اقتصاد کشاورزی/ جلد ۵/ شماره‌ی ٤/ صفحه‌های ۲۲۹-۲۱۱

مدیریت پایدار جنگل زرین‌آباد شهرستان ساری، با استفاده از کاربرد برنامه‌ریزی فازی و مدل‌سازی ایجاد گزینه

محمود صبوحی و صغری درویشی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸

چکیده

در این مطالعه اثرهای اقتصادی برداشت چوب با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی با سطوح مختلفی از اهداف زیست‌محیطی بر مدیریت جنگل‌های زرین‌آباد بررسی می‌شود. اهداف زیست‌محیطی شامل افزایش میزان برداشت خشکه دار، افزایش مساحت جنگل‌های پهن‌برگ و مساحت جنگل‌های کهن‌سال است. این تحلیل با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی انجام شد که ارزش حال خالص تولید چوب را با توجه به محدودیت‌های تعریف شده بیش‌ترین می‌کند و با روش MGA[2] برنامه‌های مدیریتی متفاوتی برای سال‌های متمادی در فضای تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند. این برنامه به‌طوری است که در پایان افق برنامه‌ریزی اهداف زیست‌محیطی که شامل برداشت بیش‌تر خشکه‌دار، افزایش مساحت جنگل‌های پهن‌برگ، و افزایش سن جنگل است، و اهداف اقتصادی که شامل بیش‌ترین کردن ارزش خالص حال است، برآورده گردد. داده‌های مورد نیاز مانند مساحت جنگل‌های کهن‌سال، نوع درختان، سن جنگل و دیگر اطلاعات مربوط به ۳ طرح ده ساله جنگل‌داری منطقه‌ی مورد مطالعه، از اداره‌ی منابع طبیعی شهرستان و هزینه‌های ثابت و متغیر برداشت چوب و احیای جنگل از شرکت نکا چوب جمع آوری شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی اجرای اهداف زیست‌محیطی و کاهش ارزش حال خالص است.

طبقه‌بندی JEL: C02,Q

واژه‌های کلیدی: جنگل، مدل‌سازی ایجاد گزینه، برنامه‌ریزی فازی

[1]- به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

Email:sabouhi39@gmail.com

2. Modeling to Generate Alternative

مقدمه

ارزنده‌ترین جنگل‌های کشور بر روی دامنه‌های خاوری کوه‌های طوالش (آستارا تا انزلی) قرار دارد. این جنگل‌های پهن‌برگ در جهان منحصر به فرد است، و امتیازات فراوانی از نظر زیبایی طبیعت، جذب توریست، تعادل اکوسیستم، پوشش گیاهی، حاصل‌خیزی خاک، حفظ آب‌ها و دیگر مسایل دارد (طرح جنگل‌داری سری یک زرین آباد ۱۳۸۵). دید ساده‌انگارانه از جنگل به عنوان منبعی اقتصادی برای تأمین فرآورده‌های چوبی باعث تخریب منابع جنگلی موجود در سده‌ی کنونی شده است. این در حالی است که ارزش جنگل‌ها و پوشش گیاهی برای حفظ محیط زیست به مراتب فراتر از نقش اقتصادی آن به عنوان منبع تولید چوب است (صالحی شانجانی، ۱۳۸۵). ایران با وسعت ۱٦٤۸۱۹۵ کیلومتر مربع در مرکز یک چهارراه اقلیمی واقع گردیده و وارث تنوع زیستی گسترده‌یی است. تاکنون بالغ بر ۸۰ گونه‌ی درختی عمدتا پهن‌برگ و چهار گونه‌ی سوزنی‌برگ بومی و ۵۰ گونه درختچه در جنگل‌های خزری مورد شناسایی قرار گرفته است. از ۱۷۰۰ گونه‌ی انحصاری ایران حدود ۱۰۰ گونه در ناحیه‌ی هیرکانی قرار دارد (جمزاد، ۱۳۷۹). اهمیت و جایگاه جنگل‌های خزری و در میان آن‌ها راشستان‌های شمال ایران، از نظر ارزش و قدمت جنگل‌ها به عنوان میراث جهانی اخیرا در جوامع داخلی و جهانی مورد تاکید قرار گرفته است (Knapp; 2000Sagheb-Talebi2003,). بر اساس تصاویر ماهواره‌یی مساحت جنگل‌های شمال کشور در سال‌های ۱۹۷٤-۱۹۷۵، ۲ میلیون و٦٤۰ هزار هکتار بود. این رقم میان سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۸۹ به حدود ۲ میلیون و ٤۸۰ هزار هکتار و در سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۲ به حدود ۲ میلیون و ۵۰ هزار هکتار کاهش پیدا کرد. به این ترتیب از ۲۲٪ کاهش مساحت این جنگل‌ها در ۳ دهه‌ی اخیر بیش از ۱۷٪ در ۲۰ سال قبل بوده است (صالحی شانجانی، ۱۳۸۵). بنا به مفهوم توسعه‌ی پایدار منابع جنگلی (مدیریت استفاده‌ی صحیح از منابع طبیعی در محدوده‌ی ظرفیت آن‌ها برای تضمین تجدید حیات و استمرار جنگل‌ها) تنها ابزار شناخته شده برای تحقق مفهوم فوق، اجرای طرح‌های جنگل‌داری است که با استفاده از علم جنگل‌شناسی و ایجاد ارتباط منطقی میان سامانه‌های طبیعی (محیط

زیست)، تکنولوژی و اقتصاد، رابطه‌ی انسان با جنگل را می‌توان به تعادلی معقول رساند.

