اقتصاد کشاورزی/ جلد ۳/ شماره‌ی ٤/ صفحه‌های ۱۳۷-۱۲۱

بهینه‌سازی پویای حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان در ایران

سعید مقیسه، غلامرضا پیکانی، ایرج صالح*

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۱۰/۲٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۱٤

چکیده

حمل و نقل و مسایل اقتصادی مربوط به آن، نقش مهمی در هزینه‌های تولید کالاهای کشاورزی و قیمت تمام شده‌ی آن‌ها ایفا می‌کند. ارایه‌ی یک الگوی اقتصادی برای بهینه‌سازی حمل‌ونقل محصولات کشاورزی در جهت کاهش هزینه‌های مربوط، بر قیمت تمام شده‌ی این محصولات تاثیرگذار خواهد بود. این مطالعه با هدف ارایه‌ی یک الگوی ریاضی حمل‌ونقل پویا برای تعیین برنامه‌ی بهینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان از مناطق تولیدی و مبادی ورودی (به عنوان مراکز عرضه)، به کارخانه‌های روغن‌کشی (به عنوان مراکز مصرف) انجام شده است. تعداد مراکز تولید و عرضه‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان در کشور ۴۰ منطقه و تعداد مراکز مصرف آن ۷ کارخانه است. این مطالعه بر اساس آمار و اطلاعات ماهانه و با استفاده از بسته‌ی نرم‌افزاری LINGO انجام شده است. نتایج نشان داد که اجرای برنامه‌ی پیش‌نهادی سبب صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در کشور به میزان ۴۳۶ میلیون ریال برابر با ۱۱/۸ درصد هزینه‌ی حمل‌ونقل پرداخت شده در سال مورد نظر، می‌شود.

طبقه‌بندی JEL : C61

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی پویا، قیمت تمام شده، الگوی ریاضی، حمل‌ونقل، دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان، بخش کشاورزی

*به ترتیب کارشناس ارشد مدیریت کشاورزی، استادیار و دانش‌یار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران
E-mail: saeed.moghiseh@gmail.com

مقدمه

آفتاب‌گردان به عنوان دانه‌ای روغنی به دلیل مصارف گوناگونی که دارد، جایگاه ویـژه‌ای را در میان محصولات کشاورزی به خود اختصاص داده است. یکی از کاربردهای مهم و اساسـی این گیاه، دارا بودن روغن خوراکی برای مصرف انسان و کنجاله‌ی خوراکی بـرای دام و طیـور است. نقش حیاتی روغن در تامین انرژی از یک سو و کاربردهای گوناگون دانه‌ی آفتاب‌گردان از سوی دیگر، کشورهای مختلف از جمله ایران را بـه برنامـه‌ریـزی بـرای توسـعه‌ی کـشت و افزایش تولید این گیاه ترغیب کرده است. از مواردی که در این برنامه‌ریـزی‌هـا نیازمنـد توجـه است، مسایل مربوط به هزینه‌ی حمل‌ونقل و تنظیم برنامه‌ی تخصیص بهینـه‌ی دانـه‌ی روغنـی آفتاب‌گردان، به عنوان مواد اولیه‌ی مورد نیاز کارخانه‌های روغن‌کشی است. اهمیت حمل‌ونقـل و مسایل اقتصادی مربوط بـه آن، بـه خـاطر اعمـال هزینـه‌هـای سـربار و نقـش آن در قیمـت تمام‌شده‌ی کالا جلوه‌گر می‌شود. در ایران حمل‌ونقل دانه‌ی روغنـی آفتـاب‌گـردان بـه عهـده‌ی شرکت سهامی خاص توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنـی اسـت. ایـن شـرکت در سـال ۱۳٤٦ بـا حمایت دولت و برای تحقق افزایش تولید این محصولات و سر و سامان دادن به وضـع تولیـد و روغن‌کشی و توسعه‌ی مطلوب آن برپـا شـد. از وظـایف مهـم ایـن شـرکت پـس از خریـد محصول، انتقال آن به کارخانه‌های روغن‌کشی است. در سال ۱۳۸۳ به میزان ۲٤۲٤۷ تن دانـه‌ی آفتاب‌گردان تولید شده در داخل کشور، به وسیله‌ی کارخانه‌های مختلـف از منـاطق گونـاگون کشور خریداری و حمل شده است. حجم بالای مبادلات دانه‌ی آفتاب‌گردان بیـانگر اختـصاص مبالغ هنگفتی بابت حمل‌ونقل آن است که تا به حال بررسی اصولی و علمی برای بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌های مربوط به آن صورت نگرفته است. با توجه به مصرف سرانه‌ی بـالای روغـن نباتی، لزوم برنامه‌ریزی و ارایه‌ی الگوی اقتـصادی مناسـب بـرای توزیـع بهینـه‌ی محـصول بـا کم‌ترین هزینه، از مسایل مهم تولید این محصول است. این مطالعـه بـا هـدف ارایـه‌ی الگـوی ریاضی حمل‌ونقل و برای تعیین برنامه‌ی بهینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان صـورت گرفته است.

