**اقتصاد کشاورزی**/ جلد 5/ شماره‌ي 4/ صفحه‌هاي 229-211

# مديريت پايدار جنگل زرين آباد شهرستان ساري، با استفاده از **کاربرد برنامه**ريزي فازي و مدل‌سازي ايجاد گزينه

**محمود صبوحی و صغري درويشی**[1]

تاريخ دريافت: 1390/3/4 تاريخ پذيرش: 1390/10/28

**چکيده**

در اين مطالعه اثرهاي اقتصادي برداشت چوب با توجه به ملاحظات زيست‌محيطی با سطوح مختلفی از اهداف زيست‌محيطی بر مديريت جنگل‌هاي زرين‌آباد بررسی می‌شود. اهداف زيست‌محيطی شامل افزايش ميزان برداشت خشکه‌دار، افزايش مساحت جنگل‌هاي پهن‌برگ و مساحت جنگل‌هاي کهن‌سال است. اين تحليل با استفاده از برنامه‌ريزي خطی فازي انجام شد که ارزش حال خالص توليد چوب را با توجه به محدوديت‌هاي تعريف شده بيش‌ترين می‌کند و با روش MGA[2] برنامه‌هاي مديريتی متفاوتی براي سال‌هاي متمادي در فضاي تصميم‌گيري ايجاد می‌کند. اين برنامه به‌طوري است که در پايان افق برنامه‌ريزي اهداف زيست‌محيطی که شامل برداشت بيش‌تر خشکه‌دار، افزايش مساحت جنگل‌هاي پهن‌برگ، و افزايش سن جنگل است، و اهداف اقتصادي که شامل بيش‌ترين کردن ارزش خالص حال است، برآورده گردد. داده‌های مورد نياز مانند مساحت جنگل‌های کهن‌سال، نوع درختان، سن جنگل و ديگر اطلاعت مربوط به 3 طرح ده ساله جنگل‌داري منطقه‌ي مورد مطالعه، از اداره‌ي منابع طبيعی شهرستان و هزينه‌های ثابت و متغير برداشت چوب و احياي جنگل از شرکت نکا چوب جمع آوری شد. نتايج نشان‌دهنده‌ي اجرای اهداف زيست‌محيطی و کاهش ارزش حال خالص است.

طبقه‌بندي**JEL**: C02,Q

واژه‌**های کليدي**: جنگل، مدل‌سازي ايجاد گزينه، برنامه‌ريزي فازي

[1]- به ترتيب دانشيار و دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

**Email:**sabouhi39@gmail.com

2. Modeling to Generate Alternative

**مقدمه**

ارزنده‌ترين جنگل‌هاي کشور بر روي دامنه‌هاي خاوري کوه‌هاي طوالش (آستارا تا انزلی) قرار دارد. اين جنگل‌هاي پهن‌برگ در جهان منحصر به فرد است، و امتيازات فراوانی از نظر زيبايی طبيعت، جذب توريست، تعادل اکوسيستم، پوشش گياهی، حاصل‌خيزي خاك، حفظ آب‌ها و ديگر مسايل دارد (طرح جنگل‌داري سري يک زرين آباد 1385). ديد ساده‌انگارانه از جنگل به عنوان منبعی اقتصادي براي تأمين فرآورده‌هاي چوبی باعث تخريب منابع جنگلی موجود در سده‌ي کنونی شده است. اين در حالی است که ارزش جنگل‌ها و پوشش گياهی براي حفظ محيط زيست به مراتب فراتر از نقش اقتصادي آن به عنوان منبع توليد چوب است (صالحی شانجانی، 1385). ايران با وسعت 1648195 کيلومتر مربع در مرکز يک چهارراه اقليمی واقع گرديده و وارث تنوع زيستی گسترده‌يی است. تاکنون بالغ بر 80 گونه‌ي درختی عمدتا پهن‌برگ و چهار گونه‌ي سوزنی‌برگ بومی و 50 گونه درختچه در جنگل‌هاي خزري مورد شناسايی قرار گرفته است. از 1700 گونه‌ي انحصاري ايران حدود 100 گونه در ناحيه‌ي هيرکانی قرار دارد (جمزاد، 1379). اهميت و جايگاه جنگل‌هاي خزري و در ميان آن‌ها راشستان‌هاي شمال ايران، از نظر ارزش و قدمت جنگل‌ها به عنوان ميراث جهانی اخيرا در جوامع داخلی و جهانی مورد تاکيد قرار گرفته است (Knapp; 2000Sagheb-Talebi2003,). بر اساس تصاوير ماهواره‌يی مساحت جنگل‌هاي شمال کشور در سال‌هاي 1974-1975، 2 ميليون و640 هزار هکتار بود. اين رقم ميان سال‌هاي 1988-1989 به حدود 2 ميليون و 480 هزار هکتار و در سال‌هاي 2001-2002 به حدود 2 ميليون و 50 هزار هکتار کاهش پيدا کرد. به اين ترتيب از 22% کاهش مساحت اين جنگل‌ها در 3 دهه‌ي اخير بيش از 17% در 20 سال قبل بوده است (صالحی شانجانی، 1385). بنا به مفهوم توسعه‌ي پايدار منابع جنگلی (مديريت استفاده‌ي صحيح از منابع طبيعی در محدوده‌ي ظرفيت آن‌ها براي تضمين تجديد حيات و استمرار جنگل‌ها) تنها ابزار شناخته شده براي تحقق مفهوم فوق، اجراي طرح‌هاي جنگل‌داري است که با استفاده از علم جنگل‌شناسی و ايجاد ارتباط منطقی ميان سامانه‌هاي طبيعی (محيط

زیست)، تکنولوژي و اقتصاد، رابطه‌ي انسان با جنگل را می‌توان به تعادلی معقول رساند.