از آن‌جا که ملاحظات زیست‌محیطی در بهره‌برداری 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 ۲۰۰٤، حفظ و نگه‌داری تنوع زیستی در مدیریت جنگل را مطالعه کردند. تنوع زیستی مفهوم پیچیده‌یی است که جنبه‌های مختلفی از اکوسیستم را شامل می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری موثر و قابل استفاده از تنوع زیستی نامحتمل است. به‌علاوه، ارتباط آن با پایداری از بحث‌های طولانی در موضوعات اکولوژیایی است. نتایج نشان داد که روش‌های حفاظت زیستی به تنهایی برای حفاظت از تنوع در زمین‌های مدیریت شده مناسب نیست و باید با روش‌های دیگری که با محدودیت‌های اقتصادی محاسبه می‌شود، کامل گردد. بالتیرو و رومرو[2] در سال ۲۰۰٤ شاخص‌های پایداری سیستم‌های طبیعی را تجزیه و تحلیل و بررسی کردند. این مطالعه، یک شاخص پایداری برای سیستم طبیعی بر طبق چندین شاخص پایداری را پیش‌نهاد کرد. شاخص پیش‌نهادی، می‌تواند برای رسیدن به تعادل یا توافق میان راه‌حل‌های مهندسی از بیش‌ترین پایداری بهم پیوسته و یک راه حل اکولوژیایی از بیش‌ترین تعادل پایدار سیستم، استفاده شود. کانت و لی[3]، در سال ۲۰۰٤ روش انتخاب اجتماعی را برای مدیریت پایدار جنگل‌های شمال غربی آنتاریو به‌کار بردند. در استفاده از این روش، ترجیحات مردم برای ارزش‌های مختلف مربوط به جنگل از اعضای ٤ گروه جنگلی در شمال غربی آنتاریو جمع‌آوری شد. ترجیحات درون گروهی برای ٤ گروه کامل و ترجیحات پنهان گروهی با ابزارهای آماری غیر پارامتری مقایسه شد، و سرانجام یک زمینه با مفهوم توسعه‌ی حداکثر رفاه اجتماعی مخصوص ترجیحات پنهانی گروها که دارای نقش برجسته و پررنگی بود، فراهم

