

بهینه‌سازی پویای حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان در ایران

سعید مقیسه، غلامرضا پیکانی، ایرج صالح*

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۱۴

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 ویژه‌ای را در میان محصولات کشاورزی به خود اختصاص داده است. یکی از کاربردهای مهم و اساسی این گیاه، دارا بودن روغن خوراکی برای مصرف انسان و کنجاله‌ی خوراکی برای دام و طیور است. نقش حیاتی روغن در تامین انرژی از یک سو و کاربردهای گوناگون دانه‌ی آفتاب‌گردان از سوی دیگر، کشورهای مختلف از جمله ایران را به برنامه‌ریزی برای توسعه‌ی کشت و افزایش تولید این گیاه ترغیب کرده است. از مواردی که در این برنامه‌ریزی‌ها نیازمند توجه است، مسایل مربوط به هزینه‌ی حمل‌ونقل و تنظیم برنامه‌ی تخصیص بهینه‌ی دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان، به عنوان مواد اولیه‌ی مورد نیاز کارخانه‌های روغن‌کشی است. اهمیت حمل‌ونقل و مسایل اقتصادی مربوط به آن، به خاطر اعمال هزینه‌های سربار و نقش آن در قیمت تمام‌شده‌ی کالا جلوه‌گر می‌شود. در ایران حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان به عهده‌ی شرکت سهامی خاص توسعه‌ی کشت دانه‌های روغنی است. این شرکت در سال ۱۳۴۶ با حمایت دولت و برای تحقق افزایش تولید این محصولات و سر و سامان دادن به وضع تولید و روغن‌کشی و توسعه‌ی مطلوب آن برپا شد. از وظایف مهم این شرکت پس از خرید محصول، انتقال آن به کارخانه‌های روغن‌کشی است. در سال ۱۳۸۳ به میزان ۲۴۲۴۷ تن دانه‌ی آفتاب‌گردان تولید شده در داخل کشور، به وسیله‌ی کارخانه‌های مختلف از مناطق گوناگون کشور خریداری و حمل شده است. حجم بالای مبادلات دانه‌ی آفتاب‌گردان بیانگر اختصاص 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 بالای روغن نباتی، لزوم برنامه‌ریزی و ارایه‌ی الگوی اقتصادی مناسب برای توزیع بهینه‌ی محصول با کم‌ترین هزینه، از مسایل مهم تولید این محصول است. این مطالعه با هدف ارایه‌ی الگوی ریاضی حمل‌ونقل و برای تعیین برنامه‌ی بهینه‌ی حمل‌ونقل دانه‌ی روغنی آفتاب‌گردان صورت گرفته است.

در زمینه‌ی حمل و نقل محصولات گوناگون، مطالعات مختلفی انجام شده است که در زیر به مواردی از آن‌ها اشاره می‌شود. چیدری (۱۳۸۴) در تحقیقی با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی خطی در تعیین الگوی اقتصادی حمل و نقل 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 حمل و نقل محصولات دریایی و ارزیابی الگویی برای کاهش هزینه‌های حمل و نقل کرد. نتایج به دست آمده از اجرای سناریوی پیش‌نهادی، حاکی از امکان صرفه‌جویی اقتصادی به میزان ۱۶ میلیارد ریال در هزینه‌ی حمل و نقل محصولات دریایی در سال مورد مطالعه است.

در مطالعه‌ای که به وسیله‌ی کیانی (۱۳۸۰) با عنوان تعیین الگوی اقتصادی حمل و نقل گندم در ایران انجام شد، مساله‌ی توزیع گندم در سال ۱۳۷۹ در کل کشور برای بهینه‌سازی حمل و نقل این محصول بررسی شد. در این تحقیق با بررسی ۲۸ نقطه‌ی عرضه، ۶ 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 حمل و نقل به وجود می‌آید.