از آن‌جا که ملاحظات زیست‌محیطی در بهره‌برداري از جنگل مهم است، تأثیر آن‌ها بر تولید چوب، به‌ویژه در مناطقی که برداشت چوب از نظر اقتصاد محلی اهمیت دارد، باید با دقت ارزیابی شود. زاوالا و اوریا[1] در سال 2004، حفظ و نگه‌داري تنوع زیستی در مدیریت جنگل را مطالعه کردند. تنوع زیستی مفهوم پیچیده‌یی است که جنبه‌هاي مختلفی از اکوسیستم را شامل می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیري موثر و قابل استفاده از تنوع زیستی نامحتمل است. به‌علاوه، ارتباط آن با پایداري از بحث‌هاي طولانی در موضوعات اکولوژیایی است. نتایج نشان داد که روش‌هاي حفاظت زیستی به تنهایی براي حفاظت از تنوع در زمین‌هاي مدیریت شده مناسب نیست و باید با روش‌هاي دیگري که با محدودیت‌هاي اقتصادي محاسبه می‌شود، کامل گردد. بالتیرو و رومرو[2] در سال 2004 شاخص‌هاي پایداري سیستم‌هاي طبیعی را تجزیه و تحلیل و بررسی کردند. این مطالعه، یک شاخص پایداري براي سیستم طبیعی بر طبق چندین شاخص پایداري را پیش‌نهاد کرد. شاخص پیش‌نهادي، می‌تواند براي رسیدن به تعادل یا توافق میان راه‌حل‌هاي مهندسی از بیش‌ترین پایداري بهم پیوسته و یک راه حل اکولوژیایی از بیش‌ترین تعادل پایدار سیستم، استفاده شود. کانت و لی[3]، در سال 2004 روش انتخاب اجتماعی را براي مدیریت پایدار جنگل‌هاي شمال غربی آنتاریو به‌کار بردند. در استفاده از این روش، ترجیحات مردم براي ارزش‌هاي مختلف مربوط به جنگل از اعضاي 4 گروه جنگلی در شمال غربی آنتاریو جمع‌آوري شد. ترجیحات درون گروهی براي 4 گروه کامل و ترجیحات پنهان گروهی با ابزارهاي آماري غیر پارامتري مقایسه شد، و سرانجام یک زمینه با مفهوم توسعه‌ي حداکثر رفاه اجتماعی مخصوص ترجیحات پنهانی گروها که داراي نقش برجسته و پررنگی بود، فراهم

---

[1] Zavala and Orio

[2] Baltiero and Romero

[3] Kant and Lee

شد کوتوال و همکاران[1]،در سال2007 شاخص‌هاي اکولوژیایی را ضرورتی براي مدیریت پایدار جنگل در هند دانستند. اندازه‌گیري پایداري جنگل در این مطالعه توسط مجموعه‌یی از معیارها و شاخص‌ها در فرم و شکلی از روش بهویال–هند انجام شد. روش بهویال-هند 8 معیار و 43 شاخص مخصوص دارد. 4 معیار به طور انحصاري به بعد اکولوژي با 21 شاخص نسبی وابسته است. بنابراین، نیمی از شاخص‌ها و معیارها به بعد اکولوژیایی که پایداري بیش‌تري از جنگل‌ها ارایه می‌دهد مربوط است، و معیارهاي دیگر، به جنبه‌ي اقتصادي و اجتماعی با شاخص‌هاي نسبی مربوط می‌شود. کانگاس و همکاران [2] در سال 2006، نظریه‌ي انتخاب اجتماعی و کاربردهاي آن در پایداري مدیریت جنگل را مطالعه کردند. در این مطالعه ابتدا از روش فازي استفاده شد، و در مرحله‌ي بعد اصطلاح تصمیم‌گیري چند معیاره وارد، و کاربردهایی از مدیریت منابع طبیعی توضیح داده شد. نتایج نشان داد که روش حمایتی تصمیم‌گیري براي اجرا در میان گروه بزرگی از مردم مرتبط با یکدیگر مناسب است. بالتیرو و رومرو در سال 2004، مدیریت پایدار جنگل را با استفاده از روش برنامه‌ریزي آرمانی گسسته در جنگل‌هاي اسپانیا طراحی کردند. آن‌ها در مطالعه‌ي خود، n گزینه‌ي برنامه‌ي جنگل را براي ارزیابی m شاخص پایداري در نظر گرفتند. متخصصان مجموعه‌یی از هدف‌ها را براي m شاخص پایداري در نظر گرفته شده پیش‌نهاد کردند. مساله‌ي مهم در مطالعه‌ي آن‌ها تعیین سیستم جنگل با سطح بالایی از اهداف قابل قبول براي متخصصان و با m شاخص پایداري بود. پنگ[3] در سال 2000، مدیریت پایدار جنگل را با استفاده از مدل‌هاي شبیه‌سازي مطالعه کرد. نتایج نشان داد که شکافی میان جنگل‌شناسان و بوم‌شناسان در توسعه و استفاده از مدل‌هاي شبیه‌سازي جنگل وجود دارد. هم‌چونین مدل‌هاي گفته شده در یک سیستم حمایتی تصمیم‌گیري که ابزار مهمی براي ارزیابی پایداري جنگل در یک محیط متغیر است، با هم

