فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۷۵-۶۳، (۱۳۹۲)

تعیین سن بهره‌برداری اقتصادی صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان

سلیمان محمدی لیمائی[1*]، زهرا بهرام‌آبادی[2]، تیمور رستمی شاهراجی[3]، مصطفی ادیب‌نژاد[2] و سید عبدالله موسوی کوپر[4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا. پست‌الکترونیک: limaei@guilan.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا
٤- استادیار پژوهش، ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرابسته، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، آستانه اشرفیه
تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

هدف از این تحقیق، تعیین سن بهره‌برداری بهینه صنوبر یعنی سنی که در آن مقدار ارزش خالص فعلی جنگل‌کاری با توجه به قیمت چوب سرپا، درصد سود بانکی و میزان رویش سالیانه به حداکثر برسد، می‌باشد. داده‌های رویش سالیانه، قیمت چوب سرپا و درصد سود بانکی به‌منظور تعیین سن بهره‌برداری بهینه مورد استفاده قرار گرفتند. ابتدا مدل رویش صنوبر برآورد شد. نتایج نشان داد که بهترین مدل رویش صنوبر دلتوئیدس براساس رویش سالیانه در هکتار و حجم در هکتار، یک تابع درجه دوم با سطح احتمال پنج درصد و بهترین مدل رویش حجمی براساس سن و حجم، یک تابع درجه سوم با سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. سپس با استفاده از یک مدل خود کاهشی، معادله قیمت چوب سرپای صنوبردلتوئیدس برآورد شد. در نهایت با استفاده از مدلهای رویش و قیمت، سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس به‌ازای مقادیر مختلف سود بانکی و تراکم‌های مختلف جنگل‌کاری به‌دست آمد. نتایج نشان داد که سن برداشت بهینه صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان در فواصل کاشت مختلف و به‌ازای سودهای مختلف بانکی بین ۸ تا ۲۵ سال تغییر می‌کند.

واژه‌های کلیدی: صنوبرکاری، سن بهره‌برداری بهینه، ارزش خالص فعلی، قیمت چوب سرپا.

مقدمه

تعیین سن بهره‌برداری اقتصادی در مدیریت جنگل اهمیت بسزایی دارد. ایده سن بهره‌برداری اقتصادی اولین بار توسط Faustmann (1849) جنگلدار آلمانی معرفی شد و به‌طور گسترده در بررسی بلوغ مالی یک توده جنگلی از آن استفاده شده است (Chladná, 2007). عواملی نظیر میزان رویش سالیانه، قیمت چوب، هزینه برداشت، مقدار سود بانکی و تراکم کاشت روی سن بهره‌برداری اقتصادی توده جنگلی تأثیر می‌گذارند (Mohammadi Limaei *et al.*, 2011; Taylor & Fortson, 1991; Engindeniz, 2003; Birler, 1984). درختان زمانی که قطع می‌شوند به کالایی قابل فروش تبدیل می‌شوند، ولی زمانی که قطع نمی‌شوند به‌عنوان یک کالای سرمایه‌ای محسوب می‌گردند. مدیر جنگل باید در هر سال تصمیم بگیرد که درخت را قطع نماید و یا اینکه اجازه دهد درخت به رشد خود ادامه دهد. او زمانی اجازه ادامه رشد به درخت را می‌دهد که درآمد حاصل از رشد درخت بیش از درآمد حاصل از قطع درخت باشد. معمولاً در این سن مجموع ارزش خالص فعلی هزینه‌ها و درآمدهای حاصل از فعالیتهای مدیریتی (کاشت،

Archive of SID

www.SID.ir

آماده‌سازی رویشگاه، تنک کردن، هرس کردن و برداشت نهایی) از نظر اقتصادی بهینه است (Yoshimoto & Shoji, 1998). Bonyad (1988) سن بهره‌برداری اقتصادی گونه راش را در جنگلهای اسالم گیلان تعیین کرد. در این تحقیق ابتدا معادله رویش بین سن و حجم گونه از نوع تابع درجه سوم بدست آمد و بعد درآمد حاصل از یک هکتار فروش چوب در سنین مختلف در ضریب فعلی کردن ضرب شده و سن بهینه بهره‌برداری اقتصادی در سن ۱۰۰ سالگی بدست آمد.

با استفاده از معادلات رویش سالیانه و متوسط رویش سالیانه بر مبنای سن و حجم سن بهره‌برداری کلن‌های مختلف صنوبر در ترکیه بدست آمد (Engindeniz, 2003). طبق نتایج بدست‌آمده از این تحقیق، سن بهره-برداری اقتصادی ۹ و ۱۱ سال برای کلن‌ها بدست آمد. López *et al*. (2010) از طریق حداکثرسازی تابع ارزش خالص فعلی سن بهره‌برداری اقتصادی گونه کاج سیاه را بررسی کردند. در این تحقیق با انجام آنالیز رگرسیون روی داده‌های رویش و جدولهای محصول، معادله رویش و معادله قیمت چوب بدست آمد. در نهایت از طریق حداکثرسازی تابع ارزش خالص فعلی به‌ازای مقادیر مختلف سود بانکی، سن بهره‌برداری اقتصادی ٦٠ تا ١٠٠ سال برای این گونه بدست آمد. طبق بررسیهای انجام شده در شرایط طبیعی سن برداشت صنوبر بین ۱۰ تا ۱۲ سال است. این طول دوره با در نظر گرفتن شرایط بازار و شرایط پرورشی می‌تواند کوتاهتر بوده و ۳ یا ٤ سال کاهش یابد (Streed, 1999; Nuss, 1999).

Mahdavi *et al*. (2007) شاخص‌های ارتفاع، قطر، حجم، سن و غیره را بر روی ٤٣ پایه از صنوبرهای بومی استان کردستان اندازه‌گیری کردند و با در نظر گرفتن هزینه‌ها و درآمدها، اقتصادی‌ترین سن برداشت صنوبر را سن ۲۲ سالگی اعلام کردند. Ranjbar *et al*. (2009) در بررسی خود، طول بهترین دوره بهره‌برداری تعداد ۱۵ کلن صنوبر را در ٤ دوره ۷، ۸، ۹ و ۱۰ سالگی تعیین کردند.

