ارائه نوعي مدل برنامه‌ريزي بهينه براي احداث كارخانه‌هاي خمير و كاغذ با استفاده از كاه غلات در مقياس ۷۵۰۰۰ تن توليد خمير در استان مازندران

آژنگ تاجديني*[۱]، سعيد اميري[۲]، غلامرضا پيكاني[۳]، احمد جهان‌لتيباري[۴] و اميرهومن حمصي[۵]

[۱] دانش آموخته دكتري علوم و صنايع چوب و كاغذ دانشگاه آزاد اسلامي، واحد علوم وتحقيقات و استاديار دانشگاه آزاد اسلامي، واحد كرج، ايران

[۲] دانشيار گروه علوم و صنايع چوب و كاغذ، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

[۳] استاديار گروه اقتصاد كشاورزي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تهران، ايران

[۴] دانشيار دانشگاه آزاد اسلامي، واحد كرج، ايران

[۵] دانشيار دانشگاه آزاد اسلامي، واحد علوم و تحقيقات، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۴/۶/۲۶، تاريخ تصويب: ۸۵/۲/۲۷)

چكيده

در اين مقاله سعي شده است كه با استفاده از مدل‌هاي برنامه‌ريزي رياضي و برپايه مفهوم برنامه‌ريزي خطي (Linear Programming)با هدف حداكثرسازي سود و با توجه به محدوديت‌هاي نهاده‌ها و هزينه‌هاي متغير توليدي مانند ماده اوليه مصرفي،انواع مختلف مواد شيميايي،افزودني و خمير الياف بلند سوزني‌برگ،نيروي انساني شاغل در بخش‌هاي توليدي ونيز تقاضاي بالقوه و زمان توليد هرتن محصول، مدل بهينه براي احداث و توسعه كارخانه‌هاي تركيبي توليد كاغذ چاپ و تحرير،روزنامه و فلوتينگ در مقياس ۷۵۰۰۰ تن توليد انواع خمير از كاه غلات ارائه شود.نتايج نشان مي‌دهد كه استان مازندران باتوليد بيش از ۱/۷ ميليون تن كاه و كلش در سال و با فرض اينكه ۲۰درصد ازاين مقدار به‌عنوان ماده اوليه در صنايع جديد كاغذ و خمير مورد استفاده قرار گيرد، قابليت احداث دو كارخانه تركيبي با ظرفيت ۵۰ هزار تن خمير شيميايي (حاصل فرايند Soda) و ۸۰ هزار تن كاغذ چاپ وتحرير و ۷۵ هزار تن خمير نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي (حاصل فرايند NSSC) و ۱۰۸ هزار تن كاغذ فلوتينگ را دارد.توليد كاغذ روزنامه از نظر اقتصادي مقرون به صرفه وسود آورنيست و ماده اوليه مهم ترين محدوديت در تعيين اندازه اقتصادي توليداست.

واژه‌هاي كليدي: برنامه‌ريزي خطي، سود، نهاده‌هاي متغير، هزينه‌هاي متغير، تقاضا، تابع هدف، محدوديت، كاغذ چاپ و تحرير، كاغذ روزنامه، كاغذ فلوتينگ، خمير Soda، خمير NSSC و ماده اوليه

نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۳۲۰۳۵۷۵ فاكس: ۰۲۶۱-۳۲۰۳۵۷۵ E-mail: atajdini@Gmail.com

مقدمه

در طي دهه گذشته، مصرف انواع فراورده‌هاي كاغـذي در ايران رشد چشمگيري داشته است، به‌طوري كه‌اين مقدار از حـدود ۳۰،۲۳۹،۴۸ هـزارتن بـه‌ترتيـب بـراي كاغـذهاي روزنامه، چاپ و تحريرو فلوتينگ در سال ۱۳۷۳ به بيش از ۱۱۴،۳۲۴،۱۰۶ هزارتن در سال ۱۳۸۳ افزايش يافته است و در سال ۱۴۰۰ به ۲۹۴،۲۸۸،۴۱۵ هزارتن خواهد رسيد. نگاهي دقيق به ساختار مصرف كاغذ در سـال ۱۴۰۰ نشـان مي‌دهد كه بيش از ۷۸ درصد و۷۰ درصد تراز مصرف كاغذ روزنامه و فلوتينگ از راه واردات و بقيه از توليدات داخلـي تامين خواهد شد.در مورد كاغذ چاپ و تحرير،آمارها نشـان مي‌دهد كه كشور در سال ۱۳۹۰ بـه خـود كفـايي خواهـد رسيد، ولي با توجه به رشد بسيار كند طرح هاي در دسـت اجراي توليد اين نوع كاغذ به نظر مي‌رسد اين اميـد و آرزو خوش‌بينانه باشد از اين رو انتظـار مـي‌رود رونـد واردات تـا ساليان متمادي ادامه پيدا كند (۳).

اين در حالي است كه از نظر شاخص‌هاي اقتصـادي مـورد نظر در بخـش صـنعت، متاسـفانه صـنايع كاغـذ و مقـوا از وضعيت چندان مطلوبي در قياس با ديگر صـنايع برخـوردار نيست، به‌طوري كه از مجموع ۵۶ هزارميليـارد ريـال ارزش افزوده ايجاد شده و ۷/۶ هزار ميليارد ريـال سـرمايه‌گـذاري صـورت پذيرفتـه در بخـش صـنعت در سـال ۱۳۷۸ فقـط ۱/۲۸ درصـد آن بـه صـنايع توليـدكننـده كاغـذ و مقـوا اختصاص دارد (۱۳).

مطالب ياد شده نشان مي‌دهد كه به دليـل عـدم سـرمايه گذاري مناسب در طي چند دهـه گذشـته، متاسـفانه ايـن صنعت از وضعيت چندان مطلوبي در پاسخگويي به نيازهاي روز افـزون داخلـي برخـوردار نيسـت و نـاگزير حجـم گسترده اي از كمبودها ازراه واردات تـامين شـده و خواهـد شد، بنابر اين بايد در زمينه احداث كارخانه‌هاي توليد انـواع كاغذ و مقوا در كشور گام هاي اساسي برداشت.

يكي از مشكلات اصلي در تحقق اين امر چگـونگي تـامين ماده اوليه مناسب براي واحدهاي اين صنعت است. در طـي ساليان اخير، سازمان جنگل ها و مراتع كشور،بهره‌بـرداري از جنگل‌هاي صنعتي شمال كشور را به شدت كـاهش داده است، به‌طوري كه‌ايـن ميـزان از حـدود ۱/۳۴ميليـون متـر مكعب در سـال ۱۳۷۹ بـه ۹۲۰ هـزار تـن در سـال ۱۳۸۳ رسيده است (سـازمان جنگـل هـا و مراتـع كشـور،۱۳۸۳-۱۳۶۸). در نتيجه كمبود چوب مورد نياز صنايع سلولزي در سال ۱۳۸۲ به بيش از ۱ميليون متر مكعب در سال رسـيده اسـت (۱). بـر همـين اسـاس امكـان تـامين چـوب بـراي واحدهاي جديد كاغذ و مقوا كـاملا" منتفـي اسـت و وزارت صنايع و معادن به هيچ وجه مجوز احداث كارخانه‌اي جديد برپايه استفاده از اين مواد خام را نمي‌دهـد (۱۰). بنـابرايـن بايد با به كارگيري توانمندي‌هاي موجود و قابل دسترس در مـورد اسـتفاده از سـاير مـواد اوليـه ليگنوسـلولزي قابـل جايگزين چوب در صنايع جديد و در حـال احـداث ماننـد الياف منابع زراعي همانند كاه گندم و كلش برنج تلاش‌هاي جدي و متعددي صورت پذيرد.

اين دسـته از اليـاف منـابع زراعـي در حجـم وسـيعي در مناطق مختلف كشور وجود دارند، محاسبات نشان مي‌دهد كه طي دوره مورد بررسي (۱۳۸۲-۱۳۷۳) به‌طـور متوسـط ساليانه ۲۲ ميليون تن انواع مختلف كاه غلات (به جـز كـاه ذرت دانه‌اي و علوفه‌اي) بر اساس روش شـاخص برداشـت (HI) شامل ۱۵، ۴، ۳، ميليون تن كاه گندم، كـاه جـو و كلش برنج در كشور توليد شده است (۳).از اين رو مي توان با برنامه‌ريزي‌هاي دقيق عملي و پژوهشهاي متعدد توسـط كارشناسان نسبت به تخصيص دست كم بخشي از اين مواد اوليه عظيم و گرانبها به عنوان مـاده خـام مصـرفي صـنايع جديد و در حال احداث توليد خمير،كاغذ و مقـوا در كشـور اقدام كرد.

