مقاله پژوهشی

طراحی شبکه زنجیره تأمین گندم و محصولات آن

فائزه متولّی‌طاهر [۱]، محمدمهدی پایدار [۲*]، سعید امامی [۳]

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌های هر جامعه، مسئله تأمین غذا است که بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بی‌تردید غلات بیشترین سهم را در سبد غذایی جوامع بشری دارند. در الگوی غذایی روزانه، غلات به‌عنوان غذای پایه شناخته می‌شوند و در این میان گندم به لحاظ دارا بودن خواص ویژه خود که قابلیت تبدیل‌شدن به نان را دارد، از اهمیت بسزایی برخوردار است. همچنین نان به‌عنوان کالایی اساسی و ضروری دارای اهمیت ویژه‌ای در سبد مصرفی خانوارها بوده و غذای اصلی و پایه بسیاری از مردم در کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. بررسی و مدیریت صحیح مراحل مختلف آن، از تولید تا توزیع، می‌تواند به حل مشکلات بسیاری در این زمینه بیانجامد. در این پژوهش به‌منظور بهینه‌سازی زنجیره تأمین به بررسی شبکه زنجیره تأمین گندم و محصولات آن با ارائه یک مدل ریاضی پرداخته‌شده است. یک مدل ریاضی دو هدفه به‌منظور کمینه‌سازی هزینه‌های شبکه و کمینه‌سازی مصرف آب ارائه‌شده است. سپس مسئله دوهدفه با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی به یک مسئله تک‌هدفه تبدیل‌شده است. برای ارزیابی مدل پیشنهادی یک مثال عددی ارائه‌شده است و نتایج، تحلیل حساسیت و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی گزارش‌شده است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین گندم و آرد، زنجیره تأمین محصولات کشاورزی، بهینه‌سازی دوهدفه، برنامه‌ریزی آرمانی

۱- مقدمه

همواره در جوامع بشری بحث تأمین غذا و امنیت غذایی بسیار حائز اهمیت بوده است. با افزایش جمعیت و کمبود منابع، توجه به موضوعات مرتبط با تأمین غذا و نیازهای ضروری بشر نقش پررنگ‌تری را ایفا می‌کند. گندم یکی از مواد خوراکی مورداستفاده اغلب مردم است و بررسی و مدیریت صحیح مراحل مختلف آن از تولید تا توزیع می‌تواند به حل مشکلات بسیاری در این زمینه بیانجامد. همچنین نان به‌عنوان کالایی اساسی و ضروری دارای اهمیت ویژه‌ای در سبد مصرفی خانوارها بوده و غذای اصلی و پایه بسیاری از مردم در کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. به‌طورکلی از گندم می‌توان فراورده‌های مختلفی نظیر نان، بیسکویت، ماکارونی، شیرینی و انواع کیک و غذاهای کودک و بسیاری دیگر از محصولات صنایع تهیه نمود[۱]. اگرچه جمعیت ایران یک درصد جمعیت جهان است، ولی در حدود ۲/۵ درصد گندم جهان را مصرف می‌کند. ازآنجاکه آرد یکی از ضروری‌ترین اقلام سبد غذایی مردم ایران می‌باشد، صنعت تهیه آرد نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت زنجیره تأمین، می‌تواند به‌عنوان مدیریت جریان محصولات و خدمات تعریف شود. مدیریت زنجیره تأمین، شامل حرکت و نگهداری مواد اولیه برای تولید محصولات، موجودی و کالای نهایی هستند[۲]. به‌طورکلی هدف اصلی در طول انبار کردن و ذخیره‌سازی،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، پست الکترونیک: Faezeh.motevalli@nit.ac.ir

۲*- عضو هیئت‌علمی و دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، نویسنده پاسخگو، پست الکترونیک: paydar@nit.ac.ir نشانی: مازندران، شهرستان بابل، خیابان شریعتی، دانشگاه صنعتی بابل

۳- عضو هیئت‌علمی و استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، پست الکترونیک: s_emami@nit.ac.ir

حفظ کمیت و کیفیت گندم تا زمان مصرف است. با توجه به اهمیت و جایگاه استراتژیک گندم و فرآورده‌های آن در سبد کالاهای مصرفی، بدون تردید برنامه‌ریزی برای تأمین و مدیریت زنجیره آن نیز از نیازهای مهم قلمداد می‌شود. گندم پس از خرید از کشاورزان در محل‌های ذخیره‌سازی نگهداری می‌شود. گندم‌های وارداتی نیز که معمولاً با کشتی حمل می‌شوند پس از ورود به مبادی کشور به استان‌های مختلف ارسال می‌شوند. پس از نگهداری در سیلو به کارخانه‌های آردسازی به‌منظور فرآوری ارسال می‌شوند. بعد از فرآوری و جداسازی آرد و سبوس، با توجه به تقاضای هر محصول، به مشتریان نهایی ارسال می‌گردند.