---

[1] Zavala and Orio

[2] Baltiero and Romero

[3] Kant and Lee

شد کوتوال و همکاران[1]،در سال۲۰۰۷ شاخص‌های اکولوژیایی را ضرورتی برای مدیریت پایدار جنگل در هند دانستند. اندازه‌گیری پایداری جنگل در این مطالعه توسط مجموعه‌یی از معیارها و شاخص‌ها در فرم و شکلی از روش بهوپال–هند انجام شد. روش بهوپال–هند ۸ معیار و ٤۳ شاخص مخصوص دارد. ٤ معیار به طور انحصاری به بعد اکولوژی با ۲۱ شاخص نسبی وابسته است. بنابراین، نیمی از شاخص‌ها و معیارها به بعد اکولوژیایی که پایداری بیش‌تری از جنگل‌ها ارایه می‌دهد مربوط است، و معیارهای دیگر، به جنبه‌ی اقتصادی و اجتماعی با شاخص‌های نسبی مربوط می‌شود. کانگاس و همکاران [2] در سال ۲۰۰٦، نظریه‌ی انتخاب اجتماعی و کاربردهای آن در پایداری مدیریت جنگل را مطالعه کردند. در این مطالعه ابتدا از روش فازی استفاده شد، و در مرحله‌ی بعد اصطلاح تصمیم‌گیری چند معیاره وارد، و کاربردهایی از مدیریت منابع طبیعی توضیح داده شد. نتایج نشان داد که روش حمایتی تصمیم‌گیری برای اجرا در میان گروه بزرگی از مردم مرتبط با یکدیگر مناسب است. بالتیرو و رومرو در سال ۲۰۰٤، مدیریت پایدار جنگل را با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی گسسته در جنگل‌های اسپانیا طراحی کردند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود، n گزینه‌ی برنامه‌ی جنگل را برای ارزیابی m شاخص پایداری در نظر گرفتند. متخصصان مجموعه‌یی از هدف‌ها را برای m شاخص پایداری در نظر گرفته شده پیش‌نهاد کردند. مساله‌ی مهم در مطالعه‌ی آن‌ها تعیین سیستم جنگل با سطح بالایی از اهداف قابل قبول برای متخصصان و با m شاخص پایداری بود. پنگ[3] در سال ۲۰۰۰، مدیریت پایدار جنگل را با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی مطالعه کرد. نتایج نشان داد که شکافی میان جنگل‌شناسان و بوم‌شناسان در توسعه و استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی جنگل وجود دارد. هم‌چونین مدل‌های گفته شده در یک سیستم حمایتی تصمیم‌گیری که ابزار مهمی برای ارزیابی پایداری 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 ۲۰۰۳ فرضیه‌ی مجموعه‌ی فازی جزیی را برای ارزیابی مفاهیم کلی، تعریف پایداری و تعیین معیارها و شاخص‌هایی از پایداری جنگل و روش‌های استفاده از آن به‌کار بردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که معیارها شاخص‌های ابزاری برای توصیف پایداری جنگل است. عناصر پایداری و مفهوم مجموعه‌های فازی که شامل توابع عضویت در زمینه‌ی مدیریت پایدار جنگل است، توصیف شد. به علاوه، عمل‌گرهای فازی با مفاهیم عملیاتی پایدار ترکیب و به عنوان معیارها و شاخص‌های اسمی بررسی شد. ایلادیس[2] در سال ۲۰۰۵ سیستم حمایت تصمیم‌گیری کاربردی در ترکیب با مدل فازی را برای تخمین خطر و خطر آتش‌سوزی طولانی‌مدت جنگل‌ها با استفاده از تابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌یی بررسی کرد. سیی [3]در سال ۲۰۰٤، راه‌بردهای ارزیابی مدیریت چندهدفی جنگل را با کاربرد روش سلسله مراتبی سیستم حمایتی تصمیم‌گیری برای ۲۸۸ هزار هکتار جنگل در شمال غربی کلمبیا بررسی کردند. در این تحقیق سیستم حمایت تصمیم برای تجزیه و تحلیل روش‌های مدیریتی که به بیان اهمیت اثر تخریب‌های طبیعی، سود و خطر را برای بیان نتایج گروه‌های مدیریتی مورد بحث قرار دادند بکار رفته است. نایاک و پاندا[4] در سال ۲۰۰۱، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی هدف خطی فازی، یک مدل حمایت تصمیم‌گیری برای مدیریت منابع آب و زمین در ماهانادی 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 ۲۰۰۸، زمان‌بندی برداشت بهینه‌ی اکالیپتوس را در گالیسیای اسپانیا تعیین کردند. نتایج تحقیق نشان داد که AHP[6] می‌تواند مشارکت عمومی را به صورت رسمی وارد تصمیم‌گیری 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 ۲۰۰۹، تحقیقی با عنوان مرور اثر مدیریت بر رشد، تولید و مدیریت پایدار اکوسیستم جنگل انجام داد. شادی طلب در سال ۱۳۸۱، ابعاد اجتماعی در جنگل را با هدف یافتن پیش‌نهاد سیاست‌های اجتماعی در مدیریت جنگل مطالعه کرد. این مطالعه، بخشی از یافته‌های پژوهشی را که در جنگل‌های شمال ایران انجام گرفته است نمایان ساخت، و نیز سیاست‌های خاصی را بر اساس راه‌بردهای هم‌زیستی (بهبود کل نظام جنگل‌نشین) و یا جابه‌جایی (راه‌کارهای خاص خانواده‌های ساکن در آبادی‌های کوچک و شاغلان در شهرها، ولی ساکن در روستاهای جنگلی)، را پیش‌نهاد کرد. گرگین کرجی در سال ۱۳۸۳، راه‌برد مدیریت بهره‌برداری پایدار بر اساس اصول اکولوژیایی در کماران سارال کردستان را بررسی کرد. یافته‌ها نشان داد که بهره‌برداری سنتی که نوعی رفتار اکولوژیایی است، لطمه‌یی به پوشش گیاهی و خاک مرتع وارد نمی‌سازد. در چهارچوب این راه‌برد، مدیریت و بهره‌برداری پایدار با تغییرات اندکی در مدیریت سنتی شیوه‌ی دام‌داری منطقه، کاهش تعداد دام و اجرای روش تاخیری تناوبی برای جلوگیری از انقراض گونه‌های گیاهی غالب در منطقه و دست‌یابی به پایه‌های مادری قوی توصیه شد. مرادی در سال ۱۳۸٦، بررسی الگوی مناسب پایدار جنگل‌های حاشیه‌ی رودخانه‌یی استان کردستان را بررسی کرد. نتایج نشان داد، تیپ بید و تیپ بید–گز برروی‌هم با ۵۸٪ بیش‌ترین تیپ را تشکیل داده اند. بیش‌ترین میزان تخریب مرتبط به سیلاب و چرای دام بود. احسنی و همکاران در سال ۱۳۸٦، شیوه‌یی برای اعمال مدیریت پایدار بر سرزمین در استان کردستان منطقه‌ی کوسالان مریوان معرفی کردند. نتایج نشان داد که برای شناسایی و تهیه‌ی نقشه‌های منابع طبیعی زیست‌محیطی مناطقی با توپوگرافی شدید و نبود دست‌رسی آسان برای حفاظت، می‌توان از تکنیک‌های سنجش از دور سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[2] بهره گرفت.

