علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۸

تعیین سن‌بهره برداری بهینه اقتصادی گونه کاج تدا (Pinus taeda) در شمال ایران

زهره بازوند[1*]

z.bazvand@yahoo.com

سید محسن حسنی[2]

مصطفی ادیب نژاد[3]

سلیمان محمد لیمایی[4]

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۹ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۱**

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 سریع الرشد 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 بهترین 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 نتیجه گیری: نتایج نشان داد که سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی کاج تدا به ازای نرخ‌های مختلف سود بانکی تغییر می‌کند.

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

---

۱ - دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی؛ دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران *(مسوول مکاتبات).

۲ - دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گرگان، گرگان، ایران.

۳ - دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

۴ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.11, January, 2020

Determining the Economically Optimal Utilization Age of Lobllоly Pine (Pinus teada) in Guilan Province

Zohre Bazvand[1]*
z.bazvand@yahoo.com
Seyyed Mohsen Hasani[2]
Mustafa Adibnejad [3]
Solomon Mohammad Lyman [4]

Admission Date:March 1, 2017 Date Received: November 29, 2016

Abstract

Background and Objective: The aim of present study was to determining the Economically Optimal utilization Age of Loblolly Pine (Pinus taeda) in Guilan Province.

Method: For this purpose, growth data and the price of Tada pine wood were used. Regression analysis was used to determine the best model of Teda pine growth.

Findings: The results showed that the best relationship between volume growth per hectare and age of a growth model is a few third degree sentences. The equation for the price of Teda pine trunks was reduced using its model. Due to the lack of significance of this relationship at the level of 0.05, the average price of standing wood was used in different years. According to the price, annual growth and bank interest rate, the optimal age of Teda pine was obtained according to technical and economic criteria.

Discussion and Conclusion: Results showed that economically optimum utilization age of Teda pine changes with different discount rates, optimal rotation age follow different trend.

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

1- Ph.D, Natural Resources Economics; Lorestan University, Khoramabad, Iran*(Corresponding Author).
2- Ph.D. Student, Forestry and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Gorgan University, Gorgan, Iran.
3- Ph.D. Student of forestry and forest ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, Iran.
4- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Guilan, 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 به‌ترتیب ۰/۳، ۰/۷ و ۰/۲ متر مکعب می‌باشد. با احتساب جمعیت ۸۰ میلیون یا یران، 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 مدل اصلی است که درآینده برای تولید زیست توده و انرژی زیستی استفاده خواهدشد. امروزه حدود ۱۰ درصد از جنگل‌کاری‌ها در جهان برای تولید بیوانرژی استفاده می‌شود (۵).

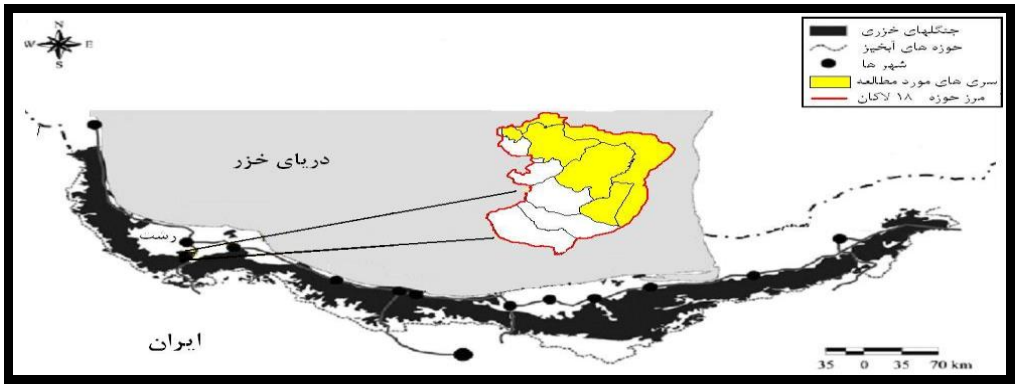
کاج تدا یکی از گونه های سریع الرشد است که رشد موفقیت‌آمیزی در جنگل‌کاری‌های استان گیلان داشته است. این گونه حدود ۲۳۵۰ هکتار (تا سال ۱۳۶۸) از جنگل‌کاری های استان را به خود اختصاص داده است. میزان تولید چوب این گونه در سن ۱۷ سالگی ۱۶/۴ متر مکعب در هکتار و در سال ذکر شده که قابل ملاحظه می‌باشد(۶). به منظور 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 بهره برداری مطلق در فواصل کشت مذکور به‌ترتیب 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 هزینه ها 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٪ 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 توده های کاج تدا دارد. افزایش در نرخ سود بانکی باعث کاهش معیار

