

الکوسازی زنجیره تأمین ماهی قزل آلائی پرورشی سالم در شهر تهران

مجید محمدی، سعید یزدانی، حامد رفیعی، وحیده انصاری^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

چکیده

فرآورده‌های دریایی و ماهی از جمله انواع غذاهای سالمی است که متأسفانه مصرف آن در جامعه ایرانی کمتر از میزان قابل انتظار است. یکی از علت‌ها اصلی این فقدان، ترس از ناسالم بودن انواع ماهی در ایران است. لذا این پژوهش در نظر دارد زنجیره تأمین ماهی قزل آلائی پرورشی سالم در شهر تهران را بررسی کرده و با توجه به تغییر پذیری‌های به وجود آمده در هزینه، درآمد، قیمت تمام شده و تقاضای این کالا در شرایطی که به صورت سالم و با استفاده حداقلی از کودها، سموم و داروهای شیمیایی پرورش یابد، زنجیره تأمین ماهی سالم را شبیه‌سازی کند. در همین راستا با استفاده از نظر ۳۵ تولیدکننده، ۳ عمده‌فروش، ۲۷ خرده‌فروش و در نهایت ۵۹۸ مصرف‌کننده در سال ۱۴۰۱ و الگوی برنامه ریزی ریاضی با هدف بیشینه‌سازی سود، زنجیره تأمین ماهی قزل آلائی پرورشی سالم در شهر تهران در ۱۰ پیش‌فرض شبیه‌سازی شد. سهم بهینه فروش ماهی سالم از تولیدکننده به عمده‌فروش ۴۴ درصد، به مصرف‌کننده ۳۳ و به خرده‌فروش ۲۳ درصد خواهد بود. مقدار تابع هدف که سود زنجیره از نگاه تولیدکننده بوده برابر با ۱۶۲۳۷ میلیون ریال به‌دست آمده است که از این مبلغ، ۲۷۷۹۱ میلیون ریال مربوط به هزینه‌ها و ۱۵۳۴۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای حاصل از فروش محصول‌ها به مصرف‌کننده‌ها، ۱۸۳۶۰ میلیون ریال مربوط به درآمدهای ناشی از فروش محصول‌ها به عمده‌فروشان و ۱۰۳۱۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای مربوط به فروش محصول‌ها به خرده‌فروشان است. به تولیدکنندگان بخش شیلات و پرورش ماهی پیشنهاد می‌شود با توجه به سودآوری بیشتر ماهی سالم نسبت به ماهی معمولی، پرورش این ماهی را نیز در دستور کار قرار دهند.

طبقه‌بندی JEL: M11, D31, C61, 013

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، ماهی سالم، برنامه‌ریزی ریاضی، تهران

^۱ به ترتیب: دانش‌آموخته دکتری، استاد (نویسنده مسئول)، دانشیار و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران.

مقدمه

جهان امروز با چالش‌های زیادی مانند افزایش بیماری‌های گوناگون، آسیب و زیانانی وارده به بوم سامانه‌های طبیعی و آلودگی‌های فراوان محیط زیستی روبه‌رو است که از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی و اصلاحات نامسئولانه ژنتیکی در کشاورزی به وجود آمده است (Teng & Wang, 2015). این موضوع زمینه را برای حرکت به سمت محصول‌ها و برنامه غذایی سالم فراهم کرد. محصول‌های غذایی سالم محصول‌هایی هستند که در فرایند تولید آنان استفاده از سموم و دیگر نهاده‌های شیمیایی به کمترین میزان رسیده و اطمینان بیشتری در مورد سلامت آنان وجود دارد. انتخاب برنامه غذایی سالم یکی از راهکارهای کنترل بیماری‌های مزمن مرتبط با غذا مانند چربی خون، فشارخون و دیابت بوده که تاکنون هم به‌عنوان یکی از نگرانی‌های عمده بهداشت عمومی در بسیاری از کشورهای جهان مطرح است. افزون بر این، مصرف‌کنندگان نسبت به تأثیر بلندمدت رژیم غذایی سالم و سازگار با محیط‌زیست بر پایداری محیط‌زیست نیز حساس‌تر شده‌اند (Huangfu et al, 2024). مواد غذایی سالم نقش بسیار مهمی در حفظ و ارتقای کیفیت محیط‌زیست دارد، به همین دلیل اقدام‌های لازم برای تشویق مصرف‌کنندگان به مصرف غذاهای سالم بیش از پیش اهمیت پیدا کرده است. مصرف‌کنندگان اغلب بر این باورند که انتخاب یک رژیم غذایی سالم به آنان کمک می‌کند تا به هدف‌های بلندمدت سلامت دست یابند (Li et al, 2024). مهم‌ترین قدم‌های برداشته شده در رابطه توسعه استفاده از مواد غذایی سالم شامل ارائه اطلاعات در مورد این غذاها و معرفی رژیم‌های غذایی سالم به مصرف‌کنندگان و استفاده از برچسب‌های اطلاعات تغذیه‌ای روی بسته‌های حاوی این نوع مواد غذایی بوده است (Courtemanche et al, 2015). اهمیت مصرف محصول‌های غذایی سالم باعث شد که حرکت از کشاورزی غیرارگانیک به سمت کشاورزی ارگانیک سرعت بیشتری پیدا کند. کشاورزی ارگانیک را می‌توان نوعی از کشاورزی عنوان کرد که هدف آن ایجاد نظام‌های تولیدی کشاورزی یکپارچه، نظام‌یافته و انسانی است که تضادی با سودمندی‌های زیست‌محیطی و اقتصادی ندارد (Ghorbani et al, 2014). گوشت انواع ماهی، به خاطر دارا بودن پروتئین و چربی باکیفیت بالا و فراوانی انواع مواد معدنی و ویتامین‌های موجود در آن، به‌عنوان یک غذای کامل و مغذی به شمار می‌رود. اهمیت بالای آبزیان و به‌ویژه ماهیان باعث شده است تا توجه بسیاری در سرتا سر جهان به این

الگو سازی زنجیره تأمین...۳

بخش معطوف شود. روند روبه رشد تقاضا برای انواع ماهی و فرآورده‌های آن باعث شده تا پاسخ به این تقاضا تنها با اتکا به ذخیره‌های طبیعی ماهی ممکن نباشد، به گونه‌ای که تولید ماهیان پرورشی سال ۲۰۲۲ در جهان نسبت به سال ۱۹۹۰ رشد ۵۲۷ درصدی را نشان می‌دهد. بنابر اطلاعات میزان مصرف سرانه سالانه آبزیان در ایران از ۵/۲ کیلوگرم در سال ۱۳۸۱ به ۱۳/۸ کیلوگرم در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است که بیانگر رشد فرهنگ مصرف آبزیان در بین خانوارهای ایرانی است، با این وجود تا میانگین ۲۷/۴ کیلوگرم در کشورهای پیشرفته است، فاصله شایان توجهی دارد (Iran Fisheries Organization, 2022). ماهی یکی از انواع غذاهای سودمندی است که متأسفانه مصرف آن در جامعه کمتر از میزان میانگین سرانه مصرف جهانی بوده و در سبد خانوارها نیز جایگاه خود را پیدا نکرده است، درحالی‌که با گسترش فرهنگ مصرف این ماده غذایی مغذی، می‌توان به افزایش سلامت افراد جامعه کمک کرد. تغییر ذائقه افراد و ترغیب آنان به تغییر در ترکیب پروتئین مصرفی و افزایش مصرف ماهی در سبد خانوار نیاز به زمان و برنامه‌ریزی دقیق دارد. با توجه به مطالب گفته شده مشخص می‌شود که استفاده و مصرف محصولات سالم به ویژه ماهی سالم در جهت افزایش سلامت جامعه در کنار پرداختن به مباحث اقتصادی و قیمتی آن، نیاز به ترغیب و توجیه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان به مصرف و تولید این محصولات دارد. در این میان یکی از قدم‌های اصلی در زمینه ترویج استفاده از این محصولات، بررسی زنجیره این بازار، از سطح تولیدکننده تا مصرف‌کننده خواهد بود (Li et al, 2024). لازم به یادآوری است که با تشکیل بازار ماهی سالم در کنار بهره‌مند شدن مصرف‌کننده، تولیدکننده نیز از نوعی مزیت رقابتی برخوردار خواهد شد که منجر به افزایش تقاضا برای محصول سالم وی شده و از این طریق بهره‌مند خواهد شد. البته این افزایش تقاضا در شرایط اقتصادی موجود با چالش روبه‌رو خواهد شد؛ اما انتظار می‌رود گروه زیادی از جامعه تقاضاکننده این ماهی‌ها باشند.

