

## Herbal Plant' Supply Chain Network Design in Hamadan Province, By Considering Product Quality And Supply Chain Benefit

SAREH KHAZAELI<sup>1</sup>, HADI SAHEBI<sup>\*2</sup>, RAMAZAN KALVANDI<sup>3</sup>,  
MOHAMMAD SAEED JABAL AMELI<sup>4</sup>

- 1, Ph. D candidate- industrial engineering department, Iran University of science and technology, Tehran, Iran
- 2, Assistant professor - industrial engineering department, Iran University of science and technology, Tehran, Iran
- 3, Assistant professor- Agricultural Research, Education and Extension Organization, Research and education center of agriculture and natural resources, Hamadan, Iran
- 4, Professor, industrial engineering department- Iran University of science and technology, Tehran, Iran

(Received: Nov. 24, 2019- Accepted: Jul. 19, 2020)

### ABSTRACT

Due to diverse ecosystems in Iran, the country has been one of important centers of supplying herbal plants. Hence, the context of herbal plants can act as a valuable resource for increasing non-oil revenue. Current research has investigated how to design a herbal plant's supply chain network in view points of business and customers. Therefore supply chain of herbal plants of India, Africa, United States, and Iran has been studied. Iran's *Foeniculum vulgare Mill* herbal plant has a remarkable share in trade market. Razan city in Hamadan province is one of the major planting centers of it. In this article, modeling of supply chain network considers 4 levels which are purchasing material, processing, distribution and customer. Modeling is done by bi- objective MILP to increase two objectives of profit and quality. Research method is quantitative. Outputs of network design are location of processing and distribution centers, also assignment of distribution centers to customers, determining delivering quantities and different transportation modes selection between all active nodes of a network in different levels of the supply chain. Main innovation of the research is application of quality features of herbal plants as quality degradation rate. Validation of the model is assessed by real data in the case study. Sensitivity analysis on the results shows that the modeling has the validity and reliability. Effective solutions of the model are shown in a Pareto boundary. The results in one selected point are described. Results of the research can be used for agricultural products with limited shelf life and constant degradation rate and also for herbal plants in priority in national document of herbal plants programming. In order to develop the research, uncertainty of supply and demand parameters can be considered, also multi products supply chain and network of exporting herbal plants can be considered in future studies.

**Keywords:** network design of supply chain, quality, *Foeniculum vulgare Mill* herbal plant

### Expanded abstract

Recently, medicinal plants are demanded and accepted for public people increasingly. Due to the applications of herbal plants in pharmacology, nutrition, cosmetics and aromatics industry, herbal plants' supply chain has been one of objectives of scientific branch of supply chain studies. Due to diverse ecosystems for planting herbal plants in Iran, the context of herbal plants can act as a valuable resource for increasing GDP and non-oil revenue of the country. Moreover, it is a profitable field for investment and to make currency. Network of herbal plants' supply chain has been designed in this research study. It is considered four levels of the supply chain that are providing materials, processing, storage and customer levels. First level is purchasing raw material by beforehand contracts with local farmers in special area. At second level material transported to

processing centers to be separated, sorted and packaged. At third level sorted products are kept in cooling storage centers to be maintained until being distributed. At fourth level there are customers in trade center of each province in the country. Transportation is done between different levels by one of two modes of cooling container truck and pickup truck. The first three levels were to be settled in the province and customer levels were settled in provinces all over the country. Two objectives are followed in this supply chain design process, which are benefit and quality criteria in the products of the supply chain that both are to be maximized. Benefit depends on cost of purchasing plants in guaranteed contracts with farmers, cost of installation and operational costs in processing centers and also cost of storing in storage centers, and cost of transportation between different levels of the supply chain. It is extremely dependent on the initial quality of the products and the time that products were transported between different levels of the chain till it is received by the customers. Research is done of view point of trade management of herbal plants in agriculture ministry of the country. In perspective of research approach, this research is quantitative, and modeling is done by linear programming. It is also an applicable research. It is concentrating on integrated supply chain design of providing materials, processing, storage and also customer levels herbal plants supply chain by considering quality feature of the products, moreover the benefit of the chain. The research approach of problem solving is multi-objective decision-making in a MILP model by  $\epsilon$ - constraint method, as a bi- objective MODM. Validation of the model is assessed by real data in the case study of *Foeniculum vulgare* Miller products. Outputs of network design's modelling of *Foeniculum vulgare* Miller products responds to questions of, where to settle integration centers among limited potential centers determined before, where to settle the distribution centers among limited potential centers determined before, Assignment of producers to each processing center to send product, Assignment of processing centers to each storage center to send product, Assignment of storage centers to each customer to send product and selection of transportation mode between different levels of supply chain to meet customers' need in order to optimize both objectives of benefit and quality to meet customer demands. On the basis of studies done, there has not design of any supply chain of herbal plants as a perishable product that used both objectives of benefit and herbal plants' quality simultaneously. It is the main innovation of the research that it is considered two dimensions of the benefit and quality simultaneously in a supply chain study of herbal plants as a perishable product. Moreover, as an innovation, the necessity and importance of application of the result of the research in a reality is inevitable, because no supply chain of herbal plants has been worked officially in the country on the basis of the benefit of the more important actors of the supply chain which are customers. In result, two mentioned benefit and quality objectives act in contract in the Pareto boundary. Designed model can be adapted to other products in different produce centers to be delivered to national and international users. In future studies, also uncertainty of supply and demand parameters can be considered in supply chain planning. This research study can also support policymakers in this context and agri-food industry.

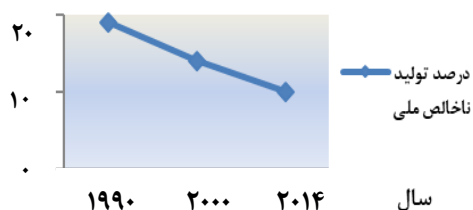
## طراحی شبکه زنجیره تامین محصول رازیانه در استان همدان با تاکید بر تابع کیفیت و سودآوری

ساره خزائلی<sup>۱</sup>، هادی صاحبی<sup>۲\*</sup>، رمضان کلوندی<sup>۳</sup> و محمد سعید جبل عاملی<sup>۴</sup>  
 ۱، دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
 ۲، استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
 ۳، استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات  
 و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، همدان، ایران  
 ۴، استاد دانشکده مهندسی صنایع - دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
 (تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۳ - تاریخ تصویب: ۹۹/۴/۲۹)

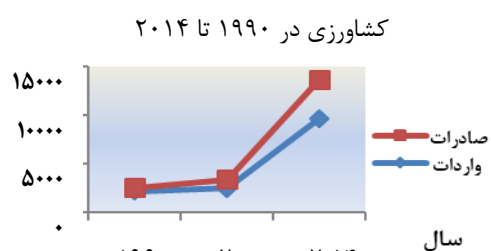
### چکیده

با توجه به شرایط جغرافیایی کشور، صنعت گیاهان دارویی می‌تواند در مسیر گسترش درآمدهای غیرنفتی کشور مورد توجه قرار گیرد. با مطالعه ادبیات موضوع در کشورهای هند، آفریقا، آمریکا و ایران و بررسی میدانی زنجیره تامین گیاهان دارویی در اولویت برنامه‌ریزی در اسناد بالادستی، فعالیت رسمی در شبکه تامین گیاهان دارویی در کشور دیده نشده است. گیاه دارویی رازیانه تولیدی ایران، رتبه و سهم بالایی در جهان دارد و یکی از خاستگاه‌های آن در کشور، استان همدان، شهرستان رزن است. در این مقاله، به برنامه‌ریزی شبکه زنجیره تامین گیاهان دارویی با دو نوع محصول تازه و خشک شده در چهار سطح تامین، فرآوری، توزیع و مشتری برای محصول رازیانه استان همدان از دو بعد سود و کیفیت محصول پرداخته شده است. مدل‌سازی، از نوع برنامه‌ریزی ریاضی دوهدفه MILP است که در آن تصمیمات مکانیابی مراکز فرآوری و مراکز توزیع، تخصیص مراکز توزیع به مشتریان و تعیین میزان کالای حمل شده بین مراکز در سطوح مختلف و تخصیص روش حمل مناسب بین مراکز در سطوح شبکه زنجیره تامین محقق می‌شود. روش تحقیق کمی و از نوع مطالعه موردی است. نوآوری اصلی تحقیق به‌کارگیری ویژگی کیفی محصول و نرخ واکنش شیمیایی آن در برنامه‌ریزی زنجیره تامین است. همچنین، تحقیق حاضر یک تحقیق کاربردی است. اعتبارسنجی مدل براساس داده‌های واقعی در سال ۱۳۹۷ برای محصول رازیانه انجام شده است. تحلیل حساسیت بر روی نتایج، نشان داد مدل از صحت و اعتبار برخوردار است. نقاط موثر در برنامه‌ریزی تعیین شد و پاسخ مساله در یک نقطه موثر نشان داده شده است. نتایج تحقیق تنها برای محصولات میوه و سبزیجات با عمر محدود و نرخ زوال ثابت در طول زمان قابل استفاده است. همچنین، این تحقیق می‌تواند برای گیاهان دارویی در اولویت برنامه‌ریزی سند ملی گیاهان دارویی استفاده شود. در راستای گسترش تحقیق، در تحقیقات آتی می‌توان پارامترهای غیرقطعی مانند میزان عرضه، تقاضا و همچنین، برنامه‌ریزی چند محصولی و شبکه صادرات محصول را نیز مورد بررسی قرارداد.

