

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره سه، خرداد ماه ۹۹

تعیین سن بهره برداری بهینه اقتصادی گونه کاج تدا (*Pinus taeda*) در شمال ایران

مصطفی ادیب نژاد^{۱*}

m.adibnezhad@ut.ac.ir

سلیمان محمدی لیمائی^۲

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۹

چکیده

زمینه و هدف: هدف مطالعه حاضر تعیین سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی گونه کاج تدا (*Pinus taeda*) در استان گیلان می‌باشد. کاج تدا یکی از گونه‌های سریع‌الرشد است که رشد موفقیت‌آمیزی در جنگل‌کاری‌های استان گیلان داشته است. **روش بررسی:** برای این منظور داده‌های رویش و قیمت چوب سرپا کاج تدا مورد استفاده قرار گرفت. از تجزیه رگرسیونی برای تعیین مناسب‌ترین مدل رویش کاج تدا استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بهترین رابطه بین رویش حجم در هکتار و سن، یک مدل رویش چند جمله‌ای درجه سوم است. معادله قیمت چوب سرپای کاج تدا با استفاده از مدل خود کاهشی بدست آمد. به علت عدم معنی‌داری این رابطه در سطح ۰/۰۵، از متوسط قیمت چوب سرپا در سال‌های گوناگون استفاده شد. با توجه به قیمت، رویش سالانه و نرخ سود بانکی، سن بهینه کاج تدا با توجه به معیارهای فنی و اقتصادی به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی کاج تدا به ازای نرخ‌های مختلف سود بانکی تغییر می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ارزش خالص فعلی، تولید کل، سن بهره‌برداری، گیلان.

۱- دانش‌آموخته دوره کارشناسی ارشد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا. * (مسئول مکاتبات)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا

Determining the Economically Optimal Harvesting Age of Loblolly Pine (*Pinus taeda*) in Guilan Province

Mostafa Adibnezhad^{1*}

m.adibnezhad@ut.ac.ir

Soleiman Mohammadi Limaee²

Admission Date: March 1, 2017

Date Received: November 29, 2016

Abstract

Background and Objective: The aim of present study was to determine the economically optimal harvesting age of Loblolly Pine (*Pinus taeda*) in Guilan Province. Loblolly pine is one of the fast growing species that had successful growth in plantation at Guilan province.

Method: For this purpose, growth data and the stumpage price of loblolly pine were used. Regression analysis was used to determine the most suitable growth model for loblolly pine.

Findings: The results showed that the best relationship between volume growth per hectare and age is a third order polynomial growth model. The equation for the price of loblolly pine stumpage was estimated based on an autoregressive model. Due to the insignificance of this relationship at the significance level of 0.05, the average stumpage price was used for various years as an estimation of stumpage price. According to the stumpage price, annual growth and interest rate, the optimal age of loblolly pine was determined based on technical and economic criteria.

Discussion and Conclusion: Results showed that economically optimum harvesting age of loblolly pine varies with different discount rates.

Keywords: Net present value, total production, rotation age, Guilan.

1- M.Sc graduated student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran. *(Corresponding Author)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran .

مقدمه

جنگل‌ها بیش از ۳۰ درصد از سطح کل اراضی زمین را تشکیل می‌دهند (۱) و سرانه هر نفر از جنگل ۰/۶۲ هکتار می‌باشد. جنگل‌ها به صورت نامساوی در بین ۶۲ کشور جهان پراکنش داشته که حدود ۲ میلیارد نفر از مردم جهان کم‌تر از ۰/۱ هکتار به ازای هر نفر سهم جنگل دارند و نرخ سالانه تخریب جنگل ۱۳ میلیون هکتار در سال است (۱). افزایش جمعیت و به‌دنبال آن نیاز روزافزون به فراورده‌های چوبی و همچنین مداخلات عمدی و غیرعمدی ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه موجب کاهش سطح جنگل‌ها شده است (۲). مصرف سرانه چوب در جهان، اروپا و ایران به ترتیب ۰/۳، ۰/۷ و ۰/۲ متر مکعب می‌باشد. با احتساب جمعیت ۸۰ میلیون یا ایران، سالانه حدود ۱۴ میلیون متر مکعب چوب برای مصرف درونی مورد نیاز است (۳). در حدود ۳۵ درصد از چوب مورد نیاز جهان از منابع جنگل‌کاری تهیه می‌شود. این درحالی است که تنها حدود ۳ درصد از کل سطح جنگل‌های جهان را به خود اختصاص داده‌اند و انتظار می‌رود که جنگل‌کاری‌ها تا سال ۲۰۴۰ حدود ۴۶ درصد از تقاضای چوبی جهان را برطرف کنند (۴). جنگل‌کاری با گونه‌های صنعتی روش مهمی است که درآینده برای تولید زیست توده و انرژی زیستی استفاده خواهد شد. امروزه حدود ۱۰ درصد از جنگل‌کاری‌ها در جهان برای تولید انرژی زیستی استفاده می‌شود (۵).