تحقیقاتی که در حوزه گندم و غلات صورت گرفته، به‌منظور اطمینان بیشتر در جهت انجام این پژوهش، موردبررسی قرارگرفته است. در ادامه به بررسی چند مقاله از این تحقیقات پرداخته می‌شود. نادری و همکاران[۳] شبکه توزیع گندم در ایران را موردبررسی قراردادند. آن‌ها یک شبکه را با در نظر گرفتن ظرفیت تدارکات و مدیریت ناوگان ارائه دادند. یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط فرموله شده است. سپس با استفاده از الگوریتم تجزیه بندرز مسئله را حل کردند. هدف این مسئله کمینه‌سازی هزینه‌ها در نظر گرفته‌شده است. غلامیان و طاغان زاده[۴] در پژوهش خود زنجیره تأمین گندم را موردبررسی قراردادند. آن‌ها با طراحی زنجیره تأمین یکپارچه محصولات گندم که شامل تصمیمات بلندمدت انتخاب تأمین‌کنندگان و مکان‌یابی سیلوهای جدید و تصمیمات میان‌مدت تخصیص و توزیع گندم و محصولات آن می‌شود، مدلی را پیشنهاد دادند. آن‌ها این شبکه را در دو بعد استراتژیک و تاکتیکی موردبررسی قراردادند. در مطالعه استراتژیک مکان‌های بهینه سیلو و مراکز ذخیره‌سازی جدید و تأمین‌کننده‌های واردات را تعیین کردند. در تصمیمات تاکتیکی، مقادیر بهینه واردات، جابجایی واردات و تولید داخل، ذخیره‌سازی گندم، تولید محصولات گندم و تخصیص به تقاضاهای داخلی و خارجی را تعیین کرده‌اند. آن‌ها انتخاب تأمین‌کنندگان، تعیین مقدار واردات، توزیع گندم و تولید محصولات آن را بررسی کردند. این مسئله با در نظر گرفتن ترکیب انواع مختلف گندم برای تولید محصولات مختلف، قرار دادن سیلوهای جدید و حالت‌های مختلف حمل‌ونقل در تمام سطوح زنجیره و همچنین اضافه کردن بخش صادرات ایجادشده است. مدل برنامه‌ریزی یکپارچه پیشنهادی قادر است تمام سطوح و عوامل مؤثر بر زنجیره را در نظر بگیرد. کاربرد این مدل در یک مطالعه موردی برای ایران که نشان‌دهنده صرفه‌جویی قابل‌توجه هزینه‌ها است، موردبررسی قرارگرفته است. مگاله و همکاران[۵] یک مدل ریاضی دو هدفه، چند محدودیتی و چند دوره‌ای یکپارچه جدید برای مسئله ایجاد سیلوی غله بازمان توقف برای پشتیبانی فرآیند تصمیم‌گیری دولت هند ارائه دادند. دو هدف کمینه‌سازی متضاد هزینه کل شبکه زنجیره تأمین و کل زمان سفارش هم‌زمان با استفاده از دو الگوریتم چندهدفه مبتنی بر پارتو با پارامترهای تنظیم‌شده، بهینه‌شده است. هدف مدل، تعیین مکان‌های بهینه سیلوی مبنا و کارگاهی با توجه به ظرفیتشان، جریان غله خوراکی بین مراحل مختلف و موجودی در سیلوهای مبنا می‌باشد به‌طوری‌که هزینه کل شبکه زنجیره تأمین و زمان سفارش کمینه شوند. دو تابع هدف متضاد در این مدل ارائه‌شده است. کمینه‌سازی هزینه کل شبکه زنجیره تأمین هدف اول که شامل هزینه حمل‌ونقل، هزینه ساخت سیلو و هزینه موجودی است، می‌باشد. هزینه حمل‌ونقل، هزینه‌ی جریان از مراکز خرید به سیلوها، و از سیلوها به نقاط تقاضا و هزینه ساخت سیلو که شامل هزینه ثابت ساخت سیلوها می‌شود، را شامل می‌شود. هدف دوم کمینه‌سازی زمان سفارش شبکه زنجیره تأمین غله خوراکی است و شامل سه جزء اصلی می‌باشد. زمان سفارش از مراکز خرید به سیلوهای مبنا با توجه به زمان توقف در مراکز خرید بخش اول است. بخش دوم و سوم زمان سفارش از سیلوهای مبنا به سیلوهای کارگاهی و سیلوهای کارگاهی به نقاط تقاضا هستند. زمان انتظار حمل غله خوراکی از مراکز خرید به نقاط تقاضا، زمان سفر وسایل نقلیه و زمان انتظار غله خوراکی در مراکز خرید، سیلوهای مبنا و کارگاهی را شامل می‌شود. برای ارائه راه‌حل توافقی به شرکت غذایی و دولت هند، مدل با استفاده از الگوریتم تکاملی دوهدفه توسعه داده‌شده که الگوریتم بهینه‌سازی واکنش شیمیایی نامغلوب نامیده می‌شود حل‌شده است و نتایج با الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب مقایسه شده است. آندرسن و مونجاردینو [۶] در مطالعه خود به بررسی قیمت‌گذاری گندم با هدف تنظیم قراردادهای تخفیف زنجیره تأمین با تولیدکنندگان ریسک گریز پرداختند. مسئله را با بهینگی زنجیره تأمین حل کردند. آن‌ها به‌منظور ارزیابی مدل پیشنهادی خود، زنجیره تأمین گندم استرالیا را بررسی کردند. دیبانی و همکاران [۷] مصرف پایدار مواد غذایی را

با هدف تأثیر ویژگی‌های مصرف‌کنندگان و ویژگی‌های نان بر تقاضا موردبررسی قراردادند. آن‌ها مسئله را با روش رگرسیون خطی چندگانه حل کردند و به‌منظور ارزیابی مدل زنجیره تأمین نان ایتالیا را بررسی کردند. برنکالی و همکاران [۸] تحلیل ریسک پیشگیری ضایعات نان را به‌منظور تعیین میزان زباله‌های نان و شناسایی عوامل خطر برای مقادیر زیاد زباله بررسی کردند. آن‌ها ضایعات نان در سوئد را با مقایسات آماری تحلیل نمودند. آلبرتز و همکاران [۹] رفع اختلالات در حمل‌ونقل کالا را با استفاده از شبیه‌سازی داده و بررسی آماری به‌منظور کاهش اختلالات حمل‌ونقل زنجیره تأمین بررسی کردند. دجوریک و همکاران [۱۰] اثرات اجرای محدودیت‌های صادرات بر کاهش تورم محصولات داخلی را در شبکه زنجیره تأمین گندم و نان در صربستان با توجه به تصمیمات قیمت‌گذاری و با استفاده از مدل مارکوف و حاشیه سود بررسی کردند. کولاک و همکاران [۱۱] شبکه و بهبود بازدهی را با هدف مقایسه و بررسی تهیه نان از برداشت یکپارچه محصول و تولید پرورشی، و کشاورزی سنتی در صنعت نان فرانسه با استفاده از ترکیب روش ارزیابی چرخه عمر (LCA) به‌عنوان ابزار پشتیبان اطلاعات و ارزیابی با روش یکپارچه بررسی کردند. در این پژوهش با ارائه مدلی ریاضی برای زنجیره تأمین گندم و محصولات آن ارائه‌شده است. شبکه پیشنهادی از مرحله تولید گندم آغاز می‌شود و تا رسیدن محصولات به مشتریان را موردبررسی قرار می‌دهد. مدل به دنبال یافتن میزان بهینه تولید گندم و واردات، آب مصرفی با درنظرگرفتن کمینه‌سازی هزینه‌های زنجیره و مصرف آب است. همچنین تصمیمات مربوط به حمل‌ونقل، موجودی و تأسیس سیلوی جدید را مدنظر قرار می‌دهد. همچنین دوره استراحت گندم در سیلوها قبل از زمان مصرف در مدل ارائه‌شده در نظر گرفته‌شده است. محصولات گندم شامل انواع آرد با درصدهای خلوص متفاوت و سبوس گندم به‌عنوان یک بازار مجزا می‌باشد.

