مدل ریاضی چند هدفه برای برنامه ریزی جنگل

اعظم دخت صفی صمغ آبادی - دانشگاه تربیت مدرس
عزیزاله معماریانی – دانشگاه تربیت مدرس
منوچهر امانی - مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

چکیده:

در این مقاله یک مدل ریاضی چند هدفه برای برنامه ریزی مدیریت جامع جنگل ارائه شده است. اهداف برنامه ریزی عبارتند از: حداکثر سازی میزان جذب کربن، ارزش فعلی خالص درآمد، حجم توده سرپا، میزان اشتغال و حداقل سازی میزان فرسایش خاک در افق برنامه ریزی. مدل برای برنامه ریزی سرزمین در حوضه آبخیز ۳۰ صفارود (رامسر) اجرا و مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مدل دارای ۹۰۴ متغیر تصمیم و ۱۰۳۷ محدودیت می‌باشد.

واژه های کلیدی:

برنامه ریزی جنگل، تصمیم گیری با معیارهای چندگانه، جذب کربن.

۱- مقدمه:

از گذشته های دور تاکنون جنگلها نیازهای مادی و معنوی محدود انسانها را تأمین کرده اند. اما در حال حاضر پاسخگویی به نیازهای متنوع، روزافزون و متضاد بشری، نیازمند استفاده از تکنیکهای علمی و کارا برای برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل می باشد. به نحوی که حیات طبیعی و استمرار خدمات متنوع جنگلها در بلندمدت تضمین گردد و منجر به بهبود وضع زندگی انسانها گردد.

برنامه ریزی جنگل، از قرن نوزدهم با هدف تأمین چوب های قطور (روکش، مبل و...) مطرح گردید و از آن زمان تکنیکهای مختلفی به این منظور ارائه و بکار گرفته شده است. مهمترین این روشها عبارتند از: مدلهای ریاضی، مدلهای شبیه سازی و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی. برهمین اساس سیستمهای مختلفی نیز برای پشتیبانی تصمیمات برنامه ریزی جنگل تهیه و ارائه شده اند.

مدلهای ریاضی از قدیمی ترین و پرکاربردترین روشهایی هستند که در برنامه ریزی جنگل بکار گرفته شده‌اند. روشهای LP، MIP، MCDM، AHP بطور گسترده در حل مسایل برنامه‌ریزی جنگل بکار گرفته شده‌اند که Hjortso&straede Clarck (1976), Bertomeu&Romero (2001), Mendoza & Prabhu(2000) (2001)نمونه‌هایی از آن هستند. به دلیل عدم قطعیت در شرایط برنامه ریزی برحسب نیاز از متغیرهای فازی Mendoza & Bare (1993) یا احتمالی Pukkala (1998) نیز در مدلسازی استفاده شده است. به دلیل حجم مسایل برنامه ریزی جنگل، استفاده از الگوریتمهای فرا ابتکاری نظیر SA, TS نیز در حل مدلهای برنامه ریزی جنگل مرسوم می باشد Winnifred & Richards (1997).

مدلهای شبیه سازی با استفاده از شناخت اجزائ اکوسیستم طبیعی و تعاملات آنها بر یکدیگر، امکان مطالعهٔ سیستم طبیعی و برنامه ریزی آنرا فراهم می‌آورد Hall (1997), Chi (2002).