کاج تدا یکی از گونه‌های سریع‌الرشد است که رشد موفقیت‌آمیزی در جنگل‌کاری‌های استان گیلان داشته است. این گونه حدود ۲۳۵۰ هکتار (تا سال ۱۳۶۸) از جنگل‌کاری‌های استان را به خود اختصاص داده است. میزان تولید چوب این گونه در سن ۱۷ سالگی ۱۶/۴ متر مکعب در هکتار و در سال ذکر شده که قابل ملاحظه می‌باشد (۶). به منظور جلوگیری از هزینه‌های ناشی از تخریب جنگل ما نیازمند جنگل‌کاری و حفظ منابع جنگلی باقی‌مانده می‌باشیم (۷).

بر اساس معیار فنی حداکثر تولید، سن بهره برداری مطلق توده‌های ۱۸ ساله دست کشت پالونیا (*Paulownia tomentosa*) را در سه فاصله کشت ۶ × ۳، ۸ × ۵ و ۱۰ × ۶

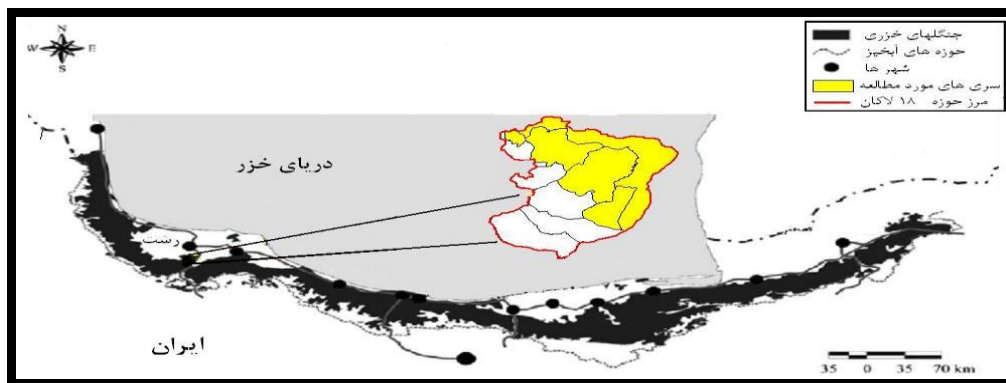
متر مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که سن بهره‌برداری مطلق در فواصل کشت مذکور به ترتیب ۱۱، ۱۱ و ۱۳ سالگی می‌باشد (۸). در مطالعه دیگر سن بهره برداری توده‌های همسال راش را از نظر معیارهای فنی و اقتصادی مورد مطالعه قرار دادند. معیار فنی مورد استفاده حداکثر کردن متوسط رویش سالانه و معیار اقتصادی رانت جنگل بود. سن بهره برداری ۱۲۰ سال از نظر معیار فنی و سن بهره برداری ۱۳۰ سال از نظر معیار اقتصادی انتخاب شد. به حساب آوردن هزینه‌ها و درآمدها و در نهایت بدست آوردن درآمد خالص می‌تواند باعث تغییر سن بهره برداری شود که در این مورد طولانی تر شدن سن براساس معیار فنی نشان دهنده این است که اگر ۱۰ سال دیرتر توده را برداشت کنیم، درآمد خالص بیش‌تری خواهیم داشت (۹). در جنوب ایالات متحده با استفاده از معیار ارزش خالص فعلی سن بهره برداری اقتصادی توده‌های کاج تدا را در ۴ منطقه صنعتی مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به نرخ‌های مختلف سود بانکی، سن‌های مختلفی بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش نرخ سود بانکی در هر ۴ منطقه، سن بهره برداری اقتصادی کاج تدا کاهش یافت (۱۰). برای گونه کاج سیاه (*Pinus nigra*)، از طریق حداکثرسازی تابع ارزش خالص فعلی سن بهره‌برداری اقتصادی را بررسی کردند. در این پژوهش با انجام تجزیه رگرسیونی روی داده‌های رویش و جدول‌های محصول، معادله رویش و معادله قیمت چوب بدست آمد. در نهایت از طریق حداکثرسازی تابع ارزش خالص فعلی و به ازای مقادیر مختلف سود بانکی، سن بهره‌برداری اقتصادی ۶۰ تا ۱۰۰ سال برای این گونه بدست آمد (۱۱). در تحقیق مشابه بررسی سن بهره برداری توده ناهم‌سال کاج تدا را با توجه به عامل ترسیب کربن مورد مطالعه قرار داد. در این مطالعه معیار ارزش مورد انتظار زمین بکار برده شد. طبق نتایج بدست آمده با نرخ سود بانکی ۴٪ سن بهینه دوره بهره برداری ۱۸ سال بدست آمد. آنالیز حساسیت نشان داد که تغییرات در نرخ سود بانکی و قیمت چوب سرپا تاثیر قابل توجهی روی مدیریت توده‌های کاج تدا دارد. افزایش در نرخ سود بانکی باعث کاهش معیار ارزش مورد