۲- بیان مسئله

در مدل‌سازی این مسئله شبکه‌ای شامل تعدادی مزرعه، سیلو، کارخانه آرد و مشتری‌های آرد و سبوس را در نظر گرفته‌شده است. اهداف مسئله کمینه‌سازی هزینه‌های زنجیره و مصرف آب می‌باشد. زنجیره تولید گندم از مزرعه و انتقال آن به سیلوها و انبارها تا انتقال آن به کارخانه‌های آرد و ارسال فرآورده‌های گندم به مشتری نهایی را موردبررسی قرار می‌دهد. ابتدا گندم، پس از برداشت، به سیلوهای موردنظر منتقل می‌شود و در آنجا نگهداری می‌شود. سپس به کارخانه‌های موردنظر ارسال‌شده و به آرد با درصد خلوص موردنظر تبدیل می‌شود. بعدازاین مرحله آرد متناسب با تقاضای دریافتی به مشتری موردنظر ارسال می‌گردد.

۲-۱- پیش‌فرض‌ها

پیش‌فرض‌های زیر برای مدل‌سازی مسئله در نظر گرفته‌شده است:

- شبکه زنجیره تأمین بر اساس تولید گندم، ذخیره‌سازی و فرآوری آن و توزیع آرد و سبوس است.
- کمبود آرد مجاز است.
- ذخیره احتیاطی گندم در نظر گرفته‌شده است.
- در صورت نیاز تأسیس سیلوی جدید مجاز است.
- شبکه زنجیره تأمین چند دوره‌ای است.
- گندم قبل از مصرف در کارخانه‌ها باید دوره استراحت تعیین‌شده را در سیلوها بگذراند.
- دو نوع کشت دیمی و آبی با ضریب برداشت متفاوت در هر هکتار در نظر گرفته‌شده است.

۲-۲- مدل ریاضی

با توجه به تعاریف و پیش‌فرض‌های بیان‌شده، نمادهای زیر برای مدل‌سازی ریاضی تعریف‌شده است و در ادامه مدل ریاضی مسئله، تابع هدف و محدودیت‌ها، آمده است.

i شمارنده مزارع

k شمارنده نوع کشت

o شمارنده نقاط واردات

j شمارنده سیلوها

n شمارنده نوع سیلو

m شمارنده کارخانه‌های آرد

c شمارنده نوع مشتری

p شمارنده نوع محصولات (انواع آرد)

r شمارنده نوع مصرف آب در هکتار

s شمارنده نوع منبع آبی

t شمارنده تعداد دوره‌های زمانی

پارامترها

α ضریب برداشت گندم در هر هکتار در مزرعه i

ik_r	ام تحت کشت k ام و نوع آب r ام
$haikt$	اگر مزرعه i ام تحت کشت k ام در دوره t ام قابل‌برداشت باشد ۱ و در غیر این صورت ۰
βp	میزان گندم موردنیاز برای تولید هر تن محصول p ام
$Dcpt$	تقاضای محصول p ام مشتری c ام در دوره t ام
DGt	تقاضای سبوس در دوره t ام
ioj	موجودی اولیه گندم در سیلوی j ام
$iomm_p$	موجودی اولیه محصول p ام در کارخانه m ام
$iogm$	موجودی اولیه سبوس در کارخانه m ام
$ciik$	سطح زیر کشت گندم در مزرعه i ام تحت کشت k ام
cmm	ظرفیت پردازش گندم در کارخانه m ام
$cwot$	حداکثر گندم قابل‌انتقال در نقطه ورودی o ام در دوره t ام
$chjjn$	حداکثر ظرفیت نگهداری گندم در سیلوی j ام با ظرفیت n ام
$chmm$	ظرفیت نگهداری آرد در کارخانه m ام
$chgm$	ظرفیت نگهداری سبوس در کارخانه m ام
$ctiij$	هزینه حمل‌ونقل گندم از مزرعه i ام به سیلوی j ام
$ctjjm$	هزینه حمل‌ونقل گندم از سیلوی j ام به کارخانه m ام
$ctmm_c$	هزینه حمل‌ونقل آرد از کارخانه m ام به مشتری c ام
ctw_{oj}	هزینه حمل‌ونقل گندم از نقطه ورودی o ام به سیلوی j ام
hj_j	هزینه نگهداری گندم در سیلوی j ام
hm_m	هزینه نگهداری موجودی آرد در کارخانه m ام
hg_m	هزینه نگهداری سبوس در کارخانه m ام
fi_{ik}	هزینه تولید گندم در هر هکتار در مزرعه i ام تحت کشت k ام
f_{jn}	هزینه تأسیس سیلوی j ام نوع n ام
fm_{mt}	هزینه تولید و پردازش آرد در کارخانه m ام در دوره t ام
fw_{ot}	هزینه خرید گندم وارداتی از نقطه ورودی o ام در دوره t ام
lc_{pt}	هزینه کمبود محصول p ام در دوره t ام
lcg_t	هزینه کمبود سبوس در دوره t ام
SS	میزان ذخیره احتیاطی گندم
Ma_{k_r}	مقدار مصرف آب در نوع r ام تحت کشت k ام
$V_{S_{jn}}wp_s$	اولویت مصرف آب منبع آبی s ام
pr_{is}	میزان در دسترس منبع آبی s ام در مزرعه i ام
λ	دوره استراحت گندم
γ	ضریب حداقل میزان تولید گندم
A	یک عدد مثبت بزرگ

متغیرهای تصمیم

Q_{ikt}	میزان برداشت گندم در مزرعه i ام تحت کشت k ام در دوره t ام
Q'_{mpt}	میزان تولید محصول p ام در کارخانه m ام در دوره t ام
G_{mt}	میزان سبوس تولیدی در کارخانه m ام در دوره t ام
W_{ojt}	میزان واردات از نقطه ورودی o ام به سیلوی j ام در دوره t ام
X_{ijt}	مقدار گندم منتقل‌شده از مزرعه i ام به سیلوی j ام در دوره t ام
Y_{jmt}	مقدار گندم منتقل‌شده از سیلوی j ام به کارخانه m ام در دوره t ام
Z_{mcpt}	مقدار محصول p ام منتقل‌شده از کارخانه m ام به مشتری c ام در دوره t ام
$ZGmt$	مقدار سبوس منتقل‌شده از کارخانه m ام در دوره t ام
Ijt	موجودی گندم سیلوی j ام در انتهای دوره t ام
$IMmpt$	موجودی محصول p ام در کارخانه m ام در انتهای دوره t ام
$IGmt$	موجودی سبوس در کارخانه m ام در انتهای دوره t ام

$LOcpt$ میزان کمبود آرد نوع p ام برای مشتری c ام در دوره t ام

$LOGt$ میزان کمبود سبوس در دوره t ام

$XRiks$ میزان آب استفاده‌شده از منبع آبی s ام در مزرعه i ام تحت کشت k ام

$VAikr$ اگر در مزرعه i ام تحت کشت k ام به میزان r ام آب مصرف کند ۱ و در غیر این صورت ۰

