Archive of SID

فصلنامه علوم محیطی،دوره هفدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸

۳۳-۴۴

بررسی اثرهای اقتصادی و محیط زیستی بهینه سازی شبکه توزیع چغندرقند در زنجیره تامین شکر ایران

پریچهر نجفی[۱]، مسعود فهرستی ثانی[۱*]، محمدرضا نظری[۲] و اکرم نشاط[۱]

[۱] گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، یزد، ایران
[۲] گروه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۳

نجفی، پ.، م. فهرستی ثانی، م. نظری و ا. نشاط. ۱۳۹۸. بررسی اثرهای اقتصادی و زیست محیطی بهینه سازی شبکه توزیع چغندرقند در زنجیره تامین شکر ایران. فصلنامه علوم محیطی. ۱۷(۲): ۴۴-۳۳.

سابقه و هدف: با توجه به هزینه‌های بالا حمل و نقل در بخش شکر تولیدی از چغندرقند مدیریت منطقی زنجیره‌ی تامین آن از اهمیت خاصی برخوردار است که می‌تواند در کاهش هزینه، کاهش آلاینده‌های هوا، مکان‌یابی تسهیلات، تحویل به موقع خدمات به نقاط تقاضا و رضایت مشتری را به همراه داشته باشند. بررسی مطالعه‌های گذشته نشان می‌دهد که بررسی‌های اندکی در زمینه بهینه‌یابی شبکه توزیع محصول های کشاورزی در زنجیره تامین با در نظر گرفتن تاثیر اقتصادی و محیط زیستی انجام شده است. بنابراین تحقیق حاضر به بهینه‌سازی شبکه توزیع چغندر قند از منطقه‌های تولیدی به کارخانه‌های بهره- برداری و تصفیه چغندرقند در زنجیره تامین شکر ایران و تعیین تاثیر اقتصادی و محیط زیستی محیطی آن می‌پردازد. در این پژوهش افزون بر مقایسه هزینه‌های حمل و نقل در وضعیت توزیع موجود و بهینه، تغییرات در مصرف سوخت به ازای تغییر در توزیع چغندرقند، کاهش انتشار ناشی از اصلاح شبکه حمل و نقل و منافع اقتصادی آن در کشور نیز محاسبه شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر با استفاده از آمار و اطلاعات مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۳ برای ۱۰ استان تولیدکننده چغندرقند شامل آذربایجان غربی، کرمانشاه، خوزستان، فارس، یاسوج، لرستان، سمنان، قزوین، خراسان رضوی و خراسان شمالی و ۲۴ مرکز تقاضا انجام شد. این مطالعه با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی و مدل‌سازی حمل و نقل به تجزیه و تحلیل داده‌ها با بکارگیری نرم افزار GAMS پرداخت.

نتایج و بحث: نتایج اجرای برنامه بهینه حمل و نقل نشان داد اجرای برنامه پیشنهادی سبب صرفه جویی در هزینه‌ها به میزان ۴۳/۷ میلیارد ریال معادل ۳/۸۴ درصد شد. همچنین، نتایج اجرای برنامه بهینه حمل و نقل با در نظر گرفتن اثرهای محیط زیستی، نشان‌دهنده‌ی کاهش مصرف سوخت به میزان ۲ میلیون و ۱۷۷ هزار لیتر گازوئیل و منافع محیط زیستی حدود ۵/۷ میلیارد ریال است.

نتیجه‌گیری: بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اجرای برنامه بهینه حمل و نقل سبب کاهش هزینه‌های حمل و نقل و کاهش مصرف سوخت شده است. لذا اجرای برنامه بهینه افزون بر کاهش هزینه‌ی حمل و نقل و قیمت تمام شده شکر سبب کاهش آلودگی و مصرف سوخت در کشور نیز می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، پیشنهاد می‌شود، در جریان برنامه ریزی حمل و نقل در زنجیره تأمین شکر، از الگوی پیشنهادی در این مطالعه برای حمل و نقل چغندرقند استفاده شود، زیرا اجرای برنامه بهینه بر کاهش هزینه‌ی حمل و نقل و کاهش

*Corresponding Author: *Email Address.* mfehresti@ardakan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف سوخت فسیلی و در نتیجه بر قیمت تمام شده شکر تاثیر می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی حمل و نقل، برنامه ریزی ریاضی، مصرف سوخت، زنجیره تامین شکر