واژه‌های کلیدی: طراحی شبکه زنجیره تامین، کیفیت، گیاه دارویی رازیانه



شکل ۱- درصد تولید ناخالص ملی (GDP) محصولات

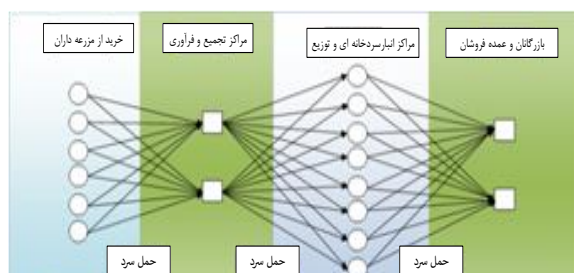


شکل ۲- روند صادرات و واردات محصولات کشاورزی در ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴

حجم تجارت جهانی گیاهان دارویی جهان در سال ۱۹۹۶، ۶۰ میلیارد دلار بوده و در سال ۲۰۱۰ به ۱۰۰ میلیارد دلار رسیده که و طبق پیش‌بینی بانک جهانی سهم تجارت جهانی در این بخش تا سال ۲۰۵۰ به رقم ۵ تریلیون دلار خواهد رسید. ایران با وجود دارا بودن تنوع اقلیمی (۱۱ اقلیم از ۱۳ اقلیم شناخته شده جهان) و تنوع گیاهی (بیش از ۷۵۰۰۰ گونه)، در میان کشورهای آسیای پس از چین، اندونزی، هند، برمه، تایلند، مالزی، هفتمین کشوری است که بیشترین گیاه دارویی را با بیش از ۱۳۰ نوع داروی گیاهی داراست. همچنین، ایران با میزان ۶۰ تا ۹۰ میلیون دلار از تجارت جهانی در سال ۲۰۱۳، تنها کمتر از ۰٫۰۵٪ از سهم صادرات جهانی را به خود اختصاص داده است (Delfan E., 2020). این آمار نشان‌دهنده این است که با وجود این ظرفیت بالقوه و ارزشمند، از آن به حدکافی بهره برداری نشده است. گیاه رازیانه *Foeniculum vulgare mill* یکی از مهم‌ترین گیاهان معطر و دارویی کشور است که یکی از گیاهان در اولویت برنامه توسعه گیاهان دارویی کشور می‌باشد (commission, 2015). قسمت تجاری گیاه رازیانه دانه آن است که اغلب جهت استخراج اسانس مورد استفاده قرار می‌گیرد و مهم‌ترین ترکیب آن آنتول (۵۰

## مقدمه

حوزه گیاهان دارویی یکی از زیرمجموعه‌های بخش کشاورزی و منابع طبیعی کشور است. ایران با توجه به تنوع در اقلیم و آب و هوا دارای بیش از ۲۴۰۰ گونه گیاه دارویی و معطر است که ۱۷۲۸ گونه از این گیاهان، منحصرأ گیاهان بومی ایران هستند. این حوزه یک ظرفیت انحصاری (Nassabian Shahriar, 2012)، برای راه‌اندازی کسب و کارهای کوچک، به‌خصوص در صنایع- تبدیلی (Movahedi Reza, 2013) و همچنین، برای خوداشتغالی (Savari Moslem, 2013) محسوب می‌شود. طبق آمار سازمان خواروبار جهانی (FAO)، طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲، رتبه ایران در صادرات گیاهان دارویی دنیا به ترتیب برابر با ۶، ۴، ۱۷، ۳، ۶، ۱۱ بوده است. ایجاد زنجیره تامین مناسب برای صادرات و تعیین کشورهای در اولویت صادرات یکی از گام‌های موثر در صادرات محصولات کشاورزی از جمله گیاهان دارویی است (Mojaverian S. M., 2016). آماری از میزان صادرات مواد غذایی و درصد تولید ناخالص ملی در حوزه کشاورزی، در دو دهه گذشته تا سال ۲۰۱۴ توسط سازمان خواروبار جهانی منتشر شده که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است (Gennari, Heyman, & Kainu, 2015). بر این اساس در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴، میزان واردات و همچنین، صادرات مواد غذایی افزایشی بوده، اما ارزش افزوده محصولات کشاورزی کاهش یافته است (Gennari, et al., 2015).



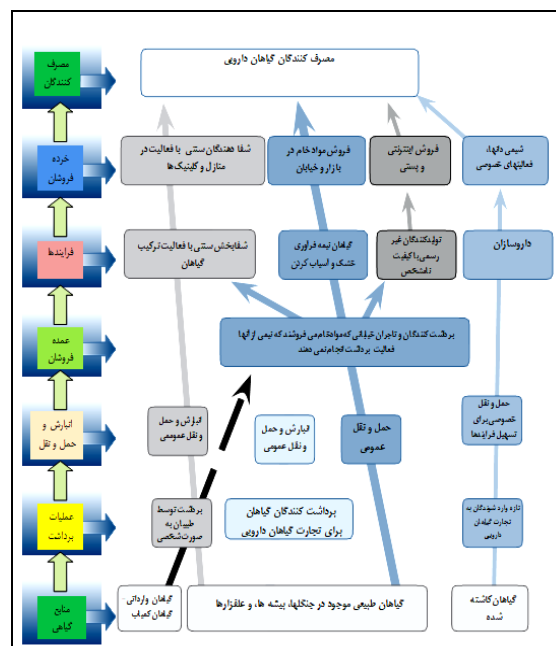
شکل ۳: زنجیره تامین سرد محصولات کشاورزی - غذایی

در زنجیره تامین گیاهان دارویی در کشورهای هند، آفریقای جنوبی ( Mander, Ntuli, Diederichs, & van Andel, 2007)، آفریقای شرقی (Mavundla, 2007)، ایالات متحده آمریکا (Myren, & van Onselen, 2012) و (Vaughan, Munsell, & Chamberlain, 2013) کشور کمتر توسعه یافته بولیوی ( Hishe, Asfaw, & Giday, 2016) به طور کلی، ۷ سطح دیده می‌شود. مجموعه‌ای از این سطوح و ترتیب عمومی آنها در شکل ۴ نشان داده شده است. در سطح اول زنجیره، محصولات هم در عرصه (طبیعت) که به صورت خودرو می‌رویند و هم به صورت زراعی وجود دارند. سطح دوم، سطح برداشت و بهره‌برداری است که توسط کشت‌کاران و هم برداشت‌کنندگان محلی انجام می‌شود. سطح سوم، انبار است که گیاهان پس از برداشت در محلی با شرایط مناسب انبار می‌شود و بخشی مستقیماً بدون انبار شدن به صورت عمده به سطح چهارم ارسال می‌شود. سطح چهارم، تاجران محلی و دلالان هستند که گیاهان را خریداری و تجمیع می‌کنند.

تا ۷۰ درصد) است. میزان تولید سالانه جهانی رازیانه، ۸۳۰ هزار تن است و ایران با تولید ۵ درصد آن، چهارمین تولیدکننده بزرگ رازیانه است. در سال ۱۳۹۵، رزن با تولید ۱۶۷۰۰ تن، بیش از ۹۰ درصد رازیانه کشت شده در کشور را تولید کرده است. در سال ۲۰۱۹، پاکستان با واردات حدود ۷۰ درصد و امارات متحده عربی با واردات ۳۰ درصد، دو کشور عمده وارد کننده رازیانه ایران بوده‌اند. با توجه به اهمیت کیفیت و سلامت در طراحی زنجیره تامین محصولات گیاهان دارویی که یک محصول فسادپذیر است، معیار کیفیت و حفظ آن در طول زنجیره می‌تواند به عنوان یک تابع هدف در مدیریت و برنامه‌ریزی تامین و عرضه آن مورد توجه قرار گیرد. زنجیره عمومی تامین محصولات فسادپذیر کشاورزی - غذایی در شکل ۳ نشان داده شده است. زنجیره موردنظر در این تحقیق با توجه به شکل ۳ دارای ۴ سطح است. سطح اول، شامل تامین است که با حمایت دولت از کشاورزان و از طریق قرارداد تضمینی خرید از مزرعه‌داران و کشتکاران توسط مرکز بازرگانی و کشاورزی استان انجام می‌شود. سطح دوم زنجیره شامل مراکز مشخص فرآوری است که به امر تجمیع، خشک کردن بخشی از محصولات و بسته‌بندی محصولات خام و خشک می‌پردازد. در سطح سوم مراکز توزیع هستند که فعالیت انتقال و انبارش با امکانات سردخانه ای را انجام می‌دهد. در سطح آخر مشتریان هستند که در کمیته گیاهان دارویی در مراکز اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی مستقر در مراکز استان‌ها می‌باشند. همچنین، بین مراحل ۴ گانه ذکر شده، عملیات حمل سرد در طول زنجیره در طراحی شبکه زنجیره تامین در نظر گرفته شده است.

راستای بررسی امکان تغییر توالی‌ها و کوتاه کردن کانال عرضه و حذف دلالتان در راستای کاهش هزینه نهایی محصول تحقیقات (Madhavan, 2008) انجام شده است. در کشورهای درحال توسعه مانند بولیوی به بررسی تغییر توالی جریان فرایندها در راستای افزایش کارایی پرداخته شده است (Hishe, et al., 2016) و مطالعات پیش‌بینی آینده و سرمایه‌گذاری و اصلاح روش‌های کشت و فرآوری و انبارش در زنجیره تامین گیاهان دارویی در کشورهایی مانند هند شرقی (Singh, 2009) و آفریقای جنوبی (Quiroz et al., 2014) انجام شده است. پس از بررسی ادبیات زنجیره تامین محصولات سبزیجات و گیاهان دارویی کشور، زنجیره مدونی که به- این زمینه، شکاف تحقیقاتی مشهود است. همچنین، پس از بررسی تحقیقات و بررسی میدانی در زمینه تامین گیاه رازیانه و بررسی چگونگی تامین آن در سطح ملی و مقایسه با زنجیره‌های تامین مطالعه شده، کانال عرضه‌ای برای گیاهان دارویی که به‌طور رسمی در کشور فعالیت کند یافت نشد و فعالیت‌های زنجیره تامین آن به صورت گسسته و به‌طور غیررسمی و از طریق تجار شناخته شده در بازار گیاهان دارویی انجام می‌شود. همچنین، به‌دلیل وجود دلالتان دست دوم و سوم و بیشتر، هزینه تامین محصولات این گیاهان بسیار بالاتر از هزینه تمام شده واقعی آن است (Delfan E., 2020; Khalaj, et al., 2019).

هدف اصلی این تحقیق طراحی شبکه زنجیره تامین گیاهان دارویی با در نظر گرفتن زنجیره عمومی عرضه در شکل ۱ است. در راستای حداکثرسازی حفظ کیفیت محصول و همچنین، حداکثرسازی سود زنجیره است. با تدوین زنجیره به این ترتیب، با حذف دلالتان و کوتاه کردن زنجیره تا حد ممکن، هزینه‌های اضافه ناشی از سود دلالتان (Madhavan, 2008) به زنجیره تحمیل نمی‌شود. این شبکه برای تامین دو نوع محصول رازیانه خام و خشک بررسی شده است. تصمیم‌گیری در سطح استراتژیک شامل مکانیابی مراکز فرآوری و همچنین، مکانیابی قطب‌های انتقال درون استان است. تصمیم



شکل ۴: زنجیره تامین گیاهان دارویی

در سطح پنجم، بخشی از محصولات فرآوری می‌شود. فرآوری شامل تولید ترکیبات توسط طیبیان سنتی، تولید محصولات نیمه فرآوری شده، به‌صورت خشک و آسیاب شده و تولید داروی گیاهی توسط داروسازان است. در سطح ششم، خرده‌فروشان در بخش‌های فروش اینترنتی و یا فروشندگان سنتی مواد نیمه فرآوری شده و یا داروسازان هستند که با توجه به نوع محصول فرآوری شده محصولات را خریداری می‌کنند. در هفتمین سطح زنجیره، مصرف‌کنندگان گیاهان دارویی وجود دارند که افراد، رستوران‌ها، فروشگاه‌های خرد و یا بیماران تحت درمان گیاهان دارویی می‌باشند. به دلیل اهمیت برنامه‌ریزی و کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از افت کیفیت در طول عمر مفید گیاهان دارویی و همچنین، صادرات فرآورده‌های آن و امکان ارزآوری برای کشور، در این مقاله به طراحی شبکه زنجیره تامین گیاه دارویی در مورد مطالعه محصول رازیانه در سطح کشور پرداخته شده است.

