نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال یازدهم، شماره بیست و سوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحه ۵۷-۶۹
www.ier.basu.ac.ir

ISSN: 2345-2269

DOI: https://dx.doi.org/10.22084/IER.2024.5565

مدل‌سازی سیاست بهینه در برنامه‌ریزی تولید شرکت شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی با استفاده از رهیافت پویایی‌های سیستم به‌منظور کاهش هزینه تولید

مینا کاظمی‌ساعی[۱]، شهرام سعیدی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکدهٔ فنی و مهندسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۴۰۲/۶/۲
پذیرش ۱۴۰۲/۱۰/۱۱
(مقاله پژوهشی)

کلمات کلیدی:
برنامه‌ریزی تولید
پویایی‌های سیستم
شرکت شیر پاستوریزه پگاه و نسیم

خلاصه

برنامه‌ریزی تولید در یک سیستم تولیدی، به تحلیل و محاسبه میزان تولید هر کدام از محصولات قابل تولید یک سیستم تولیدی در دوره آتی، براساس شرایط و وضعیت بازار، نیاز مشتری، زنجیره‌تأمین مواد اولیه و غیره می‌پردازد و هدف آن، کاهش هزینه‌های تولید، حفظ یا افزایش میزان رضایت مشتریان، رقابت در بازار، متنوع‌سازی محصولات تولیدی و غیره است. برای تهیه برنامه تولید، روش‌های متعددی وجود دارد که ویژگی‌های متفاوتی داشته و بسته به نوع سیستم تولیدی و شرایط حاکم بر آن، روش مناسب انتخاب می‌شود. این پژوهش، به تهیه برنامه تولید محصولات لبنی شرکت شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی به‌منظور کاهش هزینه‌های تولیدی، با استفاده از رهیافت پویایی‌های سیستم پرداخته و برای تهیه این برنامه، عوامل مؤثر در تهیه برنامه تولید و تأثیرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر را مدنظر قرار داده است. برای این منظور، مدل علت-معلولی این عوامل تهیه شده و نمودار جریان آن در نرم‌افزار ونسیم با چهار سناریوی مختلف شبیه‌سازی شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد بهترین وضعیت برای کارخانه و جامعه، تشویق به افزایش یا تداوم مصرف فرآورده‌های لبنی است که منجربه کاهش هزینه‌های کل تا ۱۲ درصد می‌شود. در غیر این صورت، با افزایش قیمت محصولات و کاهش تقاضای مصرف‌کننده، بهتر است کارخانه تنوع محصولات تولیدی را ثابت نگه داشته و حجم تولید هر محصول را کاهش دهد.

۱. مقدمه

مسأله برنامه‌ریزی تولید به‌عنوان تخصیص منابع تولید موجود به محصولات مختلف در طول زمان برای بهینه‌سازی برخی از معیارهای عملکرد شرکت تعریف می‌شود. مدیریت تولید، فرآیند تصمیم‌گیری است که با بهره‌گیری از منابع محدود، هدف مشخصی را دنبال می‌کند. برنامه تولید مشخص می‌کند که برای تولید محصول با کم‌ترین هزینه، چه مقداری از مواد در چه زمانی و توسط کدام دستگاه‌ها بایستی استفاده شود. همچنین از برنامه‌ریزی تولید برای پیش‌بینی مقدار تولید محصولات ازنظر کمی استفاده می‌شود [۱]. برای حل این مسأله، مدل‌ها و روش‌های گوناگونی توسعه داده شده است. رویکرد اصلی اکثر این مدل‌ها، چه از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح باشند، چه برنامه‌ریزی خطی، تقسیم افق زمانی تولید به دوره‌های زمانی گسسته است که قرار است تولید برای آن‌ها برنامه‌ریزی شود. در هر دوره، ظرفیت هر منبع تولید، معمولاً به‌عنوان تعداد کل ساعات منبع نشان داده می‌شود. متغیرهای تصمیم برای دوره برنامه‌ریزی، حداقل/حداکثر مقدار تولید و موجودی نهایی هر محصول را برای آن دوره نشان می‌دهند [۲].

* نویسنده مسئول: شهرام سعیدی
تلفن: ۰۴۱-۳۱۹۶۶۱۷۳؛ پست الکترونیکی: sh_saeidi@iaut.ac.ir

در سال‌های اخیر علاقه فزاینده‌ای به توسعه مدل‌های برنامه‌ریزی تولید با استفاده از بیان ظرفیت تولید به‌گونه‌ای که امکان نمایش زمان تحویل وابسته به حجم کار را فراهم کند، وجود دارد [۱]. نظریه کنترل و پویایی سیستم‌ها، طیف وسیعی از ابزارها را برای مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل سیستم‌های دینامیکی ارائه می‌کند که می‌تواند به‌طور مناسب برای برنامه‌ریزی تولید و کنترل سیستم‌های تولیدی مورد استفاده قرا گیرد [۳]. یکی از ابزارهای بررسی سیستم‌های واقعی در شرایط دینامیکی، روش پویایی سیستم‌هاست. این روش، توسط فارستر در سال ۲۰۰۷ به عرصه آمد و در سال‌های اخیر به‌سرعت رشد کرده است. پویایی سیستم رویکردی برای کشف رفتار دینامیکی غیرخطی و مطالعه ساختار و پارامترهای سیستم است [۱]. در این نوع مطالعه، علاوه‌بر عوامل اصلی تأثیرگذار بر متغیرهای مورد بررسی در سیستم، درهم‌کنش‌های بین این عوامل و متغیرها هم درنظر گرفته شده، مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم، به‌طور کاملاً پویا و تعاملی انجام می‌شود. در نتیجه می‌توان ادعا نمود که نتایج حاصله، از دقت و اعتبار بیشتری برخوردار خواهند بود [۲].

یکی از قدیمی‌ترین مطالعات در زمینه کنترل موجودی و تولید به‌روش پویایی سیستم، توسط زوایکر در سال ۱۹۸۰ انجام شده است که به بررسی امکان‌پذیری استفاده از این روش در سیستم‌های تولیدی پرداخت. وی از زبان داینامو برای شبیه‌سازی مدل خود استفاده نمود [۲]. ولاکوس و همکاران (۲۰۰۷)، به مدل‌سازی زنجیره‌تأمین حلقه‌بسته برای برنامه‌ریزی ظرفیت در یک سیستم تولید تک‌محصولی، با استفاده از روش پویایی سیستم پرداختند. آن‌ها نشان دادند که این مدل نه‌تنها می‌تواند برای بازیابی محصول، بلکه برای سیستم‌های بازیافت مواد نیز مورد استفاده قرار گیرد [۴]. باینز و هاریسون (۲۰۱۰)، در به بررسی دلیل کاهش محبوبیت عمومی روش پویایی سیستم نسبت به روش شبیه‌سازی رویداد گسسته پرداختند و نشان دادند که مدل‌سازی سیستم‌های تولیدی، یک فرصت ازدست رفته برای رهیافت پویایی سیستم‌هاست. براین اساس، این پژوهش به بررسی جامع مفهوم پویایی سیستم پرداخته، تکنیک مدل‌سازی را به‌طور کامل شرح داده و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه می‌دهد [۵].

کیانی و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی سیستم‌های کنترل موجودی در حالت کلی در یک سیستم تولیدی فرضی با استفاده از روش پویایی سیستم پرداخته و نتیجه گرفتند که روش پیشنهادی آن‌ها، منجربه افزایش ارزش خالص فعلی می‌شود [۶]. مرندی (۱۳۹۱)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، به یکپارچه نمودن زمان‌بندی تولید و توزیع در زنجیره‌تأمین فرآورده‌های لبنی کارخانه پگاه پرداخته و یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط برای آن ارائه کرده و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات آن را حل نمود [۷]. پولز (۲۰۱۳)، به‌منظور بررسی تولید مجدد در یک سیستم کنترل تولید و موجودی با استفاده از روش پویایی سیستم پرداخت. یافته‌های این تحقیق نشان داد که اگر مقدار بازده تولید مجدد و زمان تولید مجدد به‌ترتیب افزایش و کاهش یابد، کارایی فرآیند تولید مجدد با ظرفیت تولید افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این، افزایش زمان تولید مجدد تأثیر بیشتری بر عملکرد سیستم نسبت به افزایش معادل در زمان تولید مجدد دارد [۸].