مقدمه

مهمترین بخش های تامین کننده ورودی های صنعت قند و شکر، بخش کشاورزی (مواداولیه چغندرقند، نیشکر)، بخش صنعت (تجهیزات سرمایه ای)، بخش نفت (تامین انرژی)، حمل و نقل و بارزگانی (خدمات حمل) است (Behrami and *et al*., 2015). کشاورزی به عنوان مهمترین بخش در تامین مواد غذایی دارای تاثیر اولیه و ثانویه بر محیط زیست بوده است (Ker-. 2013, amaty Asl *et al*). افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان، ناشی از مصرف بی رویه‌ی انواع مختلف حامل های انرژی است. این مسئله سبب بروز پیامدهای منفی برای محیط زیست از جمله گرمایش جهانی شده و اثرهای محیط زیستی زیادی بر منطقه های مختلف داشته است (Ahmadi moghadam *et al*., 2013). شدت انرژی و میزان مصرف انرژی در کارخانه های قند و شکر در یک وضعیت بحرانی قرار دارد. این صنعت به دلیل زیرساخت‌های ضعیف تکنولوژی و فرسودگی این صنایع یکی از صنایع پر مصرف انرژی است. از آن جایی که تولید انرژی و استفاده از سوخت‌های فسیلی در مسئله های محیط زیستی از اهمیت زیادی برخوردار است، بنابراین مسئله های اقتصادی و محیط زیستی و تعهدات این صنعت می تواند حرکتی به سوی شرایط بهتر را به همراه داشته باشد. بنابراین، نیاز به پیگیری یک سیاست جدید برای تولیدکنندگان و انجام شیوه‌های انرژی نو و کارآمد برای ایجاد نظام‌های تولید پایدار و بدون اخلال در منابع طبیعی وجود دارد (Talabi and Goshaishi, 2015). با توجه به هزینه های حمل و نقل بالا در بخش شکر تولیدی از چغندرقند مدیریت منطقی زنجیره تامین آن از اهمیت خاصی برخوردار است چراکه می تواند در کاهش هزینه، کاهش آلاینده های هوا، مکان یابی تسهیلات، تحویل به موقع سرویس به نقاط تقاضا و رضایت مشتری را به همراه داشته باشند (Hemati and Zarei, 2017). عرضه یک الگوی اقتصادی برای بهینه‌سازی حمل و نقل شکر چغندرقندی در جهت کاهش هزینه‌های مربوط، بر قیمت تمام شده‌ی این محصول‌ها تاثیر گذار خواهد بود (Moghiseh *et al*., 2010). بنابراین تحقیق حاضر به تعیین وضعیت سیستم بهینه توزیع حمل و نقل زنجیره تامین شکر چغندرقندی ایران با درنظر گرفتن اثرات محیط زیست خواهد پرداخت. شناخت دقیق این زنجیره و ارزیابی شبکه حمل و نقل موجود در زنجیره چغندرقند می‌تواند سیاست گذاران و برنامه ریزان اقتصادی را در راستای افزایش کارایی کل سیستم یاری رساند. با توجه به اهمیت موضوع از مطالعه‌های صورت گرفته می‌توان به پژوهش-های زیر اشاره کرد. Salaeh *et al*. (2009) به بهینه سازی پویای حمل و نقل دانه روغنی سویا در ایران پرداختند. این مطالعه با استفاده از داده های ماهانه سال ۱۳۸۳ به منظور تعیین برنامه بهینه حمل و نقل دانه روغنی سویا با استفاده از نرم افزارLINGO انجام شده است. نتایج نشان داد، اجرای برنامه پیشنهادی باعث ۸۷/۶۷ میلیارد ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه حمل و نقل دانه سویا شده است. Fatahi and Haji-poor.(2017) به طراحی و بهینه سازی مسئله مکان‌یابی تسهیلات چند لایه ای چند هدفه با ملاحظه های محیط زیستی پرداختند. این مطالعه با استفاده از مدل برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح با هدف حداقل‌سازی تاثیر روی محیط زیست انجام شده است. نتایج با استفاده از حل مدل ریاضی با استفاده از رویکردهای شبیه‌سازی به دست آمده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. Manzoor and safakish (2011) به بررسی تاثیر سیاست‌های محیط‌زیستی و اقتصادی بر رفتار حمل و نقل شهری با رویکرد استقرایی پرداختند. این‌مطالعه با استفاده از تکمیل ۲۵۰ پرسش نامه از شهروندان تهرانی با از استفاده از مدل تلفیقی قیاسی- استقرایی انجام شده است. نتایج نشان داد اعمال سیاست‌های فناوری محور تأثیر به سزایی در تغییر سهم بازار فناوری حمل و نقل، به سمت فناوری های آلاینده های پاک و کاهش انتشار دارد. ramezanzadeh and *et al* (2014). به بررسی حمل و نقل شهری، تاثیرها و راهکارهای محیط زیستی آن پرداختند. این پژوهش با استفاده از روش اسنادی ـ تحلیلی و با هدف بیان آثار اجتماعی،

www.SID.ir

Archive of SID

اقتصادی و محیط زیستی حمل و نقل در راستای اهداف توسعه پایدار و رابطه بین نظام های حمل و نقل و اثرهای محیط زیستی آن انجام شده است. نتایج به صورت بیان راه حل های منطقی و قابل استفاده در شهرها بیان شد. Hemati (2017) and Zarei به شناسایی و اولویت بندی مولفه های موثر مدیریت منطقی زنجیره تامین در شبکه‌های حمل و نقل با رویکرد تحلیل شبکه فازی (مطالعه موردی: شرکت پخش فرآورده های نفتی منطقه فارس) پرداختند. این مطالعه با استفاده از روش نظری فازی به شناسایی عامل‌های موثر و با روش TOPSIS فازی به اولویت بندی مولفه‌های موثر مدیریت منطقی زنجیره تامین در شبکه‌های حمل و نقل با محوریت شرکت پخش فرآورده‌های نفتی انجام شد. نتایج نشان داد، در میان مولفه های هشتگانه، زمان پاسخ‌گویی و خدمت رسانی بیشترین اهمیت را دارا بوده است و به کارگیری مدیریت اصولی منطقی زنجیره تامین توانسته کمک شایانی در صنعت حمل و نقل ایفا کند. همچنین مدیریت موثر زنجیره تامین در شبکه‌های حمل و نقل و تبیین ارتباطات باعث کاهش هزینه و آلاینده‌های هوا می‌شود. Fioroni and *et al* (2013). به مدل یابی منطقی شکر نیشکری از مزرعه تا کارخانه پرداختند. این مطالعه با ۳۲ متغیر ورودی، ۳۹ متغیر خروجی، ۹۲ متغیر کمکی، ۱۹ جدول ورودی و ۲۴۰ روز با استفاده از ابزار شبیه‌سازی SIMIO با هدف بیان الگوریتم‌ها و روش‌های مدل سازی مرحله های مختلف حمل و نقل شکر، از مزرعه-های نیشکر تا ورود به آسیاب انجام شده است.

