برنامه‌ریزی چند منظوره جنگل با استفاده از مدل ریاضی

• **اعظم دخت صفی صمغ آبادی** و• **عزیزاله معماریانی**، بخش مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس
• **منوچهر امانی**، بخش جنگل ، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش :مهرماه ۱۳۸۲

Archive of SID

چکیده

در این مقاله یک مدل ریاضی چند هدفه برای برنامه‌ریزی مدیریت جامع جنگل ارایه شـده اسـت. این مدل با هدف اعمال مدیریت پایدار جنگل در قالب توسـعه پایدار سـرزمین و برای یک برنامه‌ریزی بلندمدت طراحی گردیده است. چند منظوره بودن طرحهای مدیریت جنگل که دیگر یک ضرورت اجتناب ناپذیر شـده اهـداف متعددی به غیر از تولید چوب رادر برنامه‌ریزی مورد توجه قرار می‌دهد. در این تحقیق اهدافی از جمله: حداکثر سـازی جذب کربن، ارزش فعلی خالص درآمد، حجم توده سـرپا، میزان اشـتغال وحداقل سـازی میزان فرسـایش خاک در افق برنامه ریزی در نظر گرفته شده‌اند. برای تلفیق اهداف از روش Lp-norm استفاده شـده اسـت. مدل برای برنامه‌ریزی جامع جنگلهای حوضه ۳۰رامسـر به کار گرفته شده اسـت. تحلیل حساسیت[۲] نتایج با نرمهای مختلف و تخصیص وزنهای گوناگون به اهداف انجام شده است.

کلمات کلیدی: برنامه ریزی جنگل، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، مدیریت جامع جنگل، جنگلهای خزری.

Pajouhesh & Sazandegi No:63 pp: 23-34

Forest planning with use of mathematical model

By: A.S.Samghabodi, Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
A.Memariani: Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modarres Universety, Tehran, Iran.
M.Amani: Forest Devision, Forest and Range Research Institute of Iran, Tehran, Iran.

This paper is aimed to develope a mathematical model for sustainable forest development by strategic landuse planning. Such plans are naturally multi purpose so that multi-criteria optimization is utilized for modeling. The objective functions are: Maximization of carbon sequestration, net present value of income, stand volume, employment generation and minimization of soil erosion. Lp-norm is used to aggregate the objectives. The model is implemented for Caspian forest in Ramsar. Sensitivity analysis is made by different norms and weights

Key words: Forest planning, Multiple criteria decision making, Integrated forest management, Caspian forest

www.SID.ir

مقدمه

به دلیل نیاز روزافزون بشـر به چـوب و محصولات چوبی و عدم وجود محصولات جایگزین در گذشـته، برنامه‌ریزی جنـگل در ابتدا تنها با هدف تامیـن چـوب، انجام می پذیرفت. اما به ویژه در طـی یک دهه اخیر بنا به جبر ملاحظات اجتماعی و زیسـت محیطی، سایر تولیدات وخدمات جنگل بسته به شرایط کشورها اهمیت بسیاری یافته‌اند. امروزه برنامه‌ریزی جنگل بـا نگاه جدی به مفهوم مدیریت پایدار جنگل انجام می‌گیرد. یعنی منابع و اراضی جنگلی باید به ترتیبی مدیریت شـوند که از جنبه اکولوژیک همیشه زنـده و پایدار باشـند و بتوانند نیازهای اجتماعی، اقتصـادی، اکولوژیک و فرهنگی نسلهای فعلی و آینده را پاسخ دهند(۱).

بـرای پاسـخگویی بـه ایـن نیازهـای متنوع و متضـاد ، اسـتفاده از تکنیک‌هـای علمـی وکارا در برنامه‌ریزی جنگل اجتناب‌ناپذیر می‌شـود به نحوی که استمرار خدمات آنها در بلندمدت تضمین گردد. مدلهای ریاضی (۲۷)، مدلهای شبیه‌سـازی (۲۲)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[۳] (۲۵)، مهمتریـن و مفیدترین روشـها و ابزار برای نیل به این مقصود هسـتند. به کارگیـری هر یک از این مدلها ویا تلفیق آنها با یکدیگر ویا با سیسـتمهای خبره[۴]، سیستم‌های مفیدی را برای پشتیبانی تصمیم گیریها[۵]در برنامه‌ریزی جنگل ایجاد می‌نماید(۳۲).

مدلهای ریاضی از نخسـتین و کاربردی ترین روشـهایی هستند که در برنامـه ریـزی جنگل به کار گرفته شـده انـد (۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۲۷). به عنـوان مثال AHP[۶]در برنامه ریزی بلندمدت جنـگل و برای تعیین اهداف برنامه‌ریزی و اهمیت نسـبی آنها به کار گرفته می‌شـود (۳۰). تکنیک‌های MCDM[۷] نیزبه طور گسترده در برنامه ریزی بلندمدت جنگل به کار گرفته شـده اند (۲۰، ۲۳، ۲۶، ۳۵) و مدلهای MIP[۸]نیز در برنامه‌ریزی میان‌مدت و عملیاتـی جنگل بکار گرفته شـده‌اند (۲۱، ۳۵). به دلیل عدم قطعیت در شـرایط برنامه‌ریزی، بر حسب نیاز از مدلهای فازی[۹] (۲۹)، یا احتمالی (۲۸ ، ۳۱) نیز اسـتفاده شده اسـت. به دلیل بزرگی حجم مسـایل برنامه‌ریزی جنگل، اسـتفاده از الگوریتم‌های فرا ابتـکاری[۱۰] نظیر TS[۱۱] و SA[۱۲] نیز در حل مدلهای MIP مرسوم می‌باشد(۳۶).

امـا برنامه‌ریزی جنگل در ایران تاکنون فقط با اسـتفاده از دانش افراد خبره صورت گرفته اسـت. البته در سـالهای اخیر سیسـتم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز تا حدودی اسـتفاده می‌شـوند. امـا وقتی اهداف و معیارهـای مختلفـی در برنامه‌ریزی جنگل مورد توجه باشـندکه در اغلب مـوارد نیز این اهداف با یکدیگر ناسـازگار ودر برخـی مواردحتی در تضاد می‌باشـند، روشـهای ریاضی تصمیم گیری با معیارهـای چندگانه رویکرد مناسبی برای حل اینگونه مسایل به شمار می‌روند.

در این تحقیق ، با استفاده ازمطالعات پایه انجام گرفته در یک منطقه جنگلی در شـمال ایران (حوضه ۳۰رامسـر) و بکارگیری مدل ریاضی چند هدفه، برنامه ریزی جامع تهیه و ارایه شـده اسـت. اهـداف برنامه‌ریزی با توجـه به معیارهای مدیریت پایدار جنگل و شـرایط اقتصـادی، اجتماعی و زیسـت محیطی ایران انتخاب شـده اند. محدودیت‌های مدل عبارتند از: محدودیتهای اکولوژیکی سرزمین، منابع آب، بودجه، تقاضا، نیروی انسانی و محدودیتهای فنی.

اطلاعات مربوط به محدودیتهای فنی از طریق سیسـتم‌های اطلاعات جغرافیایی و روی هم‌گذاری لایه‌های شیب، ارتفاع، جهت جغرافیایی، نقشه خاک، رستنیها و تراکم پوشش گیاهی و تهیه نقشه یگانهای زیست محیطی و مدلهای اکولوژیکی (۹) تهیه می‌گردد و نشان دهنده توان عرصه است .

در ایـن تحقیـق پس از حـل مدل بـا نرم‌افزار LINGO7 مشـخص می‌گـردد درهر دوره زمان‌بندی از افـق برنامه‌ریزی، چند هکتار به هر یک از کاربریهای امکان‌سنجی شـده تخصیص داده شود تا اهداف برنامه‌ریزی محقق شـوند (پیوسـت الف نمونه‌ای از راهکارهای تولید شـده را نشـان می‌دهـد). از انجا که ایـن اهداف با یکدیگر در تضاد می‌باشـند بهبود یک هدف مسـتلزم پذیرش کاهش در حداقل یک هدف دیگر می‌باشد. لذا برای شناسـایی نحوه رفتار این توابع و تاثیر افزایش یا کاهش یک هدف بر دیگر توابع، تحلیل حساسیت انجام پذیرفته که نتایج آن در نمودارهای مختلف ارایه شده است.