می شود. جنگل‌های حوزه آبخیز ۱۸ لاکان (عرض جغرافیائی ۳' ۳۷°، شمالی و در طول جغرافیائی ۳۳' ۴۹°، شرقی، با متوسط ارتفاع ۲۰۰ متر از سطح دریا) در این بررسی انتخاب شد و از سال ۱۳۵۲ جنگل‌کاری در آن آغاز شده است (شکل ۱).

انتظار زمین می‌شود (۱۲). در مجموع باید گفت هدف مطالعه حاضر تعیین سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی گونه کاج تدا (*Pinus taeda*) در استان گیلان می‌باشد.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه: استان گیلان انتهای غربی رشته کوه‌های البرز و بخش غربی جلگه‌های حاشیه دریای خزر ایران را شامل



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گیلان

Figure 1. Location of the study area in Gilan province

روش‌ها

معادلات رویش

روش محاسبه ضریب تبدیل حجم به وزن چوب کاج تدا با واحد وزن فروخته می‌شود. به علت این که در داده‌های مورد استفاده طرح‌های پژوهشی، موجودی براساس مترمکعب به دست آمده‌اند و داده‌های قیمت چوب بر حسب کیلوگرم بودند، لازم شد که حجم به وزن تبدیل شود. پس از رابطه (۱) برای بدست آوردن ضریب تبدیل استفاده شد. وزن مخصوص چوب کاج تدا در رویشگاه گیلان ۰/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

$$f = \frac{V_{(m^3)}}{W_{(Kg)}} \quad (1)$$

در این رابطه: V حجم و W وزن که به ترتیب واحدهای اندازه‌گیری آن‌ها مترمکعب و کیلوگرم می‌باشد. داده‌های مورد استفاده برحسب قیمت (کیلوگرم/ریال) گزارش شد، که برای استفاده در این پژوهش، یک‌سری تبدیل واحد

در این پژوهش داده‌ها مورد نیاز برای برآورد معادله رویش دقیقی جمع‌آوری شد که از نظر تئوری ویژگی‌های ریاضی مدل را توصیف می‌کند. یکی از ساده‌ترین و گویاترین رویکردها جهت انتخاب مدل مناسب، رسم داده‌ها در یک محور مختصات است. بعد از رسم داده‌ها در یک محور مختصات روند کلی ارتباط بین داده‌ها تعیین و در نهایت با استفاده از روش‌های رگرسیونی مدل مربوط به داده‌ها بدست آمد. در این پژوهش به خاطر ماهیت و ارتباط بین داده‌ها از رگرسیون غیرخطی برای رسم مدل‌های رویش استفاده شد.

معادله قیمت چوب سرپا

برای بدست آوردن معادله قیمت چوب سرپا، داده‌های قیمت چوب کاج تدا در کنار جاده‌های جنگلی از ادارات منابع طبیعی و شرکت‌های بهره‌برداری جنگل در استان گیلان جمع‌آوری و از هزینه‌های متغیر بهره‌برداری کسر شد و با استفاده از مدل رگرسیون خطی مدل قیمت برآورد شد.

میانگین قیمت چوب مورد انتظار

میانگین قیمت چوب مورد انتظار (P_{eq}) با استفاده از رابطه (۵) بر اساس مدل خودکاهشی محاسبه می گردد.

$$P_{eq} = \frac{\phi \cdot}{1 - \phi_1} \quad (5)$$

که در این رابطه ϕ و ϕ_1 ارزش پارامترهای متغیر وابسته و مستقل از رگرسیون برآورد قیمت چوب سرپا می باشند.

سن بهره برداری بهینه

برای تعیین سن برداشت بهینه، ابتدا معادله رویش را به دست آورده و سپس با استفاده از مدل خود کاهشی (در صورت معنی دار بودن)، قیمت چوب سرپا پیش بینی و سن برداشت بهینه با استفاده از معادلات رویش سالانه جنگل، نرخ سود بازار، و قیمت چوب سرپا محاسبه می شود.