تولید ماهی سالم شرایط تولیدی تولیدکننده را تغییر خواهد دهد. استفاده محدودتر از ضدعفونی‌کننده‌ها و شوینده‌ها، پادزیست‌ها، افزودنی‌های خوراکی رنگ ساز، کنترل غذایی، تراکم کمتر بچه‌ماهی‌ها در هر واحد و دیگر محدودیت‌ها به نوعی تغییر در فناوری پرورش ماهی بوده و منجر به تغییر در هزینه‌ها و درآمدهای تولیدکننده خواهد شد که این موضوع به طور مستقیم در قیمت ماهی سالم اثرگذار خواهد بود (Dashti et al. 2024). لازم به یادآوری است که گواهی

سلامت این محصول نیز می‌تواند از طریق سازمانانی ذیربط مانند سازمان شیلات، انجمن ارگانیک ایران، وزارت بهداشت و سازمان استاندارد صادر شود تا مصرف‌کننده نهایی اطمینان لازم از سلامت ماهی کسب کند. در سال‌های اخیر مدیریت زنجیره تامین به دلیل گسترش بازارهای کسب و کار در سراسر جهان اهمیت بسزایی پیدا کرده است (Zhu & Chen, 2007). یک زنجیره تامین شامل همه فعالیت‌های مرتبط با جریان مواد و اطلاعات از تامین کنندگان مواد اولیه تا تحویل محصول به خریدار نهایی است و بر بهبود خدمت‌رسانی به خریدار، سودآوری و عملکرد سازمان تمرکز دارد (Wang & Huo, 2015). مدیریت زنجیره تامین هر نوع محصول غذایی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی که آن محصول دارد، از شرایط خاص خود برخوردار است. فسادپذیری مهم‌ترین عاملی است که بر طراحی و مدیریت زنجیره تامین مواد غذایی اثرگذار است (Tabrizi & Ghodssypour, 2018). ماهی تازه یکی از انواع مواد غذایی فاسدشدنی است که پیش از مصرف می‌توان آن را تنها برای مدتی کوتاه و آن هم در یخچال نگهداری کرد. این موضوع منجر به بروز محدودیتی برای زنجیره خواهد شد. با توجه به نبود امکان ذخیره‌سازی و نگهداری بلندمدت ماهی، تمام تولید تولیدکننده که بیشینه می‌تواند به اندازه ظرفیت واحد تولیدی باشد، باید توزیع شود. توزیع‌کننده‌های این زنجیره نیز با توجه به فسادپذیری بالای ماهی امکان ذخیره‌سازی و نگهداری بلندمدت این محصول را نخواهند داشت. کوتاهی چرخه عمر مواد غذایی فاسدشدنی موجب شده فرآیندهای سفارش‌دهی، قیمت‌گذاری و مدیریت موجودی این نوع کالاها در قالب زنجیره تامین دارای پیچیدگی ویژه به خود باشد.

(Mebrat & Worku, 2020) در مطالعه خود به بررسی ساختار، رفتار و عملکرد بازار ماهی در اتیوپی مرکزی پرداختند. در مجموع ۲۴ معامله گر از ۶ بازار به طور هدفمند انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی، برای رویکرد ساختار، رفتار و عملکرد انجام شد. بنابر نتایج، پنج نوع زنجیره بازاریابی ماهی در منطقه مورد پژوهش وجود داشت. بازار ماهی ماهیت انحصار چندگانه داشت که به دلیل وجود بازدارنده‌های سرمایه‌ای برای ورود گسترده تجارت ماهی، توسط عمده‌فروشان بزرگ کنترل می‌شد. محاسبه حاشیه بازار نشان داد که خرده‌فروشان بالاترین حاشیه را نسبت به همه فعالان بازار ماهی در منطقه مورد پژوهش دارند. این پژوهش دخالت‌های لازم دولت را برای فعالیت مؤثر در بازار ماهی پیشنهاد کرد.

الگو سازی زنجیره تأمین... ۵

Tabrizi & Ghodsypour (2018) در پژوهش‌ای به ارائه یک مدل بهینه‌سازی دو سطحی از زنجیره تأمین مواد غذایی فاسدشدنی با پژوهش موردی بر روی زنجیره عرضه ماهیان پرورشی گرمابی در ایران پرداختند. الگوریتم PSO دوسطحی در راستای حل مدل دوسطحی توسعه یافت؛ به‌طوری‌که آغاز از یک بهینه‌سازی دوسطحی با حل یک مسئله برنامه غیر خطی مختلط عدد صحیح^۱ مقدارهای عرضه انواع ماهی زنده از سوی مزارع پرورش ماهی تعیین شد. آنگاه، بر مبنای مقدارهای عرضه در سطح نخست، پس از حل یک مسئله برنامه‌ریزی غیر خطی^۲ مقدارهای عرضه انواع ماهی تازه از سوی غرفه‌های فروش ماهی تعیین شد. برای اعتبار سنجی مدل نیز، داده‌های مربوط به گروهی از مزارع پرورش و بازارهای توزیع ماهی در شمال ایران گردآوری شد؛ نتایج اجرای مدل با داده‌های واقعی بیانگر کارایی مدل پیشنهادی جهت حل مسائل واقعی زنجیره تأمین مواد غذایی فاسد شدنی بود. زنجیره تأمین میگوهای سفید تایوان توسط Lin and Wu (2016) مورد بررسی قرار گرفت. آنان عملکرد یک زنجیره تأمین متمرکز و یک زنجیره تأمین غیر متمرکز را مقایسه کردند. ویژگی عمده زنجیره تأمین میگو عامل‌های چندی مانند تقاضای زیاد، قیمت بازار و مکان‌ها مجموعه‌های مختلف صید یا پرورش عنوان شد. تحقیق آن‌ای از مرکزهای توزیع، عمده‌فروشان، کارخانه‌های فرآوری میگو، بازارها، کارخانه پودر پسماندهای میگو و بازار پودر میگو را در نظر گرفت.

Yue & You (2016) یک مدل دوسطحی برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط با عدد صحیح برای طراحی و برنامه‌ریزی یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل یک سازنده، چند تأمین‌کننده و چندین خریدار را معرفی کردند. در این پژوهش، تعامل‌های میان اعضاء زنجیره تأمین بر مبنای یک بازی استکلبرگ بوده است که در آن، تولیدکننده به‌عنوان پیشرو در میانه زنجیره تأمین آغاز تصمیم‌هایی اعم از مکان‌یابی تسهیلات تولیدی، انتخاب ظرفیت و نوع تکنولوژی تولید، جریان مواد ورودی و خروجی و تنظیم قیمت خرید مواد اولیه و محصول نهایی را اخذ می‌کند. آنگاه، تأمین‌کنندگان در لایه اول و خریداران در لایه آخر زنجیره تأمین به‌عنوان پیرو با بهینه‌سازی تعامل‌هایشان با تولیدکننده، سودشان را بیشینه می‌کنند.