Sahfi and Elhedhli (2015) به طراحی زنجیره تامین سرد با در نظرگرفتن ملاحظه های محیط زیستی (رهیافت بهینه سازی شبیه سازی) پرداختند. این مطالعه با استفاده از مدل دوگان عدد صحیح مخلوط با هدف کاهش هزینه‌های حمل و نقل، موجودی، انبار و کاهش گرمای جهانی انجام شد. نتایج نشان داد اجرای برنامه پیشنهادی سبب کاهش هزینه‌ها و کاهش گرمای جهانی شده است.

Vorasayan and Pathumnakul (2016) به بررسی سیستم منطقی بهینه، ساز و کار برداشت شکر نیشکری، تایلند پرداختند. این مطالعه با استفاده از داده های سال ۲۰۱۲-۲۰۱۱ با هدف کمینه کردن هزینه ها انجام شده است. مدل بهینه سازی پیشنهادی تعداد کامیون های مورد نیاز در هر برداشت و تعداد وسایل حمل و نقل را تعیین می کند تا هزینه کل را به کمترین میزان ممکن برساند. نتایج به دست آمده می تواند به تولیدکننده شکر و کشاورز کمک کند تا مزایای سامانه های طراحی مجدد را درک کنند و برای بهبود کارایی منطقی شکر و هزینه هر تن برداشت مکانیکی در تایلند از آن استفاده کنند. بررسی پژوهش‌های صورت گرفته نشان می دهد که بیشتر پژوهش ها به موضوع بهینه‌یابی توزیع کالا بدون توجه به محاسبه اثرهای محیط زیستی آن پرداخته‌اند و تاکنون مطالعه ایی در زمینه بهینه-یابی شبکه توزیع چغندرقند در زنجیره تامین شکر ایران صورت نگرفته است. بنابراین با توجه به مصرف زیاد انرژی و وجود هزینه‌های حمل و نقل بالا در صنعت قند و شکر، مقاله حاضر به بررسی تاثیر محیط زیستی و هزینه‌ای بهینه‌سازی شبکه توزیع چغندرقند در زنجیره تامین شکر ایران با تاکید بر ملاحظه های محیط زیستی با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی که در آن تابع هدف کمینه کردن هزینه‌های حمل و نقل چغندرقند در شبکه توزیع با در نظر گرفتن محدودیت مرکزهای ارائه و تقاضا است، می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

نحوه حمل و نقل کالا و در نظرگرفتن هزینه‌های مرتبط با آن یکی از مسئله‌های مهم در اقتصاد به شمار می‌رود. شرکت تولیدکننده ی چندین نوع کالا را درنظر بگیرید. کالاهای تولید شده توسط این شرکت ها باید در بازار مصرف توزیع شود. توزیع باید به گونه‌ای باشد که اول هزینه حمل و نقل کمترین مقدار ممکن را اختیار کند. دوم کالاها به موقع به دست مشتریان برسد. سوم به هر یک از محل های توزیع مقداری مناسب با نیاز آن محل توزیع، حمل شود. در عمل برنامه‌ریزی برای چنین مسئله ای بسیار مشکل و پیچیده است. بنابراین ضرورت طرح و مطالعه مدل ریاضی که بتوان به وسیله ی آن چنین مسئله ای را در حالت کلی مدل سازی کرد به طور کامل واضح است (Memariyani and parvinroohani, 2000). در چرخه‌ی اقتصاد یک کشور، حمل و نقل عاملی است که تمامی ارکان اقتصادی از ابتدای امر تولید تا رساندن کالا به بازارهای مصرف نهایی را تحت تاثیر قرار می دهد (Afshar-poor and *et al*., 2014). حمل و نقل یکی از جزهای مهم اقتصاد ملی محسوب می‌شود و به دلیل داشتن نقش زیربنایی،

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر فراوانی بر فرآیند رشد اقتصادی کشور دارد (www.rmto.ir). مسئله ی شبکه توزیع را می توان با استفاده از الگوی حمل و نقل برنامه‌ریزی خطی مدل بندی کرد. مطالعه شبکه حمل و نقل شامل شبکه انتقال محصول از مرکزهای تولید به مرکزهای توزیع و مصرف است (hezel Jahromi *et al*., 2008). در سال ۱۹۴۱ اولین بار هیچکاک[1]، مدل حمل و نقل را توسعه داد. سپس دانتزیگ[2] در سال (۱۹۶۳) از شیوه‌ی حمل و نقل ساده، به‌عنوان نخستین شیوه ی حمل و نقل ساده استفاده کرد (Enger *et al*., 2014). یکی از ابتدایی ترین و سودمندترین برنامه کاربردهای روش برنامه ریزی خطی، تنظیم مـدل و حل مسئله حمل و نقل در قالب یک الگوی برنامه ریزی ریاضـی اسـت (Salaeh and *et al*., 2009). هدف اصلی در این مطالعه یافتن یک سیستم مناسب توزیع کالا می باشد به نحوی که هزینه حمل و نقل ارسال مقادیر مختلف کالا از نقاط مبدا به نقاط مقصد به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد. جهت کمینه کردن هزینه حمل و نقل چغندرقند در کشور در سال ۱۳۹۳، مدل ریاضی زیر پیشنهاد می‌شود.

