Research Article

Iranian Journal of Wood and Paper Industries
Vol. 16, No. 2, Page 165 - 187 (2025)

DOI: 10.22034/ijwp.2025.2049061.1692

Determining the optimal cycle of poplar cultivation under uncertainty conditions and considering the opportunity cost of agricultural land

S. M. Mojaverian[1*], F. Eshghi[2], K. Ataie Solout[3], M. Taslimi[4], M. Shahnouri[5]

1- Corresponding author, Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. Email: mmojaverian@sanru.ac.ir
2- Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4- Ph.D of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
5- Ph.D Student of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: January 2025 Accepted: March 2025

Abstract

Problem definition and objectives: Despite the use of alternative materials to offset the demand for fuel from wood and the widespread use of virtual pages instead of paper, the demand for wood is still increasing. Wood cultivation is one way to preserve forests. Obviously, the necessary condition for extending and reducing the pressure on the forest by this solution is that wood cultivation is cost-effective from the point of view of producers. Spruce is a common wood cultivation option in northern Iran. The most important issue in timber farm management is determining the most economical time to cut trees. The purpose of this study was to evaluate the optimal utilization of Populus deltoids in comparison to other competing land uses.

Methodology: Unlike other competing crops, wood cultivation is not cancelable every year, and unlike horticulture, its main income is not obtained annually. These two properties of wood cultivation have caused in its economic model, risk and discount rate variables are very important role in decision making. Owing to the uncertainty of tree growth, the results of model estimation for different colonies and three growth data in minimum, maximum, and average were used to estimate fuzzy regression. To predict the wood price, we used the price decomposition (trend, cyclical, and random components) methodology. The opportunity cost of land use was considered to be equal to the average net profit of one hectare of high-yielding rice fields. Three scenarios were examined to determine the best time for tree cutting: a) when the prices of both wood and opportunity cost do not grow, b) when price growth occurs at the same rate in both, and c) when the growth of opportunity cost will be more than wood price.

Results: In the first scenario, the best age for tree cutting in one-turn poplar cultivation was 7 years, and that in continuous poplar cultivation was 6 years. In this scenario, poplar cultivation is an economic activity, even for high-quality land with an annual rent of 100 million tomans. In the second scenario, except for the Inferior lands (low quality), whose annual rent is less than 15

million Tomans per hectare, in other lands, the optimal cutting age is 7 years, both for one turn and permanent cultivation. In the third scenario, the results were subjected to sensitivity analysis of the critical conditions. The results of this scenario show that the limitation of the development of poplar cultivation (the margin of development) increases with an increase in the discount rate. For every 1% increase in the opportunity cost to wood price ratio, the edge of development is decreased by 0.67% at a discount rate of 20%, but at a discount rate of 40%, this reduction is approximately 0.74%.

Conclusion: This study showed that even at a high discount factor, farmers rush to cut their trees. Prehab, this behavior is caused by an environment of high risk and uncertainty in the decision-making space. Usually, the growth in prices accelerates the cutting of trees. Therefore, a high inflation rate is expected to negatively affect poplar cultivation. In addition, although three discount rates and nominal growth of income (timber price) and cost (lost opportunity cost) are effective in the management of wood farming, in all scenarios, the increase in the discount rate is more effective than the increase in the relative rates of price growth on the limitation of poplar cultivation development. This difference in effectiveness was greater at higher discount rates. Based on these results, it seems that financial support is more effective than price support in the development of poplar cultivation.

Keywords: Faustman Model, Interest Rate, Rent, Land Rrent, Optimal Rotation Age.

تعیین چرخه بهینه زراعت صنوبر در شرایط نا اطمینانی و با در نظر گرفتن هزینه فرصت اراضی کشاورزی

سید مجتبی مجاوریان[1*]، فؤاد عشقی[2]، کمال عطایی سلوط[3]، مهسا تسلیمی[4]، ماریا شاهنوری[5]

۱- نویسنده مسئول، استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. پست الکترونیک: mmojaverian@sanru.ac.ir

۲- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۴- دانش‌آموخته دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۵- دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۳

چکیده

بیان مساله و اهداف: باوجود استفاده از مواد جایگزین برای جبران تقاضای سوخت و الوار چوب و گسترش صفحات مجازی بجای کاغذ، همچنان تقاضا برای چوب افزایشی است. یکی از راهکارها برای حفظ جنگل‌ها، زراعت چوب می‌باشد. این راهکار زمانی گسترش یافته و فشار بر جنگل‌ها را کاهش می‌دهد که فعالیت مزبور از نظر تولیدکنندگان مقرون به صرفه باشد. صنوبر یکی گزینه‌های رایج برای زراعت چوب در شمال ایران است. مهم‌ترین مسئله برای مدیریت مزرعه چوب، تعیین اقتصادی‌ترین زمان برای برش درختان است. هدف از این مطالعه ارزیابی بهره‌برداری بهینه زراعت صنوبر گونه دلتوئیدس (*Populus deltoids*) در مقایسه با سایر کاربری‌های اراضی رقیب است.

مواد و روشها: زراعت چوب، برخلاف سایر محصولات زراعی رقیب، هرساله قابل لغو نبوده و برخلاف باغداری درآمد اصلی آن سالانه به دست نمی‌آید. این دو خاصیت زراعت چوب موجب شده در الگوی اقتصادی، ریسک و نرخ تنزیل اهمیت زیادی در تصمیم‌گیری داشته باشد. با توجه به عدم اطمینان از رشد درختان، از نتایج برآورد الگو برای کلن های مختلف، سه داده رویش در کمترین، بیشترین و میانگین جهت تخمین رگرسیون فازی استفاده گردید. برای پیش بینی قیمت چوب، روش تجزیه قیمت (اجزای روند، سیکلی و تصادفی) به کار رفت. هزینه فرصت زمین برابر میانگین سود خالص یک هکتار مزرعه برنج پر محصول در نظر گرفته شد. سه حالت برای تعیین بهترین تواتر زمانی برش درخت موردبررسی قرار گرفت: الف) هنگامی‌که قیمت‌ها اعم از چوب و هزینه فرصت رشد نداشته باشند، ب) هنگامی‌که رشد قیمت‌ها وجود داشته اما در درآمد و هزینه یکسان اتفاق بیفتد، ج) هنگامی‌که رشد قیمت در هزینه‌ها بیش از رشد درآمدها باشد.

نتایج: در حالت اول بهترین سن برش درختان در کشت یک نوبته، ۷ سال و در کشت مستمر صنوبر ۶ سال به دست آمد. در این حالت زراعت صنوبر حتی برای اراضی مرغوب که اجاره سالانه هر هکتار آن ۱۰۰ میلیون تومان است فعالیت اقتصادی خواهد بود. در حالت دوم به جز پست‌ترین اراضی که اجاره سالانه آن‌ها کمتر از ۱۵ میلیون تومان در هکتار است در سایر اراضی سن بهینه برش ۷ سال اعم از زراعت یک نوبته و دائمی است. در حالت سوم، نتایج به صورت تحلیل حساسیت شرایط بحرانی انجام گرفت. نتایج این حالت نشان داد محدودیت توسعه زراعت صنوبر (کرانه توسعه) نسبت به فزونی نرخ هزینه‌ها به درآمد، با افزایش نرخ تنزیل بیشتر می‌شود. به ازای هر یک درصد رشد بیشتر هزینه‌ها نسبت به درآمد، کرانه توسعه در نرخ تنزیل ۲۰ درصد، ۰/۶۷ درصد اما در نرخ تنزیل ۴۰٪، حدود ۰/۷۴ درصد برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: این تحقیق نشان داد حتی در نرخ‌های تنزیل بالا هم، زارعین در برش درختان تعجیل می‌کنند. مشخصات این رفتار باید ناشی از فضای ریسک و عدم اطمینان در محیط تصمیم‌گیری آن‌ها باشد. به‌طور معمول رشد قیمت‌ها موجب تسریع در برش درختان خواهد شد. بنابراین انتظار می‌رود تورم اثر منفی بر صنوبرکاری دارد. همچنین گرچه در این فعالیت سه نرخ تنزیل و رشد اسمی درآمد (قیمت چوب) و هزینه (هزینه فرصت ازدست‌رفته) بر مدیریت زراعت چوب مؤثر است، اما در تمام حالت‌ها تغییرات افزایش نرخ تنزیل بیش از افزایش نرخ‌های نسبی رشد قیمت‌ها بر محدودیت توسعه زراعت صنوبر مؤثر است. این تفاوت اثربخشی در سطوح بالاتر نرخ تنزیل بیشتر است. بر پایه نتایج، به نظر می‌رسد حمایت مالی مؤثرتر از حمایت قیمتی در توسعه زراعت صنوبر می‌باشد.

واژه های کلیدی: مدل فاستمن، نرخ بهره، رانت، اجاره زمین، سن بهینه برش.

مقدمه

همگام با افزایش جمعیت و متنوع شدن نیازهای بشر، تقاضا برای مصرف چوب نیز در حال افزایش است. از گذشته تا به حال تأمین این نیاز به جنگل‌های طبیعی متکی بوده است. اما به دلیل عوامل متعدد، تولیدات جنگل‌ها در ایران کاهش‌یافته و با توجه به کمبود عرصه‌های جنگلی باقابلیت تجاری مفید در ایران، تأمین مواد اولیه مناسب برای صنایع چوبی کشور با چالش‌های جدی مواجه است [۱]. میزان مصرف چوب و فرآورده‌های آن، به‌ویژه کاغذ، یکی از شاخص‌های مهم توسعه‌یافتگی کشورها محسوب می‌شود. در کشورهای پیشرفته، این رقم بیش از ۰/۷ مترمکعب (برای ایالات‌متحده حدود ۱ مترمکعب) و متوسط جهانی آن حدود ۰/۳ مترمکعب است. این رقم برای ایران ۰/۲ مترمکعب محاسبه می‌شود که از این میزان، ۷۰۰ تا ۸۰۰ هزار مترمکعب از طریق برداشت از عرصه‌های جنگلی شمال کشور تأمین‌شده و بقیه از طریق قاچاق و واردات چوب و فرآورده‌های آن به دست می‌آید [۲].

بسیاری از کشورها به دلیل کمبود منابع چوبی، به زراعت چوب به‌عنوان بهترین روش جبران این کمبود و همچنین به‌عنوان یکی از بخش‌های اشتغال‌زایی بالا و کم‌هزینه در روستاها روی آورده‌اند [۲]. یکی از منطقی‌ترین راه‌ها برای رفع این مشکل و به‌منظور تأمین منابع چوبی و جلوگیری از قطع بی‌رویه درختان جنگلی، روی آوردن به زراعت چوب، یا کشت درختان تند رشد می‌باشد [۱]. به دلیل افزایش مصرف چوب و کاهش توان تولیدی از عرصه‌های جنگلی، زراعت درختان خانواده بیدیان که رشد سریعی دارند، به دلیل تطابق‌پذیری با اقلیم‌های متفاوت و تکثیر آسان، در بیش از هفتاد کشور جهان رایج شده‌است [۳]. به‌عنوان راه‌حلی جایگزین، کاشت درختان تند رشد مانند صنوبر، اکالیپتوس و پائولونیا معرفی شده‌است [۱]. بر این اساس، امروزه به سیاست‌های توسعه پایدار و زراعت چوب توجه بیشتری می‌شود. اجرای طرح‌های توسعه پایدار زراعت چوب، حفاظت از جنگل‌های شمال کشور و ممنوعیت بهره‌برداری از آن‌ها، و حفظ پوشش گیاهی زاگرس از جمله اقدامات مهم در این زمینه هستند [۴]. یکی از مهم‌ترین چالش‌های ارزیابی پایداری، نبود یک چارچوب جامع در نظام‌های بهره‌برداری از زمین است [۵]. تاریخچه نظام‌های بهره‌برداری در ایران از دیرباز نقش بسیار مهمی در توسعه کشاورزی کشور داشته و همواره یکی از مسائل بنیادی کشاورزی ایران بوده است؛ اهمیت این موضوع در این راستا است که نوع نظام بهره‌برداری در میزان تخصیص و تولید منابع مؤثر و حیاتی است [۶]. هدف از اجرای طرح زراعت چوب نه‌تنها بهره‌برداری و ایجاد اشتغال و تأمین منافع اقتصادی، بلکه احیا و توسعه پایدار نیز به‌عنوان اهداف اساسی در نظر گرفته‌شده است [۴]. زراعت چوب و توجه به توسعه پایدار در کشورهایی که از جنگل‌ها کم‌بهره هستند، اهمیت زیادی دارد. اگر زراعت چوب و کاشت درختان تند رشد بر اساس نظرات و شاخص‌های کارشناسان متخصص انجام شود، ریسک‌های آن با انتخاب جامع کاهش می‌یابد. دقت در انتخاب شاخص‌های مؤثر در زراعت چوب نیز سطح فرآیندهای تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد [۱]. از طرف دیگر، مدیریت نوین برای تأمین مواد اولیه، با در نظر گرفتن تمامی جوانب، نه‌تنها فشار بر جنگل‌های کشور را کاهش می‌دهد و آن‌ها را برای نسل‌های کنونی و آینده حفظ می کند، بلکه با تولید محصولات با ارزش افزوده بالا علاوه بر تأمین نیاز داخلی، از طریق صادرات، زمینه‌ساز ارزآوری نیز می‌شود [۷].