در زمینه‌ی حمل‌ونقل محصولات گوناگون، مطالعات مختلفی انجام شده است که در زیر به مواردی از آن‌ها اشاره می‌شود. چیذری (۱۳۸٤) در تحقیقی با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی خطی در تعیین الگوی اقتصادی حمل‌ونقل محصولات دریایی در ایران، بر مبنای ۱۱ بندر جنوبی کشور (به عنوان نقاط عرضه)، ۲۸ استان (به عنوان نقاط تقاضا) و ۵۵ سردخانه (به عنوان نقاط میانی)، با استفاده از آمار سال ۱۳۸۱ و به کارگیری نرم‌افزار LINGO اقدام به بررسی وضعیت حمل‌ونقل محصولات دریایی و ارایه‌ی الگویی برای کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل کرد. نتایج به دست آمده از اجرای سناریوی پیش‌نهادی، حاکی از امکان صرفه‌جویی اقتصادی به میزان ۱٦ میلیارد ریال در هزینه‌ی حمل‌ونقل محصولات دریایی در سال مورد مطالعه است.

در مطالعه‌ای که به وسیله‌ی کیانی (۱۳۸۰) با عنوان تعیین الگوی اقتصادی حمل‌ونقل گندم در ایران انجام شد، مساله‌ی توزیع گندم در سال ۱۳۷۹ در کل کشور برای بهینه‌سازی حمل‌ونقل این محصول بررسی شد. در این تحقیق با بررسی ۲۸ نقطه‌ی عرضه، ٦ مبدا ورودی و ۲۸ نقطه‌ی تقاضا، برنامه‌ی بهینه‌ای برای سال ۱۳۷۹ پیش‌نهاد شد، که در صورت اجرای آن امکان صرفه‌جویی در حدود ۱۳۸ میلیارد ریال در هزینه‌ی حمل‌ونقل به وجود می‌آید.

مطالعه‌ی دیگری با عنوان شیوه‌ی توزیع بهینه‌ی کودهای شیمیایی در ایران به وسیله‌ی حسینی (۱۳٦۷) انجام شد. این مطالعه برای کاهش هزینه‌ی توزیع کود شیمیایی و با استفاده از اطلاعات و داده‌های سال ۱۳٦۵ و بر اساس اطلاعات دو کارخانه‌ی تولیدکننده‌ی کود شیمیایی و ۸ مبدا ورودی و ۲٤۰ مرکز مصرف (شهرستان‌ها) انجام شد. نتایج نشان داد در صورت اجرای برنامه‌ی بهینه، درحدود ۱/۵ میلیارد ریال (۱۳/٤ درصد) هزینه‌ی حمل‌ونقل کاهش می‌یابد.

افندی‌زاده و منتظری (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی در به‌بود وضعیت حمل‌ونقل گندم در کشور، با در نظر گرفتن ٦ مبدا ورودی و ۲۸ نقطه‌ی تقاضا به ارایه‌ی الگوی اقتصادی برای حمل‌ونقل گندم وارداتی در کشور در سال ۱۳۷۹ پرداختند. نتایج نشان داد با اجرای الگوی پیش‌نهادی برای سال ۱۳۷۹ در حدود ۱۰ میلیارد ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌ی حمل‌ونقل گندم به دست می‌آید.

وفادار مقدم (۱۳۷٤) در تحقیقی با عنوان الگوی توزیع بهینه‌ی (حمل‌ونقل) گوشت قرمز در ایران، به ارایه‌ی الگویی برای بهینه‌سازی توزیع گوشت قرمز در کل کشور از ۱۸ منبع تولید داخل، ۲ مبدا ورودی و ۱۸ مرکز مصرف پرداخته است. داده‌های آماری برای سال ۱۳۷۲ در چارچوب الگوی اشاره شده تنظیم شده است. این الگو با استفاده از برنامه‌ی MPSX/370 موجود در مرکز رایانه‌ای سازمان برنامه و بودجه اجرا شده است. بر اساس حل الگوی پیش‌نهادی، کل هزینه‌ی حمل‌ونقل و توزیع نسبت به وضع موجود، ٤/٤٧ درصد کاهش می‌یابد.

مطالعه‌ی دیگری به وسیله‌ی پورحسین (۱۳۷٤) در مورد بهینه‌سازی حمل‌ونقل گندم سیلوهای استان تهران صورت گرفت. این تحقیق با استفاده از ۳۱ نقطه‌ی عرضه، ۵ نقطه‌ی میانی و ۲۸ نقطه‌ی تقاضا با ۱۸٤۱ متغیر تصمیم و ۸۸۵ محدودیت، در قالب دو دوره‌ی شش‌ماهه انجام شد. با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی توابع هدف و قیود، جواب بهینه به دست آمده با داده‌های واقعی مقایسه و دیده شد که اجرای روش فعلی، بهینه نبوده است. در صورتی که از مسیرهای بهینه‌ای که الگو ارایه داده است، برای حمل گندم در سال ۱۳۷۳ استفاده می‌شد، می‌توانست هزینه‌ی حمل‌ونقل گندم را برای استان تهران به میزان ۳۷۵ میلیون ریال کاهش دهد.

توکلی (۱۳٦۸) در مطالعه‌ای با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی خطی در برنامه‌ی تولید و حمل‌ونقل یک مجتمع تولیدی- صنعتی غیرمتمرکز و با استفاده از آمار سال ۱۳٦۷ و روش حمل‌ونقل ساده، به بررسی کاهش هزینه‌ی تولید و حمل‌ونقل محصولات تولیدی از ٤ مبدا عرضه به ۱۹ مقصد پرداخت. در نتایج این مطالعه، روشن شده است که در صورت اجرای سناریوی پیش‌نهادی، در حدود ٤۷/۷ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌ی حمل‌ونقل در سال مورد مطالعه صورت می‌گیرد.