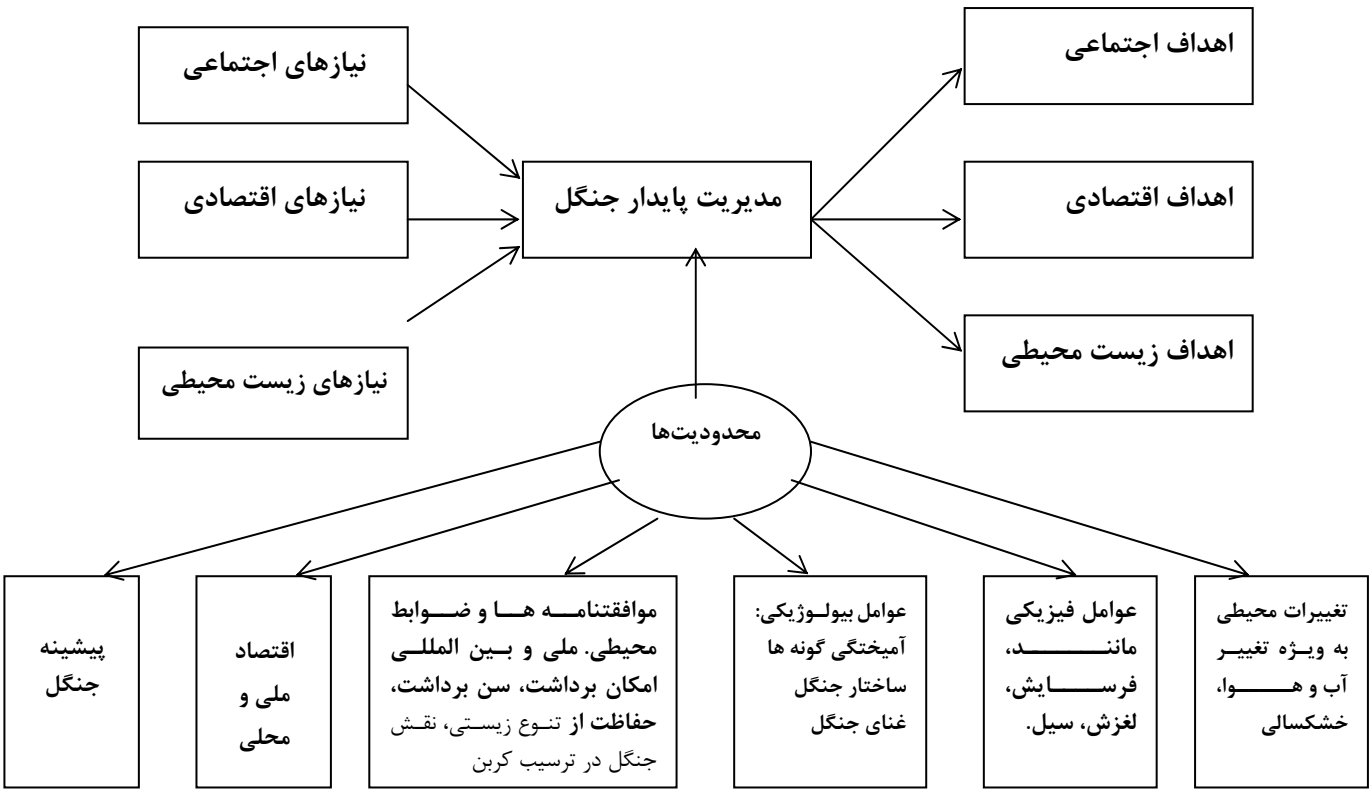
سیستمهای اطلاعات جغرافیایی نیز مجموعه ای از برنامه های کامپیوتری هستند که برای ذخیره سازی، بازیابی، ویرایش، مدیریت و کنترل داده های زمین مرجع طراحی شده‌اند و امکان نمایش گرافیکی آنها را دارند. تلفیق داده ها و نقشه های جغرافیایی و ایجاد اطلاعات تکمیلی در این سیستمها بسهولت انجام می پذیرد. این سیستمها قابلیت تلفیق با سیستمهای خبره Grabski & Mendez (1998)، مدلهای ریاضی korzukhinetal (1996) و سیستمهای شبیه سازی را دارا می باشند و پس از تلفیق با سیستمهای دیگر می توانند به عنوان ابزاری برای برنامه ریزی جنگل بکار گرفته شوند.

سیستمهای پشتیبان تصمیم برنامه ریزی جنگل با استفاده از مدلهای ریاضی، مدلهای شبیه سازی، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و یا سیستمهای خبره و یا تلفیقی از این تکنیکها به مدیران کمک می کنند تا تصمیمات بهتری در فرآیند مدیریت اکوسیستم بگیرند Rousher (1999).