سن بهره‌برداری اقتصادی اکالیپتوس در تایلند مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با تراکم جنگل‌کاری ۲×۲ و ۳×۳ متر، حداکثر ارزش فعلی مورد انتظار در ۹ سالگی بدست می‌آید (Munn & Kongsom, 2002). هدف از این تحقیق تعیین سن بهره‌برداری صنوبر دلتوئیدس با فواصل کشت مختلف در استان گیلان است. صنوبر از درختان تُندرشد است که رشد سالیانه آن تا حدود ۳۰ مترمکعب چوب در هکتار در سال و حتی بیشتر هم گزارش شده است (Ghasemi & Modirrahmati, 2004). با توجه به اینکه استان گیلان یکی از قطب‌های عمده صنوبرکاری کشور است و اخیراً بسیاری از کشاورزان محلی تمایل به کشت صنوبر دارند، در این تحقیق سعی بر این است که سن بهره‌برداری بهینه (چرخش بهینه) صنوبرکاری در استان گیلان طوری تعیین شود که بیشترین ارزش خالص فعلی را برای جنگل‌کاران ایجاد کند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های طرح‌های تحقیقاتی انجام شده در شهرستانهای آستانه اشرفیه و سیاهکل واقع در استان گیلان استفاده شد (Karimi, 2004, Lashkarboloki and Karimi, 2008). در یکی از طرحها، درختان با فاصله ٥×٥ متر و در طرح دیگر با فاصله ٤×٤ متر کاشته شده بودند. طی یک دوره ۱۰ ساله متغیرهای رویش، قطر برابرسینه (سانتی‌متر) و ارتفاع درختان (متر) تا دقت صدم اندازه‌گیری شده بودند. داده-های حجم و رویش حاصل از نتایج تحقیق آنها برای انجام این پژوهش استفاده شد (جدول۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- نام کلن، فاصله کاشت و نمونه‌ای از داده‌های رویش کلن‌های صنوبر

نام کلن	فاصله کاشت	سن ۵ سالگی			سن ۶ سالگی		
		رویش جاری حجم (m^3/ha)	رویش متوسط حجم (m^3/ha/yr)	رویش کل (m^3/ha)	رویش جاری حجم (m^3/ha)	رویش متوسط حجم (m^3/ha/yr)	رویش کل (m^3/ha)
P.d. 72.51	۴×۴	۱۹/۴۴	۹/۴۹	۴۷/۴۶	۲۵/۴۲	۱۲/۱۵	۷۲/۸۸
P.d. 73.51	۵×۵	۱۵/۷۸	۸/۶۲	۴۳/۰۹	۲۵/۰۲	۱۱/۳۵	۶۸/۱۱
P.d. 77.51	۵×۵	۱۹/۲۸	۶/۸۱	۳۴/۰۴	۱۹/۶۸	۸/۹۵	۵۳/۷۲
P.d. 79.51	۵×۵	۱۸/۴۶	۱۰/۵۶	۵۲/۸۱	۲۴/۱۳	۱۲/۸۲	۷۶/۹۴
P.d. carolini	۵×۵	۱۷/۲۹	۷/۵۲	۳۷/۸۶	۱۲/۹۵	۸/۴۷	۵۰/۸۱
P.d. 69.55	۴×۴	۲۸/۸۸	۱۰/۳	۵۱/۵۱	۲۱/۶۸	۱۲/۲	۷۳/۱۹
P.d. 63.51	۵×۵	۵۱/۹	۱۶/۷۲	۸۳/۵۹	۳۳/۰۱	۱۹/۴۳	۱۱۶/۶

معادله رویش سالیانه صنوبر دلتوئیدس

با استفاده از داده‌های رویش متوسط حجمی و حجم در هکتار، مدل رویش محاسبه شد. از آنالیز رگرسیونی برای تعیین بهترین مدل رویش صنوبر برای کلن‌های مختلف استفاده شد (رابطه۱).

$$G = \alpha + \beta v + \psi v^2 + \varepsilon$$ رابطه(۱)

G: رویش سالیانه (مترمکعب در هکتار در سال)، v: حجم سرپا (مترمکعب در هکتار)،v^2: توان دوم حجم سرپا (مترمکعب در هکتار) و α ، β و Ψ مقادیر شاخص‌های برآوردی هستند که پس از حل مدل بدست می‌آیند. ε: یک سری از خطاهای با توزیع نرمال با میانگین و خود همبستگی صفر است.

معادله رویش حجمی براساس سن و حجم

رویش حجمی (V) تابعی از متغیرهایی نظیر سن، توان دوم سن (t^2) و توان سوم سن (t^3) می‌باشد (Clark, 1976) (رابطه۲).

$$V = f(t, t^2, t^3)$$ رابطه(۲)

بنابراین، به‌منظور تعیین معادلات رویش حجمی براساس سن و حجم، رویش کل حجمی به‌عنوان متغیر وابسته و سن به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد (رابطه۳). برای این منظور از آنالیز رگرسیون استفاده شد.

$$V = \lambda + \beta t^2 + \psi t^3 + \varepsilon$$ رابطه(۳)

در این رابطه V: رویش کل حجم (مترمکعب در هکتار)، t: سن، t^2: توان دوم سن، t^3: توان سوم سن و α، λ و Ψ مقادیر شاخص‌های برآوردی هستند که پس از حل مدل بدست می‌آیند. ε: یک سری از خطاهای با توزیع نرمال با میانگین و خود همبستگی صفر است. داده‌های قیمت چوب سرپای کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس طی سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ از کارخانه چوکا بدست آمد (جدول۲).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- قیمت اسمی(تعدیل نشده) چوب صنوبر در سالهای مختلف