¹ MINLP

² NLP

Glock & Kim (2015) به پژوهش ارتباط یک فروشنده و چندین خرده‌فروش در یک زنجیره تأمین دو سطحی پرداخته و سود زنجیره را در دو حالت بررسی کردند: در حالت نخست فروشنده با هیچ خرده‌فروشی ادغام نمی‌شود؛ لکن، در حالت دوم فروشنده با یکی از خرده‌فروش‌ها ادغام شده و فرآیند عرضه محصول هم از کانال مستقیم و هم از طریق دیگر خرده‌فروش‌ها به بازار انجام می‌شود. در این پژوهش فروشنده نقش پیشرو و خرده‌فروش‌ها نقش پیرو را در قالب مدل استکلبرگ ایفا می‌نمایند. (Fasihi et al (2021 شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته ماهیان پرورشی سردآبی در استان مازندران را طراحی و بیان کردند که مدل توسعه‌یافته می‌تواند جهت صرفه جویی در هزینه‌ها و بالابردن سطح رضایت خریداران موثر باشد.

مرور پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد تاکنون پژوهش جامعی بر روی زنجیره تأمین ماهی سالم یا ماهی ارگانیک در ایران انجام نشده است. این مورد شایان یادآوری است که تفاوت ماهی سالم و ارگانیک در این است که در شرایط ارگانیک می‌توان با اطمینان تایید کرد که تمامی نهاده‌های مورد استفاده ارگانیک بوده اما در شرایط سالم ممکن است بسته به شرایط همه نهاده‌ها ارگانیک نباشند (Mohammadi et al, 2023). بررسی زنجیره تأمین ماهی سالم و تغییرپذیری‌ها در درآمد، هزینه و سود تولیدکننده می‌تواند دید روشن‌تری از آینده این محصول به تولیدکنندگان و سیاست‌گذاران این بخش بدهد. پرسش اصلی در این بین این است که آیا تولیدکننده با روی آوردن به پرورش ماهی قزل‌آلای سالم سود بیشتری نسبت به ماهی قزل‌آلای معمولی به دست آورد؟ همچنین با توجه به اینکه در حال حاضر در ایران محصولی با عنوان ماهی سالم پرورشی تولید نمی‌شود، تغییرپذیری‌های احتمالی قیمت هزینه تولید، قیمت و در نهایت تقاضای مصرف‌کننده چه اثری بر شرایط مالی تولیدکننده خواهد داشت؟

این موارد توجه هرچه بیشتر به تولید ماهی سالم را افزایش می‌دهد. در کنار اهمیت توجه به تولید ماهی سالم، بازار این محصول نیز باید موردتوجه قرار گیرد. با توجه به اینکه بازاری برای این محصول در ایران وجود ندارد، می‌توان با الگوبرداری از بازار کنونی ماهیان پرورشی، با اعمال محدودیت تولید و مصرف نهاده‌ها، زنجیره تأمین جدیدی برای ماهی‌های پرورشی سالم طراحی نمود. هدف اصلی این پژوهش بررسی این موضوع است که تغییر در سطح درآمد، هزینه، قیمت نهایی و تقاضا چه میزان در سود زنجیره تأمین از نگاه تولیدکننده اثرگذار خواهد بود.

الگو سازی زنجیره تأمین... ۷

روش تحقیق

در این بخش با هدف بیشینه سازی سود زنجیره تأمین از نگاه تولیدکننده، به مدل سازی زنجیره تأمین ماهیان پرورشی پرداخته خواهد شد. تعیین مقادارهای بهینه عرضه به بازارهای هدف و در پی آن تعیین مقادارهای بهینه سطح موجودی انواع ماهی زنده مد نظر خواهد بود. بازارهای هدف در مدل مورد بررسی بازارهای بالقوه و بالفعل ماهی پرورشی مانند فروش مستقیم به مصرف کننده، فروش به مرکزهای عمده فروشی و توزیع کننده و فروش به خرده فروشی ها مانند سوپرمارکت ها و مرکزهای ماهی فروشی و محصول های پروتئینی و فروشگاه های زنجیره ای خواهد بود. در مورد سطح بعدی بازار یعنی عمده فروشی نیز، فروش این سطح به مرکزهای خرده فروشی و یا فروش مستقیم به مصرف کنندگان خواهد بود و در نهایت نیز خرده فروشان محصول خود را به مصرف کنندگان خواهند فروخت. به عبارت دیگر مصرف کننده ماهی قزل آلا، محصول مورد نظر خود را می تواند از هر ۳ سطح تولید کننده، عمده فروش و خرده فروش خریداری کند.

تابع سود و محدودیت ها در طول زنجیره تأمین ماهی قزل آلا به شرح ذیل خواهد بود (Altıparmak et al, 2006):

تابع هدف:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & \left[\sum_{i=1}^F \sum_{j=1}^{W+R+C} pr_j \times AP_{ij} \right] - \left[\left(\sum_{i=1}^F pmc_i \times PF_i \right) + \left(\sum_{i=1}^I pmf_i \times PO_i \right) + \right. \\ & \left. \left(\sum_{i=1}^O \sum_{j=1|i \neq j}^O dis_{ij} \times cv \times AP_{ij} \right) + \left(\sum_{i=1}^O \sum_{j=1|i \neq j}^O cm \times AL_{ij} \right) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

قسمت اول این مدل درآمدهای زنجیره و قسمت دوم نیز هزینه های متغیر و ثابت زنجیره تأمین خواهد بود.

محدودیت ها:

$$dem_j = \sum_{i=1}^{F+W+R} AP_{ij} \quad \forall j \in c \quad (2)$$

$$PF_i = \sum_{j=1|i \neq j}^{W+R+C} AP_{ij} \quad \forall i \in f \quad (3)$$

$$PF_i \leq capf_i \times PO_i \quad \forall i \in f \quad (۴)$$

$$AP_{ij} \leq M \times AL_{ij} \quad \forall i \in f \cup w \cup r, j \in w \cup r \cup c, i \neq j \quad (۵)$$

$$AP_{ij} \geq AL_{ij} \quad \forall i \in f \cup w \cup r, j \in w \cup r \cup c, i \neq j \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^F AP_{ij} = \sum_{k=1}^{R+C} AP_{jk} \quad \forall j \in w \quad (۷)$$

$$\sum_{i=1}^{F+W} AP_{ij} = \sum_{k=1}^C AP_{jk} \quad \forall j \in r \quad (۸)$$

$$AL_{ij}, PO_i \in \{0,1\} \quad \forall i \& j \in f \cup w \cup r \cup c \quad (۹)$$

$$PF_i, AP_{ij} \geq 0 \quad \forall i \& j \in f \cup w \cup r \cup c$$

رابطه (۲) مربوط به برآورده کردن تقاضای مصرف‌کننده است. بدین معنی که تقاضای خرید مصرف‌کننده باید از طریق تولیدکننده، عمده‌فروش و یا خرده‌فروش برآورده شود. محدودیت (۳) به این موضع اشاره دارد که کل تولید تولیدکننده باید توزیع شود و تولیدکننده توان نگهداری ندارد. در طرف دیگر میزان تولید تولیدکننده باید بیشینه به اندازه ظرفیت تولید واحد تولیدی باشد که در محدودیت (۴) تعریف شده است. محدودیت (۵) و (۶) به این موضوع اشاره دارد که زمانی بین دو گره محصول می‌تواند جا به جا شود که تخصیص انجام شده باشد و عکس آن هم صادق باشد یعنی اگر محصول جابه جا نمی‌شود یعنی تخصیصی هم صورت نگرفته است.