در این مقاله، با استفاده از مدل ریاضی چند هدفه، برنامه ریزی برای یک منطقهٔ جنگلی در شمال ایران (حوضه ۳۰ رامسر) انجام خواهد شد. اهداف برنامه ریزی با توجه به معیارهای مدیریت پایدار جنگل و با توجه به شرایط ایران انتخاب شده اند. محدودیتهای مدل عبارتند از: محدودیت سرزمین، محدودیت منابع آب، محدودیتهای اکولوژیکی، محدودیت بودجه، محدودیت تقاضا، محدودیت نیروی انسانی و محدودیتهای فنی.
ساختار مقاله به این شرح می باشد: در بخش دوم، تعریف مسأله و مدل ریاضی مربوطه ارائه خواهد شد، در بخش سوم محل اجرا و موقعیت منطقه معرفی خواهد شد. سپس تجزیه و تحلیل نتایج و در انتها نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

۲- تعریف مسأله و مدل ریاضی:

ارتباط اجزا در مسألهٔ برنامه ریزی مدیریت جنگل مطابق شکل (۱) می باشد:



شکل ۱- ارتباط اجزا در مسألهٔ برنامه ریزی مدیریت جنگل

برنامه ریزی برای مدیریت پایدار جنگل باید پاسخگوی نیازهای اجتماع (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) باشد. در عین حال برنامه ریزی متأثر از منابع موجود و محدودیتهای مرتبط با شرایط محیطی، بیولوژیکی، قوانین، اقتصاد ملی و محلی، عوامل فیزیکی و پیشینهٔ جنگل می باشد.
مدل ریاضی برنامه ریزی جنگل در حوضهٔ ۳۰ رامسر با توجه به اهداف مدیریت پایدار جنگل طراحی گردیده است. اهداف برنامه ریزی با توجه به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به صورت زیر تعریف شده اند:

- **حداکثر نمودن اشتغال:** این هدف، یکی از اهداف اجتماعی و متأثر از نیاز اجتماع می‌باشد. با توجه به جوان بودن جمعیت این حوضه (مانند سایر نقاط کشور) ایجاد اشتغال یکی از نیازهای ضروری این منطقه می باشد زیرا در غیر اینصورت هجوم بر عرصه های طبیعی برای گذران زندگی (سوخت، چرای دام، ساخت منازل و...) روز به روز شدیدتر خواهد شد.
- **حداکثر کردن ارزش فعلی خالص سود ناخالص:** این هدف یکی از مهمترین اهداف اقتصادی است که در ادبیات تحقیق به دفعات مورد استفاده قرار گرفته است.
- **حداکثر نمودن میزان جذب و ذخیره کربن در جنگل:** این هدف با توجه به افزایش گازهای گلخانه ای و پدیده گرم شدن زمین به عنوان یکی از خدمات مهم جنگل اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

- **حداکثر نمودن حجم چوب سرپا:** این هدف، به منظور پاسخگویی به نیازهای زیست محیطی و حفظ حیات طبیعی جنگلها مورد توجه قرار گرفته است.
- **حداقل نمودن فرسایش خاک:** آب و خاک دو پدیده ضروری برای تداوم حیات بشر به ویژه در عرصه های کوهستانی می باشند، این هدف به منظور حفظ خاک به دفعات در ادبیات تحقیق مورد توجه قرار گرفته است.

محدودیتهای مدل نیز ناشی از محدودیت منابع یعنی سرزمین، منابع آب، نیروی انسانی، بودجه و محدودیتهای اکولوژیکی و فنی می باشند.

۱-۲- مدل ریاضی:

مجموعه ها:

j: نوع کاربری ($j = 1, \dots, J$).

t: دورهٔ برنامه ریزی $t = 1, \dots, T$.

k: نوع نیروی انسانی (نیروی کارشناس k=2 کارگر ساده k=1).

پارامترها:

N_{jt}: سود هر هکتار کاربری j در دورهٔ t.

LA_{jk}: نیروی انسانی با مشخصهٔ k موردنیاز برای هر هکتار کاربری نوع j (نفر- روز).

FLA_{kt}: نیروی انسانی موجود با مشخصهٔ k در دورهٔ t (نفر- روز).