مطالعه‌ی دیگری با عنوان شیوه‌ی توزیع بهینه‌ی کودهای شیمیایی در ایران به وسیله‌ی حسینی (۱۳۶۷) انجام شد. این مطالعه برای کاهش هزینه‌ی توزیع کود شیمیایی و با استفاده از اطلاعات و داده‌های سال ۱۳۶۵ و بر اساس اطلاعات دو کارخانه‌ی تولیدکننده‌ی کود شیمیایی و ۸ مبدا ورودی و ۲۴۰ مرکز مصرف (شهرستان‌ها) انجام شد. نتایج نشان داد در صورت اجرای برنامه‌ی بهینه، در حدود ۱/۵ میلیارد ریال (۱۳/۴ درصد) هزینه‌ی حمل و نقل کاهش می‌یابد.

افندی‌زاده و منتظری (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی در به‌بود وضعیت حمل و نقل گندم در کشور، با در نظر گرفتن ۶ مبدا ورودی و ۲۸ نقطه‌ی تقاضا به ارزیابی الگوی اقتصادی برای حمل و نقل 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 حمل و نقل گندم به دست می‌آید.

وفادار مقدم (۱۳۷۴) در تحقیقی با عنوان الگوی توزیع بهینه‌ی (حمل و نقل) گوشت قرمز در ایران، به ارزیابی 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 حمل و نقل و توزیع نسبت به وضع موجود، ۴/۴۷ درصد کاهش می‌یابد.

مطالعه‌ی دیگری به وسیله‌ی پورحسین (۱۳۷۴) در مورد بهینه‌سازی حمل و نقل گندم سیلوه‌های استان تهران صورت گرفت. این تحقیق با استفاده از ۳۱ نقطه‌ی عرضه، ۵ نقطه‌ی میانی و ۲۸ نقطه‌ی تقاضا با ۱۸۴۱ 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 ارائه داده است، برای حمل گندم در سال ۱۳۷۳ استفاده می‌شد، می‌توانست هزینه‌ی حمل و نقل گندم را برای استان تهران به میزان ۳۷۵ میلیون ریال کاهش دهد.

توکلی (۱۳۶۸) در مطالعه‌ای با عنوان کاربرد برنامه‌ریزی خطی در برنامه‌ی تولید و حمل و نقل یک مجتمع تولیدی - صنعتی غیرمتمرکز و با استفاده از آمار سال ۱۳۶۷ و روش حمل و نقل ساده، به بررسی کاهش هزینه‌ی تولید و حمل و نقل محصولات تولیدی از ۴ مبدا عرضه به ۱۹ مقصد پرداخت. در نتایج این مطالعه، روشن شده است که در صورت اجرای سناریوی پیشنهادی، در حدود ۴۷/۷ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌ی حمل و نقل 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 ۶ مبدا ورودی و ۲۴ نقطه‌ی تقاضا و با استفاده از الگوی حمل و نقل ساده به این نتیجه رسید که در صورت اجرای سناریوی

پیشنهادی در سال ۱۳۷۰، می‌توانست در حدود ۳۸/۴ میلیارد ریال صرفه‌جویی اقتصادی در هزینه‌ی حمل‌ونقل صورت گیرد.

تمباد^۱ (۱۹۶۵) 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^۲ 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^۳ و هم‌کاران (۲۰۰۳) در تحقیقی با عنوان استفاده از برنامه‌ریزی خطی برای طراحی شبکه‌ی توزیع مواد پروتئینی جدید، به بررسی بهینه‌سازی حمل‌ونقل نخود فرنگی در چهار کشور عمده‌ی تولیدکننده‌ی نخود فرنگی و مواد مغذی پروتئینی 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 پروتئینی و با حمل‌ونقل جاده‌ای به کشور اکراین و بعد از انجام مراحل لازم با حمل‌ونقل جاده‌ای به کشور هلند برای تولید مواد جدید پروتئینی خوارکی منتقل شود.

مطالعه دیگری به وسیله‌ی مک کنزی و هم‌کاران^۴ (۱۹۹۳) در ارتباط با بهینه‌یابی شیوه‌ی حمل سویا از ایالت آرکانزاس^۵ 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^۶ و ایالت تگزاس^۷ 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^۱ (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، ۷۴/۱ میلیون دلار کاهش خواهد یافت.