محدودیت (۷) به این معنی است که میزان محصولی که به عمده‌فروش می‌رود، برابر میزان محصولی است که از آن عمده‌فروش به خرده‌فروش و مصرف‌کننده‌ها می‌رسد. یعنی عمده‌فروش اجازه نگهداری و انبارداری را ندارد. محدودیت (۸) هم برای خرده‌فروش صدق می‌کند بدین معنی که محصولی که به خرده‌فروش می‌رسد برابر با محصولی است که از خرده‌فروش به مصرف‌کننده فروخته می‌شود. محدودیت (۹) نیز علامت متغیر تصمیم‌ها را نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است مدل‌سازی زنجیره تامین ماهی با الگوبرداری از نتایج پژوهش‌های (Kazemi et al, 2019, Fasihi et al, 2021, van Engeland et al, 2020, Abedi and Zhu, 2017 و Lin and Wu, 2016) طراحی شده است.

الگوسازی زنجیره تأمین...۹

در ادامه تعاریف فراسنجه و متغیرهای مورد نیاز برای توصیف ریاضی مدل‌های پیشنهادی زنجیره تأمین ماهیان پرورشی در ذیر ارائه می‌شود:

اندیس‌ها و مجموعه‌ها:

گره‌ها (تولیدکننده، عمده‌فروش و خرده‌فروش)	k, j, i
مجموعه تولید کنندگان $\{1, 2, \dots, F\}$	f
مجموعه عمده‌فروشان $\{1, 2, \dots, W\}$	w
مجموعه خرده‌فروشان $\{1, 2, \dots, R\}$	r
مجموعه مصرف‌کنندگان $\{1, 2, \dots, C\}$	c

فراسنجه:

میزان تقاضای گره j ($j \in c$)	dem_j
قیمت فروش محصول به گره j ($j \in w \cup r \cup c$)	pr_j
هزینه متغیر تولید محصول در تولیدکننده i ($i \in f$)	pmc_i
هزینه ثابت تولید محصول در تولیدکننده i ($i \in f$)	pmf_i
فاصله دو گره i و j	dis_{ij}
ظرفیت تولید در تولیدکننده i ($i \in f$)	$capf_i$
هزینه متغیر جابه‌جایی محصول‌ها توسط وسیله نقلیه به ازای هر واحد مسافت	cv
هزینه ثابت جابه‌جایی محصول‌ها توسط وسیله نقلیه	cm
یک عدد بزرگ	M

متغیرهای تصمیم:

- AL_{ij} اگر تقاضای گره i ام توسط گره j برآورده شود ۱ در غیر این صورت ۰
- PO_i اگر تولیدکننده i ام تولید کند ۱ در غیر این صورت ۰
- PF_i میزان تولید محصول i ام توسط تولیدکننده i ام ($i \in f$)
- AP_{ij} میزان محصول منتقل شده بین دو گره i و j

هدف بعدی این بخش پس از بهینه‌یابی توزیع ماهی پرورشی، طراحی مدل زنجیره عرضه برای ماهی پرورشی سالم و بهینه‌یابی آن با توجه به تفاوت در هزینه‌ها و قیمت ماهی پرورشی سالم خواهد بود. در این بخش با توجه به قیمت‌های انتظاری مختلف در دسترس، ۱۰ پیش‌فرض برای بهینه‌یابی این زنجیره عرضه اعمال خواهد شد تا مقدار بهینه توزیع ماهی پرورشی سالم به منظور بیشینه‌سازی سود بازاریان به دست آید.

اطلاعات مورد نیاز این تحقیق با استفاده از نظر ۳۵ تولیدکننده (شامل اطلاعات میزان تولید و عرضه، هزینه‌های تولید، قیمت فروش و حمل و نقل)، ۳ عمده‌فروش (شامل اطلاعات عرضه و تقاضا و حمل و نقل)، ۲۷ خرده‌فروش (شامل اطلاعات عرضه و تقاضا و حمل و نقل) و در نهایت اطلاعات تقاضا و حمل و نقل ۵۹۸ مصرف‌کننده در سال ۱۴۰۱ در سطح شهرستان تهران جمع‌آوری شد. لازم به یادآوری است شمار نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از فرمول کوکران به دست آمده است. در آغازی بخش بعد به منظور درک بهتر از شرایط پرورش ماهی قزل‌آلای سالم، تغییرپذیری‌های هزینه‌ای آن نسبت به پرورش قزل‌آلای معمولی در اثر استفاده محدودتر از نهاده‌های شیمیایی مانند داروها، رنگدانه‌ها، سموم، غذا و مواد غذایی مکمل، نیروی کار آموزش دیده، تغییرپذیری‌های در آب مورد استفاده در استخر و شرایط تصفیه آن، تفاوت در بیمه ماهی‌های با توجه به حساس‌تر بودن شرایط در حالت پرورش سالم و همچنین تهیه بچه ماهی سالم و دیگر موارد هزینه‌ای آن محاسبه و ارائه خواهد شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد فناوری تولید محصول‌ها ارگانیک با تولید غیرارگانیک تفاوت داشته و به همین دلیل استفاده از نهاده‌ها و شرایط تولید نیز در این دو فرآیند متفاوت خواهد بود. پرورش ماهی ارگانیک یا سالم نیز از این قاعده مستثنا نخواهد بود. نخستین و مهم‌ترین تفاوت پرورش ماهی ارگانیک و غیرارگانیک در استفاده از نهاده‌ها شامل سموم و داروها و مکمل‌های شیمیایی خواهد بود. استفاده از نهاده‌های شیمیایی در فرآیند تولید ماهی ارگانیک محدودتر از ماهی غیرارگانیک خواهد بود. همین موضوع منجر بر تغییر و تفاوت در هزینه‌های تولید و در نتیجه قیمت تمام شده این دو محصول خواهد شد. جدول (۱) تغییر در هزینه‌های پرورش ماهی ارگانیک یا سالم را نسبت به ماهی غیرارگانیک نشان می‌دهد.

جدول (۱) هزینه‌های متغیر پرورش یک کیلوگرم ماهی قزل‌آلای معمولی و سالم

شرح هزینه	هزینه متغیر پرورش معمولی (ریال)	هزینه متغیر پرورش سالم (ریال)	درصد افزایش
بچه ماهی	۲۴۹۴۷	۳۳۶۷۸	۳۵
غذا	۴۸۷۷۷۶	۶۶۷۱۰۸	۳۶
مکمل و دارو	۳۰۱۸۰	۳۴۷۰۷	۱۵
نیروی کار	۱۱۷۰۶۴	۱۳۴۶۲۳	۱۵
آب، برق و سوخت	۶۶۱۶	۷۹۳۹	۲۰
تعمیرات	۹۸۳۳	۱۱۷۹۹	۲۰
بیمه	۶۳۶۶	۱۲۷۳۲	۱۰۰
استهلاک	۱۳۴۴۳	۱۳۴۴۳	۰
آزمایشگاه	۱۱۱۲	۱۱۱۲	۰
تسهیلات	۱۶۲۰۱	۱۹۴۴۲	۲۰
دیگر	۲۸۰۷۱	۳۳۴۹۳	۳۰
جمع	۷۴۱۶۰۸	۹۴۰۰۷۶	۲۹

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود پرورش ماهی سالم در مجموع ۲۹ درصد بیشتر از ماهی معمولی هزینه خواهد داشت. نبود تفاوت در هزینه‌های آزمایشگاه به دلیل نبود نرخ ثابت آزمایشگاه‌ها در ازای تناژ مشخص ماهی است و این نرخ ارتباطی با فناوری پرورش ماهی ندارد. تفاوت در هزینه

استهلاک نیز به دلیل نبود تفاوت چشمگیر در استفاده از کالاهای سرمایه‌ای در فرایند تولید در دو حالت سالم و معمولی، صفر در نظر گرفته شده است.