سال	قیمت (ریال در متر مکعب)	سال	قیمت (ریال در متر مکعب)
۱۳٦۹	۱۰۰۴۰	۱۳۷۹	۱۵۰۲۷٤
۱۳۷۰	۱۰۶۶۰	۱۳۸۰	۱۵۰۲۷۵
۱۳۷۱	۲۰۴۰۰	۱۳۸۱	۱٤٤۲٦۳
۱۳۷۲	۳۰۰۰۰	۱۳۸۲	۱۵٦۲۸۵
۱۳۷۳	۴۰۰۰۰	۱۳۸۳	۱۹۵۳۵٦
۱۳۷٤	۶۵۶۹۵	۱۳۸٤	۳٤۵٦۳۱
۱۳۷۵	۷۰۰۰۰	۱۳۸۵	۳۹۰۷۱۳
۱۳۷٦	۹۵۰۰۰	۱۳۸٦	۲۸۸۵۲٦
۱۳۷۷	۱۱۳۰۰۰	۱۳۸۷	۲۸۸۵۲٦
۱۳۷۸	۱۲۴۰۰۰	۱۳۸۸	۲۹۰۰۰۰

پیش‌بینی قیمت چوب صنوبردلتوئیدس

دو دیدگاه در مورد برآورد قیمتها در بین اقتصاددانان وجود دارد. دیدگاه اول این است که قیمت از مدل خود کاهشی مانا (Stationary autoregressive) پیروی می‌کند. این بدین مفهوم است که تغییرات در یک دوره تأثیر زیادی بر روی قیمت دوره بعد نخواهد داشت و بهترین شیوه برآورد قیمتها، میانگین قیمتهای گذشته است. قیمت در این صورت می‌تواند با استفاده از معادله $P_{t+1} = \alpha + \beta P_t$ برآورد شود که در آن 1 >β >0 است. دیدگاه دوم این است که قیمت نامانا (Non stationary) است و شرط مانایی را که قبلاً ذکر شد دارا نیست. یعنی قیمت در دوره یا سال آینده کاملاً به دوره یا سال ماقبل خودش وابسته است. قیمت در این صورت می‌تواند با استفاده از معادله $P_{t+1} = \beta P_t$ برآورد شود که در آن β= 1 است (Mohammadi Limaei, 2011).

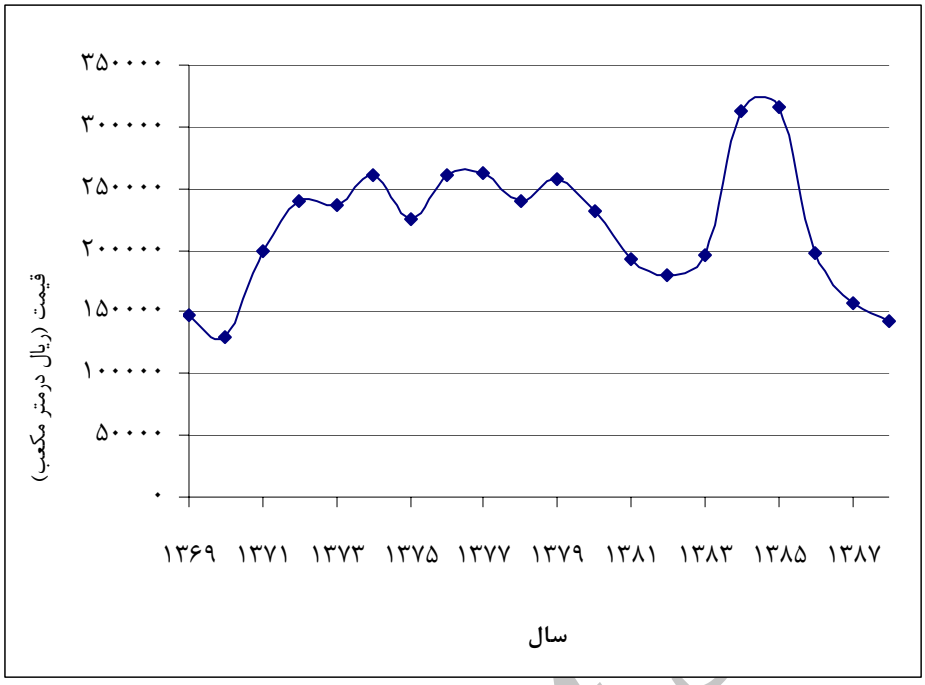
به‌منظور پیش‌بینی قیمت چوب صنوبر ابتدا قیمتهای اسمی به قیمتهای واقعی یا تعدیل شده تبدیل شدند و تورم حذف شد (شکل۱ و رابطه٤).

$$P_I = \frac{P_t \times 100}{Y_t}$$ رابطه(٤)

P_I: برابر است با قیمت تعدیل شده به سال پایه، P_t: قیمت در سال t، Y_t: شاخص قیمت‌ها در سال t و عدد ۱۰۰ میزان شاخص قیمت‌ها در سال پایه (سال ۱۳۸۳) است (Mohammadi Limaei, 2006).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- قیمت واقعی (تعدیل شده) چوب صنوبر دلتوئیدس در سالهای ۱۳۸۸-۱۳۶۹

سپس از آنالیز رگرسیون، مدل پیش‌بینی قیمت چوب سرپای صنوبر تعیین شد. به‌منظور پیش‌بینی قیمت چوب صنوبر مدل‌های مختلفی برآورد شد که در نهایت بهترین مدل با توجه به معنی‌دار بودن t آماری با فاصله اطمینان ۹۵ درصد، مدل رگرسیونی درجه اول بود (رابطه۵).

$$P_{t+1} = \alpha + \beta P_t + \varepsilon_t \qquad \text{رابطه(۵)}$$

در اینجا فرض شده که ε_t یک رشته از خطاهای با توزیع نرمال با میانگین صفر و خود همبستگی صفر است. P_{t+1}: قیمت در سال t+1 و P_t: قیمت در سال t است.