چرخش نامتناهی جنگل و فرمول محاسبه بهینه سن

بهره برداری اقتصادی گونه

در این تحقیق فرض بر این است که در یک منطقه جنگل کاری می شود و در سن مشخصی برداشت شده و دوباره نهال کاری می شود و سپس در آن سن مورد نظر برداشت صورت گرفته و تا بی نهایت این عمل تکرار می شود. بنابراین فرمول محاسبه بهینه سن بهره برداری اقتصادی در این حالت به صورت رابطه (۶) است. که در این رابطه NPV ارزش خالص فعلی، P_{eq} میانگین قیمت چوب مورد انتظار در سال t ، V حجم در هکتار در سال t ، V' تغییرات حجم در سال t ، r نرخ سود بانکی، R_t درآمد در سال t و C_t هزینه در سال t می باشد.

اندازه گیری به صورت زیر بر روی آن انجام گرفت و قیمت (مترمکعب / ریال) برای کاج تدا به دست آمد.

قیمت P (کیلوگرم / ریال) را به (تن / ریال) درآورده و سپس این داده ها با رابطه (۲) ضرب شد. این داده ها به عنوان حجم (مترمکعب) تبدیل شدند.

$$V = (P \times f) \quad (2)$$

سپس قیمت (مترمکعب / ریال) با استفاده از رابطه (۳) به دست آمد.

(۳) حجم (مترمکعب) / قیمت (تن / ریال) = قیمت (مترمکعب / ریال)

به منظور استفاده از قیمت واحد، متوسط قیمت سالانه چوب سرپای کاج تدا به عنوان قیمت جاری (P_t) برای مراحل بعدی استفاده شد.

تبدیل متغیرهای اسمی به متغیرهای واقعی

از شاخص قیمت ها به منظور حذف تورم و به دست آوردن قیمت های واقعی (تعدیل شده) استفاده شد و با کمک رابطه (۴) محاسبه قیمت واقعی چوب کاج تدا انجام گرفت.

$$P_R = \frac{P_t \times 100}{P_I} \quad (4)$$

P_R برابر است با قیمت تعدیل شده به سال پایه، P_t قیمت در سال t ، P_I شاخص قیمت ها در سال t و عدد ۱۰۰ میزان شاخص قیمت ها در سال پایه (۱۳۹۲) است. در نهایت به منظور پیش بینی قیمت چوب کاج تدا با استفاده از روش رگرسیون، مدل پیش بینی قیمت چوب سرپای کاج تدا برآورد شد.

$$NPV = \sum_{t=0,1,2,\dots}^T \left(\frac{R_t - C_t}{(1+r)^t - 1} \right) = \sum_{t=0,1,2,\dots}^T \left(\frac{PV(t)}{(1+r)^t - 1} \right)$$

$$\text{if : } \sum_{t=0,1,2,\dots}^T \frac{1}{(1+r)^t - 1} = \sum_{t=0,1,2,\dots}^T e^{-rt}$$

$$\begin{aligned} NPV &= PV(t) e^{-rt} + PV(t) e^{-2rt} + PV(t) e^{-3rt} + \dots \\ &= PV(t) [e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \dots] \\ &= PV(t) e^{-rt} [e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \dots] \\ &= PV(t) \frac{e^{-rt}}{1 - e^{-rt}} \\ &= \frac{PV(t)}{e^{rt} (1 - e^{-rt})} \\ &= \frac{PV(t)}{e^{rt} - 1} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{Max NPV} = \text{Max} \left(\frac{PV(t)}{e^{rt} - 1} \right)$$

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

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

$$PV'(t) = rPV(t) + PV'(t)e^{-rt}$$

$$P_{eq} V'(t) = P_{eq} V(t)r$$

یافته ها

که در آن V ، معرف تولید یا حجم در هکتار چوب کاج تدا می- باشد. بنابراین به منظور تعیین معادله تولید کل، حجم در هکتار به عنوان متغیر وابسته و سن به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد (شکل ۲). حداکثر تولید کل در سن ۳۲ سالگی است. در مرحله بعد مدل های گوناگونی جهت انطباق داده های تولید کل با سن بررسی شد (جدول ۱). که از میان آن ها مدل چندجمله ای درجه ۳ بهترین برازش را داشت ($R^2 = 0.999$) (جدول ۲).