تابع هدف:

$$Z = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} C_{ij} X_{ij} \quad Min \qquad (۱)$$

$$C = c + F \qquad (۲)$$

$$F = f.d \qquad (۳)$$

Subject to:

محدودیت عرضه (۴)
$$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} = \overline{S_i} \qquad i = 1,2,...,I$$

محدودیت تقاضا (۵)
$$\sum_{i=1}^{I} X_{ij} = \overline{Dj} \qquad j = 1,2,...,J$$

محدودیت نامنفی بودن (۶)
$$X_{ij} \geq 0$$

که در این روابط:

i: نشانگر منطقه عرضه چغندرقند که شامل منطقه های تولیدی و مبادی ورودی می‌شود. j: نشانگر منطقه تقاضاکننده چغندرقند است X_{ij}: مقدار چغندرقند حمل شده از منطقه عرضه i ام به منطقه مصرفی j ام (برحسب تن) C_{ij} : هزینه حمل یک تن چغندرقند از منطقه عرضه i ام به منطقه مصرفی j ام (برحسب ریال) $\overline{S_i}$: مقدار تولید و عرضه چغندرقند منطقه iام (برحسب تن) D_j: مقدار تقاضای چغندرقند منطقه مصرفی j ام (برحسب تن) F: کرایه حمل هر تن محصول (ریال). c: هزینه بارگیری، تخلیه و ضایعات پسمان های محصول (ریال). f: کرایه ی حمل هر تن محصول- کیلومتر (ریال). d: مسافت (کیلومتر).

همان طور که از تابع هدف پیداست هدف حداقل کردن هزینه‌های حمل و نقل از مرکزهای تولیدی چغندرقند به مقصدهای مصرفی خواهد بود، جهت رسیدن به چنین هدفی الگو با محدودیت‌های عرضه، تقاضا و نامنفی بودن مقدار چغندرقند قابل حمل همراه است (Enger and *et al*., 2014). به منظور محاسبه ی تفاوت هزینه ها حمل و نقل در حالت وضعیت موجود و حالت بهینه از رابطه (۷) استفاده می شود.

$$\Delta C = \sum C_{ij} X_{ij} - \sum C_{ij} X^{*}_{ij} \qquad (۷)$$

که در آن:

جدول ۱- ضریب انتشار CO_2 از مصرف سوخت فسیلی (دستور کار تجدید نظر شده IPCC سال ۱۹۹۶ سال)

Table 1. CO2 emission factor from fossil fuel consumption (revised IPCC guidelines 1996)

نوع سوخت Fuel type	CO_2 (gr/Liter)	CO_2 (Kg/Gj = Gg/Pj =Kton/Pj)
گاز طبیعی Natural gas	1897.9	55.820
گاز مایع LPG	1624.6	62.436
بنزین Gasoline	2289.8	68.607
نفت سفید Kerosene	2610.8	71.148
گازوییل Gas oil	2684.7	73.326
روغن سنگین Heavy oil	3001.3	76.539

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- توزیع چغندرقند از مرکزهای عرضه داخلی به کارخانه های چغندرقندی در وضعیت موجود (هزار تن)
Table 2. Distribution of beet from domestic supply centers to sugar beet factories in existing condition (Thousand tons)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
P1	304.541									
P2	312.232									
P3	239.129									
P4	665.363	544.518	293.819	354.610	39.372	33.296				
P5	332.602									
P6		65.254								
P7		15.227								
P8			15.227							
P9				155.000						
P10				149.392						
P11					11.628					
P12						137.000				
P13							84.358			
P14						89.704	8.148	82.067	55.427	
P15								0.3		
P16									175.018	
P17									43.315	
P18									66.313	
P19									95.159	
P20									225.313	
P21									73.525	
P22									53.088	
P23									95.159	
P24									33.590	84.500

ماخذ: یافته های تحقیق

ΔC :تغییر در هزینه حمل و نقل به ازای تغییر در شبکه توزیع از وضع موجود به حالت بهینه

X_{ij} : میزان توزیع چغندرقند از منطقه عرضه iام به منطقه مصرفی jام (بر حسب تن) در وضعیت موجود.

X_{ij}^{*} : میزان توزیع چغندرقند از منطقه عرضه i ام به منطقه مصرفی jام (بر حسب تن) در وضعیت بهینه.

C_{ij}: هزینه حمل یک تن چغندرقند از منطقه عرضه iام به منطقه مصرفی jام (برحسب ریال) در وضعیت موجود.