رندون و همکاران (۲۰۱۴)، از مدل‌سازی پویایی سیستم و شبیه‌سازی فرآیند برای بررسی هماهنگی در دو فرآیند لجستیک تهیه و تولید زنجیره‌تأمین یک کارخانه اتانول استفاده نموده و سه سناریو تولید برای شناسایی ارزیابی کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مدل‌سازی پویایی سیستم می‌تواند برای مشاهده اثرات سیاست‌ها بر موجودی و پاسخ‌گویی به تقاضا در یک سیستم واقعی استفاده شود. همچنین می‌تواند هماهنگی یک زنجیره‌تأمین را ارزیابی کرده و اطلاعاتی برای بهبود آن ارائه دهد. مدل توسعه‌یافته در این مقاله، از نرم‌افزار استلا برای شبیه‌سازی فرآیندهای لجستیک و اجرای ارزیابی با استفاده از شاخص‌های عملکرد استفاده کرده است [۹]. پولیتو و جورجیادیس (۲۰۰۸)، به معرفی روش پویایی سیستم در به‌کارگیری متدولوژی Drum Buffer Rope (DBR) در فرآیند تولید پرداختند. نتایج این تحقیق در تمام الگوهای تقاضای بررسی شده، نشان می‌دهد که رویکرد DBR قادر است به‌طور متوسط موجودی محصول نهایی و مواد خام کمتری را نسبت به روش Anchoring and Adjustment حفظ کند [۱۰]. معین و جلودار (۱۳۸۴)، به‌منظور افزایش تولید شیر در کارخانه شیر پگاه فارس، به مطالعه فرآیند لجستیک پرداخته و نشان دادند که بین فرآیندهای لجستیک و بهره‌وری کارخانه، رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد [۱۱].

اورجون و همکاران (۲۰۰۶)، یک سیستم تولید با ظرفیت ساده را با فرض وابستگی زمان تدارک به میزان بار کاری، به‌منظور بررسی عملکرد چندین مدل ظرفیت مختلف، با استفاده از روش پویایی سیستم شبیه‌سازی نموده و نشان دادند که مدل زمان تدارک ثابت، در استفاده گسترده در فرمول‌بندی‌های بهینه‌سازی مسائل برنامه‌ریزی تولید، نمی‌تواند رفتار سیستم‌های تولید را در سطوح بالای بهره‌برداری رایج در صنایع سرمایه‌بر نشان دهد [۱]. سیدل و همکاران (۲۰۱۹)، با تجمیع روش‌های تولید ایستا و پویا، به برنامه‌ریزی تولید نیمه هادی پرداختند [۱۲]. رامیرز و ژارا (۲۰۲۱)، ابزاری برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی تولید آبجو برای شرکت کانستمن در کشور شیلی با استفاده از روش پویایی سیستم ارائه نمودند. توصیف و مدل‌سازی سیستم تولید برای ساخت مدل پایه پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار ونسیم انجام گردیده است. با استفاده از این ابزار، برنامه‌ریز تولید می‌تواند سناریوهای تولید نظری را با تغییر پارامترهای اصلی که کل فرآیند را تعریف می کند، ارزیابی کند [۱۳].

رن و لی (۲۰۲۱)، به‌منظور انطباق با نیازهای تنظیم پویای طرح تولید بین کارگاه‌های مختلف خودروسازی و برخورد با شرایط اضطراری، از روش زمان‌بندی تولید براساس الگوریتم ژنتیک استفاده نموده و نشان دادند که روش زمان‌بندی پیشنهادی آنان از مزایای کارایی و تنظیم بالا برخوردار است [۱۴]. اسکر و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از روش برنامه‌ریزی تولید پویا، یک کارخانه تولید محصولات

فلزی در لیتوانی را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که شرکت مورد مطالعه برای بهبود تخصیص وظایف به کارکنان، به یک سیستم کامپیوتری کارمند-محور نیاز دارد [۱۵]. شریفی و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از رهیافت پویایی‌های سیستم، به بررسی مسأله کنترل موجودی محصولات فاسدشدنی پرداخته و نشان دادند پر بودن موجودی، می‌تواند در تصمیم مدیریت این نوع محصولات مؤثر باشد [۱۶]. کامکار و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی تأثیر فرآیند قیمت‌گذاری محصولات فاسدشدنی پرداخته و از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل پیشنهادی خود استفاده کردند [۱۷]. آقاجانی عابدی و پناهیان (۱۴۰۰)، به بررسی تاثیر شیوه‌های زنجیره‌تأمین و مدیریت کیفیت بر عملکرد شرکت شیر پاستوریزه پگاه اصفهان پرداخته و نتیجه گرفتند که به اشتراک‌گذاری اطلاعات زنجیره عرضه بر مدیریت کیفیت و سرمایه‌گذاری خاص تأمین‌کننده تأثیر مثبت دارد [۱۸]. رحمتی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهش خود، کارخانه لبنیات تاشال قوچان را مورد مطالعه قرار داده و با رویکرد FMEA، به ارزیابی ریسک در این صنعت پرداختند [۱۹]. استعماری و همکاران (۲۰۲۳)، از روش پویایی سیستم برای مدل‌سازی تأثیر برنامه‌ریزی استراتژیک بر کارایی زنجیره‌تأمین در صنایع غدایی و نوشیدنی استفاده کردند [۲۰]. کائور و کاندار (۲۰۲۴)، به شبیه‌سازی زنجیره‌تأمین کارخانه تولید پوشاک زنانه با استفاده از رهیافت پویایی سیستم پرداختند [۲۱].

مقایسه اجمالی کارهای پیشین، در جدول (۱) آورده شده است. مطالعه ادبیات و پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که از روش پویایی سیستم برای تحلیل و مدل‌سازی در برخی از صنایع استفاده گردیده، ولی در زمینه برنامه‌ریزی تولید، بویژه در صنایع غذایی، تحقیقات اندکی انجام شده است و در صنایع تولید فرآورده‌های لبنی در کشور، هیچ مطالعه‌ای با این روش یافت نگردید. به همین منظور، در این پژوهش تلاش شده است تا با استفاده از رهیافت پویایی‌های سیستم، به مدل‌سازی برنامه‌ریزی تولید محصولات لبنی در کارخانه شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی پرداخته شود. با رسم نمودار ادارکی-مفهومی و تبدیل آن به نمودار جریان، مدل پیشنهادی حاصل شده که در نرم‌افزار ونسیم تحت چهار سناریو مختلف شبیه‌سازی گردیده است.

۲. زنجیره‌تأمین شیر

یکی از مهم‌ترین زنجیره‌های تأمین، زنجیره‌تأمین شیر و فرآورده‌های آن است که توسط تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، عمده‌فروشان و خرده‌فروشان، تولید و عرضه شده و به دست مصرف‌کنندگان نهایی می‌رسند. صنعت لبنیات با زنجیره ارزش طولانی و حلقه‌های متعددی که دارد، می‌تواند صنعتی مؤثر و کارآمد در هر اقتصادی باشد. صنعتی که می‌تواند با ایجاد ارزش افزوده اقتصادی و خلق فرصت‌های شغلی متنوع و گوناگون، راه‌حلی بی‌بدیل برای حل مشکلات کلان و خرد اقتصادی جوامع باشد.

فرآیند تأمین شیر خام کارخانه‌های لبنی از دامداری‌های متعدد سنتی، نیمه‌صنعتی و صنعتی صورت می‌گیرد، در این فرآیند، محموله‌های شیر خام دریافت شده از هر دامدار با هر مقداری، از چند کیلوگرم تا چند تن، به‌صورت تک‌تک نمونه‌برداری و آزمایش می‌شود و هزینه آزمایشات، به تعداد دامداری‌های تأمین‌کننده شیرخام بستگی دارد. براساس آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید شیر خام در کشور حدود ۱۰ میلیون تن است و در حال حاضر، حدود چهار تا پنج درصد از شیر کشور در قالب زنجیره تولید می‌شود که مقدار آن کافی نبوده و لازم است به بیش از ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد. زنجیره تولید، شامل نهاده‌های تولید خوراک دام، شیر برای صنایع لبنی و در نهایت شبکه مویرگی توزیع در سطح شهر است که این بخش را صنایع لبنی مدیریت می‌کنند.

جدول (۱). مقایسه اجمالی کارهای پیشین

مرجع	اهداف پژوهش	رهیافت مورد استفاده
[۱]	بررسی عملکرد سیستم تولیدی	پویایی سیستم
[۲]	شبیه سازی سیستم تولید	داینامو
[۴]	مدل‌سازی زنجیره‌تأمین	پویایی سیستم
[۶]	بررسی سیستم کنترل موجودی	پویایی سیستم
[۷]	یکپارچه‌سازی زمانبندی توزیع در کارخانه پگاه	برنامه‌ریزی غیر خطی و بهینه سازی ازدحام ذرات
[۸]	تولید مجدد در سیستم کنترل تولید و موجودی	پویایی سیستم
[۹]	بررسی هماهنگی در فرآیند لجستیک تهیه و تولید زنجیره‌تأمین	پویایی سیستم و شبیه‌سازی فرآیند
[۱۰]	افزایش تولید شیر در کارخانه شیر پگاه فارس	مطالعه فرآیند لجستیک
[۱۳]	برنامه‌ریزی تولید نوشیدنی	پویایی سیستم
[۱۵]	ارزیابی سیستم تولید	برنامه‌ریزی پویا
[۱۶]	کنترل موجوی	پویایی سیستم
[۱۷]	بررسی تأثیر قیمت گذاری در محصولات فسادپذیر	الگوریتم ژنتیک
[۱۸]	مطالعه زنجیره‌تأمین شرکت شیر پاستوریزه پگاه اصفهان	تحلیل آماری و مدل معادلات ساختاری
[۱۹]	ارزیابی ریسک کارخانه لبنیات	FMEA
[۲۰]	مطالعه کارایی زنجیره‌تأمین در صنایع غذایی	پویایی سیستم
[۲۱]	شبیه‌سازی زنجیره‌تأمین کارخانه تولید پوشاک	پویایی سیستم
روش پیشنهادی	کاهش هزینه تولید در شرکت شیر پاستوریزه پگاه	پویایی سیستم

به گزارش خبرگزاری ایلنا، با تصمیم هیئت وزیران، به‌منظور مدیریت یکپارچه زنجیره تولید شیر خام تا عرضه محصولات لبنی با رویکرد تقویت بخش غیردولتی، وزارت جهاد کشاورزی موظف شده است نسبت به تشکیل صندوق حمایت از توسعه زنجیره صنعت شیرکشور اقدام نماید. در این راستا، وزارت صمت، وزارت آموزش و

پرورش، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و جهاد کشاورزی (سازمان مرکزی تعاون روستایی) با همکاری هم نسبت به فرهنگ‌سازی جهت افزایش مصرف سرانه شیر و محصولات لبنی، تأمین بودجه، برنامه‌ریزی و مدیریت زنجیره‌تأمین، حمایت از تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان فعالیت نمایند.

