Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Spring 2023, Vol. 20, No. 1, p. 441-459

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

doi:10.48301/KSSA.2021.273148.1394

TVU

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Optimization of Manpower Composition in the Production Line According to Product Diversity with a Simulation Approach (Case Study: Chocolate Dragee Production Line in Shirin Asal Company)

Mehdi Mohammadi Asl[1], Mahdi Yousefi Nejad Attari[2*]

[1]M.Sc,, Department of Industrial Engineering, Bonab branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.
[2]Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Bonab branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 05.23.2021
Revised: 09.26.2021
Accepted: 10.11.2021

Keyword:
Continuous production system
Simulation production
Factory packing system
TOPSIS
Shannon entropy

***Corresponding Author:**
Mahdi Yousefi Nejad Attari
Email:
mahdi_108108@yahoo.com

ABSTRACT

Today, simulation studies have found many applications in industrial engineering and other sciences. In today's competitive market, companies and organizations attempt to increase productivity and efficiency by designing and modeling effective and efficient system operations. In this regard, to reduce evaluation time and reduce costs, similar methods to graphic construction in software environment and instructive and efficient statistical software have been used. The purpose of this research was to reduce costs, increase production, reduce the unemployment time of operators and machines, as well as reduce inventories between the production processes. Simulation was used to achieve these goals. The steps of conducting the research are summarized as follows. First, the layout in the factory was identified and then timing was carried out for devices and operators. Real data was transferred from the production line to the software environment and then 15 different scenarios were designed and simulated in the software environment. Next, using TOPSIS method, the best scenario was selected followed by the validity of the model being confirmed by experts and factory managers. Finally, the model execution and simulation results were recorded.

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

At present, simulation studies have found many applications in industrial engineering and other sciences. In today's competitive market, companies and organizations attempt to increase productivity and efficiency by designing and modeling effective and efficient system operations. The factory under study in the current research was the food manufacturing factory, Shirin Asal Company. It is a subgroup of one of the largest food industry holdings. Because of its breadth and complexity, a simulation of the entire factory was not possible. Due to the limitation of time and lack of sufficient knowledge in an educational project, in this research, only a part of the production and packaging system of the product was simulated. Therefore, the issues addressed in this research were related to equipment balance production, identifying bottlenecks, and improving the layout of the production line using simulation. In this research, the productivity of one of the production lines of Shirin Asal was investigated and increased using an optimization technique based on simulation. Therefore, this research attempted to answer the following question: with what combination of organizational resources will productivity be at optimal level for the chocolate dragee production line of Shirin Asal Company?

Methodology

To reduce evaluation time and costs, similar methods to graphic construction in a software environment and instructive and efficient statistical software were used. The purpose of this research was to reduce costs, increase production, reduce the unemployment time of operators and machines, as well as reduce inventories between the production processes. A simulation was used to achieve these goals. The steps of conducting the research are summarized as follows. First, the layout of the factory was identified and then timing was carried out for devices and operators. The research method was that of experimental studies. This type of research was based on applied research and using simulation, a suitable model for improvement was created which took into consideration the limitations of the problem. The layout of the chocolate dragee production line in the Shirin Asal factory was then presented. For this, data from previous national and international papers and books and the industrial engineering department of the factory were used.

Results and discussion

One of the most important tasks in designing simulation models was determining the validity and accuracy of the model. To determine validity of the presented models, changes were shown in the sources that showed the scenarios, and sensitivity analysis and impact on the performance indicators were presented in the results and findings. To determine the accuracy of the model, the trend of the incoming flow and the change of variables was checked step by step in addition to the desired changes. Almost the same results with low dispersion were obtained in different iterations of the scenarios simulated in the software for reliability.

Conclusion

The purpose of this research was to optimize the composition of human resources in the production line according to the diversity of the product. The results of the simulation made the program manager and investment project financially efficient. The cost of the simulation was very small compared to the costs of the the company. By simulating the photos taken and the designed models, many positive results were achieved, optimizing the production and packaging process of Chocolate Dragees in three types of packaging: 15 grams, 30 grams and 45 grams. Due to the limitations of senior management, and based on the space and location of the production line, the TOPSIS method was used to obtain the best scenario for the production of any type of product group. The best scenario of production in 15 g Chocolate Aja was obtained by standardizing the product production process, increasing order in production, improving the structure of the chain, and minimizing the unemployment of the operators. Therefore, the Multi-criteria decision-making, TOPSIS and Shannon's Entropy methods were used in each scenario to produce the best 20 scenarios. As per Table 4, packaging of 15 g Chocolate Dragees in 6 boxes of 24 pieces ranked sixth and had an efficiency of 60.32% compared to the Bast Hazen and Nezani production lines which were in a 100% integrated box making with 4 operators and efficiency of 98.1 and 89.5, respectively.

According to the research conducted by using optimization methods through simulation modeling, optimizing a production system due to its high flexibility as well as the ability to adapt the parameters of the problem, as it is random does not require a very complicated limited design to determine the structure of the system in the graphic model of the area under study. The capability of their practical implementation in the simulation model had a significant advantage over other modeling methods. Increasing productivity by recognizing the limitations and defects in the production line using real-world simulation made it possible to take effective action in removing the obstacles and problems in the production line and increase productivity, which was achieved without the need for trial and error and wasting time and money in the real world. Feasibility assessment in the virtual world and simulated mode is easily done as there have been great advancements in Virtual to Real approaches. It is possible to achieve the best possible state by changing the conditions affecting the process. In this research, it was observed that in order to increase productivity, coordination of processes was required.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
بهار ۱۴۰۲، دوره ۲۰، شماره ۱، ۴۵۹-۴۴۱
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2021.273148.1394