در مطالعه‌ی دیگری که به وسیله‌ی میلان^۲ 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 ۴۱۸۹۳ دلار کاهش خواهد یافت.

همان‌گونه که در بررسی کوتاه مطالعات انجام شده در مطالب بالا دیده شد، هیچ‌یک 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، ارائه‌ی مناسب‌ترین مسیر اقتصادی حمل‌ونقل 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 (۱۳۷۴) انجام داده است، مساله‌ی حمل‌ونقل اولین بار به وسیله‌ی هیچکاک^۳

1- Li-Hising Shih

2-Milan

3-Hitchcock

(۱۹۴۱) و بعدها به وسیله‌ی کوپمنز^۱ (۱۹۵۸) مورد بحث قرار گرفت. الگوی حمل و نقل، نمونه‌ای از بهینه‌سازی شبکه‌ی خطی است که کاربردهای گسترده‌ای دارد. برنامه‌ی حمل و نقل 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 حمل و نقل 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 حمل و نقل کالا و خدمات به دو شیوه‌ی ساده و مرکب انجام می‌گیرد. در مساله‌ی حمل و نقل ساده، بین مبدا i و مقصد j نقاط میانی (انبار، مناطق و ...) مطرح نیست. اما در مساله‌ی حمل و نقل مرکب، بین مبدا i و مقصد j نقاط میانی (انبار، مناطق و ...) وجود دارد. بنابراین در مساله‌ی حمل و نقل 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 حمل و نقل 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 حمل و نقل 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 حمل و نقل به صورت ماهانه استفاده شد. دانه‌ی آفتاب‌گردان از مناطق عرضه، نخست وارد انبار کارخانه شده و سپس به قسمت روغن‌کشی

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، ۴۰ 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.
۴. نرخ کرایه‌ی حمل و نقل 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 حمل و نقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در کشور در سال ۱۳۸۳، الگوی ریاضی زیر پیش‌نهاد می‌شود:

$$\text{MIN} \quad \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ijt} X_{ijt} + \sum_{j=1}^J \text{STOCK}_{jt} O_{jt}$$

S.T.

$$1) \quad \sum_{i=1}^I X_{ijt} = P_{it}$$

$$2) \quad \sum_{j=1}^J X_{ijt} + \text{STOCK}_{jt} \leq \text{STOR}_{jt}$$

$$3) \quad \sum_{j=1}^J X_{ijt} + \text{STOCK}_{jt} - U_{jt} = \text{STOCK}_{1jt}$$

$$4) \quad \sum_{j=1}^J X_{ijt} = \text{DEM}_{jt}$$

$$5) \quad X_{ijt}, \text{STOCK}_{jt}, O_{jt} \geq 0$$

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)

STOCK_{1jt} : 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)

$STOCK_{0jt}$: 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 ($i=1, 2, \dots, I$)

j : تعداد کارخانه‌های روغن‌کشی ($j=1, 2, \dots, J$) و

t : تعداد دوره‌های مورد مطالعه ($t=1, 2, \dots, T$) 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^۱ 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 حمل و نقل افزون بر کرایه‌ی حمل، شامل هزینه‌های بارگیری، تخلیه و ضایعات محصول می‌شود. با جمع کردن کرایه‌ی حمل هر تن محصول با هزینه‌های حمل و نقل، 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 حمل و نقل 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 حمل و نقل در تابع هدف مد نظر قرار گرفته است.

نتایج و بحث

پس از بررسی و بهینه‌یابی الگوی پیش‌نهادی حمل و نقل دانه‌ی آفتاب‌گردان، نتایج تحلیل مربوط که شامل مقدار و مسیر بهینه برای حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان است، در جدول‌های ۴ تا ۱۱ به صورت ماهانه ارائه 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، حمل و نقل نیز انجام گرفته و در زمانی که دانه‌ای تولید و یا خریداری نمی‌شود، حمل و نقلی نیز صورت نمی‌گیرد. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، تیر و اسفند، تولید و یا خرید دانه‌ی آفتاب‌گردان صورت نمی‌گیرد، در نتیجه برنامه‌ای برای حمل و نقل بهینه‌ی دانه‌ی آفتاب‌گردان در طول این ماه‌ها ارائه نمی‌شود.