ارزش مورد انتظار زمین می‌شود(۱۲). در کل باید گفت هدف مطالعه حاضر تعیین سن بهره‌برداری بهینه اقتصادی گونه کاج تدا (*Pinus taeda*) در استان گیلان می‌باشد. کاج تدا یکی از گونه های سریع الرشد است که رشد موفقیت آمیزی در جنگل‌کاری‌های استان گیلان داشته است.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه: استان گیلان انتهای غربی رشته کوه‌های البرز و بخش غربی جلگه‌های حاشیه دریای خزر ایران را شامل می شود. جنگل‌های حوزه آبخیز ۱۸ لاکان (عرض جغرافیائی '۳۷°، ۳۳ 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).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گیلان

Figure 1. Location of the study area in Gilan province

روش‌ها

معادلات رویش

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

معادله قیمت

برای بدست آوردن معادله قیمت، داده های قیمت چوب کاج تدا از ادارات منابع طبیعی و شرکت‌های چوب در استان گیلان جمع آوری و با استفاده از مدل رگرسیون خطی مدل قیمت ساخته شد.

روش محاسبه ضریب تبدیل حجم به وزن

چوب کاج تدا با واحد وزن فروخته می‌شود. به علت این‌که 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 بدست‌آوردن ضریب تبدیل استفاده شد. وزن مخصوص چوب کاج تدا در رویشگاه گیلان ۰/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

$$f = \frac{V_{(m^3)}}{W_{(Kg)}} \qquad (۱)$$

در این رابطه: Vحجم و W وزن که به ترتیب واحدهای اندازه-گیری آن‌ها مترمکعب و کیلوگرم می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده برحسب قیمت (کیلوگرم/ ریال) گزارش شد، که برای استفاده در این پژوهش، یک‌سری تبدیل واحد اندازه‌گیری به‌صورت 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 داده‌ها با رابطه (۲) ضرب شد. این داده‌ها به عنوان حجم (مترمکعب) تبدیل شدند.

$$V = (P \times f) \qquad (۲)$$

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

(۳) = 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

در این پژوهش برای این‌که مشخص شود که تولید نسبت به سال‌های پیش واقعا رشد داشته است و این رشد مربوط به خود تولید است قیمت‌های اسمی را به واقعی تبدیل کردیم(۱۳). بنابراین از شاخص قیمت‌ها به منظور حذف تورم و به‌دست آوردن قیمت‌های واقعی (تعدیل شده) استفاده شد و با کمک رابطه (۴) محاسبه قیمت واقعی چوب کاج تدا انجام گرفت.

$$P_R = \frac{P_t \times ۱۰۰}{P_I} \qquad (۴)$$

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

میانگین قیمت چوب مورد انتظار

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

$$P_{eq} = \frac{\phi_.}{۱ - \phi_۱} \qquad (۵)$$

که در این رابطه $\phi_.$ و $\phi_۱$ پارامترهای متغیر وابسته و مستقل می‌باشند.

سن بهره‌برداری بهینه

برای تعیین سن برداشت بهینه، ابتدا معادله رویش را به‌دست آورده و سپس با استفاده از مدل خود کاهشی، قیمت چوب سرپا پیش‌بینی و سن برداشت بهینه با استفاده از معادلات رویش سالانه جنگل، نرخ سود بازار، و قیمت چوب سرپا محاسبه شد.