۲-۱. اثر شلاقی زنجیره‌تأمین شیر

به تقویت تغییرپذیری تقاضا از پایین زنجیره به‌سمت بالای زنجیره‌تأمین، اثر شلاقی (شلاق چرمی) گفته می‌شود. اثر شلاقی اشاره به این دارد که نوسانات تقاضای آخرین سطح مشتری در زنجیره‌تأمین، با حرکت در طول مراحل زنجیره‌تأمین افزایش می‌یابد. به‌عبارتی، هر تغییر کوچک در تقاضای مشتری نهایی، به‌صورت چند برابر خود را در تقاضای کارخانه نشان خواهد داد. از دلایل عمده این اثر می‌توان به پیش‌بینی تقاضا به‌جای تقاضای قطعی، زمان انتظار غیرصفر برای تحویل کالا، کمبود در تأمین، سفارش‌دهی دسته‌ای و همچنین نوسانات قیمت اشاره نمود [۲۲].

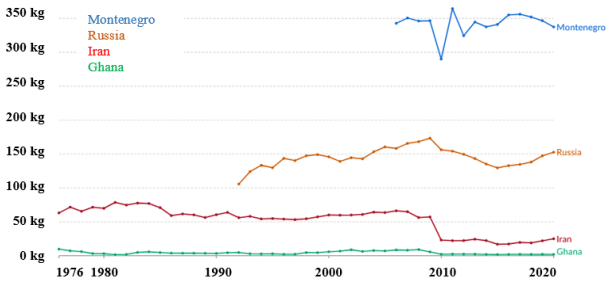
این مفهوم، در مصرف سرانه شیر و محصولات لبنی در کشور نیز نمود پیدا می‌کند. انجمن صنایع فرآورده‌های لبنی کشور، فرهنگ‌سازی را عامل مهمی در مصرف شیر دانسته و اعلام می‌دارد باوجود افزایش قیمت محصولاتی نظیر نوشابه و چیپس، میزان فروش آنان تغییر محسوسی نداشته و این امر نشان می‌دهد که اولویت خانوار، خرید کالاهای سلامت-محور نیست. دبیر این انجمن تأکید دارد که دولت و مجلس باید سیاست‌های حمایتی خود را اصلاح کرده و به‌جای پرداخت یارانه نقدی به چند دهک جامعه، یارانه کالاهای سلامت‌محور را به اقشار ضعیف جامعه پرداخت کنند. این تغییرات در تقاضای مصرف کنندگان که مثلاً با افزایش قیمت شیر یا محصولات لبنی، میزان مصرف خود از این فراورده حیاتی را به‌راحتی کاهش داده یا حذف می‌کنند، تأثیر بزرگ‌تری در بالای زنجیره داشته، مدیریت و کنترل آن را با مشکلاتی مواجه می‌نماید.

۲-۲. الگوی مصرف شیر در کشور

شیر و فرآورده‌های آن ازجمله مهم‌ترین مواد غذایی به‌شمار می‌آیند و مصرف این ماده غذایی، به‌اندازه‌ای دارای اهمیت است که میزان مصرف سرانه آن، به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی کشورها شناخته می‌شود. لبنیات یکی از اصلی‌ترین منابع پروتئینی و مهم‌تر از آن، تأمین‌کننده کلسیم موردنیاز افراد است. شیر به‌اندازه‌ای اهمیت دارد که تنها ماده غذایی است که دو روز جهانی در تقویم سازمان ملل و سازمان‌های بین‌المللی به‌نام خود دارد؛ یکی روز جهانی شیر و دیگری روز جهانی شیر مدرسه. براساس اطلاعات انجمن صنایع فراورده‌های لبنی کشور، سرانه مصرف شیر در ایران ۷۰ کیلوگرم برای هر فرد است که از میزان از مقدار مصرف توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی، ۹۰ کیلوگرم کمتر است. این درحالی است که در سند چشم‌انداز، قرار بود سرانه مصرف لبنیات به استاندارد جهانی یعنی همان ۱۶۰ کیلوگرم در سال برسد؛ هدفی که در میانه دهه ۸۰ با اجرای طرح‌هایی همچون توزیع شیر در مدارس، به حدود ۹۵ کیلوگرم در سال رسیده بود.

به گفته کارشناسان، یکی از اصلی‌ترین دلایل کاهش سرانه مصرف، افزایش قیمت شیر خام است که پس از کش‌وقوس‌هایی که میان دولت و بخش خصوصی درگرفت، در سال جاری قیمت مصوب هر کیلو شیر خام از ۱۲ هزار تومان به ۱۵ هزار تومان افزایش یافت که درنهایت منجربه گرانی ۳۵ درصدی قیمت لبنیات شد. میانگین هزینه شیر و فرآورده های لبنی خانوارهای شهری در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ به‌طور میانگین حدود ۴/۸ درصد هزینه‌های خوراکی و ۲/۵ درصد از کل هزینه‌های خانوارها را تشکیل داده است. آمارهای وزارت بهداشت نیز نشان می‌دهد دریافت کلسیم در ایران، ۴۰ درصد از حداقل دریافت کلسیم در جهان کمتر است و این موضوع تبعات زیادی ازجمله گسترش پوکی استخوان، مشکلات لثه و دندان، کوتاهی قد کودکان و نوجوانان و حتی شیوع بیماری فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی و عروقی را به‌دنبال دارد.

شکل (۱)، سرانه مصرف سالانه شیر چهار کشور ایران، مونته نگرو، روسیه و غنا را براساس آمار رسمی سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو) در بازه سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۲۰ برحسب کیلوگرم نشان می‌دهد. وضعیت اسفبار کشور ایران در این نمودار به‌وضوح قابل مشاهده است.



شکل (۱). مقایسه سرانه مصرف شیر ایران با سه کشور دیگر

نکته قابل تأمل در این شکل، کاهش مصرف شیر در حوالی سال ۲۰۰۹ در هر چهار کشور است و دلیل آن، نیازمند بررسی و پژوهش است.

۲-۳. تأمین‌کنندگان شیر و محولات تولیدی شرکت

شیر خام مورد استفاده در کارخانه محصولات لبنی شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی در حال حاضر از طریق ۲۱۹ تأمین‌کننده (دامدار) روزانه با مقادیر مختلف تأمین می‌شود که اطلاعات آن‌ها در جدول (۲) برحسب کیلوگرم درج شده است.

جدول (۲). اطلاعات میزان شیر خام دریافتی روزانه کارخانه

حداقل دریافت	حداکثر دریافت	متوسط دریافت	جمع دریافت
۱۵۳	۷۲۳/۰۲۵	۵۵/۴۷۴	۱۲/۱۴۸/۷۸۹

شیر خام دریافتی از بخش خصوصی، بعد از کنترل کیفی و انجام آزمایشات و تأیید نهایی، وارد چرخه تولید شده و به محصولات مختلف لبنی تبدیل می‌شود. فرآیند تولید، تجهیزات، زمان تولید و افزودنی‌های

هر نوع محصول متفاوت است. این افزودنی‌ها شامل استابیلایزر خامه، استابیلایزر دوغ و کفیر، مخلوط پروتیئن‌های لبنی ماست، کنسانتره پروتئین‌های شیر، لاکتوز، پودر چربی، پودر خامه، فومر، فوندانت، کریمر، عصاره مخمر، کرمفیل و غیره هستند. شرکت شیر پاستوریزه پگاه آذربان شرقی دارای چهار کارخانه پنیر، استریل، پاستوریزه و پودری است که اطلاعات هر کارخانه، گروه محصول و تعداد محصولات لبنی تولیدی هر گروه در مرداد ماه سال ۱۴۰۲ در جدول (۳) مشاهده می‌شود.