$VSjn$ اگر سیلوی j ام با ظرفیت n ام تأسیس شود ۱ و در غیر این صورت ۰

تابع‌های هدف

$$\begin{aligned}\min Z_1 = &\sum_i\sum_j\sum_t cti_{ij}\times X_{ijt}\\ &+\sum_j\sum_m\sum_t ctj_{jm}\times Y_{jmt}\\ &+\sum_m\sum_c\sum_p\sum_t ctm_{mc}\times Z_{mcpt}\\ &+\sum_o\sum_j\sum_t (ctw_{oj}+FW_{ot})\times W_{ojt}\\ &+\sum_j\sum_t hj_j\times I_{jt}\\ &+\sum_m\sum_p\sum_t hm_m\times IM_{mpt}\\ &+\sum_m\sum_t hg_m\times IG_{mt}\\ &+\sum_j\sum_n f_{jn}\times VS_{jn}\\ &+\sum_i\sum_k\sum_t fi_{ik}\times Q_{ikt}\\ &+\sum_m\sum_t fm_{mt}\times G_{mt}\\ &+\sum_c\sum_p\sum_t lc_{pt}\times LO_{cpt}\\ &+\sum_t lcg_t\times LOG_t\end{aligned} \quad (۱)$$

$$\min Z_2 = \sum_i\sum_k\sum_s wp_s\times XR_{iks} \quad (۲)$$

تابع هدف اول که در رابطه (۱) نشان داده‌شده است، هزینه‌های مربوط به زنجیره را کمینه می‌کند. شامل هزینه‌های تولید، حمل‌ونقل، نگهداری و موجودی، کمبود و هزینه‌ی ثابت تأسیس سیلوی جدید است. تابع هدف دوم (۲) میزان مصرف آب را با در نظر گرفتن منابع آبی مختلف در دسترس و با توجه به نیاز آبی در هر نوع کشت و هر منطقه کمینه می‌کند.

محدودیت‌ها:

$$Q_{ikt}\le A\times ha_{ikt} \qquad \forall i,k,t \qquad (۳)$$

$$\sum_t Q_{ikt}\le \sum_r ci_{ik}\times\alpha_{ikr}\times VA_{ikr} \qquad \forall i,k \qquad (۴)$$

$$\sum_k Q_{ikt}=\sum_j X_{ijt} \qquad \forall i,t \qquad (۵)$$

$$\sum_o W_{ojt}+\sum_i X_{ijt}\le \sum_n chj_{jn}\times VS_{jn} \qquad \forall j,t \qquad (۶)$$

$$\sum_o W_{ojt}+\sum_i X_{ijt}+io_j = I_{jt}+\sum_m Y_{jmt'} \qquad \forall j,t=1,\ t'\ge t+\lambda \qquad (۷)$$

$$\sum_o W_{ojt}+\sum_i X_{ijt}+I_{jt-1} = I_{jt}+\sum_m Y_{jmt'} \qquad \forall j,t>1,\ t'\ge t+\lambda \qquad (۸)$$

$$\sum_j Y_{jmt}=\sum_p Q'_{mpt}\times\beta_p \qquad \forall m,t \qquad (۹)$$

$$\sum_p Q'_{mpt}\le cm_m \qquad \forall m,t \qquad (۱۰)$$

$$Q'_{mpt}+iom_{mp} = IM_{mpt}+\sum_c Z_{mcpt} \qquad \forall m,p,t=1 \qquad (۱۱)$$

$$Q'_{mpt}+IM_{mpt-1} = IM_{mpt}+\sum_c Z_{mcpt} \qquad \forall m,p,t>1 \qquad (۱۲)$$

$$\sum_m Z_{mcpt}+LO_{cpt} = D_{cpt} \qquad \forall c,p,t \qquad (۱۳)$$

$$\sum_p Q'_{mpt}\times(\beta_p-1) = G_{mt} \qquad \forall m,t \qquad (۱۴)$$

$$\sum_m ZG_{mt}+LOG_t = DG_t \qquad \forall t \qquad (۱۵)$$

$$G_{mt} + iog_m = IG_{mt} + ZG_{mt} \quad \forall t = 1, m \qquad (۱۶)$$

$$G_{mt} + IG_{mt-1} = IG_{mt} + ZG_{mt} \quad \forall t > 1, m \qquad (۱۷)$$

$$\sum_m \sum_t Y_{jmt} \le A \times \sum_n VS_{jn} \quad \forall j \qquad (۱۸)$$

$$\sum_i \sum_t X_{ijt} \le A \times \sum_n VS_{jn} \quad \forall j \qquad (۱۹)$$

$$\sum_o \sum_t W_{ojt} \le A \times \sum_n VS_{jn} \quad \forall j \qquad (۲۰)$$

$$\sum_j W_{ojt} \le CW_{ot} \quad \forall o,t \qquad (۲۱)$$

$$\sum_p IM_{mpt} \le chm_m \quad \forall m,t \qquad (۲۲)$$

$$IG_{mt} \le chg_m \quad \forall m,t \qquad (۲۳)$$

$$\sum_j I_{jt} \ge SS \quad \forall t \qquad (۲۴)$$

$$\sum_n VS_{jn} \le 1 \quad \forall j \qquad (۲۵)$$

$$\sum_r VA_{ikr} \le ci_{ik} \quad \forall i,k \qquad (۲۶)$$

$$\sum_k XR_{iks} \le pr_{is} \quad \forall i,s \qquad (۲۷)$$

$$\sum_s XR_{iks} = \sum_r \sum_t Q_{ikt} \times VA_{ikr} \times ma_{kr} \quad \forall i,k \qquad (۲۸)$$

$$\sum_i \sum_k \sum_t Q_{ikt} \ge \gamma \times \sum_c \sum_p \sum_t D_{cpt} \times \beta_p \qquad (۲۹)$$

$$Q_{ikt}, Q'_{mpt}, G_{mt}, W_{ojt}, X_{ijt}, Y_{jmt}, Z_{mcpt}, ZG_{mt}, I_{jt}, IM_{mpt}, IG_{mt}, LO_{cpt}, LOG_t, XR_{iks} \ge 0 \quad \forall i,k,o,j,m,c,p,r,s,t \qquad (۳۰)$$

