

برنامه‌ریزی صنایع سلولزی کشور بر اساس استفاده از باگاس با استفاده از مدل ریاضی تحقیق در عملیات^۱

امیرهومن حمصی^۲ سعید امیری^۳

چکیده

به منظور برنامه‌ریزی بهینه توسعه آتی صنایع سلولزی کشور با استفاده از ماده اولیه باگاس، محدودیت‌های اجرایی از قبیل سرمایه، کشش بالقوه بازار و حجم مواد اولیه مدنظر قرار گرفت. به این منظور، نتایج حاصل از اولویت‌بندی صنایع سلولزی با استفاده از مدل ریاضی تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه مطلوبیت‌های حاصل از به کارگیری مدل تاپسیس^۴ در حالت فازی به عنوان ضرایب فنی تابع هدف در مدل ریاضی برنامه‌ریزی خطی با اعداد صحیح لحاظ گردید. مدل تلفیقی حاصله، با استفاده از ۱۵ متغیر و ۲۵ محدودیت اجرایی، به منظور تعیین حجم تولید و توالی احداث و بهره‌برداری از واحدهای صنایع سلولزی در یک دوره زمانی ۵ ساله استفاده شد. به این ترتیب برای تولید ۳۵۰ هزار تن خمیر و کاغذ چاپ و تحریر، ۱۳۳۵۰۰ تن تخته فیبر نیمه‌سنگین و ۶۶۷۵۰ تن تخته خرده‌چوب برنامه‌ریزی گردید.

واژه‌های کلیدی: باگاس، صنایع سلولزی، برنامه‌ریزی خطی، تقاضا، سرمایه، مدل ریاضی.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۱/۷/۲۴، تاریخ تصویب نهایی: ۸۲/۲/۲

^۲ - استادیار واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران

^۳ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۴ - Technique for Order Preference by similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و رشد و توسعه کشور در بخش‌های عمرانی، اقتصادی و فرهنگی، نیاز کشور به فرآورده‌های صنایع سلولزی از قبیل انواع کاغذ (به‌خصوص کاغذ چاپ و تحریر) و اوراق فشرده (تخته‌خرده‌چوب و تخته‌فیبر نیمه‌سنگین)، رو به افزایش بوده و در حال حاضر کمبودهای قابل توجهی در این زمینه به چشم می‌خورد که به طرق مختلف از قبیل واردات، وجود بازاریاها و بالابودن قیمت‌ها خودنمایی می‌کند. کمبود منابع چوبی جنگلی که در طول سالیان متمادی تنها منبع تغذیه‌کننده صنایع سلولزی کشور بوده است، امروزه به حدی است که حتی قادر به تامین مواد اولیه واحدهای موجود نبوده و بنابراین برای ایجاد واحدهای جدید صنایع سلولزی با حجم تولید انبوه، ناگزیر از به‌کارگیری سایر مواد اولیه شناخته شده لیگنو سلولزی خواهیم بود.

پراکندگی مواد اولیه غیرچوبی در سطح کشور و هزینه‌های مربوط به جمع‌آوری، حمل و نقل و ذخیره‌سازی آنها، امکان به‌کارگیری این مواد در سایر مصارف، فصلی بودن و نیاز به وجود یک تشکل سازمانی برای اعمال مدیریت اصولی و قابلیت اطمینان درخصوص دسترسی مستمر به حجم انبوهی از این مواد اولیه نشان می‌دهد که باگاس (تفاله نیشکر)، نه تنها در حال حاضر بلکه در چشم‌انداز توسعه آینده صنایع سلولزی کشور نیز مناسب‌ترین ماده اولیه برای تغذیه صنایع سلولزی کشور در مقیاس تولید انبوه خواهد بود (حمصی، ۱۳۸۰).

از دیدگاه وجود ساختارهای زیربنایی، لازم به ذکر است که شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی در سال ۱۳۶۹ و براساس مندرجات قانون اول توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران تاسیس گردید و ادامه اجرای طرح‌های مطالعاتی توسعه نیشکر در منطقه خوزستان و پیاده‌سازی نتایج مطالعات مربوطه را به عهده گرفت (صندوق مطالعاتی توسعه نیشکر و صنایع وابسته، ۱۳۶۶). بدین ترتیب از آن تاریخ تاکنون، رویشگاه‌های وسیع نیشکر در جنوب کشور با نظارت و مدیریت شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی (وابسته به وزارت جهاد

کشاورزی)، گسترش مناسبی یافته است. از طرفی با ایجاد و بهره‌برداری از کارخانه‌های تولید شکر طی سال‌های اخیر و تحقق تولید سالیانه ۷۰۰۰۰۰ تن شکر در آینده نزدیک، باگاس که محصول جانبی کارخانه‌های شکر می‌باشد به وفور در دسترس بوده و امکان ذخیره‌سازی و برخورداری از آن در تمام طول سال وجود خواهد داشت.

از طرف دیگر در صورت عدم برنامه‌ریزی صحیح برای بهره‌گیری از این ماده اولیه ارزشمند، ضمن آنکه جامعه از ارزش افزوده، صرفه‌جویی ارزی قابل توجه، اشتغال‌زایی و سایر دستاوردهای موردانتظار محروم خواهد ماند، بلکه این ماده اولیه ارزشمند به عنوان ضایعات تلقی گردیده و شرکت ناگزیر به صرف هزینه برای نابودکردن آن خواهد شد. با توجه به حجم عظیم سرمایه مورد نیاز برای ایجاد کارخانه‌های صنایع سلولزی و کمبود منابع مالی در کشور، برنامه‌ریزی اصولی برای تخصیص منابع محدود کشور به شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی ضروری است.

از طرف دیگر در صورت فقدان برنامه‌ریزی صحیح برای بهره‌گیری از این ماده اولیه ارزشمند، ضمن آنکه جامعه از ارزش افزوده، صرفه‌جویی ارزی قابل توجه، اشتغال‌زایی و سایر دستاوردهای موردانتظار محروم خواهد ماند، بلکه این ماده اولیه ارزشمند به عنوان ضایعات تلقی گردیده و شرکت ناگزیر به صرف هزینه برای نابودکردن آن خواهد شد. با توجه به حجم عظیم سرمایه مورد نیاز برای ایجاد کارخانه‌های صنایع سلولزی و کمبود منابع مالی در کشور، برنامه‌ریزی اصولی برای تخصیص منابع محدود کشور به شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی ضروری است.