چرخش نامتناهی جنگل و فرمول محاسبه بهینه سن بهره برداری اقتصادی گونه

در این تحقیق فرض بر این است که در یک منطقه جنگل‌کاری می‌شود و در سن مشخصی برداشت شده و دوباره نهال‌کاری می‌شود و سپس در آن سن مورد نظر برداشت صورت گرفته و تا بی‌نهایت این عمل تکرار می‌شود. بنابراین فرمول محاسبه بهینه سن بهره‌برداری اقتصادی در این حالت به‌صورت رابطه (۶) است. که در این رابطه NPV ارزش خالص فعلی، P_{eq}میانگین قیمت چوب مورد انتظار در سال t، V_tحجم 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 می‌باشد.

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

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

$$\begin{aligned} NPV &= PV(t)\,e^{-rt} + PV(t)\,e^{-2rt} + PV(t)\,e^{-3rt} + \cdots \\ &= PV(t)[e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \cdots] \\ &= PV(t)\,e^{-rt}[e^{-rt} + e^{-2rt} + e^{-3rt} + \cdots] \\ &= PV(t)\,\frac{e^{-rt}}{1 - e^{-rt}} \\ &= \frac{PV(t)}{e^{rt}(1 - e^{-rt})} \\ &= \frac{PV(t)}{e^{rt} - 1} \end{aligned} \qquad (۶)$$

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

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

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

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

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

یافته ها

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 زیربدست آمد.

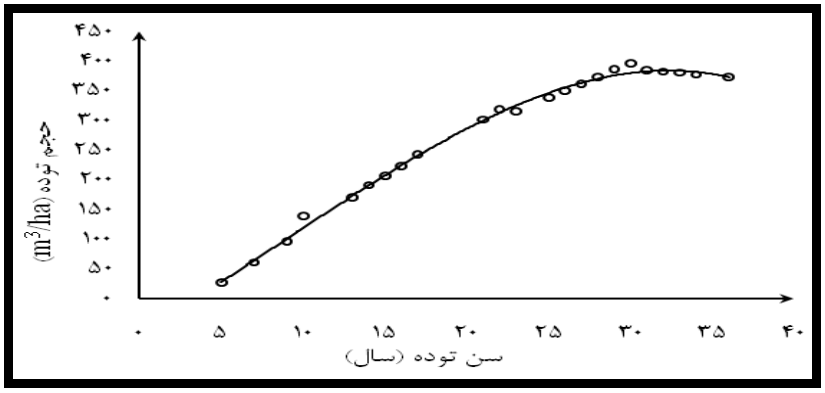
تعیین سن بهره برداری بهینه براساس معیارهای فنی

الف)حداکثر تولیدکل (MTV)

پیش‌بینی میزان تولید چوب کاج تدا جهت ساخت مدل رویش کل دارای اهمیت به‌سزائی است. در این تحقیق از روش رگرسیون استفاده شد. مدل رویش کل تابعی از سن درخت (t) می‌باشد(۱۴).

$$V = f(t) \qquad (۷)$$

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 به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد (شکل ۲). حداکثر تولید کل در سن ۳۲ سالگی است. در مرحله بعد مدل های گوناگونی جهت انطباق داده‌های تولید کل با سن بررسی شد (جدول۱). که از میان آن ها مدل چندجمله‌ای درجه ۳ بهترین برازش را داشت(R^2=۰/۹۹۹) (جدول ۲).



شکل۲- تولید کل کاج تدا

Figure 2 . Total production Pinus taeda

جدول ۱- برازش 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	$TP = ۶۷/۶۳\, e^{۰/۰۵۵t}$	۰/۷۲۰
خطی	$TP = ۱۰/۷۸\, t + ۳۵/۷$	۰/۹۰۷
لگاریتمی	$TP = ۲۰۶/۴ \ln(t) - ۳۳۶/۷$	۰/۹۷۶
چندجمله‌ایدرجه ۲	$TP = -۰/۳۵۳t^۲ + ۲۶/۷۴t - ۱۰۸/۲$	۰/۹۹۱
توانی	$TP = ۷/۶۰۶t^{۱/۱۴۹}$	۰/۹۱۱
چندجمله‌ایدرجه ۳	$\mathbf{TP = ۵/۹۱۴۵۱۳\, t + ۰/۷۷۹۳۱۸t^۲ - ۰/۰۱۸۳۶۳۰۵۲\, t^۳}$	**۰/۹۹۹**