یکی از مراکز اصلی تولید گیاه رازیانه در کشور، استان همدان و شهرستان رزن است (Khalaj, Labbafi, Hasan Abadi, Shaghaghi, & Hajiaghaee, 2019). در کشورهای آفریقای جنوبی و غربی، زنجیره تامین گیاهان دارویی به صورت مدون و دارای سطوح مشخص وجود دارد (Mander, et al., 2007). همچنین، در هند در

کشاورزی در مراکز استان‌ها هستند که نمایندگی تامین محصولات گیاهان دارویی هر استان را برعهده دارد. طبق سفارشات قطعی ثبت‌شده از استان‌ها، محصولات از مراکز انتقال طبق برنامه‌ریزی شبکه توسط حالات حمل و نقل به مراکز استان‌ها ارسال می‌شود. همچنین، ناوگان حمل و نقل بین بخش‌ها مجهز به امکانات حمل سرد یخچالی می‌باشد که از ابتدای زنجیره تا آخرین سطح، میزان کالا و حالت حمل مورد نیاز برنامه‌ریزی می‌شود. با توجه به اینکه در طراحی شبکه زنجیره تامین کسب و کارهای محصولات فسادپذیر موضوعات لجستیکی مهم است، به انواع معیارهای تصمیم‌گیری و همچنین، سطوح مختلف تصمیم‌گیری شامل تامین- فرآوری- توزیع- مشتری پرداخته شده است.

#### معیارهای تصمیم‌گیری

محصولات تازه مانند گیاهان دارویی، بعد از برداشت به دلیل بسته بندی ضعیف و شرایط حمل نامناسب (Shukla & Jharkharia, 2013) در طول زمان در انبار و حمل و نقل شروع به زوال می‌کند. مشتریان امروز به کیفیت و ایمنی محصولات غذایی و همچنین، اثرات محیط‌زیستی توجه نشان می‌دهند (Trienekens & Zuurbier, 2008). بنابراین، اغلب مدل‌های طراحی زنجیره تامین، مدل‌های با اهداف چندگانه هستند. معیارهای اصلی در زنجیره تامین محصولات کشاورزی هزینه، سود، کیفیت، عملکرد و پاسخگویی و عوامل زیست محیطی (Mohebalizadegashti, Zolfagharinia, & Amin, 2020) است. این درحالی- است که نحوه تغییر کیفیت در محصولات گیاهی در طی زمان، به صورت خطی متناسب با نرخ واکنش (k) است که در رابطه (۱) دیده می‌شود. یکی از ویژگی‌های کیفی محصولات تازه سبزیجات و گیاهان دارویی سبزی، میزان سبزی بودن<sup>۲</sup> (L) است (Tijksens & Polderdijk, 1996).

$$Q(t) = Q_0 - k.t \quad \text{رابطه (۱):}$$

$Q(t)$ : کیفیت پس از گذر زمان t

$Q_0$ : کیفیت اولیه محصول فسادپذیر

گیری در سطح تاکتیکال شامل برنامه ریزی تعیین نحوه تخصیص مراکز به مراکز سطح بعد و همچنین، نحوه تخصیص محصولات به مشتریان است. در سطح عملیاتی حالات مناسب حمل برای انتقال محصولات از مراکز تامین تا خریداران عمده مستقر در مراکز استان‌های کشور تعیین می‌شود.

این مقاله در ۴ بخش تنظیم شده است. در بخش اول، مروری بر ادبیات زنجیره تامین محصولات کشاورزی- غذایی و کیفیت آن با تمرکز بر گیاهان دارویی انجام شده است. در بخش دوم، روش تحقیق شامل مدل‌سازی شبکه زنجیره تامین ارایه می‌شود. در بخش سوم، نتایج مدل‌سازی و صحت‌سنجی و اعتبار- سنجی مدل با استفاده از داده‌های واقعی مربوط به محصول رازیانه، انجام شده است. در بخش چهارم، نتیجه‌گیری تحقیق، محدودیت‌ها و پیشنهادهای آتی مطرح شده است.

#### مرور ادبیات

در تحقیق حاضر، چهار سطح خرید از کشتکاران، تجمیع، توزیع و مشتری به همراه حمل بین بخش‌ها مورد نظر است. در سطح اول زنجیره، تامین با حمایت- های دولتی از طریق خرید تضمینی طی قراردادهایی از مزعه‌داران انجام می‌شود. در سطح دوم، محصولات به مراکز فرآوری منتقل می‌شوند. این مراکز جهت کاهش هزینه کل فرآوری به صورت متمرکز در مراکز تعیین شده در طراحی شبکه مستقر می‌شوند (Madhavan, 2008). در این سطح، بخشی از محصول جهت کاهش افت کیفیت محصول در طول زمان، خشک می‌شود. محصولات در اندازه‌های مختلف بسته‌بندی می‌شوند. در سطح سوم، مراکز توزیع قرار دارند که با توجه به وجود انواع محصولات به صورت انبار سرد احداث شده و به تکنولوژی سردسازی مناسب تجهیز می‌شوند (Soto-Silva, González-Araya, Oliva-Fernández, & Plà-Aragonés, 2017). عموماً گیاهان دارویی و سبزیجات تازه در دمای سردسازی یخچالی، تا ۲۴ ساعت و گیاه خشک شده از نه ماه تا یک سال قابل نگهداری است (Arabhosseini, 2005a). در سطح آخر زنجیره تامین، مشتریان قرار دارند. مشتریان در این تحقیق، کمیته‌های تخصصی گیاهان دارویی در اتاق بازرگانی، صنایع معادن

k: نرخ تنزل کیفیت

t: طول مدت زمان

نرخ افت کیفیت طبق رابطه آرنیوس به دمای انبار و ثابت‌های مختلف محصول شامل انرژی فعال سازی و ثابت گاز بستگی دارد که در رابطه (۲) دیده می‌شود (Labuza, 1982).

$$k = k_0 e^{-E_a/RT} \quad \text{رابطه (۲):}$$

$k_0$ : عدد ثابت

$E_a$ : انرژی فعال‌سازی محصول

R: ثابت گاز برابر ۱,۹۸۹ (کلوین/مول / کالری)

T: دمای مطلق

هدف در اکثر مطالعات زنجیره تامین، تعیین پیکربندی شبکه با حداقل هزینه کل است و غالباً بین معیارهای اصلی در زنجیره‌های محصولات فسادپذیر که دو معیار هزینه و کیفیت نهایی محصول است؛ تعارض وجود دارد. به‌طور کلی، زنجیره‌های تامین غذایی بایستی بین دو موضوع کاهش قیمت و بهبود خدمات مشتری یک تعادل منطقی ایجاد کنند (Soysal, Bloemhof- Ruwaard, Meuwissen, & van der Vorst, 2012). بنابراین، می‌توان به سطحی از مجموعه معیارها در تصمیم‌گیری‌های مختلف دست یافت. در این بخش، انواع تصمیمات در شبکه تامین محصولات کشاورزی به-ویژه در زنجیره تامین گیاهان دارویی بررسی شده است.

#### سلسله مراتب تصمیم‌گیری

برنامه‌ریزی زنجیره تامین شامل سه دسته تصمیمات استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی است (Rantala, 2004). تصمیمات استراتژیک بلندمدت است و اغلب مترادف با طراحی شبکه زنجیره تامین است (Melo, Nickel, & Saldanha-Da-Gama, 2009). مکانیابی تسهیلات تامین، فرآوری، انبار در شبکه زنجیره تامین با اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و استفاده بهینه از ظرفیت امکانات موجود انجام می‌شود (Mohebalizadehgashti, et al., 2020). تصمیمات استراتژیک با تاثیرات بلندمدت در زنجیره تامین محصولات با عمر محدود، مانند گل با در نظر گرفتن عمر محصولات مهم است (de Keizer et

al., 2017). مکانیابی مراکز مختلف در شبکه زنجیره تامین چند سطحی برای مواد غذایی مانند حبوبات با توجه به تقاضای عمده آن در افق برنامه‌ریزی استراتژیک مهم است (Apaiah & Hendrix, 2005). مدل‌های تاکتیکی با عمومی‌ترین کاربردها شامل مدل‌های برنامه-ریزی محصول، برنامه‌ریزی برداشت، انتخاب محصول و ظرفیت نیروی کار است این مدل‌ها معمولاً به‌صورت مدل‌های استراتژیک-تاکتیکی وجود دارند و در زنجیره محصولاتی مانند گندم، جهت توزیع و حمل آن ارایه شده است (Bilgen & Ozkarahan, 2007). در برنامه-ریزی عملیاتی اغلب درباره مسایل استراتژیک و تاکتیکی از قبل تصمیم‌گیری شده است (Ahumada & Villalobos, 2011) و یکی از مهم‌ترین تصمیمات عملیاتی برای محصولات فسادپذیر، تنظیم دما پس از برداشت گیاه در حین نگهداری و حمل و نقل است. گیاهان دارویی تازه به‌دلیل فساد پذیری اغلب بایستی قبل از یخچالی شدن در حمل و نقل، پیش سردسازی شوند (Shukla & Jharkharia, 2013). در برنامه‌ریزی عملیاتی تامین گیاه فلفل تازه، مناسب است مراحل تولید، حمل و توزیع و همچنین، حفظ کیفیت ماده یکپارچه شده و دما در سطح عملیاتی در مراکز توزیع و در حین حمل‌ونقل برای ارسال کالا به خرده‌فروشان مختلف با سطح انتظار کیفیت مورد تقاضای مشتریان تعیین شود (Rong, Akkerman, & Grunow, 2011). به‌طور کلی، انواع مدل‌ها و تصمیمات زنجیره در سطوح چهارگانه تامین، فرآوری، توزیع و مشتری در ادامه آمده است.