قیصری (۱۳۷۱) در یک بررسی برای برنامه‌ریزی و بهینه‌یابی میزان حمل کالا از مبادی دریایی به سکونت‌گاه‌های مختلف کشور، با در نظر گرفتن ٦ مبدا ورودی و ۲٤ نقطه‌ی تقاضا و با استفاده از الگوی حمل‌ونقل ساده به این نتیجه رسید که در صورت اجرای سناریوی

پیش‌نهادی در سال ۱۳۷۰، می‌توانست در حدود ۳۸/٤ میلیارد ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌ی حمل‌ونقل صورت گیرد.

تمباد[1] (۱۹٦۵) مساله‌ی توزیع شکر را از چهار مبدا داخلی و خارجی به ۱۷ مقصد مختلف در سطح یکی از ایالت‌های هند بررسی کرد. الگوی مورد استفاده در این مطالعه، الگوی حمل‌ونقل ساده بوده و جواب پایه‌ای اولیه با استفاده از روش تخمین وگل[2] به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که با برنامه‌ریزی مربوط، امکان کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل به میزان ۱۲ درصد کاهش وجود داشته است.

آپایا[3] و هم‌کاران (۲۰۰۳) در تحقیقی با عنوان استفاده از برنامه‌ریزی خطی برای طراحی شبکه‌ی توزیع مواد پروتیینی جدید، به بررسی بهینه‌سازی حمل‌ونقل نخود فرنگی در چهار کشور عمده‌ی تولیدکننده‌ی نخود فرنگی و مواد مغذی پروتیینی جدید پرداخته است. نتایج نشان داد در حالت بهینه، توصیه می‌شود نخود فرنگی تولید شده از کشورهای هلند، فرانسه، اکراین و کانادا برای انجام مراحل بعدی تولید مواد پروتیینی و با حمل‌ونقل جاده‌ای به کشور اکراین و بعد از انجام مراحل لازم با حمل‌ونقل جاده‌ای به کشور هلند برای تولید مواد جدید پروتیینی خوارکی منتقل شود.

مطالعه دیگری به وسیله‌ی مک کنزی و هم‌کاران[4] (۱۹۹۳) در ارتباط با بهینه‌یابی شیوه‌ی حمل سویا از ایالت آرکانزاس[5] به دیگر ایالات آمریکا با استفاده از الگوی حمل‌ونقل برنامه‌ریزی خطی انجام گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد توزیع بهینه‌ی سویا درون این ایالت با حمل‌ونقل جاده‌ای و از ایالت گفته شده به ایالت‌های نیواورلیانز[6] و ایالت تگزاس[7] به ترتیب با حمل‌ونقل آبی و حمل‌ونقل ریلی می‌تواند صورت پذیرد.

---

1 - Tembad
2-Vogel`s approximation method
3 -Apaiah
4-McKenzie
5-Arkansas
6- New Orleans
7- Texas

لی هیسینگ شی[1] (۱۹۹۷) به منظور کاهش هزینه‌ی توزیع سیمان در غرب کشور تایوان، در تحقیقی به بررسی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل سیمان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی اقدام کرد. نتایج نشان داد با اجرای برنامه‌ی حمل‌ونقل سیمان، هزینه‌ی حمل‌ونقل مربوط به آن، ۷٤/۱ میلیون دلار کاهش خواهد یافت.

در مطالعه‌ی دیگری که به وسیله‌ی میلان[2] و هم‌کاران (۲۰۰۳) با عنوان حمل‌ونقل نیشکر در کشور کوبا صورت گرفت، با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی به بررسی چه‌گونگی کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل نیشکر از مناطق تولیدی به کارخانه‌ها پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد در صورت اجرای سناریوی پیش‌نهادی، هزینه‌ی حمل در هر روز ٤۱۸۹۳ دلار کاهش خواهد یافت.

همان گونه که در بررسی کوتاه مطالعات انجام شده در مطالب بالا دیده شد، هیچ یک از آن‌ها به مساله‌ی بهینه‌سازی حمل‌ونقل در ارتباط با دانه‌های روغنی در ایران نپرداخته‌اند و با توجه به این که تحقیق خاصی در این ارتباط صورت نگرفته است، این مطالعه در نظر دارد تا مساله‌ی بهینه‌سازی حمل‌ونقل را در باره‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان بررسی کند. بنابراین هدف از انجام این مطالعه، ارایه‌ی مناسب‌ترین مسیر اقتصادی حمل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان از مراکز تولید به مراکز مصرف، برای کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل این محصول در ایران (با ثابت بودن کلیه‌ی عوامل موثر مربوط) است.