---

[1] James .A. Burger

[2] .Geographical Information System

روش تحقیق

جنگل زرین‌آباد در ۱۱ کیلومتری جنوب شرقی ساری قرار دارد، و به دلیل مجاورت با روستای زرین‌آباد به این نام خوانده می‌شود. یادآوری می‌شود که طرح‌های جنگل‌داری ده ساله است که **درو نمای** مدیریت جنگل در آن ترسیم می‌شود (کتابچه‌ی طرح جنگل‌داری زرین آباد سری یک، اداره‌ی منابع طبیعی استان مازندران، ۱۳۸٦). در این مطالعه طرح جنگل‌داری زرین آباد انتخاب شده است، که شامل ۲۰ قطعه است، و بزرگ‌ترین آن ۷۹/۹ هکتار و کوچکترین آن۲۷/٤ هکتار وسعت دارد. میانگین مساحت قطعات ٤٥/۸ هکتار است.

مدل برنامه‌ریزی ایجاد گزینه

در حل مسایل برنامه‌ریزی کشاورزی، ممکن است جواب‌های نزدیک به بهینه از خود جواب‌های بهینه بهتر باشد. این گفتارِ ظاهرا دارای تناقض، با نگاهی به اختلاف میان بهتر در جهان واقعی و بهینه در دنیای ریاضی بیش‌تر آشکار می‌شود. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به دلایل زیر نمی‌توانند به‌طور کامل جهان واقعی را منعکس کنند:

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

۲- تمامی گزینه‌های ممکن به‌طور کامل مشخص نشده است.

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

بنابراین ممکن است جواب بهینه‌ی الگویی شناخته شده بهترین جواب برای مساله نباشد. در میان برخی از محققان گرایش به سوی مدل‌های 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. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در مقیاس بزرگ، دارای معایبی است، مانند پیچیدگی، نیاز به اطلاعات زیاد، مخارج زیاد، ضعیف بودن از لحاظ مبانی نظری و دیگر مسایل مورد نظر. اصولا جواب‌هایی که از حل مدل‌های بزرگ به‌دست می‌آید بیش‌تر منجر به دیدگاهی در رابطه با جواب‌های روش کار می‌شود تا دیدگاهی برای خود مساله‌ی تصمیم‌گیری. یک مدل پیچیده

ممکن است کم‌تر از یک مدل ساده به جهان واقع مربوط باشد؛ این نه‌تنها به‌دلیل این است که مدل‌های پیچیده ممکن است جهان واقعی را کم‌تر منعکس کنند، بل‌که درک مدل‌های پیچیده برای تصمیم‌گیرندگان نیز بسیار مشکل است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تحلیل‌گر سیستم‌ها باید سعی کند که اطلاعات مورد نیازش را از مدل‌های ساده استخراج کند، نه این که این کار را با ساختن مدل‌های پیچیده مشکل کند. یک راه ساده برای این کار مدل‌سازی ایجاد گزینه یا برنامه‌ریزی خطی بهینه‌ی تقریبی است (صبوحی و سلطانی، ۱۳۷۵).

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. برای رفع این مشکل MGA مورد استفاده قرار گرفته‌است. نبود حتمیت نیز نیاز به محاسبه دارد. برای 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، برای یافتن این نبود قطعیت، برنامه‌ریزی خطی فازیFLP به‌کار برده می‌شود (Zhou and Gong, 2004).

فرض کنید M_i برنامه‌ی مدیریتی ممکن وجود دارد که در آن $i = 1,2,..3$ و i تعداد گونه های موجود در جنگل مورد مطالعه است. ارزش خالص حال تولید چوب برای گونه‌ی iام در زمان اجرای برنامه‌ی مدیریتی kام به صورت فازی 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 فازی است که حجم هر واحد خشکه‌دار را برای گونه‌ی i در دوره‌ی t، در زمان اجرای برنامه‌ی kام نشان می‌دهد. مدل FLP به صورت زیر است (Zhou and Gong, 2004):

$$\max \quad \sum_{i=1}^{z} \sum_{k=1}^{Mi} \overset{\approx}{c}_{i,k} x_{i,k} \qquad (۱)$$

$$\sum_{i=1}^{z} \sum_{k=1}^{Mi} \overset{\approx}{d}{}^{t}_{i,k} x_{i,k} \geq d^{t}, \quad t = 2,3,..,15 \qquad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{z}\sum_{k=1}^{M_i} b^{t}_{i,k} x_{i,k} \geq b \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{z}\sum_{k=1}^{M_i} g^{t}_{i,k} x_{i,k} \geq g \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (٤)$$