S_j: میزان تغییر در فرسایش خاک به ازای اختصاص هر هکتار کاربری j .

W_j: منابع آب موردنیاز هر هکتار کاربری j.

WA_t: منابع آب موجود در دوره t.

B_j: هزینهٔ تغییر کاربری یک هکتار به کاربری j.

AI_j: مساحتی که در حال حاضر به کاربری j اختصاص یافته است.

A_j: مساحتی که می تواند به کاربری نوع j اختصاص یابد.

BS_t: بودجهٔ عمرانی بخش جنگل و مرتع در دورهٔ t

CS_j: میزان جذب کربن (یا آزادسازی کربن) برای هر هکتار کاربری j.

O_j: حجم تولید محصول اصلی کاربری نوع j در هر هکتار

D_j: میزان تقاضا برای محصول اصلی کاربری j.

WI_j: حجم چوب سرپا موجود هر هکتار کاربری j در حال حاضر

TW_t: کل حجم چوب سرپا در دورهٔ t

$Y1_{jt}$: متغیر کمکی، میزان افزایش کاربری نوع j در دورهٔ t (به هکتار)

$Y2_{jt}$: متغیر کمکی، میزان کاهش کاربری نوع j در دورهٔ t (به هکتار)

X_{jt}: وسعت اختصاص یافته به کاربری j در دورهٔ t (به هکتار)

اهداف:

- حداکثر نمودن جذب کربن

$$\text{Max} \quad \sum_t \sum_j (CS_j \cdot X_{jt}) \qquad (۱)$$

- حداکثر کردن ارزش فعلی خالص سود حاصل از کاربریهای مختلف

$$\text{Max} \quad \sum_t \left[\sum_j (N_{jt} \cdot X_{jt}) \left(\frac{(۱+i)^{۱۰}-۱}{i(۱+i)^{۱۰}}\right) \right] / (۱+i)^{(t-۱)*۱۰} \qquad (۲)$$

- حداکثر کردن حجم چوب سرپا در افق زمانبندی

$$\text{Max} \quad \sum_{t} WI_t \tag{۳}$$

- حداقل نمودن میزان فرسایش

$$\text{Min} \quad \sum_{t} \sum_{j} (S_j \,.\, X_{jt}) \tag{۴}$$

- حداکثر نمودن اشتغال

$$\text{Max} \quad \sum_{t} \sum_{j} \sum_{k} (LA_{jk} \,.\, X_{jt}) \tag{۵}$$

تعریف محدودیتها:

- محدودیت سرزمین:

$$\sum_{j} X_{jt} = ۲۵۶۲۹ \qquad \forall t \tag{۶}$$

ایـن محدودیت به این معناست که کل پهنه اختصاص داده شده به کاربریهای مختلف نباید از وسعت کل حوضه در هر دوره بیشتر باشد.

- با توجه به اینکه هدف توسعهٔ جنگلها و حفظ و حراست آنهاست کل بخشهای جنگلی نباید از وسعت فعلی کمتر گردد لذا:

$$\sum_{j=۱}^{۲۲} X_{jt} \geq ۱۶۰۰۰ \qquad \forall t \tag{۷}$$

- با توجه به رویهم گذاری نقشهٔ ارتفاع، شیب، جهت، خاک، پوشش گیاهی و... می‌توان مشخص نمود به طور بالقوه چند هکتار را می توان بـه هر کاربری اختصاص داد و لذا وسعت اختصاص یافته به هر کاربری نباید از وسعت بالقوهٔ آن بیشتر گردد. لذا:

$$X_{jt} \leq A_j \qquad \forall t \tag{۸}$$

- محدودیت منابع آب:

برای هر هکتار کاربری **j**، آب موردنیاز مشخص می باشد. کل منابع آب موجود در حوضه باید جوابگوی منابع آب موردنیاز کاربریهای مختلف باشد. لذا:

$$\sum_{j} w_j X_{jt} \leq WA_t \qquad \forall t \tag{۹}$$

- کاربریهایی که نیاز به سرمایه گذاری دارند پس از احداث باید حفظ شود. لذا:

$$x_{j,\,t+1} \geq X_{jt} \qquad \forall t,\ \forall j; B_j \geq 0 \tag{۱۰}$$

- محدودیت تقاضا:

برای محصولات استراتژیک تولید محصول از تولید فعلی کمتر نگردد:

$$O_j \,.\, X_{jt} \geq D_j \qquad \forall j, \forall t \tag{۱۱}$$

- محدودیت نیروی انسانی:

نیروی انسانی موردنیاز باید کمتر از نیروی انسانی موجود باشد.

$$\sum_{j} LA_{jk} . X_{jt} \le FLA_{kt} \qquad \forall k, \forall t \qquad (۱۲)$$

- میزان تغییر در وسعت اختصاص یافته به هر کاربری در دوره های مختلف، از روابط ذیل بدست می آید:

$$X_{j1} - AI_j = y1_{j1} - y2_{j2} \qquad \forall j \qquad (۱۳)$$

$$X_{jt+1} - X_{jt} = y1_{jt+1} - y2_{jt+1} \qquad \forall j, \forall t \qquad (۱۴)$$

- کل سرمایه گذاری بخش جنگل و مرتع از اعتبارات این بخش نمی تواند بیشتر باشد لذا:

$$\sum_{j=۱}^{۲۴} B_j . X_{jt} \le BS_t \qquad \forall t \qquad (۱۵)$$

- حجم چوب سرپا در هر دوره نیز از روابط ذیل حاصل می گردد:

$$TW_1 = \sum_{j} WI_j \qquad (۱۶)$$

$$TW_{t+1} = TW_t + \sum_{j=۱}^{۲۲} ۵\, X_{jt} - \sum_{j=۱}^{۴} ۲ X_{jt} \qquad t = 1, \ldots T-1 \qquad (۱۷)$$

۳- مطالعهٔ موردی:

این مدل به عنوان نمونه در حوضهٔ ۳۰ رامسر اجرا گردید. این حوضه ۲۵۶۲۹/۶۸ هکتار معادل ۲۵۶/۲۹۲۸ کیلومتر مربع وسعت دارد و بین ۲۵ و ۵۰ تا ۴۶ و ۵۰ طول شرقی و ۲۴ و ۵۵ و ۳۶ تا ۴۳ و ۳۶ و ۴۸ عرض شرقی و در غرب استان مازندران در جنوب و شرق شهرستان رامسر واقع شده است. این حوضه شامل دو زیر حوضه صفارود و نسارود به ترتیب با ۱۳۸۵۴/۸۶ و ۱۱۷۷۴/۸۲ هکتار وسعت می باشد.

از کل این منطقه ۳۸۲۴/۷ هکتار آن مرتع می باشد که ۱۶۷۲/۴ هکتار از منطقهٔ مرتعی به صورت بوته زار می باشد و مرتع مشجر نیز نامیده می شود. ۷۲۶ هکتار، محدودهٔ روستاها و زمینهای زراعی روستایی مناطق ییلاقی است.

منطقهٔ جنگلی این حوضه به ۷ سری تقسیم بندی شده است که جمعاً ۱۶۴۴۶/۶۹ هکتار می باشد و ۹۴۵/۴۱ هکتار آن اراضی غیر جنگلی محاط در جنگل می باشد.

۴۶۳۱/۸۹ هکتار باقیمانده مناطق جلگه ای شامل مناطق مسکونی شهری و روستایی و مناطق زراعی می‌باشد.

این حوضه به دوازده واحد هیدرولوژیکی، ۳ واحد ترکیبی و ۵ واحد کاری تقسیم شده است. واحدهای کاری حوضهٔ مذکور که در منتهی الیه حوضه قرار دارد از به هم پیوستن واحدهای هیدرولوژیکی و واحدهای ترکیبی حاصل می گردد.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج:

افق زمانبندی برنامه ریزی ۵۰ سال در نظر گرفته شده است که شامل پنج دورهٔ ده ساله می باشد. اطلاعات این حوضه از طریق نقشه های حوضه و مطالعات انجام شده توسط سازمان جنگلها و مراتع دربارهٔ ایجاد کاربریهای مختلف در این حوضه استخراج گردیده است. [۱]، [۲]، [۳]، [۴]

اطلاعات مربوط به عملکرد در هکتار، هزینه ها، درآمدها، نیروی انسانی، میزان سرمایه گذاری موردنیاز کاربریهای مختلف از طریق نشریات وزارت جهاد کشاورزی و سایت اطلاع رسانی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان مازندران، مرکز آمار ایران و وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. [۱۸]، [۱۹]، [۲۰]

نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی از فرشی و دیگران (۱۳۷۶) اتخاذ گردید.