روش تحقیق

یکی از ابتدایی‌ترین و سودمندترین کاربردهای روش برنامه‌ریزی خطی، الگوبندی و حل مساله‌ی حمل‌ونقل در قالب یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی است. بر اساس مطالعه‌ای که پورحسین (۱۳۷٤) انجام داده است، مساله‌ی حمل‌ونقل اولین بار به وسیله‌ی هیچکاک[3]

1- Li-Hising Shih
2-Milan
3-Hitchcock

(۱۹٤۱) و بعدها به وسیله‌ی کوپمنز[1] (۱۹۵۸) مورد بحث قرار گرفت. الگوی حمل‌ونقل، نمونه‌ای از بهینه‌سازی شبکه‌ی خطی است که کاربردهای گسترده‌ای دارد. برنامه‌ی حمل‌ونقل محصول می‌تواند به صورت ایستا (در یک زمان معین) و یا پویا (چندین دوره‌ی پی‌درپی) مطرح باشد. هدف اصلی در استفاده از این الگو، یافتن یک سیستم مناسب توزیع کالا است، به گونه‌ای که هزینه‌ی حمل‌ونقل فرستادن مقادیر مختلف کالا از نقاط مبدا به نقاط مقصد، به کم‌ترین اندازه‌ی ممکن کاهش یابد. افزون بر این میزان تولید نقاط مبدا، متفاوت بوده و تقاضای نقاط مقصد نیز یک‌سان نیست، ولی مجموع موجودی‌های نقاط مبدا، با مجموع تقاضاهای نقاط مقصد، بزرگ‌تر، کوچک‌تر و یا مساوی در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی حمل‌ونقل کالا و خدمات به دو شیوه‌ی ساده و مرکب انجام می‌گیرد. در مساله‌ی حمل‌ونقل ساده، بین مبدا i و مقصد j، نقاط میانی (انبار، مناطق و ...) مطرح نیست. اما در مساله‌ی حمل‌ونقل مرکب، بین مبدا i و مقصد j، نقاط میانی (انبار، مناطق و...) وجود دارد. بنابراین در مساله‌ی حمل‌ونقل مرکب، ممکن است انتقال محصول از طریق نقاط انتقال میانی (که می‌تواند مانند دیگر منابع یا مقاصد باشد) انجام گیرد. در نتیجه برای انتقال یک محصول از یک محل به محل دیگر امکان دارد ده‌ها گزینه‌ی مختلف وجود داشته باشد.

در این مطالعه که در ارتباط با بهینه‌سازی حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان صورت گرفته است، هر منطقه‌ی تولیدکننده به عنوان یک نقطه‌ی عرضه و کارخانه‌های روغن‌کشی به عنوان نقاط تقاضاکننده مطرح است. برای افزایش دقت الگوی پیش‌نهادی، مبادی عرضه بر اساس تقسیم‌بندی صورت گرفته به وسیله‌ی شرکت توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی و کارخانه‌های روغن‌کشی، به عنوان مبادی تقاضاکننده مطرح شده است. برای بررسی وضعیت حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان و بهینه‌سازی هزینه‌های مربوط به آن در یک سال، می‌توان مقاطع زمانی خاصی را در نظر گرفت. از آن جا که برای تحقیق کنونی، دست‌رسی به آمار ماهانه امکان‌پذیر بود، برای پویایی الگو از آمار حمل‌ونقل به صورت ماهانه استفاده شد. دانه‌ی آفتاب‌گردان از مناطق عرضه، نخست وارد انبار کارخانه شده و سپس به قسمت روغن‌کشی

1-Kupmens

انتقال می‌یابد. کارخانه‌های روغن‌کشی از موجودی انبار متعلق به خود برای مصرف و استحصال روغن استفاده می‌کنند. انبارهای هریک از کارخانه‌ها، نزدیک محل روغن‌کشی کارخانه بوده و بابت انتقال دانه از انبار به قسمت استحصال، کرایه‌ی حمل‌ونقل پرداخت نمی‌شود و فقط هزینه‌ی کارگری برای حمل دانه مطرح است که جزو هزینه‌ی حمل‌ونقل منظور می‌شود. الگوی حمل‌ونقل مورد استفاده در این مطالعه از نوع الگو حمل‌ونقل مرکب بوده و افق برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت (یک سال) در نظر گرفته شده است. جابه‌جایی دانه‌ی آفتاب‌گردان در داخل کشور و از مبادی ورودی فقط با حمل‌ونقل جاده‌ای صورت می‌گیرد. گسترش راه‌های جاده‌ای در کشور و دست‌رسی آسان و راحت به وسایل جابه‌جایی کالا، استفاده از حمل‌ونقل جاده‌ای را در جابه‌جایی محصولات کشاورزی از جمله دانه‌های روغنی رایج کرده است. هر چند حمل‌ونقل ریلی به سبب هزینه‌ی کم‌تر و امکان جابه‌جایی حجم بیش‌تر کالا، دارای برتری است، ولی دلایلی مانند گسترده نبودن خطوط راه آهن در بیش‌تر مناطق کشور و طولانی شدن زمان حمل‌ونقل، حساسیت دانه‌ی آفتاب‌گردان به جابه‌جایی و نیز وجود قوانین و مقررات دست‌وپاگیر، باعث استفاده نکردن از حمل‌ونقل ریلی برای جابه‌جایی این دانه‌ی روغنی شده است.

قبل از برداشت و فرستادن محصول، مدیران صنایع روغن‌کشی و شرکت توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی، به صورت ماهانه و بر اساس برآورد میزان تولید و خرید دانه و هم‌چنین امکانات و ظرفیت روغن‌کشی کارخانه‌ها طبق توافق، اقدام به سهمیه‌بندی میزان دانه‌ی دریافتی از هر یک از کارخانه‌ها می‌کنند. پس در الگوی پیش‌نهادی، مقدار دانه‌ی روغنی فرستاده شده، برابر با سهمیه‌ی در نظر گرفته شده برای کارخانه‌ها است. در سال ۱۳۸۳ مناطق تولید و عرضه‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان، ٤۰ منطقه و تعداد نقاط تقاضا و یا به عبارتی تعداد کارخانه‌های روغن‌کشی دانه‌ی آفتاب‌گردان ۷ کارخانه بوده است.