پس از ارائه‌ی برنامه‌ی بهینه‌ی حمل و نقل 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 حمل و نقل دانه‌ی آفتاب‌گردان در وضع موجود و جدول (۲) وضعیت حمل و نقل 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، ۴۱ تن دانه‌ی آفتاب‌گردان به کارخانه‌ی نرگس شیراز حمل شده است، اما نتایج برنامه‌ی بهینه‌ی حمل دانه‌ی آفتاب‌گردان نشان می‌دهد که برای کمینه کردن هزینه‌ی حمل و نقل 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 حمل و نقل است. در دی‌ماه از منطقه‌ی اراک ۱۷ تن، از منطقه‌ی ساوه ۷ تن، از منطقه‌ی قم ۶۹ تن، از منطقه‌ی نهاوند ۵۹ تن، از منطقه‌ی هرات ۲۱ تن، از منطقه‌ی مرودشت ۱۲۴۹ تن، از منطقه‌ی خرامه ۲۶ تن، از منطقه‌ی نیریز ۴۶ تن، از منطقه‌ی ارسنجان ۱۰۶ تن و از منطقه‌ی کرمان ۸۴۸ 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)

شهریور	آبان	آذر	دی	بهمن	کرمان	ارسنجان	نیریز	خرامه	مرودشت	سرخهان	سرخه رودهمید	هرات	کاشان	اصفهان	گرگان	آبجان	نهاوند	سرفیروزآباد	قم	ساوه	اراک
-	۳۸۸	۵۸۵	۷۴۷	۴۴	-	۱۴۳	۱۱۰	۴۳	۱۵۱	۲۲	۱۶	۳۶	-	۲۰۷	-	-	-	۱۱۱	-	۱۳۱	-
-	۱۴۳	۲۵۱	۱۰۶	۷	-	-	۱۱۰	۴۳	۱۵۱	۲۲	۱۶	۳۶	-	۲۰۷	-	-	-	۱۱۱	-	۱۳۱	-
-	۱۴۳	۲۵۱	۱۰۶	۷	-	-	۱۱۰	۴۳	۱۵۱	۲۲	۱۶	۳۶	-	۲۰۷	-	-	-	۱۱۱	-	۱۳۱	-
-	۱۴۳	۲۵۱	۱۰۶	۷	-	-	۱۱۰	۴۳	۱۵۱	۲۲	۱۶	۳۶	-	۲۰۷	-	-	-	۱۱۱	-	۱۳۱	-
-	۱۴۳	۲۵۱	۱۰۶	۷	-	-	۱۱۰	۴۳	۱۵۱	۲۲	۱۶	۳۶	-	۲۰۷	-	-	-	۱۱۱	-	۱۳۱	-

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)

شهریور	آبان	آذر	دی	بهمن	اراک	ساوه	قم	سرفروزآباد	نهند	آق‌خان	گرخان	اصفهان	کاشان	هرات	سرحد و روهید	سرجهان	مرودشت	خرامه	نیریز	ارسنجان	کرمان
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	۳۱	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۹۷	-	۵۶	۶۲	۳۳	۴۵۴	۱۸۸	۲۸۱	۱۲۷	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۵۷	-	-	-	۲۴۷	۲۸۷	-	-
-	-	-	-	-	-	-	۱۴۱	-	-	-	-	-	-	۲۱	-	-	۱۲۴۹	۲۶	۴۶	۱۰۶	۸۴۸
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۷۱	۳	-	۸	۳۴

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در حالت بهینه برای کاهش هزینه‌ی حمل و نقل باید از منطقه‌ی ساوه ۱۱ تن، از منطقه‌ی قم ۱۴۱ تن، از منطقه‌ی هرات ۲۱ تن، از منطقه‌ی مرودشت ۱۲۴۹ تن، از منطقه‌ی خرامه ۲۶ تن، از منطقه‌ی نیریز ۴۶ تن، از منطقه‌ی ارسنجان ۱۰۶ تن و از منطقه‌ی کرمان ۸۴۸ 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 ارائه شد، به مساله‌ی میزان کاهش هزینه‌ی حمل و نقل پرداخته شده است که با اجرای برنامه‌ی بهینه‌ی