از سال ۱۳۸۴، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور طرح توسعه پایدار زراعت چوب را اجرا کرده است. هدف اصلی این طرح، تأمین نیاز مصرفی چوب کشور، کاهش قاچاق چوب و جلوگیری از بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل‌های کشور است [۴]. اجرای طرح توسعه پایدار زراعت چوب به‌منظور تأمین نیاز سالانه حدود ۱۴ میلیون مترمکعب چوب آغاز شد. این طرح علاوه بر ایجاد اشتغال دائم و موقتی در مراحل تولید، فرآوری و ارزش‌افزوده، مزایای دیگری نیز دارد. با استفاده بهینه از منابع آب و خاک، صرفه‌جویی ارزی از طریق حذف واردات چوب و ایجاد فرصت‌های شغلی در مناطق جنگلی، این طرح به حفاظت و صیانت از جنگل‌های طبیعی کشور کمک می‌کند. همچنین، طرح توسعه پایدار زراعت چوب با تأمین نیازهای چوبی کشور، به اشتغال و معیشت جوامع روستایی و شهری و نیروی کار فعال در بخش صنعت یاری می‌رساند. تأمین چوب مورد نیاز برای تولیدات چوبی نیز از دیگر اهداف مهم این طرح است [۸]. اطلاع دقیق از

میزان تولید چوب در کشور برای برنامه‌ریزی دقیق صنایع چوبی حیاتی است. هر چه این اطلاعات دقیق‌تر باشد، امکان استقرار و ادامه فعالیت‌های صنایع چوب با دقت بیشتری فراهم می‌شود. با اجرای طرح تنفس جنگل و توقف بهره‌برداری‌های تجاری از جنگل‌ها، انتظار تولید چوب بیشتر از صنوبرهای کشور افزایش یافته است. مقدار تولید چوب در صنوبرکاری‌ها به میزان تولید در هر هکتار و سطح و پتانسیل توسعه این صنوبرکاری‌ها بستگی دارد [۸]. بنابراین، یکی از مهم‌ترین عوامل در برآورد تولید چوب کشور، تعیین پتانسیل توسعه صنوبرکاری است. بر اساس برنامه راهبردی زراعت چوب کشور، استان مازندران باید بیش از ۴۰ هزار هکتار به سطح صنوبرهای خود اضافه کند [۹].

درخت صنوبر از میان درختان سریع‌الرشد به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاصی نظیر ۱- قابل کشت بودن در شرایط اقلیمی مختلف؛ ۲-قابلیت کشت در زمین‌های با مساحت کوچک و بزرگ؛ ۳-کاشت به‌صورت تکی، ردیفی، توده‌ای؛ ۴- سهولت تکثیر؛ ۵-امکان کشت همراه با محصولات کشاورزی؛ ۶-امکان بهره برداری از ارقام مختلف صنوبر در دوره‌های زمانی مختلف و غیره از نظر صاحبان صنایع و زمین‌داران حائز اهمیت است [۱۰]. از جمله موانع استقبال صنوبرکاران به دلیل صرف زمان طولانی برای برداشت چوب صنوبر، کوچک بودن مساحت مزارع و ارتباط مستقیم معیشتی با درآمد سالانه حاصل از این مزارع است. اگر بهره‌برداری به‌صورت اصولی و درست صورت گیرد، میزان تولید در واحد سطح تولید افزایش می یابد و تولید به میزان حدود ۴۰ تا ۶۰ مترمکعب در هر هکتار در سال می‌رسد. البته چوب صنوبر را می‌توان در سال‌های اولیه برداشت کرد و مواد سلولزی حاصل از آن را برای تأمین نیازهای صنایع چوب‌های ترکیبی نظیر ام‌دی اف و نئوپان استفاده کرد [۱۱]. از نظر حجم چوب، سن بهینه درختان صنوبر در ۱۲ سالگی رخ می‌دهد. برخی از کشاورزان صنوبر، درختان صنوبر را در سنین شش تا هفت‌سالگی و پیش از موعد قطع می‌کنند و از این طریق کسب سود بیشتر را از دست می‌دهند. دلیل این رویداد، وجود خطر در بازار صنوبر این منطقه و عدم تمایل کشاورزان به پذیرش ریسک بیشتر است. از این رو اعطای وام و تسهیلات مناسب از سوی دولت به صنوبرکاران می تواند موجب افزایش سن برداشت بهینه شود[۱۲]. باتوجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته در خصوص افزایش نیاز چوب در ایران در سال‌های آینده، هیچ‌کدام از جنگل‌های صنعتی در شمال ایران ظرفیت تولید و تأمین این نیازها را ندارند و از طرفی واردات چوب هم به دلایل مختلف نظیر بی‌ثباتی قیمت ارز، افزایش قیمت تمام‌شده محصولات، وجود آفات و بیماری‌ها و... موفق نبوده‌اند [۱۱].

با توجه به ضرورت و الزامات قانونی برای توسعه زراعت چوب، این طرح هنوز در مقیاس وسیع توسط کشاورزان مورد استقبال قرار نگرفت و در مناطق شمالی کشور، مزارع برنج و باغات مرکبات فعالیت غالب آن‌ها می‌باشد. مسلماً توسعه این فعالیت نیاز به پذیرش و انگیزه‌های اقتصادی برای جایگزینی صنوبرکاری بجای فعالیت‌های غالب است. پاسخ به این سؤال که آیا در شرایط فعلی کشت صنوبر برای کشاورزان منفعت بیشتری دارد یا اینکه در چه شرایطی این فعالیت در مقایسه با باغات و مزارع موجود مزیت اقتصادی خواهد یافت بشدت وابسته به مدیریت کشاورز (درون‌زا) و متغیرهای اقتصادی (برون‌زا) بازمی‌گردد. در حوزه مدیریت، تصمیم‌گیری در باره نوع درخت، انتخاب اراضی، مقیاس تولید، فاصله درختان، آبیاری و مصرف بهینه سایر نهاده‌ها، زمان برش و . . بر منافع زراعت چوب مؤثر است و کشاورزان قادر به تصمیم‌گیری برای آن‌ها دارند. در حوزه متغیرهای برون‌زا و محیطی که خارج از توان تصمیم‌گیری کشاورز است قیمت‌ها، تجارت خارجی، نرخ بهره، نرخ ارز، تورم، نیاز بازار و مداخلات دولت تأثیرگذار می‌باشد. این مطالعه در پی پاسخ به یکی از کلیدی‌ترین موضوعات تصمیم‌گیری کشاورزان یعنی زمان برش با توجه به تأثیر متغیرهای برون‌زا می‌باشد.

مطالعات زیادی برای توسعه صنوبرکاری و به‌طورکلی زراعت چوب انجام‌گرفته است. تأثیر مدیریت زراعت صنوبر بر زمان برداشت، حجم و کیفیت الوار به‌دست‌آمده موضوعی است که در برخی مطالعات مورد توجه قرار گرفت. تأثیر فاصله کشت [۱۳، ۱۴، ۱۵]، کشت تلفیقی [۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹]، مکانیزاسیون [۲۰] و انتخاب نوع درخت [۲۱] از جمله مواردی بودند که محققان نشان دادند بهینه کردن آن‌ها بر بازدهی زراعت چوب تأثیر دارد. گروه دیگر از مطالعات به عوامل مؤثر اجتماعی و اقتصادی بر پذیرش زراعت چوب پرداختند مانند [۴، ۲۲، ۲۳] در اغلب آن‌ها نشان داده شد متغیرهایی مانند سطح

تحصیلات، شرکت در کلاس‌های ترویجی، حمایت دولت در اعطای تسهیلات و کنترل بازار چوب سطح درآمد و معیشت خانوار از عوامل مه در پذیرش و جایگزینی کشت صنوبر مؤثرند. در این گروه، از روش مقایسه زوجی [۴] و الگوی رگرسیون خطی [۲۲]، رگرسیون چندمتغیره [۲۳] بهره گرفته شد. در مقابل گروه دیگر از مطالعات بجای نظرسنجی از برآورد الگوی رشد و تحلیل هزینه فایده استفاده کردند مانند [۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱] بر اساس این مطالعات سودآورترین سن برش درختان محاسبه و بر اساس نتایج اغلب آن‌ها بین ۶ تا ۱۰ سال برآورد گردید. این دامنه به‌واسطه شرایط آب و هوایی، گونه درخت، قیمت‌ها و هزینه‌ها ایجادشده است. در این راستا گونه‌های مختلفی مانند کاج [۲۰]، صنوبر [۱۵، ۲۴، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۳۱] و اکالیپتوس [۲۸] موردبررسی قرار گرفتند. در ارزیابی اقتصادی از الگوهای مختلفی استفاده کردند که از این جمله می‌توان به مدل فاستمن [۱۳، ۲۵]، مدل بهره‌برداری هارتمن اصلاح شده [۲۸]، شاخص نسبت سود به هزینه [۲۹] و معیار ارزش فعلی خالص برای تعیین چرخه‌های بهره‌برداری [۲۵، ۲۶، ۲۹] اشاره کرد. مطالعاتی نیز [۳۲] به بررسی تابع قیمت چوب سرپای کلن‌های اصلاح شده صنوبر به روش قیمت-گذاری هدانیک و مطالعه [۳۳] به مقایسه کمی و کیفی انواع توده صنوبر پرداختند.

باوجود اهمیت ریسک و نا اطمینانی در متغیرهای مؤثر بر عمر اقتصادی درخت مانند رشد درخت، قیمت‌ها، نرخ تنزیل، فرصت‌های سرمایه‌گذاری و... که با توجه زمان نسبتاً طولانی پروش درختان اتفاق می‌افتد؛ در کمتر مطالعه‌ای مورد توجه قرار گرفت. هدف از این مقاله نشان دادن نوسانات منابع ریسکی در تصمیم‌گیری مدیریت زراعت چوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

رگرسیون فازی

رگرسیون کلاسیک مبتنی بر فروضی است که در دنیای واقعی مکرراً نقض می‌شود. یکی از این فروض عدم تورش تصریح بابت صحت داده‌های مورداستفاده است. به همین دلیل این الگوریتم برای شرایط نامطمئن مناسب نیست. یکی از جایگزین‌ها استفاده از رگرسیون فازی (مبهم و غیردقیق) است. در رگرسیون کلاسیک برای برآورد پارامترهای مدل از روش حداقل مربعات (Least Square) استفاده می‌شود. اما در رگرسیون فازی روش‌های جایگزین دیگری مانند برنامه‌ریزی خطی برای حداقل سازی دامنه فازی وجود دارد. سه حالت رگرسیون فازی عبارت است از

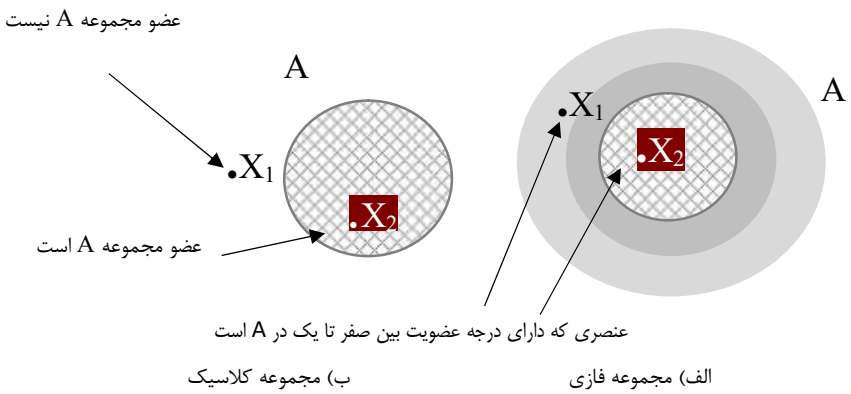
رگرسیون فازی با ضرایب فازی: صرفاً ضرایب معادله رگرسیون فازی (مبهم و نادقیق) هستند.