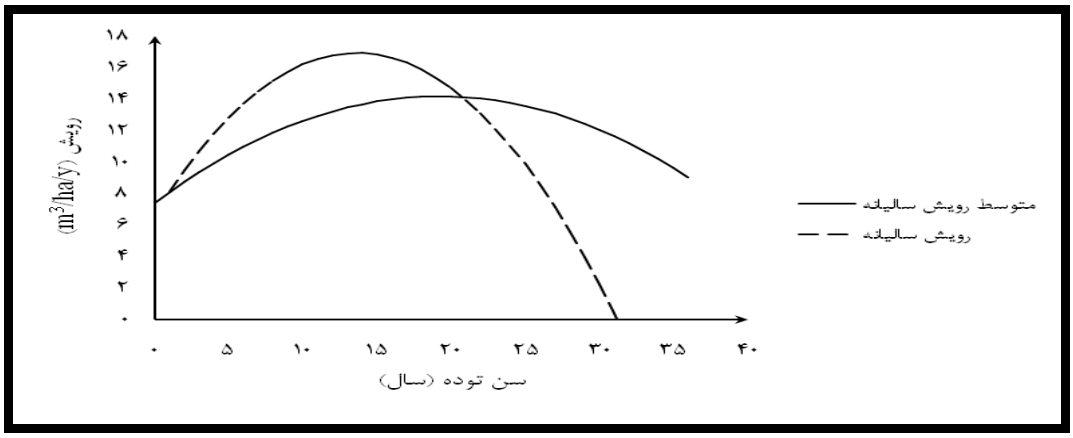
جدول ۲- نتایج آنالیز رگرسیون مدل تولید کل کاج تدا

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	۰۰۰
Residual	۲۰	۱۷۸۴/۰۶۳	۸۹/۲۰۳۱۶		
Total	۲۳	۲۰۶۸۷۵۷			
$\mathbf{TP = ۵/۹۱۴۵۱۳\, t + ۰/۷۷۹۳۱۸t^۲ - ۰/۰۱۸۳۶۳۰۵۲\, t^۳}$					

ب)حداکثر تولیدحجمی (متوسط)

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 منحنی رویش سالانه برخورد می‌کند (شکل۳).حداکثر رویش متوسط سالانه در سن ۲۱ سالگی است.



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 قبلا 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 می شود (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	۳۶۸۷۰/۵	۱۲۱۸۵	۶۶/۱	۵۵۷۷۹/۸۸	۱۸۴۳۴/۱۹	۳۷۳۴۵/۶۹
۱۳۸۸	۳۷۸۷۰/۲	۱۲۶۴۸/۰۳	۷۳/۲	۵۱۷۳۵/۲۵	۱۷۲۷۸/۷۳	۳۴۴۵۶/۵۲
۱۳۸۹	۳۶۸۷۰/۵	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

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.

$$X_n = \phi_0 + \phi_1 X_{n-1} + \varepsilon_n \qquad (۸)$$

جدول ۴- نتایج آنالیز رگرسیون مدل قیمت $1m^3$ چوب کاج تدا

Table 4. Regression analysis results of the price model of one m3 of Pinus taeda

Regression Statistics			*Coefficients*	*t Stat*	*P-value*
نامدل	۰/۶۰۹۳۳۱۳۵	d	۷۴۹۵/۵۱۵۵۴		
لجستیک	۰/۳۷۱۲۸۴۶۹۵	P_{t+1}	۰/۶۳۷۵۸۳۳۵۲		
خطی	۰/۲۸۱۴۶۸۲۲۲				
لگاریتمی	۶۹۵۴/۳۴۹۶۶۲				
چندجمله‌ایدرجه ۲	۹				
توانی					
چندجمله‌ایدرجه 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			

$$P_{t+1} = 7495/51554 + 0/637583352\, P_t$$

از آنجاکه 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 ۲۵۰۲۶۳ریال بدست آمد. با استفاده از میانگین قیمت و رابطه(۹) حداکثر درآمد خالص سالانه محاسبه شد.