#### مدل‌ها در ۴ سطح خرید- فرآوری- توزیع- مشتری

در راستای حداکثرسازی تقاضا و درآمد می‌توان مدل‌های یکپارچه‌ای از تولید، برداشت و انبار اقلام فسادپذیر به‌همراه توابع رشد و زیان در ارتباط با کیفیت محصولات کشاورزی پس از برداشت توسعه داد (Ahumada & Villalobos, 2009). در یک سیستم یکپارچه تولید- توزیع PDS DP می‌توان توسعه یا محدود کردن تسهیلات را از دیدگاه استراتژیک ارزیابی کرد (Rantala, 2004). یکی از راهکارها در راستای کم

1. Activation energy
2. Gas constant



شده است. بیشتر مدل‌های طراحی زنجیره تامین کشاورزی- غذایی دارای ۳، ۴ یا ۵ سطح هستند که اغلب شامل بخش‌های تامین مواد اولیه، فرآوری، انبار- توزیع و مشتری است و در اغلب برنامه‌ریزی‌ها حمل و نقل بین بخش‌ها نیز در سطح عملیاتی انجام شده است. در مقاله حاضر زنجیره گیاه دارویی رازیانه به صورت برنامه‌ریزی دوهدفه، رو به جلو، با پارامترهای قطعی، با برنامه‌ریزی خطی و مختلط عدد صحیح و با در نظر داشتن چهار سطح خریداری گیاه، فرآوری، توزیع و مشتری به همراه حمل و نقل مورد مطالعه قرار گرفته شده است. نوآوری‌های تحقیق شامل در نظر گرفتن معیار کیفیت از نظر مشتری در کنار سود زنجیره در یک زنجیره تامین محصول فسادپذیر و همچنین، به کارگیری نتایج تحقیق در کشور به صورت شبکه زنجیره تامین گیاه دارویی است. روش تحقیق کمی و از نوع مطالعه موردی است.

### روش تحقیق

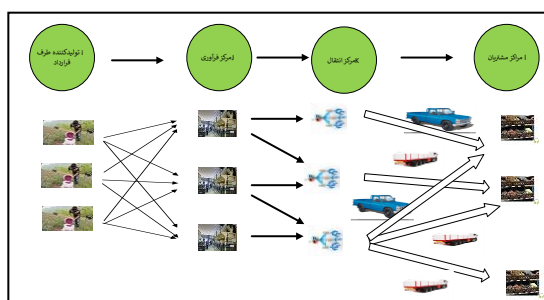
در این مقاله شبکه زنجیره تامین شامل ۴ سطح از تامین تا مشتری نهایی است. روش تحقیق کمی و به- صورت مطالعه موردی است. در سطح اول، محصولات به صورت تضمینی طی قراردادهایی با تولیدکنندگان خریداری می‌شوند. در سطح دوم، زنجیره مراکز تجمیع هستند که به دلیل حجیم بودن دستگاه‌های فرآوری و پایین آوردن هزینه کل فرآوری، دستگاه‌ها به صورت متمرکز در مراکز مکانیابی شده مستقر می‌شوند. دو نوع محصول در زنجیره مورد نظر است. محصول نوع اول، محصول تازه و محصول دوم محصول خشک شده است که هر دو بسته‌بندی می‌شوند. در سطح سوم، مراکز انتقال قرار دارند که محصولات به این مراکز انتقال می- یابند و تا زمان بارگیری و حمل به مراکز مشتریان، در این مراکز در شرایط دمایی مناسب سردسازی برای محصولات نگهداری می‌شوند. سطح چهارم زنجیره نیز مشتریان هستند.

کردن نرخ افت کیفیت گیاهان دارویی، فرآوری مانند خشک کردن است. دمای خشک کن ۴۵ °C و رطوبت نسبی ۵۰٪ در محصول برگی می‌تواند بهترین شرایط برای خشک کردن گیاه دارویی و حداکثر حفظ کیفیت (سبزی) گیاه مانند برگ گشنیز باشد (Arabhosseini, 2005b). در امر نگهداری محصولات به دلیل وجود تولیدکننده های مختلف و همچنین، محصولات فرآوری شده مختلف، انتخاب سردخانه و انتخاب مرکز مناسب تا زمان انجام عملیات بعدی از تصمیمات مهم هستند (Soto-Silva, et al., 2017). همچنین، تعیین شرایط انبارش و دمای سردسازی مناسب براساس رابطه (۲)، به کمتر کردن نرخ تنزل کیفیت کمک می‌کند. دمای مناسب سرد سازی برای محصولات سبزیجات تازه بین ۴ تا ۸ °C و برای محصولات خشک ۲۰ تا ۲۵ °C است و همچنین، اساساً دمای سردسازی بسیار به اصل جغرافیایی محصول بستگی دارد و مثلاً برای محصولات استوایی بیشتر و برای محصولات مناطق سردسیر کمتر است (Aung & Chang, 2014). یکی دیگر از اهداف در برنامه‌ریزی زنجیره تامین، یکپارچه کردن انبار و حمل و نقل است که تاثیراتی عمده بر هزینه کل، رضایت مشتری و سطح موجودی در انبار دارد (Mason, Ribera, Farris, & Kirk, 2003). مجموعه‌ای از مقالات با مدل‌سازی کمی در زمینه محصولات مرتبط با گیاهان دارویی با در نظر داشتن نوع تصمیم‌گیری و سطح تصمیمات در زنجیره و معیارهای تصمیم‌گیری به صورت خلاصه در جدول ۱ آمده است.

با توجه به جدول ۱ در طی دو دهه اخیر بیشتر تصمیمات زنجیره تامین از نوع تاکتیکی و عملیاتی، با پیش فرض تصمیمات استراتژیک هستند. در غالب مدل- ها، معیار اقتصادی زنجیره در نظر گرفته شده و معیارهای کیفیت و محیط‌زیست نیز در کنار معیار اقتصادی در نظر گرفته شده است. در چهار مورد اخیر از مقالات، هدف حفظ کیفیت محصولات فسادپذیر لحاظ

جدول ۱ - خلاصه مرور ادبیات مدل‌های کمی زنجیره تامین محصولات فسادپذیر دارای مورد مطالعه

حوزه مطالعه	اجزاء شبکه	تعداد محصول در زنجیره	سطح تصمیمات	نحوه مواجهه با عدم قطعیت-	جریان	پویایی	نوع مدل		نوع مساله نویسنده و سال انتشار
							خطی (MILP)	غیرخطی (MINLP)	
داروی گیاهی و داروسازی	کشاورزی - دامی - کشاورزی گل و گیاه دارویی داروی گیاهی و داروسازی	چند محصول	تأمین مواد اولیه برداشت حمل و نقل انبار فرآوری توزیع مشتری	تاکتیکی عملیاتی تک محصول	استراتژیک شامل مکانیابی بدون مکانیابی	فازی احتمالی استوار	رو به جلو رو به عقب	استاتیکی پویا	Mohebalizade, 2020
									Soto-silva, 2017
									De keizer et. al, 2017
									Banasik et al, 2017
									Kalantari et. al, 2016
									Ghezavati et al, 2015
									Ahumada et al, 2012
									Rong et al., 2011
									Ahumada et al., 2011
									Ferrer J. C. et. al, 2008
									Bilgen et al, 2007
									Levis et al, 2004
									Miller et al., 1997
تحقیق حاضر									



شکل ۵: نمودار جریان زنجیره گیاهان دارویی

مسائل طراحی شبکه در سطح استراتژیک شامل مکانیابی مراکز فرآوری و توزیع و در سطح تکنیکال شامل تخصیص مراکز توزیع به مراکز مشتریان است. در این شبکه، تصمیمات عملیاتی شامل تعیین مقادیر و حالت‌های حمل تریلی یا وانت بین بخش‌های مختلف زنجیره برای تامین تقاضای مشتریان عمده نیز مورد توجه است. نمایشی از زنجیره در شکل ۵ دیده می‌شود.

تعدادی مراکز بالقوه برای تجمیع محصولات، با ظرفیت مشخص در سطح استان از قبل در نظر گرفته شده است.

تعدادی مراکز انبار بالقوه با ظرفیت مشخص در سطح استان از قبل در نظر گرفته شده است. محصولات رازیانه شامل دو نوع گیاه خام و بذر خشک شده است.

تقاضا برای محصول گیاه دارویی مورد نظر به صورت کلی در مراکز استان‌های مختلف کشور مشخص است و متولی زنجیره مجاز است به هر ترکیب از محصولات فرآوری شده، تقاضای مشتریان را تامین کند.

سبزی گیاه دارویی به‌عنوان شاخص کیفیت این محصول مورد نظر است و میزان سبزی گیاه در دمای ثابت به‌صورت خطی با شیب ثابت منفی معادل (k-) در طول زمان طبق رابطه (۱) کاهش می‌یابد (Labuza, 1982).

سرعت حمل در فاصله بین مراکز به‌صورت یکنواخت فرض شده است و زمان سفر (t)، طبق رابطه (۳) با مسافت (d) و سرعت (v) مرتبط است.

$$t = d / v \quad (۳)$$

هزینه زنجیره شامل هزینه ثابت احداث برای هر یک از مکان‌های فرآوری و مراکز انبار و هزینه متغیر شامل تامین مواد اولیه و هزینه حمل و نقل سرد و هزینه‌های عملیاتی شامل تخلیه و بارگیری و فرآوری خشک کردن و همچنین، هزینه نگهداری (موقت) در مراکز توزیع است (Nakandala, Lau, & Zhang, 2016).

#### علایم به کار رفته در مدل

علایم به‌کار رفته در مدل شامل مجموعه‌ها و اندیس‌های مرتبط با آنها، پارامترها و متغیرهای تصمیم به شرح زیر است:

#### مجموعه‌ها و اندیس‌ها

$i \in I$	شاخص مراکز تولید و زراعت محصول
$j \in J$	شاخص مرکز فرآوری محصول
$k \in K$	شاخص مراکز انتقال
$l \in L$	شاخص مشتریان
$m \in M$	نوع روش حمل و نقل (۱) حمل با تریلی،

پس از مطالعه ادبیات موضوع و با در نظر گرفتن مفروضاتی برای شبکه زنجیره تامین گیاهان دارویی، مدلسازی ریاضی به روش MILP با دو هدف سود زنجیره و کیفیت نهایی محصول انجام شده است. ویژگی کیفی رنگ سبزی گیاه در بررسی کیفیت گیاه مورد نظر تحقیق است (Arabhosseini, 2005a). کیفیت نهایی به‌صورت تفاضل کیفیت ماده اولیه و کیفیت از بین رفته (به‌صورت تابعی از متغیر زمان) طبق رابطه (۱) در نظر گرفته شده است. مدل توسط داده‌های واقعی در مورد مطالعه گیاه رازیانه مورد بررسی و صحت سنجی قرار گرفته است.