[1] Kotwal *et al*
[2] Kangas *et al*
[3] Peng

ترکیب شد. مندوزا و اورابهو[1] در سال 2003 فرضیه‌ي مجموعه‌ي فازي جزیی را براي ارزیابی مفاهیم کلی، تعریف پایداري و تعیین معیارها و شاخص‌هایی از پایداري جنگل و روش‌هاي استفاده از آن به‌کار بردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که معیارها شاخص‌هاي ابزاري براي توصیف پایداري جنگل است. عناصر پایداري و مفهوم مجموعه‌هاي فازي که شامل توابع عضویت در زمینه‌ي مدیریت پایدار جنگل است، توصیف شد. به علاوه، عمل‌گرهاي فازي با مفاهیم عملیاتی پایدار ترکیب و به عنوان معیارها و شاخص‌هاي اسمی بررسی شد. ایلادیس[2] در سال 2005 سیستم حمایت تصمیم‌گیري کاربردي در ترکیب با مدل فازي را براي تخمین خطر و خطر آتش‌سوزي طولانی‌مدت جنگل‌ها با استفاده از تابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌یی بررسی کرد. سیی [3]در سال 2004، راه‌بردهاي ارزیابی مدیریت چندهدفی جنگل را با کاربرد روش سلسله مراتبی سیستم حمایتی تصمیم‌گیري براي 288 هزار هکتار جنگل در شمال غربی کلمبیا بررسی کردند. در این تحقیق سیستم حمایت تصمیم براي تجزیه و تحلیل روش‌هاي مدیریتی که به بیان اهمیت اثر تخریب‌هاي طبیعی، سود و خطر را براي بیان نتایج گروه‌هاي مدیریتی مورد بحث قرار دادند بکار رفته است. نایاک و پاندا[4] در سال 2001، با استفاده از مدل برنامه‌ریزي هدف خطی فازي، یک مدل حمایت تصمیم‌گیري براي مدیریت منابع آب و زمین در ماهانادي هند دادند. تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان با استفاده از این برنامه می‌توانند منابع آب و زمین را به طور مناسبی مدیریت نمایند. جاواناتاناندا و جمین هراز[5] در سال 2008، زمان‌بندي برداشت بهینه‌ي اکالیپتوس را در گالیسیاي اسپانیا تعیین کردند. نتایج تحقیق نشان داد که AHP[6] می‌تواند مشارکت عمومی را به صورت رسمی وارد تصمیم‌گیري کند و به اعتبار

---

[1] Mendoza and Orabhu
[2] Iladis
[3] Seeiy *et al*
[4] .Nayak and Panda
[5] Jayanathananda and GeminHerath
[6] .Analytic Hierarchy Process

آن بیافزاید. جیمز ای بورگر[1] در سال 2009، تحقیقی با عنوان مرور اثر مدیریت بر رشد، تولید و مدیریت پایدار اکوسیستم جنگل انجام داد. شادي طلب در سال 1381، ابعاد اجتماعی در جنگل را با هدف یافتن پیش‌نهاد سیاست‌هاي اجتماعی در مدیریت جنگل مطالعه کرد. این مطالعه، بخشی از یافته‌هاي پژوهشی را که در جنگل‌هاي شمال ایران انجام گرفته است نمایان ساخت، و نیز سیاست‌هاي خاصی را بر اساس راه‌بردهاي هم‌زیستی (بهبود کل نظام جنگل‌نشین) و یا جابه‌جایی (راه‌کارهاي خاص خانواده‌هاي ساکن در آبادي‌هاي کوچک و شاغلان در شهرها، ولی ساکن در روستاهاي جنگلی)، را پیش‌نهاد کرد. گرگین کرجی در سال 1383، راه‌برد مدیریت بهره‌برداري پایدار بر اساس اصول اکولوژیایی در کماران سارال کردستان را بررسی کرد. یافته‌ها نشان داد که بهره‌برداري سنتی که نوعی رفتار اکولوژیایی است، لطمه‌یی به پوشش گیاهی و خاك مرتع وارد نمی‌سازد. در چهارچوب این راه‌برد، مدیریت و بهره‌برداري پایدار با تغییرات اندکی در مدیریت سنتی شیوه‌ي دام‌داري منطقه، کاهش تعداد دام و اجراي روش تاخیري تناوبی براي جلوگیري از انقراض گونه‌هاي گیاهی غالب در منطقه و دست‌یابی به پایه‌هاي مادري قوي توصیه شد. مرادي در سال 1386، بررسی الگوي مناسب پایدار جنگل‌هاي حاشیه‌ي رودخانه‌یی استان کردستان را بررسی کرد. نتایج نشان داد، تیپ بید و تیپ بید–گز برروي‌هم با 58% بیش‌ترین تیپ را تشکیل داده اند. بیش‌ترین میزان تخریب مرتبط به سیلاب و چراي دام بود. احسنی و همکاران در سال 1386، شیوه‌یی براي اعمال مدیریت پایدار بر سرزمین در استان کردستان منطقه‌ي کوسالان مریوان معرفی کردند. نتایج نشان داد که براي شناسایی و تهیه‌ي نقشه‌هاي منابع طبیعی زیست‌محیطی مناطقی با توپوگرافی شدید و نبود دست‌رسی آسان برای حفاظت، می‌توان از تکنیک‌هاي سنجش از دور سیستم‌هاي اطلاعات جغرافیایی[2] بهره گرفت.

---

[1] James .A. Burger

[2] .Geographical Information System

**روش تحقیق**

جنگل زرین‌آباد در 11 کیلومتري جنوب شرقی ساري قرار دارد، و به دلیل مجاورت با روستاي زرین‌آباد به این نام خوانده می‌شود. یادآوری می‌شود که طرح‌هاي جنگل‌داري ده ساله است که درو نماي مدیریت جنگل در آن ترسیم می‌شود (کتابچه‌ي طرح جنگل‌داري زرین آباد سري یک، اداره‌ي منابع طبیعی استان مازندران، 1386). در این مطالعه طرح جنگل‌داري زرین آباد انتخاب شده است، که شامل 20 قطعه است، و بزرگ‌ترین آن 79/9 هکتار و کوچکترین آن27/4 هکتار وسعت دارد. میانگین مساحت قطعات 45/8 هکتار است.

**مدل برنامه‌ریزي ایجاد گزینه**

در حل مسایل برنامه‌ریزي کشاورزي، ممکن است جواب‌هاي نزدیک به بهینه از خود جواب‌هاي بهینه بهتر باشد. این گفتار ظاهرا داراي تناقض، با نگاهی به اختلاف میان بهتر در جهان واقعی و بهینه در دنیاي ریاضی بیش‌تر آشکار می‌شود. مدل‌هاي برنامه‌ریزي ریاضی به دلایل زیر نمی‌توانند به‌طور کامل جهان واقعی را منعکس کنند:

۱- تمامی مشخصه‌هاي امور واقع به‌طور کامل شناخته نشده است.

۲- تمامی گزینه‌هاي ممکن به‌طور کامل مشخص نشده است.