به منظور محاسبه ی تغییر در مقدار مصرف سوخت، در بخش حمل و نقل چغندرقند در وضعیت های موجود و بهینه از رابطه (۸) استفاده می‌شود.

$$\Delta K = \sum p[X_{ij} \times d_{ij}] - \sum p[X_{ij}^{*} \times d_{ij}] \qquad (۸)$$

که در آن:

ΔK : تغییر در سوخت مصرفی به ازای تغییر در شبکه توزیع از

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- توزیع چغندرقند از استان تولید کننده و واردکننده به کارخانجات شکر چغندرقندی در حالت بهینه (هزار تن)
Table 3. Distribution of sugar beet from the producer and importer province to sugar beet mills in optimal state (Thousand tons)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
P1			0.263	189.703	51		63.574			
P2			52.231			260				
P3		134.805	104.324							
P4	1521.265	409.713								
P5	332.602									
P6		65.254								
P7		15.227								
P8			15.227							
P9				155						
P10				149.392						
P11				11.627						
P12			137							
P13							28.931		55.426	
P14				152.979				82.367		
P15				0.3						
P16									175.018	
P17									43.315	
P18									66.313	
P19									95.159	
P20									225.313	
P21									73.525	
P22									53.088	
P23									95.159	
P24									33.590	84.500

ماخذ: یافته های تحقیق

وضع موجود به حالت بهینه.

p : متوسط میزان لیتر مصرف یک تن - کیلومتر بار جاده ای است.

X_{ij} : میزان توزیع چغندرقندی از منطقه عرضه i ام به منطقه مصرفی jام (بر حسب تن) در وضعیت موجود.

X_{ij}^{*} : میزان توزیع چغندرقندی از منطقه عرضه i ام به منطقه مصرفی jام (بر حسب تن) در وضعیت بهینه.

d_{ij} : مسافت (کیلومتر) بین منطقه عرضه iام و منطقه تقاضای jام.

پس از محاسبه میزان صرفه جویی در سوخت ناشی از بهنبه سازی شبکه حمل و نقل، برای بررسی اثرهای محیط زیستی و ارزشگذاری اقتصادی این منفع دو مرحله به شرح زیر طی شده است.

۱- محاسبه کاهش انتشار گازهای گلخانه ای: میزان کاهش انتشار ناشی از کاهش مصرف سوخت (گازوئیل) در مدل بهینه حمل و نقل نسبت به شرایط فعلی، ابتدا ارزش حرارتی سوخت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه هزینه‌های حمل و نقل، بارگیری تخلیه و انبارداری چغندرقند توزیع شده از مرکزهای عرضه به مرکزهای در وضعیت های موجود و بهینه تقاضا

Table 4. Transportation costs, loading and unloading of beet distributed from supply centers to demand centers in existing and optimal situations

	وضع موجود (میلیون ریال) Current situation (million rails)	حالت بهینه (میلیون ریال) Optimum mode (million rails)	میزان کاهش (درصد) Reduction rate (percent)
هزینه Cost	1174750.630670	1131107.401206	3/84

ماخذ: یافته های تحقیق

جدول ۵- مقایسه مصرف سوخت مورد نیاز برای توزیع چغندرقند در کشور در دو حالت وضعیت موجود و بهینه

Table 5. Comparison of fuel Consumption for distribution of sugar beet in the country in existing and optimal conditions

	وضع موجود (لیتر) Current situation (liters)	حالت بهینه (لیتر) Optimum mode (liters)	میزان کاهش (درصد) Reduction rate (percent)
هزینه Cost	91995745	89818780	2.4

ماخذ: یافته های تحقیق

گازوئیل بر حسب مگاژول بر تن تعیین و در مقدار انتشار معادل CO_2 ضرب شده است. ارزش حرارتی سوخت گازوئیل بر حسب مگاژول از داده‌های تهیه شده در گزارش‌های IPCC سال ۱۹۹۶ استفاده شده است. بر اساس این اطلاعات مقدار انتشار معادل CO_2 به دست آمده از مصرف هر لیتر گازوئیل معادل ۲۶۸۴/۷ گرم تعیین شده است (جدول ۱).

۲- ارزش‌گذاری منافع به دست آمده از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای: در مرحله دوم، پس از محاسبه کاهش میزان انتشار ناشی از صرفه‌جویی در مصرف سوخت (بر اساس برآورد مرحله ی اول)، منافع اقتصادی کاهش انتشار برآورد شده است. به عبارتی دیگر تعیین شده است که هر تن کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای چقدر منفعت اقتصادی دارد. ارزش اقتصادی کاهش انتشار هر تن دی اکسید کربن دست کم می‌تواند معادل قیمت مبادله‌ای کربن در بازار جهانی باشد. قیمت جهانی هر تن دی اکسید کربن در سال ۲۰۱۴ حدود ۳۰ دلار گزارش شده است. با ضرب این قیمت در میزان کل کاهش انتشار دی اکسید کربن، کل منافع محیط‌زیستی ناشی از اصلاح و بهینه سازی شبکه حمل و نقل چغندر قند محاسبه شده است.

مطالعه حاضر با استفاده از آمار و اطلاعات مرکز آمار ایران و دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهادکشاورزی در سال ۱۳۹۳ برای ۱۰ استان تولیدکننده آذربایجان غربی، کرمانشاه، خوزستان، فارس، یاسوج، لرستان، سمنان، قزوین، خراسان رضوی و خراسان شمالی و ۲۴ مرکز تقاضای چغندرقند (کارخانه‌های بهره برداری و تصفیه قند و شکر)، انجام شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار GAMS صورت گرفته است.