در ايـن تحقيـق سـعي شـده بـا اسـتفاده از مـدل‌هـاي برنامه‌ريـزي رياضـي و برپايـه مفهـوم برنامـه‌ريـزي خطـي (Linear Programming) با هدف حداكثر سازي سـود و با توجه به محدوديت نهاده‌ها و هزينه‌هاي متغير توليـدي مانند ماده اوليه مصـرفي، انـواع مختلـف مـواد شـيميايي، افزودني و خمير الياف بلنـد سـوزني‌بـرگ، نيـروي انسـاني شاغل در بخش هاي توليدي، مدل بهينـه بـراي احـداث و توسعه كارخانه‌هاي تركيبـي توليـد كاغـذ چـاپ و تحريـر،

روزنامه و فلوتینگ در مقیاس ۷۵۰۰۰ تن تولید انواع خمیر از کاه غلات ارائه شود.

در زمینه استفاده از الگوهاي بهينه سازي رياضي در تصميم‌گيري درباره توسعه صنعت يا انتخاب شاخه‌هاي (فرايندهاي) مختلف توليدپژوهش هاي متعددي تا كنون صورت پذيرفته كه به مهم ترين آنها اشاره مي‌شود:

حمصي (۱۳۸۲) به منظور برنامه‌ريزي بهينه توسعه آتي صنايع سلولزي در كشور بر مبناي استفاده از ماده اوليه باگاس،شاخه‌هاي مختلف توليد خمير و كاغذ چاپ و تحرير،MDF و تخته خرده چوب را با استفاده از محدوديت‌هاي اجرايي سرمايه،كشش بالقوه بازار و حجم مواد اوليه در نظر گرفت.تابع هدف به صورت تعداد كارخانه‌ها يا خطوط قابل توليد بهره‌برداري اضافه شده براي محصول Iدر دوره زماني t و ضرايب تابع هدف،مطلوبيت حاصل از به‌كارگيري مدل Topsis در حالت فازي است.

غفوري (۱۳۷۸)، در تحقيق خود به ارائه نوعي الگوي برنامه‌ريزي توليد براي فراورده‌هاي مجتمع پتروشيمي‌اراک با توجه به تعدد فراورده‌هاي مختلف توليدي در صنايع پتروشيمي‌و محدوديت تامين مواد اوليه و شيميايي، ساعات كاركرد به ازاي هر تن محصول، منابع مالي، حداقل توليد و حداكثر توان توليد محصولات و تقاضاي بازار پرداخت كه هدف آن حداكثرسازي سود حاصل از فروش محصولات مختلف است.

الفارس وهمكاران (۲۰۰۲) با توجه به محدوديت‌هاي تامين ماده اوليه، سرمايه، تقاضا و فرايند توليد نوعي مدل بهينه‌سازي رياضي به منظور توسعه صنعت پتروشيمي‌در عربستان سعودي با هدف حداكثرسازي سود براي تعيين مقدارتوليد ۳ محصول پروپيلن،اتيلن و گاز مصنوعي ارائه دادند و در ادامه با ايجاد تغييرات در مقادير ورودي پارامترهاي مدل مورد نظر در محدوده جواب بهينه به تحليل حساسيت پرداختند. محققان هزينه‌هاي توليد را در قالب يكي از اجزاي تشكيل‌دهنده تابع هدف منظور و به صورت تابعي خطي و صعودي از مقادير توليد فرض كردند.

كونگ –جنگ و همكاران(۲۰۰۲) در تحقيقي در صنايع آزمونگرهاي نيمه‌هادي تايوان با توجه به محدوديت بودجه در دسترس سعي كردند به دو پرسش اساسي پاسخ دهند:۱- چه نوع آزمونگرهايي بايد توليد شوند با ۲- آزمونگرها در چه ظرفيتي بايد توليد شوند. محققان در ادامه به منظور پاسخگويي، به ارائه يک مدل رياضي با هدف حداكثر سازي سود تحت محدوديت‌هاي بودجه (سرمايه) در دسترس، ظرفيت تخصيصي توسط سيستم، زمان قابل كار بر حسب ثانيه پرداختند.

مواد و روش‌ها

براي تعيين مقدار توليد محصولات مختلف كاغذي مورد بررسي (كاغذ چاپ و تحرير، روزنامه و فلوتينگ) با توجه به هدف حداكثرسازي سود براي تدوين راهبرد مناسب در راستاي توسعه صنايع خمير و كاغذ بر پايه استفاده از الياف منابع زراعي (كاه غلات) با توجه به محدوديت‌هاي تقاضاي بالقوه بازار، زمان توليد هر تن محصول و نهاده‌ها و هزينه‌هاي متغير توليدي، مدل برنامه‌ريزي خطي مورد نظر پايه‌گذاري مي شود. روش گردآوري اطلاعات براي تعريف ضرايب متغيرها و محدوديت‌هاي مدل برنامه‌ريزي بدين صورت بود كه هر يك از خطوط توليد كاغذ چاپ و تحرير روزنامه و مقواي كنگره‌اي به چهار بخش:

۱- آماده‌سازي كاه؛
۲- توليد خمير كاغذ؛
۳- بازيابي مواد شيميايي؛
٤- ساخت كاغذ.

تقسيم و داده‌هاي فني مورد نياز جمع‌آوري شد.

در مدل مورد نظر تابع هدف،متغيرهاي تصميم‌گيري و مجموعه محدوديت‌ها (فعاليت‌ها) به شرح زير تعريف مي‌شود:

تابع هدف

در اين مدل، تابع هدف، سود حاصل از فروش محصولات توليد شده است كه بديهي است به صورت حداكثري است.

متغيرهاي تصميم‌گيري

متغيرهاي تصميم‌گيري در اين مدل عبارتند از:

i =۱، ۲،۳

مقدار توليد محصول i در دوره زماني يكساله = xi

كاغذ چاپ و تحرير ۱= i

كاغذ روزنامه ۲=i

مقواي كنگره‌اي (كاغذ فلوتينگ) ۳=i

محدوديت‌ها (فعاليت‌ها)

۱- محدوديت ماده اوليه مصرفي (كاه و كلش)

جدول ۱- ميزان كاه و كلش توليدي و قابل استفاده در صنايع كاغذ و خمير

سال زراعي	پسماند (تن)	ميانگين پسماند (تن)	پسماند قابل استفاده از صنايع كاغذ و خمير ۱ (تن)
۷۹-۸۰	۵۲۱۲۹۲	۱۷۷۶۸۰۴	۳۵۵۳۶۱
۸۰-۸۱	۱۹۴۴۱۱۳		
۸۱-۸۲	۱۸۶۵۰۰۸		

۱- بادر نظر گرفتن ۲۰ درصد از كل كاه و كلش توليد شده در سطح استان مازندران

مقدار مصرف كاه به ازاى هر تن محصول كاغذي توليد شده در مدل LP نشان داده شده است.

۲- محدوديت تقاضاي بالقوه بازار

جدول ۲- ميزان تقاضاي بازار هريک از محصولات

انواع كاغذ	چاپ و تحرير	روزنامه	مقواي كنگره‌اي
تقاضاي بازار۱(تن)	۳٤٤٦۳٦	۱۱۷۰۹۷	۱۰۸۰۰۰

۱- تقاضاي بازار براي انواع مختلف فراورده‌هاي كاغذي مورد نظر با در نظرگرفتن رشد جمعيت و مصرف سرانه (۳).

۳- محدوديت ساعات كاركرد (زمان توليد) هر واحد تن محصول در سال

اين محدوديت تنها در مورد دو كاغذ چاپ و تحرير و روزنامه كه با استفاده از يک ماشين كاغذ توليد مي شوند قابل استناد است. همچنين كارخانه هاى كاغذ به صورت تمام‌وقت مشغول به كارند،از اين رو ظرفيت زماني توليد ۷۹۲۰ ساعت در سال است.زمان توليد هرتن كاغذ در مدل LP نشان داده شده است.

٤- محدوديت انرژي

در زمينه انرژي و به عنوان محدوديت فقط مي توان مقدار برق قابل واگذاري به مصارف صنعتي و تجاري در استان مازندران را در نظر گرفت.