۳- رابطه‌ي میان تصمیم‌ها و نتایج نیز به‌طور کامل درک نشده است.

بنابراین ممکن است جواب بهینه‌ي الگویی شناخته شده بهترین جواب براي مساله نباشد. در میان برخی از محققان گرایش به سوي مدل‌هاي ریاضی گسترده وجود دارد. باید گفت که این نظر چندان هم درست نیست، زیرا وارد کردن هر چه بیش‌تر متغیر و هر چه بیش‌تر عوامل نامعلوم در مدل، امکان افزایش خطا در فرضیه و تخمین را چند برابر می‌کند. مدل‌هاي برنامه‌ریزي ریاضی در مقیاس بزرگ، داراي معایبی است، مانند پیچیدگی، نیاز به اطلاعات زیاد، مخارج زیاد، ضعیف بودن از لحاظ مبانی نظري و دیگر مسایل مورد نظر. اصولا جواب‌هایی که از حل مدل‌هاي بزرگ به‌دست می‌آید بیش‌تر منجر به دیدگاهی در رابطه با جواب‌هاي روش کار می‌شود تا دیدگاهی براي خود مساله‌ي تصمیم‌گیري. یک مدل پیچیده

ممکن است کم‌تر از یک مدل ساده به جهان واقع مربوط باشد؛ این نه‌تنها به‌دلیل این است که مدل‌هاي پیچیده ممکن است جهان واقعی را کم‌تر منعکس کنند، بل‌که درک مدل‌هاي پیچیده براي تصمیم‌گیرندگان نیز بسیار مشکل است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تحلیل‌گر سیستم‌ها باید سعی کند که اطلاعات مورد نیازش را از مدل‌هاي ساده استخراج کند، نه این که این کار را با ساختن مدل‌هاي پیچیده مشکل کند. یک راه ساده براي این کار مدل‌سازي ایجاد گزینه یا برنامه‌ریزي خطی بهینه‌ي تقریبی است (صبوحی و سلطانی، 1375).

فرموله کردن یک مدل که شامل تمام اهداف مدیریتی باشد کار مشکلی است، زیرا برخی از اهداف نمی‌توانند با یک مدل ریاضی به‌طور کامل بازگو شود. براي رفع این مشکل MGA مورد استفاده قرار گرفته‌است. نبود حتمیت نیز نیاز به محاسبه دارد. براي مثال یکی از اهداف اصلی حفاظت جنگل افزایش میزان برداشت خشکه‌دار است. از آن‌جایی که تخمین میزان خشکه‌دار و ارزش جاری آن کار دشواری است، و با نبود قطعیت همراه است، براي یافتن این نبود قطعیت، برنامه‌ریزی خطی فازيFLP به‌کار برده می‌شود (Zhou and Gong, 2004).

فرض کنید $M_i$ برنامه‌ي مدیریتی ممکن وجود دارد که در آن $i = 1,2,..3$ و i تعداد گونه‌هاي موجود در جنگل مورد مطالعه است. ارزش خالص حال تولید چوب براي گونه‌ي iام در زمان اجراي برنامه‌ي مدیریتی kام به صورت فازي است. $\widehat{c}_{i,k} = (c_{i,k}, \underline{c}_{i,k}, \overline{c}_{i,k})$ ارزش خالص حال سود چوب تولید شده و $d^t_{i,k=}(d, \overline{d}, \underline{d})$ اعداد فازي است که حجم هر واحد خشکه‌دار را براي گونه‌ي i در دوره‌ي t، در زمان اجراي برنامه‌ي kام نشان می‌دهد. مدل FLP به صورت زیر است (Zhou and Gong, 2004):

$$\max \quad \sum_{i=1}^{z} \sum_{k=1}^{Mi} \tilde{c}_{i,k}^{\,t} x_{i,k} \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{z} \sum_{k=1}^{Mi} \tilde{d}_{i,k}^{\,t} x_{i,k} \geq d^t, \quad t = 2,3,..,15 \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{z}\sum_{k=1}^{M_i} b^{t}_{i,k} x_{i,k} \geq b \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{z}\sum_{k=1}^{M_i} g^{t}_{i,k} x_{i,k} \geq g \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{M_i} x_{i,k} = a_i , \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (5)$$

$$x_{i,k} \geq 0, \; i = 1,2,... , z, \quad k = 1,2,... ,M_i \qquad (6)$$

$X_{i,k}$ مساحت گونه‌ي iام در برنامه‌ي مديريتی kام است. گونه‌هاي غالب منطقه‌ي مورد مطالعه شامل افرا، راش، گونه‌هاي صنعتی ديگر و گونه‌هاي هيزمی است. d مقدار فازي حجم هدف خشکه‌دار و $b^{t}_{i,k}$، متغير مجازی برابر با يک اگر جنگل در زمان اجرا برنامه‌ي kام در دوره‌ي t، پهن‌برگ باشد، و در غير اين صورت صفر است. از آن‌جايی که جنگل منطقه‌ي مورد مطالعه پهن‌برگ است، اين متغير برابر يک است. b مساحت هدف جنگل‌هاي پهن‌برگ $g^{t}_{i,k}$، متغير مجازی برابر با يک است اگر جنگل در زمان اجراي برنامه‌ي kام کهن‌سال باشد. جنگل-هاي شمال کشور کهن‌سال هستند، بنابراين، اين متغير برابر يک است. g مساحت مورد نظر براي جنگل‌هاي کهن‌سال $a_{i,j}$ مساحت کل گونه‌ي iام. محدوديت‌هاي (2) و (3) و(4) بازگو کننده‌ي اين مساله است که هدف خشکه‌دار، هدف جنگل پهن‌برگ و هدف جنگل کهن‌سال در ابتداي دوره‌ي دوم به‌دست می‌آيد. محدوديت (5)، محدوديت مساحت است. تابع هدف (1) و محدوديت (2) شامل ضرايب فازي (اعداد فازي) است. در ادامه نشان داده می‌شود که چگونه يک مدل فازي به تابع خطی تبديل می‌شود. به عبارت ديگر روش‌هاي زيادي براي رتبه‌بندي اعداد فازي وجود دارد، که هر روشی مزايا و معايبی دارد. وانگ[1] و کر[2] در سال 2001 مطالعات جديدي را در زمينه‌ي رتبه‌بندي اعداد فازي انجام دادند. روش مورد استفاده