رگرسیون فازی با داده فازی: صرفاً مقدار متغیرها فازی (مبهم و نادقیق) هستند.

رگرسیون فازی حداقل مربعات: در شرایطی که هم متغیرها و هم ضرایب معادله رگرسیونی فازی (مبهم و نادقیق) هستند.

الگوی مورداستفاده در این مقاله حالت دوم را دربر گرفته است. رگرسیون فازی با داده‌های فازی زمانی کاربرد دارد که متغیرها و مشاهدات ما نادقیق هستند اما ضرایب دقیق باشد. فازی کردن رگرسیون در این مطالعه، ابتدا برای تابع رشد درخت مورداستفاده قرار گرفت. داده ورودی سن درخت و داده خروجی حجم چوب می‌باشد. میزان حجم چوب در سنین مختلف فازی گردیده است.

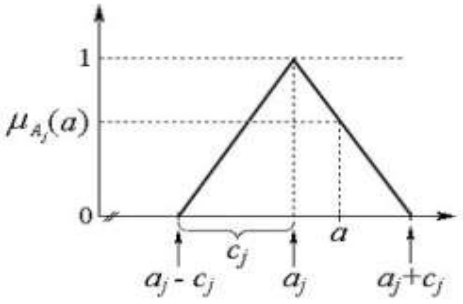
مفهوم مجموعه‌های فازی و استدلال تقریبی برای اولین بار توسط پروفسور لطفی‌زاده در دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۵ معرفی شد. این مفهوم در بسیاری از زمینه های مختلف علوم به‌ویژه در مهندسی مورداستفاده قرار گرفت. این نظریه شاخه‌ای از نظریه مجموعه‌ها است که برای نمایش اطلاعات و روابط نادقیق مفید است زیرا نظریه فازی می‌تواند نوعی عدم قطعیت را نشان دهد [۳۴، ۳۵]. تفاوت اصلی بین رگرسیون کلاسیک و رگرسیون فازی در غیردقیق بودن داده‌ها یا پارامترها است. مطابق شکل یک، داده‌ها در حالت کلاسیک قطعاً یا متعلق به مجموعه A هستند یا خیر؛ اما در حالت فازی نمی‌توان نظر قطعی داد.



شکل ۱. نمایش مجموعه فازی و مجموعه کلاسیک[۳۶]

پس از بهبود تئوری مجموعه‌های فازی، در بسیاری از حوزه‌های تحقیقاتی مانند: اعتبارسنجی، کنترل کیفیت، اقتصاد سنجی، کاربردهای مهندسی و غیره کاربردهای موفقی نشان داده است. نقطه مشترک این حوزه‌های مختلف حضور داده‌ها و روابط غیردقیق و مبهم (فازی) است. در سال‌های اخیر، انواع مدل‌های رگرسیون فازی برای بازیابی تحلیل رگرسیون ساخته‌شده‌اند. این مدل‌ها را می‌توان به‌طور تقریبی در سه گروه، روش‌های برنامه‌ریزی خطی (LP)[1]، تکنیک‌های چندهدفه (MO)[2] و روش‌های حداقل مربعات (LS)[3] دسته‌بندی کرد. در این مطالعه از تکنیک حداقل مربعات استفاده می‌شود. شکل کلی مدل به‌صورت زیر است [۲۶]:

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \tilde{A}_2 X_2 + \ldots + \tilde{A}_K X_K + \varepsilon \qquad (۱)$$



شکل ۲. پارامترهای فازی متقارن

[1] Linear Programming (LP)
[2] Multiple Objective (MO)
[3] Least Square (LS)

که در آن $\tilde{Y}$ خروجی فازی است، $\tilde{A}_i$ ضرایب (پارامترهای) فازی، x_n یک بردار ورودی غیر فازی n بعدی است. ب انواع متنوعی از اعداد فازی با و ویژگی‌های متفاوت بکار گرفته‌شده است. اما یک اصل مهم در به‌کارگیری تئوری فازی کارایی محاسباتی آن است. کار کردن با بسیاری از اعداد فازی دشواری‌هdای زیادی دارد. Dubois and Prade (۱۹۸۰) برای رفع این مشکل اعداد فازی «راست و چپ » موسوم به اعداد LR را معرفی کردند[37]. بعدها نیز عددهای فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای معرفی شدند که کارایی محاسباتی بالایی دارند. در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی (TFN)[4]استفاده گردید که در آن برای هر متغیر حد بالا (خوش‌بینانه)، حد پایین (بدبینانه)، و محتمل‌ترین حالت که در صورت نداشتن چولگی میانگین دو حد قبلی است. در نتیجه، ضرایب دارای یک تابع عضویت (MF)[5]هستند. ویژگی مهم TFN میزان گستره چپ و راست میانگین (محتمل‌ترین حالت) می‌باشد. هنگامی‌که دو گستره برابر باشند، به TFN متقارن (STFN) و اگر این طیف نابرابر باشد به TFN نامتقارن (ATFN) شناخته می‌شود. در این مطالعه از (STFN) استفاده شده‌است.

تابع هدف برای برآورد پارامترهای فازی در (STFN) به‌صورت زیر است:

$$\mu_{A_j}(\alpha) = max\left\{1 - \frac{a-a_j}{c_j}, 0\right\} \qquad (۲)$$

که در آن aj حالت و cj گستره است و همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده‌شده است. برآورد پارامترها به صورت زیر انجام می‌گیرد:

$$\tilde{A}_j = (a_j, c_j)_L = \{\tilde{A}_j : a_j - c_j < \tilde{A}_j \leq a_j + c_j\}_L, \quad j = 0,1,2,\dots,K \qquad (۳)$$

با اینکه علاوه بر پارامترها، ورودی‌ها (xi) هم می‌توانند فازی باشند، در این مطالعه تنها پارامترهای رشد درخت را فازی در نظر گرفته‌شده است. با محدود کردن توجه به حالتی که فقط پارامترها فازی هستند، می‌توان نوشت:

$$\tilde{Y}_i = \tilde{A}_0 \oplus \sum_{j=1}^{K} \tilde{A}_j x_{ij} = (a_0 c_0)_L \oplus \sum_{j=1}^{K} (a_j, c_j)_L x_{ij} \qquad (۴)$$

مدل فاستمن

در نظر گرفتن جنگل به‌عنوان سرمایه و استفاده از نظریات بهینه‌سازی سرمایه اولین بار در سال ۱۸۴۹ توسط مارتین فاستمن ارائه شد. یکی از ویژگی‌های سرمایه جنگل که آن را از سرمایه فیزیکی جدا می‌کند این است که ماشین تولید و تولید یکی است. محصول اصلی درخت چوب است که در اثر رویش درخت به دست می‌آید و چوب چیزی جز پیکره درخت نیست. بنابراین علاوه بر هزینه‌های کاشت و نگهداری، هزینه فرصت ازدست‌رفته آینده به‌واسطه قطع درخت در زمان حال برش در تصمیم‌گیری مؤثر است. از طرف دیگر تولید چوب توسط درخت با توجه به تابع رشد بیولوژیکی آن و در طول زمان ممکن است. تابع رشد درخت، تحت تأثیر خصوصیات بیولوژیکی و شرایط محیطی است که می‌توان با سرمایه‌گذاری و مطلوب کردن شرایط، سرعت آن را بهبود داد. تصمیم گیری در مورد اقتصادی‌ترین زمان قطع کردن درخت، به‌معنای حل مسئله حداکثر سازی مدل فاستمن است و این مسئله توسط Ohlin در سال ۱۹۲۱ حل شد تا به قضیه فاستمن–اولین تبدیل شود [38].

$$Y_T = f(T, W_0, W_1, W_2 \dots W_T; X_0, X_1, X_2 \dots X_T) \qquad (۵)$$

[4] Triangular fuzzy number (TFN)

[5] Membership function (MF)

که در آن YT حجم چوب درخت در زمان T، T عمر درخت، Wt (t=1, 2,..., T) عوامل محیطی مانند بارندگی، دما و... در دوره عمر درخت، Xt (t=1, 2,.., T) متغیرهای مدیریتی مانند هرس و کلیه مراقبت‌های زارع در دوره عمر درخت می‌باشد. زمان بهینه برش در این مدل برای دو حالت: یک دوره‌ای و پایدار، قابل حل است. در حالت یک دوره‌ای، هزینه فرصت چرخه بعدی کشت در نظر گرفته نمی‌شود. در حالت پایدار زراعت دائمی است و بعد از هر برداشت، چرخه کاشت و نگهداری دوره بعد اتفاق می‌افتد. در این مطالعه حالت هر دو حالت یک دوره‌ایی و پایدار در نظر گرفته‌شده است. علاوه بر این تنها هزینه فرصت زمین (رانت) به مدل اضافه شده‌است. فعالیت تا زمانی اقتصادی است که درآمد دوره بیشتر از هزینه فرصت زمین باشد. در این الگو اقتصادی‌ترین زمان برش، زمانی است که منافع اضافه شده به ارزش محصول چوب برابر هزینه فرصت زمین آن باشد. در نظر گرفتن زمین به عنوان تنها هزینه به دلیل ارزش بالای آن در مازندران است. برای ساده سازی مدل، دو فرض زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- عدم‌تغییر شرایط اقلیمی مؤثر بر رشد درخت (حذف متغیرهای Wt) و ثابت در نظر گرفتن توانایی مدیریت (حذف متغیرهای Xt)، این فرض گرچه در بلندمدت اعتبار ندارد اما جهت ساده کردن الگو و کاهش متغیرهای نامطمئن از یکسو و از سوی دیگر غیرقابل مدیریت بودن آن چنین فرضی در نظر گرفته شد. مسلماً در مطالعات بعدی می‌توان با نقض این فرض پیش‌بینی واقعی‌تری انجام داد.

۲- در نظر نگرفتن نوسانات فصلی، سیکلی و غیر منتظره.