جدول ۳- ظرفيت توليد برق و مقدار قابل واگذاري به مشتركان مختلف در استان مازندران

توليد ويژه نيروگاه‌ها	مصرف برق در بخش خانگي	مصرف برق در بخش صنعتي
۱۰۶۲۶ Mkwh/a	٤٦٧٥/٤٤ Mkwh/a	۳۲۹٤/۰٦ Mkwh/a

با فرض اختصاص ۱۰ درصد از مقدار ياد شده براى تامين برق كارخانه هاى كاغذ و خمير حدود ۳۳۰ هزار مگاوات ساعت در طول سال به عنوان منبع برق در دسترس شناخته مي‌شود.

=۳۲۹٤۰٦۰MWh/a × ۰/۱ = ۳۲۹٤۰٦MWh/a
۳۲۹٤/۰٦MkWh/a

مقدار مصرف برق به ازاي هر تن كاغذ در قالب مدل LP نشان داده شده است.

۵- محدوديت نيروي انساني

در كارخانه هاى تركيبي مورد نظر مجموع نيروي انساني در دسترس شاغل در بخش هاي توليدي ۷٦٦ نفر برآورد شد. در اين محدوديت نيزتعداد نيروي انساني مورد نياز به ازاي هرتن محصول در مدل LP نشان داده شده است.

۶- محدوديت ضريب مصرف خمير توليدي حاصل از پسماندهاي كشاورزي در فراورده كاغذي مورد نظر

جدول زير،مقدار توليد خمير از پسماندهاي كشاورزي را در مقياس ۷۵/۰۰۰ تن در سال، به تفكيك هر كاغذ و در مجموع نشان مي‌دهد.

جدول ٤- ظرفيت توليد انواع خميراز كاه غلات (تن)

(خمير سودا) كاغذچاپ و تحرير	(خمير شيميايي- مكانيكي) كاغذ روزنامه	(خمير سولفيت خنثي) مقواي كنگره‌اي	مجموع
۷۵/۰۰۰	۷۵/۰۰۰	۷۵/۰۰۰	۲۲۵/۰۰۰

مقدار استفاده از خمير توليدي حاصل از كاه و كلش به ازاى هر تن فراورده كاغذي در مدل LP نشان داده شده است.

۷- محدوديت مواد شيميايي،افزودني و خمير الياف بلند سوزني برگ

اين محدوديت، شامل مقدار مواد شيميايي، افزودني و خمير الياف بلند سوزني‌برگ در دسترس به تفكيك نوع محصول كاغذي مورد نظر و همچنين مقدار مصرف اين مواد به ازاي هر تن محصول كاغذي است كه در قالب مدل LP نشان داده شده است.

۸- محدوديت هزينه ماده اوليه مصرفي (كاه و كلش)

مجموع هزينه‌هاي در دسترس براى تامين ماده اوليه بر اساس قيمت خريد هركيلو ۳۷۸ ريال كاه گندم در سال ۱۳۸۲ توسط شركت سهامي‌پشتيباني امور دام بر آورد شده است كه در مجموع و براي هرتن كاغذ مورد بررسى در مدل Lp نشان داده شده است.

۹- محدوديت هزينه انرژي مصرفي

مجموع هزينه انرژي در دسترس براى تامين برق مصرفي بر اساس قيمت خريد هركيلو وات ساعت ۱۲۰ ريال برق از شركت برق منطقه‌اي مازندران و گلستان بدون احتساب بهاي ديماند محاسبه شده كه در مجموع و براي هرتن كاغذ مورد بررسى در مدلLP نشان داده شده است.

۱۰- محدوديت هزينه نيروي انساني

كل هزينه نيروي انساني شاغل در بخش هاي توليدي،به همراه هزينه مورد نظر به ازای هر تن از انواع كاغذهاي توليدي در قالب مدل LP نشان داده شده است. تركيب نيروي انساني توليد شامل ۱- ليسانس يا بالاتر ؛ ۲- تكنيسين و كارگر ماهر ؛ ۳- كارگر ساده است. براساس بررسی‌های انجام پذيرفته و مشورت با كارشناسان خبره، متوسط دريافتی هر فرد شاغل در بخش هاي توليدي بدون توجه به مدرك تحصيلي كه مبناي تفاوت دستمزدهاست، حدود ۳۵۰۰۰۰۰۰ ريال در ۱٤ ماه (حقوق ماهيانه ۲۵۰ هزارتومان) بدون احتساب ۲۳ درصد حق بيمه كارفرما تخمين زده مي‌شود. اعداد مورد محاسبه بر مبناي (۱٤ ماه متوسط هزينه حقوق و دستمزد × تعداد افراد شاغل + ۲۳ درصدمبلغ مذكور به عنوان سهم كارفرما) تعيين شده است.

۱۱- محدوديت هزينه مواد شيميايي، افزودني و خمير الياف بلند

اين محدوديت نيز در قالب مدلLp نشان داده شده است.

جمع‌بندي هزينه‌هاي متغير

جدول ۵- هزينه‌هاي متغير توليد در دسترس (ميليون ريال) و به ازاء واحد توليد محصول (ميليون ريال/تن كاغذ)

هزينه‌هاي متغير	كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	مقواي كنگره‌اي
هزينه خريد ماده اوليه (كاه غلات)	۹۸٦۹۸/۸۲٤	٦۳۵۹۵/٤۷٦	٦٤۸۵۹/۱۳۰
هزينه انرژي (برق) مصرفي	۷٤۳۳/٦۸۰	۸٦۷۹/۸٤۰	۱۰٤۲٦/٤٤۰
هزينه نيروي انساني	۱۲٦۱۳/٦۵۰	۹٤۷۱	۱۰۸۹۱/٦۵۰
هزينه مجموع مواد شيميايي و افزودني	۲٤۳۰۲۰/۹۲۹	۳۵۱۰٤۲/۵۰۵	۱۲۹۸۸۱/۸۹۱
هزينه‌هاي متغير	۳٦۱۷٦۷/۰۸۳	٤۳۲۷۸۸/۸۲۱	۲۱٦۰۵۹/۱۱۱
جمع‌بندي هزينه‌هاي متغير			۱۰۱۰٦۱۵/۰۱۵
هزينه‌هاي متغير به از واحد توليد محصول	۳/۱٦۷۸	٤/۱۰۸۳	۲/۰۰۵

ماخذ (۳)

قيمت‌هاي فروش انواع مختلف محصولات كاغذي

قيمت فروش هر كيلوگرم از انواع كاغذهاي روزنامه و چاپ و تحرير و فلوتينگ به شرح زير است:

كاغذ چاپ و تحرير در گراماژهاي مختلف به طور ميانگين ٤۷۰۰ ريال

كاغذ روزنامه ٤۲۵۰ ريال

كاغذ فلوتينگ در گراماژهاي مختلف به طور ميانگين ۴۱۷۰ ريال

جدول زير قيمت فروش هر يك از محصولات را بر حسب ميليون ريال نشان مي‌دهد:

جدول ٦- قيمت فروش هر تن كاغذ (ميليون ريال)

كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	مقواي كنگره‌اي
٤/۷	٤/۲۵	٤/۱۷

ارائه مدل **LP**

تابع هدف

Maxz =(٤/٧-٣/١٦٧٨)x_1+(٤/٢٥-٤/١٠٨٣)x_2+(٤/١٧-٢/٠٠٥)x_3

S.t:

محدوديت تقاضا

١) $x_1 \leq$ ٣٤٤٦٣٦

٢) $x_2 \leq$ ١١٧٠٩٧

٣) $x_3 \leq$ ١٠٨٠٠٠

محدوديت زمان توليد

٤) /٠٣٦٠٧x_1+٠/٠٣٦٠٧$x_2 \leq$ ٧٩٢٠

محدوديت ماده اوليه مصرفي (كاه غلات)