$$\sum_{k=1}^{M_i} x_{i,k} = a_i , \quad t = 2,3,.. , 15 \qquad (٥)$$

$$x_{i,k} \geq 0, \; i = 1,2,... , z, \quad k = 1,2,... ,M_i \qquad (٦)$$

$X_{i,k}$ مساحت گونه‌ی iام در برنامه‌ی مدیریتی kام است. گونه‌های غالب منطقه‌ی مورد مطالعه شامل افرا، راش، گونه‌های صنعتی دیگر و گونه‌های هیزمی است. d مقدار فازی حجم هدف خشکه‌دار و. $b^{t}_{i,k}$،متغیر مجازی برابر با یک اگر جنگل در زمان اجرا برنامه‌ی kام در دوره‌ی t، پهن‌برگ باشد، و در غیر این صورت صفر است. از آن‌جایی که جنگل منطقه‌ی مورد مطالعه پهن‌برگ است، این متغیر برابر یک است. b مساحت هدف جنگل‌های پهن‌برگ $g^{t}_{i,k}$ ، متغیر مجازی برابر با یک است اگر جنگل در زمان اجرای برنامه‌ی kام کهن‌سال باشد. جنگل-های شمال کشور کهن‌سال هستند، بنابراین، این متغیر برابر یک است. g مساحت مورد نظر برای جنگل‌های کهن‌سال $a_{i,j}$ مساحت کل گونه‌ی iام. محدودیت‌های (۲) و (۳) و(٤) بازگو کننده‌ی این مساله است که هدف خشکه‌دار، هدف جنگل پهن‌برگ و هدف جنگل کهن‌سال در ابتدای دوره‌ی دوم به‌دست می‌آید. محدودیت (۵)، محدودیت مساحت است. تابع هدف (۱) و محدودیت (۲) شامل ضرایب فازی (اعداد فازی) است. در ادامه نشان داده می‌شود که چگونه یک مدل فازی به تابع خطی تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر روش‌های زیادی برای رتبه‌بندی اعداد فازی وجود دارد، که هر روشی مزایا و معایبی دارد. وانگ[1] و کر[2] در سال ۲۰۰۱ مطالعات جدیدی را در زمینه‌ی رتبه‌بندی اعداد فازی انجام دادند. روش مورد استفاده

---

1. Wang
2. Kerre

در این تحقیق، بازه‌ی معین است که توسط وو[1] و یائو[2] در سال ۲۰۰۰ پیش‌نهاد شد. از این روش به این دلیل استفاده می‌شود که تعریف آن رابطه‌ی مستقیمی با تعریف بازه‌ی معین برای مجموعه‌ی اعداد حقیقی $R = (-\infty, \infty)$ دارد، به علاوه، این مدل یکی از مدل‌هایی است که می‌تواند مدل برنامه‌ریزی خطی فازی را به مدل برنامه‌ریزی خطی ساده تبدیل کند. کادناس[3] و وردگای[4] در سال ۲۰۰۰ کامپسو[5] و وردگای در سال ۱۹۸۹ دریافتند که برخی از روش‌های رتبه‌بندی اگر به‌کار برده شود، ممکن است نتیجه‌ی آن مدل غیر خطی شود.

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

$$d(\overline{m}) = \frac{1}{4}(2m + \overline{m} + \underline{m}) \qquad (۷)$$

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

$$\overline{m} \geq \overline{n} \Leftrightarrow d(\overline{m}) \geq d(\overline{n}) \qquad (۸)$$

کادناس و وردگای در سال ۲۰۰۰ و کامپسو و وردگای در سال ۱۹۸۹ تعاریف بالا را از رتبه‌بندی دادند، که با توجه به آن مدل برنامه‌ریزی فازی (۱) تا (۵) به صورت زیر حل می‌شود:

$$\max \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{Mi}(2c_{i,k} + \overline{c}_{i,k} + \underline{c}_{i,k})x_{i,k} \qquad (۹)$$

$$\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{M_i}(2d^{t}{}_{i,k} + \underline{d}^{t}{}_{i,k} + \overline{d}^{t}{}_{i,k})x_{i,k} \geq \frac{1}{4}(2d + \underline{d} + \overline{d}), \qquad (۱۰)$$

تابع هدف (۹) ارزش فازی NPV را نشان می‌دهد. مدل فازی (۱) تا (۵) همه‌ی مسایل مهم را نشان نمی‌دهد. مهمترین هدف این تحلیل هزینه‌های دست‌یابی به اهداف موقتی مشخص در

---

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

حفاظت جنگل است. در این تحقیق نقش از برنامه‌ریزی خطی برای ایجاد تعدادی از گزینه‌ها با توجه به اهداف مورد نظر استفاده می‌شود، که هر کدام از این گزینه‌ها با یک‌دیگر متفاوت است، برای نمونه تولید چوب، با این تفاوت که در فضای تصمیم‌گیری گزینه‌های آن با یک‌دیگر تفاوت دارد. تصمیم‌ساز می‌تواند این گزینه‌ها را بیش‌تر ارزیابی کند. (Brill, 1979; Chang et al., 1983; Mendoza et al1988) این روش، نمونه‌سازی برای تولید گزینه نامیده می‌شود. در این مطالعه روش نمونه‌سازی که توسط بریل[1] و همکاران در سال ۱۹۸۲ پیش‌نهاد شد (روش HSJ[2]) به‌کار می‌رود. روش HSJ ترتیبی از گزینه‌های متفاوت بیش‌ترین شده را با کم‌ترین کردن مجموعه‌ی متغیرهای اساسی (غیر صفر) جواب قبلی و محدودیت‌های فرموله شده تولید می‌کند. الگوریتم HSJ با حل مدل برنامه‌ریزی خطی (۹)،(۱۰)و (۳) تا (۵) شروع می‌شود. جواب بهینه‌ی به‌دست آمده به عنوان گزینه‌ی مقدماتی در نظر گرفته می‌شود و A0 نامیده می‌شود. متغیرهای A0 در تابع (۹) برای تولید گزینه‌ی دوم به‌کار می‌رود که A1 نامیده می‌شود و از روش زیر به‌دست می‌آید:

$$\min\ D = \sum_{(i,k)=B} x_{i,k} \qquad (۱۱)$$

$$\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{M_I}(2c_{i,k} + \underline{c}_{i,k} + \bar{c}_{i,k})x_{i,k} \geq \frac{1}{4}(2\pi + \underline{\pi} + \bar{\pi}) \qquad (۱۲)$$