تحقیق حاضر در دسته تحقیقات کاربردی قرار دارد و به هدف طراحی یکپارچه مراحل چندگانه تامین (خرید) مواد اولیه، تجمیع و بسته‌بندی، توزیع و مشتری در زنجیره تامین محصول گیاه دارویی با در نظر گرفتن ویژگی کیفی محصول و همچنین سود محصولات انجام شده است. موضوع از دید نهاد متولی گیاهان دارویی در اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی استان همدان و به دنبال افزایش درآمد از طریق ارایه محصول با کیفیت و جلب رضایت بازار عمده‌فروشان کل کشور انجام شده است. مدل برنامه ریزی ریاضی در نرم‌افزار GAMS نسخه 24.1.2، برنامه نویسی و به روش دقیق توسط برنامه Cplex در رایانه با پردازنده Intel 2.13 GHz processor حل شده است. با بررسی پاسخ‌ها در حالات مختلف، مدل صحت سنجی و اعتبار سنجی شده است.

#### مدل ریاضی

در این بخش، تشریح کامل شبکه زنجیره تامین به صورت مدل ریاضی، شامل مفروضات، نشانه‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم ارایه شده است.

#### مفروضات مدل

قرارداد تامین محصول با مراکز تامین کننده (مزارع) در سطح استان از قبل انجام شده و تامین‌کنندگان مشخص است.

اگر مرکز توزیع  $k$  ام مجهز به سطح دمای سردسازی  $X_k^p$  برای محصول نوع  $p$  ام باشد ۱، در غیر اینصورت ۰

میزان محصول ارسالی از مرکز تولید  $i$  ام به مرکز فرآوری  $j$   $q_{ij}^p$

میزان محصول فرآوری شده نوع  $p$  ام در مرکز  $j$   $q_j^p$

میزان محصول نوع  $p$  ام ارسالی از مرکز فرآوری  $j$  ام به مرکز توزیع  $k$  با وسیله نقلیه  $m$   $q_{j \rightarrow k}^p$

میزان محصول نوع  $p$  ارسالی از مرکز توزیع  $k$   $q_k^p$

میزان محصول نوع فرآوری  $p$  ام ارسالی از مرکز توزیع  $k$  ام به مشتری  $l$  از طریق روش حمل  $m$   $q_{k \rightarrow l}^p$

میزان محصول ارسالی نوع  $p$  ام به مشتری  $l$   $q_l^p$

تعداد وسیله موردنیاز از مد حمل و نقل نوع  $m$  ارسالی از مرکز  $i$  ام به مرکز فرآوری  $j$   $N_{i \rightarrow j}^m$

تعداد وسیله موردنیاز از مد حمل و نقل نوع  $m$  ارسالی از مرکز فرآوری  $j$  ام به مرکز توزیع  $k$   $N_{j \rightarrow k}^m$

تعداد وسیله موردنیاز از مد حمل و نقل نوع  $m$  ارسالی از مرکز توزیع  $k$  ام به مشتری  $l$   $N_{k \rightarrow l}^m$

**تابع هدف و محدودیت ها**

مدل طراحی شده دارای دو تابع هدف از نوع بیشینه سازی است. محدودیت ها، شامل محدودیت های تعادل بین ورودی ها و خروجی ها و محدودیت های ظرفیت و محدودیت برآورده کردن تقاضاها است. در ادامه، به جزییات مدل پرداخته شده است.

**توابع هدف**

$$Obj\ 1: Max\ Rev = \sum_{l,p} Sa^p . q_l^p - \sum_{i,j} Pr_i . q_{i \rightarrow j}^p - (\sum_{j,p} Capt\ cost_j^p . x_j^p + \sum_{k,p} Capt\ cost_k^p . x_k^p) - (\sum_{j,p} Oper\ cost_j^p . q_j^p + \sum_{k,p} Invest\ cost_k^p . q_k^p) - (\sum_{i,j} Trans\ cost_{i \rightarrow j}^m . q_{i \rightarrow j}^m + \sum_{j,k,p,m} Trans\ cost_{j \rightarrow k}^m . q_{j \rightarrow k}^m) - (\sum_{k,l,p,m} Trans\ cost_{k \rightarrow l}^m . q_{k \rightarrow l}^m) \tag{۴}$$

$$Obj2: Max\ final\ quality =$$

$$\sum_{i,j,m,l,k,p} \alpha(p) * (Q(i).pd_i - r(p). (d_{ij} / v_{i \rightarrow j}^m)). q_{ij}^p - r(p). (d_{jk} / v_{j \rightarrow k}^m). q_{jmkp}^p - r(p). (d_{kl} / v_{k \rightarrow l}^m). q_{k \rightarrow l}^p \tag{۵}$$

**محدودیت های تعادل جریان**

$$q_j^p = \sum_k q_{j \rightarrow k}^p \quad \forall j, p \tag{۶}$$

$m=۲$  حمل با وانت بار)

$p \in P$  نوع محصول (گیاه خام  $p=۱$ ، بذر خشک شده  $p=۲$ )

**پارامترها**

$Pd_i$  میزان تولید محصول مرکز تولید  $i$  (تن)

$Pr_i$  قیمت خرید واحد محصول از مزرعه دار  $i$  (تومان  $۱۰^۶$ )

$Sa^p$  قیمت فروش واحد محصول نوع  $p$  (تن/تومان  $۱۰^۶$ )

$Cap_j^p$  ظرفیت مرکز فرآوری  $j$  ام در محصول نوع  $p$  (تن)

$Cap_k^p$  ظرفیت مرکز توزیع  $k$  ام در محصول نوع  $p$  (تن)

$Cap_m^p$  ظرفیت مد حمل و نقل  $m$  برای محصول نوع  $p$  (تن)

$d_{ij}$  مسافت بین مرکز تولید  $i$  و مرکز فرآوری  $j$  (Km)

$d_{jk}$  مسافت بین مرکز فرآوری  $j$  و مرکز توزیع  $k$  (Km)

$v_{i \rightarrow j}^m$  سرعت حمل و نقل بین مرکز تولید  $i$  و مرکز فرآوری  $j$  با حالت حمل  $m$  (Km/h)

$v_{j \rightarrow k}^m$  سرعت حمل و نقل بین مرکز فرآوری  $j$  ام و مرکز توزیع  $k$  با حالت حمل  $m$  (Km/h)

$v_{k \rightarrow l}^m$  سرعت حمل و نقل بین مرکز توزیع  $k$  ام و مشتری  $l$  با حالت حمل  $m$  (Km/h)

$Capt\ cost_j^p$  هزینه سرمایه گذاری برای ایجاد مرکز فرآوری برای هر واحد محصول نوع  $p$

$Trans\ cost_m^p$  هزینه حمل هر واحد (تن) محصول نوع  $p$  با حالت حمل  $m$

$r_p$  نرخ تنزل کیفیت محصول خام و فرآوری شده  $p$

$Q_i$  کیفیت اولیه (رنگ سبز) محصول در مرکز  $i$

$\alpha(p)$  درصد افت کلی کیفیت اولیه در محصول نوع  $p$  ام

$d_l$  میزان تقاضای مشتری مرکز  $l$

**متغیرهای تصمیم**

$X_j$  اگر مرکز فرآوری  $j$  احداث شود ۱، در غیر اینصورت ۰

$X_k$  اگر محل انبار  $k$  احداث شود ۱، در غیر اینصورت ۰

$X_j^p$  اگر فرآوری نوع  $p$  ام محصول در مرکز فرآوری  $j$  انجام شود ۱، در غیر اینصورت ۰

هزینه تن- کیلومتر در حالات مختلف حمل است. رابطه (۵) تابع هدف حداکثرسازی کیفیت محصول در دست مشتری است. این تابع به صورت خطی است. کیفیت نهایی به صورت تفریق کیفیت اولیه با در نظر گرفتن افت کیفیت در فرآوری و افت کیفیت در طول حمل محصولات با استفاده از نرخ تنزل کیفیت  $r(p)$  در طول زمان، بین مراکز مختلف از خرید محصولات تا مراکز فرآوری، از مراکز فرآوری تا مراکز توزیع و از مراکز توزیع تا مشتریان عمده فروش است. زمان حمل در این رابطه با فرض سرعت یکنواخت وسایط حمل و نقل، طبق رابطه (۳) در نظر گرفته شده است. که در نتیجه، میزان افت کیفیت در هر مرحله حمل بین بخش‌ها معادل  $r(p).(d/v)$  لحاظ شده است.

مدل با هدف حداکثرسازی همزمان کیفیت و سود به انتخاب مراکز فرآوری و توزیع می‌پردازد، به گونه‌ای که کوتاهترین فواصل بین بخشها انتخاب شود و همچنین، نوع حالت حمل بین بخش‌ها به گونه‌ای انتخاب می‌شود که هم هزینه‌های حمل حداقل شود و همچنین، حالت حمل با سرعت بیشتر انتخاب گردد تا زمان حمل محصولات کمتر گردد و به این ترتیب، کیفیت محصول به صورت کمینه افت می‌کند. رابطه (۶) معادله تعادل در هر گره مربوط به مراکز فرآوری در انواع محصولات است. رابطه (۷) و (۹) معادله تعادل هر یک از انواع محصولات فرآوری شده در مراکز توزیع است. رابطه (۸) و (۱۰) معادله تعادل میزان محصولات در دست مشتریان در مراکز استان‌ها است. رابطه (۱۱) نامعادله محدودیت ظرفیت تولید مزارع، (۱۲) نامعادله محدودیت ظرفیت مراکز فرآوری و (۱۳) نامعادله محدودیت ظرفیت مراکز توزیع است. رابطه (۱۴) و (۱۵) و (۱۶)، به ترتیب نامعادله محدودیت ظرفیت حالات حمل بین مراکز خرید مواد اولیه تا مراکز فرآوری، نامعادله محدودیت ظرفیت حالات حمل مراکز فرآوری تا مراکز توزیع و نامعادله محدودیت ظرفیت حالات حمل مراکز توزیع تا مشتریان است. رابطه (۱۷) نامعادله تقاضا است. رابطه (۱۸) و (۱۹) و (۲۰) به ترتیب معادله محاسبه تعداد وسایط نقلیه نوع  $m$  بین مراکز در زنجیره است. رابطه (۲۱) نشانگر نوع متغیرهای تصمیم است.