---

[1]. Wang
[2]. Kerre

در این تحقیق، بازه‌ي معین است که توسط وو[1] و یائو[2] در سال 2000 پیش‌نهاد شد. از این روش به این دلیل استفاده می‌شود که تعریف آن رابطه‌ي مستقیمی با تعریف بازه‌ي معین برای مجموعه‌ي اعداد حقیقی $R = (-\infty, \infty)$ دارد، به علاوه، این مدل یکی از مدل‌هایی است که می‌تواند مدل برنامه‌ریزي خطی فازي را به مدل برنامه‌ریزي خطی ساده تبدیل کند. کادناس[3] و وردگاي[4] در سال2000 کامپسو[5] و وردگاي در سال 1989 دریافتند که برخی از روش‌هاي رتبه‌بندي اگر به‌کار برده شود، ممکن است نتیجه‌ي آن مدل غیر خطی شود.

مدل بازه‌ي معین با مثلث اعداد فازي $m = (m, \overline{m}, \underline{m})$ محاسبه می‌شود.

$$d(\overline{m}) = \frac{1}{4}(2m + \overline{m} + \underline{m}) \qquad (7)$$

$d(\overline{n})$ اشاره به بازه‌ي معین اعداد فازي $\overline{n} = (n, \overline{n}, \underline{n})$ دارد.

$$\overline{m} \geq \overline{n} \Leftrightarrow d(\overline{m}) \geq d(\overline{n}) \qquad (8)$$

کادناس و وردگای در سال 2000 و کامپسو و وردگای در سال 1989 تعاریف بالا را از رتبه‌بندي دادند، که با توجه به آن مدل برنامه‌ریزي فازي (1) تا (5) به صورت زیر حل می‌شود:

$$\max \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{Mi}(2c_{i,k} + \overline{c}_{i,k} + \underline{c}_{i,k})x_{i,k} \qquad (9)$$

$$\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{M_i}(2d^{t}{}_{i,k} + \underline{d}^{t}{}_{i,k} + \overline{d}^{t}{}_{i,k})x_{i,k} \geq \frac{1}{4}(2d + \underline{d} + \overline{d}), \qquad (10)$$

تابع هدف (9) ارزش فازي NPV را نشان می‌دهد. مدل فازي (1) تا (5) همه‌ي مسایل مهم را نشان نمی‌دهد. مهمترین هدف این تحلیل هزینه‌هاي دست‌یابی به اهداف موقتی مشخص در

---

[1] .Wu
[2] . Yao
[3] . Cadenas
[4] . Verdegay
[5] . Campos

حفاظت جنگل است. در این تحقیق نقش از برنامه‌ریزي خطی براي ایجاد تعدادي از گزینه‌ها با توجه به اهداف مورد نظر استفاده می‌شود، که هر کدام از این گزینه‌ها با یک‌دیگر متفاوت است، براي نمونه تولید چوب، با این تفاوت که در فضاي تصمیم‌گیري گزینه‌هاي آن با یک‌دیگر تفاوت دارد. تصمیم‌ساز می‌تواند این گزینه‌ها را بیش‌تر ارزیابی کند. (Brill, 1979; Chang et al., 1983; Mendoza et al1988) این روش، نمونه‌سازي براي تولید گزینه نامیده می‌شود. در این مطالعه روش نمونه‌سازي که توسط بریل[1] و همکاران در سال 1982 پیش‌نهاد شد (روش HSJ[2]) به‌کار می‌رود. روش HSJ ترتیبی از گزینه‌هاي متفاوت بیش‌ترین شده را با کم‌ترین کردن مجموعه‌ي متغیرهاي اساسی (غیر صفر) جواب قبلی و محدودیت‌هاي فرموله شده تولید می‌کند. الگوریتم HSJ با حل مدل برنامه‌ریزي خطی (9)،(10)و (3) تا (5) شروع می‌شود. جواب بهینه‌ي به‌دست آمده به عنوان گزینه‌ي مقدماتی در نظر گرفته می‌شود و A0 نامیده می‌شود. متغیرهاي A0 در تابع (9) براي تولید گزینه‌ي دوم به‌کار می‌رود که A1 نامیده می‌شود و از روش زیر به‌دست می‌آید:

$$\min \quad D = \sum_{(i,k)=B} x_{i,k} \tag{11}$$

$$\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{M_I}(2c_{i,k} + \underline{c}_{i,k} + \bar{c}_{i,k})x_{i,k} \geq \frac{1}{4}(2\pi + \underline{\pi} + \bar{\pi}) \tag{12}$$

$\hat{\pi} = (\pi, \underline{\pi}, \bar{\pi})$ مقدار مورد نظر NPV است. متغیرهاي اساسی A0 و A1 تابع هدف جدیدي را براي تولید گزینه‌ي A2 تشکیل می‌دهد. این روند تا زمانی که شمار مورد نظری از گزینه‌ها به‌دست آید ادامه می‌یابد. در این مقاله برنامه‌ي مدیریتی با سه سطح از اهداف زیست‌محیطی مشخص تعریف شده است. هر برنامه طبق قوانین جنگل‌داری یک طرح ده ساله در نظر گرفته می‌شود. میزان دست‌رسی به این اهداف در هر کدام از این برنامه‌ها در قسمت نتایج بررسی می‌شود.