میانگین قیمت چوب مورد انتظار (P_{eq}) با استفاده از رابطهٔ ۵ محاسبه شد.

$$P_{eq} = \frac{\alpha}{1-\beta} \qquad \text{رابطه(۶)}$$

تعیین سن بهره‌برداری بهینه

همانطور که در مقدمه ذکر شد، انتخاب زمان مناسب قطع درختان برای اولین بار بوسیله جنگلدار آلمانی بنام Faustmann (1849). در جنگلهای همسال محاسبه شد. او فرمول فعلی کردن را برای محاسبه ارزش مورد انتظار زمین (Land expectation value) برای جنگل‌کاری معرفی کرد که امروزه اساس سرمایه‌گذاری در تمامی پروژه‌هاست. او در محاسباتش فرض کرد که قیمت و رویش جنگل را با قاطعیت می‌داند و مقداری ثابت است (Henderson & Klempere, 1996). با توجه به روابط Faustmann که در زیر آمده است هدف این است که میزان ارزش خالص فعلی حاصل از قطع درختان برای یک دوره به حداکثر برسد.

$$\pi = PV(t)e^{-rt} + PV(t)e^{-2rt} + PV(t)e^{-3rt} + \ldots$$

$$= PV(t)\left[e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \ldots\right]$$

$$= PV(t)e^{-rt}\left[e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \ldots\right]$$

$$= PV(t)\frac{e^{-rt}}{1-e^{-rt}}$$

$$= \frac{PV(t)}{e^{rt}(1-e^{-rt})}$$

$$= \frac{PV(t)}{e^{rt}-1}$$

مسئله بهینه‌سازی:

$$\max\left\{\pi = \frac{PV(t)}{e^{rt}-1}\right\}$$

با مشتق‌گیری

$$\frac{d\pi}{dT} = \frac{PV'(t)}{e^{rt}-1} + \frac{PV(T)(-1)(e^{rt})}{(e^{rt}-1)^2} = 0$$

سپس

$$PV'(t) = \frac{PV(T)re^{rt}}{e^{rt}-1} = \frac{rPV(t)}{1-e^{rt}}$$

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به شرط اول بهینه‌سازی معیار Faustmann زمانی که درآمد نهایی برابر با هزینه نهایی باشد، اقتصادی‌ترین سن قطع درختان است.

رابطه(۷)

در اینجا P_{eq}: میانگین قیمت چوب مورد انتظار در سال t، V: حجم در سال t، V′: تغییرات حجم در سال t و r: مقدار سود بانکی است. از رابطه۷ برای تمام کلن‌های صنوبر دلتوئیدس استفاده شد. به‌عبارت دیگر معادله ۷ بیان می‌کند که مقدار بازدهی نهایی سرمایه‌گذاری باید مساوی با مقدار درصد سود بانکی باشد. بنابراین ارزش فعلی خالص این سرمایه‌گذاری زمانی حداکثر می‌شود که درآمد نهایی فروش چوب با هزینه فرصت از دست رفته سرمایه با مقدار خالص تنزیل برابر باشد.

نتایج

برآورد مدل رویش صنوبر دلتوئیدس با استفاده از رگرسیون

معادله رویش سالیانه در هکتار

متغیرهای رویش متوسط حجم، رویش کل حجم و توان دوم رویش کل حجم با استفاده از رابطه۱ برای تعیین مدل رویش برای کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس استفاده شد. با مقایسه چندین مدل رویش براساس فاصله اطمینان ۹۵ درصد و t آماری بهترین مدل رویش تعیین شد (رابطه۱). نتایج نشان داد که بهترین مدل رویش، تابع درجه دوم است. به‌عنوان مثال جدولهای۳ و ٤ شاخص‌های برآورد شده رویش سالیانه صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ۵×۵ متر را نشان می‌دهد. معادلات رویش سالیانه کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس با فاصله کاشت ۵×۵ و ٤×٤ متر در جدول۵ آمده است.

برآورد مدل تولید صنوبر دلتوئیدس با استفاده از رگرسیون

به‌منظور تعیین رابطه بین رویش حجم در هکتار و سن، از داده‌های رویش کل حجم و سن با توان‌های مختلف استفاده شد. متغیرهای رویش کل حجم، سن، توان دوم سن و توان سوم سن در معادله رگرسیونی استفاده شد. بهترین مدل رویش حجم در هکتار، تابع درجه سوم با سطح احتمال ۹۵ درصد است (رابطه۳). به‌عنوان مثال جدولهای٦ و ۷ شاخص‌های برآورد شده رویش حجم صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ۵×۵ متر را نشان می‌دهد. معادله رویش حجم در هکتار کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس با فاصله کاشت ۵×۵ و ٤×٤ متر در جدول۸ نشان داده شده است.

معادله قیمت واقعی (تعدیل شده) چوب صنوبر دلتوئیدس

با استفاده از آزمون یکطرفه در سطح احتمال ۹۵ درصد میزان t آماری بدست‌آمده با توجه به درجه آزادی با t جدول مقایسه شد و نتایج نشان داد که معادله ۵ از نظر آماری معنی‌دار است. نتایج نشان داد که مقدار β بین ۱ و صفر است و شرط مانایی را داراست. به‌علاوه اینکه از آزمون Augmented Dickey Fuller برای اثبات شرط مانایی استفاده شد (Dicky & Fuller, 1976). نتایج نشان داد که سری‌های زمانی قیمت شرط مانایی را دارا هستند.

میانگین قیمت چوب مورد انتظار

برای بدست آوردن میانگین قیمت چوب سرپای مورد انتظار از رابطه٦ استفاده شد. یعنی با جایگذاری مقادیر α و β از جدول۹ در رابطه٦ میانگین قیمت چوب مورد انتظار ۲۱۸۹۵۰ ریال در مترمکعب بدست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- شاخص‌های برآورد شده رویش سالیانه کل P.d. ۶۳/۵۱ در فاصله کاشت ۵×۵ متر

	α	β	R^2	R	δ (انحراف از معیار ε)
ارزش شاخص	۰/۱۹۸۸۵۱۰۲۶	-۰/۰۰۰۴۷۴۷۴۲	۰/۹۹۰۴۳۱۲۶۵	۰/۹۹۳۱۶۵۱۸۹	۰/۶۸۳۷۳۴۸۸۴
انحراف معیار	۰/۰۱۳۲۱۸۴۹۶	۰/۰۰۰۰۵۲۲۵۷۴			
t- آماری	۱۵/۰۴	-۹/۰۸			

جدول۴- شاخص‌های برآورد شده رویش سالیانه کلن P.d. ۶۹/۵۵ در فاصله کاشت ۵×۵ متر

	α	β	R^2	R	δ (انحراف از معیار ε)
ارزش شاخص	۰/۱۶۲۷۴۳۷۷۹	-۰/۰۰۰۴۹۲۹۶۷	۰/۹۷۸۵۲۲۰۷۸	۰/۹۸۵۶۸۱۳۸۶	۰/۵۳۷۴۹۴۹۸
انحراف معیار	۰/۰۲۰۹۸۴۵۰۱	۰/۰۰۰۱۰۹۷۵۱			
t- آماری	۷/۷۵	-۴/۴۹			