با توجه به فروض فوق، مدل فاستمن برای ارزش حال انتظاری از بهره برداری پایدار از زمین برای زراعت صنوبر به‌صورت تابع (۶) خواهد شد:

$$NPV = E_0\left\{\left[P_T Y_T e^{-rT} - \sum_{t=1}^{T} R_t e^{-rt}\right]_0 + \left[P_{2T} Y_T e^{-2rT} - \sum_{t=T+1}^{2T} R_t e^{-rt}\right] + \dots\right\} \qquad (۶)$$

در این تابع زیر، YT مقدار حجم چوب در هر هکتار در زمان T، E0 مقدار انتظاری، r نرخ بهره، PT قیمت هر مترمکعب چوب در زمان T، Rt اجاره (رانت) هر هکتار زمین می‌باشد. با توجه به نوسانات قیمت در بازار، ثابت در نظر گرفتن قیمت‌ها، فرض غیر واقعی خواهد بود. از طرف دیگر با توجه به افق برنامه‌ریزی بلندمدت در این مطالعه و با استفاده از فرض دوم تحقیق، روند ثابت بلند مدت به تفکیک برای قیمت چوب و زمین در نظر گرفته شد. اگر رشد قیمت هر مترمکعب چوب g1 و رشد اجاره زمین g2 باشد:

$$P_T = P_0(1+g_1)^T \approx P_0 e^{-Tg_1} \qquad (۷)$$

$$R_t = R_0(1+g_2)^t \approx R_0 e^{-tg_2}$$

با جایگزینی روابط (۷) در تابع (۶):

$$NPV = E_0\left\{\left[P_0 e^{-Tg_1} Y_T e^{-rT} - \sum_{t=1}^{T} R_0 e^{-tg_2} e^{-rt}\right]_0 + \left[P_0 e^{-2Tg_1} Y_T e^{-2rT} - \sum_{t=T+1}^{2T} R_0 e^{-tg_2} e^{-rt}\right]_0 + \dots\right\} \qquad (۸)$$

از خواص جبری برای ساده سازی تابع (۸) استفاده می‌شود:

$$NPV = E_0\left\{\left[e^{-T(r+g_1)} + e^{-2T(r+g_1)} + \dots\right][P_0 Y_T] - \sum_{t=1}^{\infty} R_0 e^{-t(r+g_2)}\right\} \quad (۹)$$

با در نظر گرفتن اندازه کوچک هرسال در افق بی‌نهایت زمانی، می‌توان از تقریب پیوسته بودن واحدهای سال استفاده کرد:

$$NPV = E_0\left\{\left[\frac{e^{-T(r+g_1)}}{1-e^{-T(r+g_1)}}\right][P_0 Y_T] - \int_{T=1}^{\infty}\left[\int_{t=1}^{T}\left[R_0 e^{-t(r+g_2)}\right]dt\right]dT\right\} \quad (۱۰)$$

در سمت چپ تابع (۱۰) ارزش حال انتظاری دو بخش وجود دارد: بخش اول، ارزش حال انتظاری درآمد حاصل از فروش چوب صنوبر در افق بی‌نهایت و سیکل T محاسبه می‌شود. در بخش دوم، هزینه مستمر فرصت استفاده از زمین تحت زراعت قرار دارد. این بخش خود به دو جزء تبدیل شده‌است. جز داخلی مربوط به تجمیع هزینه مزبور برای یک سیکل و جزء دوم مربوط به استمرار (تجمیع) هزینه برای سیکل‌های متوالی است. اکنون می‌توان مسئله بهینه کردن زمان برش (سیکل بهینه برداشت درخت) با حداکثر سازی تابع (۱۰) به‌دست آورد:

$$\partial NPV/\partial T = \frac{e^{-T(r+g_1)}(r+g_1)}{(1-e^{-T(r+g_1)})^2}[P_0(\partial Y_T/\partial T)] - R_0 e^{-T(r+g_2)} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{e^{-T(r+g_1)}(r+g_1)}{(1-e^{-T(r+g_1)})^2}[P_0(\partial Y_T/\partial T)] = R_0 e^{-T(r+g_2)} \quad (۱۱)$$

$$\Rightarrow e^{-T(r+g_1)}(r+g_1)[P_0(\partial Y_T/\partial T)] = R_0 e^{-T(r+g_2)}\left(1-e^{-T(r+g_1)}\right)^2$$

برای ساده‌سازی، طرفین را بر $e^{-T(r+g_2)}$ تقسیم کرده تا بخش نمایی حذف شود:

$$\Rightarrow e^{-T(g_1-g_2)}(r+g_1)P_0(\partial Y_T/\partial T) = R_0\left(1-e^{-T(r+g_1)}\right)^2 \quad (۱۲)$$

فرض کنیم $x = e^{-T(r+g_1)}$ باشد در این صورت $T = -\frac{lnx}{(r+g_1)}$ خواهد بود لذا:

$$x\left(\frac{r+g_1}{1-x}\right)^2 P_0(\partial Y_T/\partial T) = R_0 x^{\frac{g_1-g_2}{r+g_1}} \quad (۱۳)$$

$(\partial Y_T/\partial T)$ رشد سرمایه سرپا در هکتار (رشد درختان) است. در این تعادل برای تعیین اقتصادی‌ترین زمان برای قطع درختان، نیاز به پیش‌بینی رشد درخت، نرخ‌های بهره، رشد قیمت‌ها و هزینه‌ها (عمدتاً هزینه فرصت زمین)، می‌باشد. در هیچ‌کدام از این چهار متغیر قطعیت وجود ندارد. در این مطالعه، تابع تولید چوب به صورت رگرسیون فازی بین کمترین (بدبینانه‌ترین) تا بیشترین (خوش‌بینانه‌ترین حالت برگرفته از مطالعه Mohammadi Limaei و همکاران، (۲۰۱۳)) استفاده می‌شود [39]. نرخ بهره در دامنه بین نرخ بهره حمایتی

تسهیلات بانکی (۱۸٪) تا حدود نرخ تورم (۴۰٪) سناریوسازی شده و هر بار نتایج گزارش می‌شود. دو نرخ افزایش قیمت و هزینه نیز در سه حالت زیر بررسی خواهد شد:

الف) $g_1 - g_2 - 0$ یعنی اصلاً رشد قیمت اتفاق نیفتد؛

ب) $g_1 = g_2 \neq 0$ رشد قیمت اتفاق بیفتد ولی رشد قیمت در هر دو بخش هزینه و درآمد یکسان باشد؛

ج) $g_1 < g_2$ قیمت چوب کندتر از هزینه فرصت زراعت چوب افزایش یابد.

مسلماً حالت چهارم که در آن نرخ قیمت چوب سریع تر از هزینه فرصت زراعت چوب افزایش یابد ($g_1 > g_2$) حالت جذاب‌تر شدن زراعت صنوبر خواهد بود و توسعه این فعالیت را به دنبال خواهد داشت. چون این حالت نگرانی برای این فعالیت محسوب نمی‌شود از طیف این مطالعه حذف گردید.

معیار ارزیابی اقتصادی

معیارهای مختلفی برای تعیین زمان مناسب بهره برداری وجود دارد. در این میان می‌توان به معیارهای حداکثر تولید کل حداکثر تولید کل سالانه سود خالص فعلی اشاره کرد. معیار ارزش حال سود خالص نسبت به دیگر معیارها به فعالان این بخش برای انتخاب گونه‌ای مناسب و تعیین سن بهره‌برداری بهینه بهتر کمک می‌کند این معیار مبتنی بر محاسبه سود خالص فعلی شده در یک دوره زمانی است [۳۹]. ارزش حال سود خالص در واقع قیمت اقتصادی یک پروژه را نشان‌می‌دهد. سرمایه گذار با مقایسه این معیار بین گزینه‌های انتخاب خود، گزینه سودمندتر را مشخص می‌کند.

داده‌های تحقیق از طریق پیش‌بینی الگوهای برآورد شده از مطالعه Mohammadi Limaei و همکاران (۲۰۱۳) به دست آمد [39]. در مطالعه مزبور از داده‌های طرح‌های تحقیقاتی انجام‌شده طی یک دوره ۱۰ ساله استفاده شده بود. داده‌های طرح در هفت کلن مورداستفاده قرار گرفت. در مطالعه حاضر از نتایج برآورد الگو برای کلن‌های مختلف، سه داده رویش در کمترین، بیشترین و میانگین جهت تخمین رگرسیون فازی استفاده گردد. برای پیش‌بینی قیمت چوب، روش تجزیه قیمت (اجزای روند، سیکلی و تصادفی) به کار رفت. داده‌های قیمت چوب از سری زمانی قیمت چوب صنوبر در مزرعه و با حذف نوسانات فصلی و نامنظم به دست آمد. هزینه فرصت زمین برابر میانگین سود خالص یک هکتار مزرعه برنج پر محصول در استان مازندران مستخرج از سازمان جهاد کشاورزی استان در نظر گرفته شد. حداقل نرخ بهره در این مطالعه برابر ۱۲ درصد است که معادل نرخ بهره تسهیلات حمایتی دولت برای توسعه زراعت چوب می باشد.

نتایج و بحث

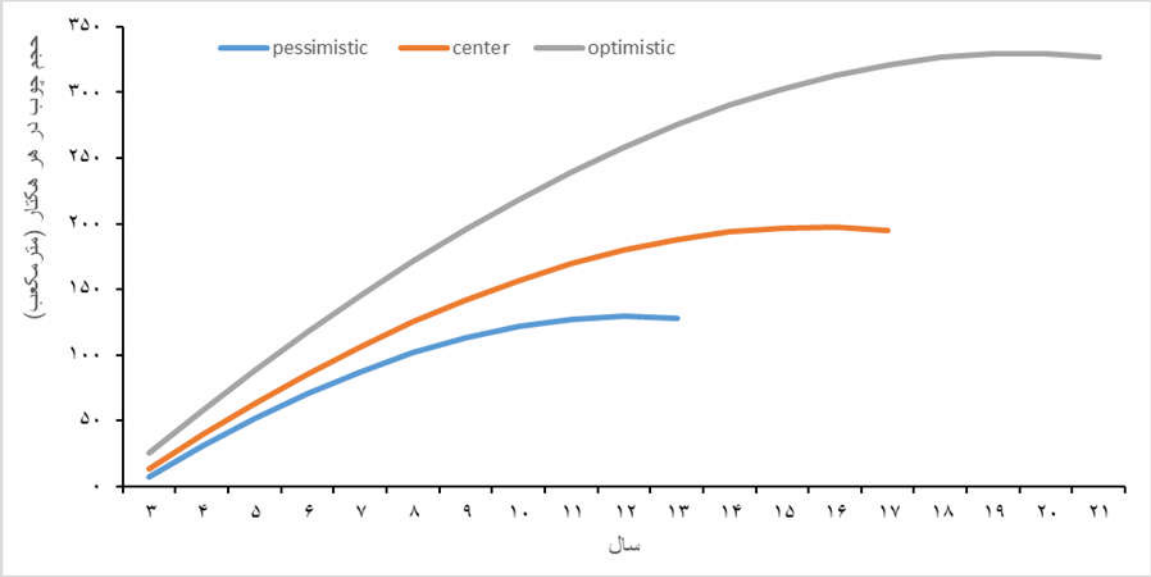
گرچه در مدل فاستمن، تأکید بر شکل تبعی تابع وجود نداشته و محقق می‌تواند بر اساس آماره‌ها و معیارهای تصریح یک مدل خوب، فرم تبعی را انتخاب کند؛ اما در بین انواع فرم‌های تبعی، فرم درجه سه به دلیل مشابهت با تابع بیولوژیکی نتایج قابل‌تفسیر بهتری را فراهم می‌کند. در این تحقیق نیز از همین فرم استفاده شده است. در جدول (۱) نتایج تخمین ارائه شده‌است. در سطر اول جدول مدل برای کمترین داده‌ها و در سطر آخر، مدل بر اساس بیشترین داده‌ها برازش شده است. در سطر میانی، از داده‌های متوسط که با فرض نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌های حجم چوب در سنین مختلف، نشانگر میانه و مد (محتمل‌ترین حالت) نیز می‌باشد.

جدول ۱. نتایج تخمین رگرسیون فازی

توابع	معادله	سن حداکثر چوب
حد پایین حجم چوب در هکتار	Y_t= -73.09 + 28.99*T –0.66*T^2 –0.03*T^3	۱۲
حد متوسط حجم چوب در هکتار	Y_t=-71.2 + 29.87*T – 0.517*T^2 –0.02*T^3	۱۵
حد بالا حجم چوب در هکتار	Y_t=-78.36 + 36.05*T – 0.49*T^2 – ۰/۰۱*T^3	۱۹

مأخذ: نتایج مطالعه

شکل (۳)، تابع حجم چوب صنوبر در سنین مختلف با استفاده از رگرسیون فازی در سه حالت بدبینانه، خوش‌بینانه و میانگین نشان‌می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین حجم چوب در حالت بدبینانه، در هر هکتار ۱۲۹/۳ مترمکعب در سن ۱۲ سالگی، در حالت میانگین ۱۹۷ مترمکعب در سن ۱۶ سالگی و در حالت خوش‌بینانه ۳۲۹/۸ مترمکعب در سن ۲۰ سالگی اتفاق می‌افتد.