$$q_k^p = \sum_j q_{j \rightarrow k}^p \quad \forall k, p \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$q_l^p = \sum_{k,m} q_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p \quad \forall l, p \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$q_k^p = \sum_{l,m} q_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p \quad \forall k, p \quad \text{رابطه (۹)}$$

$$q_l = \sum_p q_l^p \quad \forall l \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

**محدودیت‌های ظرفیت**

$$\sum_j q_{ij} \leq Pd_i \quad \forall i \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$q_j^p \leq Cap_j^p .x_j^p \quad \forall j, p \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$q_k^p \leq Cap_k^p .x_k^p \quad \forall k, p \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$q_{ij} \leq Cap_m .N_{i \rightarrow m \rightarrow j} \quad \forall i, j, m \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$q_{j \rightarrow m \rightarrow k}^p \leq Cap_m^p .N_{j \rightarrow m \rightarrow k}^p \quad \forall j, k, m, p \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$q_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p \leq Cap_m^p .N_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p \quad \forall k, l, m, p \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

$$q_l \geq d_l \quad \forall l \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

$$N_{i \rightarrow j} = \left[ \sum q_{ij} / cap_m \right] + 1 \quad \forall i, j, m \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

$$N_{j \rightarrow m \rightarrow k} = \left[ \sum_p N_{j \rightarrow m \rightarrow k}^p / cap_m^p \right] + 1 \quad \forall j, k, m, p \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

$$N_{k \rightarrow m \rightarrow l} = \left[ \sum_p N_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p \right] + 1 \quad \forall k, m, l \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

**نوع متغیرها**

$$\begin{aligned} X_j, X_k, X_j^p, X_k^p &\in \{0,1\}, \\ q_{i \rightarrow j}, q_j^p, q_{j \rightarrow m \rightarrow k}^p, q_k^p, q_{k \rightarrow m \rightarrow l}^p, q_l^p, q_l &\geq 0 \\ N_{j \rightarrow m \rightarrow k}, N_{k \rightarrow m \rightarrow l} & \\ \forall i, j, k, m, l, p & \end{aligned} \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

برنامه‌ریزی به صورت یک مدل دوهدفه است. رابطه (۴) تابع هدف حداکثرسازی سود است که معادل با تفریق درآمد حاصل از فروش و هزینه‌هاست. هزینه‌ها به ترتیب در این رابطه شامل هزینه خرید محصولات از مزرعه‌داران، هزینه ثابت احداث مراکز فرآوری و مراکز توزیع، هزینه عملیاتی مراکز فرآوری و هزینه نگهداری موقت محصولات در مراکز توزیع و همچنین، هزینه حمل در طول فواصل بین بخش‌ها با استفاده از عامل

### نتایج و بحث

مدل ریاضی ارایه شده با استفاده از داده‌های قطعی در زنجیره تامین مورد مطالعه گیاه دارویی رازیانه کشت شده در استان همدان مورد بررسی قرار گرفته شده است. داده‌ها شامل هزینه‌های خرید واحد محصول از مزارع مختلف با کیفیت‌های اولیه مختلف، درصد افت اولیه کیفیت دو نوع محصول خام و خشک شده  $\alpha(p)$ ، هزینه‌های ثابت احداث و هزینه‌های عملیاتی بخش‌های مختلف زنجیره، هزینه‌های تن- کیلومتر حالات حمل، قیمت فروش واحد محصول در سال ۱۳۹۷ و نرخ زوال هر نوع محصول فرآوری شده  $\alpha_p$  است. داده‌های مربوط به پارامترهای مساله در مورد مطالعه از طریق مصاحبه با خبرگان در شرکت رازیان و همچنین، کارشناسان اتاق بازرگانی، صنایع و معادن و کشاورزی استان استخراج شده است. برای حل مدل نیاز به استفاده از روش‌های فرا ابتکاری نیست و مدل به روش دقیق در زیر برنامه Cplex حل شده است. پاسخ‌های ایده‌آل (\*) و ضد ایده‌آل (nadir) به ترتیب برای تابع هدف اول (سود) و تابع هدف دوم (کیفیت نهایی) به این صورت است:

$$Utility^* = +91470,$$

$$Utility_{nadir} = -86370 \text{ (تومان } 10^6 \text{)}$$

$$Quality^* = +5875,$$

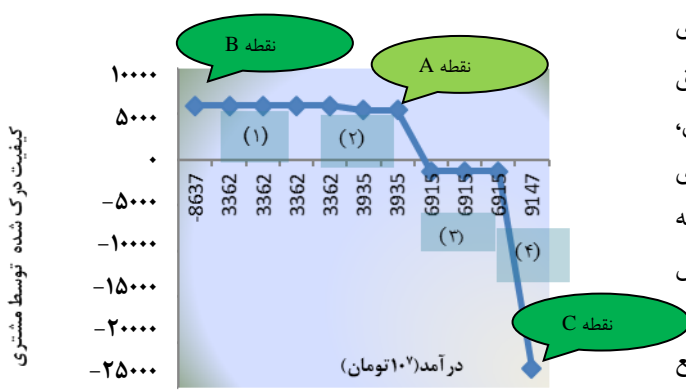
$$Quality_{nadir} = -22854$$

کیفیت اولیه و نهایی به صورت سبزی گیاه به صورت نسبتی از ۱۰۰ درصد رنگ سبز گیاه در نظر گرفته شده است. بنابراین، واحد شمارش کیفیت، مجموع کیفیت-های کل محصولات با در نظر گرفتن نسبتی از حداکثر کیفیت ۱۰۰ درصد برای هر واحد (تن) محصول است. سود بهینه بدون در نظر گرفتن کیفیت محصولات به میزان ۹۱۴۷۰ (تومان) است. در این حالت کیفیت نهایی برای مجموع کل محصولات به میزان مقدار ۲۲۸۵۴- (واحد) است.

کیفیت بهینه به میزان ۵۸۷۵ (واحد) برای کل واحد محصولات است. در این حالت، سود به میزان ۸۶۳۷۰- (۱۰<sup>۶</sup> تومان) و به معنی ضرر است.

#### تعیین مرز پاسخ‌های موثر

با توجه به اینکه اهداف در این مساله دارای تعارض هستند، حل موثر مساله دوهدفه برنامه ریزی فوق به-روش محدودیت افسیلن<sup>۳</sup> در شکل ۶، در بخش‌های (۲) و (۴) نمودار نشان داده شده است. همچنین، دو حالت بهینه تک هدف سود و کیفیت به ترتیب در دو نقطه C و B دیده می‌شود.



شکل ۶: نمودار تغییرات تابع کیفیت بر حسب تابع سود

تابع نرمال شده به صورت مجموع موزون توابع هدف به صورت رابطه (۲۲) تعریف شده است.

$$Z_0 = w_1 * (Z_1 / Z_1^*) + w_2 * (Z_2 / Z_2^*) \quad \text{رابطه (۲۲)}$$

$Z_1^*$  و  $Z_2^*$  پاسخ‌های ایده‌آل توابع هدف هستند. پاسخ‌های مدل در در نقطه A، نقطه برابری اهمیت دو تابع سود و کیفیت از نظر تصمیم گیرنده (۵،  $w_1=w_2=0$ )، ارایه شده و برای تحلیل حساسیت مدل مورد استفاده قرار گرفته است. در این نقطه سود به میزان ۳۹۳۵۰ (تومان) و کیفیت به میزان ۵۸۷۵ واحد برای کل محصولات است.

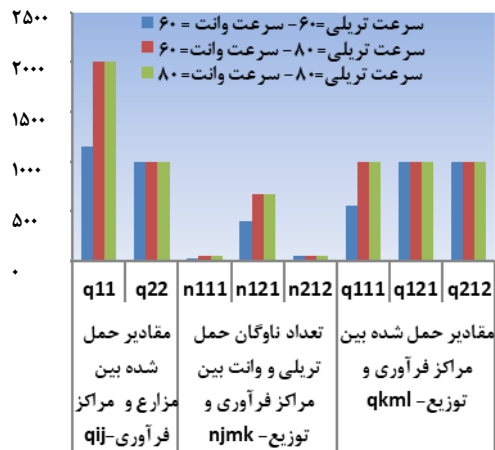
#### تحلیل حساسیت

در این بخش، سنجش صحت مدل به کمک بررسی رفتار مدل نسبت به تغییرات برخی پارامترهای مهم

1. www.razian.co  
2. www.hccim.com

3. Epsilon- constraint

تغییر سرعت دو وسیله نقلیه نوع تخصیص‌های بین انواع مراکز، ثابت می‌ماند.

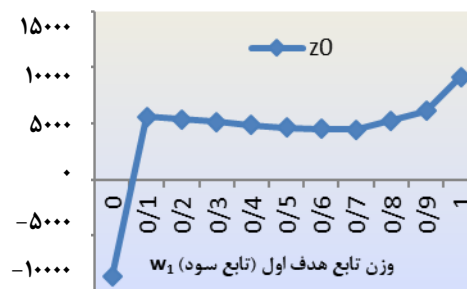


شکل ۸: نمودار تغییرات مقادیر جابجا شده توسط حالات حمل نسبت به سرعت‌های حمل و نقل

با توجه به سمت چپ نمودار، در همه سه حالت سرعت حمل، محصولات مزرعه ۱ به مرکز فرآوری ۱ و محصولات مزرعه ۲ به مرکز فرآوری ۲ منتقل می‌شوند. همانطور که در سمت راست نمودار دیده می‌شود، تخصیص مراکز فرآوری به مراکز توزیع در هر سه حالت تغییرات سرعت حمل، مشابه و انتخاب نوع حمل هم مشابه انتخاب شده است. بنابراین، نوع تخصیص‌ها به سرعت‌های حمل حساسیت نشان نمی‌دهد. اما با توجه به تغییر ارتفاع میله‌ها در نمودار فوق، می‌توان نتیجه گرفت میزان کالای حمل شده و تعداد ناوگان حمل‌ونقل موردنیاز به تغییرات سرعت حمل و نقل، واکنش نشان می‌دهد. همچنین، مقادیر حمل به تغییر سرعت تریلی حساسیت بیشتری نشان می‌دهد تا به سرعت حمل و نقل وانت. به این ترتیب، با تغییرات سرعت حمل ناوگان در هر حالت از سمت چپ به راست (یعنی رنگ آبی به سمت رنگ قرمز) که سرعت کل هر دو ناوگان بیشتر می‌شود مقادیر تخصیص هم بیشتر می‌گردد. این امر نشان دهنده این است که میزان حمل‌ونقل کالاها تمایل به این دارد حمل‌ونقل کالاها را به ناوگان با سرعت بیشتر تخصیص دهد. حالات فوق به این دلیل است که با صرف هزینه نسبتاً بیشتر برای انجام حمل با سرعت

انجام شده است. پارامترهای تحلیل شده شامل ۱- وزن توابع هدف ۲- سرعت حالات حمل است. نتایج بررسی به‌صورت زیر است: همانطور که در شکل ۷ دیده می‌شود با افزایش اهمیت تابع سود، تابع نرمال شده افزایش می‌یابد و تابع موزون در حالت حداکثر وزن تابع سود به بیشترین مقدار رسیده است.