جدول۵- معادلات رویش سالیانه (مترمکعب در هکتار) کلن‌های صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ۵×۵ و ۴×۴ متر

کلن	معادله رویش	R^2
P.d. 63.51	$G = ۲/۴۵۱۷۲۶۳۵۹ + ۰/۱۹۸۸۵۱۰۲\ v - ۰/۰۰۰۴۷۴۷۴۲\ v^2$	۰/۹۹
P.d. 69.55	$G = ۲/۵۷۱۵۴۸۷۱۹ + ۰/۱۶۲۷۴۳۷۷۷۹\ v - ۰/۰۰۰۴۹۲۹۶۷\ v^2$	۰/۹۷۸
P.d. 72.55	$G = ۲/۷۶۶۸۷۷۰۸۳ + ۰/۱۵۲۳۹۱۷۰۳\ v - ۰/۰۰۰۳۹۱۳۳۱\ v^2$	۰/۹۹۱
P.d. 73.51	$G = ۳/۰۱۰۱۵۹۹۳۸ + ۰/۱۵۴۲۹۸۱۷۳\ v - ۰/۰۰۰۵۱۲۱۸۳\ v^2$	۰/۹۹۳
P.d. 77.51	$G = ۱/۳۸۰۶۰۴۳۹۹ + ۰/۱۶۷۱۲۱۵۸۹\ v - ۰/۰۰۰۶۸۸۶۸۲\ v^2$	۰/۹۹۵
P.d. 79.51	$G = ۲/۷۶۶۷۱۸۶۸۲ + ۰/۱۸۲۹۹۶۶۶۴\ v - ۰/۰۰۰۷۱۸۷۱۷\ v^2$	۰/۹۸۷
P.d. carolini	$G = ۲/۶۴۰۸۷۲۷۹۱ + ۰/۱۳۹۰۵۳۱۱۴\ v - ۰/۰۰۰۴۳۳۳۵۳\ v^2$	۰/۹۹۲
P.d. 69.55	$G = ۰/۷۷۱۶۳۸۷۴۱ + ۰/۱۲۵۳۸۷۶۳۸\ v - ۰/۰۰۰۲۷۵۶۹۱\ v^2$	۰/۸۳
P.d. 77.51	$G = ۰/۸۸۱۵۶۳۶ + ۰/۰۹۶۱۰۸\ v - ۰/۰۰۰۱۸۹۳v^2$	۰/۹۹۸

جدول۶- شاخص‌های برآورد شده رویش حجم در هکتار کلن P.d. ۶۳/۵۱ با فاصله کاشت ۵×۵ متر

	β	λ	Ψ	R^2	R	δ (انحراف از معیار (ε
ارزش شاخص	-۱۲/۶۰۳	۷/۵۷۴۸۹۰۰۵۱	-۰/۳۹۸۳۴۴	۰/۸۷۲۲۱۶	۰/۹۹۷۷	۶/۹۴۳۵۱۶۶
انحراف معیار	۳/۵۹۰۶۴	۱/۰۶۸۱۱۲۴۷۶	۰/۰۷۵۷۱۲۸۱۹			
t- آماری	-۳/۵۱	۷/۰۹	-۵/۲۶			

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۷- شاخص‌های برآورد شده رویش حجم در هکتار کلن P.d. ٦٩/٥٥ با فاصله کاشت ٥×٥ متر

	β	λ	Ψ	R^2	R	δ (انحراف از معیار ε)
ارزش شاخص	-۷/۰۳٤۲٥٥٦	٤/۲۲۰۷٦۷۷۰٤	-۰/۱۸۹۷٦۹٦٦	۰/۸۷	۰/۹۹	٤/۳٥٤۱۳٦٥۸
انحراف معیار	۲/۲٥۱٦۱۸۷	۰/٦٦۹۷۹۱۳۷۷	۰/۰٤۷٤۷۷۹٥۲			
t- آماری	-۳/۱۲	٦/۳۰	-۳/۹۹			

جدول۸- معادلات رویش حجم در هکتار کلن‌های صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ٥×٥ و ٤×٤ متر

کلن	معادله رویش	R^2
P.d. 63.51	$V = -۱۲/٦۰۳۷٤٦۳۱\ t + ۷/٥۷٤۸۹۰۰٥۱\ t^2 - ۰/۳۹۸۳٤٤۰٦t^3 \pm ٦/۹٤۳٥۱٦٦۸٤$	۰/۸۷۲
P.d. 69.55	$V = -۷/۰۳٤۲٥٥٦۰٦\ t + ٤/۲۲۰۷٦۷۷۰٤\ t^2 - ۰/۱۸۹۷٦۹٦٦٤t^3 \pm ٤/۳٥٤۱۳٦٥۸$	۰/۸۷۲
P.d. 72.55	$V = -٤/٥۷۲٤۳٥۲۱\ t + ۳/٤۲۲۱۷۰٤٦۲\ t^2 - ۰/۱۱۹۰۰٦٥٥٦t^3 \pm ۲/٦٥۷۷۸۸۱۹٦$	۰/۸۷٤
P.d. 73.51	$V = -٦/۰٥٤٤۰۸۹٦٤\ t + ۳/۸٥٥۳۷٥۹\ t^2 - ۰/۱۷۹۰۰۸٥۱٤t^3 \pm ۲/۱٦۲٥۰٤۷۳۲$	۰/۸۷٤
P.d. 77.51	$V = -۷/۸۳۲۰٥۰۲۸٥\ t + ۳/٥۷٤۸۹۰۰٥۱\ t^2 - ۰/۳۹۸۳٤٤۰٦t^3 \pm ۳/۱٥۰۹۰۳٦٦۹$	۰/۸۷۲
P.d. 79.51	$V = -٤/۱۰۰٦٥۷۸۰۳\ t + ٤/۰۲٦٤٥٥٦۳۹\ t^2 - ۰/۲۱۸۲٦۳۳۳٥t^3 \pm ۲/۳۷۷٤۲۰۷۹$	۰/۸۷٤
P.d. carolini	$V = -٤/۰۸۷۳۹٤۸۱۳\ t + ۲/۷۸۹۹۹۲٥۲۲\ t^2 - ۰/۱۰۱٥٤۹۳۷۷t^3 \pm ۲/۲۱۲۹٦۷۳٤$	۰/۸۷٤
P.d. 69.55	$V = -۱/۱۹٦٤۹۳۸٤۹\ t + ۰/٦۳۷۷٥۸۲۸۷\ t^2 - ۰/۱۲٥۲۲٤۳۹۹t^3 \pm ۰/٤۲۲۸۱٥٥٦۸$	۰/۸۷٤
P.d. 77.51	$V = -۰/۲۸۹۷۸۷۱\ t + ۰/۲٤۷٦٦۰٤\ t^2 - ۰/۰۸۱۹۸۹۳t^3 \pm ۰/۲٥۹۰۱۱۲$	۰/۸۷٤