مطالعه سوابق مربوط به برنامه‌ریزی صنایع سلولزی در کشور حاکی از آن است که در سال ۱۳۵۵، وزارت صنایع و معادن وقت از طریق اداره بررسی و برنامه‌ریزی صنایع سلولزی و چرم، طی گزارشی محرمانه و غیرقابل انتشار تحت عنوان "گزارش مقدماتی برنامه‌ریزی صنایع سلولزی"، وضعیت موجود صنایع سلولزی در آن زمان را مورد بررسی قرار داده و پیشنهادهایی برای توسعه آتی صنایع چوب و کاغذ کشور ارائه داده است (اصغرپور، ۱۳۷۶).

فازی، مشتمل بر الگوریتم‌های تاپسیس، پرموتاسیون^۱ و تخصیص خطی^۲ اولویت‌بندی نمود.

بنابراین در مرحله بعد، برنامه‌ریزی اصولی برای تخصیص منابع محدود کشور بر طبق اولویت‌های حاصله به گونه‌ای که بیشترین مطلوبیت و بهره‌وری حاصل گردد، مدنظر قرار می‌گیرد.

در این مطالعه با تلفیق نتایج حاصل از مدل تاپسیس در حالت فازی و مدل ریاضی برنامه‌ریزی خطی با اعداد صحیح، حجم تولید بهینه هر یک از محصولات موردنظر تعیین می‌گردد (اصغرپور، ۱۳۷۶). به این ترتیب با در نظر گرفتن کلیه محدودیت‌های عملی، تعداد بهینه خطوط تولید و یا به عبارتی حجم تولید مطلوب برای هر یک از محصولات در یک افق برنامه‌ریزی پنج‌ساله (همتراز با برنامه‌های توسعه‌ای کشور)، به گونه‌ای تعیین می‌گردد که مطلوبیت حاصل از لحاظ نمودن کلیه معیارهای هدفه‌گانه تصمیم‌گیری، بیشینه گردد.

به این منظور، ضرایب مطلوبیت هر یک از شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی که خروجی‌های مدل تاپسیس در حالت فازی می‌باشند، به عنوان ضرایب فنی تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی خطی با اعداد صحیح مورد استفاده قرار گرفت.

پایه‌گذاری مدل برنامه‌ریزی

شکل کلی مدل تلفیقی برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح که برای T دوره در نظر گرفته شده به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Max} Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T \alpha_i \cdot x_{ijt}$$

با توجه به محدودیت‌های زیر:

محدودیت تقاضا

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} x_{ijt} + A_{i0} \leq D_{it} + E_{it} - I_{it} \quad t = 1, 2, \dots, T$$

محدودیت ارزی

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ijt} K_{ijt} \leq P_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

در سال ۱۳۶۰، معاونت طرح‌ها و بررسی‌های نخست‌وزیری از طریق گروه صنایع چوب و کاغذ کمیسیون کشاورزی طی گزارشی با عنوان "اهداف و سیاست‌های پیشنهادی صنایع چوب و کاغذ کشور"، وضعیت موجود صنایع سلولزی کشور در آن زمان را مورد بررسی قرار داده و پیشنهادهایی برای توسعه آتی صنایع چوب و کاغذ در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت ارائه داد (گروه صنایع چوب و کاغذ کمیسیون کشاورزی، ۱۳۶۰).

در سال ۱۳۶۷، دفتر فنی صنایع چوب سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور (تحت پوشش وزارت جهاد کشاورزی)، در نشریه‌ای با عنوان "واحدهای تولیدی صنایع چوب و برنامه توسعه آینده آنها در کشور"، به طور اجمالی وضعیت صنایع سلولزی کشور را مورد بررسی قرار داده و پیشنهادهایی برای ایجاد واحدهای جدید ارائه نمود (دفتر فنی صنایع چوب، ۱۳۶۷). در کلیه موارد مذکور، آنچه که تحت عنوان "برنامه‌ریزی" مطرح گردیده، صرفاً بر مبنای برآوردی کلی از تقاضای احتمالی آینده صورت گرفته و به خصوص در بخش برنامه‌ریزی از هیچ مدل و یا ابزار ریاضی استفاده نشده و هیچ یک از محدودیت‌های اجرایی مانند مقدار مواد اولیه موجود و میزان سرمایه مورد نیاز و منابع مالی و غیره لحاظ نگردیده است. اولویت خاصی برای تخصیص منابع به شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی منظور نگردیده و فرآیند برنامه‌ریزی در حد ترسیم یک دورنمای کلی مطرح گردیده است.

مواد و روش‌ها

باتوجه به کمبود منابع مالی و سایر محدودیت‌های اجرایی، اولویت‌بندی شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی، برای تخصیص بهینه منابع اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. بدین منظور حمصی (۱۳۸۰)، طی مطالعه‌ای شاخه‌های مختلف صنایع سلولزی را با لحاظ نمودن هدفه شاخص و با استفاده از مدل‌های ریاضی تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در حالت

^۱ -Permutation

^۲ -Linear Allocation

$S_t =$ تعداد نیروی انسانی متخصص موجود برای تولید

محصول I با ظرفیت J

به این ترتیب به منظور تعیین بیشترین عمق سرمایه‌گذاری و ظرفیت احداث قابل بهره‌برداری در هر یک از صنایع مورد بررسی با توجه به محدودیت‌های موجود در طول دوره برنامه‌ریزی، مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح پایه‌گذاری می‌گردد.

تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری

به منظور انطباق نتایج حاصل از مدل ارائه شده با برنامه‌های توسعه کشور، یک دوره زمانی ۵ ساله برای برنامه‌ریزی صنایع سلولزی کشور (بر مبنای استفاده از ماده باگاس) در نظر گرفته شده است.

متغیرهای تصمیم‌گیری عبارتند از:

$$X_{it} \quad \forall \begin{cases} i=1,2,3 \\ t=1,2,3,4,5 \end{cases} \quad (\text{تعداد ۱۵ متغیر تصمیم‌گیری})$$

که در آن:

X_{it} = تعداد کارخانه یا خطوط تولید قابل بهره‌برداری اضافه شده برای محصول I در دوره زمانی t. شاخص I، دلالت بر نوع محصول و یا صنعت مورد بررسی دارد، بدین ترتیب که:

I=1، صنایع تولید خمیر و کاغذ؛

I=2، صنایع تولید تخته فیبر نیمه سنگین؛

I=3، صنایع تولید تخته خرده‌چوب؛

شاخص t بر سال‌های مختلف برنامه‌ریزی، یعنی به ترتیب سال اول تا سال پنجم دلالت دارد. یادآوری می‌گردد کلیه متغیرهای تصمیم‌گیری اعداد صحیح می‌باشد.