جدول (۳). مشخصات محصولات لبنی تولیدی کارخانه در مرداد ۱۴۰۲

نام کارخانه	گروه محصول	تعداد نوع محصول در گروه	جمع تعداد تولید
کارخانه پنیر	پنیر حلب و سایر	۷	۵۱۳۷۴۰
	پنیر لیوانی	۵	۱۲۴۱۷۸۳
کارخانه استریل	خامه استریل	۶	۴۲۱۸۱۶
	شیر استریل ساده	۷	۱۸۹۰۱۵۰
	شیر استریل طعم دار	۵	۶۴۱۱۸۴
کارخانه پاستوریزه	خامه پاستوریزه	۳	۳۰۲۰۰
	دوغ	۱۱	۵۴۱۴۲۴
	شیر پاستوریزه ساده	۶	۱۹۸۳۴۶۸
	شیر پاستوریزه طعم دار	۱	۱۲۴۵۳۶
	کره	۹	۵۴۷۵۴۸
	کشک	۱	۲۰۴۰
	ماست	۱۱	۲۹۹۹۱۰
کارخانه پودری	سایر محصولات پودری	۳	۲۷۶۱۱
	گروه پودری	۸	۹۹۸۷۲۲
جمع		۸۳	۷/۲۸۴/۱۰۵

واحد تولید محصولات، متفاوت بوده و می‌تواند برحسب پاکت، کیلوگرم، حلب یا عدد باشد. ستون آخر جدول (۳)، جمع تعداد اقلام تولیدی هر گروه را بدون درنظر گرفتن واحد شمارش آن نشان می‌دهد. برنامه‌ریزی تولید کارخانه به‌صورت ایستا و فصلی بوده و برآورد تقاضای مشتری، براساس اطلاعات پیشین میزان فروش در دوره‌های گذشته انجام می‌شود. جمع کل مبالغ ماهانه در همان بازه زمانی، برابر ۲۲۳۰۷۰۶ میلیون ریال است که مبنای مقایسه هزینه در شبیه‌سازی روش پیشنهادی قرار گرفته است.

۳. روش پیشنهادی

در این بخش، ابتدا به‌شرح مدلی علّی-حلقوی و روابط علت-معلولی بین عوامل گوناگون مرتبط با برنامه‌ریزی تولید محصولات لبنی پرداخته و در ادامه، نمودار جریان مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱. مدل علی-حلقوی و نمودار جریان

در برنامه‌ریزی تولید هر نوع محصول، عوامل متعددی درگیر بوده که تأثیرات متقابلی بر یکدیگر داشته و بر میزان تولید نقش اساسی دارند. این مفهوم در تولید محصولات لبنی نیز صادق است. مجموعه عوامل شناسایی شده در این حقله و نحوه تأثیرگذاری متقابل آن‌ها بر یکدیگر، در شکل (۲) آورده شده است.

بخش عمده این عوامل، از نوع هزینه هستند که باتوجه به هدف پژوهش که کاهش هزینه‌های تولیدی کارخانه است، این امر بدیهی و ضروری به‌نظر می‌رسد. این هزینه‌ها شامل هزینه سفارش، هزینه حمل‌ونقل، هزینه نگهداری، هزینه انبار، هزینه نیروی انسانی و هزینه تصاحب است. سایر عوامل مانند تعداد و حجم انبار، برنامه تولید، میزان سفارش و تقاضای مشتری و تحویل نیز ازجمله موارد درنظر گرفته شده در این مدل هستند. تأثیرگذاری مستقیم و معکوس این عوامل بر یکدیگر، به‌ترتیب با علامت‌های مثبت و منفی بر روی کمان‌ها نشان داده شده‌اند. وجود رابطه (کمان) منفی بین عوامل، به‌منزله تشکیل حلقه‌های منفی و تضمین‌کننده برقراری تعادل در مدل است. شایان ذکر است که تمامی عوامل دخیل در این فرآیند، به عوامل فوق محدود نشده و این مدل قابلیت توسعه دارد. لیکن به‌دلیل جلوگیری از پیچیدگی بیش از حد، فقط عوامل تأثیرگذار بنیادی در این مدل لحاظ شده‌اند.

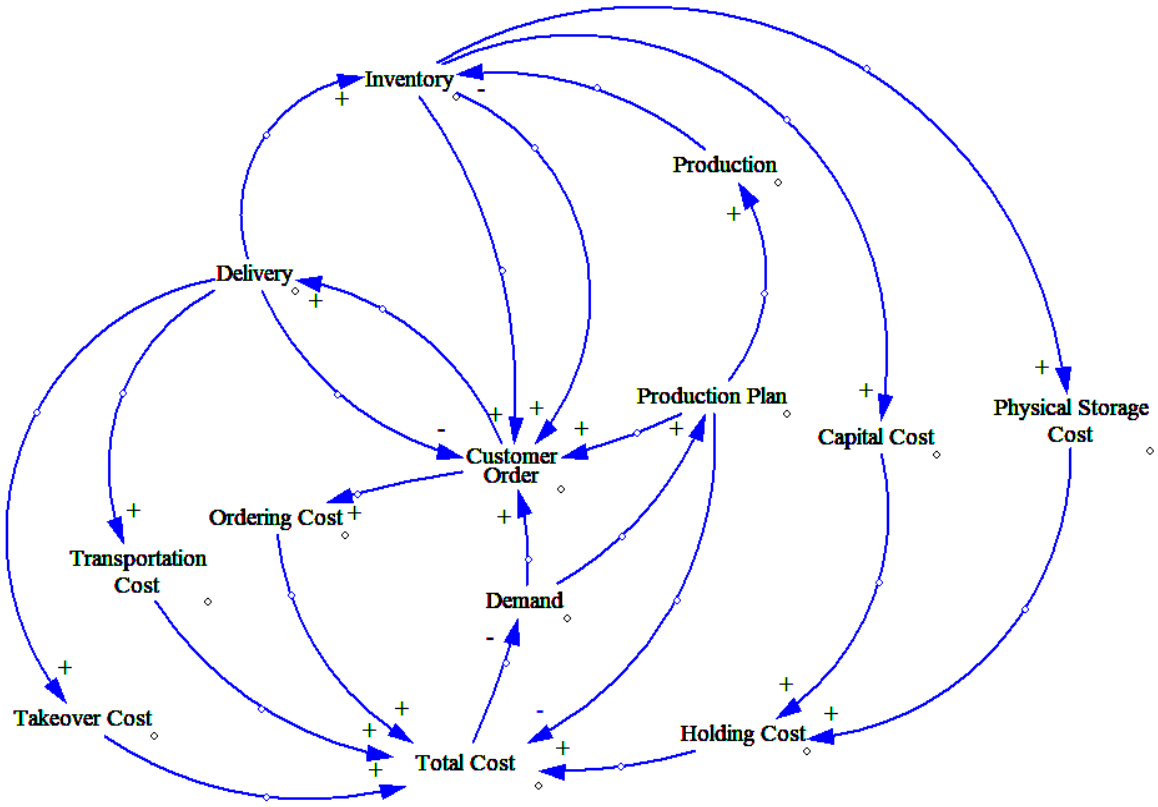
بعد از تهیه مدل علی-حلقوی، جهت شبیه‌سازی آن در نرم‌افزار ونسیم، لازم است که این مدل به نمودار جریان تبدیل شود. نمودار جریان مدل پیشنهادی که براساس استانداردها و ابزارهای نرم‌افزار ونسیم رسم گردیده است، در شکل (۳) آورده شده است

در این نمودار، متغیرهای انبار و هزینه کل، به‌صورت متغیرهای حالت؛ متغیرهای تولید، سفارش مشتری، عوامل افزاینده و کاهنده هزینه کل به‌صورت متغیر نرخ و سایر متغیرها، به‌صورت متغیرهای کمکی تعریف شده‌اند. پس از مشخص شدن روابط بین این متغیرها با نوشتن معادلات داینامو در ونسیم، مدل آماده شبیه‌سازی خواهد بود.