جدول۹- شاخص‌های برآورد شده معادله قیمت چوب صنوبر با استفاده از رگرسیون

	α	β	R^2	R	δ (انحراف از معیار ε)
ارزش شاخص	۱۱۰۸٦٤/۷۰۳۸	۰/٤۹۳٦٤۹۳٦	۰/۹٥۳	۰/۲٤۰	٤٦۲۰۷/٦۸۳۰۳
انحراف معیار	٤۷۹۳۲/٥٥۳٤۹	۰/۲۱۳۰۱٦۱٦٦			
t- آماری	۲/۳۱	۲/۳۲			

تعیین سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس

سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس به‌ازای سودهای مختلف و فواصل کشت مختلف با استفاده از جایگذاری میانگین قیمت مورد انتظار، مقدار رویش و حجم در سنین مختلف در معادله ۷ بدست آمد (شکلهای۲ و ۳). سن بهره‌برداری بهینه در تمامی کلن‌های صنوبر دلتوئیدس در دو فاصله کاشت دارای شیب کاهنده‌ای نسبت به مبدأ مختصات در شکلهای۲ و ۳ می‌باشند و با افزایش سود بانکی دوره برداشت بهینه کوتاه‌تر می‌شود. یعنی با افزایش مقدار سود بانکی هزینه نگهداری چوب سرپا یا هزینه فرصت سرمایه سرپا زیاد می‌شود. نتایج همچنین نشان می‌دهد که سن بهینه در فاصله کاشت ٥×٥ کمتر از کلن‌های واقع در فاصله کاشت ٤×٤ متر می‌باشد. با توجه به موارد فوق، نتایج نشان می‌دهد که سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان از ۸ تا ۲٥ سال در فواصل کاشت مختلف و کلنهای مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

صنوبر متغیر است (جدول۱۰). از این جدول می‌توان به‌عنوان یک راهنما برای جنگل‌کاری استفاده کرد. یعنی با توجه به مقدار سود بانکی سن دقیق بهره‌برداری اقتصادی مشخص خواهد شد.

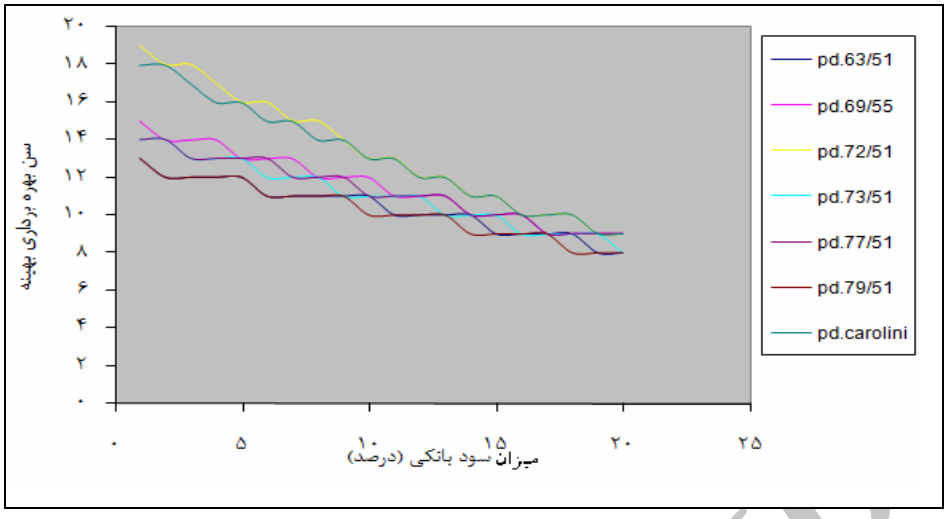
جدول۱۰- سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان

درصد سود	کلن								
	P.d. 77.51 [a]	*P.d. 69.55* [a]	*P.d. corolini* [b]	*P.d. 79.51* [b]	*P.d. 77.51* [b]	*p.d. 73.51* [b]	*P.d. 72.51* [b]	*P.d. 69.55* [b]	*P.d. 63.51* [b]
۱	۲۳	۲۵	۱۸	۱۳	۱٤	۱٤	۱۹	۱۵	۱۳
۲	۲۳	۲۵	۱۸	۱۲	۱٤	۱٤	۱۸	۱٤	۱۲
۳	۲۲	۲٤	۱۷	۱۲	۱۳	۱۳	۱۸	۱٤	۱۲
٤	۲۱	۲۳	۱٦	۱۲	۱۳	۱۳	۱۷	۱٤	۱۲
۵	۲۱	۲۲	۱٦	۱۲	۱۳	۱۳	۱٦	۱۳	۱۲
٦	۲۰	۲۲	۱۵	۱۱	۱۳	۱۲	۱٦	۱۳	۱۱
۷	۲۰	۲۱	۱۵	۱۱	۱۲	۱۲	۱۵	۱۳	۱۱
۸	۱۹	۲۰	۱٤	۱۱	۱۲	۱۲	۱۵	۱۲	۱۱
۹	۱۹	۲۰	۱٤	۱۱	۱۲	۱۱	۱٤	۱۲	۱۱
۱۰	۱۸	۱۹	۱۳	۱۰	۱۱	۱۱	۱۳	۱۲	۱۱
۱۱	۱۷	۱۹	۱۳	۱۰	۱۱	۱۱	۱۳	۱۱	۱۰
۱۲	۱۷	۱۸	۱۲	۱۰	۱۱	۱۱	۱۲	۱۱	۱۰
۱۳	۱٦	۱۸	۱۲	۱۰	۱۱	۱۰	۱۲	۱۱	۱۰
۱٤	۱٦	۱۷	۱۱	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۱۰
۱۵	۱۵	۱٦	۱۱	۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۹
۱٦	۱٤	۱۵	۱۰	۹	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۹
۱۷	۱٤	۱۵	۱۰	۹	۹	۹	۱۰	۹	۹
۱۸	۱۳	۱٤	۱۰	۸	۹	۹	۱۰	۹	۹
۱۹	۱۲	۱٤	۹	۸	۹	۹	۹	۹	۸
۲۰	۱۲	۱۳	۹	۸	۹	۸	۹	۹	۸