$\hat{\pi} = (\pi, \underline{\pi}, \bar{\pi})$ مقدار مورد نظر NPV است. متغیرهای اساسی A0 و A1 تابع هدف جدیدی را برای تولید گزینه‌ی A2 تشکیل می‌دهد. این روند تا زمانی که شمار مورد نظری از گزینه‌ها به‌دست آید ادامه می‌یابد. در این مقاله برنامه‌ی 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 ٤٠٪ افزایش یابد. مساحت جنگل‌های پهن‌برگ ۱۰٪ و مساحت جنگل‌های کهن‌سال نیز باید ۵٪ افزایش یابد. در حالت دوم اهداف زیست‌محیطی ۹۰٪ اهداف موقتی است. حجم خشکه‌دار ٣٦٪، مساحت جنگل‌های پهن‌برگ ۹٪ و مساحت جنگل‌های کهن‌سال باید ٤,٥٪ افزایش یابد. در حالت سوم اهداف زیست‌محیطی ۱۰٪ بیش‌تر از اهداف موقتی است. حجم خشکه‌دار دست‌کم ٤٠٪، مساحت جنگل‌های پهن‌برگ ۱۱٪ و مساحت جنگل‌های کهن‌سال باید ۵,۵٪ 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 (۱). مقادیر فازی بیش‌ترین ارزش تولید چوب در حالت‌های مختلف

	بیش‌ترین ارزش حال‌خالص (میلیون ریال)		
	وسط	چپ	راست
حالت ۱	١٤٨٢٦٩٨	١٣٣٩٨٩٨	١٦٤١٥٦٣
حالت ۲	١٦٣٧٨٦٥	١٤٧٨٣٦٣	١٨١٧٠٠٣
حالت ۳	١٢٧٨٣١٥	١١٥٦٤٢٥	١٤١٤٦١٣
بدون هدف زیستی	٣٢٧٤٨٣٨	٢٩٣٨٢٣٨	٣٦٦٤٧٣٣

ماخذ: طرح جنگل‌داری زرین آباد

مقادیر آورده شده در جدول (۲) مقادیری است که باید در اهداف طرح‌ریزی شده‌ی هر کدام از برنامه‌ها به‌دست آید.

جدول (۲). مقادیر هدف خشکه‌دار، جنگل پهن‌برگ و جنگل کهن‌سال در مراحل مختلف مطالعاتی

	خشکه دار (mm^3)				پهن‌برگ	کهن‌سال
	وسط	چپ	راست	d(d')		
ارزش جاری	٤,٨١	٤,٥٩	٥,٠٤	٤,٨١	٢٠٧,٧٥	١٤٢٤,٢٥
ارزش هدف						
حالت ١	٦,٧٤	٦,٤٣	٧,٦٥	٦,٧٤	٢٢٨,٧٥	١٤٩٥,٥
حالت ٢	٦,٥٤	٦,٣٤	٦,٨٦	٦,٥٥	٢٢٦,٥	١٤٨٨,٧٥
حالت ٣	٦,٩٣	٦,٦١	٧,٢٦	٦,٩٣	٢٣١	١٥٠٣
بیش‌ترین ارزش	٧,٠٩	٦,٤٩	٧,٦٨	٧,٠٩	٣٠٥,٢٥	٢٧٠٥,٢٥

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج و بحث

برای هر مورد از اهداف ۵ برنامه‌ی مدیریتی طرح ریزی شده است. حجم خشکه‌دار در میزان خشکه‌دار تولید شده، مساحت جنگل‌های قدیمی، و مساحت جنگل‌های پهن‌برگ اشاره به این موارد در ابتدای دوره‌ی دوم دارد. هم‌چونین حجم برداشت چوب در طول زمان و ساختار سنی جنگل در پایان دوره‌ی برنامه‌ریزی برای نشان دادن تفاوت میان طرح مدیریتی نشان داده شده است. ارزش حال خالص و مقادیر متناظر سه هدف زیست‌محیطی مرتبط با هر کدام از برنامه‌های طراحی شده در جدول‌های زیر داده شده است. جدول ۳ پنج برنامه‌ی مدیریتی مرحله‌ی اول را نشان می‌دهد. مقادیری که در ستون دوم دیده می‌شود حاصل‌جمع متغیرهای اساسی است. برنامه‌ی مدیریتی A1 در فضای تصمیم گیری کاملا متفاوت از برنامه‌ی مدیریتی A0 است. در تمامی ۵ برنامه‌ی مدیریتی طراحی شده در این مرحله فقط مقدار

خشکه‌دار یک محدودیت الزام‌آور است. مساحت جنگل‌های کهن‌سال در هر ۵ برنامه‌ی مدیریتی متفاوت است. جدول زیر برنامه‌ی مدیریت در مورد یک را نشان می‌دهد.