تعریف مجموعه اقلام

مجموعه عواملی که توسط فعالیت‌ها یا متغیرهای تصمیم‌گیری، تولید و یا مصرف گردیده و یا به هر نوعی با آن سر و کار دارند، اقلام نامیده می‌شوند (آریانزاد، ۱۳۷۷). از طرفی در این مدل به علت فقدان کلیه اطلاعات لازم و غیر قابل پیش‌بینی بودن برخی از آنها، تنها محدودیت‌های مربوط به مقدار سرمایه موجود، تقاضای بالقوه و مقدار مواد اولیه موجود در نظر گرفته شده است، درحالی‌که مدل

محدودیت ریالی

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ijt} K_{ijt} \leq Q_t = 1,2,\dots,T$$

محدودیت نیروی انسانی

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n H_{ijt} K_{ijt} \leq S_t = 1,2,\dots,T$$

محدودیت مواد اولیه

$$\sum_{i=1}^m M_{ijt} X_{ijt} \leq K_t = 1,2,\dots,T$$

$$X_{ijt} \geq 0 \quad \begin{cases} i=1,2,\dots,m \\ t=1,2,\dots,n \\ t=1,2,\dots,t.. \end{cases}$$

به طوری که:

X_{ijt}

$I = 1,2,\dots,m$
 $t = 1,2,\dots,T$ $j = 1,2,\dots,n$ $I = 1,2,\dots,m$
 $\alpha =$ مطلوبیت حاصله از تولید محصول I که از خروجی

مدل تاپسیس به دست می‌آید؛

C_{ijt} = سرمایه ارزی موردنیاز برای تولید محصول I، در

ظرفیت J و در دوره زمانی t؛

R_{ijt} = سرمایه ریالی موردنیاز برای تولید محصول I، در

ظرفیت J و در دوره زمانی t؛

D_{it} = میزان تقاضا برای محصول I در دوره زمانی t؛

E_{it} = میزان صادرات کالای I در دوره زمانی t؛

I_{it} = میزان واردات کالای I در دوره زمانی t؛

H_{it} = تعداد نیروی انسانی متخصص موردنیاز برای تولید

محصول I با ظرفیت J؛

M_{ijkt} = مقدار مواد اولیه موردنیاز برای تولید محصول I

در ظرفیت J و از نوع k در دوره زمانی t؛

K_t = مقدار مواد اولیه موجود از نوع K در دوره زمانی t؛

A_{ijt} = ظرفیت J برای تولید محصول i؛

A_{i0} = ظرفیت موجود برای محصول I در دوره صفر؛

P_t = سرمایه ارزی موجود در دوره زمانی t برای

سرمایه‌گذاری صنعتی؛

Q_t = سرمایه ریالی موجود در دوره زمانی t برای

سرمایه‌گذاری صنعتی؛

مطالعات به عمل آمده حاکی از آنست که صنایع خمیر و کاغذ با مطلوبیت ۰/۶۴۴، صنایع تخته فیبر نیمه سنگین با مطلوبیت ۰/۴۲۷ و صنایع تخته خرده چوب با مطلوبیت ۰/۳۲۷، به ترتیب جهت تخصیص منابع در اولویت اول تا سوم قرار آرند (۷)، که به فرم زیر بیان می گردد:

$$\alpha_1, t=0.644 \quad \text{برای } t=1,2,3,4,5$$

$$\alpha_2, t=0.427 \quad \text{برای } t=1,2,3,4,5$$

$$\alpha_3, t=0.427 \quad \text{برای } t=1,2,3,4,5$$

(ب) مجموع سرمایه موجود برای هر یک از سال های افق برنامه ریزی

هزینه اجرای طرح های مربوط به کشت نیشکر و احداث کارخانه های شکر و توسعه صنایع جانبی از محل اعتبارات مصوب ارزی و ریالی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی به عنوان کارفرمای پروژه های مذکور تامین خواهد گردید (۱).

برآورد کارشناسان شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی از مجموع اعتبارات ارزی و ریالی قابل تخصیص به پروژه های صنایع سلولزی طی سال های آینده مطابق جدول ۱ می باشد:

جدول ۱- سرمایه موجود برای احداث کارخانه های صنایع سلولزی

مجموع اعتبارات ارزی و ریالی (میلیارد ریال)				
سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
۱۳۰۴	۲۱۵۴	۲۳۱۰	۲۲۷۱	۱۲۱۹

با توجه به اطلاعات موجود از بازار مصرف داخل کشور و الگو برداری از کشورهای آسیایی در حال توسعه که دارای وضعیت مشابه با کشور ایران می باشند، انجام گرفته است. به این ترتیب با توجه به دوره ایجاد هر یک از کارخانه های مورد نظر، بازار بالقوه هر یک از محصولات تولیدی طی پنج ساله آینده، در جدول ۲ منعکس گردیده است.

قابلیت در نظر داشتن کلیه محدودیت های مورد نظر را دارا می باشد. به این ترتیب مجموعه ارقام در مدل مورد نظر به صورت زیر تعریف می گردند:

(الف) بهره وری هر یک از صنایع که در این مدل خروجی های مدل تاپسیس در حالت فازی می باشند؛

(ب) سرمایه موجود (مجموعه ارزی و ریالی) برای تامین هزینه های سرمایه ای مورد نیاز اولیه؛

(ج) مقدار تقاضای بالقوه (کمبود) برای هر یک از محصولات خمیر و کاغذ، تخته فیبر نیمه سنگین و تخته خرده چوب؛

(د) مقدار مواد اولیه (باگاس) موجود.

نتایج

مطالعات مربوط به تعیین مجموعه ارقام مورد نیاز مدل ریاضی، نتایج ذیل را به همراه داشته و به این ترتیب پارامترهای مدل برنامه ریزی به شرح ذیل تعیین می گردد:

(الف) بهره برداری هر یک از صنایع

بهره وری صنایع مورد نظر، در واقع مقدار مطلوبیت حاصل از به کارگیری مدل تاپسیس در حالت فازی برای هر یک از گزینه ها می باشد (Tabuconon, 1988).