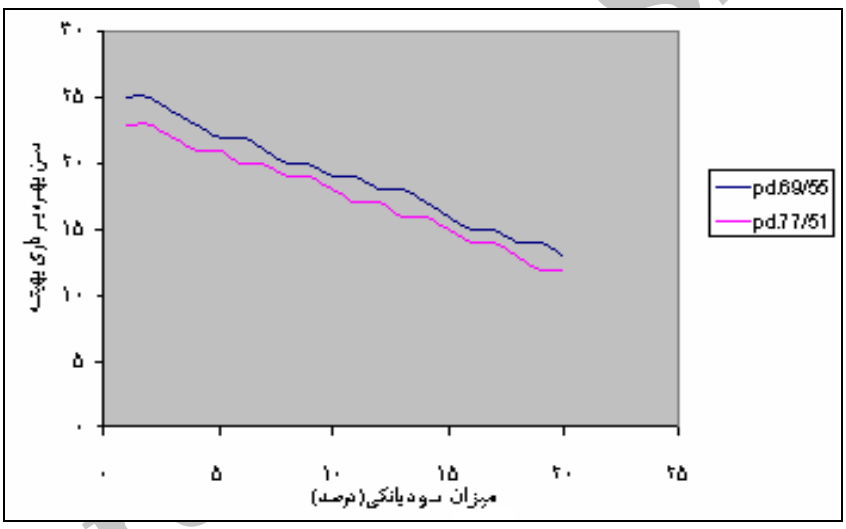
a: فاصله کاشت ٤×٤، b: فاصله کاشت ۵×۵

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ۵×۵ متر



شکل۳- سن بهره‌برداری بهینه صنوبر دلتوئیدس در فاصله کاشت ٤×٤ متر

بحث

باتوجه به سیاست دهه‌های اخیر سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور به‌منظور کاهش بهره‌برداری از جنگلهای طبیعی شمال کشور، جنگل‌کاری با گونه‌های تندرشد در کشور گسترش یافته است. همچنین در دهه اخیر صنوبرکاری در بین کشاورزان ترویج پیداکرده است. در استان گیلان زارعان تمایل زیادی برای تبدیل اراضی شالیکاری به صنوبرکاری از خود نشان می‌دهند. مطالعات نشان می‌دهد که سود حاصل از صنوبرکاری در استان گیلان تقریباً دو برابر شالیکاری است (Mohammadi Limaei *et al.*, 2012).

در استان گیلان به‌طور معمول کشاورزان بعد از ۵ تا ۸ سال نسبت به قطع درختان صنوبر اقدام می‌کنند، ولی در مورد سن بهره‌برداری اقتصادی صنوبرکاری در استان گیلان با روش حاضر تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است. در این تحقیق سن برداشت بهینه با مقادیر مختلف

www.SID.ir

سود بانکی از ۸ تا ۲۵ سال محاسبه شد. در بررسی دیگری ارزش خالص فعلی ۱۵ کلن صنوبر در استان گیلان را با مقدار سود بانکی ۳ درصد، در چهار دوره ۷، ۸، ۹ و ۱۰ سالگی مقایسه کرده و نتیجه گرفتند که در سن ۹ سالگی ارزش خالص فعلی به حداکثر می‌رسد (Ranjbar *et al*. 2009). همچنین در تحقیقی دیگر سن برداشت صنوبر در استان کردستان سن ۲۲ سالگی محاسبه شد (Mahdavi *et al*. 2007). Solgi (2010) در بررسی خود روی کلن‌های مختلف صنوبر دلتوئیدس در استان گیلان با دو فاصله کاشت ٤×٤ و ۳×۳ متر نتیجه گرفت که فاصله کاشت ٤×٤ متر دارای بازدهی بیشتری است.

در مطالعات انجام شده در خارج از کشور در تایلند سن بهره‌برداری اقتصادی اکالیپتوس سن ۹ سالگی بدست آمد (Munn & Kongsom, 2002). همچنین Petit & Montagnini (2004) در تحقیقی در کشور تایلند نشان دادند که سن چرخش گونه‌های *Jacaranda copaia* ٦/٥ سال، *Vochysia guatemalensis* ۱۳/٥ سال و *Vochysia ferruginea* ۱۳/۳ سال است. نتایج تحقیق Engindeniz (2003) در کشور ترکیه نشان می‌دهد که طول دوره اقتصادی کاشت صنوبر ۹ سال است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که سن بهره‌برداری اقتصادی با توجه به مقادیر مختلفی از قبیل مقدار رویش سالیانه، تراکم کاشت، قیمت خالص چوب و درصد سود بانکی می‌تواند متفاوت باشد. در این تحقیق فقط سن بهره‌برداری بهینه محاسبه شده است و در پژوهش‌های بعدی می‌توان با توجه به مقدار رویش، قیمت چوب و مقدار سود بانکی تراکم بهینه اقتصادی جنگل‌کاری را نیز محاسبه کرد.