شکل ۳. تابع رشد صنوبر با استفاده از رگرسیون فازی در سه حالت بدبینانه، خوش‌بینانه و میانگین

مأخذ: نتایج مطالعه

در مازندران و گیلان، مهم‌ترین رقیب زراعت صنوبر (هزینه فرصت زمین) برنج‌کاری است. در سال ۱۴۰۳ سود خالص هر هکتار مزرعه برنج ۲۰۰ میلیون تومان برآورد گردید.[6] با توجه به عرف منطقه، نیمی از آن سهم زمین و مالک آن می‌باشد. با این وجود با توجه به متفاوت بودن کیفیت اراضی برنج و عملکرد متفاوت آن، اجاره هر هکتار بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون تومان در هر هکتار انجام گرفت تا اراضی کم حاصلخیزتر را شامل شود.

الف) $g_1 = g_2 = 0$ تمامی قیمت‌ها ثابت و رشد صفر باشد

در جدول (۲) سودآورترین زمان برش درختان به بهره ۱۲٪ به‌صورت یک دوره‌ای و دائمی به تفکیک اجاره زمین (هزینه فرصت زراعت چوب) ارائه شده‌است. در زراعت یک باره صنوبر، سه حالت حد پایین، که نشان‌دهنده بدترین شرایط برای فعالیت صنوبرکاری است اعم از کمترین رشد چوب و کمترین قیمت پیش‌بینی شده می‌باشد؛ حد بالا که نشان‌دهنده بهترین شرایط برای فعالیت صنوبرکاری است اعم از بیشترین رشد چوب و بیشترین قیمت پیش‌بینی شده می‌باشد؛ و حد وسط که نشان از محتمل‌ترین حالت است محاسبه و گزارش شده‌است. ستون میانگین، با دو فاز کردن داده‌های سه حالت قبلی به‌دست‌آمده است. دو ستون آخر بیانگر ارزش حال سود برای فعالیت صنوبرکاری است که در آن بعد از هر برش، کاشت نهال و پرورش صنوبر برای دوره بعدی اتفاق می‌افتد. عمر بهینه در این حالت علاوه بر هزینه فرصت زمین که به‌صورت متراکم محاسبه در زراعت یک دوره‌ای نیز وجود دارد، هزینه فرصت ناشی از تعویق کشت برای سیکل بعدی نیز وجود داشته و این هزینه اضافی موجب تعجیل در برش درخت می‌شود. نتایج نشان‌می‌دهد کیفیت اراضی بر زمان اقتصادی برش درختان تأثیر نداشته و همواره در بهره‌برداری یک دوره‌ای ۷ سال و در بهره‌برداری دائمی ۶ سال است. اما ارزش حال سود مطابق انتظار در اراضی کم‌ارزش‌تر به دلیل هزینه فرصت پایین‌تر، بیشتر از اراضی مرغوب‌تر است.

[6] https://asha-agri.com/.

جدول ۲. عمر اقتصادی (سال) و ارزش حال سود (میلیون تومان) برای زراعت یک دوره‌ای و دائمی به تفکیک سطوح مختلف رانت در حالت بدون افزایش قیمت‌ها

نوع بهره‌برداری	یک دوره‌ای								دائمی	
	پایین		وسط		بالا		میانگین	کل		
اجاره زمین (میلیون تومان)	T*	NPW	T*	NPW	T*	NPW	NPW	T*	NPW	T*
۱۰	۷	۵۵۹	۷	۶۸۸	۷	۹۵۷	۷۱۱	۶	۱۳۱۱	۶
۱۵	۷	۵۳۷	۷	۶۶۶	۷	۹۳۵	۶۸۹	۶	۱۲۷۰	۶
۲۰	۷	۵۱۴	۷	۶۴۴	۷	۹۱۲	۶۶۷	۶	۱۲۲۹	۶
۲۵	۷	۴۹۲	۷	۶۲۱	۷	۸۹۰	۶۴۴	۶	۱۱۸۸	۶
۳۰	۷	۴۷۰	۷	۵۹۹	۷	۸۶۸	۶۲۲	۶	۱۱۴۸	۶
۳۵	۷	۴۴۸	۷	۵۷۷	۷	۸۴۵	۶۰۰	۶	۱۱۰۷	۶
۴۰	۷	۴۲۵	۷	۵۵۵	۷	۸۲۳	۵۷۸	۶	۱۰۶۶	۶
۴۵	۷	۴۰۳	۷	۵۳۲	۷	۸۰۱	۵۵۵	۶	۱۰۲۵	۶
۵۰	۷	۳۸۱	۷	۵۱۰	۷	۷۷۹	۵۳۳	۶	۹۸۴	۶
۵۵	۷	۳۵۸	۷	۴۸۸	۷	۷۵۶	۵۱۱	۶	۹۴۴	۶
۶۰	۷	۳۳۶	۷	۴۶۵	۷	۷۳۴	۴۸۸	۶	۹۰۳	۶
۶۵	۷	۳۱۳	۷	۴۴۳	۷	۷۱۲	۴۶۶	۶	۸۶۲	۶
۷۰	۷	۲۹۲	۷	۴۲۱	۷	۶۸۹	۴۴۴	۶	۸۲۱	۶
۷۵	۷	۲۶۹	۷	۳۹۹	۷	۶۶۷	۴۲۲	۶	۷۸۰	۶
۸۰	۷	۲۴۷	۷	۳۷۶	۷	۶۴۵	۳۹۹	۶	۷۴۰	۶
۸۵	۷	۲۲۵	۷	۳۵۴	۷	۶۲۳	۳۷۷	۶	۶۹۹	۶
۹۰	۷	۲۰۲	۷	۳۳۲	۷	۶۰۰	۳۵۵	۶	۶۵۸	۶
۹۵	۷	۱۸۰	۷	۳۰۹	۷	۵۷۸	۳۳۲	۶	۶۱۷	۶
۱۰۰	۷	۱۵۸	۷	۲۸۷	۷	۵۵۶	۳۱۰	۶	۵۷۶	۶

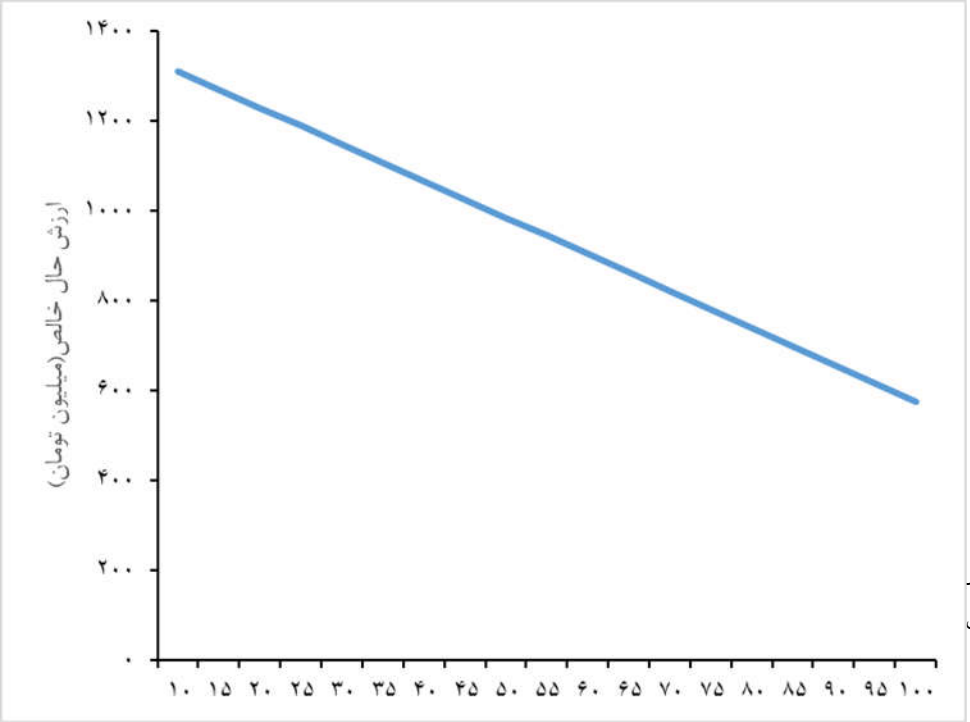
مأخذ: نتایج مطالعه

از آنجا که بازه رشد درختان بدون در نظر گرفتن کیفیت حاصلخیزی برای تمام اراضی یکسان در نظر گرفته شد، بنابراین تفاوت در اجاره اراضی (رانت اراضی) نه به خاطر حاصلخیزی بلکه بر اساس موقعیت مکانی زمین (رانت فون‌تانن[7]) می‌باشد. به عبارت دیگر، اراضی با اجاره کمتر نشان از دور از دسترس بودن زمان و اجاره بیشتر نشان از دسترسی بیشتر و رقابت بیشتر بین انواع کاربری اراضی است.

در این جدول هزینه فرصت سرمایه (نرخ بهره) تنها ۱۲٪ در نظر گرفته شد که موجب شده‌است اولاً دوره بهره برداری بین مدیریت یک دوره‌ای و مستمر تفاوت زیادی نداشته باشد و از طرف دیگر زراعت صنوبر حتی در اراضی با رانت بالا هم اقتصادی به نظر برسد. البته در عمل با توجه به هزینه پایین تأمین مالی، امکان انحراف در تسهیلات حمایتی نیز وجود خواهد داشت.

مطابق شکل (۴) رابطه بین ارزش حال سود و اجاره زمین، خطی بوده و دارای شیب متوسط ۸/۲- است؛ به‌نحوی‌که به‌ازای هر یک میلیون تومان افزایش در اجاره زمین، ارزش حال سود آن حدود، ۸۲۰ هزار تومان کاهش خواهد یافت.

[7] von Thünen Rent



شکل ۴. رابطه بین اجاره زمین و ارزش حال سود (میلیون تومان) در حالت بدون افزایش قیمت‌ها

ب) رشد برابر در قیمت چوب و هزینه‌ها ($g_1 = g_2 \neq 0$)

این حالت در بلندمدت تا زمانی که تغییرات تکنولوژی در زراعت چوب یا تقاضای کاربری زمین (طرف عرضه) و تغییرات تقاضای چوب (طرف تقاضا) اتفاق نیفتد می‌تواند نتایج معتبری در کوتاه‌مدت به وجود آورد. سیاست‌های تجاری دولت گرچه در کوتاه‌مدت موجب تغییرات در بازار چوب می‌شود اما در بلندمدت این ارکان بازار هستند که تعیین کننده سود و الگوی کشت می‌شوند. در هر حال پس از پیش‌بینی قیمت چوب از طریق آنالیز نوسانات آن و دستیابی به روند بلندمدت، از همین روند برای افزایش هزینه فرصت زراعت چوب استفاده گردید. نتایج در جدول (۳)، که مشابه جدول (۲) است، برای حالت جدید تنظیم شده است. مقایسه دو جدول اخیر نشان‌می‌دهد، تنها در اراضی کم‌ارزش (رانت پایین) نتایج سودآورترین زمان برش درختان متفاوت است. برای اراضی با رانت فعلی ۲۰ میلیون تومان در هر هکتار و بالاتر، تفاوتی در زمان بهینه برش مشاهده نمی‌شود. یکی دیگر از تفاوت‌های دو جدول اخیر، تفاوت سن بهینه برای هر سطحی از رانت زمین بین برآوردهای خوش‌بینانه (حد بالا) و دو حد دیگر است. در برآورد خوش‌بینانه، سن برش طولانی‌تر از دو پیش‌بینی دیگر است. یکی دیگر از تفاوت‌های حالت «ب» تفاوت کم در بهترین زمان برش بین زراعت یک دوره‌ای و زراعت مستمر صنوبر می‌باشد. در اراضی که رانت سالانه هر هکتار آن بیش از ۲۰ میلیون تومان است، سن بهینه برش درختان در هر دو الگوی کشت، برابر ۷ سال خواهد بود.