میزان جذب کربن با توجه به تشابه وضعیت جنگلهای کوهستانی ایران با کشور فرانسه از Dupouey etal (2000) اقتباس گردید.

سپس مدل با استفاده از نرم افزار LINGO اجرا گردید که ماتریس تبادل (Payoff) آن به این صورت می باشد.

جدول ۱- ماتریس تبادل حاصل از حل مدل

	جذب کربن =f1	ارزش فعلی خالص f2=	حجم چوب سرپا =f3	فرسایش خاک =f4	اشتغال =f5
f1	۰/۱۵۵۶۱۸۸ E+۰۹	۰/۸۳۴۸۶۳۳ E+۱۱	۰/۱۸۵۵۴۱۲ E+۰۸	-۵۷۰۷۳۹	۰/۳۶۷۹۱۳۷E+۰۸
f2	۰/۱۳۹۵۶۰۷ E+۰۹	۰/۱۴۳۶۰۱ E+۱۲	۰/۱۸۴۷۸۴۵ E+۰۸	۷۵۸۷۶۷۸	۰/۹۵۹۹۰۱۸E+۰۹
f3	۰/۱۵۴۴۹۲۱ E+۰۹	۰/۱۱۵۳۹۷۸ E+۱۲	۰/۱۸۶۰۹۳۴۷ E+۰۸	-۷۱۹۹۲۴۴	۰/۹۷۵۲۱۱۶ E+۰۹
f4	۰/۱۳۸۱۲۸۵ E+۰۹	۰/۵۴۶۴۳۵۵ E+۱۱	۰/۱۸۴۷۶۳۲ E+۰۸	-۸۲۱۱۹۹۴/۸	۰/۴۲۸۴۵۸۶ E+۰۸
f5	۰/۱۱۲۶۳۳۳ E+۰۹	۹۱۲۲۳۰۸ E+۱۱	۰/۱۸۴۳۶۱۱ E+۰۸	۰/۱۰۳۹۸۸۹ E+۰۸	۰/۹۷۹۸۵۴۲ E+۰۹
fmax-fmin	۰/۴۲۹۸۵۵ E+۰۸	۰/۸۸۹۵۷۴۵ E+۱۱	۰/۰۰۱۷۳۲۳۷ E+۰۸	۱۸۶۱۰۸۸۴/۸	۰/۹۴۳۰۶۲۸۳ E+۰۸

سپس انتروپی برای توابع هدف برآورد گردید که نتایج عبارتست از:

E1=۰/۳۸۹۸ E2=۰/۶۱۴۲ E3=۰/۵۸۶ E4 =۰/۲۸۷۴ E5 =۰/۰۳۶

لذا با توجه به انتروپی، ترتیب زیر در حل سلسله مراتبی مدل بکار گرفته شده است:

حداکثرسازی اشتغال، حداقل سازی میزان فرسایش خاک، حداکثرسازی جذب کربن، حداکثرسازی حجم چوب سرپا، حداکثرسازی ارزش فعلی خالص سود.