---

[1] . Brill

[2] . Hop, Skip and Jump

### اهداف زیست‌محیطی برنامه‌های مدیریتی

سه مرحله با سطوح مختلف از اهداف زیست‌محیطی در مطالعه تجزیه و تحلیل می‌شود. در حالت اول، ارزش هدف زیست‌محیطی برابر با اهداف موقتی حفاظت از جنگل است. حجم برداشت خشکه‌دار در این جنگل دست‌کم باید به 40% افزایش یابد. مساحت جنگل‌های پهن‌برگ 10% و مساحت جنگل‌های کهن‌سال نیز باید 5% افزایش یابد. در حالت دوم اهداف زیست‌محیطی 90% اهداف موقتی است. حجم خشکه‌دار 36%، مساحت جنگل‌های پهن‌برگ 9% و مساحت جنگل‌های کهن‌سال باید 4,5% افزایش یابد. در حالت سوم اهداف زیست‌محیطی 10% بیش‌تر از اهداف موقتی است. حجم خشکه‌دار دست‌کم 40%، مساحت جنگل‌های پهن‌برگ 11% و مساحت جنگل‌های کهن‌سال باید 5,5% افزایش یابد. در جدول زیر مقادیر ارزش حال خالص تولید چوب در حالت‌های مختلف برنامه‌ریزی و بدون برنامه‌ریزی آورده شده است. همان گونه که دیده می‌شود ارزش حال خالص تولید چوب با وجود اهداف زیست‌محیطی کم‌تر از زمانی است که اهداف زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی‌های طرح جنگل‌داری لحاظ می‌شود.

جدول (1). مقادیر فازی بیش‌ترین ارزش تولید چوب در حالت‌های مختلف

| | بیش‌ترین ارزش حال‌خالص (میلیون ریال) | | |
|---|---|---|---|
| | وسط | چپ | راست |
| حالت 1 | 1482698 | 1339898 | 1641563 |
| حالت 2 | 1637865 | 1478363 | 1817003 |
| حالت 3 | 1278315 | 1156425 | 1414613 |
| بدون هدف زیستی | 3274838 | 2938238 | 3664733 |

ماخذ: طرح جنگل‌داری زرین آباد

مقادیر آورده شده در جدول (2) مقادیری است که باید در اهداف طرح‌ریزی شده‌ي هر کدام از برنامه‌ها به‌دست آید.

جدول (2). مقادیر هدف خشکه‌دار، جنگل پهن‌برگ و جنگل کهن‌سال در مراحل مختلف مطالعاتی

| | خشکه دار ($mm^3$) | | | | پهن‌برگ | کهن‌سال |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | وسط | چپ | راست | d(d') | | |
| ارزش جاري | 4,81 | 4,59 | 5,04 | 4,81 | 207,75 | 1424,25 |
| ارزش هدف | | | | | | |
| حالت 1 | 6,74 | 6,43 | 7,65 | 6,74 | 228,75 | 1495,5 |
| حالت 2 | 6,54 | 6,34 | 6,86 | 6,55 | 226,5 | 1488,75 |
| حالت 3 | 6,93 | 6,61 | 7,26 | 6,93 | 231 | 1503 |
| بیش‌ترین ارزش | 7,09 | 6,49 | 7,68 | 7,09 | 305,25 | 2705,25 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

## نتایج و بحث

براي هر مورد از اهداف 5 برنامه‌ي مدیریتی طرح ریـزي شـده اسـت. حجـم خـشکه‌دار در میزان خشکه‌دار تولید شده، مساحت جنگل‌هاي قدیمی، و مساحت جنگل‌هاي پهن‌برگ اشـاره به این موارد در ابتداي دوره‌ي دوم دارد. هم‌چونین حجـم برداشـت چـوب در طـول زمـان و ساختار سنی جنگل در پایان دوره‌ي برنامه‌ریزي براي نشان دادن تفاوت میـان طـرح مـدیریتی نشان داده شده است. ارزش حال خالص و مقادیر متناظر سه هدف زیست‌محیطی مرتبط با هـر کدام از برنامه‌های طراحی شده در جدول‌های زیـر داده شـده اسـت. جـدول 3 پـنج برنامـه‌ي مدیریتی مرحله‌ي اول را نشان می‌دهد. مقادیری که در ستون دوم دیده مـی‌شـود حاصـل‌جمـع متغیرهای اساسی است. برنامه‌ي مدیریتی A1 در فضای تصمیم گیری کاملا متفاوت از برنامه‌ي مدیریتی A0 است. در تمامی 5 برنامه‌ي مـدیریتی طراحـی شـده در ایـن مرحلـه فقـط مقـدار

خشکه‌دار یک محدودیت الزام‌آور است. مساحت جنگل‌هاي کهن‌سال در هر 5 برنامه‌ي مدیریتی متفاوت است. جدول زیر برنامه‌ی مدیریت در مورد یک را نشان می‌دهد.

جدول (3). ارزش حال خالص، حجم خشکه دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در 5 برنامه‌ی مدیریتی، مورد یک

| کهن‌سال | پهن‌برگ | خشکه‌دار($mm^3$) | | | ارزش‌حال خالص | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | راست | چپ | وسط | راست | چپ | وسط | | |
| 1875,75 | 305,25 | 7,31 | 6,17 | 6,75 | 1640563 | 1339898 | 1482698 | - | A0 |
| 1812 | 305,25 | 7,31 | 6,16 | 6,75 | 1483208 | 1202070 | 1333395 | 0 | A1 |
| 1869 | 305,25 | 7,31 | 6,16 | 6,75 | 1479510 | 1204493 | 1334033 | 710,25 | A2 |
| 1870,5 | 305,25 | 7,31 | 6,17 | 6,75 | 1482953 | 1202325 | 1333395 | 1413 | A3 |
| 1837,5 | 305,25 | 7,31 | 6,16 | 6,75 | 1478363 | 1205258 | 1334160 | 1693,5 | A4 |

ماخذ: یافته‌هاي تحقیق

جدول (4)، 5 برنامه‌ی مدیریتی را براي مورد مطالعاتی دوم نشان می‌دهد. ارزش حال خالص در این برنامه متغیر است. میزان خشکه‌دار در این برنامه برآورده شده ولی مساحت هدف جنگل‌هاي پهن‌برگ و کهن‌سال برآورده نشده است. مقدار $D^*$ اشاره به تفاوت میان برنامه‌ی مدیریتی B1 و B0 در فضای تصمیم گیری دارد. هم‌چونین خشکه دار مانند مرحله‌ي گذشته یک محدودیت الزام‌آور است.