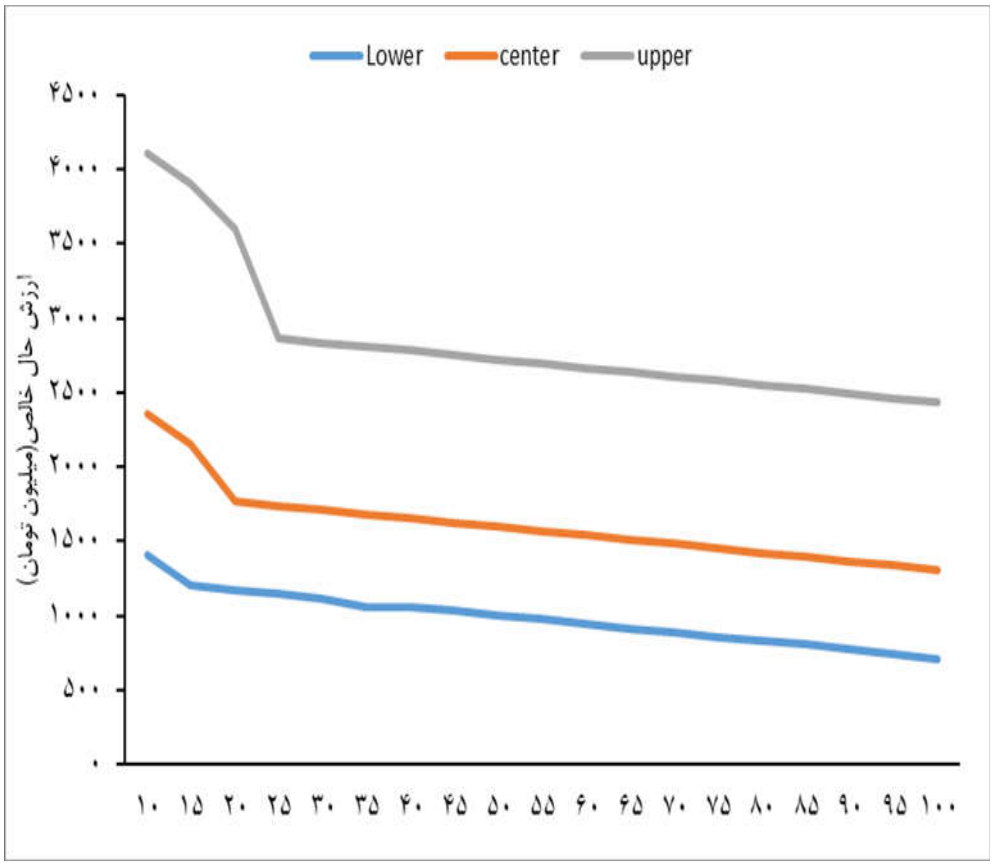
جدول ۳. عمر اقتصادی (سال) و ارزش حال سود (میلیون تومان) برای زراعت یک دوره‌ای و دائمی به تفکیک سطوح مختلف رانت در حالت رشد برابر قیمت‌ها

نوع بهره‌برداری	یک دوره‌ای								دائمی	
اجاره زمین (میلیون	پایین		وسط		بالا		میانگین		کل	
تومان)	T*	NPW	T*	NPW	T*	NPW	NPW	T*	NPW	T*
۱۰	۱۰	۱۴۰۳	۱۲	۲۳۵۵	۱۲	۴۱۹۰	۲۴۸۹	۹	۳۵۶۳	۹
۱۵	۷	۱۲۰۲	۱۱	۲۱۵۶	۱۲	۳۹۰۳	۲۲۸۸	۹	۳۳۱۹	۹
۲۰	۷	۱۱۷۲	۷	۱۷۶۸	۱۲	۳۶۰۴	۱۹۷۵	۷	۳۳۹۰	۷
۲۵	۷	۱۱۴۵	۷	۱۷۴۱	۷	۲۸۶۸	۱۸۳۰	۷	۳۳۴۰	۷
۳۰	۷	۱۱۱۶	۷	۱۷۱۱	۷	۲۸۳۸	۱۸۰۰	۷	۳۲۸۶	۷
۳۵	۷	۱۰۶۲	۷	۱۶۸۱	۷	۲۸۰۸	۱۷۶۶	۷	۳۲۳۲	۷
۴۰	۷	۱۰۶۰	۷	۱۶۵۵	۷	۲۷۸۲	۱۷۴۴	۷	۳۱۸۵	۷
۴۵	۷	۱۰۳۰	۷	۱۶۲۵	۷	۲۷۵۲	۱۷۱۴	۷	۳۱۲۹	۷
۵۰	۷	۱۰۰۰	۷	۱۵۹۵	۷	۲۷۲۲	۱۶۸۴	۷	۳۰۷۵	۷
۵۵	۷	۹۷۵	۷	۱۵۷۰	۷	۲۶۹۷	۱۶۵۹	۷	۳۰۲۹	۷
۶۰	۷	۹۴۴	۷	۱۵۳۹	۷	۲۶۶۶	۱۶۲۸	۷	۲۹۷۳	۷
۶۵	۷	۹۱۴	۷	۱۵۰۹	۷	۲۶۳۵	۱۵۹۸	۷	۲۹۱۷	۷
۷۰	۷	۸۹۰	۷	۱۴۸۵	۷	۲۶۱۲	۱۵۷۴	۷	۲۸۷۳	۷
۷۵	۷	۸۵۸	۷	۱۴۵۴	۷	۲۵۸۰	۱۵۴۲	۷	۲۸۱۶	۷
۸۰	۷	۸۲۷	۷	۱۴۲۲	۷	۲۵۵۰	۱۵۱۲	۷	۲۷۶۰	۷
۸۵	۷	۸۰۵	۷	۱۴۰۰	۷	۲۵۲۷	۱۴۸۹	۷	۲۷۱۸	۷
۹۰	۷	۷۷۳	۷	۱۳۶۸	۷	۲۴۹۵	۱۴۵۷	۷	۲۶۶۰	۷
۹۵	۷	۷۴۱	۷	۱۳۳۷	۷	۲۴۶۳	۱۴۲۵	۷	۲۶۰۲	۷
۱۰۰	۷	۷۱۲	۷	۱۳۰۸	۷	۲۴۳۵	۱۳۹۷	۷	۲۵۵۰	۷

مأخذ: نتایج مطالعه

سایر نتایج جدول (۳) مشابه با جدول (۲) است؛ اینکه با افزایش رانت اراضی، ارزش حال سود زراعت کاهش می‌یابد. علاوه بر این با افزایش رانت زمین (سطرهای انتهایی جدول ۳) نسبت به اراضی کم ارزش‌تر، تفاوت بین زراعت یک دوره‌ای و زراعت مستمر صنوبر کاهش می‌یابد. بنابراین، می‌توان انتظار داشت در ادامه این روند، مسئله بهینه کردن سن برش در دو حالت کشت فوق بیشتر برای اراضی کم‌ارزش‌تر اهمیت دارد.

شکل (۵) رابطه بین اجاره زمین و ارزش حال سود (میلیون تومان) در هر هکتار صنوبرکاری را نشان‌می‌دهد. مطابق شکل در زمین‌های کم‌ارزش شکستگی وجود دارد. این شکستگی در برآوردهای خوش‌بینانه (حد بالای پیش‌بینی) بیشتر قابل مشاهده است.



شکل ۵. رابطه بین اجاره زمین و ارزش حال سود (میلیون تومان) در حالت رشد برابر قیمت‌ها

مأخذ: نتایج مطالعه

ج) قیمت چوب کندتر از هزینه فرصت زراعت چوب افزایش یابد ($g_1 < g_2$)

این حالت پیچیده‌ترین حالت را نشان‌می‌دهد. در این حالت، تعداد متغیرهای مؤثر بر سن برش بهینه و ارزش حال منافع فعالیت بیشتر از سایر حالت‌ها است. علاوه بر رشد درخت، و قیمت که به‌صورت فازی بین بدترین حالت و بهترین حالت وارد الگو شد، نرخ بهره، نرخ رشد قیمت چوب و نرخ رشد هزینه فرصت نیز نامشخص و تصادفی خواهد بود. برای بررسی این حالت رشد قیمت هر مترمکعب چوب، همانند حالت دوم از آنالیز نوسانات قیمت هر مترمکعب چوب صنوبر سر مزرعه استفاده گردید. برای نرخ رشد هزینه فرصت، سه وضعیت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد رشد سریع‌تر از قیمت چوب بررسی شد (g_1 g_2=۱/۱ ، g_1 g_2=۱/۲ و g_1 g_2=۱/۳). علاوه بر این محاسبات برای پنج نرخ تنزیل (۲۰٪، ۲۵٪، ۳۰٪، ۳۵٪ و ۴۰٪) تکرار شد. نتایج این حالت در جدول (۴) خلاصه شده‌است. برای تحلیل دقیق‌تر در این حالت، کرانه توسعه[۸]صنوبرکاری و ارزش اقتصادی زمین[۹]در کرانه توسعه محاسبه شده‌است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، چنانچه نرخ تنزیل ۲۰٪ و رشد هزینه فرصت سرمایه ۱۰٪ بیشتر از نرخ رشد قیمت چوب باشد، بیشترین توسعه زراعت چوب اتفاق خواهد افتاد، به‌نحوی‌که اراضی با اجاره ۶۵۰ میلیون تومان و قیمت اقتصادی هر هکتار ۳۲۵۰ میلیون تومان می‌توان به‌صورت اقتصادی فعالیت صنوبرکاری را انجام داد. در مقابل کمترین توسعه زمانی اتفاق می‌افتد که نرخ تنزیل ۴۰٪ و رشد رانت (اجاره) سالانه آن ۳۰٪ بیشتر از رشد قیمت چوب باشد. در این

[۸] کرانه توسعه آخرین زمینی است که برای فعالیت خاص می‌توان در نظر گرفت. ارزش حال منافع صنوبرکاری در کرانه توسعه صفر است. مسلما در ورای کرانه توسعه، صنوبرکاری مقرون به صرفه نخواهد بود.

[۹] در اقتصاد مهندسی ارزش اقتصادی یک دارایی با عمر نامحدود مانند زمین از تقسیم میانگین درآمد هر دوره بر نرخ تنزیل بدست می‌آید. در این مطالعه از همین روش ارزش اقتصادی زمین محاسبه شده است.

وضعیت تنها اراضی که رانت سالانه آن‌ها در حال حاضر حدود ۱۶۰ میلیون تومان و ارزش اقتصادی آن ۴۰۰ میلیون تومان است و پایین‌تر قابل زراعت صنوبر خواهد بود. مقایسه حساسیت بین افزایش نرخ بهره و نرخ رشد نسبی قیمت‌ها بر کرانه توسعه نشان‌می‌دهد اثر نرخ تنزیل بیشتر است. در دو ستون انتهایی جدول (۴) کشش متوسط رانت در کرانه توسعه نسبت به یک درصد تغییر در رشد نسبی قیمت‌ها و نرخ تنزیل را در هر سطح از نرخ بهره نشان‌می‌دهد، تأثیر نرخ بهره بر محدودیت توسعه زراعت چوب به‌خصوص در نرخ‌های بهره بالا تا سه برابر رشد نسبی قیمت‌ها است. البته در نرخ‌های تنزیل پایین این تفاوت کمتر مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده نرخ بهره مؤثرترین فاکتور برای توسعه یا محدودکردن صنوبرکاری می‌باشد.