مواد و روشها

در این تحقیق، برنامه‌ریزی جامع جنگل اسـاس قرار گرفته اسـت که در آن، جنـگل همراه با سـایر بهره‌برداریهـا (نظیر: کشـاورزی، دامداری، گردشـگری، آب، خاک،...) برنامه‌ریزی می‌شـود (۱). برنامه‌ریزی جامع، بایـد جامع‌نگری داشـته و پاسـخگوی همـه نیازهای جامعـه (اقتصادی، اجتماعی، زیسـت محیطی) باشـد. اهداف برنامه ریزی نیز باید از نیازهای جامعه تاثیر پذیرد. عـلاوه براین، برنامه ریزی باید با توجه به منابع موجود و محدودیت‌های ناشی از شرایط محیطی، بیولوژیکی، قوانین، اقتصاد ملی و محلی، عوامل فیزیکی و پیشینه جنگل باشد (شکل ۱).

اهـداف برنامه‌ریـزی در این مدل با اسـتفاده از مرور ادبیات و سـابقه تحقیق (جدول ۱) وبا توجه به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و هم چنین اولویت زمان انتخاب شده اند که عبارتند از:

الـف: حداکثر نمودن میزان جذب و ذخیره کربن (ترسـیب کربن) در جنـگل: این هدف بـا توجه به افزایش گازهای گلخانـه ای در جو و پدیده گرم شدن زمین، در حال حاضر به عنوان یکی از خدمات مهم جنگل بسیار مورد توجه می‌باشد.

ب : ارزش فعلـی خالص: این هدف یکـی از مهمترین اهداف اقتصادی است که در ادبیات تحقیق برای ارزیابی برنامه های مختلف به دفعات مورد استفاده قرار گرفته است.

ج: حداکثـر نمـودن حجم چوب سـر پا: ایـن هدف، عـلاوه بر جنبه اقتصادی، به منظور پاسـخگویی به نیازهای زیسـت‌محیطی و حفظ حیات طبیعی جنگلها مورد توجه قرار گرفته است.

د : حداقل نمودن فرسـایش خاک: این هـدف با توجه به اینکه جنگل مورد برنامه‌ریزی مانند اکثر عرصه‌های جنگلی ایران کوهسـتانی و مستعد فرسایش است وآمارها نیز حاکی از بالا بودن میزان فرسایش خاک در ایران می‌باشد انتخاب شده است.

ه : حداکثر نمودن اشـتغال: یکی از اهـداف مهم اجتماعی بوده و عدم توجـه به آن پیامدهـای متعددی دارد کـه تهاجم بر عرصه‌هـای طبیعی کمترین آن است .

مدل ریاضی:

مجموعه‌ها:

j: نوع کاربری $j = ۱, \dots, J$.

www.SID.ir

جدول۱- اهداف بکار گرفته شده در مدلهای ریاضی برنامه‌ریزی جنگل- مروری بر ادبیات و سابقه تحقیق

ردیف	اهداف برنامه‌ریزی	شماره منبع
۱	حداکثر کردن ارزش فعلی خالص	۲۳,۲۷,۲۹
۲	حداقل کردن فرسایش خاک	۲۹
۳	حداکثر کردن حجم چوب سرپا پس از افق برنامه‌ریزی	۲۳,۳۱
۴	تعادل برداشت در دوره های زمان‌بندی	۲۳،۲۰
۵	تعادل سن درختان جنگل(جنگل ناهمسال)	۲۰،۲۳
۶	حداکثر کردن حجم کل برداشت چوب	۲۶
۷	حداکثر کردن جذب کربن	۲۳

t: دورهٔ برنامه ریزی . $t = ۱, \ldots, T$

I: نوع نیروی انسانی (نیروی کارشناس i=۲ ، کارگر ساده i=۱).

پارامترها [۱۳]

N_{jt}: سود هر هکتار کاربری j در دورهٔ t (ده ریال).

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

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

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

W_j: منابع آب موردنیاز هر هکتار کاربری j (متر مکعب).

WA_t: منابع آب موجود در دوره t (مترمکعب).

B_j: هزینهٔ ایجاد هکتارکاربری j (ده ریال).

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

A_j: مساحتی که می‌تواند به کاربری نوع j اختصاص یابد (هکتار).

BS_t: بودجهٔ عمرانی بخش جنگل و مرتع در دورهٔ t (ده ریال).

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

O_j: میزان تولید محصول اصلی کاربری نوع j در هر هکتار(تن).

D_j: میزان تقاضا برای محصول اصلی کاربری j (تن).

WI_j: متوسط حجم چوب سرپا موجود در هر هکتار کاربری j در حال حاضر (مترمکعب).

TW_t: کل حجم چوب سرپا در دورهٔ t (مترمکعب).

TAREA: کل مساحت حوضه(هکتار) .

FAERA: مساحت محدوده جنگلی حوضه(هکتار).

N1: تعداد کاربریهای جنگلی($(N1 \leq J)$.

N2: تعداد کاربریهای جنگلی ومرتعی $(N1 \leq N2 \leq J)$.

NT: تعداد سالها در هر دوره زمانبندی(t).

متغیرها[۱۴]:

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

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

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

اهداف

حداکثر نمودن جذب کربن

$$\text{Max} \quad \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{J} (CS_j \cdot X_{jt}) \qquad (۱)$$

حداکثر کردن ارزش فعلی خالص سود حاصل از کاربریهای مختلف

$$\text{Max} \quad \sum_{t=1}^{T} \left[\sum_{j=1}^{J} (N_{jt} \cdot X_{jt}) \left(\frac{(1+i)^{NT}-1}{i(1+i)^{NT}} \right) \right] / (1+i)^{(t-1)*NT} \qquad (۲)$$

حداکثر کردن حجم چوب سرپا در افق زمانبندی

$$\text{Max} \quad \sum_{t=1}^{T} TW_t \qquad (۳)$$

حداقل نمودن میزان فرسایش

$$\text{Min} \quad \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{J} (S_j \cdot X_{jt}) \qquad (۴)$$

جدول ۲- 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
$R_k = f_k^{max} - f_k^{mi}$	۰/۴۲۹۸۵۵ E+۰۸	۰/۸۸۹۵۷۴۵ E+۱۱	۰/۰۰۱۷۳۲۳۷ E+۰۸	۱۸۶۱۰۸۸۴/۸	۰/۹۴۳۰۶۲۸۳ E+۰۸

www.SID.ir

حداکثر نمودن اشتغال

$$\text{Max} \quad \sum_{t=1}^{T}\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} (LA_{ji} \cdot X_{jt}) \qquad (۵)$$

محدودیتهای ایستا:

محدودیت سرزمین:

$$\sum_{j=1}^{J} X_{jt} = TAREA \qquad \forall t \qquad (۶)$$

این محدودیت به این معناست که کل پهنه اختصاص داده شده به کاربریهای مختلف در هر دوره از افق برنامه ریزی $(\forall t;\ t=1,...,T)$، نباید از وسعت کل حوضه بیشتر باشد.

حفاظت کمّی جنگلها: با توجه به اینکه هدف، توسعهٔ جنگلها و حفظ و حراست آنهاست، کل مساحت اختصاص یافته به کاربریهای جنگلی در هر دوره از افق برنامه ریزی $(\forall t)$، نباید از وسعت فعلی کمتر گردد. لذا:

$$\sum_{j=1}^{N1} X_{jt} \geq FAREA \qquad \forall t \qquad (۷)$$

محدودیتهای فنی: با توجه به روی هم‌گذاری نقشهٔ ارتفاع، شیب، جهت، خاک، پوشش گیاهی و... می‌توان مشخص نمود به طور بالقوه چند هکتار را می‌توان به هر کاربری اختصاص داد و لذا وسعت اختصاص یافته به هر کاربری $(\forall j;\ j=1,...,J)$ در هر دوره $(\forall t)$، نباید از وسعت بالقوهٔ آن بیشتر گردد. لذا:

$$X_{jt} \leq A_j \qquad \forall t\ \forall j \qquad (۸)$$

محدودیت منابع آب: برای هر هکتار کاربری j، آب موردنیاز مشخص می باشد. برنامه ریزی باید به گونه‌ای باشدکه کل منابع آب موجود در حوضه در هر دوره $(\forall t)$ ، جوابگوی منابع آب موردنیاز کاربریهای مختلف باشد. لذا:

$$\sum_{j=1} w_j X_{jt} \leq WA_t \qquad \forall t \qquad (۹)$$

محدودیت حفاظت از کاربریهای با سرمایه گذاری اولیه: کاربریهایی که نیاز به سرمایه‌گذاری دارند پس از احداث باید حفظ شود. لذا:

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

محدودیت تقاضا: این محدودیت به این منظور طراحی شده است که تولید محصولات استراتژیک در هر دوره، ازمقدار تولید فعلی آنها کمتر نگردد:

$$O_j \cdot X_{jt} \geq D_j \qquad \forall j, \forall t \qquad (۱۱)$$

محدودیت نیروی انسانی: نیروی انسانی $(\forall i;\ i=1,2)$مورد نیاز باید کمتر از نیروی انسانی موجود در هر دوره، باشد. لذا خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1} LA_{ji} \cdot X_{jt} \leq FLA_{it} \qquad \forall i\ ,\ \forall t \qquad (۱۲)$$

محدودیت سرمایه: کل سرمایه گذاری در بخش جنگل و مرتع از اعتبارات موجود این بخش در هر دوره، نمی‌تواند بیشتر باشد لذا:

$$\sum_{j=1}^{N2} B_j \cdot yl_{jt} \leq BS_t \qquad \forall t \qquad (۱۳)$$

محدودیتهای پویا

محدودیت‌هـای مربوط به محاسبه میزان افزایش یا کاهش وسعت کاربریها: میزان تغییر در وسعت اختصاص یافته به هر کاربری $(\forall j)$ در دوره‌های مختلف $(\forall t)$، از روابط ذیل بدست می‌آید:

$$X_{j1} - AI_j = y1_{j1} - y2_{j2} \qquad \forall j \qquad (۱۴)$$

$$X_{j,t+1} - X_{jt} = y1_{j,t+1} - y2_{j,t+1} \qquad \forall j, \forall t \qquad (۱۵)$$

محدودیت مربوط به محاسبه حجم چوب سرپا در ابتدای هر دوره: حجم چوب سرپا در هر دوره نیز از روابط ذیل حاصل می گردد:

$$TW_1 = \sum_{j=1}^{J} WI_j \qquad t=1,...T-1 \qquad (۱۶)$$

$$TW_{t+1} = TW_t + \sum_{j=1}^{N1} 5\ X_{jt} - \sum_{j=1}^{4} 2\ X_{jt} \qquad (۱۷)$$

روش حل

در این تحقیق برای حل مدل از روش Lp-norm استفاده شده است. برای شرح این روش، در ابتدا مدل ریاضی یک مساله چند هدفه معرفی می‌گردد:

MOP:

$$\text{Max} \quad z=f(x) \qquad (۱۸)$$

$$\text{S.t}\ x \in X \qquad (۱۹)$$

به طوریکه $X \subset R^n$، ناحیه شدنی فضای جواب می‌باشد و در مسایل پیوسته معمولا به صورت مجموعه ای از نامعادلات و معادلات تعریف می‌شود. $f(x)=(f_1(x), f_2(x),..., f_k(x))$ بردار مقادیر توابع هدف می‌باشد. (توجه به این نکته لازم است که در این قسمت حروف لاتین پر[۱۵]، برای نشان دادن بردارها[۱۶] وحروف لاتین ساده برای نشان دادن مقادیر عددی[۱۷] بکار گرفته شده اند. حروف لاتین بزرگ نیز نشان‌دهنده یک مجموعه[۱۸] می‌باشند). در این صورت ناحیه شدنی فضای معیارها به این صورت تعریف می‌گردد:

$$Z=\{z|z=f(x),\quad x\in X\} \qquad (۲۰)$$

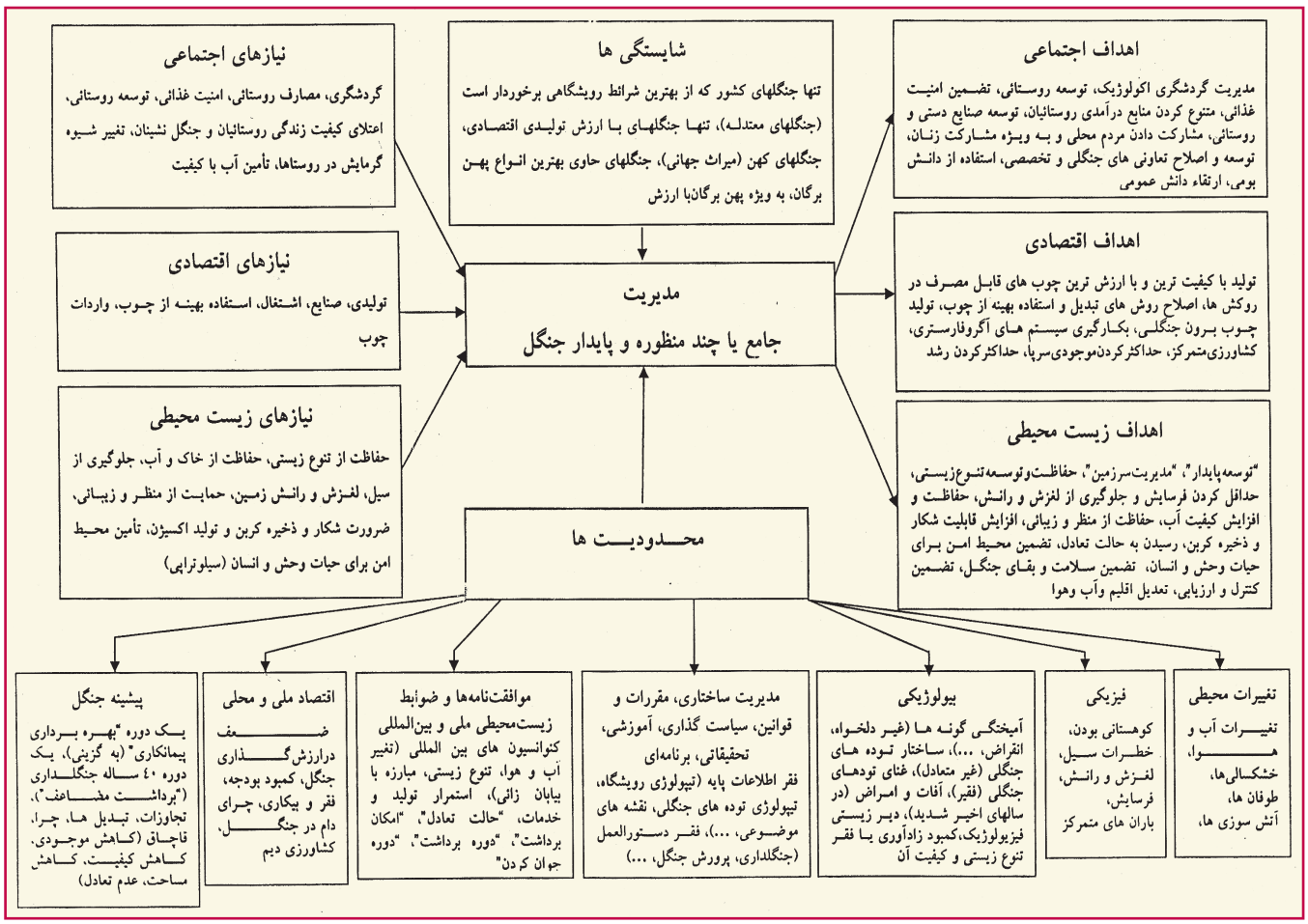
که درآن $z \in Z$ یک جواب شدنی در فضای معیارها می باشد وبه این‌صورت‌نمایش‌داده‌می‌شود: $z=(z_1,...,z_K)$.دراینصورت $z \in Z$ یک جواب ناچیره[۱۹] نامیده می شود اگر وتنها اگر هیچ جواب دیگری مانند $\bar{z} \in Z$ وجود نداشته باشدکه برای تمام k ها ، $z_k \geq \bar{z}_k$وحداقل برای یک k، $z_k > \bar{z}_k$. عناصر بردارهای z^{max} و z^{min} به اینصورت محاسبه می شوند:

$$z_k^{max} = \max\{z_k|z\in Z\} \qquad (۲۱)$$

$$z_k^{min} = \min\{z_k|z\in Z\} \qquad (۲۲)$$

Zmax یک جواب ایده آل[۲۰] است که امکان دارد یک جواب شدنی[۲۱] نباشد و Zmax در عمل از ماتریس تبادل[۲۲] بدست می آید. درصورت استفاده از نرم(norm) یک برای حل مدل، مساله به این صورت تبدیل خواهد شد:

www.SID.ir



شکل ۱- شمای کلی ابعاد برنامه‌ریزی جنگل (حوضه ۳۰ رامسر)