نتایج و بحث

در این مطالعه به منظور به تعیین نظام توزیع بهینه حمل و نقل در زنجیره تامین شکر چغندرقندی ایران ابتدا به بررسی هزینه حمل، بارگیری و تخلیه شکر، بررسی وضعیت موجود این صنعت، سپس به بررسی وضعیت بهینه پرداخته خواهد شد. هر منطقه تولیدکننده چغندرقند بعنوان یک نقطه‌ی عرضه و کارخانه های قند و شکر چغندرقندی بعنوان نقاط تقاضا کننده مطرح است. برای بررسی وضعیت حمل و نقل چغندرقند و بهینه سازی هزینه‌های مربوط به آن از آمار و اطلاعات مربوطه در سال ۱۳۹۳ استفاده شده است. برای تدوین مدل ابتدا، هزینه‌های حمل، بارگیری و تخلیه یک تن چغندرقند تصفیه شده از کارخانجات قند و شکر چغندرقندی تا مرکزهای مصرف (ریال) محاسبه شد. برای محاسبه هزینه‌های حمل و نقل از مرکزهای عرضه تا

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- محاسبه منافع محیط زیستی ناشی از بهینه سازی شبکه حمل و نقل چغندر قند
Table 6. Calculation of the environmental benefits of optimizing the sugar beet transportation network

	مصرف گازوئیل کاهش‌یافته (لیتر) Reduced gasoline (liters) consumption	کاهش انتشار CO2 (تن) Reduction of CO_2 emissions (tons)	منفعت زیست محیطی (ریال) Environmental benefit (rials)
هزینه Cost	2176965	5844	5733452475

منبع: یافته‌های تحقیق

مرکزهای تقاضا، فاصله مناطق مورد نظر را در کرایه هر تن کیلومتر به ریال که در سالنامه آماری سازمان راه‌داری حمل و نقل جاده‌ای وزارت راه و شهرسازی برای سال ۱۳۹۳، بر اساس استان مبدأ منتشر شده است، ضرب کرده و بعنوان میانگین کرایه حمل هر تن چغندرقند منطقه های عرضه به منطقه های تقاضا درنظر گرفته شد. سپس هزینه بارگیری، تخلیه و پسماندهای محصول معادل ۲۰۳۰ ریال به ازای هر تن به هزینه‌های حمل محاسبه شده اضافه شد. در نتیجه هزینه‌های حمل، بارگیری و تخلیه یک تن چغندرقند تصفیه شده از منطقه های تولید چغندرقند تا کارخانه های تصفیه چغندرقندی به‌دست آمد. جدول (۲) توزیع چغندرقند از مرکزهای عرضه داخلی به کارخانجات در وضعیت موجود (تن) را نشان می دهد.

ردیف‌ها در جدول (۲) کارخانجات قند و شکر چغندرقندی و ستون‌ها نیز مرکزهای تولید چغندرقند در سال ۱۳۹۳ است. استان های آذربایجان غربی، خراسان‌رضوی، فارس، کرمانشاه عمده‌ترین تولیدکننده ها هستند. بر این استان آذربایجان‌غربی، نیاز خود را از کارخانجات ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ تامین کرده است. خراسان رضوی نیاز خود را از کارخانجات ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ تامین کرده اند. استان فارس، نیاز خود را از کارخانجات ۹ و ۱۰ و استان کرمانشاه، نیاز خود را از کارخانجات ۶ و ۷ تامین کرده است. به منظور کاهش هزینه های حمل و نقل و افزایش کارایی کل زنجیره و با در نظر گرفتن مرکزهای تقاضاکننده و عرضه کننده جدول (۳) توزیع چغندرقند از استان تولید کننده و واردکننده به کارخانجات در حالت بهینه (تن) را نشان می دهد.

بر اساس جدول (۳) نتایج تعیین توزیع بهینه چغندرقند از مرکزهای عرضه به کارخانجات قند و شکر چغندرقندی در حالت بهینه گزارش شده است. در این حالت توزیع به شکلی صورت می‌گیرد که کم ترین هزینه ممکن برای تامین نهاده توسط کارخانجات قند و شکر چغندرقندی صورت بگیرد. جدول (۴) مقایسه هزینه‌های حمل و نقل، بارگیری تخلیه و انبارداری چغندرقند توزیع شده از مرکزهای عرضه به مرکزهای تقاضا در وضعیت های موجود و بهینه (ریال) بیان شده است.

با توجه به نتایج جدول (۴) اجرای برنامه پیشنهادی سبب صرفه جویی در هزینه ها به میزان ۴۳/۷ میلیارد ریال برابر ۳/۸۴ درصد شده است. نتایج محاسبه تاثیر کاهش مصرف سوخت در وضعیت‌های موجود و بهینه در جدول (۵) نشان شده است.

براساس نتایج جدول (۵) اجرای برنامه پیشنهادی سبب کاهش مصرف سوخت به میزان حدود ۲ میلیون و ۱۷۷ هزار لیتر گازوئیل برابر با ۲/۴ درصد شده است. برای محاسبه اثرات کاهش مصرف سوخت، میزان ۶۹ لیتر به ازای یک هزار تن-کیلومتر بار جاده ای در نظر گرفته شد.

در جدول (۶) نتایج محاسبه منافع محیط زیستی ناشی از کاهش انتشار کربن بر اساس روش بیان شده در بخش مواد و روش‌ها نشان داده شده است. در واقع اصلاح و بهینه سازی شبکه حمل و نقل چغندرقند در زنجیره تامین شکر، از جنبه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن ارزشی حدود ۵/۷ میلیارد ریال منافع محیط زیستی دارد. بنابراین در کل منافع محیط زیستی ناشی از کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و منفعت به دست آمده از کاهش هزینه حمل و نقل حدود ۴۹/۴ میلیارد ریال محاسبه می‌شود.