مفروضاتی که در مورد الگوی پیش‌نهادی در نظر گرفته شده عبارت است از :

۱. کارخانه‌های روغن‌کشی، به عنوان نقاط تقاضا و مصرف‌کننده‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان در نظر گرفته می‌شود.

۲. هر یک از کارخانه‌ها دارای انبار برای ذخیره‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان است که محصول نخست وارد آن و سپس به قسمت روغن‌کشی منتقل می‌شود.
۳. از انبار یک کارخانه به انبار کارخانه‌ی دیگر جابه‌جایی صورت نمی‌گیرد.
٤. نرخ کرایه‌ی حمل‌ونقل برای دانه‌ی آفتاب‌گردان در کلیه‌ی ماه‌های سال برابر است.
۵. در الگو باید مقدار مشخصی از تقاضای ماهانه‌ی هر کارخانه تامین شود.

الگوی ریاضی

برای کمینه کردن هزینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در کشور در سال ۱۳۸۳ ، الگوی ریاضی زیر پیش‌نهاد می‌شود:

$$\text{MIN} \quad \sum_{i=1}^{i}\sum_{j=1}^{j} C_{ijt} X_{ij} + \sum_{j=1}^{j} STOCK_1_{jt} O_{j}$$

S.T.

1) $\sum_{i=1}^{i} X_{ij} = P_{it}$

2) $\sum_{j=1}^{j} X_{ijt} + STOCK_0_{j} \le STOR_{jt}$

3) $\sum_{j=1}^{j} X_{ijt} + STOCK_0_{jt} - U_{jt} = STOCK_1_{jt}$

4) $\sum_{j=1}^{j} X_{ijt} = DEM_{jt}$

5) $X_{ijt}, STOCK_0_{jt}, STOCK_1_{jt} \ge 0$

که در آن :

C_{ijt}: هزینه‌ی مبدا وسیله‌ی حمل هر تن دانه‌ی آفتاب‌گردان از منطقه‌ی تولیدی i به کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t

O_{jt}: هزینه‌ی انبارداری دانه‌های روغنی کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t

X_{ijt} : مقدار حمل شده‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان از منطقه‌ی تولیدی i به کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

$STOCK1_{jt}$: موجودی آخر ماه انبار کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

P_{it}: مقدار خرید دانه‌ی آفتاب‌گردان از منطقه‌ی تولیدی i در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

$STOCK0_{jt}$: موجودی اول ماه انبار کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

$STOR_{jt}$: ظرفیت انبار کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

U_{jt}: مقدار روغن‌کشی دانه‌ی آفتاب‌گردان کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

DEM_{jt}: مقدار حمل‌شده‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان به کارخانه‌ی j در دوره‌ی زمانی t (بر حسب تن)

i: تعداد مناطق تولیدکننده‌ی دانه‌های روغنی (i=1, 2, … , I)

j: تعداد کارخانه‌های روغن‌کشی (j=1, 2, … , J) و

t: تعداد دوره‌های مورد مطالعه (t=1, 2, … , T) است.

محدودیت اول نشان می‌دهد که در هر ماه، مجموع دانه‌ی آفتاب‌گردان خریداری شده از هر منطقه به انبارهای داخلی کارخانه‌های مورد نظر حمل می‌شود. محدودیت دوم نشانگر آن است که در هر ماه مجموع دانه‌ی آفتاب‌گردان حمل شده به انبار هر کارخانه و موجودی اول ماه انبار نباید از ظرفیت انبار آن کارخانه بیش‌تر باشد. محدودیت سوم به معنا است که در هر ماه، مابه‌التفاوت مجموع دانه‌ی آفتاب‌گردان حمل شده به انبار هر کارخانه و موجودی اول ماه انبار با مقدار مصرفی دانه برای روغن‌کشی، برابر با موجودی پایان ماه انبار می‌باشد. محدودیت چهارم نشان می‌دهد در هر ماه مجموع دانه‌ی آفتاب‌گردان حمل شده از کلیه‌ی مناطق عرضه به انبار کارخانه، برابر با تقاضای آن کارخانه می‌باشد.

برای منظور کردن کرایه‌ی حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان با توجه به تعدد مناطق تولیدی، فاصله‌ی مناطق مورد نظر در کرایه‌ی حمل (هر تن- کیلومتر) محصول[1] ضرب می‌شود که حاصل آن به عنوان میانگین کرایه‌ی حمل هر تن دانه‌ی آفتاب‌گردان از مناطق تولیدی و مبادی ورودی به کارخانه‌های روغن‌کشی در الگو در نظر گرفته می‌شود. هزینه‌های حمل‌ونقل افزون بر کرایه‌ی حمل، شامل هزینه‌های بارگیری، تخلیه و ضایعات محصول می‌شود. با جمع کردن کرایه‌ی حمل هر تن محصول با هزینه‌های حمل‌ونقل، هزینه‌ی حمل هر تن دانه‌ی آفتاب‌گردان به دست می‌آید که به عنوان ضرایب تابع هدف در نظر گرفته می‌شود:

۱- مبلغ این کرایه به وسیله‌ی سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کل کشور برای سال ۱۳۸۳ اعلام شده است.

$$C = F + c$$
$$F = f \cdot d$$

که در آن :

C: هزینه‌ی حمل هر تن محصول (ریال)

F: کرایه‌ی حمل هر تن محصول (ریال)

c: هزینه‌ی بارگیری، تخلیه و ضایعات محصول (ریال)

f: کرایه‌ی حمل هر تن محصول–کیلومتر (ریال) و

D: مسافت (کیلومتر) است.