تقاضای مصرف‌کنندگان بین ۱ تا ۸ کیلوگرم در ماه است که مبتنی بر میزان میانگین سرانه مصرف ماهی هر خانوار به‌دست آمده است. هزینه‌های تولید برای تولید هر کیلوگرم شامل هزینه‌های مربوط به آرمایشگاه، مکمل، ویتامین، ضدعفونی، دارو، خوراک و بچه ماهی، بیمه، تعمیرات و نگهداری و آب، برق و گاز است هزینه‌های حمل‌ونقل بین گره‌ها نیز در تمام شبکه زنجیره تامین محاسبه شده است. به عنوان نمونه هزینه حمل‌ونقل از تولیدکننده تا عمده‌فروش بین ۱ میلیون تا ۵/۲ میلیون ریال است.

مقدار تابع هدف برابر ۱۶۲۳۷ میلیون ریال به‌دست آمده است که از این مقدار، ۲۷۷۹۱ میلیون ریال مربوط به هزینه‌ها و ۱۵۳۴۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای حاصل از فروش محصول‌ها به مصرف‌کننده‌ها، ۱۸۳۶۰ میلیون ریال مربوط به درآمدهای حاصل از فروش محصول‌ها به عمده‌فروشان و ۱۰۳۱۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای مربوط به فروش محصول‌ها به خرده‌فروشان است.

در ادامه با توجه شرایط پیش‌بینی شده برای ماهی قزل‌آلای سالم تحلیل حساسیت مسئله انجام شد. برای این موضوع تغییرپذیری‌های در سه فراسنجه در نظر گرفته می‌شود و نتایج هریک مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. سه فراسنجه تقاضای مصرف‌کنندگان، هزینه متغیر تولید و قیمت فروش محصول تولیدکنندگان که بیشترین تأثیر را در شبکه زنجیره تامین را دارند مورد تحلیل حساسیت قرار می‌گیرند. برای این منظور، این سه فراسنجه را در سطوح مختلف تغییر داده و مسئله مجدد حل می‌شود. جدول (۲) نتایج حاصل از تحلیل حساسیت را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این جدول مشخص است ده پیش‌فرض با تغییر این سه فراسنجه حل شده است. افزایش ۳۰ درصدی فراسنجه هزینه متغیر تولید با توجه به محاسبات ارائه شده در جدول (۱) و افزایش ۳۸ و ۵۳ درصدی در قیمت فروش محصول‌ها با توجه به نقاط حدی تمایل به دریافت تولیدکننده و تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان (پژوهش Mohammadi et al, 2023) که با تحلیل پرسشنامه تکمیل شده از هر عضو بازار به‌دست آمده، در نظر گرفته شده است. افزون بر این، پیش‌فرض‌های

الگو سازی زنجیره تأمین...۱۳

کاهش و افزایش در تقاضای مصرف کنندگان با توجه به تحلیل انجام شده بر روی پاسخ مصرف کنندگان در مورد تمایل به مصرف آنان در صورت تولید ماهی سالم در نظر گرفته شده است.

جدول (۲) نتایج تحلیل حساسیت

Table (2) Sensitivity analysis results

اجزاء تابع هدف (میلیون ریال)							فراسنجه های تحلیل حساسیت (درصد)			شماره پیش فرض
تابع هدف	هزینه حمل و نقل	هزینه متغیر تولید	هزینه ثابت تولید	درآمد به دست آمده از فروش به خرده فروشان	درآمد به دست آمده از فروش به عمده فروشان	درآمد به دست آمده از فروش به مصرف کنندگان	قیمت	هزینه	تقاضا	
۳۲۶۴۳	۷۱۸	۳۹۰۵۰	۲۵۶۱	۱۷۵۱۷	۳۱۳۲۹	۲۶۱۲۷	۳۸	۳۰	۲۰	۱
۲۷۲۴۸	۶۹۵	۳۲۵۰۰	۲۱۳۸	۱۴۶۵۳	۲۵۸۴۰	۲۲۰۸۸	۳۸	۳۰	-	۲
۲۱۷۸۰	۶۸۰	۲۵۸۷۷	۱۸۴۸	۱۱۸۰۹	۲۰۶۸۳	۱۷۶۹۴	۳۸	۳۰	-۲۰	۳
۱۵۷۳۹	۶۷۸	۱۸۶۷۹	۱۳۲۰	۸۶۵۷	۱۴۸۹۴	۱۲۸۷۴	۳۸	۳۰	-۳۸	۴
۱۲۱۱۸	۶۷۲	۱۴۴۷۶	۱۰۱۶	۶۵۹۷	۱۱۵۰۷	۱۰۱۷۸	۳۸	۳۰	-۵۵	۵
۴۸۳۹۸	۶۹۹	۴۲۱۱۳	۲۹۱۷	۲۱۹۶۶	۳۸۸۸۱	۳۳۲۷۱	۵۳	۳۰	۲۵	۶
۳۷۳۸۵	۶۹۵	۳۲۵۰۳	۲۱۳۸	۱۷۰۳۰	۳۰۰۳۰	۲۵۶۶۱	۵۳	۳۰	-	۷
۲۶۱۱۷	۶۹۲	۲۲۹۹۳	۱۵۱۱	۱۲۰۲۷	۲۱۲۴۷	۱۸۰۴۲	۵۳	۳۰	-۲۵	۸
۱۲۹۸۰	۶۷۳	۱۱۴۷۷	۸۵۱	۶۲۵۲	۱۰۶۲۳	۹۱۰۶	۵۳	۳۰	-۵۳	۹
۷۲۲۵	۶۷۱	۶۵۸۷	۵۶۸	۳۶۰۸	۶۳۱۷	۵۱۲۷	۵۳	۳۰	-۷۰	۱۰

Source: Research findings

منبع : یافته های تحقیق

همان طور که در جدول (۲) ملاحظه می شود. بیشترین مقدار تابع هدف مربوط به پیش فرض ۶ و کمترین مقدار تابع هدف نیز مربوط به پیش فرض دهم بوده است. سناروی ششم با وجود داشتن بیشترین هزینه تولید، از لحاظ درآمدی نیز در هر ۳ بخش فروش به عمده فروش، خرده فروش و مصرف کننده بالاترین درآمد را دارا بوده است. برای درک بهتر این موضوع می توان از تغییر در مقدارهای تابع هدف به ازای هر کیلوگرم ماهی که نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده است، استفاده کرد.