٥) ٢/٢٨٦٤x_1+١/٥٩٧١x_2+ ١/٥٩٢٦$x_3 \leq$ ٣٥٥٣٦١

محدوديت نيروي انساني متخصص

٦) ٠/٠٠٢٥٦٥x_1+٠/٠٠٢٠٨٨x_2+٠/٠٠٢٣٤٨ $x_3 \leq$ ٧٦٦

محدوديت انرژي (برق) مصرفي

٧) ٠/٥٤٢٣x_1+٠/٦٨٢٢x_2+٠/٨٠٦٣ $x_3 \leq$ ٣٢٩٤٠٦

محدوديت مواد شيميايي و افزودني

NaoH

٨) ٠/٠٢٠١٩x_1+٠/٠٥٠٨$x_2 \leq$ ٧٦٥٩

(Cl_2O (كلر فعال

٩) ٠/٠١٤٤$x_1 \leq$ ١٦٥٠

H_2So_4

١٠) ٠/٠١٢٩ $x_1 \leq$ ١٤٨٢

Na_2So_3

١١) ٠/٠٠٣٦٠٧x_1+٠/٠٥١٩٢x_2 + ٠/٠٥١٧٧ $x_3 \leq$ ١١٤٦٠

$CaCo_3$

١٢) ٠/١١٨٢ $x_1 \leq$ ١٣٥٠٠

O_2

١٣) ٠/٠٠٤٣٢$x_1 \leq$ ٤٩٤

Na_2Co_3

١٤) ٠/٠٥١٩٢x_2+٠/١٠٣٥$x_3 \leq$ ١٦٦٢٨

$MgSo_4$

١٥) ٠/٠٠١١٧٧ $x_2 \leq$ ١٢٤

H_2O_2

١٦) ٠/٠٣٨٣$x_2 \leq$ ٤٠٣٥

Na_2Sio_3

١٧) ٠/٠٢٧٣٦ $x_2 \leq$ ٢٨٨٣

DTPA

١٨) ٠/٠٠٣٩١$x_2 \leq$ ٤١٢

رزين

١٩) ٠/٠٠٦١٦٤x_1+٠/٠٠٨٥٨x_2+٠/٠٠٢٥١٥ $x_3 \leq$ ١٨٧٩

آلوم

٢٠) ٠/٠١٣٢٦x_1+٠/٠١٧٢٥x_2+٠/٠٠١٦٨٩$x_3 \leq$ ٣٥١٥

نشاسته

٢١) ٠/٠٣٣٦٨x_1+٠/٠٢١٥٧x_2+٠/٠٠١٦٨٩$x_3 \leq$ ٦٣٠٢

مواد نگه دارنده

٢٢) ٠/٠٠٠٢٠٧٢x_1+٠/٠٠٠٢١٨٣x_2+٠/٠٠٠٢١٣٤$x_3 \leq$ ٦٩/٦٧

مواد پركننده

٢٣) ٠/٠٨٢٠٩x_1+٠/٠٧٤٧٥$x_2 \leq$ ٧٢٥٠

محدوديت مصرف خمير كاغذ

خمير الياف بلند سوزني‌برگ ۲٤) $۰/۱٦٤۱x_۱+۰/۱٤۲۳x_۲+۰/۱۳۹۲x_۳ \leq ٤۸۷٥۰$

خمير شيميايي از كاه غلات(فرايند (Soda) ۲٥) $۰/٦٥٦۷x_۱ \leq ۷٥/۰۰۰$

خمير شيميايي - مكانيكي از كاه غلات (فرايند CMP) ۲٦) $۰/۷۱۱۹٥\ x_۲ \leq ۷٥/۰۰۰$

خمير نيمه شيميايي سولفيت خنثي از كاه غلات (فرايند NSSC) ۲۷) $۰/٦۹٦۱x_۲ \leq ۷٥/۰۰۰$

محدوديت هزينه خريد ماده اوليه مصرفي (كاه غلات) ۲۸) $۰/۸٦٤۲x_۱+۰/٦۰۳٦x_۲ + ۰/٦۰۲۰x_۳ \leq ۲۲۷۱٥۳/٤۳۰$

محدوديت هزينه نيروي انساني متخصص ۲۹) $۰/۱۱۰٤x_۱+۰/۰۸۹۹x_۲+۰/۱۰۱۰x_۳ \leq ۳۲۹۷٦/۳$

محدوديت هزينه خريد انرژي (برق) مصرفي ۳۰) $۰/۰٦٥۰۸x_۱+۰/۰۸۲۳۹x_۲+۰/۰۹٦۷۷x_۳ \leq ۲٦٥۳۹/ ۹٦$

محدوديت هزينه خريد مواد شيميايي و افزودني

NaoH ۳۱) $۰/٦۰٥۷x_۱=۱/٥۲٤٤x_۲ \leq ۲۲۹۷۷۰$

(كلر فعال) $cl_۲O$ ۳۲) $۰/۱۰۲٥x_۱ \leq ۱۱۷۱٥$

$H_۲So_٤$ ۳۳) $۰/۰۰٥۱۹x_۱ \leq ٥۹۲/۸$

$Na_۲So_۳$ ۳٤) $۰/۰۱۰۸x_۱+۰/۱٥٥۷x_۲+۰/۱٥٥۳x_۳ \leq ۳٤۳۸۰$

$CaCo_۳$ ۳٥) $۰/۰٥۹۱x_۱ \leq ٦۷٥۰$

$Na_۲Co_۳$ ۳٦) $۰/۰۹٦۰٦x_۲+۰/۱۹۱٥۹x_۳ \leq ۳۰۷٦۱/۸$

$MgSo_٤$ ۳۷) $۰/۲۳۷۸٦x_۲ \leq ۲٥۰٥۷/۳٥$

$H_۲O_۲$ ۳۸) $۰/۰۲۷۸٦x_۲ \leq ۲٥۰٥۷/۳٥$

$Na_۲Sio_۳$ ۳۹) $۰/۰۲۷۳٦\ x_۲ \leq ۲۸۸۳$

DTPA ٤۰) $۰/۰٥٤۹۷x_۲ \leq ٥۷۹۱/٤۸٤$

رزين ٤۱) $۰/۱٦۹۷x_۱+۰/۲۳٦۳x_۲+۰/۰٦۹۲۸x \leq ٥۱۷٥۳/٤۷۹$

آلوم ٤۲) $۰/۰۲۰۳x_۱+۰/۰۲٦٥x_۲+۰/۰۰۲٥۹٦۱x_۳ \leq ٥٤۰۱/۸٥۳$

نشاسته ٤۳) $۰/۱٥۰۷x_۱+۰/۰۹٦٥x_۲+۰/۰۰۷٥x_۳ \leq ۲۸۱۹۳/۲٥۸$

مواد پركننده ٤٤) $۰/۰۸٤۷x_۱+۰/۰۷۷۲x_۲ \leq ۱۷۸۱۷/٥۷۱$

محدوديت هزينه خريد خمير الياف بلند سوزني‌برگ ٤٥) $۰/۹۱۸۸x_۱+۰/۷۹٦۸x_۲+۰/۷۷۹۱\ x_۳ \leq ۲۷۲۸۲۹/ ۸۷۳$

نتايج

تابع هدف مدل

مقدار بهينه توليد كاغذهاي مذكور(متغيرهاي تصميم‌گيري) به شرح جدول زير است:

در صورت تحقق اين مقدار توليد،براي كاغذهاي مختلف مقدار تابع هدف يا مجموع سود حاصل از فروش محصولات براي كارخانه های تركيبي مورد نظر ۳٥٦٤۱٤/٤ ميليون ريال در سال خواهد بود. همچنين هزينه‌هاي كاهش يافته (reduced cost) براي كاغذ چاپ و تحرير و فلوتينگ صفر ريال و براي كاغذ روزنامه معادل ۰/۹۲۸٥۷٥ ميليون ريال خواهد بود . مفهوم اين هزينه‌ها آن است كه در صورت توليد ۱ تن كاغذ چاپ و تحرير و فلوتينگ به هيچ وجه زيانی به كارخانه های تركيبي مورد نظر وارد نمي‌شود. اين در حالي است كه در صورت توليد ۱ تن كاغذ روزنامه، سود حاصلی معادل ۹۲۸٥۷٥ ريال در سال كاهش مي‌يابد.