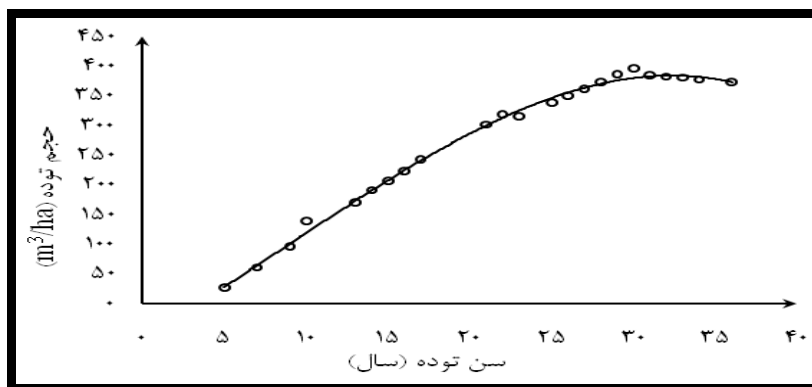
نتایج این تحقیق به این صورت است که سن بهره برداری بهینه گونه کاج تدا براساس معیارهای فنی و اقتصادی به شرح نتایج و توضیحات زیر بدست آمد.

تعیین سن بهره برداری بهینه براساس معیارهای فنی

الف) حداکثر تولید کل (MTV)

پیش بینی میزان تولید چوب کاج تدا جهت ساخت مدل رویش کل دارای اهمیت به سزائی است. در این تحقیق از روش رگرسیون استفاده شد. مدل رویش کل تابعی از سن درخت (t) می باشد (۱۴).

$$V = f(t) \quad (7)$$



شکل ۲- تولید کل کاج تدا

Figure 2 . Total production Pinus taeda

جدول ۱- برآزش مدل تولید کل کاج تدا با مدل های مختلف

Table 1 . Fit for the whole pine tree model with different models

نام مدل	معادله	R ²
لجستیک	$TP = 67/63 e^{-0.055t}$	۰/۷۲۰
خطی	$TP = 10/78t + 35/7$	۰/۹۰۷
لگاریتمی	$TP = 20.6/4 \ln(t) - 336/7$	۰/۹۷۶
چندجمله‌ای درجه ۲	$TP = -0.353t^2 + 26/74t - 10.8/2$	۰/۹۹۱
توانی	$TP = 7/60.6t^{1/149}$	۰/۹۱۱
چندجمله‌ای درجه ۳	$TP = 5/914513t + 0.779318t^2 - 0.18363052t^3$	۰/۹۹۹

جدول ۲- نتایج آنالیز رگرسیون مدل تولید کل کاج تدا

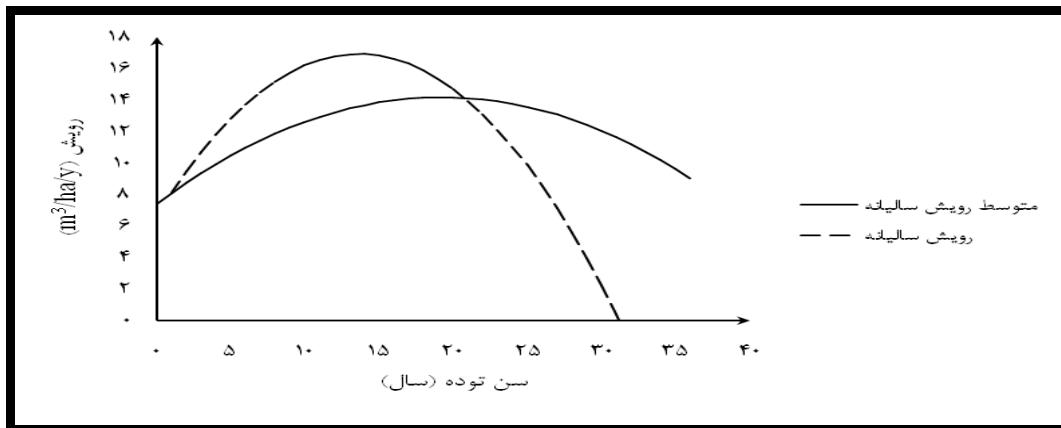
Table 2. Regression analysis results of the total pine production model

Regression Statistics		Coefficients			
Multiple R	۰/۹۹۹۵۶۸۷۱۵	d	۰		
R Square	۰/۹۹۹۱۳۷۶۱۶	t	۵/۹۱۴۵۱۳		
Adjusted R Square	۰/۹۴۹۰۵۱۳۷۷	t ²	۰/۷۷۹۳۱۸		
Standard Error	۹/۴۴۴۷۴۲۵۹۱	t ³	-۰/۰۱۸۳۶۳۰۵۲		
Observations	۲۳				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	۳	۲۰۶۶۹۷۲	۶۸۸۹۹۰/۸	۷۷۲۳/۸۳۹	...
Residual	۲۰	۱۷۸۴/۰۶۳	۸۹/۲۰۳۱۶		
Total	۲۳	۲۰۶۸۷۵۷			
$TP = 5/914513t + 0.779318t^2 - 0.18363052t^3$					

(ب) حداکثر تولید حجمی (متوسط)

منحنی رویش سالانه برخوردار می‌کند (شکل ۳). حداکثر رویش متوسط سالانه در سن ۲۱ سالگی است.