L_1 norm:

$$\text{Min} \quad \sum_{k=1}^{K} w_k \frac{(z_k^{max} - z_k)}{R_k} \qquad (۲۳)$$

$$\text{s.t.} \quad x \in X \qquad (۲۴)$$

$$z_k = f_k(x) \qquad \forall k \qquad (۲۵)$$

به طوریکه $R_K = z_k^{max} - z_k^{min}$ ، ضریب نرمال سازی توابع هدف $(k=1,\dots,K)$ می باشد و بردار w، بردار وزن توابع هدف در نرم یک می باشد، به طوریکه: $w = (w_1,\dots, w_k)$. w_k وزن تابع هدف k ام است ودر روابط زیر صدق می نماید:

$$w_k > 0 \quad \sum_{i=1}^{K} w_k = 1 \quad \forall k$$

در حالت استفاده از نرم بی نهایت مساله به اینصورت تبدیل خواهد شد:

L_∞ – Norm:

$$\text{Min} \ \alpha \qquad (۲۶)$$

$$\text{s.t.} \ x \in X \qquad (۲۷)$$

$$z_k = f_k(x) \qquad \forall k \qquad (۲۸)$$

$$\alpha \geq \sum_{k=1}^{K} \lambda_k \frac{(z_k^{max} - z_k)}{R_k} \qquad \forall k \qquad (۲۹)$$

به طوریکه بردار λ، بردار ضرایب تابع هدف در نرم بی‌نهایت می‌باشد که در این رابطه صدق می‌کند:

$$\Lambda = \left\{ \lambda \in R^K \middle| \sum_{k=1}^{K} \lambda_k = 1, \lambda_k > 0, \forall k \right\}$$

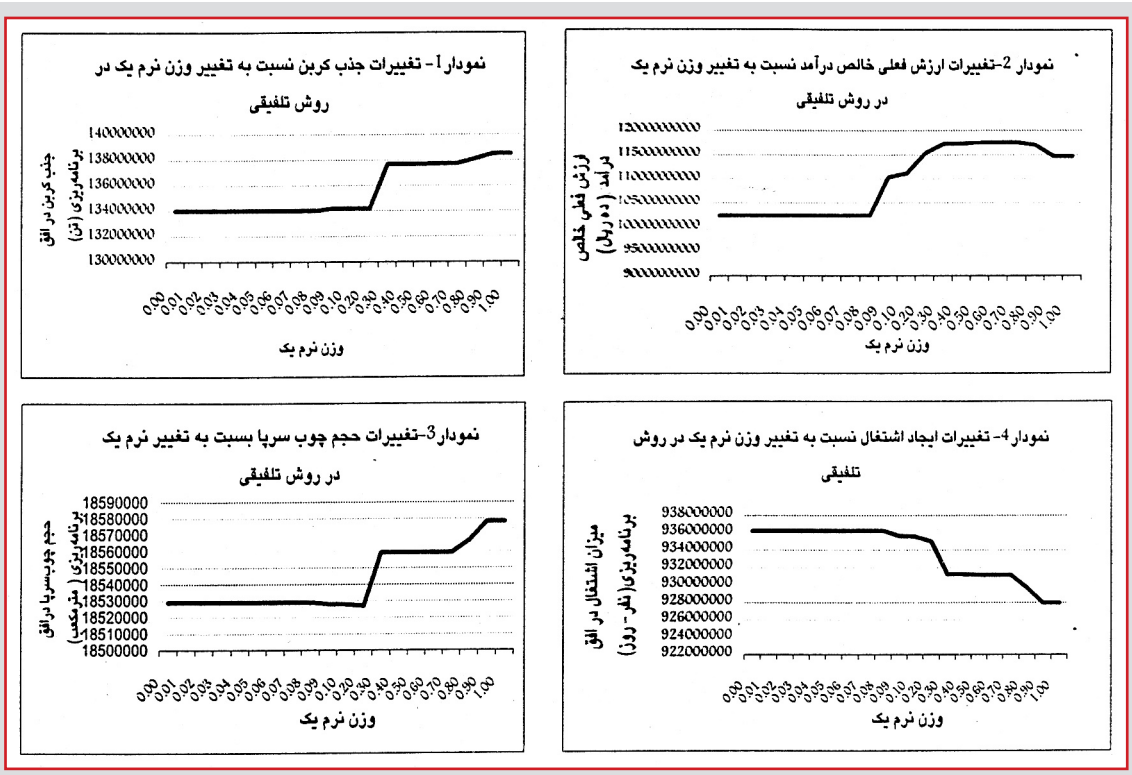
و در صورت تلفیق نرم یک و بی‌نهایت، مساله به مدل AWTP[۲۳] تبدیل خواهد شد:

$$\text{Min} \quad \alpha + \rho \sum_{k=1}^{K} w_k \frac{(z_k^{max} - z_k)}{R_k} \qquad (۳۰)$$

$$\text{s.t} \quad x \in X \qquad (۳۱)$$

$$z_k = f_k(x) \qquad \forall k \qquad (۳۲)$$

www.SID.ir



نمودارهای ۱ تا ۴: روند تغییر توابع هدف در روش تلفیقی، نسبت به تغییر ضریب نرم یک

$$\alpha \geq \sum_{k=1}^{K} \lambda_k \frac{(Z_k^{max} - Z_k)}{R_k} \qquad \forall k \qquad (۳۳)$$

که در آن ($p>0$) و عددی کوچک می‌باشد (۳۴). (برای آشنایی بیشتر با مفاهیم و روشهای ریاضی برنامه‌ریزی چندهدفه به (۳۳) مراجعه نمایید).

محل مطالعهٔ

این مدل برای حوضهٔ ۳۰ رامسر مطالعه شد. این حوضه ۲۵۶۲۹/۶۸ هکتار معادل ۲۵۶/۲۹۶۸ کیلومتر مربع وسعت دارد و بین ´۲۵ ،۵۰° تا ´۴۶ ،۵۰° طول شرقی و ´۲۴ ،´۵۵ ،۳۶° تا ´۴۸ ،´۳۶ ،۴۳° عرض شمالی 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 می‌باشد.

از کل این منطقه ۳۸۲۴/۷ هکتار آن مرتع است که ۱۶۷۲/۴ هکتار از منطقهٔ مرتعی به صورت بوته زار می‌باشد و مرتع مشجر نامیده می‌شود. 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 می‌باشد و ۹۴۵/۴۱ هکتار آن اراضی غیر جنگلی محاط در جنگل است. ۴۶۳۱/۸۹ هکتار باقیمانده مناطق جلگه‌ای شامل مناطق مسکونی شهری و روستایی و مناطق زراعی است.

این حوضه از بعد هیدرولوژیکی 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 می‌گردد.

برنامه‌ریزی

افق برنامه‌ریزی ۵۰ سال در نظرگرفته شده است که شامل پنج دورهٔ ده ساله می‌باشد وعلت اصلی انتخاب افق برنامه‌ریزی ۵۰ ساله، این است که از سال ۱۳۶۸ مطالعاتی در این حوضه انجام شده است که اطلاعات مربوطه می‌تواند برای تخمین پارامترهای برنامه‌ریزی به کار گرفته شود، ولی در نظر گرفتن افق زمان‌بندی طولانی تر با توجه به تغییر شرایط و نوسانات قیمتها و دیگر پارامترهای برنامه‌ریزی می‌تواند منجر به تولید نتایج غیرعملی گردد.

تعداد کاربریهای جنگلی، مرتعی و جلگه‌ای که در برنامه‌ریزی مد نظر قرار گرفته‌اند ۶۰ مورد می‌باشند. امکان‌سنجی این کاربریها توسط سازمان جنگلها و مراتع کشور انجام شده است یا در حال حاضر در حوضه موجود می‌باشند.

اطلاعات این حوضه از طریق نقشه‌های حوضه و مطالعات انجام شده توسط سازمان جنگلها و مراتع دربارهٔ ایجاد کاربریهای مختلف در این حوضه، استخراج گردیده است (۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹) اطلاعات مربوط به عملکرد در هکتار، هزینه‌ها، درآمدها، نیروی انسانی، میزان سرمایه‌گذاری موردنیاز کاربریهای مختلف، از طریق نشریات وزارت جهاد کشاورزی و سایت اطلاع‌رسانی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان مازندران، مرکز آمار ایران و وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید ۶، ۱۰، ۱۸. نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی از (۷) اخذ گردید. میزان جذب کربن با توجه به تشابه وضعیت جنگلهای کوهستانی ایران با کشور فرانسه

Archive of SID
www.SID.ir

از (۲۴) اقتباس گردید.