نتیجه گیری

تلاش در جهت کاهش هزینه های حمل و نقل در بخش شکر تولیدی از چغندرقند و مدیریت منطقی زنجیره تامین

www.SID.ir

Archive of SID

آن از اهمیت خاصی برخوردار است، چرا که توزیع غیر بهینه سبب افزاش تاثیرهای جانبی اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی می‌شود. حرکت به سمت ایجاد شبکه توزیع بهینه در زنجیره تامین، افزون بر کاهش هزینه‌های حمل و نقل (تاثیرهای جانبی اقتصادی برای تولید کننده و مصرف‌کننده ناشی از کاهش هزینه و در نتیجه قیمت تمام شده محصول) کاهش مصرف سوخت (کاهش انتشار آلودگی و تاثیرهای جانبی محیط زیستی) را هم به دنبال دارد. همچنین بهینه سازی سامانه حمل و نقل، تحویل به موقع خدمات به نقاط تقاضا و در نتیجه رضایت مصرف‌کننده را به نیز همراه دارد. بنابراین در تحقیق حاضر، ابتدا ارزیابی وضعیت موجود توزیع چغندرقند در زنجیره تامین شکر و شرایط بهینه آن پرداخته شد، سپس افزون بر محاسبه تاثیر اقتصادی ناشی از بهینه سازی شبکه حمل و نقل (کاهش هزینه‌های حمل و نقل)، تاثیرات محیط زیستی (کاهش مصرف سوخت) نیز اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده از اجرای برنامه بهینه، سبب کاهش هزینه های حمل و نقل به میزان حدود ۴۳/۷ میلیارد ریال معادل ۳/۸۴ درصد شده است. همچنین با اجرای این برنامه مصرف سوخت به میزان ۲ میلیون و ۱۷۷ هزار لیتر گازوئیل معادل ۲/۴ درصد کاهش می‌یابد که حدود ۵/۷ میلیارد ریال منافع محیط زیستی دارد. بنابراین در کل منافع محیط زیستی ناشی از کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و منفعت به دست آمده از کاهش هزینه حمل و نقل حدود ۴۹/۴ میلیارد ریال محاسبه می‌شود. Hemati (2017) and Zarei در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند، مدیریت منطقی زنجیره تامین می‌تواند کمک شایانی در صنعت حمل و نقل ایفا کند. همچنین مدیریت موثر زنجیره تامین در شبکه‌های حمل و نقل و تبیین ارتباطات باعث کاهش هزینه و آلاینده‌های هوا می‌شود. Manzoor and safakish (2011) در پژوهش خود اشاره کردند که اجرای سیاست‌های فناوری محور تأثیر به سزایی در تغییر سهم بازار فناوری های حمل و نقل، به سمت فناوری های پاک و کاهش انتشار آلاینده ها دارد. Sahfi and Elhedhli (2015) در بررسی که انجام دادند، به این نتیجه دست‌یافتند که اجرای برنامه پیشنهادی سبب کاهش هزینه‌ها و کاهش گرمای جهانی شده است. Salaeh and *et al* (2009) به این نکته اشاره کردند که اجرای برنامه پیشنهادی باعث ۸۷/۶۷ میلیارد ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه حمل و نقل دانه سویا شده است. بنابراین اجرای برنامه بهینه افزون بر کاهش هزینه ی حمل و نقل و قیمت تمام شده محصول چغندرقند و در نتیجه قیمت تمام شده شکر به جهت محیط زیستی نیز منجر به افزایش رفاه عموم جامعه می‌شود. بنابراین دولت می‌تواند سیاست‌های حمایتی در جهت بهینه‌سازی توزیع محصول ها در کشور وضع و اجرا کند. اجرای این سیاست‌ها در ابتدا ممکن است بار مالی به لحاظ برقراری ضوابط اجرایی داشته باشد، اما به دلیل صرفه جویی‌های ناشی از کاهش مصرف سوخت و کاهش هزینه‌های حمل و نقل، انجام این اقدام ها را توجیه می‌کند.

پی نوشت ها

[1] Hitchcock
[2] Dantzig

منابع

Afsharpoor, M., Mehrabi Bashar Abadi, H. and Pahlovani, M., 2014. The effect of development of transport infrastructure on agricultural sector value. Journal of Agricultural Economics Research. 6(2), 115-134. (In Persian with English abstract).

Ahmadi Moghadam, M., Ghodrati, S. and Jaafarzadeh Haghighi Fard, N., 2013. CO2 and CH4 emission estimation using emission factors from sugarcane development company. Jentashapir Journal of Health Research. 55, 12-20. (In Persian with English abstract).

Behrami, M., Ensari, K. and Honarvar, M., 2015. Determination of the color coordinates of imported sugarcane samples by spectrophotography and their correlation with some qualitative characteristics. Journal of Food Science and Technology. 13(55), 69-79. (In Persian with English abstract).

Dantzig, G.B., 1963. Linear Programming and Exten-

www.SID.ir

Archive of SID

sions. Princeton University Press. New Jersey, United States.

Engr. D., Uzorh, A.C. and Nnanna, I., 2014. Supply chain management optimization problem. The International Journal of Engineering and Science (IJES). 3(6), 2319 – 1813.

Fatahi, P. and Hajipoor, V., 2017. Designing and optimizing the problem of locating multi-layered multidimensional multifunctional objects with environmental considerations. Journal of Industrial Engineering and Production Mangement. 28(2), 207-218. (In Persian with English abstract).

Fioroni, M.M., Silva, D.J. and Franzese, L., A. 2013. Modeling the sugar cane logistics from farm to mill. In "Proceedings of the Winter Simulation Conference".