که درنهایت میزان دستیابی به اهداف در جواب کارای حاصل از روش سلسله مراتبی مطابق جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- نتایج حاصل از حل مدل به روش سلسله مراتبی

اشتغال =f5 =۰/۹۷۹۸۵۴۲E+۰۹
فرسایش خاک =f4 =۰/۱۰۳۹۸۸۹E +۰۸
جذب کربن =f1=۰/۱۱۱۴۴۶۷ E+۰۹
حجم چوب سرپا =f3=۰/۱۸۴۳۶۱۰ E+۰۸
ارزش فعلی خالص درآمد =f2=۰/۹۰۸۴۲۱۹ E+۱۱

۵- نتیجه گیری:

با توجه به ماتریس تبادل مشخص می گردد که توابع هدف **f5** و **f1** (جذب و اشتغال و جذب کربن) و همینطور توابع **f5** و **f4** (اشتغال و فرسایش خاک) بشدت با یکدیگر در تضاد می باشند. لذا نحوهٔ اولویت بندی اهداف به شدت بر نتایج حاصله مؤثر می باشد.

منابع:

۱- عیسی بوداغی، "مطالعهٔ نیمه تفصیلی بخش مرتع (حوضهٔ ۳۰ رامسر)"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، ۱۳۷۹.

۲- جنگلداری و جنگل شناسی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال.

۳- کشاورزی و باغداری، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال.

۴- طرح مطالعه و شناسایی استعدادهای حوضه آبخیز، گزارش فیزیوگرافی- توپوگرافی، (حوضهٔ ۳۰ رامسر)، وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، ۷۹-۱۳۷۸.

۵- علی اصغر فرشی، محمدرضا شریعتی، رقیه جارالهی، محمدرضا قائمی، مهدی شجاعی فر، مسعود تولایی، "برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی"، جلد اول و دوم، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۷۶.

6) Clark, C.W., Theoritial Ecology: Principles and Applications, Blackwell Scientific, Oxford, 1976.

7) Hjortso C.N., Straede S., "Strategic Multiple-Use Forest Planning in Lithvania- Applying Multi- Criteria Decision Making & Scenario Analysis for Decision Support in an Economy in Transition", Forest Policy & Economics, 3, 175-188, 2001.

8) Mendoza G.A., Prabho, R., "Multiple Criteria Decision Making Approaches to Assessing Forest Sustainability Using Criteria & Indicators, a Case Study", Forest Ecology & Management, 131, 107-126, 2000.

9) Bertomeu M., Romero C., "Managing Forest Biodiversity: a Zero- One Goal Programming Approach", Agricultural Systems, 68, 197-213, 2001.

10) Mendoza G.A., Bare B.B., Zhou Z., “A Fuzzy Multiple Objective Linear Programming Approach to Forest Planning Under Uncertainty”, Agricultural Systems 41, 257-274, 1993.
11) Pukkala T., “Multiple Risks in Multiple-Objective Forest Planning: Integration and Importance”, Forest Ecology & Management, 111, 265-284, 1998.
12) Winnifred E., Richards, “A Tabu Search Method for a Tactical Forest Planning Problem”, Ph.D Dissertation, Daltech-Dalhousie University (Canada), UMI Proquest Digital Dissertation- 24 Page Review, 1997.
13) Chi H., “Computer Simulation Models for Sustaiability”, International Journal of Sustainability in Higher Education, 1 (2), 157-167, 2002.
14) Hall J.E., (1997), “Canada’s Model Forest Program Bringing Community Forest Values in to the Development of Sustainable Forest Management in the Canadian Context” Network Paper-Rural Development Forestry Network, Overseas Development Institute (ODI), London, UK, 1996/1997, No 20e, PP. 14-22.
15) Grabski S.V., Mendez D., “Implementation of a Knowledge- Based Agricultural Geographic Decision-Support System in the Dominican Republic: A Case Study”, Information Technology & People, 11 (3), 174-193, 1998.
16) Korzukhin, M.D., Ter- Mikaelian M.T., Wagner, R.G., “Process Versus Empirical Models: which Approach for Forest Ecosystem Management?”, Can. J. For. Res. 26, 879-887, 1996.
17) Beukema S., Merzenich J., Schilling S., Arbaugh M., klenner W., “TELSA: A Strategic Planning Tool for Ecosystem Management”, http://www.esri.com.
18) Rausher H.M., “Ecosystem Management Decision Support for Federal Forests in the United States: A Review”, Forest Ecology & Management, 114, 173-197, 1999.
19) http://www.mpom.org/
20) http://213.176.20.81/
21) http://agri-jahad.org/