دانه‌ی آفتاب‌گردان پس از ورود به کارخانه وارد انبار آن شده و ممکن است تا پایان ماه در انبار باقی بماند. به طور طبیعی ذخیره‌ی دانه در انبار مشمول هزینه‌ی انبارداری می‌شود که به دلیل اهمیت آن در الگوی پیش‌نهادی، هم‌راه با هزینه‌های حمل‌ونقل در تابع هدف مد نظر قرار گرفته است.

نتایج و بحث

پس از بررسی و بهینه‌یابی الگوی پیش‌نهادی حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان، نتایج تحلیل مربوط که شامل مقدار و مسیر بهینه برای حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان است، در جدول‌های ٤ تا ۱۱ به صورت ماهانه ارایه شده است. در برخی ماه‌ها که تولید و خرید دانه‌ی آفتاب‌گردان صورت نگرفته، برنامه‌ای در ارتباط با حمل بهینه‌ی آن نیز پیش‌نهاد نشده است. به سخن دیگر، با تولید و خرید دانه‌ی آفتاب‌گردان، حمل‌ونقل نیز انجام گرفته و در زمانی که دانه‌ای تولید و یا خریداری نمی‌شود، حمل‌ونقلی نیز صورت نمی‌گیرد. در ماه‌های فروردین، اردی‌بهشت، تیر و اسفند، تولید و یا خرید دانه‌ی آفتاب‌گردان صورت نمی‌گیرد، در نتیجه برنامه‌ای برای حمل‌ونقل بهینه‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان در طول این ماه‌ها ارایه نمی‌شود.

پس از ارایه‌ی برنامه‌ی بهینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان، برای بررسی دقیق‌تر و مقایسه‌ی مقدار حمل برنامه‌ی بهینه با وضع موجود در ماه‌های مختلف، کارخانه‌ی نرگس

شیراز به عنوان نمونه انتخاب شد. جدول (۱) وضعیت حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در وضع موجود و جدول (۲) وضعیت حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در صورت اجرای برنامه‌ی بهینه از مناطق عرضه به کارخانه‌ی نرگس شیراز را در سال ۱۳۸۳ نشان می‌دهد. طبق جدول‌های گفته‌شده، در شهریورماه سال ۱۳۸۳ از منطقه‌ی خرامه، ٤۱ تن دانه‌ی آفتاب‌گردان به کارخانه‌ی نرگس شیراز حمل شده است، اما نتایج برنامه‌ی بهینه‌ی حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان نشان می‌دهد که برای کمینه کردن هزینه‌ی حمل‌ونقل در شهریورماه باید ۱۰ تن از منطقه‌ی مرودشت و ۳۱ تن از منطقه‌ی خرامه به کارخانه نرگس شیراز حمل شود که حاصل آن مبلغ ۰/۱ میلیون ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌ی حمل‌ونقل است. در دی‌ماه از منطقه‌ی اراک ۱۷ تن، از منطقه‌ی ساوه ۷ تن، از منطقه‌ی قم ٦۹ تن، از منطقه‌ی نهاوند ۵۹ تن، از منطقه‌ی هرات ۲۱ تن، از منطقه‌ی مرودشت ۱۲٤۹ تن، از منطقه‌ی خرامه ۲٦ تن، از منطقه‌ی نیریز ٤٦ تن، از منطقه‌ی ارسنجان ۱۰٦ تن و از منطقه‌ی کرمان ۸٤۸ تن دانه‌ی آفتاب‌گردان به کارخانه‌ی نرگس شیراز حمل شده است.

جدول (۱). مقدار حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان از مناطق عرضه به کارخانه‌ی نرگس شیراز در وضع موجود (واحد: تن)

	اراک	ساوه	قم	سرخه‌ی ورزنه	نهاوند	آشتیانه	گرمسخان	اصفهان	کاشان	هرات	سرحد ورودمیبد	سرچهان	مرودشت	خرامه	نیریز	ارسنجان	کرمان
شهریور	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	٤۱	-	-	-
آبان	۷۷	۱۳٦	۱۱۵	-	-	-	-	۲۰۷	-	۳٦	۱٦	۲۲	۱۵۵	۱٤۷	۱۱۰	۱٤۳	۲۷٤
آذر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	-	-	٤٦۳	۱۰۹	۱٦۰	۲۵۲	۵۸۷
دی	۱۷	۷	٦۹	-	۵۹	-	-	-	-	۲۱	-	-	۱۲٤۹	۲٦	٤٦	۱۰٦	۸٤۸
بهمن	-	-	۱۰	-	-	-	-	-	٤	-	-	-	۷۱	۳	-	۸	۳٤

ماخذ: شرکت توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی (۱)

جدول (۲). مقدار حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان از مناطق عرضه به کارخانه‌ی نرگس شیراز در حالت بهینه (واحد: تن)