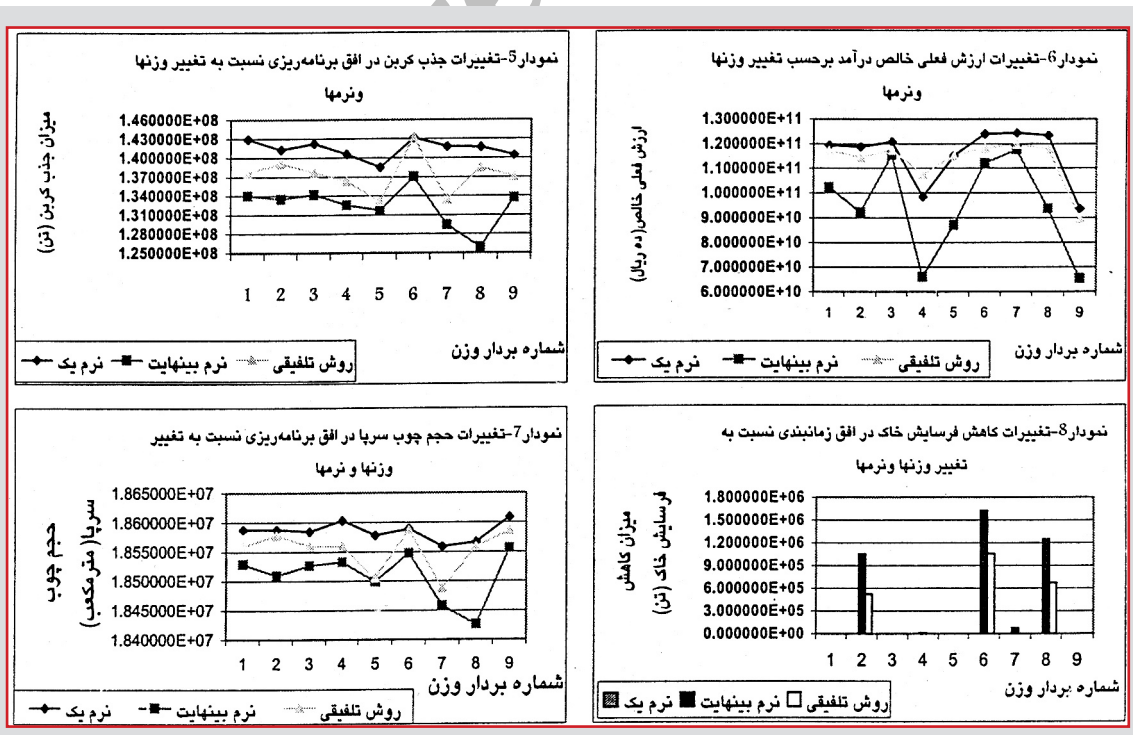
نتایج وبحث

قبل از حل مدل به روش Lp-norm، برای محاسبه $R_k = z_k^{max} - z_k^{min}$، ماتریس تبادل را محاسبه می‌نماییم که نتایج در جدول ۲ ارایه شده است. درسطراول این ماتریس، مقادیرتوابع مختلف، به ازای جوابی که تابع هدف اول را بهینه می‌کند درج شده است. در این حالت حداکثر مقدار تابع اول محاسبه شده است ودر صورت اجرای راهکاری که این تابع را حداکثر می‌نماید، میزان تحقق اهداف دیگر محاسبه و در ستونهای f۲ تا f۵ سطر اول ثبت می‌گردد. همینطور در سطر دوم جدول، مقادیر توابع مختلف به ازای راهکاری که تابع هدف دوم f۲ را بهینه می‌کند درج شده است و الی آخر. درنتیجه ستون اول نشان‌دهنده دامنه تغییرات تابع هدف اول، ستون دوم نشاندهنده دامنه تغییرات تابع هدف دوم و الی آخر می‌باشد. مقادیر منفی درستون مربوط به تابع f۴ نشان‌دهنده میزان پیشگیری از فرسایش خاک و مقادیر مثبت نشان‌دهنده میزان افزایش فرسایش خاک در کل حوضه در افق برنامه‌ریزی است. در سطر آخر، دامنه تغییرات هر یک از توابع که از تفاضل حداکثر وحداقل مقادیر آن تابع (حداکثر و حداقل مقدار در هر ستون) بدست می‌آید، ارایه گردیده است ($R_k = z_k^{max} - z_k^{min}, k = 1,...,5$). این مقادیر برای نرمال‌سازی توابع هدف در روابط ۲۳، ۲۹، ۳۰، ۳۳ بکارگرفته می‌شوند. پس از تعیین مقادیر بردارهای وزن (w)، ضرایب نرمال‌سازی (R_k) وضریب نرم یک (ρ) ، مساله با سه روش فوق قابل حل خواهد بود و حل مدل با هر یک از این روشها، جوابهای ناچیره تولید خواهد نمود.

در این مقاله در ابتدا مدل، با استفاده از روش تلفیقی (تلفیق نرم یک و بی نهایت) و تخصیص ضرایب مختلف به نرم یک

($\rho = .01,\ \rho = .02,...,\ \rho = .1,\ \rho = .2,\ \rho = .3,...,\ \rho = 1$)

و وزنهای مساوی به توابع هدف($w1,\ \lambda1$)، حل گردید(جدول ۳). نتایج نشان می دهد که با تغییر ضریب نرم یک (ρ)، در دامنه صفر تا هشتصدم، توابع هدف تقریبا ثابت می‌باشند. با افزایش این ضریب در دامنه هشت صدم تا دو دهم تغییرات جزیی در برخی از توابع هدف ایجاد می‌گردد. اما با تغییر ضریب نرم یک، ازدو دهم به سه دهم تغییرات اساسی در توابع هدف ایجاد شده است به گونه‌ای که سه هدف حداکثرسازی جذب کربن، ارزش فعلی خالص وحجم چوب سرپا به شدت افزایش یافته و هدف ایجاد اشتغال به شدت کاهش می‌یابد (نتایج حاصل از حل مدل با روش تلفیق نرم یک وبی نهایت با ضریب $\rho = .3$ و بردار وزن $w9$ به عنوان نمونه‌ای از جوابهای ناچیره درپیوست الف آمده است. این راهکار، تنها یکی از بی نهایت جواب ناچیرهواقع در مرز کارا را نشان می‌دهد و در صورتی که میزان تحقق اهداف دراین الگو برای تصمیم گیرنده(گان)قابل قبول باشد، می‌تواند به عنوان یک الگو برای تغییر کاربریها در افق برنامه‌ریزی بکار گرفته شود). ادامه روند نشان می‌دهد که هدف ایجاد اشتغال با هدف افزایش جذب کربن کاملا در تضاد بوده وبا دو هدف حداکثر سازی ارزش فعلی خالص و حجم چوب سرپا در اغلب موارد ناسازگار می‌باشد. تغییر ضریب نرم یک ، هیچ تاثیری در تابع هدف حداقل سازی فرسایش خاک ایجاد نمی نماید. علاوه بر این نمودارهای ۱، ۲،۳ و۴ نشان می‌دهند تا ضریب شش دهم همزمان می‌توان سه هدف جذب کربن، حجم چوب



نمودارهای ۵ تا ۸: روند تغییر اهداف در نرمها و وزنها مختلف

www.SID.ir

سرپا و ارزش فعلی خالص رادر ازای کاهش هدف ایجاد اشتغال، تواماً بهبود بخشید. اما با افزایش این ضریب، دو هدف جذب کربن وحجم چوب سرپا، افزایش وارزش فعلی خالص نیز کاهش می‌یابد.

بـرای ارزیابی اثر نرمهای مختلف بر نتایـج حاصله، نحوه عملکرد توابع مختلـف با نرم یک، بی نهایت و روش تلفیقی با وزن دهی مختلف به توابع هدف سـنجیده شـد (مقادیربردارهای وزن توابع هـدف، یعنی w, λ در جدول ۳ ارایه شـده اسـت). در روش تلفیقی ضریب سـه دهـم برای نرم بی‌نهایـت انتخاب گردید کـه علت آن تغییرات شـدید توابع هدف در این ضریب بوده است.