جدول ۷- میزان بهینه تولید هر نوع کاغذ(تن)

کاغذ چاپ و تحریر (X1) (تن)	کاغذ روزنامه (X2) (تن)	کاغذ فلوتینگ (X3) (تن)
۸۰۳۷٤/۹٤٥۳	-	۱۰۷۷٤۳/۱٤۰٦

محدودیت‌هاي مدل

محدودیت تقاضا

جدول ۸- ظرفیت ارضا شده وارضا نشده هریک از کاغذهاي مورد بررسی (تن)

	کاغذ چاپ و تحریر	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتینگ
ظرفیت ارضا شده تقاضا(تن)	۸۰۳۷٤/۹٤٥۳	-	۱۰۷۷٤۳/۱٤۰٦
ظرفیت‌ارضا نشده (متغیر کمبود) (تن)	۲٦٤۲٦۱/۰٦۲٥	۱۱۷۰۹۷	۲٥٦/۸٥۹۱

محدودیت زمان تولید هر تن محصول

جدول ۹- زمان فعالیت و بیکاري ماشین کاغذ I براي تولید همزمان کاغذ چاپ و تحریر و روزنامه (ساعت)

کاغذ چاپ و تحریر	کاغذ روزنامه	مجموع زمان فعالیت	زمان بیکاري	مجموع زمان در دسترس تولید
۲۸۹۹/۱۲٤۱	-	۲۸۹۹/۱۲٤۱	٥۰۲۰/۸۷٥۹	۷۹۲۰

محدودیت ماده اولیه مصرفي

جدول ۱۰- مجموع کاه غلات مصرفي و باقي مانده (تن)

کاغذ چاپ و تحریر	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتینگ	مجموع‌کاه غلات‌مصرفي	موجودي‌کاه غلات‌باقي‌مانده	جمع کاه غلات در دسترس‌قابل‌استفاده
۱۸۳۷٦۹/۲۷٤۹	-	۱۷۱٥۹۱/۷۲٥۱	۳٥٥۳٦۱	-	۳٥٥۳٦۱

محدودیت نیروي انساني

جدول ۱۱- مجموع نیروي انساني شاغل و بیکار (نفر)

کاغذ چاپ و تحریر	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتینگ	جمع نیروي انساني شاغل	نیروي‌انساني بیکار	مجموع‌نفر نیروي انساني در دسترس
۲۰٦/۱٦۱۷	-	۲٥۲/۹۸۱	٤٥۹/۱٤۲۷	۳۰٦/۸٥۷۳	۷٦٦

محدوديت انرژي (برق مصرفي)

جدول ۱۲- مجموع برق مصرفي و مصرف نشده(مگاوات ساعت)

کاغذ چاپ و تحرير	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتينگ	مجموع انرژي برق مصرفي	انرژي برق مصرف نشده	جمع انرژي برق در دسترس
٤٣٥٨٧/٣٣٢٨	-	٨٦٨٧٣/٢٩٢٢	١٣٠٤٦٠/٦٢٥	١٩٨٩٤٥/٣٧٥	٣٢٩٤٠٦

محدوديت مواد شيميايي و افزودني مصرفي

جدول ۱۳- مجموع مواد مصرفي و باقي مانده (تن)

نوع ماده مصرفي	کاغذ چاپ و تحرير	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتينگ	مجموع ماده مصرفي	ماده باقي مانده	جمع ماده در دسترس
NaoH	١٦٢٢/٧٧	-	-	١٦٢٢/٧٧	٦٠٣٦/٢٣	٧٦٥٩
Cl2o	١١٥٧/٣٩٩٢	-	-	١١٥٧/٣٩٩٢	٤٩٢/٦٠٠٨	١٦٥٠
H2so4	١٠٣٦/٨٣٦٨	-	-	١٠٣٦/٨٣٦٨	٤٤٥/١٦٣٢	١٤٨٢
Na2so3	٢٨٩/٩١٢٤	-	٥٥٧٧/٨٦٢٦	٥٨٦٧/٧٧٥	٥٥٩٢/٢٢٥٠	١١٤٦٠
Caco3	٩٥٠٠/٣١٧٩	-	-	٩٥٠٠/٣١٧٩	٣٩٩٩/٦٨٢١	١٣٥٠٠
O2	٣٤٧/٢١٩٨	-	-	٣٤٧/٢١٩٨	١٤٦/٧٨٠٢	٤٩٤
Na2co3	-	-	١١١٥١/٤١٥١	١١١٥١/٤١٥١	٥٤٧٦/٥٨٧٩	١٦٦٢٨
Mgso4	-	-	-	-	١٢٤	١٢٤
H2o2	-	-	-	-	٤٠٣٥	٤٠٣٥
Na2sio3	-	-	-	-	٢٨٨٣	٢٨٨٣
DTPA	-	-	-	-	٤١٢	٤١٢
رزين	٤٩٥/٤٣١١	-	٢٧٠/٩٧٤١	٧٦٦/٤٠٥٢	١١١٢/٥٩٤٨	١٨٧٩
آلوم	١٠٦٥/٧٧١٧	-	١٨١/٩٧٨٣	١٢٤٧/٧٥	٢٢٦٧/٢٥	٣٥١٥
نشاسته	٢٧٠٧/٠٢٨١	-	١٨١/٩٧٨١	٢٨٨٩/٠٠٦٢	٣٤١٢/٩٩٣٨	٦٣٠٢
موادنگهدارنده	١٦/٦٥٣٦	-	٢٢/٩٩٢٤	٣٩/٦٤٦٠	٣٠/٠٢٣٩٢	٦٩/٦٧
مواد پرکننده	٦٥٩٧/٩٧٨٦	-	-	٦٥٩٧/٩٧٨٦	١٠٦٥٢/٠٢١٤	١٧٢٥٠

محدوديت مصرف خمير کاغذ

جدول ١٤- مقدار مصرف شده و باقي مانده خمير الياف بلند و خميرهاي حاصل از کاه غلات(تن)

	کاغذ چاپ و تحرير	کاغذ روزنامه	کاغذ فلوتينگ	مجموع خمير مصرفي	خمير مصرف نشده	جمع‌خمير دردسترس
خمير الياف بلند سوزني‌برگ	١٣١٨٩/٥٢٨٥	-	١٤٩٩٨/٢٠٤٦	٢٨١٨٧/٧٣٣١	٢٠٥٦٢/٢٦٦٩	٤٨٧٥٠
خمير Soda	٥٢٧٨٢/٢٢٦٦	-	-	٥٢٧٨٢/٢٢٦٦	٢٢٢١٧/٧٧٣٤	٧٥٠٠٠
خميرNSSC	-	-	٧٥٠٠٠	٧٥٠٠٠	-	٧٥٠٠٠
خميرCMP	-	-	-	-	٧٥٠٠٠	٧٥٠٠٠

محدوديت هزينه خريد ماده اوليه مصرفي (كاه غلات)

جدول ۱۵- مجموع هزينه‌هاي پرداخت شده وپرداخت نشده ماده اوليه مصرفي(ميليون ريال)

كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	كاغذ فلوتينگ	مجموع هزينه پرداخت شده	هزينه‌هاي پرداخت نشده	مجموع‌هزينه‌ها ي در دسترس
٦٩٤٦٠/٠٢٠٤	-	٦٤٨٦١/٣٧٠٦	١٣٤٣٢١/٣٩١	٩٢٨٣٢/٠٣٩٠	٢٢٧١٥٣/٤٣٠

محدوديت هزينه دستمزد و حقوق نيروي انساني شاغل

جدول ١٦- مجموع هزينه‌هاي پرداخت شده و پرداخت نشده براى حقوق و دستمزد كاركنان (ميليون ريال)

كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	كاغذ فلوتينگ	مجموع هزينه پرداخت شده	هزينه‌هاي پرداخت نشده	مجموع‌هزينه‌هاي در دسترس
٨٨٧٣/٣٩٣٩	-	١٠٨٨٢/٠٥٦٥	١٩٧٥٥/٤٥٠٤	١٣٢٢٠/٨٤٩٦	٣٢٩٧٦/٣

محدوديت هزينه خريد انرژي (برق) مصرفي

جدول ١٧- مجموع هزينه‌هاي پرداخت شده براىخريد برق مورد نياز(ميليون ريال)

كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	كاغذ فلوتينگ	مجموع هزينه پرداخت شده	هزينه‌هاي پرداخت نشده	مجموع هزينه‌هاي در دسترس
٥٢٣٠/٨٠١٤	-	١٠٤٢٦/٣٠٣٢	١٥٦٥٧/١٠٤٦	١٠٨٨٢/٨٥٥٤	٢٦٥٣٩/٩٦

محدوديت هزينه خريد مواد شيميايي، افزودني و خمير الياف بلند سوزني‌برگ

جدول ١٨- مجموع هزينه‌هاي پرداخت شده براى خريد مواد مصرفي موردنياز (ميليون ريال)