با استفاده از مدل تولید کل بدست آمده، و رابطه (۸) مقادیر مربوط به رویش متوسط سالانه و رویش سالانه بدست آمد. حداکثر رویش متوسط سالانه جایی است که این منحنی با



شکل ۳- رویش متوسط سالانه و جاری کاج تدا

Figure 3. Annual and Current Annual Growth Pinus taeda

تعیین سن بهره برداری بهینه براساس معیار اقتصادی همان‌گونه که قبلاً بیان شد برای بدست آوردن روند واقعی قیمت‌ها طی یک دوره زمانی بایستی تورم از آنها حذف شود و برای این کار از شاخص قیمت استفاده می‌شود (رابطه ۴) (جدول ۳).

جدول ۳- تبدیل مقادیر اسمی به مقادیر واقعی (تعدیل شده)

Table 3. Conversion of nominal values to real values (adjusted)

سال	مقادیر اسمی		شاخص قیمت (سال پایه ۹۰)	مقادیر واقعی		
	قیمت ناخالص ۱m ³ چوب سرپا	هزینه خروج ۱m ³ چوب		قیمت ناخالص ۱m ³ چوب سرپا	هزینه خروج ۱m ³ چوب	قیمت خالص ۱m ³ چوب
۱۳۸۲	۱۵۶۴۳/۶	۱۰۹۶۹	۳۱/۳	۴۹۹۷۹/۵۵	۳۵۰۴۴/۷۳	۱۴۹۳۴/۸۲
۱۳۸۳	۱۷۴۵۲/۹	۱۱۴۶۰	۳۶/۱	۴۸۳۴۵/۹۸	۳۱۷۴۵/۱۵	۱۶۶۰۰/۸۳
۱۳۸۴	۱۹۱۶۵/۳۸	۱۳۲۴۳	۳۹/۸	۴۸۱۵۴/۲۳	۳۳۲۷۳/۸۷	۱۴۸۸۰/۳۶
۱۳۸۵	۱۹۸۸۵/۰۳	۹۴۰۶	۴۴/۶	۴۴۵۸۵/۲۸	۲۱۰۸۹/۶۹	۲۳۴۹۵/۵۹
۱۳۸۶	۲۳۲۱۸/۷۳	۱۱۸۲۶	۵۲/۷	۴۴۰۵۸/۳۲	۲۲۴۴۰/۲۳	۲۱۶۱۸/۰۹
۱۳۸۷	۳۶۸۷۰/۱۵	۱۲۱۸۵	۶۶/۱	۵۵۷۷۹/۸۸	۱۸۴۳۴/۱۹	۳۷۳۴۵/۶۹
۱۳۸۸	۳۷۸۷۰/۲	۱۲۶۴۸/۰۳	۷۳/۲	۵۱۷۳۵/۲۵	۱۷۲۷۸/۷۳	۳۴۴۵۶/۵۲
۱۳۸۹	۳۶۸۷۰/۱۵	۱۳۱۲۸/۶۵	۲۸/۳	۴۴۸۰۰/۱۲	۱۵۹۵۲/۱۹	۲۸۸۴۷/۹۳
۱۳۹۰	۳۸۹۴۸/۶۷	۱۳۶۲۷/۵۴	۱۰۰	۳۸۹۴۸/۶۷	۱۳۶۲۷/۵۴	۲۵۳۲۱/۱۲
۱۳۹۱	۵۶۸۹۹/۸۳	۱۴۱۴۵/۳۹	۱۳۰/۵	۴۳۶۰۱/۴	۱۰۸۳۹/۳۸	۳۲۷۶۲/۰۳

$$x_n = \phi_0 + \phi_1 x_{n-1} + \varepsilon_n \quad (۸)$$

در ادامه برای پیش بینی قیمت خالص هر متر مکعب چوب کاج تدا از معادله (۸) استفاده شد که نتیجه آن در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- نتایج آنالیز رگرسیون مدل قیمت چوب سرپا کاج تدا

Table 4. Results of regression analysis for the estimated stumpage price of *Pinus taeda* of