جدول ۴. کرانه توسعه و ارزش اقتصادی اراضی کرانه توسعه (میلیون تومان) برای زراعت دائمی به تفکیک سطوح مختلف نرخ تنزیل در حالت رشد نابرابر قیمت‌ها

نرخ بهره (تنزیل)	g_2/g_1	کرانه توسعه (اجاره میلیون تومان)	ارزش اقتصادی زمین (میلیون تومان)	متوسط کشش کرانه توسعه نسبت به افزایش رشد هزینه فرصت (٪)	متوسط کشش کرانه توسعه نسبت به افزایش نرخ تنزیل (٪)
%۲۰	۱/۱	۶۵۰	۳۲۵۰		
	۱/۲	۶۳۰	۳۱۵۰	-۰/۶۷	-
	۱/۳	۵۷۰	۲۸۵۰		
%۲۵	۱/۱	۵۰۰	۲۰۰۰		
	۱/۲	۴۷۰	۱۸۸۰	-۰/۷۷	-۰/۹۷
	۱/۳	۴۳۰	۱۷۲۰		
%۳۰	۱/۱	۳۹۰	۱۳۰۰		
	۱/۲	۳۶۰	۱۲۰۰	-۰/۸۵	-۱/۱۴
	۱/۳	۳۳۰	۱۱۰۰		
%۳۵	۱/۱	۲۹۰	۸۲۹		
	۱/۲	۲۶۰	۷۴۳	-۰/۹۵	-۱/۶۱
	۱/۳	۲۴۰	۶۸۶		
%۴۰	۱/۱	۱۸۵	۴۶۲		
	۱/۲	۱۷۱	۴۲۷	-۰/۷۴	-۲/۴۳
	۱/۳	۱۶۰	۴۰۰		

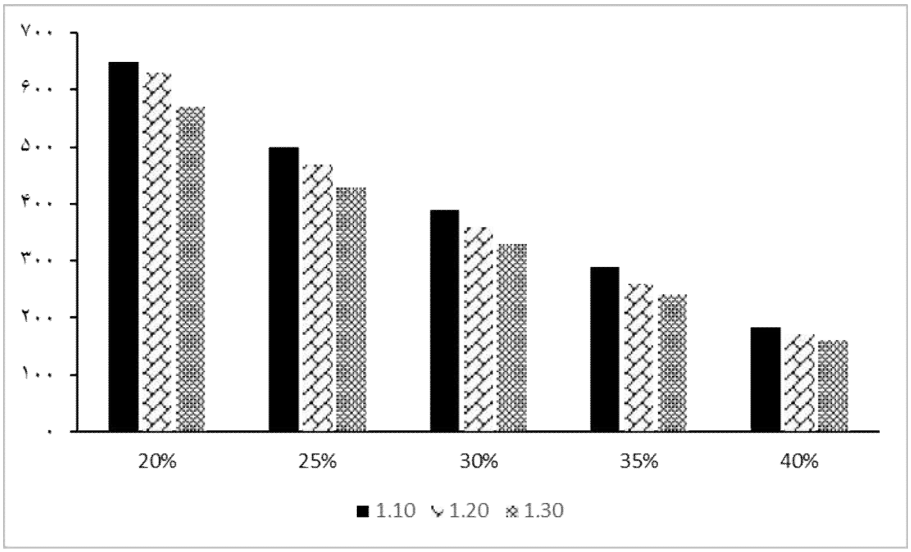
مأخذ: نتایج مطالعه

نمودار ۶ رابطه بین کرانه توسعه، رشد نسبی هزینه‌ها و قیمت چوب در نرخ‌های بهره مختلف را نشان می‌دهد.مطابق نمودار افزایش نرخ بهره و رشد سریعتر هزینه نسبت به قیمت حول کرانه توسعه را کاهش می‌دهد به نحوی که با نرخ بهره ۴۰٪ و رشد بیشتر هزینه به‌طور متوسط هرسال ۳۰٪ درصد بیشتر از قیمت چوب موجی می‌شود تنها اراضی که اجاره آن کمتر از ۱۶۰ میلیون تومن است امکان زراعت اقتصادی صنوبر وجود دارد.

نتیجه‌گیری

باوجود کاهش وابستگی بشر به چوب به صورت الوار، تخته و مواد سوختنی به موازات ظهور جایگزین‌های جدید از یک‌طرف و گسترش اسناد مجازی برای جایگزینی کاغذ؛ همچنان تقاضا برای چوب بیشتر از توان جنگل‌ها بوده و این بستر مهم در اکوسیستم حیات بخصوص در کشورهای در حال‌توسعه در خطر نابودی قرار دارد. انگیزه‌های اقتصادی مهم‌ترین دلیل این نابودی است. یکی از منطقی‌ترین راه‌ها برای رفع این مشکل و به‌منظور

تأمین چوب از منابع غیر جنگلی، روی آوردن به زراعت چوب، با کشت درختان سریع‌الرشد مانند صنوبر، اکالیپتوس و پائولونیا معرفی شده‌است. در این مطالعه شرایط اقتصادی لازم برای زراعت درخت صنوبر مورد ارزیابی قرار گرفت. مهم‌ترین موضوع در زراعت چوب، تعیین اقتصادی‌ترین زمان برای برش درختان است. فعالیت زراعت چوب دارای چند ویژگی است که باید در الگوسازی مورد توجه قرار گیرد.



نمودار ۶. رابطه بین رشد قیمت‌ها، نرخ بهره و کرانه توسعه اراضی برای کشت اقتصادی صنوبر

الف) یک سرمایه‌گذاری زمان‌بر است لذا تنزیل فرآیند مالی آن اهمیت دارد.

ب) برخلاف سایر محصولات زراعی رقیب، هرساله قابل لغو نبوده و برخلاف باغداری درآمد اصلی آن سالانه به دست نمی‌آید.

ج) عدم قطعیت در متغیرهای تابع هدف اعم از تابع رشد، نرخ تنزیل، قیمت‌ها و هزینه‌ها وجود دارد.

این خواص چوب موجب شده در تابع هدف ریسک و نرخ تنزیل اهمیت زیادی در تصمیم‌گیری داشته باشد. مرور بر مطالعات مرتبط گذشته نشان داد در اغلب آن‌ها موضوع ریسک و عدم قطعیت مورد توجه قرا نگرفت. داده های حجم سالانه چوب از تعمیم مطالعه Mohammadi Limaei و همکاران (۲۰۱۳) به دست آمد [39]. با توجه به عدم اطمینان از رشد درختان، از نتایج برآورد الگو برای کلن‌های مختلف، سه داده رویش در کمترین، بیشترین و میانگین جهت تخمین رگرسیون فازی استفاده گردید. برای پیش‌بینی قیمت چوب، روش تجزیه قیمت (اجزای روند، سیکلی و تصادفی) به کار رفت. هزینه فرصت زمین برابر میانگین سود خالص یک هکتار مزرعه برنج پر محصول در نظر گرفته شد. سه حالت برای تعیین بهترین تواتر زمانی برش درخت موردبررسی قرار گرفت: الف) هنگامی‌که قیمت‌ها اعم از چوب و هزینه فرصت رشد نداشته باشند، ب) هنگامی‌که رشد قیمت‌ها وجود داشته اما در درآمد و هزینه یکسان اتفاق بیفتد، ج) هنگامی‌که رشد قیمت در هزینه‌ها بیش از رشد درآمدها باشد.

نتایج برآوردنشان داد:

در حالت اول بهترین سن برش درختان در کشت یک نوبته، ۷ سال و در کشت مستمر صنوبر ۶ سال در تمام سطوح رانت (کیفیت) اراضی به دست آمد. در این حالت زراعت صنوبر حتی برای اراضی مرغوب که اجاره سالانه هر هکتار آن ۱۰۰ میلیون تومان است فعالیت اقتصادی خواهد بود. اما ارزش حال سود مطابق انتظار در اراضی کم ارزش‌تر به دلیل هزینه فرصت پایین‌تر، بیشتر از اراضی مرغوب‌تر است که نتایج به‌دست‌آمده با مطالعه عابدی و همکاران [۲۵] و هاشمی و همکاران [۲۹] مطابقت دارد.

در حالت دوم به جز پست‌ترین اراضی که اجاره سالانه آن‌ها کمتر از ۱۵ میلیون تومان در هکتار است در سایر اراضی سن بهینه برش ۷ سال اعم از زراعت یک نوبته و دائمی است. که با مطالعه عابدی و همکاران [۲۵] و هاشمی و همکاران [۲۹] مطابقت دارد. اینکه با افزایش رانت اراضی، ارزش حال سود زراعت کاهش می‌یابد. علاوه بر این، با افزایش رانت زمین نسبت به اراضی کم‌ارزش‌تر، تفاوت بین زراعت یک دوره‌ای و زراعت مستمر صنوبر کاهش می‌یابد.

در حالت سوم، نتایج به صورت تحلیل حساسیت شرایط بحرانی انجام گرفت. چنانچه نرخ تنزیل ۲۰٪ و رشد هزینه فرصت سرمایه ۱۰٪ بیشتر از نرخ رشد قیمت چوب باشد، بیشترین توسعه زراعت چوب اتفاق خواهد افتاد، به‌طوری که اراضی با اجاره ۶۵۰ میلیون تومان و قیمت اقتصادی هر هکتار ۳۲۵۰ میلیون تومان می‌توان به صورت اقتصادی فعالیت صنوبرکاری را انجام دهند. در مقابل، کمترین توسعه زمانی اتفاق می‌افتد که نرخ تنزیل ۴۰٪ و رشد رانت (اجاره) سالانه آن ۳۰٪ بیشتر از رشد قیمت چوب باشد. در این وضعیت تنها اراضی که رانت سالانه آن‌ها در حال حاضر حدود ۱۶۰ میلیون تومان و ارزش اقتصادی آن ۴۰۰ میلیون تومان است و پایین‌تر قابل زراعت صنوبر خواهد بود. علاوه بر این مقایسه حساسیت بین افزایش نرخ بهره و نرخ رشد نسبی قیمت‌ها بر کرانه توسعه نشان داد محدودیت توسعه زراعت صنوبر (کرانه توسعه) نسبت به فزونی نرخ هزینه‌ها نسبت به درآمد با افزایش نرخ تنزیل بیشتر می‌شود. به ازای هر یک درصد رشد بیشتر هزینه‌ها نسبت به درآمد، کرانه توسعه در نرخ تنزیل ۲۰ درصد، ۰/۶۷ درصد اما در نرخ تنزیل ۴۰٪، حدود ۰/۷۴ درصد برآورد گردید. علاوه بر این همواره تغییرات افزایش نرخ تنزیل بیش از افزایش نرخ‌های نسبی رشد قیمت‌ها بر محدودیت توسعه زراعت صنوبر مؤثر است. این تفاوت اثربخشی با افزایش نرخ تنزیل، افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌شود کشاورزان دیرتر اقدام به قطع درختان کنند. دوره بهینه

نگهداری صنوبر در اغلب حالت‌ها بین ۶ تا ۷ سال بوده که بیشتر از عرف سن برش صنوبر در بین زارعین است.

برای سیاست گذاران در راستای توسعه زراعت چوب گرچه ابزارهای مختلفی مانند کنترل واردات، قیمت‌گذاری چوب، رقابتی کردن بازار چوب، پرداخت یارانه و اعطای تسهیلات ارزن قیمت وجود دارد؛ اما این تحقیق نشان داد اعطای تسهیلات کم‌بهره بیش‌تر از حمایت‌های قیمتی بر توسعه فعالیت مزبور مؤثر است. بر اساس نتایج پیشنهاد می‌شود این تسهیلات با نرخ کمتر از ۲۰درصد و بلندمدت تداوم یابد.

همچنین در شرایط افزایش هزینه فرصت که ممکن است ناشی از تورم، افزایش تقاضا برای اراضی و بالا رفتن قیمت زمین با نرخی بالاتر از افزایش قیمت چوب موجب محدودیت شدید در توسعه اراضی صنوبرکاری خواهد شد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود حمایت شدید از کشت برنج به‌عنوان فعالیت رقیب کاهش یابد تا امکان جایگزینی صنوبرکاری با برنج‌کاری فراهم گردد. این جایگزینی از نگاه کلان گرچه نگرانی‌هایی از نظر امنیت غذایی ایجاد کند اما به دلیل کاهش مصرف آب، فرسایش خاک و حفظ ذخایر جنگلی، تأثیر مثبتی بر محیط‌زیست خواهد گذاشت.