	اراک	ساوه	قم	سرخیرو زآباد	نهاوند	آشتیانه	گرمیخان	اصفهان	کاشان	هرات	سرحد ردودهیبه	سرچهان	مرودشت	خرامه	نیریز	ارسنجان	کرمان
شهریور	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	۳۱	-	-	-
آبان	-	-	-	-	-	-	-	۱۹۷	-	۵۶	۶۲	۳۳	٤٥٤	۱۸۸	۲۷۱	۱۶۷	-
آذر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۵۷	-	-	-	۲٤۷	۲۷۷	-	-
دی	-	۱۱	۱٤۱	-	-	-	-	-	-	۲۱	-	-	۱۲٤۹	۲۶	٤۶	۱۰۶	۸٤۸
بهمن	-	-	۱۰	-	-	-	-	-	٤	-	-	-	۷۱	۳	-	۸	۳٤

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در حالت بهینه برای کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل باید از منطقه‌ی ساوه ۱۱ تن، از منطقه‌ی قم ۱٤۱ تن، از منطقه‌ی هرات ۲۱ تن، از منطقه‌ی مرودشت ۱۲٤۹ تن، از منطقه‌ی خرامه ۲۶ تن، از منطقه‌ی نیریز ٤۶ تن، از منطقه‌ی ارسنجان ۱۰۶ تن و از منطقه‌ی کرمان ۸٤۸ تن حمل شود که در نتیجه‌ی این اقدامات به میزان ۹ میلیون ریال صرفه‌جویی اقتصادی صورت می‌گیرد. در مجموع ۵۶۲۸ تن دانه در حالت بهینه و نیز همین مقدار در وضع موجود، به کارخانه‌ی نرگس شیراز حمل می‌شود که هزینه‌ی حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان در وضع موجود که ۷۹۰ میلیون ریال بوده، در صورت اجرای برنامه‌ی بهینه، به ۶۲۳ میلیون ریال کاهش می‌یابد. برای دیگر ماه‌ها نیز می‌توان به روش بالا عمل کرد که به دلیل گستردگی مطالب مربوط، از نوشتن جزییات آن خودداری می‌شود.

پس از تعیین مقدار بهینه‌ی حمل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان که در جدول‌های بالا ارایه شد، به مساله‌ی میزان کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل پرداخته شده است که با اجرای برنامه‌ی بهینه‌ی

حمل‌ونقل صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از اجرای الگوی پیش‌نهادی حمل‌ونقل آفتاب‌گردان نشان‌دهنده‌ی کاهش قابل توجهی در هزینه‌ی حمل‌ونقل است (جدول ۳). به طوری که هزینه‌ی حمل‌ونقل در کارخانه‌ی (بهپاک) کاهشی به میزان ۱/٤ درصد، معادل ۸ میلیون ریال، کارخانه‌ی اکسدانه کاهشی به میزان ۲۷/۷ درصد برابر با ۱۸۳ میلیون ریال، کارخانه‌ی جهان کاهشی به میزان ۵/۹ درصد برابر با ٦۱ میلیون ریال، کارخانه‌ی ناز اصفهان، کاهشی به میزان ۰/۸ درصد برابر با چهار میلیون ریال، کارخانه‌ی نرگس شیراز کاهشی به میزان ۲۱/۱ درصد برابر با ۱٦۷ میلیون ریال، کارخانه‌ی فضل نیشابور کاهشی به میزان ۳۳/۳ درصد برابر با ۱۰ میلیون ریال و کارخانه‌ی کشت و صنعت شمال کاهشی به میزان ۲/۳ درصد برابر با ۳ میلیون ریال خواهد داشت.

در مجموع، هزینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در کشور با اجرای برنامه‌ی بهینه ۳۲۷۱ میلیون ریال برآورد می‌شود که نسبت به ۳۷۰۷ میلیون ریال هزینه‌ی پرداخت شده در سال ۱۳۸۳ امکان صرفه‌جویی اقتصادی در این هزینه به میزان ۱۱/۸ درصد معادل ٤۳٦ میلیون ریال وجود داشته است.

جدول (۳). مقایسه‌ی هزینه‌ی حمل‌ونقل وضعیت موجود با برنامه‌ی بهینه‌ی حمل آفتاب‌گردان در سال ۱۳۸۳

کارخانه	*هزینه‌ی پرداخت‌شده در سال ۸۳ (میلیون ریال)*	*هزینه‌ی پرداخت‌شده در حالت بهینه (میلیون ریال)*	*کاهش هزینه در حالت بهینه (میلیون ریال)*	*درصد کاهش هزینه*
بهپاک	۵۷۲	٥٦٤	۸	٪۱/٤
اکسدانه	٦٦۰	٤۷۷	۱۸۳	٪۲۷/۷
جهان	۱۰۳٦	۹۷۵	٦۱	٪۵/۹
ناز اصفهان	٤۸٦	٤۸۲	٤	٪۰/۸
نرگس شیراز	۷۹۰	٦۲۳	۱٦۷	٪۲۱/۱
فضل نیشابور	۳۰	۲۰	۱۰	٪۳۳/۳
کشت و صنعت شمال	۱۳۳	۱۳۰	۳	٪۲/۳
جمع	**۳۷۰۷**	**۳۲۷۱**	**٤۳٦**	–