(ج) مقدار تقاضای بالقوه (کمبود بازار)

مقدار بازار بالقوه برای هر یک از محصولات مورد بررسی، در مطالعه جداگانه ای و با توجه به پیش بینی نیاز کشور بر اساس مصرف سرانه و احتساب ظرفیت واحدهای موجود و در دست ایجاد، برآورد گردیده است (۶). در مطالعه مذکور، بررسی جامعی در خصوص درصد احتمالی جایگزینی تخته خرده چوب به وسیله تخته فیبر نیمه سنگین

جدول ۲- میزان بازار بالقوه (کمبود) هر یک از محصولات

بازار بالقوه (کمبود)			سال‌های افق برنامه‌ریزی
تخته‌خارده‌چوب (مترمکعب)	تخته‌فیبر نیمه‌سنگین (مترمکعب)	خمیر کاغذ (تن)	
۲۵۸۹۳۷	۸۲۷۸۲	۴۱۲۳۶۷	سال اول
۲۲۷۰۶۲	۱۱۸۲۱۲	۴۵۰۳۹۵	سال دوم
۲۰۹۷۴۸	۱۴۶۴۱۵	۴۹۱۴۲۵	سال سوم
۱۷۲۹۰۵	۱۸۴۴۸۲	۵۲۵۶۱۶	سال چهارم
۱۷۳۸۲۵	۱۹۷۱۳۳	۵۸۳۱۳۳	سال پنجم

د) میزان مواد اولیه (باگاس) موجود

با توجه به آنکه باگاس (تفاله نیشکر)، محصول جانبی کارخانه‌های تولید شکر می‌باشد، مقدار مواد اولیه در دسترس جهت تغذیه صنایع سلولزی موردنظر، منوط به ظرفیت و تعداد کارخانه‌های شکر موجود در منطقه می‌باشد. در اهاف کمی طرح‌های شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، تولید ۷ میلیون تن نیشکر در قالب ایجاد ۷ واحد کشت و صنعت ۱۲ هزارهکتاری و تولید ۷۰۰ هزارتن شکر در قالب ایجاد تعداد ۷ کارخانه ۱۰۰ هزارتنی پیش‌بینی گردیده است. اولین کارخانه شکر از این مجموعه

در اواخر سال ۱۳۷۸ و سومین آنها در بهمن‌ماه سال ۱۳۸۰ به بهره‌برداری رسید.

طبق اطلاعات اخذ شده از قسمت کنترل پروژه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، با توجه به موعد بهره‌برداری و نیز مدت‌زمان لازم برای دستیابی به حداکثر ظرفیت تولید، میزان باگاس در دسترس برای تغذیه کارخانه‌های صنایع سلولزی طی افق برنامه‌ریزی، مطابق جدول (۳) برآورد می‌گردد. در صورت نیاز، مقداری از باگاس مازاد سایر واحدهای کشت و صنعت موجود در منطقه از قبیل کارون و هفت‌تپه نیز در دسترس می‌باشد.

جدول ۳- مجموع مقدار باگاس تولید شده با توجه به توالی بهره‌برداری از کارخانه‌های شکر موجود در منطقه

مقدار تولید باگاس (هزارتن)				
سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
۵۴۰	۹۳۰	۱۶۴۵	۲۲۱۴	۲۵۵۵

ه) مقدار سرمایه و مواد اولیه موردنیاز و ظرفیت هر یک از صنایع

با توجه به آنکه ایجاد کارخانه‌های صنایع سلولزی در قالب ساخت و یا بهره‌برداری از خطوط تولید متعدد برای هر یک از صنایع مذکور قابل تصور می‌باشد، با توجه به اطلاعات گرفته شده از شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و مطالعه طرح‌های مشابه با ظرفیت‌های مختلف (Vadja, 1985) و همچنین مطالعات امکان‌سنجی انجام شده (شرکت صنعت چوب شمال، ۱۳۷۶)، سرمایه اولیه موردنیاز برای بهره‌برداری از خطوط تولید خمیر و کاغذ به روش شیمیایی (سودا) با ظرفیت ۵۰۰۰۰ تن در سال،

کارخانه تولید تخته‌فیبر نیمه‌سنگین به ظرفیت ۳۳۳۷۵ تن (تقریباً معادل با ۴۴۵۰۰ مترمکعب در سال با احتساب جرم ویژه ۷۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و کارخانه تولید تخته‌خارده‌چوب به ظرفیت ۳۳۳۷۵ تن (تقریباً معادل با ۵۱۵۰۰ مترمکعب در سال با احتساب جرم ویژه ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، برآورد گردید. لازم به توضیح است در هر مورد و به خصوص در رابطه با صنایع تولید خمیر و کاغذ جزئیات اطلاعات مورد نیاز از مستندات طرح‌های توجیهی فنی و اقتصادی استخراج گردیده و در نتیجه هزینه تجهیزات موردنیاز به منظور کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و تجهیزات بازیافت انرژی و مواد شیمیایی

بهره‌برداری از هر یک از خطوط تولید با ظرفیت‌های ذکر شده محاسبه گردید.

جدول ۴، سرمایه و مواد اولیه موردنیاز (باگاس) و ظرفیت خطوط تولید هر یک از صنایع مورد بررسی را در بر دارد.

متناسب با فرآیند تولید خمیر به روش شیمیایی سودا در برآورد مقدار سرمایه موردنیاز اولیه لحاظ گردیده است. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در رابطه با مصرف مواد اولیه برای تولید هر تن خمیر و کاغذ، تخته‌فیبر نیمه‌سنگین و تخته‌خرده‌چوب، مقدار باگاس موردنیاز برای

جدول ۴- مشخصات خطوط بهره‌برداری هر یک از صنایع موردبررسی

صنایع	سرمایه موردنیاز (میلیاردریال)	ظرفیت در سال	باگاس موردنیاز (تن)
خمیر و کاغذ	۱۰۵۵/۷	۵۰۰۰۰ تن	۲۷۵۰۰۰
تخته فیبر نیمه‌سنگین	۱۳۴/۸	۴۴۵۰۰ مترمکعب	۹۹۰۰۰
تخته‌خرده‌چوب	۱۲۰/۶	۵۱۵۰۰ مترمکعب	۱۰۹۰۰۰

ارائه مدل نهایی

مدل ریاضی عدد صحیح مورد استفاده برای برنامه‌ریزی صنایع سلولزی در یک دوره زمانی ۵ ساله، با وجود ۱۵ متغیر و ۲۵ محدودیت به صورت زیر می‌باشد:

تابع هدف

$$\text{Max}Z = 0.1644X_{11} + 0.1644X_{12} + 0.1644X_{13} + 0.1644X_{14} + 0.1644X_{15} + 427 \\ \cdot X_{21} + 0.427X_{22} + 0.427X_{23} + \\ \cdot 0.427X_{24} + 0.427X_{25} + 0.327X_{31} + 0.327X_{32} + \\ \cdot 0.327X_{33} + 0.327X_{34} + 0.327X_{35}$$