جدول (4). ارزش حال خالص، حجم خشکه‌دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در 5 برنامه‌ی مدیریتی، مورد 2

| کهن‌سال | پهن‌برگ | خشکه‌دار($mm^3$) | | | ارزش‌حال‌خالص | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | راست | چپ | وسط | راست | چپ | وسط | | |
| 1658,25 | 305,25 | 7,1 | 5,98 | 6,55 | 1817003 | 1478363 | 1637865 | - | A0 |
| 1588,5 | 302,25 | 7,11 | 5,98 | 6,55 | 1639140 | 1328168 | 1473390 | 0 | A1 |
| 1686,75 | 3305,25 | 7,11 | 5,98 | 6,55 | 1639905 | 1326765 | 1473645 | 60,75 | A2 |
| 1785 | 305,25 | 7,09 | 6 | 6,55 | 1635570 | 1330590 | 1473900 | 1045,5 | A3 |
| 1660,5 | 305,25 | 7,1 | 5,98 | 6,55 | 1637738 | 1328933 | 1473645 | 1409,25 | A4 |

ماخذ: یافته‌هاي تحقیق

جدول (5)، 5 برنامه‌ی مدیریتی در مرحله‌ي سوم را نشان می‌دهد. در این مرحله تفاوت چندانی میان برنامه‌های مدیریتی دیده نمی‌شود، زیرا اهداف زیست‌محیطی در این مرحله با محدودیت مواجه است. در تمام 5 برنامه‌ی مدیریتی فقط محدودیت خشکه‌دار الزام آور است

جدول (5). ارزش حال خالص، حجم خشکه‌دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در 5 برنامه‌ی مدیریتی، مورد 3

| کهن‌سال | پهن‌برگ | خشکه‌دار ($mm^3$) | | | ارزش‌حال خالص | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | راست | چپ | وسط | راست | چپ | وسط | | |
| 2073,75 | 305,25 | 7,51 | 6,36 | 6,93 | 1414613 | 1156425 | 1278315 | - | A0 |
| 2073,75 | 305,25 | 7,51 | 6,36 | 6,93 | 1277678 | 1037595 | 1149923 | 18 | A1 |
| 2073,75 | 305,25 | 7,51 | 6,36 | 6,93 | 1278953 | 1037085 | 1149540 | 1752 | A2 |
| 2073,75 | 305,25 | 7,51 | 6,36 | 6,93 | 1278188 | 1037340 | 1149668 | 1940 | A3 |
| 2073,75 | 305,25 | 7,51 | 6,36 | 6,93 | 1272323 | 1040910 | 1150943 | 1988 | A4 |

ماخذ: یافته‌هاي تحقیق

## نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

نگرانی‌هاي زیست‌محیطی مهم‌ترین بخش منافع عمومی در مدیریت پایدار جنگل است. در مدیریت پایدار جنگل هدف حفاظت ژنتیکی به اندازه‌ي هدف تولید چوب اهمیت دارد. هدف از مطالعه‌ي حاضر حفظ سلامت جنگل همراه با تولید چوب در جنگل‌هاي زریـن آبـاد اسـت. این مطالعه با روش فازي انجام شده است که NPV تولید چوب را با توجه به محدودیت‌هـاي حفاظت جنگل بیش‌ترین می‌کند. سه مورد با سطوح مختلف اهداف زیست‌محیطی با توجه بـه اهداف اولیه‌ي حفاظت جنگل در این مطالعه تعریف شده است. هر مورد با روش برنامه‌ریـزي براي ایجاد گزینه حل می‌شود. نتایج حاصل از جدول (1) نشان می‌دهد که اگر اهـداف مـوقتی در مدیریت جنگل برقرار شود، NPV حدود 45% کاهش می‌یابد. طبـق ایـن نتـایج در راه‌حـل شماره‌ي یک این کاهش معادل 1792140، 1598340، و 2023170، براي راه‌حـل شـماره‌ي دو 1636973، 1459875، و 1847730، و براي راه‌حل سـوم 1996523، 1781813، و 2250120 است. این اهداف گرچه درآمد حاصل از برداشت چوب را کاهش می‌دهد، اما بـرآورد اثرهـاي حفاظت از جنگل بسیار بیش‌تر خواهد بود. تغییرات قیمت چوب باید بـه گونـه‌یـی باشـد کـه برداشت چوب را کاهش دهد. این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش حجم خشکه‌دار بـیش‌تـرین محدودیت را دارد، زیرا سبب کاهش قابل توجهNPV می‌شـود. هـدف افـزایش خـشکه‌دار بـا افزایش چرخش سنی به‌دست می‌آید. زیرا در جنگل‌هـاي کهـن‌سـال شـاخه‌هـاي خـشکیده‌ي بیش‌تري وجود دارد. هم‌چونین هدف افزایش مساحت جنگل‌هاي کهن‌سال نیز ممکن است بـه صورت یک محدودیت در کاهش هزینه‌های دست یابی به اهداف زیست‌محیطـی باشـد. بـراي نمونه این محدودیت با افزایش کم‌تر از 20% حجم خشکه‌دار الزام‌آور می‌شود. در هر صـورت دست‌رسی به اهداف زیست‌محیطی این برنامه‌ریزی‌ها با پذیرش هزینه‌هـای بـالاتر امکـان‌پـذیر است. همان گونه که دیده شد، در نظر گرفتن اهداف زیستی بـرای حفاظـت جنگـل‌هـا باعـث کاهش سود بهره‌برداران می‌شود. از آن‌جا که روند تخریب جنگل و سـطح بهـره‌بـرداري از آن بیش‌تر از سرعت بازسازي آن است، و این روند منابع طبیعی جنگلی و دیگر منـابع وابـسته بـه

آن را با خطر جدی مواجه کرده است، برای برقراری این اهداف در طرح‌های جنگل‌داری مشوق‌ها یا قوانینی لازم است تا این کاهش سود را جبران نماید.