$$VA_{ikr}, VS_{jn} \in \{0,1\} \quad \forall i,k,j,n,r \qquad (۳۱)$$

محدودیت (۳) برداشت محصول از مزرعه را در دوره‌های برداشت گندم تضمین می‌کند. معادله‌های (۴)، بیانگر محدودیت ظرفیت برداشت گندم از زمین کشاورزی می‌باشد. محدودیت (۵) تعادل گندم برداشتی و منتقل‌شده را نشان می‌دهد. معادله (۶)، بیانگر محدودیت ظرفیت سیلوها می‌باشد. روابط (۷) و (۸) تعادل موجودی سیلوها را تضمین می‌کند. محدودیت (۹) تعادل بین گندم واردشده به کارخانه‌های آرد و میزان آرد تولیدی را تضمین می‌کند. محدودیت (۱۰)، محدودیت ظرفیت تولید آرد برای کارخانه‌های آرد می‌باشد. محدودیت‌های (۱۱) و (۱۲) تعادل موجودی آرد کارخانه‌ها می‌باشد. معادله (۱۳) نیز محدودیت پاسخ به تقاضا است. محدودیت (۱۴) تعادل سبوس تولیدی و میزان گندم را تضمین می‌کند. محدودیت (۱۵)، محدودیت پاسخ به تقاضای سبوس می‌باشد. محدودیت (۱۶) و (۱۷) تعادل موجودی سبوس کارخانه‌ها می‌باشد. محدودیت‌های (۱۸) تا (۲۰) مربوط به تصمیمات تأسیس سیلوی جدید می‌باشند. محدودیت (۲۱)، محدودیت ظرفیت واردات می‌باشد. محدودیت‌های (۲۲) و (۲۳) به ظرفیت نگهداری آرد و سبوس را نشان می‌دهند. محدودیت (۲۴) میزان ذخیره احتیاطی را تضمین می‌کند. محدودیت (۲۵) ظرفیت سیلو را تعیین می‌کند. محدودیت (۲۶) ظرفیت میزان مصرف آب را تعیین می‌کند. محدودیت (۲۷) تضمین می‌کند که میزان آب مصرفی بیش از میزان در دسترس نباشد. محدودیت (۲۸) میزان آب مصرفی از همه منابع در هر مزرعه را مشخص می‌کند. محدودیت (۲۹) تولید داخلی گندم را تا مقدار مشخص گاما تضمین می‌کند. محدودیت‌های (۳۰) و (۳۱) نامنفی بودن و نوع متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهند.

۲-۳- خطی سازی مسئله

مدل دارای محدودیت غیرخطی (۲۹) است که نیاز به خطی سازی دارد. این محدودیت شامل ضرب یک متغیر پیوسته در یک متغیر صفرویک است. با تعریف متغیر جدید QVikrt (رابطه (۳۲)) و جایگزینی آن در محدودیت (۲۹) و همچنین افزودن محدودیت‌های (۳۳)- (۳۶) خطی سازی انجام می‌شود.

$$QV_{ikrt} = Q_{ikt} \times VA_{ikr} \quad \forall i,k,r,t \quad (۳۲)$$

$$QV_{ikrt} \geq Q_{ikt} - A \times (1 - VA_{ikr}) \quad \forall i,k,r,t \quad (۳۳)$$

$$QV_{ikrt} \leq Q_{ikt} + A \times (1 - VA_{ikr}) \quad \forall i,k,r,t \quad (۳۴)$$

$$QV_{ikrt} \leq A \times VA_{ikr} \quad \forall i,k,r,t \quad (۳۵)$$

$$QV_{ikrt} \geq 0 \quad \forall i,k,r,t \quad (۳۶)$$

۳- روش حل

به‌منظور حل مدل دوهدفه، از روش برنامه‌ریزی آرمانی استفاده‌شده است. با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی وزنی مدل دوهدفه به مدل تک هدفه تبدیل‌شده است. در این روش وزن هر یک از توابع هدف توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود و بر اساس آن‌ها هدف جدید، همان‌طور که در رابطه (۳۷) نشان داده‌شده است، به مدل اضافه می‌شود. دو تابع هدف اولیه با سطوح انتظار تعیین‌شده توسط تصمیم‌گیرنده به محدودیت‌ها اضافه می‌شوند که روابط (۳۸) و (۳۹) جایگزین روابط (۱) و (۲) می‌شوند. رابطه (۴۰) نوع متغیرها را نشان می‌دهد. همچنین محدودیت‌های (۳) تا (۳۱) نیز به مدل اضافه می‌شوند.

$$Min = \sum_{i=1}^{2} W_i \times \left(\frac{d_i^+ + d_i^-}{g_i}\right) \quad (۳۷)$$

$$Z_1 - d_1^+ + d_1^- = g_1 \quad (۳۸)$$

$$Z_2 - d_2^+ + d_2^- = g_2 \quad (۳۹)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i = 1,2 \quad (۴۰)$$

W_i وزن هر یک از اهداف و g_i آرمان هر هـدف و d_i^+ و d_i^- انحرافات مثبت و منفی هر یک از توابع هـدف را از آرمان‌ها را نشان می‌دهند.

۴- محاسبات عددی و تحلیل حساسیت

مدل پیشنهادی با استفاده از مثال عددی مورد ارزیابی قرارگرفته است. داده‌ها و نتایج در بخش ۴-۱ آمده است. همچنین به‌منظور دستیابی به نتایج کاربردی و مدیریتی، تحلیل حساسیت برخی پارامترها انجام‌شده است که در بخش ۴-۲ شرح داده‌شده است.

۴-۱- مثال عددی و نتایج

مثال عددی از شبکه زنجیره تأمین گندم و آرد در دو نوع کشت دیم و آبی، هفت مزرعه، چهارده سیلو، نه کارخانه آرد، سه نوع آرد، پنج مشتری، بیست‌وچهار دوره زمانی پانزده‌روزه، شش نوع ظرفیت سیلو، سه‌نقطه واردات، چهار منبع آبی و چهار نوع مصرف آب (زیرزمینی، سطحی، تصفیه، باران) مورد ارزیابی قرارگرفته است تا صحت مدل بررسی شود. داده‌های مربوطه در جدول‌های (۱) تا (۷) آمده است. نتایج به‌دست‌آمده در جدول‌های (۸) و (۹) نشان داده‌شده است. همچنین دوره استراحت گندم ۲، میزان ذخیره احتیاطی ۱۵۰۰۰ و ضریب تولید داخلی ۰/۳ در نظر گرفته‌شده است. همچنین سطح انتظار برای تابع هدف اول ۱۸۳۰۲۳۰۰۰۰۰۰۰ و برای تابع هدف دوم ۴۰۰۰۰۰ در نظر گرفته‌شده است.