جدول (۳). ارزش حال خالص، حجم خشکه دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در ۵ برنامه‌ی مدیریتی، مورد یک

کهن‌سال	پهن‌برگ	خشکه‌دار (mm^3)			ارزش‌حال خالص				
		راست	چپ	وسط	راست	چپ	وسط		
۱۸۷۵,۷۵	۳۰۵,۲۵	۷,۳۱	٦,۱۷	٦,۷۵	١٦٤٠٥٦٣	١٣٣٩٨٩٨	١٤٨٢٦٩٨	-	A0
۱۸۱۲	۳۰۵,۲۵	۷,۳۱	٦,١٦	٦,۷۵	١٤٨٣٢٠٨	١٢٠٢٠٧٠	١٣٣٣٣٩٥	۰	A1
۱۸٦۹	۳۰۵,۲۵	۷,۳۱	٦,١٦	٦,۷۵	١٤٧٩٥١٠	١٢٠٤٤٩٣	١٣٣٤٠٣٣	۷۱۰,۲۵	A2
۱۸۷۰,۵	۳۰۵,۲۵	۷,۳۱	٦,۱۷	٦,۷۵	١٤٨٢٩٥٣	١٢٠٢٣٢٥	١٣٣٣٣٩٥	١٤١٣	A3
۱۸۳۷,۵	۳۰۵,۲۵	۷,۳۱	٦,١٦	٦,۷۵	١٤٧٨٣٦٣	١٢٠٥٢٥٨	١٣٣٤١٦٠	١٦٩٣,٥	A4

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (٤)، ۵ برنامه‌ی مدیریتی را برای مورد مطالعاتی دوم نشان می‌دهد. ارزش حال خالص در این برنامه متغیر است. میزان خشکه‌دار در این برنامه برآورده شده ولی مساحت هدف جنگل‌های 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 مرحله‌ی گذشته یک محدودیت الزام‌آور است.

جدول (٤). ارزش حال خالص، حجم خشکه‌دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در ۵ برنامه‌ی مدیریتی، مورد ۲

کهن‌سال	پهن‌برگ	خشکه‌دار(mm^3)			ارزش‌حال‌خالص				
		راست	چپ	وسط	راست	چپ	وسط		
١٦٥٨,٢٥	٣٠٥,٢٥	٧,١	٥,٩٨	٦,٥٥	١٨١٧٠٠٣	١٤٧٨٣٦٣	١٦٣٧٨٦٥	-	A0
١٥٨٨,٥	٣٠٢,٢٥	٧,١١	٥,٩٨	٦,٥٥	١٦٣٩١٤٠	١٣٢٨١٦٨	١٤٧٣٣٩٠	٠	A1
١٦٨٦,٧٥	٣٣٠٥,٢٥	٧,١١	٥,٩٨	٦,٥٥	١٦٣٩٩٠٥	١٣٢٦٧٦٥	١٤٧٣٦٤٥	٦٠,٧٥	A2
١٧٨٥	٣٠٥,٢٥	٧,٠٩	٦	٦,٥٥	١٦٣٥٥٧٠	١٣٣٠٥٩٠	١٤٧٣٩٠٠	١٠٤٥,٥	A3
١٦٦٠,٥	٣٠٥,٢٥	٧,١	٥,٩٨	٦,٥٥	١٦٣٧٧٣٨	١٣٢٨٩٣٣	١٤٧٣٦٤٥	١٤٠٩,٢٥	A4

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۵)، ۵ برنامه‌ی مدیریتی در مرحله‌ی 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 ۵ برنامه‌ی مدیریتی فقط محدودیت خشکه‌دار الزام آور است

جدول (۵). ارزش حال خالص، حجم خشکه‌دار و مساحت جنگل پهن‌برگ و کهن‌سال در ۵ برنامه‌ی مدیریتی، مورد ۳

کهن‌سال	پهن‌برگ	خشکه‌دار (mm^3)			ارزش‌حال خالص				
		راست	چپ	وسط	راست	چپ	وسط		
٢٠٧٣,٧٥	٣٠٥,٢٥	٧,٥١	٦,٣٦	٦,٩٣	١٤١٤٦١٣	١١٥٦٤٢٥	١٢٧٨٣١٥	-	A0
٢٠٧٣,٧٥	٣٠٥,٢٥	٧,٥١	٦,٣٦	٦,٩٣	١٢٧٧٦٧٨	١٠٣٧٥٩٥	١١٤٩٩٢٣	١٨	A1
٢٠٧٣,٧٥	٣٠٥,٢٥	٧,٥١	٦,٣٦	٦,٩٣	١٢٧٨٩٥٣	١٠٣٧٠٨٥	١١٤٩٥٤٠	١٧٥٢	A2
٢٠٧٣,٧٥	٣٠٥,٢٥	٧,٥١	٦,٣٦	٦,٩٣	١٢٧٨١٨٨	١٠٣٧٣٤٠	١١٤٩٦٦٨	١٩٤٠	A3
٢٠٧٣,٧٥	٣٠٥,٢٥	٧,٥١	٦,٣٦	٦,٩٣	١٢٧٢٣٢٣	١٠٤٠٩١٠	١١٥٠٩٤٣	١٩٨٨	A4