رفتار تابع نرمال شده اهداف نسبت به تغییرات وزن تابع سود



شکل ۷: نمودار تغییرات تابع نرمال توابع هدف بر حسب وزن تابع سود

بنابراین، با توجه به شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت که تابع نرمال شده اهداف، حساسیت بیشتری نسبت به تابع سود دارد تا به تابع کیفیت. یکی از تصمیماتی که بر هر دو تابع سود و کیفیت تاثیر می‌گذارد، انتخاب حالت حمل‌ونقل است. با توجه به رابطه (۱)، تابع هزینه شامل هزینه حمل نیز است و هزینه حمل شامل هزینه تن- کیلومتر برای هر نوع ناوگان حمل و نقل است. در بعد کیفیت، با توجه به رابطه (۲) تابع کیفیت نهایی درک شده با سرعت حمل- و نقل رابطه مستقیم دارد. از طرفی، تامین ناوگان حمل با سرعت بالا، دارای هزینه تن- کیلومتر بیشتر است. به- عبارتی، کیفیت بالا باعث می‌شود هزینه بیشتر و سود کل کم شود. در راستای تحلیل رفتار مدل نسبت به سرعت حالات حمل و نقل، تغییرات مقادیر حمل بین مراکز مختلف نسبت به تغییرات سرعت حمل با تریلی و وانت و همچنین تغییرات سود و کیفیت با توجه به تغییرات سرعت ناوگان حمل و نقل بررسی شده است. انتخاب حالات و مقادیر حمل‌شده در سرعت مختلف حالات حمل

در این قسمت، پاسخ مساله در ۳ حالت سرعت حمل و نقل ناوگان در شکل ۸ خلاصه شده است. با

### نتیجه گیری

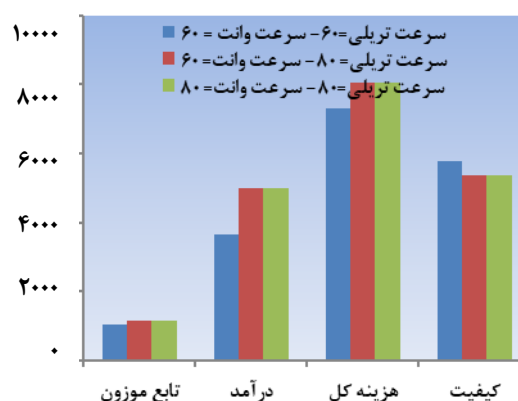
تا کنون در تحقیقات معدودی کیفیت محصول فسادپذیر گیاهان دارویی در طول زنجیره تامین در نظر گرفته شده است. در تحقیقات عامل دمای حمل در کیفیت محصول و در طراحی بخش‌های زنجیره در نظر گرفته شده است (Rong, et al., 2011)، همچنین دمای خشک کردن و انبارش سرد در سبزیجات و گیاه دارویی (Arabhosseini, 2005a) بررسی شده است. تاکنون بررسی کیفیت محصولات گیاهان دارویی در قالب یک زنجیره تامین چند سطحی با اجزای مختلف به صورت یکپارچه ارائه نشده است. تحقیق حاضر با در نظر گرفتن دو جنبه سود و کیفیت به طور همزمان در یک شبکه زنجیره تامین محصول فسادپذیر، در چهار سطح اصلی زنجیره، به تصمیمات در سطوح مختلف استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی پرداخته است. تحقیق حاضر با کمینه کردن افت ویژگی کیفی در طول زنجیره با استفاده از انتخاب مناسب حالات حمل و نقل بخش‌های مختلف را یکپارچه کرده است.

در این مقاله، مساله طراحی شبکه زنجیره تامین محصول گیاهان دارویی با تاکید بر فسادپذیری آن به صورت یک مساله برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه بیان و مدل‌سازی شده و در مورد مطالعه تامین گیاه دارویی رازیانه استان همدان و عرضه آن به تمام کشور، انجام شده است. برنامه‌ریزی علاوه بر اهمیت سودآوری محصول، به دلیل اهمیت کیفیت و سلامت ماده گیاه دارویی و فرآورده‌های آن برای مصرف کننده، مبتنی بر حداقل سازی افت کیفیت محصول در طی زمان و بنابراین، حداکثرسازی کیفیت نهایی محصول نیز است. در این شبکه، مکانیابی مراکز مختلف فرآوری و همچنین، مراکز توزیع در سطح استراتژیک انجام شد. همچنین، نحوه تخصیص کالاها از انواع مختلف برای پاسخ به نیاز مشتریان و کانال عرضه محصول از تولیدکننده تا مراکز فرآوری و سپس، تا مراکز توزیع و سپس به مشتری تعیین شد. همچنین، در سطوح عملیاتی میزان کالای ارسالی از دو نوع محصول رازیانه تازه و خشک شده و نحوه حمل و نقل آن در بین بخش‌ها تعیین شد. دو عامل نرخ نزول کیفیت محصول فسادپذیر و همچنین، طول زمان حمل، عوامل اصلی افت کیفیت

بیشتر، افت کیفیت بسیار کمتر و محصولات با کیفیت نهایی بیشتری در انتهای زنجیره حاصل شود.

### رفتار توابع هدف نسبت به سرعت های مختلف حالات حمل

همانطور که انتظار می‌رود تابع سود و کیفیت هر دو نسبت به تغییرات سرعت حمل واکنش نشان می‌دهند. نتیجه تغییرات توابع مختلف نسبت به تغییرات سرعت حمل ناوگان به طور خلاصه در شکل ۹ دیده می‌شود.

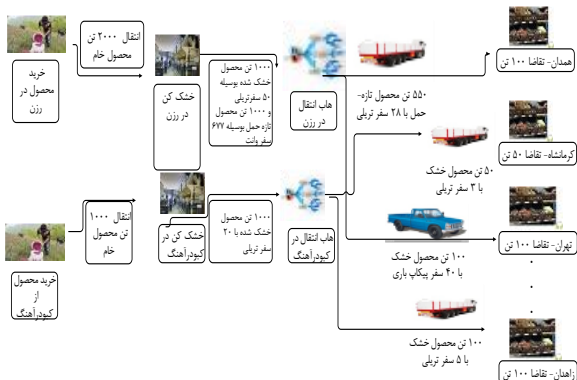


شکل ۹: نمودار تغییرات مقادیر توابع هدف نسبت به تغییرات سرعت ناوگان حمل و نقل

با توجه به نمودار فوق، با افزایش سرعت ناوگان (از میله آبی به سمت میله سبز)، تابع در آمد، هزینه کل، تابع سود و همچنین، تابع موزون افزایش می‌یابد. با وجود اینکه با افزایش سرعت ناوگان، هزینه حمل و هزینه کل افزایش می‌یابد به دلیل تغییرات مقادیر تخصیص یافته به ناوگان با سرعت بالا بر اساس تحلیل انجام شده در شکل ۶، محصول با کیفیت بالا و با قیمت بالا، به مشتریان تحویل داده می‌شود که این باعث افزایش درآمد و سود بیشتر نیز می‌شود. همچنین، به دلیل حساسیت بیشتر تابع موزون به تابع سود بر اساس تحلیل در شکل ۵، جهت افزایش تابع موزون باید از ناوگان حمل با سرعت بیشتر استفاده کرد. بررسی‌های فوق نشان می‌دهد مدل به تغییرات پارامترها پاسخ‌های صحیح و منطقی نشان داده است و مدل از صحت برخوردار است. همچنین، با مقایسه پاسخ‌ها با شرایط واقعی زنجیره تامین محصول، این نتیجه حاصل شده است که مدل معتبر است.



شبکه زنجیره تامین به همراه پاسخها در نقطه موثر انتخابی A به صورت شکل ۱۰ است.



شکل ۱۰: شبکه زنجیره تامین گیاهان دارویی رازیانه

به این ترتیب، برای ایجاد شبکه زنجیره تامین گیاه دارویی خاص رازیانه و جهت پاسخگویی به تقاضای مفروض مراکز استانها، بایستی دو تسهیل شامل دو قطب فرآوری- انتقال در دو شهرستان رزن و کبودرآهنگ، احداث شود. تعداد سفر ناوگان بین بخشها در جدول ۲ آمده است. جهت جابه جایی محصولات از مراکز فرآوری به مراکز توزیع، با توجه به ظرفیت هر یک از ناوگان حمل و نقل، به تعداد ناوگان ۲۴۳۸ بار حمل با وانت با ظرفیت ۲،۵ تن و ۱۵۸ بار حمل با کامیون با ظرفیت ۲۰ تن نیاز است.

جدول ۲: تعداد سفر بین بخشهای زنجیره

مراکز استانها		مرکز توزیع				مرکز فرآوری					
		کبودرآهنگ		رزن		کبودرآهنگ		رزن			
تریلی	وانت	تریلی	وانت	تریلی	وانت	تریلی	وانت	تریلی	وانت		
						-	-	-	۸۰۰	۱	مرکز تولید
						-	۴۰۰	-	-	۲	
				۵۰	۶۶۷					۱	مرکز فرآوری
		۲۰	-	-	-					۲	
۶۷	۳۲۱									۱	مرکز توزیع
۲۱	۲۴۰									۲	

هستند. روش حمل و نقل با در نظر گرفتن هزینهها حمل مربوطه بر هزینه زنجیره تاثیر مستقیم دارد و بنابراین، با توجه به تاثیر سرعت حمل بر زمان حمل، بر کیفیت به طور غیرمستقیم تاثیر گذار است.

نتایج مدل حاضر بر اساس پاسخ در نقطه A که نقطه برابری اهمیت دو معیار سود و کیفیت است در تصمیم گیری های شبکه، به صورت زیر است:

برای احداث مراکز فرآوری و مراکز توزیع از میان ۵ مرکز کاندیدا، نزدیکترین مراکز به مراکز تولید در سطح استان توسط مدل انتخاب شد. به طوری که ۲ مرکز فرآوری و توزیع منطبق با ۲ مرکز تولید تعیین شد و مراکز فرآوری و توزیع به عنوان قطب فرآوری- انتقال در نظر گرفته شده است. این امر به دلیل کمینه کردن هزینه حمل و همچنین، کمینه کردن افت کیفیت در طول زمان در فواصل بین بخشها رخ داده است. میزان کالاهای ارسالی و نوع کالاها از میان انواع محصولات به گونه ای انتخاب شد که تقاضاها با حداکثر کیفیت نهایی به دست مشتری برسد.