این تحقیق با در نظرگرفتن فروضی جهت ساده‌سازی و جبران کمبود داده‌ها انجام گرفت. قطعاً این فروض به اعتبار نتایج لطمه خواهد زد. بر همین اساس توصیه می‌شود در تحقیقات آتی فرض ثبات شرایط اقلیمی، با پیش‌بینی تغییرات اقلیمی و کشف رابطه آن با تابع رشد درخت کنار گذاشته شود. در این تحقیق، واحد زمانی سال در نظر گرفته شد. به این ترتیب نوسانات فصلی قیمت و انتخاب زمان دقیق‌تر از سال برای بهینه‌سازی امکان‌پذیر نشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از واحد زمانی ماهانه استفاده شود تا بهره‌مندی از تغییرات فصلی در کسب منافع تولیدکننده فراهم شود. در این تحقیق، متغیرهای مدیریتی مانند نوع و گونه درخت، فاصله کاشت، ریسک آفات و بیماری‌ها در نظر گرفته نشد. امید است محققین در رفع این محدودیت‌ها تلاش کنند.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرحی با عنوان "ارزیابی اقتصادی طرح زراعت صنوبر با هدف ارتقا بهره‌وری اراضی" با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گرفت. به این وسیله محققین بر خود لازم می‌بینند از این طریق مراتب سپاس‌گزاری خود را اظهار کنند.

منابع

[1] Lashkarbolouki, E., Pourtahmasi, K., Oladi, R., Kalagari, R., and Alizadeh, H., 2016. Recognition and rating of effecting indexes on the consumption of pulp and paper industry production from different poplar plantation sites in Iran. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7 (3), pp. 425-436. (In Persian). DOI: 20.1001.1.20089066.1395.7.3.10.0

[2] Dorostkar, A., Nosrati, B., Fathabadi, A., and Batyari, A., 2012. The role of wood agriculture in the sustainable development of forests and rural areas in Iran, First National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Development (Agriculture, Natural Resources and Environment), in Tehran. (In Persian).

[3] Ball, J., Carle, J., and Del Lungo, A., 2005. Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development. UNASYLVA-FAO-, 56(2), 3. https://www.fao.org/4/a0026e/a0026e02.htm

[4] Mohebbi Gargari, R., Bayat Kashkoli, A., and Moazami, V., 2017. Survey of effective criteria for sustainable development of poplar wood farming in Iran by pair comparisons method. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(2), pp. 235-249. (In Persian). DOI: 20.1001.1.20089066.1397.9.2.8.0

[5] Geravandi, S., and Popzan, A. H., 2016. Comprehensive Framework in Sustainability Assessment of Agricultural Exploitation Systems. Journal Space Economy and Rural Development, 5 (15), pp. 1-19. (In Persian). DOI: 10.18869/acadpub.serd.5.15.1

[6] Daneshvar Kakhki, M., Karbasi, A., and Afsar Panah. E., 2000. Research and Society: Investigating the Status of Exploitation Systems in Agri`cultural Lands of Astan Quds Razavi. Journal of Agricultural Economics and Development, 8(29), PP. 184-200. (In Persian).

[7] Habibi, M. R., Hosseinkhani, H., and Mahdavi, S., 2008. The effects of Poplar clones age variations and production conditions on medium density fiberboard (MDF) properties. Iranian Journal of Wood and Paper

Science Research, 23 (1), pp. 20- 39. (In Persian). DOI: 10.22092/ijwpr.2008.117401

[8] Ahmadloo, F., Rezaei, A.R., Calagari, M., Eskandari, S., Teimori, S., Dargahiyan, F., Farah-pour, M., and Mirakhorlou, K., 2023. Estimation of susceptible land area for wood farming in non-forest lands of Guilan province. Journal of Iran nature, 8(4), pp. 49-59. (In Persian).

[9] Asareh, M.H., and Akhlaghi, S.J.S., 2009. Strategic framework for developing promoting natural resources research in I.R.Iran. National Forest and Rangeland Research Institute press (In Persian).

[10] Ghasemi, R., and Modir Rahmat, A.R., 2003. Investigation on adaptability and wood production of different poplar clones (closed crown) in Karaj City. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 11(3). pp. 359-390. (In Persian). DOI: 10.22092/ijfpr.2003.109357

[11] Jalili, A., 2019. Short-term exploitation of a new and efficient route in wood cultivation. Journal of Iran Nature, 4 (3), pp 3-3. (In Persian). DOI: 10.22092/irn.2019.119468

[12] Adeli, K., Saeedi, S. S., Namdari, S., Mohammadi Samani, K., and Yosefi, B., 2016. 'Financial maturity of Popolus deltoides Marsh. (Case study: Shalyshel village, Kurdistan province)', Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 24(4), pp. 611-601. DOI: 10.22092/ijfpr.2016.109435

[13] Heshmatol Vaezin, M., Khezriyan, B., Namiranian, M., Hajjarian, M., Janat Babaii, M., and Shaykhkanlooy Milan, F., 2020. Determining the economically optimal planting interval, planting pattern and rotation age for high-yielding black poplar (Populus nigra L.) clones in West Azerbaijan province, Iran. Iranian journal of Forest. 12(2), pp. 233-256. (In Persian).

[14] Sadati, S. E., and Asadi, F., 2020. Introducing the integrated cultivation of poplar with wheat in the plain conditions of Mazandaran. Journal of Extension of Conservation and Utilization of Hyrcanian Forests, 3(1), pp. 27-38. (In Persian).

[15] Heydari, M., Kalagari, M., Jafari, A., and Pourhashmi, M., 2022. Diversity of the exploitation period of poplar plantations and its extension strategies. Journal of Extension of Sustainable Management of Hyrcanian Forests, 4(2), pp. 15-21. (In Persian).

[16] Asadi, F., Calagari, M., Ghasemi, M., and Bagheri, R., 2012. Final results of intercropping of poplar and alfalfa in Karaj. Iranian Journal of Forest, 4(1), pp.33-44. (In Persian).

[17] Asadi, F., and Khodakarimi, A., 2016. Hedgerow intercropping of Populus alba and alfalfa in West Azarbayjan Province, Iran. Iranian Journal of Forest, 8(1), pp. 51-65. (In Persian).

[18] Asadi, F., and Calagari, M., 2019. The benefits of combined cultivation of poplar with crops and fodder crops, Sustainable Management of Hyrcanian Forests 1(1), pp. 16-5. (In Persian).

[20] Sadeghi A., Salehi A., and Mousavi Koupa S A., 2015. Effect of Poplar Monoculture and Poplar whit Peanut as an Agroforestry Cultivation on Soil Chemical Propertie. Ecol Iran For. 3(6), pp. 28-35. (In Persian).

[21] Di Stefano, V., Di Domenico, G., Menta, M., Pontuale, E., Bianchini, L., and Colantoni, A., 2024. Comparison between Different Mechanization Systems: Economic Sustainability of Harvesting Poplar Plantations in Italy. Forests, 15(3), pp. 397. https://DOI.org/10.3390/f15030397

[22] Sultanova, R., Blonskaya, L., and Shamsutdinova, A., 2025. Cultivation of high-quality planting material of populus trees for decarbonization of territoroies of the forest-steppe region of the european part of Russia. Pak. J. Bot, 57(3), pp. 1123-1130. DOI: http://dx.doi.org/10.30848/PJB2025-3(32)

[23] Bozorgmehr, A., Nemati, A., and Zakeri, E., 2014. Characterizing the Socioeconomic factors influencing poplar plantation in North Khorasan Province', Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(4), pp. 711-723. DOI: 10.22092/ijfpr.2014.13184

[24] Alizadeh Anaraki, K., Lashgarara, F., and Kiadaliri, H., 2012. Effect of Socio-economic factors on development of poplar plantation in Guilan province (Case Study: Somesara). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(2), pp. 356-346. (In Persian). doi: 10.22092/ijfpr.2012.107350

[25] Abedi, T., Mohammadi Limaei, S., Bonyad, A. E., and Torkaman, J., 2018. Optimal rotation age of Populus deltoides considering economic value of timber harvesting and carbon sequestration. Austrian Journal of Forest Science, 135(4), pp. 315-342.

[26] Abedi, T., Maskani, H.R. Abedi, R., and Bakhshandeh, B., 2023. Rotation Age of Populus deltoides Marshall. Based on Optimizing Net Present Value of Timber and Carbon Sequestration at the Finite Series of Identical in Guilan. Iranian Journal of Forest, 15(1). PP 107-124. (In Persian). DOI: 10.22034/ijf.2022.331195.1854

[27] KEÈA, L., 2017. Determination of the Optimal Financial Rotation Period in Poplar Plantations. Baltic Forestry, 23(3), pp. 673-682.

[28] Gong, Z., O'Hara, K.L., Li, W. and Gu, L., 2019. Optimal forest rotation periods: integrating timber production and carbon sequestration benefits in Pinus tabulaeformis plantations on the Loess Plateau, PR China. Journal of Sustainable Forestry, 38(6), pp.591-613. DOI: 10.1080/10549811.2019.1598442

[29] Hou, G., Delang, C.O., Lu, X. and Olschewski, R., 2020. Optimizing rotation periods of forest plantations: The effects of carbon accounting regimes. Forest Policy and Economics, 118, p.102263.

[30] Hashmi, M. G., Fatima, S., Zia, M., Azmat, M., Shabbir, A., Yousaf, W., and Zafar, I. 2023. Climate-Resilient Forest Economics: Adapting Tree Species Rotation for Changing Times. International Journal of Agricultural Extension, 11(3), pp. 319-338. DOI: 10.33687/ijae.011.03.4812.

[31] Rahmani, R., and hemati, A., 1998. The most suitable harvest period of P. deltoides 77.51. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 1(1), pp. 69-92. (In Persian).

[32] Mohammadi, A., and Moaeri, M.H., 2016. Determining the harvest age (economic) of even-aged stands of paulownia plantation in Dr. Bahramnia's Forestry Plan. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(2), pp. 203-224. (In Persian).

[33] Hajjarian, M., 2017. Estimating Stumpage Price function for Improved black poplar clones using Hedonic Pricing Method in Urmia. Journal of Wood and Forest Science and Technology, Special Issue, 2(2), pp. 105-122. (In Persian).

[34] Mokhtari, J., Soltani, A., Tabari Kocheksaraee, M., and Sadati, S.E., 2018. Quantitative and qualitative study and index choice to compare four eastern cottonwoods (Populus deltoides Bartr. ex-Marsh) stands in Gilan and Mazandaran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(3), pp. 368-381. (In Persian). doi: 10.22092/ijfpr.2018.117740

[35] Yager, R.E., 1986. Searching for excellence. Journal of Research in Science Teaching. 23(3), pp. 209-217. https://DOI.org/10.1002/tea.3660230305

[36] Asai, H.T.S.U.K., Tanaka, S. and Uegima, K., 1982. Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE Trans. Systems Man Cybern, 12, pp.903-907. dx.doi.org/10.1109/ TSMC.1982.4308925

[37] Lee, S.H., Cheon, S.P. and Kim, J., 2006, August. Measure of certainty with fuzzy entropy function. In International Conference on Intelligent Computing, pp. 134-139. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Https://doi.org/10.1007/978-3-540-37275-2_17

[38] Dubois, D.J., and Prade, H., 1980. Fuzzy sets and systems: theory and applications (Vol. 144). Academic press. 411PP.

[39] Ohlin, B.G., 1921. Till gragan om skogarnas omloppstid (On the question of the rotation period of forest). Economisk Tidskrift, 12, pp. 89–113.

[40] Mohammadi Limaei, S., Bahramabadi , Z., Rostami Shahraje, T., Adibnejad, M., and Mousavi Koupar, S.A., 2013. Determination of economically optimal rotation age of (Popolus deltoides(in Guilan Province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(1), pp. 63-75. DOI: 10.22092/ijfpr.2013.3751