## منابع

احسنی، ن. اولادی، ج. قصریانی، ف. و درویش، م. (1386). معرفی شیوه‌یی برای اعمال مدیریت پایدار بر سرزمین، بر مبنای معیارهای IUCN استان کردستان، منطقه‌ی کوسالان مریوان. فصل‌نامه‌ی علمی–پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، 14 (4): 558-539.

جمزاد، ز. (1379). تنوع گونه‌های گیاهی در ایران و نقش باغ‌های گیاه‌شناسی در شناخت و حفاظت از آن‌ها. مجموعه‌ی مقالات دیرین شناسی و تنوع زیستی، انتشارات دایره سبز، ص 376.

حسنی مهر، ص. (1375). مدیریت پایدار جنگل و بهره‌برداری بهینه. مجموعه‌ی مقالات دومین هم‌آیش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران، گرگان، 34-25.

شادی طلب، ژ. (1381). ابعاد اجتماعی در مدیریت جنگل. مجله‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه، (37): 193-220.

شانجانی، پ. (1386). رویکرد حفاظتی به منابع ژنتیکی جنگل‌های شمال کشور. جنگل و مرتع، 68 و 69.

صبوحی، م. و سلطانی، غ. (1375). مدل سازی ایجاد آلترماتیو، ابزاری در برنامه‌ریزی کشاورزی. اولین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه سیستان و بلوچستان.

گرگین‌کرجی، م. (1383). راهبرد مدیریت بهره‌برداری پایدار بر اساس اصول اکولوژیک در کمازاران سارال کردستان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی منابع طبیعی گرایش مرتع‌داری.

مرادی، ز. (1386). بررسی الگوی مناسب مدیریت پایدار جنگل‌های حاشیه رودخانه‌یی استان کردستان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی جنگل‌داری و فن‌آوری چوب.

دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعی گرگان، 20-14.

Ananda, J. and Herath, G. (2008). Multi-attribute preference modeling and regional. Ecological Economics, 65(2): 325-335.

Ananda, J. and Herath, G. (2008). In search of a natural system sustainability index. Ecological Economics, 49(3): 401-405

Balteiro, L. and Romero, C. (2004). Sustainability of forest management plans: a discrete goal programming approach. Journal of Environmental Management, 49: 351-359.

Brill, E.D., (1979). The use of optimization model in public sector planning. Management Science, 25(5): 413-422.

Brill, E.D., (1982). Modeling to Generate alternative (MGA) techniques to forest level planning. Journal of Environmental Management, 18(4): 221-235.

Burger, A.J. (2009). Management effect on growth, production and sustainability of management forest ecosystem: Past trends and future directions. Forest Ecology and Management, 53(2) 2335-2346.

Cadenas, J.M. and Verdegay, J.L. (2000). Using ranking functions in multi-objective fuzzy linear programming. Fuzzy Set and System, 47-53.

Campbell, L. and Verdegay, J.L. (1988). Adapting modeling to generative (MGA) techniques to forest level planning. Journal of Environmental Management, 26: 151-161.

Campson, L. and Verdegay, J.L. (1989). Linear programming problem and ranking of fuzzy numbers.Fuzzy Sets and Systems, 32: 1-11.

Chang, S.Y., Brill. E.d. and Hopkins, L.D. (1983). Modeling to generate alternatives: a fuzzy approach. Fuzzy Set and System, 9: 137-151.

Iliadis, L.S. (2005). A decision support system applying an integrated fuzzy model for long-term forest fire risk estimation. Environmental Modeling and Software, 20(53): 613-624.

Kangas, A., Laukkanen, S. and Kangas. J. (2006). Social choice theory and its applications in sustainable forest management. Forest Policy and Economics, 45(2): 77-92.

Kant, S. and Lee, S. (2004). A social choice approach to sustainable forest management: an analysis of multiple forest value in Northwestern Ontario. Forest Policy and Economics, 6(4): 215-277.

Kotwalm P.C. Omprakash, M.D., Gairola, S. and Dugaya, D. (2007).Ecological indicators: Imperative to sustainable forest management.

Ecological Indicators, 5(1): 104-107.

Mendoza, G. and Prabhu, R. (2003). Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. Forest Ecology and Management, 4(10): 329-343.

Mohadjer, R. (2003). The global position of the Caspian forests. International Conference in Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine, 37: 82.

Namkoong, G. (1984). Strategies for gene conservation in forest tree breeding. In: Eastman, C. W.

Kafton, D. and Wilkes, G. (Eds) Plant genetic resources. A conservation imperative. Am. Assoc. Sci. Selected Symposium 87. West view Colorado.

Nayak.R.C, and Panda, R.K. (2001). Integrated management of a canal command in a river delta using multi-objective techniques. Water Resources Management, 15(6): 393-401.

Peng, C. (2000). Understanding the role of forest simulation models in sustainable forest management, 20(4): 481-501.

Seely, B., Nelson, Wells, R., Peter, B., Meitner, M., Anderson, A., Harshaw, H.,Sheppard, S., Bunnell, F,L., Kimmins, H. and Harrison, D. (2004).The application of a hierarchical, decision – support to evaluate multi _ objective forest management strategies: a case study in northeastern British Colombia, Canada. Forest Ecology and Management, 199: 283-305.

Wang, X. and Kerre, E.E, (2001). Reasonable prosperities for the ordering of fuzzy quantities. Fuzzy Sets and System,118(3): 275-385.

Yao, J. and Wu, K. (2000). Ranking fuzzy numbers based on decomposition principle and signed distance. Fuzzy Set and System, 116(2): 275-288.

Zavala, M.A. and Oria, J.A. (2000). Preservating biological diversity in managed forest: a meeting poing for ecology and forestry. Landscape and Urban Planning, 31: 363-378.

Zou, W. and Gong, P. (2004). Economic effects of environmental concerns in forest management: an analysis of the achieving environmental goals. Journal of Forest Economics, 10(2): 97-113.