جدول (۱) ضریب تولید گندم موردنیاز برای تولید آرد با درصدهای خلوص، به ترتیب، ۱۸، ۲۲ و ۲۷ درصد می‌باشد. میزان تولید گندم در هر مزرعه و هر نوع کشت در جدول (۲)، مقدار مصرف آب در بازه‌های خوش‌بینانه و بدبینانه مصرف و در هر نوع کشت آبی و دیم در جدول (۳)، اولویت مصرف از هر منبع آبی در جدول (۴) و میزان دسترسی به هر منبع آبی در سه منطقه در جدول (۵) آمده است. جدول (۶) ضریب میزان برداشت گندم در مزرعه هر منطقه به تفکیک نوع مصرف آب در هر دو نوع کشت آبی و دیم را نشان می‌دهد. تقاضای آرد هر نوع آرد برای هر مشتری در چهار دوره زمانی در جدول (۷) آمده است.

نتایج برخی از متغیرها در ادامه ارائه‌شده است. میزان برداشت گندم آبی و دیم در هر منطقه در چهار دوره زمانی در جدول (۸) آمده است. میزان آب مصرفی از هر منبع آبی در سه منطقه و در هر نوع کشت نیز در جدول (۹) آمده است. همچنین درصد پاسخگویی به تقاضای آرد و سبوس و میزان واردات گندم موردنیاز، به ترتیب، در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده‌شده است.

جدول (۱): میزان گندم موردنیاز برای تولید هر تن گندم

$B(p)$	محصول		
	p_1	p_2	p_3
	۱/۲۱	۱/۲۸	۱/۳۶

جدول (۲): سطح زیر کشت گندم

$CI(i,k)$		نوع کشت	
		k_1	k_2
مزرعه	i_1	۱۴۳۸۰	۱۹۲۷۷
	i_2	۴۲۰۵	۷۴۵۹
	i_3	۱۸۱۱	۰
	i_4	۰	۱۷۵.۵
	i_5	۳۶۰	۰
	i_6	۱۵۹	۱۰۵
	i_7	۰	1002

جدول (۳): مقدار مصرف آب در هر نوع کشت

$Ma(k,r)$		نوع مصرف آب			
		r_1	r_2	r_3	r_4
نوع کشت	k_1	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
	k_2	۴	۴/۵	۶	۸

جدول (۴): اولویت مصرف منبع آبی

$WP(s)$	نوع منبع آبی			
	s_1	s_2	s_3	s_3
	۰/۴۰	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۰

جدول (۵): میزان دسترسی به هر منبع آبی

$PR(i,s)$		مزرعه		
		i_1	i_2	i_3
نوع منبع آبی	s_1	۱۵۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰۰
	s_2	۱۷۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
	s_3	۶۰۰۰	۱۲۰۰	۸۰۰۰
	s_4	۵۰۰۰	۵۵۰۰	۵۰۰۰

جدول (۶): ضریب برداشت گندم

e(i,k,r)		مزرعه/ نوع کشت													
		i_1,k_1	i_1,k_2	i_2,k_2	i_2,k_2	i_3,k_1	i_3,k_2	i_4,k_1	i_4,k_2	i_5,k_1	i_5,k_2	i_6,k_1	i_6,k_2	i_7,k_1	i_7,k_2
نوع مصرف آب	r_1	۳/۶	۲/۶	۳/۶	۲/۶	۳/۶	۰	۰	۲/۶	۳/۶	۰	۳/۶	۲/۶	۰	۲/۶
	r_2	۴	۲/۹	۴	۲/۹	۴	۰	۰	۲/۹	۴	۰	۴	۲/۹	۰	۲/۹
	r_3	۴/۶	۳/۳	۴/۶	۳/۳	۴/۶	۰	۰	۳/۳	۴/۶	۰	۴/۶	۳/۳	۰	۳/۳
	r_4	۵/۴	۳/۹	۵/۴	۳/۹	۵/۴	۰	۰	۳/۹	۵/۴	۰	۵/۴	۳/۹	۰	۳/۹

جدول (۷): تقاضای آرد

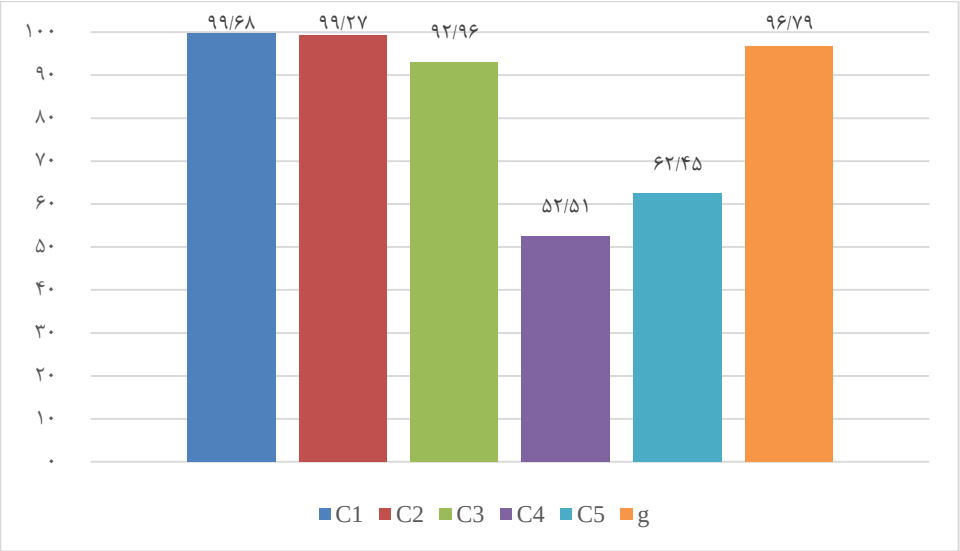
D(c,p,t)		مشتری/ محصول													
		c_1p_1	c_1p_2	c_1p_3	c_2p_1	c_2p_2	c_2p_3	c_3p_1	c_3p_2	c_3p_3	c_4p_1	c_4p_2	c_4p_3	c_5p_1	c_5p_2	c_5p_3
دوره زمانی	t_1	۱۰۱۰۰	۰	۰	۵۲۰۰	۴۱۰	۰	۰	۵۲۰	۱۱۰	۰	۱۷۰	۳۷۰	۰	۱۹۰	۱۴۵
	t_2	۱۰۰۰۰	۰	۰	۵۰۰۰	۴۰۰	۰	۰	۵۲۰	۱۱۰	۰	۱۷۰	۳۷۰	۰	۱۷۵	۱۳۵
	t_3	۱۰۵۰۰	۰	۰	۵۵۰۰	۴۲۰	۰	۰	۵۳۰	۱۲۰	۰	۱۷۰	۳۷۰	۰	۱۷۵	۱۳۵
	t_4	۱۰۸۰۰	۰	۰	۵۸۰۰	۴۴۰	۰	۰	۵۴۰	۱۳۰	۰	۱۷۰	۳۷۰	۰	۱۷۵	۱۳۵