Regression Statistics			Coefficients	t Stat	P-value
ناممدل	۰/۶۰۹۳۳۱۳۵	d	۷۴۹۵/۵۱۵۵۴		
لجستیک	۰/۳۷۱۲۸۴۶۹۵	P _{t+1}	۰/۶۳۷۵۸۳۳۵۲		
خطی	۰/۲۸۱۴۶۸۲۲۲				
لگاریتمی	۶۹۵۴/۳۴۹۶۶۲				
چندجمله‌ای درجه ۲	۹				
توانی					
چندجمله‌ای درجه ۳					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	۱	۱۹۹۹۲۳۶۱۶/۸	۱۹۹۹۲۳۶۱۶/۸	۴/۱۳۳۸۱۵	۰/۰۸۱۵۲۹
Residual	۷	۳۳۸۵۴۰۸۵۴/۵	۴۸۳۶۲۹۷۹/۲۲		
Total	۸	۵۳۸۴۶۴۴۷۱/۳			

$$MNR = \frac{P(t)}{t} - C_0 \quad (9)$$

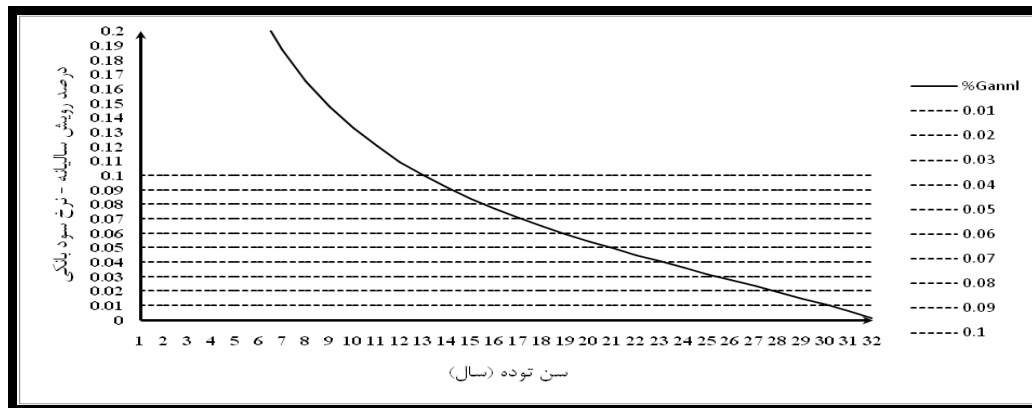
با استفاده از معادله تولید کل و رویش سالانه بدست آمده از این معادله و نیز رابطه (۶) سن بهره برداری بهینه اقتصادی کاج تدا با نرخ های مختلف سود بانکی بدست آمد.

از آنجا که در سطح ۹۵٪ درصد، رابطه بدست آمده معنی دار نمی باشد (F) پس نمی‌توانیم با استفاده از مدل رگرسیون قیمت مورد انتظار را بدست آوریم. در این حالت از میانگین قیمت ها طی دوره ۹ ساله استفاده کرده که به آن میانگین قیمت گویند و برای کاج تدا عدد ۲۵۰۲۶۳ ریال بدست آمد. با استفاده از میانگین قیمت و رابطه (۹) حداکثر درآمد خالص سالانه محاسبه شد.

جدول ۵- سن بهره برداری بهینه اقتصادی کاج تدا

Table 5. Economically optimal harvesting age of *Pinus taeda*

درصد نرخ سود بانکی	سن بهره برداری بهینه اقتصادی
۱	۳۱
۲	۲۸
۳	۲۶
۴	۲۴
۵	۲۱
۶	۱۹
۷	۱۸
۸	۱۶
۹	۱۵
۱۰	۱۳



شکل ۴- رابطه نرخ سود بانکی و درصد رویش سالانه در توده کاج تدا

Figure 4. Relationship of interest rate and percentage of annual growth in *Pinus taeda*

بحث و نتیجه گیری

داری رابطه بدست آمده از مدل قیمت، از میانگین قیمت‌ها در سال‌های مختلف استفاده شد (۱۶). میانگین قیمت خالص یک متر مکعب چوب کاج تدا طی یک دوره ۹ ساله ۲۵۰۲۶۳ ریال بدست آمد. با استفاده از معادله (۶) سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی کاج تدا با نرخ‌های مختلف سود بانکی محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نرخ سود بانکی، سن بهره‌برداری اقتصادی کاهش پیدا می‌کند چون هزینه فرصت سرمایه بالا می‌رود و مالک ترجیح می‌دهد که درختان را زودتر قطع کند تا عایدات آن‌ها را در جایی دیگر که سود بیش‌تری داشته باشد، سرمایه‌گذاری کند. با توجه به نرخ سود بانکی ۳٪ برای محصولات جنگلی در سن ۲۶ سالگی توده کاج تدا از نظر اقتصادی قابلیت بهره‌برداری دارد. شکل ۳ رابطه بین نرخ سود بانکی و درصد رویش سالانه را نشان می‌دهد. رویش سالانه به‌عنوان سود سالانه هر هکتار جنگل محسوب می‌شود. طبق این شکل در هر سنی که درصد رویش سالانه با درصد نرخ سود بانکی برابر باشد، سن بهره‌برداری اقتصادی محسوب می‌شود که با نتایج مطالعه جانز و همکاران (۱۰) کاملاً هم‌خوانی دارد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از ریاست محترم ادارات منابع طبیعی و شرکت‌های چوب و کاغذسازی در استان گیلان که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