S.t:

محدودیت سرمایه:

$$1] 1.055/X_{11} + 1.34/X_{12} + 1.206/X_{13} \leq 13.04 \\ 2] 1.055/X_{12} + 1.34/X_{13} + 1.206/X_{14} \leq 21.54 \\ 3] 1.055/X_{13} + 1.34/X_{14} + 1.206/X_{15} \leq 22.10 \\ 4] 1.055/X_{14} + 1.34/X_{15} + 1.206/X_{21} \leq 22.71 \\ 5] 1.055/X_{15} + 1.34/X_{22} + 1.206/X_{23} \leq 12.19$$

محدودیت تقاضا:

$$6] 50/1000 \cdot X_{11} \leq 412367 \\ 7] 51500 \cdot X_{21} \leq 258927 \\ 9] 50/1000 \cdot X_{11} + 50/1000 \cdot X_{12} \leq 450395 \\ 10] 44500 \cdot X_{21} + 44500 \cdot X_{22} \leq 118212 \\ 11] 51500 \cdot X_{21} + 51500 \cdot X_{22} \leq 227062 \\ 12] 50000 \cdot X_{11} + 50000 \cdot X_{12} + 50000 \cdot X_{13} \leq 491425 \\ 13] 44500 \cdot X_{21} + 44500 \cdot X_{22} + 44500 \cdot X_{23} \leq 146415 \\ 14] 51500 \cdot X_{21} + 51500 \cdot X_{22} + 51500 \cdot X_{23} \leq 209748 \\ 15] 50000 \cdot X_{11} + 50000 \cdot X_{12} + 50000 \cdot X_{13} + 50000 \cdot X_{14} \leq 5235616$$

$$16] 44500 \cdot X_{21} + 44500 \cdot X_{22} + 44500 \cdot X_{23} + 44500 \cdot X_{24} \leq 184482 \\ 17] 51500 \cdot X_{21} + 51500 \cdot X_{22} + 51500 \cdot X_{23} + 51500 \cdot X_{24} \leq 172905 \\ 18] 50000 \cdot X_{11} + 50000 \cdot X_{12} + 50000 \cdot X_{13} + 50000 \cdot X_{14} + 50000 \cdot X_{15} \\ \leq 583133 \\ 19] 44500 \cdot X_{21} + 44500 \cdot X_{22} + 44500 \cdot X_{23} + 44500 \cdot X_{24} + 44500 \cdot X_{25} \\ \leq 197133 \\ 20] 51500 \cdot X_{21} + 51500 \cdot X_{22} + 51500 \cdot X_{23} + 51500 \cdot X_{24} + 51500 \cdot X_{25} \\ \leq 172825$$

محدودیت ماده اولیه:

$$21] 275000 \cdot X_{11} + 99000 \cdot X_{21} + 109000 \cdot X_{31} \leq 540000 \\ 22] 275000 \cdot X_{11} + 275000 \cdot X_{12} + 99000 \cdot X_{21} + 99000 \cdot X_{22} + \\ 109000 \cdot X_{31} + 109000 \cdot X_{32} \leq 930000 \\ 23] 275000 \cdot X_{11} + 275000 \cdot X_{12} + 275000 \cdot X_{13} + 99000 \cdot X_{21} + 99000 \cdot X_{22} + \\ 99000 \cdot X_{23} + 109000 \cdot X_{31} + 109000 \cdot X_{32} + 109000 \cdot X_{33} \leq 1645000 \\ 24] 275000 \cdot X_{11} + 275000 \cdot X_{12} + 275000 \cdot X_{13} + 275000 \cdot X_{14} + 99000 \cdot X_{21} \\ + 99000 \cdot X_{22} + 99000 \cdot X_{23} + 99000 \cdot X_{24} + 109000 \cdot X_{31} + 109000 \cdot X_{32} + \\ 109000 \cdot X_{33} + 109000 \cdot X_{34} \leq 2214000 \\ 25] 275000 \cdot X_{11} + 275000 \cdot X_{12} + 275000 \cdot X_{13} + 275000 \cdot X_{14} + \\ 275000 \cdot X_{15} + 99000 \cdot X_{21} + 99000 \cdot X_{22} + 99000 \cdot X_{23} + 99000 \cdot X_{24} + \\ 99000 \cdot X_{25} + 109000 \cdot X_{31} + 109000 \cdot X_{32} + 109000 \cdot X_{33} + \\ 109000 \cdot X_{34} + 109000 \cdot X_{35} \leq 25555000 \\ X_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,3 \quad j=1,2,3,4,5$$

$X_{ij} \in$ اعداد صحیح

برای حل این مدل ریاضی، از دو نرم‌افزار LINGO و EXCEL (Solver) استفاده گردید.

صنایع سلولزی را در طی سال‌های افق برنامه‌ریزی دربردارد.

مقدار نهایی تابع هدف و یا بیشترین مطلوبیت حاصله برابر با ۶/۸۶۸ می‌باشد و از آنجا که متغیرهای مسئله همگی عدد صحیح می‌باشند، ارضاء کامل منابع صورت نپذیرفته و در نتیجه قیمت‌های سایه‌ای^۱ و یا قیمت‌های مجازی وجود ندارند.

به این ترتیب پس از اعمال مطلوبیت‌های حاصله از به‌کارگیری مدل ریاضی تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (الگوریتم تاپسیس)، به‌عنوان ضرایب فنی متغیرهای تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح، عمق سرمایه‌گذاری در هر یک از صنایع موردنظر تعیین گردید. جدول ۵، تعداد بهینه خطوط تولید هر یک از واحدهای

جدول ۵- نتایج حل مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای تعیین عمق سرمایه‌گذاری

دوره برنامه‌ریزی	تعداد کارخانجات (خطوط تولید)			سرمایه (میلیارد ریال)	
	خمیر و کاغذ	تخته‌فیبر نیمه‌سنگین	تخته‌خرده‌چوب	سرمایه مصرف شده	سرمایه باقیمانده
سال اول	۱	۱	۰	۱۱۹۰/۵	۱۱۳/۵
سال دوم	۲	۰	۰	۲۱۱۱/۴	۴۲/۶
سال سوم	۲	۱	۰	۲۲۴۶/۲	۶۳/۸
سال چهارم	۱	۲	۱	۱۴۴۵/۹	۸۲۵/۱
سال پنجم	۱	۰	۱	۱۱۷۶/۳	۴۲/۷

ایجاد ۲ خط تولید تخته‌خرده‌چوب، مجموعاً به ظرفیت ۶۶۷۵۰ تن (تقریباً معادل ۱۰۳۰۰۰ مترمکعب)، در طی دوره پنج‌ساله برنامه‌ریزی توصیه می‌گردد. جدول ۶، ظرفیت ارضاء نشده هر یک از محصولات را با توجه به کشش بازار و مقدار مصرف مواد اولیه و مقدار باگاس باقیمانده را در طی دوران برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.