مدل با در نظر گرفتن هزینه انواع حالات حمل و سرعت آنها و اثر سرعت بر زمان حمل و میزان افت کیفیت، به انتخاب حالت حمل و نقل در بین مراکز پرداخته است. همچنین، تعداد ناوگان مورد نیاز از هر نوع بین بخشهای مختلف تعیین شده است. شمایی از

### محدودیت‌ها و تحقیقات آتی

بر اساس مطالعات انجام شده رویه مدیریت محصولات گیاهان دارویی به صورت یک زنجیره از تامین تا مشتریان داخلی در کشور دیده نشده است و مراحل خرید، انتقال و توزیع از مراکز تامین تا مشتریان به صورت گسسته و به صورت غیررسمی و توسط تجار شناخته شده، مبتنی بر قدمت و تجربه ایشان، انجام می‌شود. مراحل مطالعاتی انجام شده در این تحقیق طراحی شبکه می‌تواند برای انواع سبزیجات و میوه‌جاتی که نرخ تنزل کیفیت آنها ثابت و مشخص است و دارای عمر مفید محدود هستند استفاده شود و در این صورت، بایستی با تغییرات جزئی در دماهای سردسازی متناسب با اصل جغرافیایی محصول، در مدل تغییراتی ایجاد شود. پیاده‌سازی طراحی شبکه موجود می‌تواند برای انواع محصولات تولیدی برجسته در هر استان، با در نظر گرفتن شرایط مختلف زنجیره انجام شود.

پارامترهای میزان عرضه و تقاضا در این تحقیق به صورت قطعی در نظر گرفته شده است که عموماً میزان عرضه به دلیل شرایط تغییر پذیر آب و هوا و همچنین میزان مصرف مشتریان غیرقطعی است. در تحقیقات آتی می‌توان شرایط عدم قطعیت در پارامترهای عرضه و همچنین، تقاضا و قیمت محصولات را نیز در مدل لحاظ کرد. گسترش زنجیره برای انواع محصولات در اولویت برنامه‌ریزی مانند زعفران، گشنیز، زیره، بادرنجبویه و گل گاو زبان به صورت تک محصول یا چند محصولی در استانهای تولید کننده آنها پیشنهاد می‌شود.

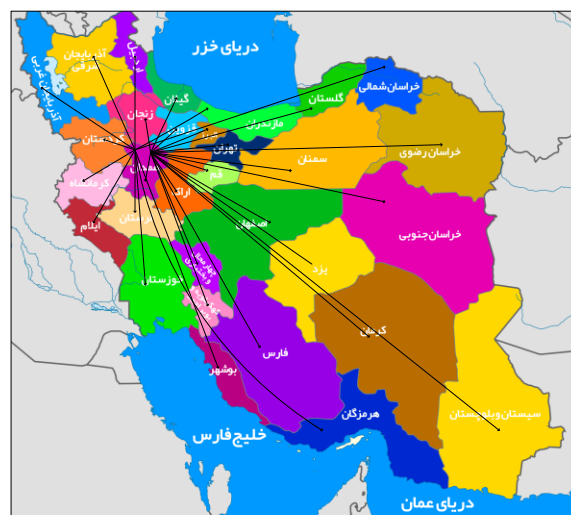
### سپاسگزاری

لازم می‌دانم از جناب آقای مهندس ذهبی دبیر کمیته گیاهان دارویی در اتاق بازرگانی استان همدان بابت راهنمایی‌ها و تاکید بر اهمیت انجام تحقیق حاضر و کاربرد آن در سطح کشور قدردانی نمایم.

در این حالت، سود به میزان ۳۹۳۵۰ (۱۰۶ تومان) و کیفیت به میزان ۵۸۷۵ واحد است. در این حالت فروش کل ۱۲۰۰۰۰ (۱۰۶ تومان) و هزینه کل ۸۰۶۵۰ (۱۰۶ تومان) است.

در شکل ۱۱، نحوه تخصیص مراکز توزیع گیاه دارویی رازیانه در همدان به مراکز تمام استان‌ها، با در نظر گرفتن دو حالت حمل و نقلی وانت و تریلی نشان داده شده است.

پاسخ مساله به گونه‌ای است که مراکز فرآوری و توزیع به صورت قطب مشترک فرآوری- انتقال بر تعدادی از مراکز تامین گیاه منطبق شده است و این امر هزینه حمل و افت کیفیت در مسیر بین بخش‌های تامین تا توزیع را کمینه و معادل مقدار صفر می‌کند.



نمودار ۱۱: تخصیص قطبها به مراکز استانها  
قطب در سمت راست شکل: مرکز رزن،  
قطب در سمت چپ شکل: مرکز کبودرآهنگ

نوع حالت حمل با سرعت بیشتر جهت کاهش افت کیفیت در فواصل مراکز توزیع و مراکز مشتریان انتخاب شده است.

### REFERENCES

- Ahumada, O., & Villalobos, J. R. (2009). Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. *European journal of Operational research*, 196(1), 1-20.
- Ahumada, O., & Villalobos, J. R. (2011). Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 677-687.
- Apaiah, R. K., & Hendrix, E. M. (2005). Design of a supply chain network for pea-based novel protein foods. *Journal of Food Engineering*, 70, ۳۸۳-۳۹۱, (۳)

4. Arabhosseini, A. (2005b). *Quality, energy requirement and costs of drying tarragon (Artemisia dracunculus L)*. Wageningen University Wageningen.
5. Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food Control*, 40, 198-207.
6. Bilgen, B., & Ozkarahan, I. (2007). A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping. *International Journal of Production Economics*, 107(2), 555-571.
7. commission, s. o. t. (2015). *Iran Good Agricultural Practices (IRAN*
8. *GAP) – Control points and compliance*
9. *criteria for medicinal and ornamental plants*
10. *–General requirements.*
11. de Keizer, M., Akkerman, R., Grunow, M., Bloemhof, J. M., Haijema, R., & van der Vorst, J. G. (2017). Logistics network design for perishable products with heterogeneous quality decay. *European Journal of Operational Research*, 262(2), 535-549.
12. Delfan E ,A. K. (2020). Ethnobotany of Native Medicinal Plants in Zagheh and Biranshahr districts, Lorestan Province, Iran. *echo phytochemistry of herbal plants*, 7(4), 64-82.
13. Gennari, P., Heyman, A., & Kainu, M. (2015). FAO Statistical Pocketbook. World food and agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.*
14. Hishe, M., Asfaw, Z., & Giday, M. (2016). Review on value chain analysis of medicinal plants and the associated challenges. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(3), 45-55.
15. Khalaj, h., Labbafi, H. A. M., Hasan Abadi, T., Shaghaghi, J., & Hajiaghaee, R. (2019). A Review on the Botanical, Ecological, Agronomical and Pharmacological Properties of the Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Quarterly journal of herbal plants*, 18-1.(۶۹)
16. Labuza, T. P. (1982). *Shelf-life dating of foods*: Food & Nutrition Press, Inc.
17. Madhavan, H. (2008). Linking tribal medicinal plant co-operatives and ayurvedic manufacturing firms for better rural livelihood and sustainable use of resources.
18. Mander, M ,.Ntuli, L., Diederichs, N., & Mavundla, K. (2007). Economics of the traditional medicine trade in South Africa: health care delivery. *South African health review*, 2007(1), 189-196.
19. Mason, S. J., Ribera, P. M., Farris, J. A., & Kirk, R. G. (2003). Integrating the warehousing and transportation functions of the supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(2), 141-159.
20. Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-Da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management–A review. *European journal of operational research*, 196(2), 401-412.
21. Mohebalizadehgashti, F., Zolfagharinia, H., & Amin, S. H. (2020). Designing a green meat supply chain network: A multi-objective approach. *International Journal of Production Economics*, 219, 312-327.
22. Mojaverian S. M., A. K. S., Amin Ravan M., (2016). Determining the export target market of Iran's herbal plants. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(4), 729-737.
23. Movahedi Reza, S. d. H., Akbari S. ,Azizi M. . (2013). unemployment pathology of agriculture graduated students. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(4), 679-692.
24. Nakandala, D., Lau, H., & Zhang, J. (2016). Cost-optimization modelling for fresh food quality and transportation. *Industrial Management & Data Systems*.
25. Nassabian Shahriar, G. H., Jabal Ameli F. (2012). comparison of competitive advantage of Iran herbal plants with other countries. *Quarterly journal of economical modelling*, 6(20), 75-92.
26. Quiroz, D ,.Towns, A., Legba, S. I., Swier, J., Brière, S., Sosef, M., et al. (2014). Quantifying the domestic market in herbal medicine in Benin, West Africa. *Journal of Ethnopharmacology*, 151(3), 1100-1108.
27. Rantala, J. (2004). Optimizing the supply chain strategy of a multi-unit Finnish nursery company. *Research article*, 154, 13
28. Rong, A., Akkerman, R., & Grunow, M. (2011). An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 421.۴۲۹-
29. Savari Moslem, A. M. E., Mirakzadeh A. A. . (2013). students' willing analysis to develop small businesses, case study: agriculture and natural resources students of Razi university of Kermanshah. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 43(4), 737-749.

30. Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(2), 114-158.
31. Singh, K. (2009). Scope of medicinal and aromatic plants farming in Eastern India. *Engineering Practices for Agricultural Production and Water Conservation*, (scope of emerging agricultural crops), 223- 250
32. Soto-Silva, W. E., González-Araya, M. C., Oliva-Fernández, M. A., & Plà-Aragonés, L. M. (2017). Optimizing fresh food logistics for processing: Application for a large Chilean apple supply chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 42-57.
33. Soysal, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Meuwissen, M. P., & van der Vorst, J. G. (2012). A review on quantitative models for sustainable food logistics management. *International Journal on Food System Dynamics*, 3(2), 136-155.
34. Tijssens, L., & Polderdijk, J. J. (1996). A generic model for keeping quality of vegetable produce during storage and distribution. *Agricultural Systems*, 51(4), 431-452.
35. Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 107-122.
36. van Andel, T., Myren, B., & van Onselen, S. (2012). Ghana's herbal market. *Journal of Ethnopharmacology*, 140(2), 368-378.
37. Vaughan, R. C., Munsell, J. F., & Chamberlain, J. L. (2013). Opportunities for enhancing nontimber forest products management in the United States. *Journal of Forestry*, 111(1), 26-33.