منابع مورد استفاده

References

- Birler, A.S., 1984. The profitability of poplar growing system in Turkey, 17th Session of International Poplar Commission, Ottawa, Canada, 1-4 Oct. 1984: 69-69.
- Bonyad, A.E., 1988. Determination of economically optimal rotation age of beech species in Asalem forest of Guilan province. MSc Thesis, University of Tehran, 77p.
- Chladná, Z., 2007. Determination of optimal rotation period under stochastic wood and carbon prices. Forest Policy and Economics, 9: 1031–1045.
- Clark, C.W., 1976. Mathematical bioeconomics, the optimal management of renewable resources. New York, 386p.
- Dickey, D.A & Fuller, W.A., 1979. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74: 427–431.
- Engindeniz, S., 2003. Determination of economical financial rotation lengths of hybrid Poplar plantations; the case of Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6(1):41-47.

Faustmann, M., 1849. [Linnard (tr.) and Gane (ed.)1968]. On the Determination of the Value Which Forest Land and Immature Stands Possess for Forestry. English Translation in: Martin Faustmann and the Evolution of Discounted Cash Flow (Translated by W. Linnard; with editing and introduction by M. Gane), 1968. Commonwealth Forestry Institute Paper No. 42. University of Oxford: Oxford, England. [Translation republished with permission from Commonwealth Forestry Association in Journal of Forest Economics 1: 1 (1995).]

- Ghasemi, R. and Modirrahmati, A., 2004. Evaluation of different poplar timber production in Karaj. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 12(2): 221-249.
- Henderson, M., and Klempere, D. W., 1996. Forest resources economics and finance, McGraw-Hill, 551p.
- Karimi, G., 2004. Poplar colons adaptation in Safrabaste. Research Institute of Forests and Rangelands of Iran, Final Report, 45p.
- Lashkarboloki, E., and Karimi, Gh., 2008. Compatibility of different poplar species and clones in the Northern Forest Lands, Research Institute of Forests and Rangelands, Final report, Iran, 36p.
- López Torres, I., Ortuño Pérez, S., Martín Fernández, A. and Fullana Belda, C., 2010. Estimating the optimal rotation age of *Pinus nigra* in the Spanish Iberian System, applying discrete optimal control. Forest Systems. 19(3): 306-314.
- Mahdavi, A., Shakeri, Z. and Bayazidi, S., 2007. Determination of optimal rotation age of poplar (Case study: Kurdistan Province). Forest and Rangeland Journal, 75:86-91.

Archive of SID

www.SID.ir

- Petit, B. and Montagnini, F., 2004. Growth equations and rotation ages of ten native tree species in mixed and pure plantations in the humid neotropics. Forest Ecology and Management, 199: 243–257.
- Ranjbar, R., Darabi, S., Kalantari, H., 2009. Determination of optimal rotation age and poplar colon regarding to economic basis. 3rd National conference of Forest. Association of Iran Forestry. Tehran, 12-14 May. 2009.
Solgi, S., 2010. Evaluation and comparison of poplar optimal plantation density in Guilan Province. 1th National Conference of Natural Resources Research in Iran. Kurdistan University, Sanandaj city, 20-21 Oct. 2010, abstract, 1 p.
- Streed, E., 1999. Hybrid poplar profits .University of Minnesota. (http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/DD7279.html).
- Taylor, R.G. and Fortson, J.C., 1991. Optimum Plantation Planting Density and Rotation Age Based on Financial Risk and Return. Forest Science, 37(3): 886-902.
- Yoshimoto, A. and Shoji, I., 1998. Searching for an optimal rotation age for forest stand management under stochastic log prices. European Journal of Operational Research, 105: 100-112.
- Mohammadi Limaei, S., 2006. Economically optimal values and decisions in Iranian forest management. Doctoral thesis. Dept. of Forest Economics, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Vol. 2006:91, 21 p.
- Mohammadi Limaei, S., 2011. Economics optimization of forest management, LAP LAMBERT Academic Publication, Germany, 140p.
- Mohammadi Limaei, S., Namdari, S., Bonyad, A. E., Naghdi, R., 2011. Economically optimal cutting cycle in a beech forest, Iranian Caspian Forests. Caspian Journal of Environmental Sciences, 9(2): 181-188.
- Mohammadi Limaei, S., Rostami Shahraji, T. And Deldari, A., 2012. Profitability comparison of poplar plantation with *Populus deltoides* clone 69/55 in comparison with paddy field (Case study: Ziabar district in Guilan province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 586-596.
- Munn, C. and Kongsom, I.A., 2002. Optimal rotation of *Eucalyptus camaldulensis*. Forest and Wildlife Research Center, Mississippi State University. Journal Article No. F0181: 179-183.
- Nuss, J., 1999. The economic of growing hybrid poplars. The society of American Foresters Annual Meeting. Pasco- Washington, 7-9 Apr. 1999.

Archive of SID

www.SID.ir

Determination of economically optimal rotation age of (*Popolus deltoides*) in Guilan Province

S. Mohammadi Limaei*[1], Z. Bahramabadi[2], T. Rostami Shahraje[3], M. Adibnejad[2] and S.A. Mousavi Koupar[4]

[1*]- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. Iran. E-mail: limaei@guilan.ac.ir

[2]- M.Sc. Graduate, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. Iran.

[3]- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Someh Sara, I.R. Iran.

[4]- Assistant Professor, Safrabaste Poplar Research Station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Guilan province, Astaneh Ashrafieh, I.R. Iran.

Received: 12.04.2012 Accepted: 07.01.2013

Abstract

The aim of this research was to determine the optimal rotation period in poplar, in which the net present value will be maximized regarding to the stumpage price, rate of interest and annual growth. Data such as annual growth, stumpage price and discount rate were used in order to determine the optimal rotation period. First of all a growth model of poplar tree was predicted. Results indicated that a quadratic model with significant level of 0.05 is the best model, based on annual growth and volume per hectare. Although, the results indicated that a cubic function is the best model for determination a relationship between age and stock with significant level of 0.05. Then, the stumpage price was predicted based on autoregressive model. Finally, the optimal rotation period for different plantation density was determined, based on price and growth models as well as different rate of interest. Results indicated that the optimal rotation age will be variable and between 8 to 25 years, due to different rate of interest and plantation density.

Key words: net present value, stumpage price, rate of interest, annual growth, density, volume

Archive of SID

www.SID.ir