Ghezel Jahromi, S., Mohammadi, H. and Sadeghi, H., 2008. Application of transportation programming model in sugar industries in Fars Province. Journal of Sugar Beet. 24(2), 109-127. (In Persian with English abstract).

Hemati, M.A. and Zarei, M., 2017. Identification and prioritization of factors effecting the supply chain logistics management in transportation networks using fuzzy network analysis approach (A case study: National Iranian Oil Refining and Distribution-Fars zone). International Conference on 4th Environmental Planning and Management.

Keramaty asl, M.S., Marzban, A. and Kazemi, N., 2013. Study of some environmental impacts of sugar production system in Khuzestan. 1st E-Conferences on New Finding in Environment and Agricultural Ecosystems.

Manzoor, D. and safakish,K., 2011. The impacts of environmental and economic policies on urban transportation behavior with the inductant approach of the case study of Tehran. Journal of Economic Modeling Research. 1(4), 171-187. (In Persian with English abstract).

Memariyani, A. and parvinroohani, M.A., 2000. Commodity scheduling model with fuzzy parameters. Mangement Knowledge. 13(49), 3-11. (In Persian with English abstract).

Moghiseh, S., Peykani, GH. R. and Saleh, A., 2010. Dynamic optimization of sunflower oil transportation in Iran. Agricultural Economics. 3(4), 121-137. (In Persian with English abstract).

Paiva, R. and Morabito, R., 2009. An optimization model for the aggregate production planning of a Brazilian sugar and ethanol milling company. Ann Oper Res. 169, 117–130.

Ramezanzadeh, H.A., Molaei, A.R. and Molaei, A.M., 2014. Urban transport, its environmental impacts and impacts. In Proceedings 1st National Conference on Urban Planning Uan Mangement and Sustainable Development. Tehran.

Saifi, A. and Elhedhli, S., 2015.Cold supply chain design with environmental considerations: A simulation-optimization approach. Preprint Submitted to European Journal of Operational Research. 251(1), 274-287.

Salaeh, A., Peykani, GH. R. and Moghiseh, S., 2009. Dynamic optimization of the transportation of soybean seeds in Iran. Agricultural Economics and Development. 18(70), 1-18 (In Persian with English abstract).

Talabi, S.A. and Goshaishi, H. R., 2015. Analysis of the problems of sugar industry in Iran and comparison of production and imports in Iran and the world. National Conference on Science and Technology. Tehran

Vorasayan, J. and Pathumnakul, S., 2016. Optimal logistics system for sugarcane mechanical harvesting in Thailand. Journal of Applied Science and Agriculture. 9(15), 28-35.

www.SID.ir

Archive of SID

Environmental Sciences Vol.17/ No.2 / Summer 2019

33-44

Investigation of economic and environmental impacts of optimization of sugar beet distribution network in Iran's sugar supply chain

Parichehr Najafi,[1] Masoud Fehresti-Sani,[1*] Mohammad Reza Nazari[2] and Akram Neshat[1]

[1]Agricultural Economics Department, Agriculture and Natural Resource Faculty, Ardakan University, Ardakan, Yazd, Iran

[2]Environment and Natural Resources Economics Department, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2017.12.23 Accepted: 2018.03.04

Najafi, P., Fehresti-Sani, M., Nazari, M. and Neshat, A., 2019. Investigation of economic and environmental impacts of optimization of sugar beet distribution network in Iran's sugar supply chain. Environmental Sciences. 17(2): 33-44.

Introduction: Considering the high transportation costs of sugar market (produced by sugar beet), the logistic management of its supply chain is of particular importance, which can reduce costs as well as air pollutants, and help with locating facilities, on-time delivery of services and customer satisfaction. Up until now, few studies have been conducted on the optimization of the distribution network of agricultural products in the supply chain, taking into account the economic and environmental impacts. Therefore, the present study aimed to optimize the sugar beet's distribution network from production areas to refineries in Iran's sugar supply chain and determine its economic and environmental impacts. In this study, in addition to comparing transport costs in the current and optimal distribution situation, changes in fuel consumption per shift in sugar beet's distribution, reduced emissions due to the reform of the transportation network and its economic benefits in the country were also evaluated.

Material and methods: The present study was carried out using data obtained from Iran's statistics center in 2014 for 10 provinces producing sugar beet's sugar, including Western Azerbaijan, Kermanshah, Khuzestan, Fars, Yasuj, Lorestan, Semnan, Qazvin, Khorasan Razavi, and northern Khorasan and 24 demand centers. This study used a linear programming model to consider the simple transport model to analyze the data using GAMS software.

Results and discussion: The implementation results of optimal transportation plan showed that the implementation of the proposed program decreased the costs of about 4.5 billion USD, equivalent to 3.84%. Also, the implementation results of the

*Corresponding Author: *Email Address.* mfehresti@ardakan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

optimal transportation plan considering the environmental impacts indicated two million and 177 thousand liters reduction of gasoline and 5.7 billion rials increase in environmental benefits.

Conclusion: It can be concluded that implementing an optimal transportation plan may reduce transportation costs as well as environmental pollution. Therefore, implementation of an optimal plan resulted in the reduction of transportation costs and consequently, on the final price of sugar. Based on results, it is suggested that, during transportation planning in the sugar supply chain, the proposed model in this study should be used for sugar beet transport.

Keywords: Transport Modeling, Mathematical programming, Fuel consumption, supply chain sugar.

www.SID.ir