نوع ماده مصرفي	كاغذ چاپ و تحرير	كاغذ روزنامه	كاغذ فلوتينگ	هزينه‌هاي پرداخت شده	هزينه‌هاي پرداخت نشده	جمع‌هزينه‌هاي در دسترس
NaoH	٤٨٦٨٣/١٠٩٤	-	-	٤٨٦٨٣/١٠٩٤	١٨١٠٨/٨٩٠٦	٢٢٩٧٧٠
Cl2o	٨٢٣٨/٤٣١٧	-	-	٨٢٣٨/٤٣١٧	٣٤٧٦/٥٦٨٣	١١٧١٥
H2So4	٤١٧/١٤٦	-	-	٤١٧/١٤٦	١٧٥/٦٥٤٠	٥٩٢/٨
Na2So3	٨٦٠/٠٤٩٤	-	١٦٧٤٠/٥١١٢	١٧٦٠٠/٥٦٠٦	١٦٧٧٩/٤٣٩٤	٣٤٣٨٠
CaCo3	٤٧٥٠/١٥٩	-	-	٤٧٥٠/١٥٩	١٩٩٩/٨٤١٠	٦٧٥٠
Na2Co3	-	-	٢٠٦٤٢/٥٠٧١	٢٠٦٤٢/٥٠٧١	١٠١١٩/٢٩٢٩	٣٠٧٦١/٨
Mgso4	-	-	-	-	٢٥٠٥٧/٣٥	٢٥٠٥٧/٣٥
H2o2	-	-	-	-	٢٥٠٥٧/٣٥	٢٥٠٥٧/٣٥
Na2sio3	-	-	-	-	٢٨٨٣	٢٨٨٣
DTPA	-	-	-	-	٥٧٩١/٤٨٤	٥٧٩١/٤٨٤
رزين	١٣٦٣٩/٦٢٨٢	-	٧٤٦٤/٤٤٢٦	٢١١٠٤/٠٧٠٨	٣٠٦٤٩/٤٠٨٢	٥١٧٥٣/٤٧٩
آلوم	١٦٣١/٦١١٣	-	٢٧٩/٧١٢٢	١٩١١/٣٢٣٥	٣٤٩٠/٥٢٩٥	٥٤٠١/٨٥٣
نشاسته	١٢١١٢/٥٠٤٢	-	٨٠٨/٠٧٣٢	١٢٩٢٠/٥٧٧٤	١٥٢٧٢/٦٨٠٦	٢٨١٩٣/٢٥٨
مواد پركننده	٦٨٠٧/٧٥٨٥	-	-	٦٨٠٧/٧٥٨٥	١١٠٠٩/٨١٢٥	١٧٨١٧/٥٧١
هزينه‌خريدخميرالياف بلند سوزني برگ	٧٣٨٤٨/٤٩٩٧	-	٨٣٩٤٢/٦٧٨	١٥٧٧٩١/١٧٧٧	١١٥٠٣٨/١٩٥٣	٢٧٢٨٢٩/٣٧٣

قيمت‌هاي سايه‌اي (**dual prices**)

در مدل Lp ظرفيت ۷۵۰۰۰ تن توليد خمير اين قيمت فقط در مورد دو محدوديت ماده اوليه مصرفي (كاه و كلش) (محدوديت شماره 5) و مصرف خمير نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي NSSC (محدوديت شماره ۲۷)وجود دارد. در مورد محدوديت ماده اوليه مصرفي، اين قيمت ۰/٦۷۰۱۳٦ ميليون ريال است و اين بدان معناست كه در صورت استفاده از ۱ تن كاه و كلش بيشتر در كارخانه های تركيبي مورد نظر،سود مورد انتظار كارخانه، معادل ۰/٦۷۰۱۳٦ ميليون ريال در سال افزايش مي‌يابد . همچنين در محدوديت مصرف خمير NSSC اين قيمت ۱/۵۷٦۹ ميليون ريال است و اين بدان معني است كه در صورت توليد و استفاده از ۱ تن بيشتر اين خمير، سود مورد انتظار معادل ۱/۵۷٦۹ ميليون تن در سال افزايش مي‌يابد.

بحث

در هنگام طراحي ظرفيت كارخانه های تركيبي مورد نظر با در نظرگرفتن ظرفيت توليد خمير كاغذ از كاه غلات، ظرفيت توليد كاغذهاي مورد بررسی به شرح جدول زير برآورد شد:

جدول ۱۹- ظرفيت توليد هريک از كاغذهاي مورد بررسی و در مجموع (تن)

كاغذ چاپ وتحرير	كاغذ فلوتينگ	كاغذ روزنامه	مجموع
۱۱٤۱۹۹	۱۰۷۷۳۷	۱۰۵۳٤۳	۳۲۷۲۷۹

اما نتايج حاصل از پياده‌سازي و حل مدلLP با در نظرگرفتن محدوديت‌هاي اعمال شده همان گونه كه در جدول ۷ مشخص است، نشان مي‌دهد كه نمي‌توان بيش از ۱۸۸ هزارتن انواع كاغذ توليد كرد.در اين ميان وضعيت كاغذهاي مختلف با يكديگر تفاوت دارد. در مورد كاغذ روزنامه نتايج نشان مي‌دهد كه توليد آن به صفر رسيده است. اين مسئله آشكار مي‌سازد كه توليد اين كاغذ از نظر اقتصادي چندان سودآور نيست و در قياس با ۲ كاغذ ديگر مزيت نسبي كمتري دارد، از اين رو براساس مفهوم برنامه‌ريزي خطي و به منظور سودآوري بيشتر، منابع محدود در دسترس به توليد كاغذهاي ديگر اختصاص يافته است.به نظر مي‌رسد يكي از دلايل مهم در زمينه عدم سرمايه‌گذاري جديد در توليد اين كاغذ در ايران، توجه به وجود چنين پديده‌اي باشد. توليد كاغذ چاپ وتحرير در حدود ۳٤ هزار تن كمتر از ظرفيت طراحي شده است، با اين حال ۸۰۰۰۰ تن توليد آن اثبات مي‌كند كه شرايط براي توليد آن بهينه بوده و از نظر اقتصادي نيز سود آور است، اولويت سرمايه‌گذاري در صنايع خمير و كاغذ درايران در زمينه توليد كاغذ چاپ و تحرير با توجه به راهبردی بودن كالاي مورد نظر و ضرورت خودكفايي در توليد آن است . نتايج نشان مي‌دهد كه از نظر اقتصادي نيز توليد كاغذ چاپ و تحرير سود آور است، اما بايد هر چه سريع تر نسبت به تكميل طرح هاي در دست اجراي توليد اين كاغذ(۵۲۰ هزارتن ظرفيت در حال نصب) اقدام كرد . توليد كاغذ فلوتينگ در حدود ٦تن بيشتر از ظرفيت طراحي شده است و اين نشان از سودآوري قابل توجه در توليد اين كاغذ در قياس با فراورده‌هاي رقيب است،از اين رو بايد با هدف حداكثرسازي سود، منابع نهادهاي توليدي متغير در دسترس، بيشتر به توليد اين كاغذ اختصاص يافته است. اين در حالي است كه هيچ گونه طرح سرمايه‌گذاري مهمي‌در زمينه توليد آن در كشوردیده نمی شود، بنابراين بايد با توجه به نياز كشوربه‌اين فراورده كه پيش‌بيني مي‌شود در سال ۱٤۰۰به حدود۲۹٤ هزارتن درسال برسد، بايد هر چه سريع تر نسبت به تشويق بخش دولتي و خصوصي به سرمايه‌گذاري در توليد اين كاغذ اقدام كرد.همچنين با توجه به مقادير توليد هر يك از كاغذهاي مورد بررسی، ظرفيت ارضا نشده تقاضا به ترتيب بيش از ۲٦٤ هزار ، ۱۱۷ هزار و ۲۵۷ تن است . وجود اين مقدار ظرفيت ارضا نشده براي كاغذ چاپ و تحرير نشان مي‌دهد كه براي رفع كمبود بايد هر چه سريع تر نسبت به تكميل طرح هاي نيمه‌تمام توليد اين نوع كاغذ اقدام كرد . در مورد كاغذ فلوتينگ، در صورت احداث كارخانه های مورد

اشاره در این تحقیق، بهتر است با توجه به مقدار ناچیز ظرفیت ارضا نشده از راه واردات نسبت به رفع آن اقدام کرد. همچنین کل تقاضاي بالقوه براي کاغذ روزنامه به صورت ظرفیت ارضا نشده باقي مي‌ماند که باتوجه به سود آور نبودن تولید این نوع کاغذ باید از راه واردات نسبت به برطرف سازي کمبود اقدام شود.