جدول (۸): میزان برداشت گندم

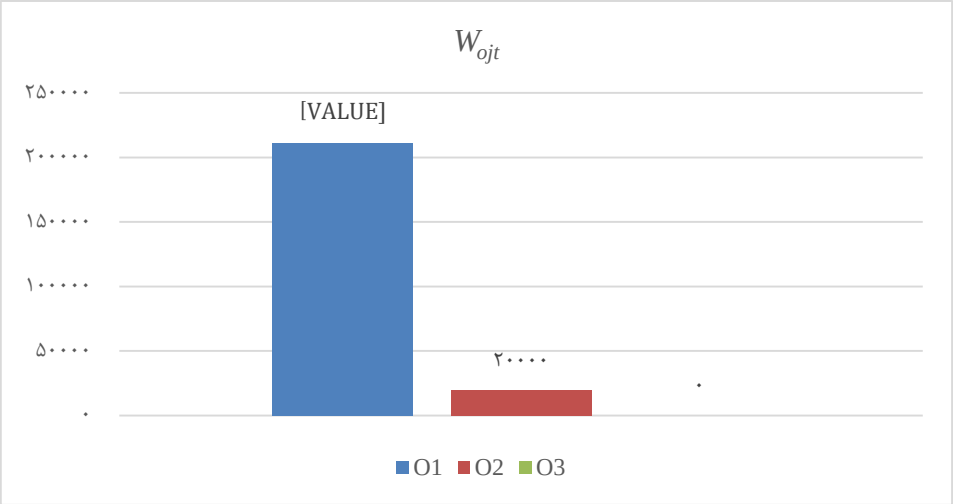
Q (i,k,t)		دوره زمانی			
		t_1	t_2	t_3	t_4
مزرعه/نوع کشت	i_1,k_1	۰	۰	۰	۰
	i_1,k_2	۲۳۰۴۷	۹۷۰۴۸	۰	۰
	i_2,k_1	۰	۰	۰	۵۶۰۵
	i_2,k_2	۰	۰	۰	۶۵۸۶۲
	i_3,k_1	۰	۰	۳۰۰۴	۰
	i_3,k_2	۰	۰	۰	۰

جدول (۹): میزان آب مصرفی منابع

XR (i,k,s)		نوع منبع آبی			
		s_1	s_2	s_3	s_4
مزرعه/ نوع کشت	i_1,k_1	۰	۰	۰	۰
	i_1,k_2	۱۰۸۶۰۰۵	۱۷۰۰۰۰	۰	۵۰۰۰
	i_2,k_1	۴۴۹۸۶	۱۵۰۰۰۰	۱۲۰۰	۰
	i_2,k_2	۹۵۵۰۱۳	۰	۰	۰
	i_3,k_1	۹۲۱۴۲	۰	۳۰۰۴	۵۰۰۰
	i_3,k_2	۰	۰	۰	۰



شکل (۱): درصد پاسخگویی به تقاضای آرد و سبوس



شکل (۲): میزان واردات از مبادی ورودی

۴-۲- تحلیل حساسیت

به‌منظور بررسی نتایج، ضریب حداقل میزان تولید گندم و اوزان روش حل تحلیل‌شده‌اند. تحلیل حساسیت ضریب حداقل میزان تولید گندم در وزن ۰/۶ برای تابع هزینه و ۰/۴ برای تابع مصرف آب انجام‌شده است. در جدول (۱۰) آمده است. مقدار تابع هزینه تا ضریب ۰/۳ کاهش‌یافته سپس افزایش می‌یابد. مقدار تابع مصرف آب و مقدار تابع تک‌هدفه با افزایش ضریب تولید افزایش می‌یابند. همچنین برای ضریب‌های بیشتر از ۰/۵ مسئله نشدنی می‌شود.

تحلیل حساسیت وزن توابع هدف در جدول (۱۱) آمده است. همان‌طور که در جدول نشان داده‌شده است با تغییر اوزان توابع هدف ، مقدار توابع هدف اول و دوم یعنی تابع هزینه و مصرف آب در جدول آمده است. مقدار تابع تک هدفه با کاهش اوزان تابع هزینه و افزایش مقادیر تابع مصرف آب، کاهش‌یافته است. با توجه به شرایط موجود در هر دوره و با استفاده از مقادیر به‌دست‌آمده می‌توان اهر یک از این اوزان را در نظر گرفت.

جدول (۱۰): تحلیل حساسیت ضریب حداقل میزان تولید گندم

γ	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۵
Z_1 (میلیون تومان)	۲۲۹۳۲۳۴	۲۲۸۵۱۶۸	۲۲۴۷۹۰	۲۱۳۵۵۹۶	۲۰۳۰۴۷۶	۱۹۳۰۸۲۹	۱۸۴۳۸۹۴	نشدنی
Z_2 (مترمکعب)	۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰	۴۴۹۰۶۵	۶۵۹۰۶۷	۹۰۴۷۲۴	۱۲۳۶۸۱۶	۲۷۸۹۹۲۳	
WGP	۰/۱۵۱۷	۰/۱۴۹۱	۰/۱۸۴۳	۰/۳۵۹۱	۰/۵۷۰۳	۰/۸۶۹۷	۲/۳۹۴۴	

جدول (۱۱): تحلیل حساسیت وزن توابع هدف

W_1	W_2	Z_1 (میلیون تومان)	Z_2 (مترمکعب)	WGP
۰/۷	۰/۳	۲۲۴۰۵۴۸	۴۵۳۵۳۶	۰/۱۹۷۰
۰/۶	۰/۴	۲۲۴۲۷۹۰	۴۴۹۰۶۵	۰/۱۸۴۳
۰/۵	۰/۵	۲۲۴۰۰۸۷	۴۴۹۵۹۳	۰/۱۷۳۹
۰/۴	۰/۶	۲۲۴۱۶۵۳	۴۵۷۳۵۵	۰/۱۷۵۹
۰/۳	۰/۷	۲۲۴۵۷۶۹	۴۵۱۲۷۰	۰/۱۵۷۸

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه به اهمیت فرآورده‌های گندم که مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین آن‌ها در سبد مصرفی مردم نان می‌باشد، ضرورت بررسی زنجیره تأمین گندم از تولید تا رسیدن به محصولات نهایی موردبررسی قرارگرفته است. ابتدا به مفاهیم علمی مرتبط با زنجیره تأمین و مراحل تولید و ذخیره‌سازی و حمل گندم، آرد و نان پرداخته‌شده است. سپس پژوهش‌های پیشین در این زمینه بررسی‌شده است. در بخش بعدی مدل پیشنهادی تشریح شده است. سپس روش حل و نتایج آمده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی‌ها دریافتیم که هیچ‌کدام از مطالعات انجام شده زنجیره تأمین گندم را از ابتدای تولید در مرحله کاشت تا رسیدن محصولات به مشتریان نهایی در زنجیره در نظر نگرفته بودند. ازاین‌جهت مطالعه و بررسی میزان سطح زیر کشت، تولید، ذخایر، واردات و صادرات گندم به‌عنوان کالایی اساسی، استراتژیک و دخیل در معادلات اقتصادی و حتی اجتماعی و سیاسی که از اهمیتی خاص برخوردار می‌باشد، امری ضروری است. بدیهی است مجموعه اطلاعات فوق حاوی نکات ارزنده‌ای برای کارشناسان صنایع غذایی و مسائل اقتصادی و سیاسی بوده و بستر مهمی جهت تصمیم‌گیری‌های اساسی در بخش‌های خصوصی و دولتی جوامع در حوزه‌های مختلف از قبیل کشاورزی و بازرگانی خواهد داشت.