به‌منظور مدیریت بهینه منابع طبیعی به‌خصوص جنگل‌ها و نیز بالابردن سطح کیفی تصمیم‌گیری توسط مدیران، تعیین مجموع ارزش جنگل‌ها و به‌دنبال آن ارزش کارکردهای خاص جنگل امری ضروری است. حداکثر تولید کل و حداکثر رویش متوسط سالانه جزء معیارهای فنی یا زیستی و ارزش خالص فعلی معیار اقتصادی تعیین ارزش توده جنگلی با رویکرد تولید چوب می‌باشند که یکی از این ابزارها مدیریت توده جنگلی زمان بهینه قطع در جنگل است. در مورد توده‌های ناهم‌سال بهینه قطر و در توده‌های هم‌سال (جنگل‌کاری‌ها) بهینه سن بهره‌برداری مطرح است. در مورد توده‌های هم‌سال، با استقرار توده جنگلی دوره بهره‌برداری آغاز و تا زمان رسیدن توده به سن مورد نظر جهت قطع ادامه پیدا می‌کند. از نظر معیارهای فنی تعیین سن بهره‌برداری (حداکثر تولید کل و حداکثر رویش متوسط سالانه) داشتن معادله تولید کل و بدست آوردن رویش متوسط سالانه از آن جهت تعیین سن کافی است (۱۵). نتیجه حاصل از انطباق داده‌های سن (سال) و موجودی حجمی (مترمکعب در هکتار) کاج تدا جهت بدست آوردن معادله تولید کل نشان می‌دهد که منحنی آن به‌صورت چندجمله‌ای با درجه سوم می‌باشد (جدول ۲). نتایج این تحقیق با تحقیقات (۸،۹) کاملاً هم‌خوانی دارد. در این تحقیق طبق نتایج برای تعیین سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی دو متغیر قیمت و نرخ سود بانکی نیز اضافه شد. برای تعیین معادله قیمت از مدل معمول رگرسیون خود کاهشی استفاده شد. به‌دلیل عدم معنی-

- even-aged stands in Dr. Bahramnia's Forest Management Project. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(3): 401-393.
9. Posavec. S., Beljan. K., Krajter. S., and Persun, D. 2012. Calculation of economic rotation period for even-aged stand in Croatia. *South-East European Forestry*. Professional Paper. 5pp.
 10. Jones, PD., Grado, SC and Demarais, S. 2010. Financial analysis of intensive pine plantation establishment. *Journal of Forest Economics*, 16:101–112.
 11. López Torres, I., Ortuño Pérez, S., Martín Fernández, A., and FullanaBelda, 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.
 12. Parajuli, R. 2005. Carbon sequestration and uneven-aged management of loblolly pine stands in the southern USA: a joint optimization approach. MS Thesis of Renewable Natural Resources, Louisiana State University, 53pp.
 13. Petráš, R., Mecko. J., and Kadunc. A. 2010. Felling maturity criteria of beech stands in Slovakia. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. 92 : 39–48.
 14. Gregory, R. 1987. *Resource Economics For Foresters*. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 457pp.

Reference

1. Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). 2007. FRA 2005- Key findings <http://www.fao.org/forestry/site/32246/en> last accessed February, 2007.
2. Tufekcioglu, Y., Zeki, H., and Yilmaz, M. 2005. Effects of some soil properties on the growth of hybrid poplar in the Terme-Golardi region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29:221.
3. Daneshvar, H. A., Modirrahmati, A.R. and Feizi, M.T. 2009. Growth characteristics of different Poplar clones in the selection nurseries in Esfahan province. *Forest and Poplar Research*. 17(1): 10-24.
- Booth, TH., and Jovanovic, T. 2002. A new world climatic mapping program to assist species selection. *Forest Ecology and Management*, 189:97-110.
5. Carle, J., and Holmgren, P. 2008. Wood from planted forests: a global outlook 2005-2030. *Forest Products Journal*, 58(12): 6-18.
6. Gorji Bahri, Y. M. 1993. Study the growth of *Pinus taeda* in Gilan, Pajouhesh-va-Sazandegi. 20: 34-37.
7. Bryant, D., Daniel, N., and Laura, T. 1997. *The last frontier forests. Ecosystems and economics on the edge*. World Resources Institute. Washington. 42pp.
8. Mohammadi A., Moairi, H and Heidari, H. 2012. Determination of the absolute harvesting age of *Paulownia*