نتایـج نشـان می‌دهد در اغلـب مـوارد مقادیـر توابـع حاصـل از حل مـدل به روش تلفیقـی در دامنـه جوابهـای تولید شـده توسـط نـرم یک و جوابهای تولید شـده توسط نـرم بی نهایـت می‌باشـد. لذا می‌تـوان نتیجـه گرفـت این نرمهـا بیشـتر جوابهای حدی تولید می‌نماینـد و نرم تلفیقی دسـتیابی بـه کلیه اهـداف را تـا حـدی تامیـن می‌نمایـد. (نمودارهـای۵تـا۹).

جدول ۳- بردارهای وزن توابع هدف

بردارهای وزن / توابع هدف		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
$w1$	$\lambda1$	.2	.2	.2	.2	.2
$w2$	$\lambda2$	.1	.2	.2	.3	.2
$w3$	$\lambda3$	.1	.3	.2	.2	.2
$w4$	$\lambda4$	.3	.1	.2	.2	.2
$w5$	$\lambda5$	.1	.2	.2	.2	.3
$w6$	$\lambda6$	.3	.2	.2	.2	.1
$w7$	$\lambda7$	.2	.3	.1	.2	.2
$w8$	$\lambda8$	.2	.2	.1	.3	.2
$w9$	$\lambda9$	.2	.1	.3	.2	.2

نتیجه گیری

مدلهای ریاضی چند هدفه

برنامه‌ریـزی برای تغییر کاربری از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب را در یک افق برنامه‌ریزی مشخص، امکان پذیر می‌سازند. از دیدگاه تصمیم گیران، وضعیت مطلوب، وضعیتی اسـت که اهـداف موردنظر در آن تحقق یابـد. این اهداف با یکدیگر ناسـازگار و در برخی شـرایط کاملا با یکدیگر متناقض هسـتند و هدف از برنامه ریزی تهیه یـک الگو برای تحقق میزان معینی از این اهداف با توجه به منابع و امکانات موجود است.

در برنامه‌ریزی جنگل، اهداف با توجه به ملاحظات سه گانه اجتماعی، اقتصـادی و زیسـت محیطی حاکم بر محل مطالعه ویا در سـطح ملی یا منطقه‌ای و یا حتی جهانی تعیین می‌گردد. وسعت محدوده مورد مطالعه و افق برنامه‌ریزی نیز در تعیین اهداف موثر هستند.

تفـاوت در اهداف وشـرایط برنامـه ریزی، اسـتفاده از مدلهای ریاضی چند هدفه متفاوتی را الزامی می‌سـازد. به ایـن علت، مدلهای برنامه ریزی چندهدفـه کـه در ادبیات تحقیق به ایـن منظور به کار گرفته شـده‌اند با یکدیگر متفاوت هسـتند. بنابراین مدل پیشنهادی در این تحقیق نمی‌تواند برای دیگر نواحی و یا کشـورهای دیگر تعمیم داده شود، مگر با لحاظ‌کردن تغییراتی که مدل را با شرایط جدید سازگار سازد.

کاربری هایی که در این تحقیق لحاظ شده‌اند، کاربری‌هایی هستند که در این حوضه موجود می‌باشـند و یا توسـط سازمان جنگلها و مراتع کشور امکان‌سنجی شـده اند. هر نوع کاربری جدید پس از امکان‌سنجی و برآورد اطلاعات مورد نیاز می‌تواند در محاسـبات مربوط به حل مدل و برنامه‌ریزی لحاظ شود.

هر چه اطلاعات پایه مورد اسـتفاده در مدلهای ریاضی دقیقتر باشـند، راهکارهای قابل اسـتنتاج از مدل ریاضی به واقعیت نزدیکتر خواهند شـد. البته این در مواردی صادق اسـت که از مدلهای ریاضی قطعی[۲۴] اسـتفاده شود. چون در مواردی که داده های اولیه دقیق نباشند، می‌توان از مدلهای ریاضی نادقیق[۲۵] اسـتفاده نمودکه در این حالـت، دامنه تغییر توابع هدف گسترده تر بوده وریسک تصمیم‌گیری افزایش می‌یابد. این نخستین تحقیق در کشور در این زمینه می‌باشد و با فرض دقیق بودن داده‌های پایه استناد شـده انجام گرفته است. لذا از مدل ریاضی قطعی استفاده شده است.

اگـر در یک مـدل ریاضی فقط یک هدف داشـته باشیم، حـل مدل ریاضـی، یک جواب تولید مینمایدکه در واقع همان راهکار بهینه[۲۶] اسـت وموجب تحقـق بهترین مقدار برای تابع هدف می‌گـردد. در حالتی که بـا اهداف متعدد روبرو باشـیم (ماننـد این تحقیـق)، وضعیت چنیـن نیسـت، بلکه بـا حل مدل ریاضی صرفا یکی از بی نهایت راهکار ناچیره بدسـت می‌آید. استفاده از روشـهای مختلف حل ویا اسـتفاده از وزنهای مختلـف برای توابع هدف منجـر به تولیـد جوابهای ناچیره متفاوت خواهد شـد. تصمیم‌گیرنده برای انتخـاب جواب مطلوب از بین راهکارهای ناچیره، ناچار به مصالحه[۲۷] (بهبود یـک هـدف به ضرر هدف دیگر) بین اهداف خواهـد بود. در این تحقیق با اسـتفاده از نرمها و وزنهـای مختلف، راهکارهای متنوعـی (نزدیک به ۳۰ مورد) تولید شـده اسـت. هر یک از این سـناریوها یا راهکارها، حالتی از ترکیب کاربریهای متنوع (در این تحقیق ۶۰ کاربری) است ونشان می‌دهد با اختصاص مسـاحت مشخص شـده به هر کاربری (هکتار)، میزان تحقق اهداف چقدر خواهد بود. (یک مورد ازاین راهکارها پیوسـت شـده اسـت). تصمیم‌گیرنده(گان) با شـناخت روند تغییرات توابع هدف نسـبت به تغییر بردارهـای وزن در نرمهـای مختلف، قـادر خواهند بود راهـکار مطلوب را شناسـایی کنند. تصمیم‌گیرندگان در این روش باید توجه نمایند که تغییر وزن یک یا چند تابع هدف چه تاثیری در افزایش یا کاهش آن تابع یا دیگر توابع ایجاد می‌نماید، سـپس با افزایش یا کاهـش وزن توابع هدف، راهکار مطلوب را تولید نمایند.

ترکیب مدلهای ریاضی با سیسـتمهای شـبیه سـازی یا سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و نمایش بصری راهکارهای ناچیره نیز نقش موثری در انتخاب جواب مطلوب، توسط تصمیم‌گیرنده(گان) ایفا می‌نماید.

بکارگیـری روشـهای مختلـف بـرای تعییـن تابـع مطلوبیـت تصمیم‌گیرنـده(گان)، یـا تلفیق مدل ریاضی با یک سیسـتم خبره نیز در انتخاب مطلوبترین جواب، از بین جوابهای ناچیره موثر خواهد بود.

Archive
www.SID.ir

سپاسگزاری

این تحقیق براســاس مطالعات انجام شــده در حوضه ۳۰ رامسر انجام گرفته اســت. مولفین مراتب قدردانی وتشکر خود را از مساعدت‌های معاون محترم ســازمان جنگلها و مراتع برادر مهنــدس نصرتی و همکاران محترم ایشان در حوزه معاونت جنگلهای شمال به ویژه برادران مهندس ابراهیمی و مهندس رسانه برای همکاریهای بسیار مفید و در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز اعلام می‌دارند.

پاورقی ها

1-Net Present Value
2-Sensitivity Analysis
3-Geographic Information Systems
4-Expert Systems
5-Decision Support System
6-Analytic Hierarchy Process
7-Multiple Criteria Decision Making
8-Mixed Integer Programming
9-Fuzzy Models
10-Meta Heuristic
11-Tabu Search
12-Simulated Annealing
13-Parameters
14-Variables
15-Bold
16-Vector
17-Scalar
18-Set
19-Non-dominated Solution
20-Ideal Solution
21-Feasible Solution
22-Payoff Matrix
23-Augmented Weighted Tchebycheff Programs
24-Crisp
25-Fuzzy
26-Optimal Solution
27-Trade off

منابع مورد استفاده

۱- امانی، منوچهر، ۱۳۷۹، برنامه ملی جنگلداری (اقدام ملی)- برنامه منطقه‌ای جنگل‌داری جهت‌دهی‌های کلی مدیریت پایدار جنگل‌های شمال، جنگل و مرتع، ۳۷: ص ۳۱-۲۰.