در نهایت، با توجه به مطلوبیت هر یک از گزینه‌ها (خروجی‌های مدل تاپسیس) و با در نظر گرفتن محدودیت‌های سرمایه (مجموع ارزی و ریالی)، تقاضا و مواد اولیه (باگاس)، احداث تعداد ۷ خط تولید خمیر و کاغذ (چاپ و تحریر)، مجموعاً به ظرفیت ۳۵۰۰۰۰ تن، احداث تعداد ۴ خط تولید تخته‌فیبر نیمه‌سنگین، مجموعاً به ظرفیت ۱۳۳۵۰۰ تن (تقریباً معادل ۱۷۸۰۰۰ مترمکعب) و

جدول ۶- ظرفیت ارضاء نشده هر یک از محصولات و مقدار باگاس باقیمانده

دوره برنامه‌ریزی	ظرفیت (تقاضای ارضاء نشده)				ماده اولیه باگاس (تن)
	خمیر و کاغذ (تن)	تخته‌فیبر نیمه‌سنگین (مترمکعب)	تخته‌خرده‌چوب (مترمکعب)	مصرف شده	
سال اول	۳۶۲۳۶۷	۳۸۲۸۲	۲۵۸۹۳۷	۳۷۴۰۰۰	۱۶۶۰۰۰
سال دوم	۳۰۰۳۹۵	۷۳۷۱۲	۲۲۷۰۶۲	۹۲۴۰۰۰	۶۰۰۰
سال سوم	۲۴۱۴۲۵	۵۷۴۱۵	۲۰۹۷۴۸	۱۵۷۳۰۰۰	۷۲۰۰۰
سال چهارم	۲۳۵۶۱۶	۶۴۸۲	۱۲۱۴۰۵	۲۱۵۵۰۰۰	۵۹۰۰۰
سال پنجم	۲۳۳۱۳۳	۱۹۱۳۳	۷۰۸۲۵	۲۵۳۹۰۰۰	۱۶۰۰۰

مجموع حاکی از آن است که نه تنها در هیچ یک از سال‌ها، بلکه پس از آخرین سال برنامه‌ریزی، منابع موجود به حدی نیستند که قابلیت ایجاد و بهره‌برداری از هیچ واحد صنعتی

بحث و نتیجه‌گیری

جداول مربوط به سرمایه‌های هزینه نشده، ظرفیت‌های احتمالی ارضاء نشده بازار و مقدار باگاس باقیمانده، در

آگاهی از اهداف بهینه برنامه‌ریزی و اولویت‌های احداث و بهره‌برداری در هر یک از سال‌های آتی (جدول ۵)، کارشناسان کنترل پروژه قادر خواهند بود به مطلوب‌ترین نحو ممکن فعالیت‌ها و مسیرهای بحرانی را شناسایی و برای تعدیل هزینه و نیز زمان‌بندی فعالیت‌های مختلف اجرای پروژه، برنامه‌ریزی نمایند.

مقادیر تقاضاهای احتمالی ارضاء نشده (جدول ۶)، نشان می‌دهد که با این نوع ترکیب تولید، مقدار کمبود هر یک از محصولات در هر یک از سال‌های برنامه‌ریزی احتمالاً به چه مقدار خواهد بود. آگاهی از این مطلب می‌تواند برای دست‌اندرکاران و برنامه‌ریزان صنایع سلولزی کشور راهنمای مناسبی باشد تا به این وسیله صدور موافقت اصولی برای ایجاد کارخانه‌های صنایع سلولزی از طریق سایر بخش‌ها (دولتی و خصوصی)، بر مبنایی مستدل استوار گردد.

در این مطالعه، به منظور بررسی کارایی مدل ترکیبی، برنامه‌ریزی صرفاً در خصوص محصولات قابل تولید از باگاس و با در نظر گرفتن محدودیت‌های سرمایه، تقاضا و مواد اولیه صورت گرفت ولی با توجه به جامعیت و قابلیت انعطاف مدل ارائه شده، برنامه‌ریزی برای هر نوع ترکیب دیگری از تولید و با لحاظ نمودن سایر محدودیت‌های اجرایی (که اطلاعات آن موجود باشد)، امکان‌پذیر می‌باشد. لازم به توضیح است که در مطالعات اولیه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، احداث ۵ خط تولید تخته‌خرده‌چوب هر یک به ظرفیت ۲۰۰۰۰ تن و در نهایت به ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ تن پیش‌بینی گردیده بود (صندوق مطالعاتی توسعه نیشکر و صنایع وابسته، ۱۳۶۶)، ولی در بررسی‌های بعدی، احداث یک خط تولید تخته‌فیبر نیمه‌سنگین به ظرفیت ۱۰۰۰۰۰ تن مدنظر قرار گرفت. در مورد صنایع خمیر و کاغذ، مطالعات اولیه بر مبنای تولید ۵۳۱۰۰۰ تن کاغذ در قالب گزینه‌های مختلفی از قبیل ۶ کارخانه هر یک به ظرفیت ۸۸۵۰۰ تن، چهار کارخانه هر یک به ظرفیت ۱۳۲۷۵۰ تن، سه کارخانه هر یک به ظرفیت ۱۷۷۰۰۰ تن و دو کارخانه هر یک به ظرفیت ۲۶۶۵۰۰ تن انجام گرفت. سپس گزینه تولید ۳۵۴۰۰۰ تن کاغذ چاپ و تحریر در قالب ۲ کارخانه ۱۷۷۰۰۰ تنی و در