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

از آن جا که دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان با توجه به مصارف مختلف آن، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات کشاورزی به خود اختصاص داده است، برنامه‌ریزی کشت و افزایش تولید این محصول مورد توجه کشورهای مختلف از جمله ایران قرار گرفته است. در این ارتباط، برنامه‌ریزی و تنظیم مسایل مربوط به جنبه‌های اقتصادی حمل‌ونقل این محصول و نقش آن در هزینه‌های تولید نیز دارای اهمیت خاصی است. از جمله مسایل اقتصادی در تولید این محصول، لزوم برنامه‌ریزی و ارایه‌ی الگوی اقتصادی مناسب برای توزیع بهینه‌ی محصول با کم‌ترین هزینه است. برای دست‌یابی به هدف اصلی این مطالعه که یافتن روش مناسب توزیع محصول با کمینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل است، روش برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده قرار گرفته است که در زمینه‌ی بهینه‌یابی حمل‌ونقل محصولات، دارای کاربرد گسترده‌ای است. براساس آمار و اطلاعات مراکز تولید و عرضه و نیز مراکز مصرف این محصول و هزینه‌های مربوط، کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل با استفاده از الگوی پیش‌نهادی نسبت به وضع موجود محاسبه شد که نتایج به دست آمده، بیانگر امکان کاهش قابل توجه در هزینه‌ی حمل‌ونقل این محصول در سطح کشور است. براساس نتایج به دست آمده و با توجه به میزان قابل توجه کاهش در هزینه‌ی حمل‌ونقل، توصیه می‌شود که در جریان برنامه‌ریزی حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان، از الگوی پیش‌نهادی در این مطالعه برای حمل‌ونقل این دانه‌ی روغنی استفاده شود، زیرا اجرای برنامه‌ی بهینه بر کاهش هزینه‌ی حمل‌ونقل و بر قیمت تمام‌شده‌ی محصول و در نتیجه بر قیمت تمام‌شده‌ی روغن نباتی تاثیر گذاشته که این امر نیز به نوبه‌ی خود موجب کاهش بار مالی از مصرف‌کنندگان نهایی محصول و نیز عرضه‌کنندگان دانه‌ی آفتاب‌گردان خواهد شد.

منابع

افندی‌زاده، ش. و منتطری، ا. (۱۳۸۰). کاربرد برنامه‌ریزی در به‌بود وضعیت حمل‌ونقل گندم در کشور. پژوهشکده‌ی حمل‌ونقل، وزارت راه و ترابری، تهران.

پورحسین، م. (۱۳۷٤). بهینه‌سازی حمل‌ونقل گندم سیلوهای استان تهران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

توکلی، ا. (۱۳٦۸). کاربرد برنامه‌ریزی خطی در برنامه‌ی تولید و حمل‌ونقل یک مجتمع تولیدی- صنعتی غیرمتمرکز. دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

چیذری، م. (۱۳۸٤). کاربرد برنامه‌ریزی خطی در تعیین الگوی اقتصادی حمل‌ونقل محصولات دریایی در ایران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی اقتصاد و توسعه‌ی کشاورزی، دانشگاه تهران.

حسینی، ص. (۱۳٦۷). شیوه‌ی توزیع بهینه‌ی کود شیمیایی در ایران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز ، شیراز.

سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور. (۱۳۸٤). سال‌نامه‌ی آماری حمل‌ونقل ۱۳۸۳. وزارت راه و ترابری، تهران.

سلطانی، غ. (۱۳۷۸). کاربرد برنامه‌ریزی خطی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.

شرکت سهامی خاص توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی. (۱۳۸۳). گزارش سه‌ماهه‌ی چهارم سال ۱۳۸۳، تهران.

قیصری، ر. (۱۳۷۱). برنامه‌ریزی و بهینه‌یابی میزان حمل کالا از مبادی دریایی به سکونت‌گاه‌های مختلف کشور. دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

کوپاهی، م. (۱۳۷۱). کاربرد برنامه‌ریزی خطی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

کیانی، غ. (۱۳۸۰). تعیین الگوی اقتصادی حمل‌ونقل گندم در ایران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی اقتصاد و توسعه‌ی کشاورزی، دانشگاه تهران.

وفادار مقدم، ح. (۱۳۷٤). الگوی توزیع بهینه‌ی حمل‌ونقل گوشت قرمز در ایران. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

Apaiah, R. K. and Hendrix, E. M. T. (2003). Linear Programming for Supply Chain Design: A Case on Novel Protein Foods, Product Design and Quality Management Group, Department of Agrotechnology and Food Science, Wageningen University, Netherlands.

McKenzie, A. M., La Ferney, P. E., Wailes, E. J. and Otwell, H. D. (1993). An Economic Evaluation of Optimal Intermodel Soybean Flows in Arkansas with Projected Effects of the North American Free Trade Agreement, Department of Agricultural Economics and Agribusiness, University of Arkansas, US.

Milan, E. L., Fernandez, S. and Aragones, L. M. P. (2003). Sugar Cane Transportation in Cuba, a Case Study, *European Journal of Operational Research*, 174: 374–386.

Shih, L. H. (1997). Cement Transportation Planning via Fuzzy Linear Programming, *International Journal of Production of Economics*, 58: 277-287.

Tembad, S. B. (1965). Minimizing Costs of Transportation through Linear Programming, *Indian Journal of Agricultural Economics*, 20: 72-82.