده ۱" می گویند. رگرسیون ساده به صورت خطی و غیر خطی می باشد. رابطه ۲ خطی است، اما بقیه روابط از ۳ تا ۱۱ رگرسیون ساده غیر خطی را نشان می دهند. ساده ترین فرم آن، مدل رگرسیون خطی ساده به صورت زیر است:

$$Y = a_1 + b_1X + \epsilon \quad (\text{رابطه ۱})$$

همانطور که دیده می شود این رابطه، معادله یک خط است که جمله خطا یا همان  $\epsilon$  به آن اضافه شده. پارامترهای این مدل خطی عرض از مبدا ( $b_1$ ) و شیب خط ( $a_1$ ) است. شیب خط در حالت رگرسیون خطی ساده، نشان می دهد که میزان حساسیت متغیر وابسته به متغیر مستقل چقدر است. به این معنی که با افزایش یک واحد به مقدار متغیر مستقل چه میزان متغیر وابسته تغییر خواهد کرد. عرض از مبدا نیز بیانگر مقداری از متغیر وابسته است که به ازاء مقدار متغیر مستقل برابر با صفر محاسبه می شود. به شکل دیگر می توان مقدار ثابت یا عرض از مبدا را مقدار متوسط متغیر وابسته به ازاء حذف متغیر مستقل در نظر گرفت.

مدل خطی	$Y = a_1X + b$	(رابطه ۲)
مدل لگاریتمی	$Y = a_1 \ln X + b$	(رابطه ۳)
مدل معکوس	$Y = a_1/X + b$	(رابطه ۴)
مدل درجه دو	$Y = a_1X + a_2X^2 + b$	(رابطه ۵)
مدل درجه سه	$Y = a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + b$	(رابطه ۶)
مدل مرکب	$Y = ba_1^X$	(رابطه ۷)
مدل توانی	$Y = bX^{a_1}$	(رابطه ۸)
مدل S	$Y = e^{(a_1X) + b}$	(رابطه ۹)

<sup>1</sup> Simple Linear Regression

مدل منحنی رشد

$$Y=e^{(a_1 X+b)}$$

(رابطه ۱۰)

مدل نمایی

$$Y=be^{a_1 X}$$

(رابطه ۱۱)

که در آنها  $Y$  متغیر وابسته (حجم سرپای درخت)،  $X$  متغیر مستقل (قطر در دامنه‌های ارتفاعی، ارتفاع درخت و ضریب شکل درخت که به صورت منفرد به مدل وارد می‌شوند)،  $b$  ضریب ثابت،  $a$  ضریب رگرسیون و  $e$  ثابت نپر می‌باشد.

**رگرسیون چندگانه خطی:** برای مقایسه با رگرسیون ساده که در آنها شاخص‌های پیش‌بینی کننده به صورت تکی و جداگانه به مدل وارد می‌شدند، رگرسیون چندگانه خطی بررسی می‌شود که در آن تمامی شاخص‌های پیش‌بینی کننده به صورت همزمان به مدل وارد می‌شوند تا مقادیر حجم سرپای درخت را پیش‌بینی کند. فرمول رگرسیون خطی چندگانه به صورت زیر است:

$$Y=a_1X_1+a_2X_2+a_3X_3+a_4X_4+.....+ a_nX_n+b \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

که در آنها  $Y$  متغیر وابسته،  $X_1, X_2, X_3$  و  $X_4$  متغیرهای مستقل می‌باشد.  $b$  ضریب ثابت و  $a$  ضریب رگرسیون می‌باشد.

**رگرسیون چندگانه غیر خطی:** در روش غیرخطی یک مدل از داده‌ها ایجاد می‌شود و سپس به صورت یک تابع ریاضی مطرح می‌گردد. همانطور که اشاره شد، در روش خطی با استفاده از یک متغیر سعی می‌کنیم مقدار متغیر دیگر را پیش‌بینی کنیم که در نهایت به یک خط راست دست پیدا خواهیم کرد. اما در رگرسیون غیرخطی، خروجی به شکل منحنی است، گویی هر مقداری که برای  $Y$  به دست آمده کاملاً تصادفی بوده است.