در مورد ماده اولیه مصرفي همان گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، براساس روش شاخص برداشت (HI) و با توجه به میانگین تولید غلات، در سه سال آخر دوره زماني مورد بررسی (۱۳۸۲ – ۱۳۷۹)،مقدارتولید کاه غلات (گندم، جو و برنج) در استان مازندران به طور تقریبي ۱۷۷٦۸۰٤ تن در سال تخمین زده مي‌شود. از این مقدار تولید فرض شد که تنها حدود ۲۰ درصد ازآن به عنوان ماده خام در صنایع کاغذ و خمیر احداثي در سطح این استان مورد استفاده قرارمی گیرد. در تخصیص این مقدار از نهاده تولیدي مذکور به دیدگاه های خبره ترین متخصصان کشور استناد شد، لتیباري(۱۳۸۲) معتقد است که حدود ۳۰ درصد از کل کاه غلات تولیدي، در صنایع کاغذ و خمیر قابل استفاده اند،درحالي که رسالتي و همکاران(۱۳۸۳)، این مقدار را حدود ۲۵ درصد از کل تولید مي‌داند). همچنین موانع و محدودیت‌هاي چندي وجود دارد که بدانها اشاره مي‌شود:

۱- وجود کاربردهاي دیگر در استفاده از این مواد از قبیل خوراك دام و طیور، باقي گذاشتن بر روي زمین به منظور حفظ کیفیت خاك و جلوگیري از کاهش مواد مغذي؛

۲- طبیعت حجیم و وزن مخصوص کم که سبب مي‌شود هزینه حمل و نقل مواد مذکور تا حد زیادی افزایش یابد از این رو برای دستیابي به يك روند مداوم و موفق، شعاع اقتصادي ۲۰۰-۱۵۰ کیلومتر برای جمع‌آوري این مواد توصیه مي‌شود (۱۶). بی‌توجهی به این مسئله سبب مي‌شود که کارخانه ها یا در زمینه تامین مواد خام با مشکل مواجه شدند و یا هزینه‌هاي بسیار زیاد و کمرشکن حمل ونقل مواد اولیه را متحمل شوند که در نهایت سبب می شود از نظر اقتصادي سودآور نباشد)؛

۳-نبود شبکه حمل و نقل و ارتباطي مناسب و قابل اطمینان در استان مازندران؛

٤-کاه و کلش بیشتر به صورت فصلي در تابستان و اوایل پاییز جمع‌آوري مي‌شوند ولي باید در طول سال مصرف شوند، ازاین رو به فضاي بسیار وسیعي برای نگهداري وانبار این مواد نیاز است.

وجود این مسائل و مشکلات و نیز رعایت کردن روشي محافظه‌کارانه در تعیین نهاده‌هاي تولیدي در دسترس سبب مي‌شود که فرض شود تنها حدود ۲۰ درصد از کاه و کلش موجود به عنوان ماده خام مصرفي صنعت مورد استفاده قرار می گیرد، این مقدار معادل ۳۵۵۳٦۱ تن در سال است از کل مقدار مذکور به ترتیب بیش از ۱۸٤ هزار تن براي کاغذ چاپ و تحریر و ۱۷۱ هزار تن براي کاغذ فلوتینگ مورد استفاده قرار گرفته است، از این رو به نظر می رسد این محدودیت در تعین مقدار تولید و اندازه اقتصادي کارخانه های ترکیبي مورد نظر،نقش مهمی داشته است . همچنین در صورت تمایل به استفاده بیشتر از کاه غلات براي افزایش مقادیر تولید کاغذ، مشاهده مي‌شود که هر تن ماده اولیه اضافه سبب ازدیاد سود بالقوه به تا ٦۷۰۱۳٦ هزار ریال در سال مي شود.در مورد نیروي انساني، نتایج نشان مي‌دهد با توجه به جواب هاي بهینه مدل LP، حدود ٤۵۹ نفر شامل ۲۰٦ نفر براي تولید کاغذ چاپ و تحریر و ۲۵۳ نفر براي تولید کاغذ فلوتینگ مشغول به کار می شوند و ۳۰۷ نفر بیکار مي‌مانند. این تعداد ظرفیت استفاده نشده از نیروي انساني در دسترس نشان مي‌دهد که در صورت تمایل به استخدام نیروي جدید هیچ افزایشي در مقادیر تولید و سود حاصل در این کارخانه ها رخ نخواهد داد.

از مجموع ۳۲۹٤۰٦ مگاوات ساعت برق در دسترس در سطح استان مازندران، در مجموع ۱۳۰/٤ هزار مگاوات ساعت توسط کارخانه های مورد نظر، شامل ٤۳/٦ هزار مگاوات

ساعت براي توليد كاغذ چاپ و تحرير و ۸٦/۸ هزار مگاوات ساعت براي توليد كاغذ فلوتينگ مصرف مي‌شود. وجود ظرفيت زياد برق استفاده نشده آشكار مي‌سازد كه در صورت افزايش در ميزان برق واگذاري (در دسترس) افزايشی در ميزان جوابيهاي بهينه فعلي و مقدار سود حاصل مشاهده نمي‌شود. همچنين در صورتي كه برق قابل فروش از حدود ۱۰ درصد برق مصرفي مشتركان بخش صنعت و معدن به حدود ۳/۹ درصد كاهش يابد، باز مي‌توان انتظار داشت كه مقادير فعلي كاغذ چاپ و تحرير و فلوتينگ توليد شود.

در كارخانجات تركيبي مورد نظر مقدار مصرف انواع خميركاغذ به صورت زير است:

مصرف۲۸۱۸۸تن، خمير الياف بلندسوزني برگ وارداتي، شامل۱۳۱۹۰تن براي كاغذ چاپ و تحريرو۱۴۹۹۸تن براي كاغذ فلوتينگ)؛

بر اساس مقدار توليد كاغذ چاپ و تحرير،توليد واقعي خمير شيميايي از كاه غلات ۵۲۷۸۲تن است، از اين رو هرگونه افزايش در ظرفيت توليد خمير با توجه به محدوديت‌هاي موجود،سبب افزايش توليد كاغذ مورد نظر و در نتيجه ميزان سود حاصل نمي شود.

به دليل عدم توليد كاغذ روزنامه،هيچ گونه خمير شيميايي مكانيكي از كاه غلات توليد نمي‌شود، از اين رو هرگونه تغيير در ظرفيت توليد خمير تاثيري در توليد كاغذهاي ديگر و در نتيجه سود حاصل ندارد.

به دليل بهينه بودن توليد كاغذ فلوتينگ(سود آوري زياد به ازاي هر تن)مقدار توليد خمير نيمه شيميايي سولفيت خنثي معادل ظرفيت توليد آن(۷۵۰۰۰ تن در سال) است، بنابر اين به ازاي هر تن خمير توليدي اضافه بر ظرفيت، سود، معادل۵۷۶۰۱ /۱ميليون ريال در سال افزايش مي‌يابد.

در مورد محدوديت‌هاي مواد شيميايي،افزودني با توجه به‌اينكه مواد مذكور خريداري مي‌شوند، به نظر نمي‌رسد به عنوان عاملي مهم در تعيين مقدار توليد تلقي شوند،گرچه با توجه به سرمايه در دسترس براى تامين نهاده‌هاي توليدي متغير (سرمايه درگردش) اين گونه محدوديت ها نيز به هنگام طراحي مدل برنامه‌ريزي بهينه‌سازي مورد توجه قرار مي‌گيرند.

همواره يكي از مشكلات مهم در زمينه احداث كارخانه های خمير و كاغذ از كاه غلات، باورهای غلط در زمينه وجود مشكلات فني مانند هزينه‌هاي زياد جمع‌آوري، حمل ونقل و نگهداري مواد مذكور، وجود سيليس فراوان در مايع سياه حاصل از پخت و ... است در حالي كه بررسی ها نشان مي‌دهد كه طي ساليان اخير گام هاي بسيار زيادي در زمينه رفع مسائل مزبور برداشته شده كه از ميان آنها مي‌توان به سيستم سيليس‌زدايي ابداعي شركت Conox فنلاند اشاره كرد كه اگرچه در حال حاضر در مرحله آزمايشي در كارخانه های كوچك مقياس در كشور چين نصب شده است ولي اميد مي‌رود در آينده نزديك،قابل نصب و راه‌اندازي در كارخانه های بزرگ مقياس نيز باشد.همچنين وجود كارخانه هايي از قبيل Arisa در استراليا و Rakta در مصر با ظرفيت بيش از ۱۰۰ هزار تن و ۹۰ هزار تن توليد كاغذ در سال و تخمين نياز ساليانه ۲۰۰-۱۵۰ هزارتن به كاه غلات نشان مي‌دهد كه مشكلات مورد اشاره در زمينه جمع‌آوري مواد اوليه ياد شده، حمل و نقل و انبارداري آنها نيز تا حدود بسيار زيادي قابل رفع است.