دیگری با ظرفیت‌های موردنظر وجود داشته باشد. این مطلب نشان می‌دهد که از جمله نتایج این نوع برنامه‌ریزی، مصرف اصولی و منطقه سرمایه‌ها و مواد اولیه و ارضاء مناسب تقاضاهای موجود در درازمدت می‌باشد. به عبارت دیگر قدرت و قابلیت مدل ریاضی ترکیبی مورد استفاده در امر برنامه‌ریزی، به این ترتیب روشن می‌گردد. همان‌طور که جدول (۵) نشان می‌دهد، ایجاد کارخانه‌های تولیدخمیر و کاغذ علاوه بر آنکه بیشترین مقدار منابع موجود و در نتیجه بیشترین حجم تولید را به خود اختصاص داده‌اند، در سال‌های اولیه برنامه‌ریزی، بیشتر از دو پروژه دیگر مورد توجه قرار گرفته و به عبارتی برای تخصیص منابع در اولویت قرار گرفته‌اند. بهره‌برداری از کارخانه‌های تخته‌خرده‌چوب در مقایسه با خطوط تولید تخته‌فیبر نیمه‌سنگین نه تنها منابع کمتری به خود اختصاص می‌دهند، بلکه به سال‌های پایانی دوره برنامه‌ریزی موقوف شده‌اند (سال‌های چهارم و پنجم). این امر می‌تواند به این دلیل باشد که مطلوبیت حاصل از به‌کارگیری روش تاپسیس در حالت فازی برای پروژه تخته‌فیبر نیمه‌سنگین (۰/۴۲۷)، بیشتر از پروژه تخته‌خرده‌چوب (۰/۳۲۷) و برای پروژه خمیر و کاغذ (۰/۶۲۴) بیشتر از هر دوی آنها می‌باشد. به عبارت دیگر پروژه‌هایی که از اولویت بیشتری برخوردار هستند، نه تنها منابع بیشتری را به خود تخصیص داده‌اند، بلکه از دیدگاه توالی ایجاد و بهره‌برداری نیز، در سال‌های اولیه بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند و در واقع نتایج حاصله مکمل و در تایید یکدیگر هستند.

از طرفی، با آگاهی از مقدار سرمایه مصرف نشده، کارشناسان کنترل پروژه و در نتیجه تصمیم‌گیرندگان شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی قادر خواهند بود پس از لحاظ نمودن درصدی برای هزینه‌های پیش‌بینی نشده و ریسک‌های متحمل، نقدینگی و اعتبارات محدود شرکت را در زمان مقتضی به سایر منابع هزینه سوق دهند.

از طرف دیگر، از آنجا که ایجاد واحدهای بزرگ صنعتی از این قبیل، علاوه بر مصرف سرمایه‌های کلان، پیچیدگی‌های خاص خود را دارند، ارزیابی و کنترل پروژه در طی دوران ساخت اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به این ترتیب با

سرمایه‌های ارزی و ریالی، نیروی کار، وضعیت واردات و صادرات و غیره موجود باشد، می‌توان به منظور افزایش دقت و انطباق بیشتر نتایج حاصله با شرایط واقعی حاکم، چنین پارامترهایی را نیز در مدل ریاضی لحاظ نمود.

یادآوری می‌گردد مدل ارائه شده در این مطالعه، برای برنامه‌ریزی توسعه صنایع سلولزی بر مبنای استفاده از باگاس و با لحاظ نمودن اولویت‌بندی صنایع سلولزی در مقیاس ملی صورت گرفت. درحالی‌که مدل مذکور قابلیت استفاده به‌منظور برنامه‌ریزی صنایع سلولزی در مقیاس منطقه‌ای و با استفاده از سایر مواد اولیه را نیز دارا می‌باشد.

نهایتاً، درخصوص ماهیت مدل ترکیبی ارائه شده، لازم به ذکر است که نقطه قوت مدل ارائه شده در آن است که علاوه بر در نظر داشتن محدودیت‌های اجرایی، ارضاء بهینه و همزمان کلیه معیارهای ۱۷ گانه تصمیم‌گیری را در قالب به حداکثر رساندن مطلوبیت نهایی تابع هدف لحاظ نموده است. لازم به ذکر است نقطه ضعف مدل‌های برنامه‌ریزی خطی در تک معیار بودن و همچنین نقطه ضعف مدل‌های محدودیت‌های اجرایی است (Tabucanon, 1988) حال آنکه با تلفیق این دو مدل با یکدیگر، نقطه ضعف هر دو مدل برطرف گردیده و همان‌گونه که نتایج مطالعه موردی اخیر نشان می‌دهد، قدرت و قابلیت مدل حاصله در حل مسائل دنیای واقعی افزایش می‌یابد.

نتایج حاصل از مدل‌های مشابه ارائه شده توسط سایر محققین (کاشف ۱۳۷۶، موحدی ۱۳۷۶، Dykstra, 1994, Hofe, 1993)، تأکیدی بر این مطلب می‌باشد.

مطالعات بعدی، تولید ۳۲۵۰۰۰ تن کاغذ چاپ و تحریر در قالب ۵ خط تولید با ظرفیت ۶۵۰۰۰ تن مطرح گردید. تصمیمات اخیر شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی بر احداث ۴ خط تولید هر یک به ظرفیت ۸۸۵۰۰ تن و در مجموع ۳۵۴۰۰۰ تن کاغذ چاپ و تحریر تأکید دارد که به نوعی با نتایج حاصل از مدل ترکیبی مورد استفاده در این مطالعه همخوانی دارد. لازم به توضیح است که در مدل ارائه شده، تعداد خطوط تولید به خودی خود مدنظر نبوده و تأکید بر مجموع ظرفیت تولید و توالی ایجاد کارخانه‌ها با توجه به اولویت‌های موجود می‌باشد.

بنابراین چنانچه در مدل ارائه شده، سرمایه موردنیاز و باگاس مصرفی، متناسب با خطوط تولید خمیر و کاغذ با ظرفیت ۸۸۵۰۰ تن منظور گردند، تا زمانی که سایر عوامل و به‌خصوص محدودیت‌های اجرایی تغییر نکنند، مجموع ظرفیت تولید برنامه‌ریزی شده (۳۵۰۰۰۰ تن)، تغییر چندانی نداشته و فقط تعداد و نهایتاً تراکم بهره‌برداری از خطوط تولید در هر یک از سال‌های افق برنامه‌ریزی دگرگون خواهد گردید. چنین خاصیتی، قابلیت و کارایی مدل ارائه شده را در حل مسائل واقعی و اجرایی نشان می‌دهد. از طرفی چنانچه به‌دلایل مختلف از قبیل طولانی‌شدن دوره ساخت، تغییر نرخ برابری ارز، تغییر هزینه‌های سرمایه‌ای، انجام صادرات و واردات و در نتیجه تغییر در کشش بازار و غیره، هر یک و یا همه پارامترهای مسئله دگرگون شوند، ماهیت پویای مدل ارائه شده قادر به حل مسئله جدید و برنامه‌ریزی وضعیت موجود خواهد بود. همچنین چنانچه اطلاعات جزئی‌تری در خصوص تفکیک

منابع

۱- آریانزاد میربهادرقلی، ۱۳۷۷. برنامه‌ریزی خطی (الگوریتم‌های نوین)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، شماره ۲۰۱، تهران، ص ۵۲۸.