رگرسیون خطی و غیر خطی از این منظر مشترکند که هر دو سعی دارند بر اساس یک سری متغیر، رابطه ای گراف مانند ایجاد کنند. از آنجایی که در روش غیر خطی توابع از طریق نمونه سازی و آزمون و خطا بدست می‌آید، بسیار پیچیده تر است.

برای مقایسه با رگرسیون خطی چندگانه، رگرسیون چندگانه غیرخطی بررسی می‌شود که در آن نیز تمامی شاخص‌های پیش‌بینی کننده به صورت همزمان به مدل وارد می‌شوند و فرمول آن به شرح زیر است:

$$Y=a(X_1^b)(X_2^c)(X_3^d)(X_4^e).....(x_n^z) \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

که در آنها  $Y$  متغیر وابسته،  $X_1, X_2, X_3$  و  $X_4$  متغیرهای مستقل می‌باشند  $a, b, c, d$  و  $e$  ضرایب رگرسیون می‌باشند.

### استفاده از روش شبکه عصبی در پیش‌بینی حجم سرپای درخت:

شبکه عصبی مصنوعی زیر مجموعه‌ای از تکنیک‌های هوش مصنوعی با ساختار و عملکردی شبیه به مغز انسان است و دارای اجزایی به نام نود یا نرون است (Strobl & forte, ۲۰۰۸)، که امروزه در حل طیف وسیعی از مسائل، مانند بهینه‌سازی، پیش‌بینی، تشخیص و کنترل رایج هستند (هادی بیاتی و اکبر نجفی، ۱۳۹۴). یکی از امتیازهای ویژه شبکه عصبی در مقایسه با روش‌های آماری توانایی استفاده از انواع مختلف داده‌های ورودی با هر توزیع دلخواه است (Benediktsson و همکاران، ۱۹۹۴). یکی از روش‌های شبکه عصبی، تابع پایه شعاعی (RBF) است. این روش نیاز به نرون‌های بیشتری دارد، اما مزیت آنها در زمان طراحی کوتاه‌تر آنها نسبت به شبکه‌های استاندارد روش پس انتشار یا انتشار معکوس می‌باشد. این شبکه‌ها زمانی که بردارها و داده‌ها زیاد می‌باشند، دارای بهترین کارایی هستند (کیا، ۱۳۴۹). کولسون و همکاران (۱۹۴۴) برای اولین بار برای توسعه سیستم‌های حل مسئله و تصمیم‌گیری در مدیریت منابع طبیعی و جنگل به عنوان روشی جایگزین در مدلسازی پدیده‌های غیرخطی و پیچیده علم جنگل استفاده کردند. نقدی و همکاران در تحقیقی در جنگلهای شفاورد برای ارزیابی بهره‌وری گروه قطع، تاثیر متغیرهای قطر درخت، فاصله درختان، شیب طولی و عرضی بر روی زمان قطع درخت را مورد ارزیابی قرار دادند که در آن مدل رگرسیونی پیش‌بینی زمان قطع درخت ارائه شده تابعی از متغیرهای قطر درخت و

فاصله بین درختان بود. Dekker و همکاران (۲۰۰۵) در تحلیل خطاهای مدل تعرق جنگل با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به این نتیجه دست یافتند که استفاده درست و با دقت از شبکه عصبی، این روش قادر می‌باشد تا الگویی سیستماتیک را حتی با داده‌های با نویز بالا در تعیین متغیرهای زیست محیطی موثر در تعرق پیدا کند. ozcelik و همکاران (۲۰۱۰) در برآورد حجم تنه درخت در جنگل‌های ترکیه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با ۳ روش دیگر رایج برای برآورد حجم استفاده می‌شود نتیجه گرفتند که روش شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بیشتری می‌باشد.