لذا با توجه به اهمیت موضوع، بررسی مهم‌ترین کالای اساسی سبد مصرفی افراد جامعه و حل مشکلات و مسائل پیش‌روی این محصول، می‌تواند به حل مسائل اقتصادی، سیاسی و اجتماعی بیانجامد. همچنین موجب افزایش سطح رفاه جامعه و رضایتمندی کشاورزان و مصرف‌کنندگان می‌گردد.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده می‌توان مواردی را به‌منظور توسعه تحقیقات انجام‌شده و درنظرگرفتن ابعاد جدید که تاکنون به آن‌ها توجهی نشده است و همچنین

حل مدل‌های پیشنهادی این مسئله از روش‌های گوناگون موجود که با توجه به ماهیت هر مسئله به‌کارگرفته می‌شوند، برای پژوهش در این زمینه پیشنهاد داد.

• میزان فرسایش خاک در هر بار تولید گندم در یک زمین کشاورزی و بهینه‌سازی میزان تولید آن‌یکی از موضوعات حائز اهمیت می‌باشد. به‌طوری‌که در هر بار کشت چه میزان محصول کاشت و برداشت شود و میزان کود مصرفی در هر منطقه با توجه به شرایط اقلیمی همان منطقه در میزان فرسایش خاک مؤثر می‌باشد.

• درنظرگرفتن صادرات و واردات گندم و آرد در مدل‌سازی، با توجه به میزان مصرف آب و فرسایش خاک و همچنین افزایش جمعیت، امری ضروری به نظر می‌رسد. درصورتی‌که در یک منطقه مشکل بحرانی آب وجود داشته باشد و یا به دلیل آب‌وهوای نامناسب امکان کاشت به‌اندازه نیاز جمعیت آن منطقه وجود نداشته باشد و یا از کیفیت مناسبی برای تمام مصارف موردنظر برخوردار نباشند، واردات از سایر مناطقی که بیشتر از نیاز منطقه خود و باکیفیت بهتری تولید دارند الزامی است.

• با توجه به عدم ثبات در شرایط بازار و همچنین شرایط آب‌وهوایی، ماهیت این‌گونه مسائل همواره با عدم قطعیت ذاتی همراه بوده است. ازجمله این موارد می‌توان به غیرقطعی بودن تقاضا در هر مرحله از زنجیره و عدم قطعیت در میزان تولید می‌باشد. برای مقابله با عدم قطعیت داده‌های ورودی می‌توان از روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی استفاده نمود.

• همچنین روش‌های شبیه‌سازی مانند روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو را برای مواجهه با عدم قطعیت‌ها می‌تواند بکار گرفته شود تا بتوان با تخمین مناسبی از پارامترهای غیرقطعی به جواب نزدیک‌تری به جواب بهینه دست‌یافت.

• برای مسائل با ابعاد بزرگ و مسائلی که با حل به روش دقیق و با نرم‌افزارهای حل موجود، زمان حل طولانی دارند، می‌توان از الگوریتم‌های فرا ابتکاری نیز برای حل این‌گونه مسائل استفاده نمود تا با حل مسئله در زمانی کوتاه و منطقی به حل نزدیک به بهینه رسید.

۶- منابع و مآخذ

[1] http://www.maj.ir/Index.aspx?page_=*form&lang*=1&PageID=11583 &tempname=amar &sub=65 & methodName=ShowModuleContent

[2] M.-H. Shaelaie, M. Ranjbar, N. Jamili, "***Integration of parts transportation without cross docking in a supply chain***," Computers & Industrial Engineering, vol. 118, pp. 67-79, 2018.

[3] B. Naderi, K. Govindan, and H. Soleimani, "***A Benders decomposition approach for a real case supply chain network design with capacity acquisition and transporter planning: wheat distribution network***," Annals of Operations Research, doi.org/10.1007/s10479-019-03137-x pp. 1-21, 2019.

[4] M. R. Gholamian, A. H. Taghanzadeh, "***Integrated network design of wheat supply chain: A real case of Iran***," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 140, pp. 139-147, 2017.

[5] D. Mogale, M. Kumar, S. K. Kumar, M. K. Tiwari, and T. Review, "***Grain silo location-allocation problem with dwell time for optimization of food grain supply chain network***," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 111, pp. 40-69, 2018.

[6] E. Anderson and M. Monjardino, "***Contract design in agriculture supply chains with random yield,***" European Journal of Operational Research, vol. 277, no. 3, pp. 1072-1082, 2019.

[7] A. De Boni, A. Pasqualone, R. Roma, and C. Acciani, "***Traditions, health and environment as bread purchase drivers: A choice experiment on high-quality artisanal Italian bread,***" Journal of Cleaner Production, vol. 221, pp. 249-260, 2019.

[8] P. Brancoli, M. Lundin, K. Bolton, M. Eriksson, Conservation, and Recycling, "***Bread loss rates at the supplier-retailer interface–Analysis of risk factors to support waste prevention measures***," Resources, Conservation & Recycling, vol. 147, pp. 128-136, 2019.

[9] G. Albertzeth, I. N. Pujawan, P. Hilletofth, B. Tjahjono, and Applications, "***Mitigating transportation disruptions in a supply chain: a cost-effective strategy***," International Journal of Logistics Research and Applications, pp. 1-20, 2019

[10] I. Djuric and L. Götz, "***Export restrictions–Do consumers really benefit? The wheat-to-bread supply chain in Serbia***," Food Policy, vol. 63, pp. 112-123, 2016.

[11] M. Kulak, T. Nemecek, E. Frossard, and G. Gaillard, "***Eco-efficiency improvement by using integrative design and life cycle assessment. The case study of alternative bread supply chains in France***," Journal of Cleaner Production, vol. 112, pp. 2452-2461, 2016.