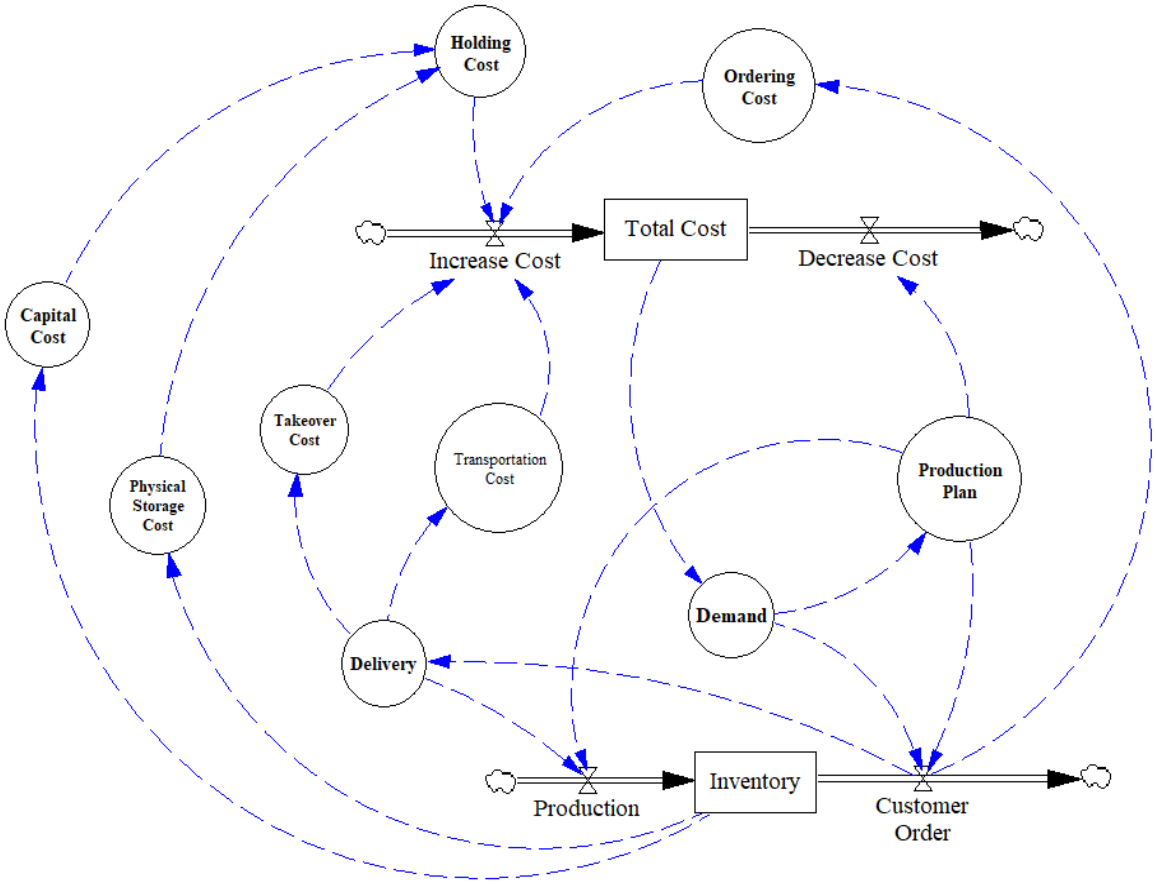
۳-۲. شبیه‌سازی مدل پیشنهادی

در شبیه‌سازی مدل پیشنهادی، فرض‌های زیر لحاظ شده‌اند:

- جمعیت جامعه مصرف‌کننده در طول دوره برنامه‌ریزی ثابت است،
- مازاد تولید، قابل صادرات یا بازیافت (برای محصولات تاریخ مصرف گذشته) نیست.
- براساس سیاست‌های دولت، قیمت شیر خام و برخی از محصولات تولیدی، در طول دوره زمانی به‌صورت دستوری تعیین می‌شود.
- محصول جایگزین سنتتیک برای فرآورده‌های لبنی وجود ندارد. ولی محصولات لبنی می‌توانند جایگزین هم باشند (مانند مصرف ماست کم چرب به‌جای ماست پرچرب).
- براساس سیاست دولت و تضمین خرید شیر خام از دامداران، کارخانه تولید محصولات لبنی موظف به خرید حداقل مقدار معینی از شیر خام از دامداران است و اجازه کاهش خرید از حد معینی ندارد.
- تعداد نیروی کار در طول افق برنامه‌ریزی ثابت است.



شکل (۲). نمودار علی-حلقوی پیشنهادی



شکل (۳). نمودار جریان پیشنهادی

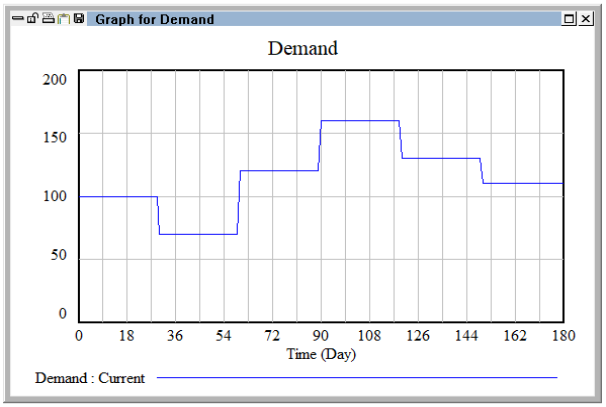
شبیه‌سازی مدل پیشنهادی، در نرم‌افزار Vensim PLE ver. 6.0b تحت سیستم عامل Windows 10 در یک کامپیوتر شخصی با پردازنده Intel Core i5 انجام گردیده است. واحد زمان برحسب روز و طول مدت شبیه‌سازی به‌اندازه ۱۸۰ روز درنظر گرفته شده است. برای انجام شبیه‌سازی، چهار سناریو به‌صورت زیر تعریف و شبیه‌سازی شده‌اند:

- سناریو اول: در این سناریو فرض می‌شود تقاضای مشتری مقداری ثابت بوده و قیمت محصولات تولیدی، تأثیری بر میزان مصرف محصولات لبنی ندارد. پایه این فرض براین اساس استوار است که محصولات لبنی به‌دلیل اهمیت و ارزش غذایی، جزء لاینفک سبد مصرف‌کننده بوده و افزایش قیمت آن، باعث کاهش مصرف نخواهد شد. در نتیجه میزان ثابتی از تقاضا برای هر محصول وجود دارد که فقط با افزایش جمعیت یا گذشت زمان (تغییرات فصلی)، تغییر خواهد نمود. در نتیجه، کارخانه تولیدی با برنامه تولید نسبتاً ثابتی اداره می‌شود. باتوجه به فرض ثابت بودن اندازه جمعیت جامعه در طول دوره شبیه‌سازی، تغییر برنامه تولید فقط به گذشت زمان (ایام تعطیل، تغییر ماه یا فصل) وابسته خواهد بود. ازآنجایی که نحوه تغییر تقاضای مشتری برای محصولات مختلف لبنی قابل تعریف به‌صورت یک معادله یا فرمول نیست، برای پیاده‌سازی آن، از ساختار جدول، توابع شیب و پله در ونسیم استفاده شده است.
- سناریوی دوم: در این سناریو فرض شده است که میزان مصرف محصولات لبنی با هزینه تولید آن رابطه عکس داشته و با افزایش قیمت محصول، میزان مصرف مشتری کاهش می‌یابد. در نتیجه کارخانه مجبور به کاهش میزان تولید از هر محصول است، ولی تنوع محصولات تولیدی ثابت خواهد ماند.
- سناریوی سوم: این سناریو مشابه سناریوی دوم است، با این تفاوت که فرض شده است که با کاهش تقاضا (مصرف) مشتری، فقط تنوع محصولات تولیدی کاهش می‌یابد و میزان تولید از هر محصول ثابت می‌ماند. به‌عبارتی، با افزایش هزینه تولید و کاهش فروش، برخی از کالاهایی که در این صنعت به‌نوعی لوکس محسوب می‌شوند (مانند شیرموز، شیر توت فرنگی، پنیر فروماژ و غیره)، توقف تولید داشته و فقط اقلام ضروری با همان تیراژ تولید می‌شوند.
- سناریوی چهارم: این سناریو نیز مشابه سناریوی دوم است، با این تفاوت که فرض شده است که با کاهش تقاضا (مصرف) مشتری، هم تنوع محصولات تولیدی و هم میزان تولید از هر محصول، هردو کاهش می‌یابند. در این حالت تولید کل کارخانه کاهش خواهد یافت، لیکن براساس فرض‌های مدل، امکان کاهش خرید شیر خام از حد معینی در روز وجود ندارد. باید توجه داشت که شیر خام قابلیت نگهداری بلندمدت نداشته و تاریخ مصرف بسیار کوتاهی دارد.

نتایج اجرای شبیه‌سازی مدل پیشنهادی چهار سناریوی فوق در نرم‌افزار ونسیم در این بخش آورده شده است که به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۱. خروجی سناریوی اول

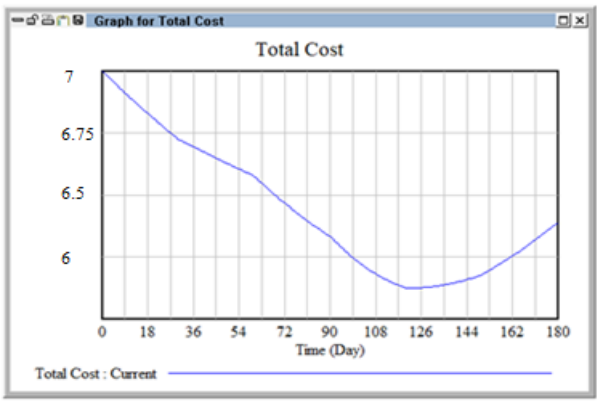
در این سناریو، تقاضای مشتری مستقل از قیمت محصول فرض شده است، لیکن مقدار تقاضا تابعی از تغییرات فصلی است. شکل (۴)، نمودار تغییرات تقاضای روزانه برحسب تن و شکل (۵)، نمودار تغییرات هزینه کل کارخانه را نشان می‌دهد. محور عمودی در این دو شکل به‌ترتیب، تعداد تقاضا برحسب تن و مقدار هزینه برحسب میلیارد تومان است



شکل (۴). نمودار تغییرات تقاضا در سناریوی اول

در این سناریو، برای شبیه‌سازی رفتار تغییرات تقاضا، از ترکیب چند تابع پله در مقاطع زمانی مختلف استفاده شده است. الگوی این تغییرات، براساس اطلاعات دریافتی از واحد فروش شرکت مدل گردیده است. رابطه (۱)، معادله داینامو متغیر کمکی تقاضا را نشان می‌دهد.