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

نگرانی‌های زیست‌محیطی مهم‌ترین بخش منافع عمومی در مدیریت پایدار جنگل است. در مدیریت پایدار جنگل هدف حفاظت ژنتیکی به اندازه‌ی هدف تولید چوب اهمیت دارد. هدف از مطالعه‌ی حاضر حفظ سلامت جنگل همراه با تولید چوب در جنگل‌های زرین آباد است. این مطالعه با روش فازی انجام شده است که NPV تولید چوب را با توجه به محدودیت‌های حفاظت جنگل بیش‌ترین می‌کند. سه مورد با سطوح مختلف اهداف زیست‌محیطی با توجه به اهداف اولیه‌ی حفاظت جنگل در این مطالعه تعریف شده است. هر مورد با روش برنامه‌ریزی برای ایجاد گزینه حل می‌شود. نتایج حاصل از جدول (۱) نشان می‌دهد که اگر اهداف موقتی در مدیریت جنگل برقرار شود، NPV حدود ٤٥٪ کاهش می‌یابد. طبق این نتایج در راه‌حل شماره‌ی یک این کاهش معادل ۱۷۹۲۱٤۰، ۱۵۹۸۳٤۰، و ۲۰۲۳۱۷۰، برای راه‌حل شماره‌ی دو ۱٦۳٦۹۷۳، ۱٤٥۹۸۷٥، و ۱۸٤۷۷۳۰، و برای راه‌حل سوم ۱۹۹٦٥۲۳، ۱۷۸۱۸۱۳، و ۲۲٥۰۱۲۰ است. این اهداف گرچه درآمد حاصل از برداشت چوب را کاهش می‌دهد، اما برآورد اثرهای حفاظت از جنگل بسیار بیش‌تر خواهد بود. تغییرات قیمت چوب باید به گونه‌یی باشد که برداشت چوب را کاهش دهد. این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش حجم خشکه‌دار بیش‌ترین محدودیت را دارد، زیرا سبب کاهش قابل توجهNPV می‌شود. هدف افزایش خشکه‌دار با افزایش چرخش سنی به‌دست می‌آید. زیرا در جنگل‌های کهن‌سال شاخه‌های خشکیده‌ی بیش‌تری وجود دارد. هم‌چونین هدف افزایش مساحت جنگل‌های کهن‌سال نیز ممکن است به صورت یک محدودیت در کاهش هزینه‌های دست یابی به اهداف زیست‌محیطی باشد. برای نمونه این محدودیت با افزایش کم‌تر از ۲۰٪ حجم خشکه‌دار الزام‌آور می‌شود. در هر صورت دست‌رسی به اهداف زیست‌محیطی این برنامه‌ریزی‌ها با پذیرش هزینه‌های بالاتر امکان‌پذیر است. همان گونه که دیده شد، در نظر گرفتن اهداف زیستی برای حفاظت جنگل‌ها باعث کاهش سود بهره‌برداران می‌شود. از آن‌جا که روند تخریب جنگل و سطح بهره‌برداری از آن بیش‌تر از سرعت بازسازی آن است، و این روند منابع طبیعی جنگلی و دیگر منابع وابسته به

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. (۱۳۸٦). معرفی شیوه‌یی برای اعمال مدیریت پایدار بر سرزمین، بر مبنای معیارهای IUCN استان کردستان، منطقه ی کوسالان مریوان. *فصل‌نامه‌ی علمی–پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ١٤ (٤): ٥٥٨–٥٣٩.

جمزاد، ز. (۱۳۷۹). 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 ۳۷٦.

حسنی مهر، ص. (۱۳۷۵). مدیریت پایدار جنگل و بهره‌برداری بهینه. مجموعه‌ی مقالات دومین هم‌آیش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران، گرگان، ٣٤–٢٥.

شادی طلب، ژ. (۱۳۸۱). ابعاد اجتماعی در مدیریت جنگل. *مجله ی اقتصاد کشاورزی و توسعه*، (۳۷): ۱۹۳–۲۲۰.

شانجانی، پ. (۱۳۸٦). روی‌کرد حفاظتی به منابع ژنتیکی جنگل‌های شمال کشور. *جنگل و مرتع*، ٦٨ و ٦٩.

صبوحی، م. و سلطانی، غ. (۱۳۷۵). مدل سازی ایجاد آلترماتیو، ابزاری در برنامه‌ریزی کشاورزی. اولین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. دانشگاه سیستان و بلوچستان.

گرگین‌کرجی، م. (۱۳۸۳). راه‌برد مدیریت بهره‌برداری پایدار بر اساس اصول اکولوژیک در کمازاران سارال کردستان. پایان نامه ی کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی منابع طبیعی گرایش مرتع‌داری.

مرادی، ز. (۱۳۸٦). بررسی الگوی مناسب مدیریت پایدار جنگل‌های حاشیه رودخانه‌یی استان کردستان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشکده‌ی جنگل‌داری و فن‌آوری چوب.

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۰-۱٤.

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 ˇ 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.