۲ - برزه کار، قدرت‌اله، ۱۳۷۹، مطالعات نیمه تفضیلی حوضه آبخیز ۳۰ رامســر، توریســم و اکوتوریســم، وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت فنی سازمان در امور جنگلهای شمال، دفتر جنگل کاری و پارکها: ص ۹۴-۷۰.

۳ -بوداغــی، عیســی، ۱۳۷۹، مطالعه حیات وحش (اکولوژی و محیط زیســت) (حوضه ۳۰ رامســر) ، وزارت جهاد ســازندگی، ســازمان جنگلها و مراتع کشــور، معاونت امور جنگلهای شمال: ص۲۶-۲۲.

۴- بوداغی، عیسی، ۱۳۷۹، مطالعهٔ نیمه تفضیلی بخش مرتع حوضه ۳۰ رامسر، وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال: ص۴۹ -۴۰.

۵-تهرانــی، منصور، ۱۳۷۹، تحلیلی بر بهره برداری از جنگلهای حوضه آبخیز ۳۰ رامســر ، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال: ص۱۴-۷ .

۶- سازمان مدیریت وبرنامه ریزی استان مازندران، معاونت آمار واطلاعات، آمارنامه سال ۷۹، فصل نهم و دهم، قابل دسترسی درسایت اینترنتی:/ http://www.mpom.org .

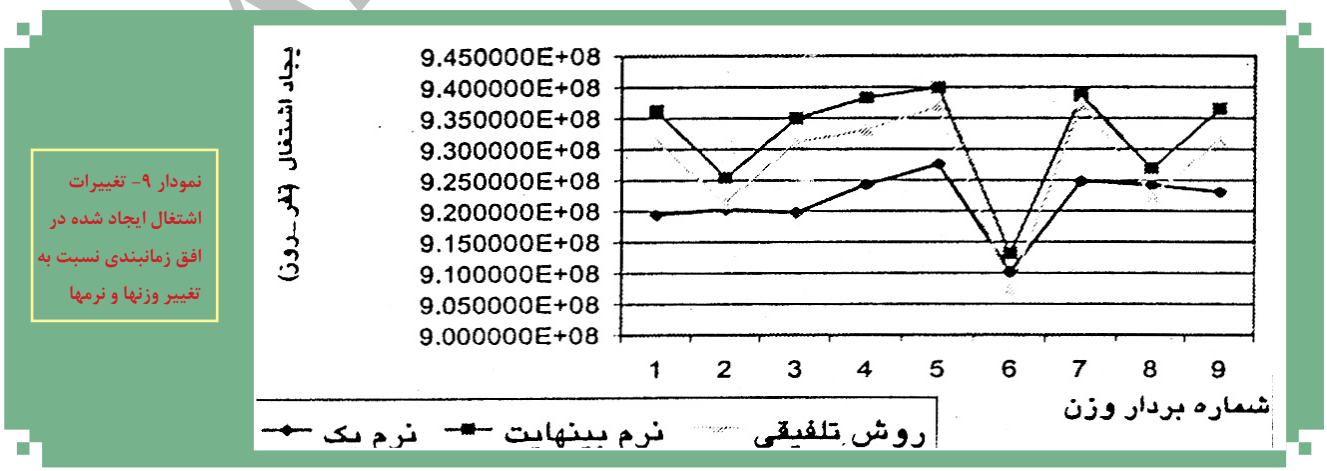
۷- فرشــی، علی اصغر، شریعتی، محمدرضا، جاراللهی، رقیه، قایمی، محمدرضا، شجاعی فر، مهدی، تولایی ، مســعود، ۱۳۷۶، "برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی، جلد اول ودوم، موسسه تحقیقات خاک وآب.

۸- محمودپور، ابراهیم، ۱۳۸۰، مطالعهٔ نیمه تفضیلی اقتصادی- اجتماعی حوضهٔ ۳۰ رامسر، وزارت جهاد کشــاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال کشور: ص ۱۲۲-۰۶۸.

۹-مخدوم، مجید، درویش صفت، علــی اصغر، جعفرزاده، هورمز، مخدوم، عبدالرضا، ۱۳۸۰، ارزیابی و برنامه ریزی محیط زیســت با ســامانه های اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول: ص ۲۴۸-۲۱۳.

۱۰- مرکز آمار ایران، فهرست نشریات، خلاصه آمارهای پایه ای کشورودیگر آمار واطلاعات مورد نیاز،۱۳۸۰، قابل دسترسی در سایت اینترنتی http: //2/3.176.20.81/

۱۱- وزارت جهاد سازندگی، ســازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال،



نمودار ۹- تغییرات اشتغال ایجاد شده در افق زمانبندی نسبت به تغییر وزنها و نرمها

Archive of SID
www.SID.ir

دفتر جنگل‌کاری و پارکها، ۱۳۷۹، " طرح مطالعه و شناسایی استعدادهای حوضه آبخیز (مطالعهٔ موردی- حوضهٔ ۳۰ رامسر)، گزارش بخش پرورش آبزیان (ماهی قزل آلا) : ص۵۴-۴۳.

۱۲- وزارت جهادسازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، دفتر جنگل کاری و پارکها، ۱۳۷۹، طرح مطالعه وشناسایی استعدادهای حوضهٔآبخیز(مطالعهٔموردی-حوضهٔ ۳۰ رامسر)،گزارش بخش زنبور عسل: ص ۳۰-۲۱.

۱۳- وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، دفتر جنگل کاری و پارکها، ۱۳۷۹، طرح مطالعه و شناسایی استعدادهای حوضهٔ آبخیز (مطالعهٔ موردی- حوضه آبخیز)، گزارش بخش محصولات فرعی و گیاهان دارویی: ص ۱۷-۱.

۱۴- وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال ، ۱۳۷۹، مطالعات جنگلداری و جنگل شناسی : ص ۱۹-۱.

۱۵- وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، ۱۳۷۹، مطالعات کشاورزی و باغداری : ص ۲۳-۱.

۱۶- وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، ۱۳۷۹، مطالعات فرسایش خاک : ص ۴۲-۲.

۱۷- وزارت جهاد سازندگی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال، ۱۳۷۹، ایجاد نهالستان حوضه ۳۰ رامسر: ص ۱۰-۱.

۱۸- وزارت جهاد سازندگی، بانک زراعت، بانک هزینه تولید، آمارنامه کشاورزی۸۰-۱۳۷۹، قابل دسترسی در سایت اینترنتی:
http: //www.agri-jahad.org/

۱۹- یوسف سجادی، علیرضا، ۱۳۷۹، "مطالعات نیمه تفضیلی نیمرخ شمال البرز، جنگل کاری، احیاء و غنی سازی، توسعه جنگل، توسعه درختکاری ومشارکت مردمی ، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، معاونت امور جنگلهای شمال: ص ۱-۴۳.

20- Balteiro L. D., Romero C., 1998, Modeling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: An Application in Spain, Forest Science, 44(1): 47-57.

21- Balteiro L. D., Romero C., 2001, Managing forest biodiversity: a Zero-one goal programming approach", Agricultural Systems, 68: 197-213.

22- Chi H., 2000, Computer simulation models for sustainability, International journal of sustainability in higher education, 1(2): 154-167.

23- Diaz- Balteiro L., Romero C., 2002, Forest management optimization models when carbon captured is considered: A goal programming approach, Forest Ecology & Management, 5931: 1-11.

24- Dupouey J.L., Pignard G., Bardeau V., Thimonier A., Dhote J.F., Nepveu G., Bergers L., Augusto L., Belkacem S., Nys C., 2000, Stocks et flux de carbone dans les forests francaises, Adaptation et consequences pour La gestion, Fr. L11- Numero Special: 139-154.

25- Grabski S. V., Mendez D., D., 1998, Implementation of a knowledge – based agricultural geographic decision – support system in the Dominican Republic: A case study", Information Technology & People, 11(3): 174-193.