A Demand.k = 100 + Setp(-30,30) + Step(50,60) + Step(40,90) + Step(-30,120) + Step(-20,150) (۱)

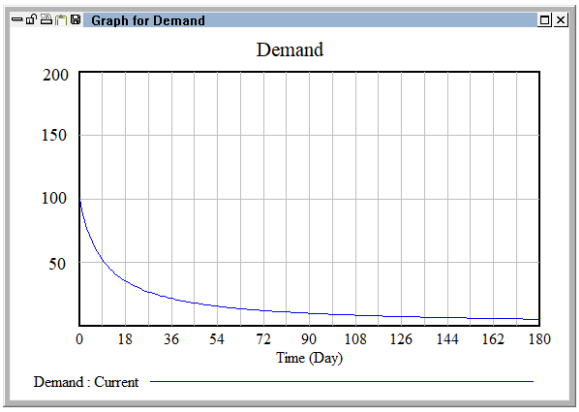


شکل (۵). نمودار تغییرات هزینه کل سناریوی اول

مشاهده می‌شود که هزینه کل تا حوالی روز ۱۲۰ روند نزولی داشته و پس از آن، مجدداً سیر صعودی به‌خود می‌گیرد. دلیل این رفتار، تغییرات میزان تقاضای مصرف‌کننده در طول زمان است. حداقل مقدار این هزینه به حدود ۵/۷ میلیارد تومان رسیده است که در مقایسه با هزینه روزانه واقعی کارخانه که در مرداد ماه سال جاری برابر هفت میلیارد تومان تخمین زده شده است، حدود ۱۲٪ کاهش نشان می‌دهد.

۳-۲-۲. خروجی سناریوی دوم

در این سناریو، میزان مصرف محصولات لبنی، با افزایش قیمت آن کاهش می‌یابد، در نتیجه میزان تولید از هر نوع محصول باید کاهش یابد، ولی تنوع محصولات تولیدی ثابت است. معادلات داینامو این رفتار، در روابط (۲) و (۳) مشاهده می‌شود. نمودار تغییرات تقاضا و هزینه کل، به‌ترتیب در شکل‌های (۶) و (۷) رسم شده‌اند.

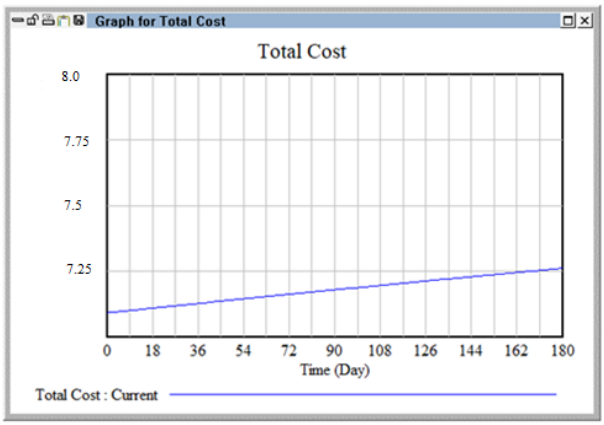


شکل (۶). نمودار تغییرات تقاضا در سناریوی دوم

A Demand.k = DecCoff / TotalCost.k (۲)

C DecCof = 100000 (۳)

رفتار نمودار تقاضا در شکل (۷) نشان دهنده کاهش تقاضا با روند نمایی به‌دلیل افزایش قیمت محصولات است. دلیل افزایش قیمت نیز می‌تواند ناشی از تورم یا جبران درآمدهای کارخانه به‌دلیل کاهش مقدار فروش باشد.

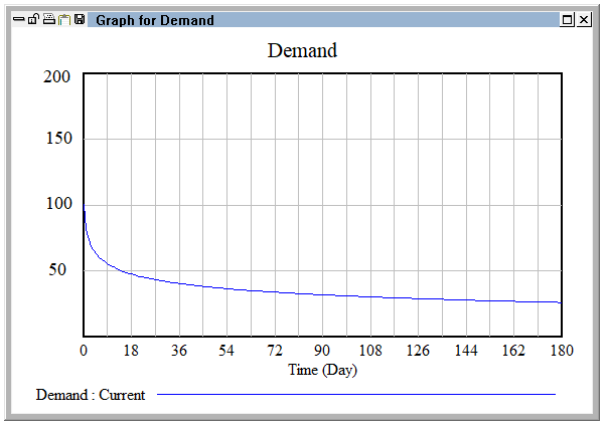


شکل (۷). نمودار هزینه کل روزانه (میلیارد تومان) در سناریوی دوم

براساس شکل (۷) مشاهده می‌شود که هزینه کل در این حالت، با شیب مثبت در حال افزایش است. دلیل این امر کاهش حجم تولید و در نتیجه درآمد حاصل از فروش است. هر چند هزینه‌های متغیر تولید کاهش می‌یابد، ولی هزینه‌های ثابت تولید ممکن است افزایش یابند. ضمن آنکه طبق مفروضات مدل، هزینه‌های خرید شیر خام تقریباً ثابت بوده و کاهش نمی‌یابند. در نتیجه هزینه کل کارخانه روند صعودی خواهد داشت

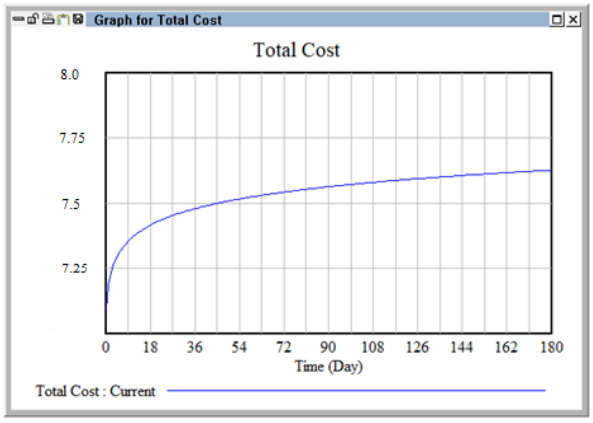
۳-۲-۳. خروجی سناریوی سوم

در این سناریو که مشابه سناریوی دوم است، مقدار تقاضای مشتری با افزایش قیمت محصول، کاهش یافته، تعداد تولید از آن نوع محصول ثابت مانده، ولی تنوع محصولات تولیدی کاهش می‌یابد. مقدار خرید شیر خام کارخانه از دامداران فقط تا حداقل مقدار مجاز آن قابل کاهش است. نمودار تغییرات تقاضا و هزینه کل به‌ترتیب در شکل‌های (۸) و (۹) رسم شده‌اند.



شکل (۸). نمودار تغییرات تقاضا در سناریوی سوم

مشاهده می‌شود که در این حالت نیز نمودار تغییرات تقاضا مشابه سناریوی دوم، روند افول نمایی داشته و معادله تغییرات تقاضای آن، مشابه رابطه (۲) است، ولی به‌دلیل عدم تولید برخی از محصولات لبنی، مصرف‌کننده ممکن است نیاز خود را با محصول دیگری جایگزین نماید. مثلاً در صورت عدم تولید پنیر خامه‌ای، از پنیر پروبیوتیک به‌جای آن استفاده کند. این امر می‌تواند تا حدودی عودت محصولات فروخته نشده سوپرمارکت‌ها را درصورتی تاریخ مصرف آن‌ها گذشته باشد، کاهش دهد.



شکل (۹). نمودار هزینه روزانه در سناریوی سوم

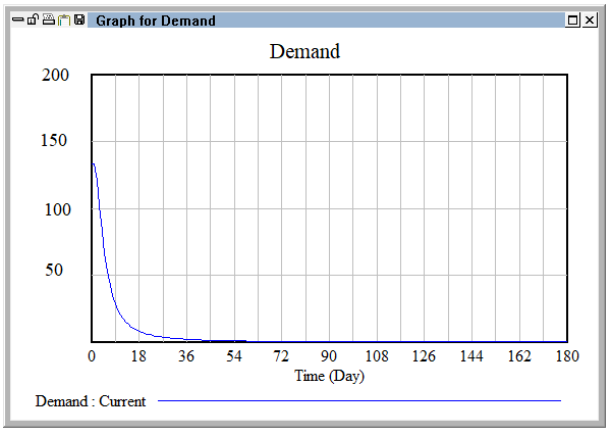
نمودار تغییرات هزینه کل در این حالت صعودی بوده ولی شیب آن رفتار کاهشی دارد و با گذشت زمان در حالت حدی، به خط افق

همگرا می‌شود. رابطه (۴)، معادله هزینه کل سیستم را نشان می‌دهد.