جدول (۳) تحلیل حساسیت در اجزای تابع هدف به ازای هر کیلوگرم ماهی سالم
Table (3) Sensitivity analysis of objective function components per kilogram of healthy fish

شماره پیش فرض	فراسنجهی تحلیل حساسیت (درصد)			اجزاء تابع هدف (ریال)						
	تق اضا	هزین ه	قیم ت	درآمد حاصل از فروش به مصرف کنندگان	درآمد حاصل از فروش به عمده فروشان	درآمد حاصل از فروش به خرده فروشان	هزینه ثابت تولید	هزینه متغیر تولید	هزینه حمل و نقل	تابع هدف
۱	۲۰	۳۰	۳۸	۵۲۲۵۴۳	۶۲۶۵۹۷	۳۵۰۳۴۸	۵۱۲۲۹	۷۸۱۰۱۴	۱۴۳۷۳	۶۵۲۷۸۲
۲	-	۳۰	۳۸	۴۴۱۷۷۰	۵۱۶۸۱۴	۲۹۳۰۷۴	۴۲۷۶۸	۶۵۰۰۰۷	۱۳۹۱۱	۵۴۴۹۷۲
۳	-۲۰	۳۰	۳۸	۳۵۳۸۹۰	۴۱۳۶۶۵	۲۳۶۱۸۵	۳۶۹۶۰	۵۱۷۵۵۶	۱۳۶۰۶	۴۳۵۶۱۹
۴	-۳۸	۳۰	۳۸	۲۵۷۴۸۸	۲۹۷۹۰۰	۱۷۳۱۵۳	۲۶۴۰۰	۳۷۳۵۹۴	۱۳۷۵۸	۳۱۴۷۸۷
۵	-۵۵	۳۰	۳۸	۲۰۳۵۷۴	۲۳۰۵۴	۱۳۱۹۴۸	۲۰۳۲۸	۲۸۹۵۲۸	۱۳۷۵۴	۲۴۲۳۶۵
۶	۲۵	۳۰	۵۳	۶۶۵۴۲۳	۷۷۷۶۳۶	۴۳۹۳۰	۵۸۳۴۴	۸۴۲۲۷۹	۱۳۸۰۰	۷۶۷۹۶۷
۷	-	۳۰	۵۳	۵۱۳۲۳۳	۶۰۰۶۱۵	۳۴۰۷۱۶	۴۲۷۶۸	۶۵۰۰۷۱	۱۳۹۱۱	۷۴۷۷۱۰
۸	-۲۵	۳۰	۵۳	۳۶۰۸۵۵	۴۲۴۹۵۲	۲۴۰۵۵۲	۳۰۲۲۸	۴۵۹۸۶۹	۱۳۹۱۲	۵۲۲۳۵۰
۹	-۵۳	۳۰	۵۳	۱۸۲۱۲۶	۲۱۲۴۷۶	۱۲۵۰۴۶	۱۷۰۲۸	۲۲۹۵۴۶	۱۳۴۶۲	۲۵۹۶۱۲
۱۰	-۷۰	۳۰	۵۳	۱۰۲۵۴۷	۱۲۶۳۵۹	۷۲۱۷۰	۱۱۳۶۵	۱۳۱۷۴۶	۱۳۴۵۸	۱۴۴۵۰۵

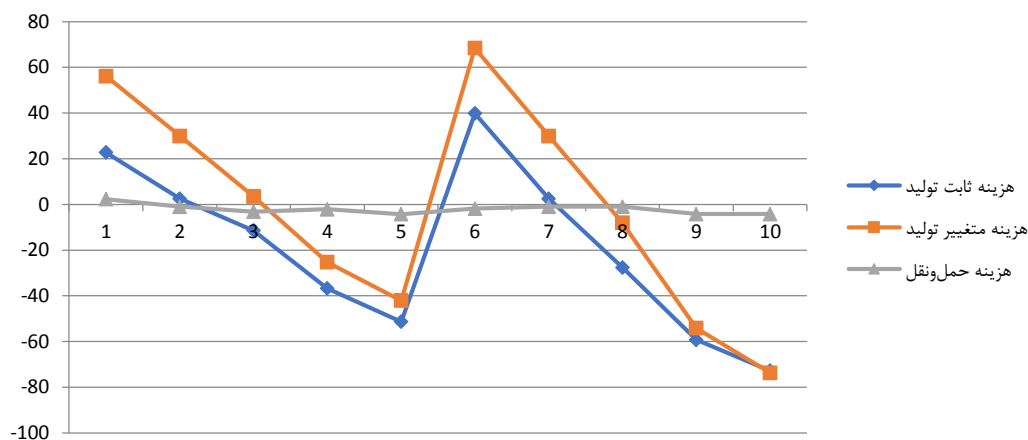
Source: Research findings

منبع: یافته های تحقیق

همان طور که در جدول (۳) قابل ملاحظه است، مقدار تابع هدف در پیش فرض ششم ۹۶۷۹۶۷ ریال به ازای هر کیلوگرم بوده که بیشترین مقدار را بین پیش فرض های مختلف دارا بوده است. بدین معنی که در صورت رخداد این پیش فرض، سود تولیدکننده از تولید محصول ارگانیک ۹۶۷۹۶۷ ریال در ازای هر کیلوگرم خواهد بود. از طرف دیگر مقدار هدف در پیش فرض دهم با ۱۴۴۵۰۵ ریال کمترین مقدار را بین پیش فرض های مختلف به خود اختصاص داده است.

الگو سازی زنجیره تأمین...۱۵

نمودارهای (۱) تا (۳)، درصد تغییرپذیریهای اجزاء تابع هدف را نسبت به حالت اصلی نشان داده است. در آغاز نمودار (۱) به بررسی تغییرپذیریهای هزینههای متغیر در تابع هدف، برای پیشفرضهای ۱۰ گانه خواهد پرداخت.



نمودار (۱) درصد تغییرپذیریهای هزینههای زنجیره تأمین

Chart (1) Percentage of changes in supply chain costs

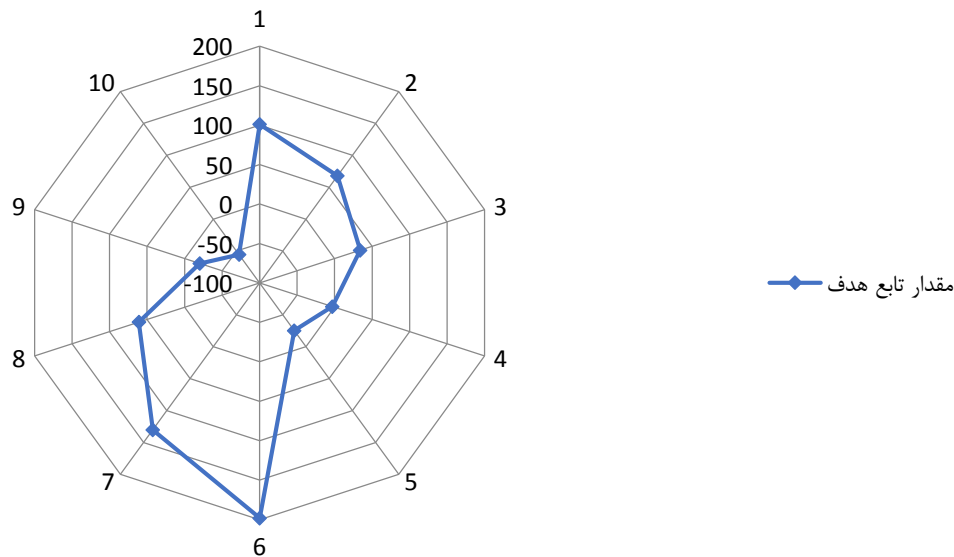
Source: Research findings

منبع : یافته های تحقیق

همانطور که از نتایج نمودار (۱) مشخص است بیشترین تغییر ناشی از تغییرپذیریهای این سه فرا سنج، در هزینههای متغیر رخ داده است که به عنوان نمونه در پیشفرض ششم بیش از ۶۰ درصد افزایش و در پیشفرض دهم بیش از ۷۰ درصد کاهش داشته است. از طرف دیگر کمترین تغییرپذیریهای هزینههای مربوط به هزینههای حمل و نقل بوده است. با توجه به کاهش تقاضا در ۸ پیشفرض، مقدار هزینه حمل و نقل نیز در این ۸ پیشفرض نسبت به حالت پایه کاهش یافته است. همانطور که ملاحظه می شود بیشترین مقدار تغییر در همه هزینهها، مربوط به پیشفرضهای ۱، ۵، ۶، ۹ و ۱۰ بوده است.