26- Liu G., Davis L.S., 1995, Interactive resolution of multi-objective forest planning problems with shadow price and parametric analysis, Forest Science, 41(3): 452-469

27- Martell, D.L., Gunn E. A., Weintraub A., 1998, Forest management challenges for operational researchers., European Jounal of Operational Research, 104: 1-7.

28- Mc Carthy M. A., Burgman M. A., 1995, Copying with uncertainty in forest wildlife planning, Forest Ecology & Management, 74: 23-36.

29- Mendoza G. A. Bare B.B, Zhou Z., 1993, A fuzzy multiple objective linear programming approach to forest planning under uncertainty, Agricultural Systems, 41: 257-274.

30- Mendoza G.A., Probhu, R., 2000, Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and Indicatiors- case study, Forest Ecology & Management, 131: 107-126.

31- Pukkala T., 1998, Multiple risks in multiple – objective forest planning: Integration and Importance" Forest Ecology & Management, 111: 265-284.

32- Rausher H. M., 1993, "Ecosystem management decision support for federal forestes in the United States: A review", Forest Ecology & Management, 114: 173-197.

33- Steuer RE., 1986, Multiple criteria optimization: Theory, computation, and application", New York: Wiley.

34- Sun M., Stam A., Steuer R.E., 2000, Interactive multiple objective programming using Tchebycheff programs and artificial neural networks, Computers and Operations Research, 27: 601-620.

35- Tarp P. , Helles, F. , 1995, Multi- criteria decision-making in forest management planning- An overview", Journal of Forest Economics, 1: 273-305.

36- Winnifred E., Richards, 1997, "A tabusearch method for a tactical forest planning problem", Ph.D. Dissertation, Daltech-Dalhousie University (Canada), UMI Proquest Digital Dissertation – 24 Page Preview.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست الف- برنامه زمانبندی ایجاد کاربریها بر حسب هکتار (الگوی بدست آمده در نرم تلفیقی با ضریب ۰/۳ برای نرم یک، و بردارهای وزن اهداف ۷۹, w۹)

کاربری	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم	دوره پنجم
بهره برداری جنگل	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
زنبورداری+جنگل	۰	۰	۰	۰	۰
زنبورداری+جنگل+محصولات فرعی	۶۰۴/۹۵۷۴	۶۰۴/۹۵۷۴	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
بهره برداری توام دام وجنگل	۰	۰	۰	۰	۰
توریسم غیر متمرکز(طبیعتگردی، اسکی)	۲۹۴/۱۱۷۶	۲۹۴/۱۱۷۶	۲۹۴/۱۱۷۶	۲۹۴/۱۱۷۶	۲۹۴/۱۱۷۶
توریسم غیر متمرکز(کوهپیمایی)	۴۱۶/۶۶۶۷	۴۱۶/۶۶۶۷	۴۱۶/۶۶۶۷	۴۱۶/۶۶۶۷	۴۱۶/۶۶۶۷
توریسم غیر متمرکز(صخره نوردی)	۰	۰	۰	۰	۰
توریسم متمرکز(پارک جنگلی)	۱۲/۱۶۵۴۵	۱۲/۱۶۵۴۵	۱۲/۱۶۵۴۵	۱۲/۱۶۵۴۵	۱۲/۱۶۵۴۵
توریسم متمرکز(۱ستراحتگاه – تفرجگاه)	۱۴/۱۶۴۳۱	۱۴/۱۶۴۳۱	۱۴/۱۶۴۳۱	۱۴/۱۶۴۳۱	۱۴/۱۶۴۳۱
حفاظت(افزایش منابع آب)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
حفاظت(حیات وحش)	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
حفاظت(فرسایش)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
حفاظت(گیاهان)	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
حفاظت(لغزش ورانش)	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
محصولات فرعی وداورویی(جنگل)	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۱۰۴/۹۵۷	۳۱۰۴/۹۵۷	۳۱۰۴/۹۵۷
دامداری سنتی(دام)ا جنگل	۰	۰	۰	۰	۰
نهالستان	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
احیا جنگل	۷۱/۴۲۸۵۷	۷۱/۴۲۸۵۷	۷۱/۴۲۸۵۷	۷۱/۴۲۸۵۷	۷۱/۴۲۸۵۷
توسعه جنگل(۱)	۱۶۰۵/۹۵۱	۱۶۰۵/۹۵۱	۱۶۰۵/۹۵۱	۱۶۰۵/۹۵۱	۱۶۰۵/۹۵۱
توسعه جنگل(۲)	۵۴۹/۶۲	۵۴۹/۶۲	۵۴۹/۶۲	۵۴۹/۶۲	۵۴۹/۶۲
توسعه جنگل(۳)	۱۰۲۳	۱۰۲۳	۱۰۲۳	۱۰۲۳	۱۰۲۳
زراعت چوب	۰	۰	۰	۰	۰
پرورش ماهی(سردآبی)	۰	۰	۰	۰	۰
دامداری سنتی(دام)-مرتع	۰	۰	۰	۰	۰
احیا مرتع (بذر و کود)	۹/۹۲۷۰۹۸	۹/۹۲۷۰۹۸	۹/۹۲۷۰۹۸	۹/۹۲۷۰۹۸	۹/۹۲۷۰۹۸
احیا مرتع(کودپاشی)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
مدیریت مرتع	۱۸۰/۰۷۲۹	۲۱۸۰/۰۷۳	۲۱۸۰/۰۷۳	۲۱۸۰/۰۷۳	۲۱۸۰/۰۷۳
زنبور عسل	۲۰۰۰	۰	۰	۰	۰
گل گاوزبان	۰	۰	۰	۰	۰
یونجه آبی	۰	۰	۰	۰	۰
یونجه دیم	۰	۰	۰	۰	۰
سا یر نباتات علوفه ای دیم	۰	۰	۰	۰	۰
سایر نباتات علوفه ا ی آ بی	۰	۰	۰	۰	۰

www.SID.ir

جو آبی	۰	۰	۰	۰	۰
جو دیم	۰	۰	۰	۰	۰
توت نوغان دیم	۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
فندق آبی	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
گردو دیم	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
توت	۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
گندم دیم	۰	۰	۰	۰	۰
سیب زمینی دیم	۰	۰	۰	۰	۰
عدس آبی	۰	۰	۰	۰	۰
عدس دیم	۰	۰	۰	۰	۰
پرورش قارچ	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
دامپروری صنعتی(دام)	۸/۹۷۶۶۶۱	۹۵/۰۴۳۶۴	۱۰۶/۰۶۷۵	۱۰۶/۰۶۷۵	۱۰۶/۰۶۷۵
دامپروری صنعتی(طیور)	۵۹/۲۹۵۱۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
برنج دانه بلند پر محصول	۰/۸۸۱۲۱۲۵	۰/۸۸۱۲۱۲۵	۰/۸۸۱۲۱۲۵	۰/۸۸۱۲۱۲۵	۰/۸۸۱۲۱۲۵
برنج دانه بلند مرغوب	۳۰/۸۲۹۲۸	۳۰/۸۲۹۲۸	۳۰/۸۲۹۲۸	۳۰/۸۲۹۲۸	۳۰/۸۲۹۲۸
برنج دانه کوتاه	۰	۴۲۹/۶۵۱۷	۴۱۸/۶۲۷۸	۴۱۸/۶۲۷۸	۴۱۸/۶۲۷۸
برنج دانه متوسط پر محصول	۰	۰	۰	۰	۰
برنج متوسط و مرغوب	۰	۰	۰	۰	۰
سویا بهاره دیم	۰	۰	۰	۰	۰
سویا تابستانی دیم	۰	۰	۰	۰	۰
گل+گیاه	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
گوجه فرنگی آبی	۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
لوبیا آبی	۰	۰	۰	۰	۰
مرکبات+چای	۰	۰	۰	۰	۰
مرکبات	۹۴۸	۹۴۸	۹۴۸	۹۴۸	۹۴۸
کیوی آبی	۸۵۶/۴۲۳۵	۰	۰	۰	۰
چای	۲/۲۸E-۰۲	۲/۲۸E-۰۲	۲/۲۸E-۰۲	۲/۲۸E-۰۲	۲/۲۸E-۰۲
اهداف	جذب کربن	ارزش فعلی خالص درآمد	حجم چوب سرپا	فرسایش خاک	اشتغال
میزان تحقق اهداف	۱/۳۷E+۰۸	۸/۹۹E+۱۰	۱/۸۶E+۰۷	۰/۰۰E+۰۰	۹/۳۱E+۰۸

www.SID.ir