L TotalCost.k = TotalCost.j + DT*(IncreaseCost.jk-DecreaseCost.jk) (۴)

۳-۲-۴. خروجی سناریوی چهارم

این سناریو نیز مشابه سناریوی دوم بوده و مقدار تقاضای مشتری با افزایش قیمت محصول کاهش می‌یابد و در نتیجه هم تعداد تولید از هر نوع محصول و هم تنوع محصولات تولیدی کاهش می‌یابند. مقدار خرید شیر خام کارخانه از دامداران نهایتاً تا حداقل مقدار مجاز آن قابل کاهش است. نمودار تغییرات تقاضا و هزینه کل به‌ترتیب در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) رسم شده‌اند



شکل (۱۰). نمودار تغییرات تقاضا در سناریوی چهارم

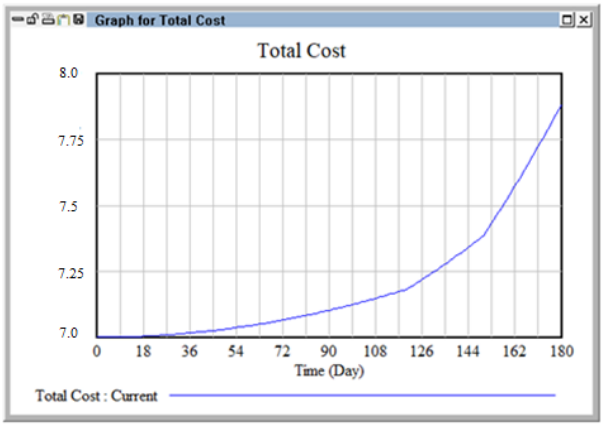
در این سناریو، به‌دلیل کاهش حجم و تنوع محصولات تولیدی و عدم امکان کاهش خرید شیر خام از مقدار حداقل مجاز، هزینه کل کارخانه (شکل ۱۱) افزایش زیادی خواهد داشت. در نتیجه مقدار تقاضا با شدت بیشتری کاهش یافته و رفتار آن به‌صورت نمودار شکل (۱۰) خواهد بود. به‌دلیل پویایی در سیستم، این کاهش تقاضا، متقابلاً بر هزینه کل شرکت تأثیرگذار بوده و باعث افزایش بیشتر آن می‌شود و این چرخه مثبت، تا رسیدن تقاضای مشتری به مقدار صفر ادامه خواهد داشت.

در نمودار شکل (۱۱)، مقدار هزینه روزانه کارخانه در روزهای ۱۲۰ و ۱۵۰، با جهش همراه بوده و افزایش هزینه بیشتری به‌دنبال داشته است. دلیل این تغییر رفتار، رسیدن به کف مقدار خرید شیر خام در زمان ۱۲۰ و عدم امکان کاهش بیشتر در خرید آن و در نتیجه مازاد هزینه خرید مواد اولیه است. در زمان ۱۵۰ نیز به‌دلیل کاهش شدید تقاضای مشتری و فروش محصولات کارخانه، تعداد اقلام عودتی فروش نرفته، به‌مقدار زیادی افزایش یافته و منجربه افزایش مجدد شیب منحنی هزینه کل شده است.

شکل (۱۲)، بخشی از معادلات داینامودی مدل مربوط به متغیرهای تقاضا و هزینه کل تحت سناریوی چهارم را نشان می‌دهد.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله که به‌صورت یک مطالعه موردی در کارخانه شیر پاستوریزه پگاه آذربایجان شرقی انجام گردیده است، به مطالعه زنجیره تولید فرآورده‌های لبنی و مدل‌سازی برنامه‌ریزی تولید کارخانه به‌منظور کاهش هزینه کل براساس دیدگاه پویایی سیستم‌ها پرداخته شد که تاکنون در این صنعت در ایران انجام نشده است. در مطالعات پیشین، برنامه‌ریزی سیستم‌های تولیدی عمدتاً براساس روش‌های کلاسیک و ایستا بوده، تعامل و تأثیرات متقابل و درونی عوامل دخیل در تولید، عرضه و تقاضای محصولات لبنی بر یکدیگر درنظر گرفته نشده است. بدیهی است که نادیده گرفتن این ارتباطات و تأثیرات متقابل و درهم‌کنش‌های مابین عوامل و اجزا، موجب ضعف و نقص در مدل گردیده و نتایج آن از اعتبار کمتری برخوردار خواهد بود. لذا در این پژوهش، این بررسی با استفاده از دیدگاه پویایی سیستم انجام گرفت تا رفتار واقعی سیستم بهتر و دقیق‌تر مورد مشاهده و تحلیل قرار گیرد.



شکل (۱۱). نمودار هزینه روزانه در سناریوی چهارم

L	TotalCost.k = TotalCost.j + DT*(IncreaseCost.jk – DecreaseCost.jk)*Time
R	IncreaseCost.kl = (HoldingCost.k + OrderingCost.k + TakeoverCost.k + TransportationCost.k)*CostCoef
R	DecreaseCost.kl = (PPCoef/(ProductionPlan.k))*Time
A	Demand.k = CTDem / Demand.k
C	CostCoef = 1.2
C	PPCoef = 0.1
C	CTDem = 20000

شکل (۱۲). بخشی از معادلات داینامودی مدل در سناریوی چهارم

برای این منظور، پس از مطالعه میدانی و شناخت عوامل و اجزای مؤثر بر سیستم تولید محصولات لبنی شرکت، مدل پیشنهادی پس از رسم نمودار علّی–حلقوی و نمودار جریان، در نرم‌افزار ونسیم با چهار سناریوی مختلف شبیه‌سازی گردید. در سناریوی اول فرض شد که فرهنگ مصرفی جامعه سلامت_محور بوده و با افزایش قیمت محصولات، میزان مصرف آن‌ها کاهش نمی‌یابد و تنها عامل تغییرات تقاضا، گذشت زمان و تغییرات فصلی است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در این سناریو، به‌شرط عدم اعمال سیسات‌های مداخله‌گر دولتی و نرخ‌گذاری دستوری، نمودار هزینه کل کارخانه حالتی نزولی دارد و

می‌تواند منجربه کاهش هزینه‌های کل کارخانه به میزان ۱۲ درصد نسبت به وضعیت کنونی آن شود. این سناریو هرچند ایده‌آل بوده و با رفتار مصرفی کنونی جامعه مغایرت دارد، لیکن دست یافتنی است و با فرهنگ‌سازی، آموزش، اطلاع‌رسانی، تغذیه رایگان در مدارس و با همکاری وزارتخانه‌ها، نهادها و سازمان‌های دولتی و بخش خصوصی، حاصل خواهد شد. بدیهی است با کاهش هزینه‌های کارخانه و پرداخت یارانه توسط دولت، امکان حمایت از مصرف‌کننده با کاهش قیمت شیر خام و محصولات لبنی، پیاده‌سازی این سیاست تسهیل می‌شود.

در سناریوهای دوم تا چهارم، که سازگاری و مشابهت بیشتری با شرایط کنونی رفتار مصرف‌کننده دارند، فرض گردید که میزان مصرف محصولات لبنی با افزایش قیمت آن‌ها کاهش خواهد یافت. آمار رسمی نشان می‌دهد که سرانه مصرف شیر و سایر فرآورده‌های لبنی در کشور، از حد استاندارد جهانی آن بسیار کمتر بوده و گران شدن این محصولات، موجب حذف یا کاهش برخی از اقلام آن از سبد مصرف خانوار می‌شود. در نتیجه کارخانه مجبور به کاهش حجم تولید محصولات، کاهش تنوع محصولات، یا کاهش هر دو مورد است که به‌ترتیب در سناریوهای دوم، سوم و چهارم مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

نتایج شبیه‌سازی سناریوی دوم نشان داد که نمودار هزینه کل بصورت خطی با شیب ملایمی روند صعودی دارد. نمودار تغییرات تقاضای مصرف‌کننده نیز با روند نزولی همراه بوده و در زمان‌های خاصی، مثلاً به‌دلیل تغییر فصل، می‌تواند مجدداً اندکی افزایش یابد. این سناریو منجربه افزایش خطی در هزینه کل کارخانه می‌شود. در سناریوی سوم، با کاهش تقاضای مصرف‌کننده، حجم تولید هر فرآورده ثابت مانده، ولی تنوع محصولات تولیدی کاهش می‌یابد. در این حالت، نمودار هزینه کل و نمودار تغییرات تقاضا، به‌ترتیب رفتار رشد و افول نمایی از خود نشان می‌دهند. در این وضعیت، افزایش هزینه کارخانه نسبت به وضعیت کنونی آن در دوره مورد مطالعه، از سناریوی دوم به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر است.