شبکه عصبی انواع مختلفی دارد که می‌توان به عنوان زیر اشاره کرد:

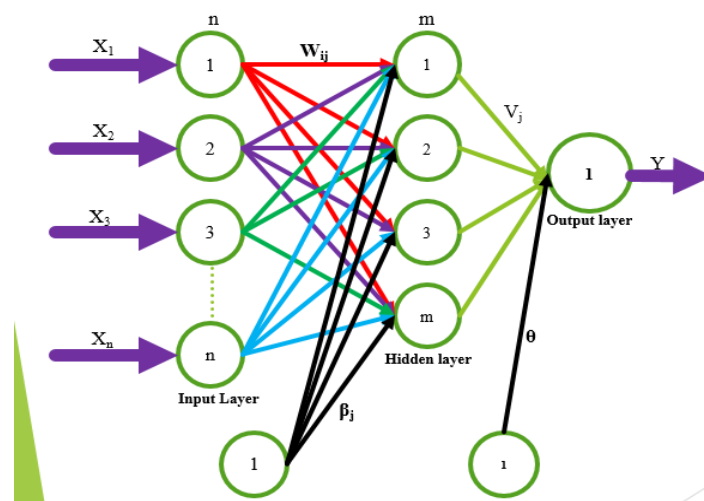
### پرسپترون چند لایه یا MLP:

پرسپترون چند لایه (Multi-Layer Perceptron)، ساده‌ترین مدل شبکه عصبی است، که اختصاراً آن را MLP می‌نامند. این شبکه عصبی عملکردی مانند نحوه انتقال اطلاعات در مغز انسان دارد. از آن جایی که در این نوع شبکه عصبی از رفتار لایه‌ای شبکه مغز انسان و روش انتشار سیگنال در آن الهام گرفته شده‌است، به آن شبکه‌های عصبی پیش‌خور هم می‌گویند. در این روش، هر نورون یا همان سلول عصبی، پس از دریافت یک داده آن را پردازش و به سلول دیگر منتقل می‌کند. همان طور که پیشتر اشاره کردیم این روند تا گرفتن نتیجه مطلوب ادامه دارد.

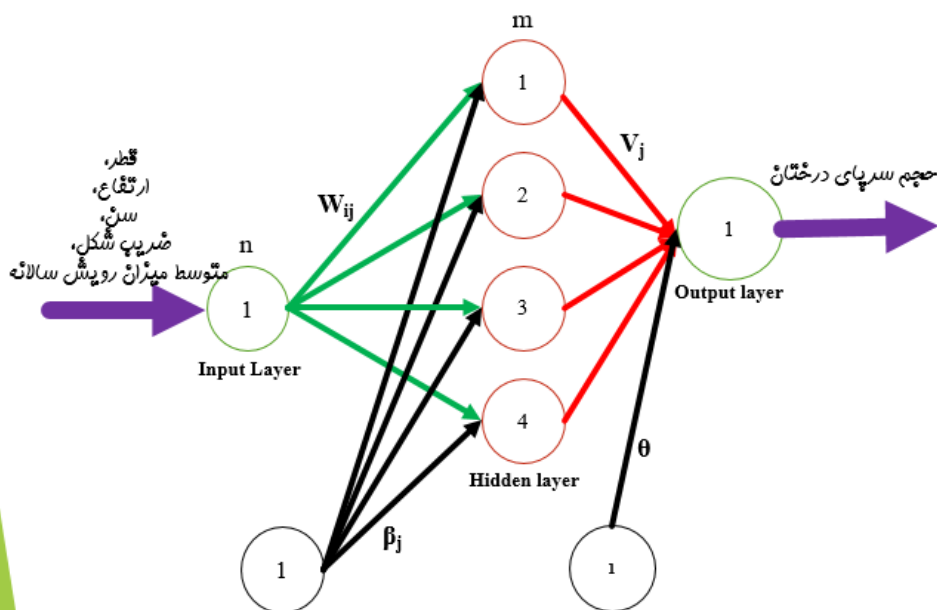
### شبکه عصبی شعاعی یا RBF:

شبکه عصبی شعاعی (Radial Basis Functions)، دارای الگوی رفتاری مشابه حالت قبلی است و تفاوت چندانی با آن ندارد؛ فقط پردازنده‌ها در موقعیت خاصی متمرکز هستند و از طریق توابع رادیال مدل‌سازی می‌شوند. البته نوع پردازش نورون‌ها بر داده‌های ورودی هم متفاوت است. این شبکه دارای فرآیند یادگیری و نتیجه‌گیری سریع‌تر است؛ آن هم فقط به دلیل این که گیرنده‌ها در یک نقطه

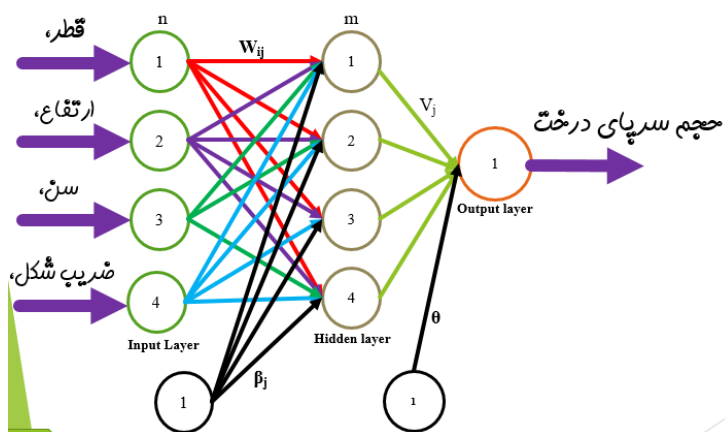
متمرکز هستند



شکل ۲. ساختار معمولی شبکه مصنوعی



شکل ۲. ساختار مدل ساده شبکه عصبی



شکل ۴. ساختار مدل چندگانه شبکه عصبی

استفاده از فرمول های حجم یابی در بدست آوردن حجم سرپای درختان:

از آنجایی که ساقه درخت از بن تا نوک دارای شکل هندسی مشخصی نمی باشد، نمی توان از فرمول های هندسی، حجم آن را محاسبه نمود. شکل طولی تنه درخت از بن درخت به بالا، ابتدا به شکل تقریباً نلوئید ناقص می باشد و در قسمت میانی، شکل طولی تنه شبیه پارابلوئید ناقص است که فرمول محاسبه پارابلوئید ناقص از فرمول اسمالیان می باشد. و همچنین حجم پارابلوئید ناقص را از فرمول هویر

نیز می توان محاسبه نمود. البته می توانیم شکل کلی تنه درخت را یک پارابلوئید ناقص فرض کنیم، به طور مسلم شکل طولی تنه درخت علاوه بر اینکه در گونه های مختلف متفاوت است، در یک گونه بسته به رویشگاه و تراکم توده مشمول تغییراتی می گردد. همچنین نکته ای که می توان به آن اشاره نمود این است که شکل تنه سوزنی برگان بیشتر مخروط ناقص است ولی در حالت کلی شکل تنه درختان بیشتر پارابلوئید ناقص می باشد.

فرمول های محاسبه حجم سرپای درخت

$$V = h/6(g_1 + 4g_m + g_r) \quad \text{(رابطه ۱۴)} \quad \text{نلوئید ناقص:}$$

که در آن  $h/6$  (ارتفاع نلوئید ناقص)،  $g_1$  (سطح مقطع پائین)،  $4g_m$  (سطح مقطع میانه)،  $g_r$  (سطح مقطع بالا) پارابلوئید ناقص:

$$V = \frac{g_1 + g_2}{2} \times h \quad \text{اسمالتیان : (رابطه ۱۵)}$$

$$V = g_m \times h \quad \text{هوبر : (رابطه ۱۶)}$$

حجم مخروط ناقص:

$$V = h/3 \times (g_1 + \sqrt{g_1 \times g_2} + g_2) \quad \text{(رابطه ۱۷)}$$

برآورد حجم درخت به روش ساده: در این روش برای تعیین حجم درخت از فرمول

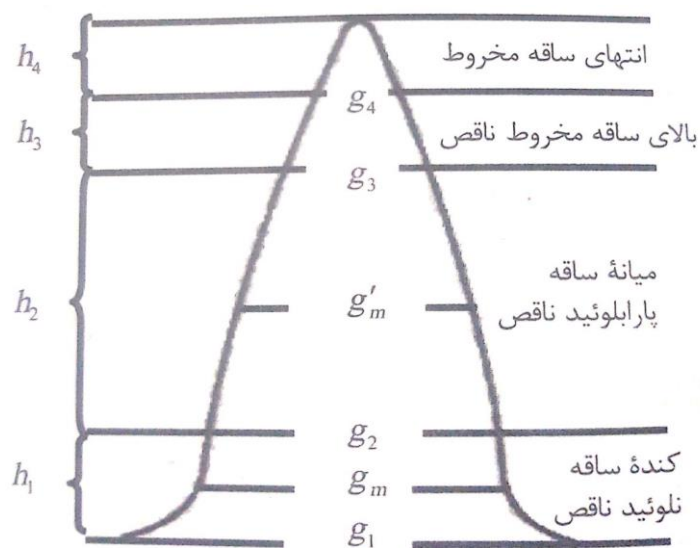
$$V = 0.4 \times d_{1/3}^2 \times h \quad \text{(رابطه ۱۸)}$$

استفاده می شود که در این فرمول  $d_{1/3}$  و  $h$  به ترتیب قطر برابر سینه و ارتفاع درخت بر حسب متر و  $V$  حجم درخت بر حسب متر مکعب است. از این روش در صورتی که جدول حجم در دسترس نباشد و بخواهند حجم را برآورد کنند استفاده می شود.

برآورد حجم درخت با استفاده از فرمول پرسلر: برای محاسبه حجم تنه درخت از محل ارتفاع برابر سینه به بعد یعنی تا نوک درخت از این فرمول استفاده می شود:

$$V = 2/3 \times g \times h_2 \quad \text{(رابطه ۱۹)}$$

که در این فرمول  $V$  حجم ساقه درخت از محل ارتفاع برابر سینه تا نوک درخت،  $g$  سطح مقطع در ارتفاع برابر سینه و  $h_2$  فاصله بین محل ارتفاع برابر سینه تا محلی که قطر آن برابر با نصف قطر برابر سینه است.



شکل ۱. شکل هندسی و رابطه‌های حجمی قسمت‌های مختلف ساقه درخت

### حجم یابی با استفاده از جداول حجم:

منظور از جداول حجم، جداولی هست که به کمک یک یا چند عامل یا مشخصه از درخت مثل قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر در ارتفاع دیگری غیر از ارتفاع برابر سینه و ضریب شکل، حجم درخت را می‌توان به دست آورد. این جداول به طور کلی براساس تعداد مشخصه‌ای از درخت که توسط آنها می‌توان حجم درخت را برآورد نمود به چند دسته تقسیم می‌شوند.

جدول حجم یک کلید یا یک عامله (تاریف): جدول حجم یک عامله یا تاریف جدولی است که برای هر طبقه قطری یک حجم نوشته شده و با اندازه‌گیری قطر برابر سینه بر حسب طبقه قطری، حجم از جداول استخراج می‌شود.

جدول حجم دو عامله یا دو کلیده: در این جدول حجم علاوه بر قطر برابر سینه از ارتفاع به عنوان مشخصه دوم درخت برای برآورد حجم استفاده می‌شود. معمولاً قطر بر حسب سانتی‌متر و ارتفاع بر حسب متر در این جداول نوشته می‌شود.