حمل و نقل صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از اجرای الگوی پیش‌نهادی حمل و نقل آفتاب‌گردان نشان‌دهنده کاهش قابل توجهی در هزینه حمل و نقل است (جدول ۳). به طوری که هزینه حمل و نقل در کارخانهی (بهپاک) کاهشی به میزان ۱/۴ 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 ۶۱ 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 ۱۶۷ 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، هزینه حمل و نقل 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 ۴۳۶ میلیون ریال وجود داشته است.

جدول (۳). مقایسهی هزینهی حمل و نقل وضعیت موجود با برنامهی بهینهی حمل آفتاب‌گردان در

سال ۱۳۸۳

کارخانه	هزینهی پرداخت شده در سال ۸۳ (میلیون ریال)	هزینهی پرداخت شده در حالت بهینه (میلیون ریال)	کاهش هزینه در حالت بهینه (میلیون ریال)	درصد کاهش هزینه
بهپاک	۵۷۲	۵۶۴	۸	۱/۴٪
اکسدانه	۶۶۰	۴۷۷	۱۸۳	۲۷/۷٪
جهان	۱۰۳۶	۹۷۵	۶۱	۵/۹٪
ناز اصفهان	۴۸۶	۴۸۲	۴	۰/۸٪
نرگس شیراز	۷۹۰	۶۲۳	۱۶۷	۲۱/۱٪
فضل نیشابور	۳۰	۲۰	۱۰	۳۳/۳٪
کشت و صنعت شمال	۱۳۳	۱۳۰	۳	۲/۳٪
جمع	۳۷۰۷	۳۲۷۱	۴۳۶	-

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

- افندی زاده، ش. و منتظری، ا. (۱۳۸۰). کاربرد برنامه ریزی در بهبود وضعیت حمل و نقل گندم در کشور. پژوهشکدهی حمل و نقل، وزارت راه و ترابری، تهران.
- پورحسین، م. (۱۳۷۴). بهینه سازی حمل و نقل گندم سیلوهای استان تهران. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- توکلی، ا. (۱۳۶۸). کاربرد برنامه ریزی خطی در برنامه ی تولید و حمل و نقل یک مجتمع تولیدی - صنعتی غیر متمرکز. دانشکده ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- چیزری، م. (۱۳۸۴). کاربرد برنامه ریزی خطی در تعیین الگوی اقتصادی حمل و نقل محصولات دریایی در ایران. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی اقتصاد و توسعه ی کشاورزی، دانشگاه تهران.
- حسینی، ص. (۱۳۶۷). شیوه ی توزیع بهینه ی کود شیمیایی در ایران. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، شیراز.
- سازمان حمل و نقل و پایانه های کشور. (۱۳۸۴). سال نامه ی آماری حمل و نقل ۱۳۸۳. وزارت راه و ترابری، تهران.
- سلطانی، غ. (۱۳۷۸). کاربرد برنامه ریزی خطی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.
- شرکت سهامی خاص توسعه ی کشت دانه های روغنی. (۱۳۸۳). گزارش سه ماهه ی چهارم سال ۱۳۸۳، تهران.
- قیصری، ر. (۱۳۷۱). برنامه ریزی و بهینه یابی میزان حمل کالا از مبادی دریایی به سکونت گاه های مختلف کشور. دانشکده ی علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- کوپاهی، م. (۱۳۷۱). کاربرد برنامه ریزی خطی در کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- کیانی، غ. (۱۳۸۰). تعیین الگوی اقتصادی حمل و نقل گندم در ایران. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی اقتصاد و توسعه ی کشاورزی، دانشگاه تهران.
- وفادار مقدم، ح. (۱۳۷۴). الگوی توزیع بهینه ی حمل و نقل گوشت قرمز در ایران. پایان نامه ی 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 Aragonés, 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.