و نهایتاً در سناریوی چهارم، کارخانه مبجور به کاهش حجم و تنوع محصولات تولیدی به‌دلیل کاهش تقاضاست. از طرفی امکان کاهش خرید شیر خام به حداقل مقدار تضمین داده شده به دامداران، یا خرید با نرخ کمتر از قیمت مصوب وجود ندارد. لذا کاهش حجم و تنوع فرآورده‌های تولیدی، تا این میزان امکان‌پذیر است و حتی در این شرایط، هزینه‌های تولید نیز افزایش زیادی خواهند داشت. نمودار هزینه کل، با رشد نمایی همراه بوده و در مقاطعی از زمان نیز، جهش‌های مثبتی از خود نشان می‌دهد. نمودار تقاضای مشتری بیان کننده رفتار افول نمایی شدید و همگرایی آن به سمت صفر به‌دلیل افزایش شدید قیمت محصولات است. این وضعیت می‌تواند منجربه ورشکستگی و تعطیلی کارخانه، تعدیل نیرو، یا تغییر برخی سیاست‌های دستوری دولت شود.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین سیاست برای کارخانه، رسیدن به وضعیت سناریوی نخست است و به طریقی که ذکر گردید، باید در این زمینه برنامه‌ریزی و اقدام شود. در غیر این صورت، سناریوی دوم، افزایش هزینه کمتری نسبت به سناریوی سوم و چهارم دارد. به‌عنوان پیشنهادات کارهای آتی، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در نظر گرفتن عوامل اجتماعی مانند رشد جمعیت و شاخص‌های فرهنگی
- بررسی تأثیر تبلیغات و افزایش آگاهی عمومی در راستای نیل به مصرف محصولات سلامت-محور
- بررسی تأثیر حذف سیاست‌های دستوری نرخ‌گذاری و مدل‌سازی مسأله در وضعیت اقتصادی آزاد
- توسعه سیستم اطلاعات مدیریت جهت نظارت مستمر و تسریع فرآیند تصمیم‌گیری
- ایجاد مکانیزمی برای دریافت بازخورد از مشتریان و آگاهی از نیازها و خواسته‌های متغیر/پویای آنان
- بهبود مستمر و آموزش مدام پرسنل
- تقویت ارزش‌های شرکت در پرسنل و برند محصولات برای مشتری

مراجع

[1] Orcun, S., Uzsoy, R., Kempf, K. (2006). "Using System Dynamics Simulation to Compare Capacity Models for Production Planning", Proc. IEEE WinterSimulation Conf. (Monterey, CA), 1855-1862, 2006. DOI: 10.1109/WSC.2006.322966

[2] Zwicker, E. (1980). System Dynamics in Inventory and Production Planning, OR Specktrum, 1, 143-168. https://doi.org/10.1007/BF01719338

[3] Sagawa, J.K., Nagano, M.S. (2013). Dynamic Models for Production Control and Scheduling. 12th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, 38-44. DOI: 10.1109/MICAI.2013.10

[4] Vlachos, D., Lakovou, E. (2007). A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains, Computers & Operations Research, 34, 367-394. DOI:10.1016/j.cor.2005.03.005

[5] Baines, T.S., Harrison, D.K. (2010), An opportunity for system dynamics in manufacturing system modeling. Production Planning % Control. 10(6), 175-186. https://doi.org/10.1080/095372899232830

[6] Kiyani, B, Shahrezaei, S, Kazemipoor, H., Fallah, M. (2010). Dynamic modeling to determine production strategies to maximize net present worth in small and medium-sized companies, J. Ind. Eng. Int., 6(11), 51-64. https://sanad.iau.ir/fa/Article/1040088?FullText=FullText

[۷] مرندی، ف. (۱۳۹۱). یکپارچگی زمان‌بندی تولید و توزیع در زنجیره‌تأمین فرآورده‌های لبنی کارخانه پگاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی.

[8] Poles, R. (2013). System Dynamics modeling of a production and inventory system for remanufacturing to evaluate system improvement strategies, Int. J. Production Economics, 144, 189-199. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.02.003

[9] Rendon, M.A, Sanchez, C., Cortes, G., Alor, G, m Moncayo, A. (2014). Dynamic Evaluation of Production Policies: Improving the Coordination of an Ethanol Supply Chain, Journal of Applied Research and Technology, 12, 724-733. DOI: 10.1016/S1665-6423(14)70089-6

[۱۰] Politou, A., Georgiadis, P. (2008). Production Planning and Control in Flow Shop Operations Using Drum Buffer Rope Methodology: A System Dynamics Approach. Int. J. Production Management, 3, 112-125.

[۱۱] معین، س. ، جلودار، ز. (۱۳۹۴). استفاده از لجستیک بر تولید بهتر در کارخانه شیر پگاه فارس در سال ۱۳۹۴، سومین سمپوزیوم بین‌المللی علوم مدیریت با محوریت توسعه پایدار، تهران، https://civilica.com/doc/598895

[12] Seidel G., Preuss, P., Canbolat, C. (2019). An Integration of Static and Dynamic Capacity Planning for a Ramping Fab, 2019 Winter Simulation Conference (WSC), National Harbor, MD, USA, 2304-2311, doi: 10.1109/WSC40007.2019.9004674.

[13] Ramierz, V., Jara, O. (2021). Planning Support Tool for Torobayo Beer Production using System Dynamics, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Sao Paulo, Brazil, 70-80. doi.org/10.46254/SA02.20210035

[14] Ren, N., Li, M. (2021). Dynamic Scheduling Method of Production Plan in Automobile Manufacturing Workshop, Journal of Physics: Conference Series, doi:10.1088/1742-6596/1884/1/012021

[15] Skere, S., Zvironiene, V., Juzenas, K., Petraitiene, S., (2022). Decision Support Method for Dynamic Production Planning, Machines, 10(11), 994, doi.org/10.3390/machines10110994.

[۱۶] شریفی، ع.، آقایی، ع.، رحمانی، د. (۱۳۹۸). شبیه‌سازی مسأله کنترل موجودی محصولات فسادپذیر با هزینه سفارش‌دهی متغیر به‌کمک پویایی‌های سیستم. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید, ۷(۱۴), ۴۵-۲۹. doi: 10.22084/ier.2019.18647.1830

[۱۷] کامکار، ا.، رحمانی، د.، روغنیان، ع. (۱۳۹۹). ارائه‌ی مدلی برای قیمت‌گذاری کالاهای فاسد شدنی غیرآنی با درنظر گرفتن سن، قیمت و تقاضا به‌عنوان متغیر و رضایت مراکز زنجیره‌تأمین به‌عنوان تابع هدف. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید, ۷(۱۵), ۳۷۵-۳۵۵. doi: 10.22084/ier.2020.20220.1901

[۱۸] آقاجانی عابدی، م.، پناهیان، ح. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر شیوه‌های زنجیره‌تأمین و مدیریت کیفیت بر عمکرد شرکت شیر پاستوریزه پگاه اصفهان، مجله مدیریت توسعه و تحول، ۳۰۰-۲۸۹. https://civilica.com/doc/1459691/

[۱۹] رحمتی‌نژاد، ف.، زارعی محمودآبادی، م.، صیادی تورانلو، ح.، (۱۴۰۲). ارزیابی ریسک در صنایع غذایی با رویکرد ترکیبی FMEA و BWM در شرایط فازی شهودی (مطالعه موردی: کارخانه لبنیات تاشال قوچان). نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۱۱(۲۲), ۱۸۵-۱۷۱. doi: 10.22084/ier.2023.5426

[20] Estemari, A., Taleghani, M., Safari, H. (2023). Applying system dynamics approach to modeling effects of strategic production performance on supply chain: food and beverage industries. Journal of Industrial Engineering and Management Studies, 10(1), 88-100. doi: 10.22116/jiems.2023.396431.1513

[21] Kaur, G., Kander, R. (2024). Supply Chain Simulation of Manufacturing Process of Women's Solid Cotton Knit T-Shirt Using System Dynamics Modeling Software. 10.31274/itaa.17486. DOI:10.31274/itaa.17486

[22] Lee, H., Padmanabhan, V., Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, Management Science, 43(4), 546-558. DOI:10.1287/mnsc.1040.0266

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Autumn and Winter 2023, Volume 11., No. 23., pp. 57-69
www.ier.basu.ac.ir

DOI: https://dx.doi.org/10.22084/IER.2024.5565

Modeling the Best Policy in Production Planning of Pegah Pasteurized Milk Company of East Azerbaijan Using a System Dynamics Approach to Reduce Production Cost

Mina Kazemi Saei[1], Shahram Saeidi[2*]

[1.] M. A. student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
[2.] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 24 August 2023
Accepted 1 January 2024

***Keywords*:**

Production Planning
System Dynamics
Pegah Diary Corporation
Vensim

ABSTRACT

Production planning in a production system analyzes and calculates the amount of production of each of the products that can be produced in a production system in the future based on market conditions and conditions, customer needs, supply chain of raw materials, etc., and its purpose is to reduce production costs, maintaining or increasing customer satisfaction, competition in the market, diversification of manufactured products, etc. Several methods have different characteristics when preparing the production plan, and the appropriate method is chosen depending on the type of production system and the conditions governing it. This research deals with preparing the dairy product production plan of Pegah pasteurized milk company in East Azerbaijan to reduce production costs; using the system dynamics approach to prepare this plan, the influential factors in preparing the production plan and their mutual effects on each other were studied. Commented. For this purpose, the cause-effect model of these factors has been prepared, and its flow chart has been simulated in Vensim software with four different scenarios. The simulation results show that the best situation for the factory and society is to encourage the increase or continuation of the consumption of dairy products, which reduces total costs by 12%. Otherwise, with the increase in product prices and decrease in consumer demand, the factory should keep the variety of manufactured products constant and reduce the production volume of each product.

[*] Corresponding author. Sh. Saeidi
Tel.:041-31966183; E-mail address: sh_saeidi@iaut.ac.ir