- ۲- اداره بررسی و برنامه‌ریزی صنایع سلولزی و چرم، ۱۳۵۵. گزارش مقدماتی برنامه‌ریزی صنایع سلولزی، وزارت صنایع.
- ۳- اداره کل برنامه‌ریزی صنعتی، ۱۳۷۰. گزارش صنعت کاغذ، وزارت صنایع.
- ۴- اصغرپور محمدجواد، ۱۳۷۶. تحقیق در عملیات پیشرفته، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۶۰.
- ۵- امیری سعید، ۱۳۷۷. بررسی اقتصادی کارخانه‌های تخته‌خرد چوب، مجله منابع طبیعی ایران ص ۳۱-۲۵.
- ۶- حمصی امیرهومن، ۱۳۸۰. تعیین شاخه‌های مناسب صنایع سلولزی برای ایران (اولویت در بخش صنایع سلولزی)، رساله دوره دکتری به راهنمایی دکتر مهدی فائزی‌پور، واحد علوم و تحقیقات.
- ۷- حمصی امیرهومن و مهدی فائزی‌پور، ۱۳۸۰. تعیین اولویت در بخش صنایع سلولزی با استفاده از مدل ریاضی تصمیم‌گیری چندمعیاره، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، سال هفتم شماره (۲)، تابستان ۱۳۸۰، ص ۲۷-۴۱.
- ۸- دفتر فنی صنایع چوب، ۱۳۶۷. واحدهای تولیدی صنایع چوب و برنامه توسعه آینده آنها در کشور، نشریه شماره ۳۷، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، وزارت کشاورزی.
- ۹- سیار پرویز، ۱۳۷۱. ارزیابی اقتصادی طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی آن، موسسه تحقیقات اقتصادی دانشگاه تهران.
- ۱۰- شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، ۱۳۷۷. پیش‌بینی نیازهای آینده صنعت کاغذ کشور، وزارت کشور.
- ۱۱- شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، ۱۳۷۷. طرح‌های خمیر و کاغذ، وزارت کشاورزی.
- ۱۲- صندوق مطالعاتی توسعه نیشکر و صنایع وابسته، ۱۳۶۶. گزارش نهایی مرحله مقدماتی طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی آن، جلد چهارم و پنجم.
- ۱۳- کاشف بهرامی احمد، ۱۳۷۶. طراحی و کاربرد ترکیبی از برنامه‌ریزی آرمانی GP و فرآیند سلسله‌مراتب AHP اهداف مدیریت در برنامه‌ریزی تولید جامع صنایع مس سرچشمه، رساله دکتری به راهنمایی دکتر عزیزالله معماریانی، واحد علوم و تحقیقات.
- ۱۴- گروه صنایع چوب و کاغذ کمیسیون کشاورزی، ۱۳۶۰. اهداف و سیاست‌های پیشنهادی صنایع چوب و کاغذ کشور، معاونت طرح‌ها و بررسی‌های نخست‌وزیری.
- ۱۵- لیبرمن هیلر، ۱۳۷۱. برنامه‌ریزی ریاضی، ترجمه محمد مدرس و اردوان آصف‌وزیری، نشر تندر.
- ۱۶- معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی، ۱۳۷۶. صنایع تولید کاغذ، نئوپان و تخته لابی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، بنیاد صنعتی ایران.
- ۱۷- موحدی محمد مهدی، ۱۳۷۶. نقش عوامل تولید در انتخاب شاخه‌های صنعتی مناسب ایران، پایان‌نامه دوره دکتری به راهنمایی دکتر میربهادر قلی‌آریانزاد، واحد علوم و تحقیقات.
- ۱۸- شرکت صنعت چوب شمال. واحد تحقیق و توسعه، ۱۳۷۶. مطالعه امکان‌سنجی احداث خط تولید ام‌دی‌اف با ظرفیت ۲۱۰ مترمکعب در روز بر مبنای استفاده از باگاس.

19-Amachree, S., 1988. Investment Appraisal Developing Countries Alder Shot, Avebury.

20-Beck, R.L. & J.D., Gooding, 1990. Optimum number and Location of manufacturing milk plants to minimize marketing Costs, Southern J. of Agri. Econ 12 (1): 103-108.

21-Dykstra, D.A., 1994. Mathematical Programming for Natural Resource management. Mc Graw-Hill book Co. NewYork.

22-Hofe, G.J. & L.A. Joyce, 1993. A mixed integer Linear Programming approach for spatially optimizaing Widelife and timber in managed forest ecosystems, Forest Sci. 39 (4): 816-834.

23-Lin, Wenjie & Carino, Honorio F. & Muehlenfeld ken J., 1996. OSB/LOCATION: A Computer model for determing optimal Oriented Strandboard Plant and Size, Forest products (46): 71-78.

24-Tabucanon, Mario T., 1988. Multiple Criteria Decision Making in industry, Elsevier Science Publishers, B.V.

25-Vajda, Peter, 1985. A Comparative evaluation of the economics of particleboard & fiberboard Manugature, Columbia engineering international LTD. Vancouver, CANADA.

Planning Cellulosic Industries Based on Bagasse Utilization by Operation Research Technique

A. H. Hemmasi¹

S. Amiri²

Abstract

To provide an optimal plan for future development of cellulosic industries of the country using bagasse as raw material, some executive limitations such as capital, potential market, and the quantity of existing raw material must be taken into consideration. To this end, the results obtained from multi attribute decision making models (MCDM) were utilized. Hence, the utilities resulted from using TOPSIS model in fuzzy state were considered as technical coefficients of objective function in Integer Linear Programming model. The resulted integrated model, including 15 variables and 25 executive constraints, was used to determine production capacity as well as consequence of establishing and exploiting cellulosic industry units in a five-year period. Based on this research, production of 350,000 MT printing & writing pulp & paper, 133,500 MT Medium Density Fiberboard (MDF), and 66,750 MT Particleboard (PB) was planned.

Keywords: Bagasse, Cellulosic industries, Linear programming, Demand, Capital, Mathematical model.

¹ -Asst. Prof., Science and Research Branch, Islamic Azad University

² -Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, Univ. of Tehran