جدول حجم سه عامله یا سه کلیده: در این جدول حجم علاوه بر قطر برابر سینه و ارتفاع درخت از یک عامل دیگر مانند قطر در ارتفاع دیگری (مثل قطر در هفت متری زمین) یا یکی از عوامل رویشگاهی مانند ارتفاع از سطح دریا نیز برای برآورد حجم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۲- نتیجه‌گیری

استفاده از روابط برای محاسبه حجم درختان از آن جهت ارزشمند است که امکان پیش‌بینی حجم را با اندازه‌گیری چند متغیر میسر می‌سازد. از طرف دیگر، رابطه‌ای مقبول و مطلوب‌تر است که با حداقل تعداد متغیر مورد نیاز، حجم را با دقت قابل قبولی برآورد کند. در تحقیقاتی که برای برآورد حجم سرپای درخت انجام شده است بیشتر روش‌ها مانند روش رگرسیون (خطی، غیرخطی)، روش شبکه عصبی (تک لایه و چند لایه) استفاده می‌شود. با توجه به روشهای مختلف محاسبه شده برای ارزیابی و مقایسه روشهای مدل‌سازی، مدل شبکه عصبی دقت بهتری نسبت دیگر روشها دارند. روش شبکه عصبی و رگرسیون با پیش‌بینی حجم درختان بهتر از اندازه‌گیری حجم است، زیرا با دقت قابل قبولی با کمترین هزینه و در کمترین زمان حجم را برآورد می‌کند.

### ۳- مراجع

- (۱) بیاتی هادی، & نجفی اکبر. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در برآورد حجم تنه درختان.
- (۲) بیاتی هادی، نجفی اکبر، & عبدالمالکی پرویز. مقایسه بین شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل رگرسیون در برآورد مدت زمان قطع درخت.
- (۳) بیات محمود، نمیرانیان منوچهر، زبیری محمود، & فتحی جعفر. تعیین رویش حجمی و تعداد درختان در جنگل با استفاده از قطعات نمونه دائم (مطالعه موردی: بخش گرازبن جنگل خیرود).
- (۴) وفایی، س.، ساسان، سوسنی، عادل، کامران، فدایی، ... & حامد. (۲۰۱۷). برآورد زی توده روی زمینی درختان جنگل با استفاده از تصویرهای نوری و راداری (مطالعه موردی: حوضه ناو اسالم گیلان). *تحقیقات جنگل و صنوبر/ ایران*, ۲۵(۲), ۳۲۰-۳۳۱
- 5) Karaman, A., & Çalışkan, E. (2009). Affective factors weight estimation in tree felling time by artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4491-4496.
- 6) Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R., & Wiant Jr, H. V. (2010). Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. *Journal of environmental management*, 91(3), 742-753.
- 7) Bayati, H., & Najafi, A. (2013). Performance comparison artificial neural networks with regression analysis in trees trunk volume estimation.
- 8) Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R., & Wiant Jr, H. V. (2010). Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. *Journal of environmental management*, 91(3), 742-753.

Ali Shokrond Shakiba<sup>\*1</sup>, Mehdi Klager<sup>2</sup>, fatemeh hasanzade

1- MSc student, Department of Wood and Paper Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Ph.D. in Wood and Paper Science, Executive manager of Shafarood Company, Gilan, Iran

3- Msc of Forestry Department, Manager of Research and Innovation of Shafarood Forest, Gilan, Iran

An overview of methods for measuring and predicting the volume of standing trees(*Alnus glutinosa*)

### Abstract:

One of the most important ways to prevent the destruction of forests in the country is planning and considering wood farming. One of the characteristics that have a significant application in the management of growth rate, buying and selling, the allowable amount of harvest, and totally forest management is the volume measurement. Methods such as Huber, Smallin, and Pressler are used to find the volume of standing trees. In these methods, the volume and shape factor of a tree is calculated with a series of variables such as diameter at different heights, height, etc. To reduce the cost and time of the volume measurement, it is necessary to predict it with acceptable accuracy instead of measuring the volume of a tree. In the research that has been performed to predict the volume of trees, the artificial neural network and regression method have been considered more. The use of relationships to calculate the volume of trees is valuable because it makes it possible to predict the volume by measuring several variables. On the other hand, it is acceptable and more desirable to estimate the volume with acceptable accuracy by the minimum number of required variables.

**Keywords:** regression, artificial neural network, image analysis