در نمودار (۲) به تغییرپذیریهای تابع هدف در سناریوهای مختلف اشاره دارد. این نمودار نشان می دهد که در برخی از پیشفرضها تغییرپذیریهای افزایشی و در برخی تغییرپذیریهای کاهش

بوده است که با توجه به تغییرپذیری‌های افزایشی در هزینه‌های تولید و قیمت فروش محصولات از یک سو و تغییرپذیری‌های در میزان تقاضا، این مسئله به‌طور کامل توجیه‌پذیر است.



نمودار (۲) تغییرپذیری‌ها در تابع هدف تحت پیش‌فرض‌های ۱۰ گانه

Chart (2) Changes in the objective function under 10 scenarios

Source: Research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در نمودار (۲) مشخص است، بیشترین تغییر مثبت در پیش‌فرض ششم (افزایش ۲۵ درصدی در تقاضا، ۳۰ درصدی در هزینه و ۵۳ درصدی در قیمت) با حدود ۱۹۸ درصد افزایش در تابع هدف و بیشترین تغییر منفی در پیش‌فرض دهم (کاهش ۷۰ درصدی در تقاضا، افزایش ۳۰ درصدی در هزینه و ۵۳ درصدی در قیمت) با حدود ۵۵ درصد کاهش در تابع هدف بوده است. بنابر نتایج تحلیل حساسیت، تغییرپذیری‌های در تابع هدف تحت سناریوهای ۱، ۲، ۳، ۶، ۷ و ۸ نسبت به حالت پایه مثبت و افزایشی بوده است. بدین معنی که سود تولیدکننده ماهی سالم در این ۶ پیش‌فرض نسبت به حالت پرورش ماهی معمولی، بیشتر خواهد شد. اما در سناریوهای ۴، ۵، ۹ و ۱۰ این تغییرپذیری‌های منفی بوده و سود تولیدکننده کمتر از حالت پایه خواهد شد.

الگو سازی زنجیره تأمین... ۱۷

این موضوع نشان دهنده این مطلب است که در حالت‌های که تقاضا افزایش یا تا حد درصد افزایش قیمت، کاهش یابد، سود تولیدکننده بیشتر از حالت عادی بوده و تولید ماهی سالم نسبت به ماهی معمولی برای وی سودآورتر خواهد بود. اما اگر تقاضا بیشتر یا برابر با افزایش قیمت، کاهش یابد، سود تولیدکننده نسبت به پرورش ماهی معمولی کمتر خواهد شد. البته لازم به یادآوری است در همه حالت‌های ارائه شده تولید تولیدکننده همراه با سود خواهد بود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

با توجه به نتایج الگوی زنجیره تأمین مشخص شد در شرایط ثبات در هزینه‌ها و قیمت، سهم بهینه فروش ماهی سالم از تولیدکننده به عمده‌فروش ۴۴ درصد، به مصرف‌کننده ۳۳ و به خرده‌فروش ۲۳ درصد خواهد بود. بدین معنی که اگر تولیدکننده ۴۴ درصد از محصول خود را به عمده‌فروش، ۳۳ درصد را به مصرف‌کننده و ۲۳ درصد را به خرده‌فروش عرضه کند، بیشترین سود ممکن از این زنجیره را نصیب خود خواهد کرد. مقدار تابع هدف که سود زنجیره از نگاه تولیدکننده بوده برابر با ۱۶۲۳۸ میلیون ریال به‌دست آمده است که از این مقدار، ۲۷۷۹۱ میلیون ریال مربوط به هزینه‌ها و ۱۵۳۴۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای حاصل از فروش محصول‌ها به مصرف‌کننده‌ها، ۱۸۳۶۰ میلیون ریال مربوط به درآمدهای حاصل از فروش محصول‌ها به عمده‌فروشان و ۱۰۳۱۹ میلیون ریال مربوط به درآمدهای مربوط به فروش محصول‌ها به خرده‌فروشان است.

تحلیل حساسیت برای الگوی زنجیره تأمین در ده پیش‌فرض با تغییر سه فراسنجه قیمت، هزینه و مقدار تقاضا حل شده است. مقدار تابع هدف در پیش‌فرض ششم ۹۶۷۹۶۷ ریال به ازای هر کیلوگرم بوده که بیشترین مقدار را بین پیش‌فرض‌های مختلف دارا بوده است. بدین معنی که در صورت رخداد این پیش‌فرض، سود تولیدکننده از تولید محصول ارگانیک ۹۶۷۹۶۷ ریال در ازای هر کیلوگرم خواهد بود. از سوی دیگر مقدار هدف در پیش‌فرض دهم با ۱۴۴۵۰۵ ریال کمترین مقدار را بین پیش‌فرض‌های مختلف به خود اختصاص داده است. در ۴ پیش‌فرض ۴، ۵، ۹ و ۱۰ میزان درآمد تولیدکننده از فروش محصول خود به هر ۳ سطح بازار نسبت به حالت پایه کاهشی بوده است. همان‌طور که مشخص است در پیش‌فرض‌هایی که میزان تغییر در تقاضا برابر با عکس میزان تغییر در قیمت یا بیشتر از آن بوده است، درآمد تولیدکننده کاهش یافته است.

بنابر نتایج تحلیل حساسیت، تغییرپذیری‌ها در تابع هدف تحت سناروهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷ و ۸ نسبت حالت پایه مثبت و افزایشی بوده است. بدین معنی که سود تولیدکننده ماهی سالم در این ۶ پیش‌فرض نسبت به حالت پرورش ماهی معمولی، بیشتر خواهد شد. اما در سناروهای ۴، ۵، ۹ و ۱۰ این تغییرپذیری‌های منفی بوده و سود تولیدکننده کمتر از حالت پایه خواهد شد.

بنا بر نتایج ارائه شده می‌توان پیشنهاد و تأکید که:

۱- با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش پیرامون سودآوری مناسب پرورش ماهی قزل‌آلای پرورشی سالم نسبت به ماهی قزل‌آلای پرورشی معمولی و نقش به سزای آن در سلامت جامعه پیشنهاد و تأکید می‌شود سیاست‌گذاران و مجریان در وزارت جهاد کشاورزی و به‌ویژه بخش شیلات در وهله اول زیرساخت‌های لازم را جهت پرورش ماهی سالم فراهم سازند. زیرساخت‌هایی مانند آموزش جامع به تولیدکنندگان پیرامون شرایط پرورش ماهی سالم و فراهم‌سازی نهاده‌های ارگانیک پرورش ماهی سالم مانند غذای ارگانیک، بچه ماهی ارگانیک، کودهای و داروهای ارگانیک. با توجه به تولید نشدن این نهاده‌ها در داخل کشور در وهله اول واردات و در وهله دوم نیز واردات فناوری و تولید آن در داخل کشور اهمیت بسیاری دارد.