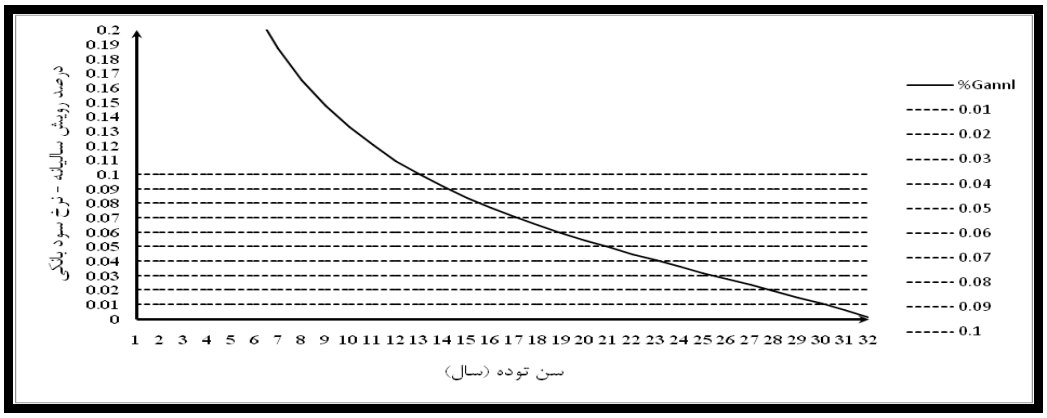
$$MNR = \frac{P(t)}{t} - C_o \qquad (۹)$$

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.

جدول ۵- سن بهره برداری بهینه اقتصادی کاج تدا

Table 5. Economic Optimization of Pinus taeda

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



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

Figure 4. Relationship of Bank Interest Rate and Annual Growth Percentage in Pinus taeda

بحث و نتیجه گیری

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 می‌باشندکه 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 بهره-برداری 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 (جدول۲). نتایج این تحقیق با تحقیقات (۸،۹)کاملا 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 خودهمبسته ($AR(1)$) استفاده شد. به‌دلیل عدم معنی داری رابطه بدست آمده از مدل قیمت، از میانگین قیمت‌ها در سال های مختلف استفاده شد(۱۶). میانگین قیمت خالص $1m^3$ چوب کاج تدا طی یک دوره ۹ساله 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 بهره-برداری 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 جائی 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 هرهکتار 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)کاملا 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 می نمایم.

Reference

1. Food and agriculture organization of the United Nations (FAO). FRA 2005-Key findingshttp://www.fao.org/forestry/site/32246/en last accessed February, 2007.
2. Tufekcioglu,Y., Zeki, H., andYilmaz, M. 2005. Effects of some soil properties on the growth of hybrid poplar n the Terme-Golardi region of Turkey. Turk J Agric For 29:221.
3. Daneshvar, H.2009. "Study of vegetative characteristics of different poplar colonies in desalination cells in Isfahan province". Forest and Poplar Research. Volume 17, Number 1: 24-10.
4. Booth,TH, and Jovanovic,T. 2002. A new world climatic mapping program to assist species selection. For. Eco. Man.189:97-110.
5. Carle, J., and Holmgren, P.2008.Wood from planted forests: a globaloutlook 2005-2030. Forest Products Journal58(12): 6-18.
6. Georgian, M. 1993. "Study of the growth of pine Teda in Gilan, Journal of Research and Development". 20: 37-34.
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. "Determining the Age of Total Exploitation of Palonia's Commonwealth Population in Dr Bahramnia's Forestry Plan". Journal of Forest and Poplar Research. Volume 20, Issue 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 Pinusnigra 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. Farhang, M. 1993. The Great Culture of Economic Sciences. Alborz First Edition, Vol. 1. 979 pages.
14. Petráš, R., Mecko. J., and Kadunc. A. 2010. Felling maturity criteria of beech stands in Slovakia. Zbornik gozdarstva in lesarstva. 92 : 39–48.
15. Gregory, R. 1987. Resource Economics For Foresters. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 457p.