بنابراين مي‌توان بيان كرد كه استان مازندران با توليد بيش از ۱/۷ ميليون تن كاه و كلش در سال و با فرض اينكه ۲۰ درصد از مقدار به عنوان ماده اوليه در صنايع جديد كاغذ و خمير مورد استفاده قرار گيرد، قابليت احداث دو كارخانه تركيبي با ظرفيت ميانگين ۵۰ هزار تن خمير شيميايي (حاصل فرايند Soda) و ۸۰ هزار تن كاغذ چاپ وتحرير و ۷۵ هزار تن خمير نيمه‌شيميايي سولفيت خنثي (حاصل فرايند NSSC) و ۱۰۸ هزار تن كاغذ فلوتينگ را دارد.

منابع

۱- آرين، امين و همكاران،۱۳۸٤. گزارش جامع كمبود چوب مورد نياز صنايع چوب و كاغذ كشور و لزوم رفع موانع و ممنوعيت واردات چوب،بخش اول، مجله علوم و صنايع چوب و كاغذ،سال چهارم،۱۵(۱): ۲۵ –۲۱.

۲- اداره كل آمار و اطلاعات،۱۳۸۳. لوح فشرده حاوي ليست واحدهاي توليدي و صنعتي ايران، وزارت صنايع و معادن.

۳- تاجديني، آژنگ، ۱۳۸٤. بررسي امكان اقتصادي توليد انواع كاغذ با استفاده از پسماندهاي كشاورزي(كاه و كلش) تحت مقياسهاي مختلف توليد (مطالعه موردي استان مازندران)،رساله دكتري به راهنمايي دكتر سعيد اميري،دانشگاه آزاد اسلامي، واحد علوم و تحقيقات،ص ۲۷۰ .

٤- جهان لتيباري، احمد. ۱۳۸۲، گزارش پاياني طرح تحقيقاتي (بررسي منابع ماده اوليه غيرچوبي توليد كاغذ)، دانشگاه آزاد اسلامي‌واحد كرج، ص ۷۰.

۵- جديدبناب، محمدعلي، ۱۳۷٤. طراحي سيستم برنامه‌ريزي و كنترل براي توليد سري با كاربرد در شركت لوله و پروفيل پارس، پايان‌نامه كارشناسي‌ارشد، دانشگاه صنعتي اميركبير، ص۱۳۰.

٦- رسالتي، حسين و همكاران، ۱۳۸۳. مطالعات فاز صفر پروژه توليد خمير و كاغذ از پسماندهاي كشاورزي،گزارش بند ٤ شرح خدمات: بررسي تكنولوژي، مهندسين مشاور ايستا،گزارش منتشر نشده، ص ۸۲.

۷- جمعي از نويسندگان، ۱۳۸۳. مطالعات فاز صفر پروژه توليد خمير و كاغذ از پسماندهاي كشاورزي، گزارش بند ۲ شرح خدمات: بررسي بازار، مهندسين مشاور ايستا،گزارش منتشر نشده، ص ۱۱۱.

۸- حمصي، اميرهومن، سعيد اميري، ۱۳۸۲. برنامه‌ريزي صنايع سلولزي كشور بر اساس استفاده از باگاس با استفاده از مدل رياضي تحقيق در عمليات، مجله منابع طبيعي ايران، ٥٦ (۱و۲): ۷۲-٦۱.

۹- دفتر فني جنگل،۱۳۸۲-۱۳٦۸. گزارش بهره‌برداري از جنگل‌ها طي ساليان مختلف،سازمان جنگلها، مراتع و آبخيزداري كشور.

۱۰- دفتر نظارت و ارزيابي، ۱۳۸۲. فهرست اولويت‌هاي سرمايه گذاري صنعتي و معدني، معاونت برنامه‌ريزي توسعه،فناوري وزارت صنايع و معادن، ص ۱۰.

۱۱- غفوري، اميرهوشنگ، ۱۳۷۹. ارائه الگوي رياضي برنامه‌ريزي توليد براي فراورده‌هاي مجتمع پتروشيمي اراك در سه واحد پليمري، پايان‌نامه كارشناسي‌ارشد مركز آموزش مديريت دولتي، ص ۲۰۰.

۱۲- مهرگان، محمدرضا، ۱۳۷٤. پژوهش عملياتي (برنامه‌ريزي خطي و كاربردهاي آن)، مركز خدمات فرهنگي سالگان، ص ۵۳۱.

۱۳- نيلي منفرد، مسعود و همكاران، ۱۳۸۳. گزارش نهايي طرح (تدوين استراتژي توسعه صنعتي كشور)، وزارت صنايع و معادن، ص۷۳۲.

۱٤- وينستون،واين. ال، ۱۳۸۰. برنامه‌ريزي خطي، ترجمه رضا زنجيري فراهاني و همكاران،انتشارات ترمه، ص ۷۹۱.

15-Alfares, h.k., & A .M.Al-Amer, 2002 .An optimization model for guiding the petrochemical industry development in Saudi Arabia, Eng. Opt. Journal, 34:671-687

16-Ashmead, 2002. Strategic Market Management System, Technical Report of pulp and paper, Agriculture and Agri- Food Canada.. 54 pp.

17-Atchison, J., 1996.Twenty-five years of global progress in nonwooed plant fiber repulping. Tappi Journal, 79(10):87-95

18-F.A.O, 2003 .Pulp, paper and paperboard capacity survey(1997-2002), FAO, Rome, Italy, pp.

19-Judt, M. 1994. Nonwood paper making, Pulp and paper International Journal, www. Paperloop.com.

20-Kung –Jeng, W. & L. Sheng-Hsiu, 2002. Capacity expansion and allocation for a semiconductor testing facility under constrained budget, Production planning & control Journal, 13 (5):429-437

21-Sadawarte, N.S. 1995. Better technology needed to clean up nonwood fiber, Pulp & paper International Journal, www. Paper loop. Com.

21-Stern, B. Making paper from montana’s straw .Montana Department of Agriculture, 120 pp.

22-Van Berkel, R. 1998. Industrial ecology of pulp and paper: consequences for small- scale pulp and paper mills in Asia. Journal of Industrial Ecology, 1(3).

An optimized Programming Model for Establishing Pulp & Paper Factories Using Cereal straw with an Annual Production Capacity of 75000 MT of pulp in Mazandaran Province

A. Tajdini[*1], S. Amiri[2], Gh.R. peykani[3], A. Jahan Latibari[4] and A. H. Hemmasi[5]
[1]Assistant Professor, Islamic Azad University, Karaj Branch, I.R.Iran
[2]Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R.Iran
[3]Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran, I.R.Iran
[4]Assistant professor,karaj Branch, Islamic Azad University, I.R.Iran
[5]Assistant Professor, Scenice and Research Branch, Islamic Azad University, I.R.Iran
(Received 17 September 2005, Accepted 18 November 2006)

Abstract

Based on mathematical programming models and the concept of linear programming, this paper uses and aimed at presenting an optimized model for establishing and developing complex pulp and paper factories with an annual production capacity of 75,000 MT. Regarding limited resources and variable cost of factors of production, including raw materials, such as various chemicals used in the process, additives and conifer fibers, labor force, potential demand, and the lead time for the production of one ton of the product from cereal straws, an optimized model is presented with the purpose to maximize annual profit. Studies show that over 1.7 million tons of cereal straw are produced annually in Mazandaran Province. If %20 of the straw produced may be used as raw material in the intended paper industries, it will be possible to found two pulp and paper factories with a production capacity of 50,000 MT of chemical pulp (soda process), 80,000 MT of writing and printing paper and 75,000 MT of neutral sulfite semi chemical pulp (NSSC process) and 108,000 MT corrugating medium (fluted paper). Newsprint production is not economic and profitable. Raw material is the most important limiting factor in determining the economically reasonable scale of production.

Keywords: Linear Programming, Profit, variable factors, Variable Costs, Objective Function, Constraint, Writing and Printing Paper, Newsprint, Corrugating Medium, Soda pulp, NSSC pulp, Raw Material

* Corresponding author: Tel: 0261-3200218 , Fax: 0261-3203575 E-mail: Ajangtaj@Gmail.com