۲- به تولیدکنندگان بخش شیلات و پرورش ماهی پیشنهاد می‌شود با توجه به سودآوری بیشتر ماهی سالم نسبت به ماهی معمولی، پرورش این ماهی را نیز در دستور کار قرار دهند. همچنین با توجه به سودآوری بیشتر فروش مستقیم ماهی به مصرف‌کننده نسبت به دیگر راه‌های بازاریابی این محصول توصیه می‌شود به نسبت به این موضوع توجه بیشتری کنند تا در کنار افزایش درآمد تولیدکننده، مطلوبیت مصرف‌کننده نیز افزایش یابد.

منبع‌ها:

- Abedi, A., & Zhu, W. (2017). An optimisation model for purchase, production and distribution in fish supply chain—a case study. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3451-3464.
- Altıparmak, F., Gen, M., Lin, L., & Paksoy, T. (2006). A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks. *Computers & industrial engineering*, 51(1), 196-215.

- Banterle, A., Cereda, E., and Fritz, M. (2013). Labelling and sustainability in food supply networks: A comparison between the German and Italian markets. *British Food Journal*, 115(5), 769-783.
- Courtemanche, C., Heutel, G., and McAlvanah, P. (2015). Impatience, incentives and obesity. *The Economic Journal*, 125(582): 1-31.
- Fasihi, Maedeh, Najafi, Seyed Esmaeil, Tavakoli Moghaddam, Reza, & Haji Aghaei Keshtali, Mustafa. (1400). Designing a closed-loop supply chain network for cold-water farmed fish considering uncertainty conditions: A case study of the trout supply chain network in Mazandaran. *Industrial Management Studies*, 19(63), 1-50. doi: 10.22054/jims.2021.60904.2657
- Ghorbani, M, Kouchaki, A, Rajabzadeh, M and Mansouri, H (2014). Investigation of the willingness of farmers in Khorasan Razavi province to produce organic greenhouse cucumbers. *Agricultural Economics and Development*, Volume 28, Issue 2, Pages 156-149. (In Farsi)
- Dashti, Ghader, Kavkhani, Zahra, Hosseinzad, Javad, & Sani, Fatemeh. (2024). Trends and status of technological change in the Iranian broiler industry. *Animal Science Research (Agricultural Science)*, 33(4), 125-140. doi: 10.22034/as.2022.47696.1628 .(In Farsi)
- Glock, C.H. & T. Kim (2015); "The Effect of Forward Integration on a Single-vendor–multi-retailer Supply Chain under Retailer Competition", *International Journal of Production Economics*. no. 164, pp. 179–192
- Huangfu, Peijue, Fiona Pearson , Farah, Marwan Abu-Hijleh , Charlotte Wahlich , Kathryn Willis, Susanne, F Awad , Laith J Abu-Raddad , Julia A Critchley (2024). Impact of price reductions, subsidies, or financial incentives on healthy food purchases and consumption: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, Volume 8, Issue 3, March 2024, Pages e197-e212
- Li, Xiaofei , Shuyi Wang, Yiyin Ruan, Yu Pan, Yi Huang, (2024). Taste or health: The impact of packaging cues on consumer decision-making in healthy foods, *Appetite* Volume 203, 1 December 2024, 107636
- Lin, D. Y., & Wu, M. H. (2016). Pricing and inventory problem in shrimp supply chain: A case study of Taiwan's white shrimp industry. *Aquaculture*, 456, 24- 35
- Mebrat, Y and Worku, A (2020). Structure, Conduct and Performance of Fish Market in Central Ethiopia, *Management Studies and Economic Systems (MSES)*, 4 (4), 295-303

- Tabrizi, S., Ghodsypour, S. H., & Ahmadi, A. (2018). Modelling three-echelon warm-water fish supply chain: A bi-level optimization approach under Nash–Cournot equilibrium. *Applied Soft Computing*, 71, 1035–1053.
- Teng, C.-C. and Wang, Y.-M. (2015), “Decisional factors driving organic food consumption: generation of consumer purchase intentions”, *British Food Journal*, Vol. 117, pp. 1066-1081
- Wang, L. & Huo, X. (2016). Willingness-to-pay price premiums for certified fruits dA case of fresh apples in China. *Journal of Food Control*, 64 : 240-246
- Yue, D. & F. You (2016); “Game-theoretic Modeling and Optimization of Multi-Echelon Supply Chain Design and Operation under Stackelberg Game and Market Equilibrium”, *International Journal of Computers and Chemical Engineering*, no.71, pp. 347–361.
- Zhou, L. & Chen, T. (2007). Consumer Perception of Organic Food in Urumqi. Contributed Paper prepared for presentation at the 105th EAAE Seminar ‘International Marketing and International Trade of Quality Food Products’ Bologna, Italy, March 8-10, 2007.



Modeling the supply chain of healthy farmed trout in Tehran

Majid Mohammadi, Saeed Yazdani, Hamed Rafiei, Vahide Ansari¹

Received: 20 Nov.2024

Accepted: 3 May.2025

Extended Abstract

Introduction

The growing interest in healthy foods and increasing concerns about food safety have emphasized the importance of sustainable aquaculture systems. Rainbow trout is a valuable source of high-quality protein and essential nutrients; however, fish consumption in Iran remains below the global average, partly because of consumer concerns regarding production methods and food safety. Healthy farmed trout, produced with minimal use of chemical inputs and antibiotics, represents a promising alternative for improving public health while creating additional value for producers. Since healthy production changes production costs, product prices, and market demand, designing an efficient supply chain is essential. Therefore, this study aims to model and optimize the supply chain of healthy farmed rainbow trout in Tehran under different market conditions.

Materials and Methods

A mathematical programming model was developed to maximize the profit of the healthy trout supply chain from the producer's perspective. The model incorporated production, transportation, distribution, and demand constraints across producers, wholesalers, retailers, and consumers. Data were collected from 35 trout producers, 3 wholesalers, 27 retailers, and 598 consumers in Tehran during 2022. To evaluate the economic feasibility of healthy trout production, ten scenarios were simulated by varying production costs, selling prices, and consumer demand. Sensitivity analysis was then conducted to examine the impact of these parameters on supply chain profitability.

¹ PhD Graduate, Professor (Corresponding Author), Associate Professor, and Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, University of Tehran
Email: syazdani@ut.ac.ir

Results and Discussion

The optimization results showed that the optimal distribution strategy allocates 44% of production to wholesalers, 33% directly to consumers, and 23% to retailers. The maximum profit of the supply chain under the baseline scenario reached approximately 16.24 billion Rials. Producing healthy trout increased production costs by about 29% compared with conventional trout; however, higher selling prices compensated for these additional costs in most scenarios. Sensitivity analysis indicated that profitability is strongly affected by changes in consumer demand and product prices. The highest profit was achieved when demand increased by 25% and selling prices increased by 53%, while substantial reductions in demand significantly decreased profitability despite higher prices. These findings demonstrate that market demand is the key factor determining the economic success of healthy trout production.

Suggestions

The results suggest that healthy trout farming can become a profitable and sustainable production system if supported by appropriate policies and market development strategies. Policymakers should establish reliable certification systems for healthy fish, improve producers' access to healthy production inputs, and provide technical training for sustainable aquaculture practices. Increasing consumer awareness of the health benefits of certified healthy fish and strengthening direct marketing channels between producers and consumers can further enhance demand and improve supply chain efficiency. These measures would encourage the expansion of healthy fish production while contributing to food safety, public health, and the sustainable development of Iran's aquaculture sector.

JEL Classification: M11, D31, C61, 013

Keywords: Supply Chain, Healthy Fish, Mathematical Programming, Tehran