مقاله پژوهشی
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

بهینه‌سازی ترکیب نیروی انسانی در خطوط تولید موازی با رویکرد شبیه‌سازی (مطالعه موردی: خط تولید دراژه شکلاتی در شرکت شیرین‌عسل)

مهدی محمدی اصل[۱]، مهدی یوسفی نژاد عطاری[۲*]

۱- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران.
۲- استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲
بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴
پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹

کلید واژگان:
سیستم تولید پیوسته
شبیه‌سازی تولید
سیستم بسته‌بندی کارخانه، تاپسیس[۱]
آنتروپی شانون

***نویسنده مسئول:** مهدی یوسفی نژاد عطاری
پست الکترونیکی:
mahdi_108108@yahoo.com

چکیده

امروزه مطالعات شبیه‌سازی کاربردهای زیادی در مهندسی صنایع و علوم دیگر پیدا کرده است و به‌عنوان ابزاری در راستای افزایش ظرفیت تولید و منافع یک کارخانه می‌باشد. در بازار رقابتی امروز، شرکت‌ها و سازمان‌ها در تلاش هستند تا با طراحی و مدل‌سازی اثربخش و مؤثر عملیات سیستم، بهره‌وری و راندمان را افزایش دهند. در این راستا، برای کاهش مدت‌زمان ارزیابی و کاهش هزینه‌های مربوط، بهره‌گیری از روش‌های شبیه‌سازی گرافیکی در محیط نرم‌افزاری و استفاده از نرم‌افزارهای آماری راهگشا و کارآمد هستند. هدف از انجام این تحقیق کاهش هزینه‌ها، افزایش میزان تولید، کاهش زمان بیکاری اپراتورها و ماشین‌ها و همچنین کم‌کردن موجودی‌های میان فرایند تولید بود. برای رسیدن به این اهداف از شبیه‌سازی استفاده گردید. مراحل انجام تحقیق به‌صورت خلاصه به این صورت می‌باشد. ابتدا چیدمان موجود در کارخانه شناسایی شد، در مرحله بعد زمان‌سنجی برای دستگاه‌ها و اپراتورها صورت گرفت. داده‌های واقعی از خط تولید به محیط نرم‌افزاری منتقل و سپس ۱۵ سناریو مختلف طراحی و در محیط نرم‌افزاری شبیه‌سازی گردید. سپس با استفاده روش تاپسیس بهترین سناریو انتخاب و با استفاده از خبرگان و مدیران کارخانه، اعتبار مدل تأیید شد و سپس مدل اجرا شد و نتایج شبیه‌سازی ثبت گردید.

[1] Topsis

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

امروزه پیشرفت صنایع در گرو بهبود محصولات، کاهش هزینه‌ها و افزایش نرخ تولید و بهره‌وری می‌باشد. استفاده از آزمون و خطا که پیش از این در صنعت‌های دنیا برای بهبود فرایندهای تولید و بهبود کیفیت محصولات مرسوم بوده است بسیار پرهزینه و طولانی می‌باشد که متخصصان را بر آن داشته که به سمت روش‌های کم‌هزینه و کوتاه‌تر حرکت کنند. جایگزین کردن این روش با روش طراحی بر پایه شبیه‌سازی توانسته است بسیاری از کاستی‌های روش قبل را جبران کند [۱].

ساخت یک محصول به روش‌های قدیمی می‌تواند یک فرایند طولانی و با سرعت پایین، بدون انعطاف‌پذیری و اعتبار موردنیاز برای پاسخ به تغییرات ناگهانی در عرضه و تقاضا برای محصول نهایی یا مواد تشکیل‌دهنده آن باشد [۲]. در مقابل فرایندهای تولید پیوسته، اجازه می‌دهد مواد اولیه ورودی به این سیستم و محصول نهایی از سیستم در مد پیوسته خارج شود. این نوع فرایند شامل مزایای زیادی است برای مثال پردازش مداوم و مستمر اجازه افزایش حجم تولید بدون معضلات مربوط به مقیاس بالا را می‌دهد و در این صورت با سرعت بیشتری به تغییرات عرضه یا تقاضا پاسخ می‌دهد. این امر به‌ویژه در شرایط اضطراری، مانند کمبود داروهای بحرانی یا بیماری‌های همه‌گیر سودمند است [۳].

نیاز به تجهیزات در فرایندهای پیوسته معمولاً از فرایندهای دسته‌ای بسیار کمتر می‌باشد و حجم کمتری از مواد را به‌کار می‌گیرند [۴]. زمان نگهداری مواد بین مراحل در فرایند تولید به‌طور بالقوه می‌تواند حذف شود و زمان تولید محصولات ساخته شده می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی کاهش یابد [۳]. تولید پیوسته از طریق ساده کردن فرایند تولید با حذف عملیات واحد، باز کاری را تسهیل می‌کند. همچنین تولید پیوسته از یک روزکرد سیستماتیک، علمی و مبتنی بر ریسک توسعه پیروی می‌کند. در نتیجه فرایندهای پیوسته می‌تواند کارآمدتر، قابل اعتماد و مقرون‌به‌صرفه‌تر از روش قدیمی می‌باشد؛ از این رو صرفه‌جویی در هزینه قابل توجه است [۴].

با این همه این مزایای بالقوه تولید پیوسته، وجود محدودیت‌هایی در حوزه فنی، کسب و کار و عملیاتی، معضلات نظارتی و نیروی کار، مانع فراگیر شدن استفاده از تولید مستمر می‌شوند.

درحال حاضر پیچیدگی و پویایی روزافزون سیستم‌های تولیدی کاربرد مدل‌های تحلیلی را ارزیابی و تصمیم‌گیری آن‌ها با محدودیت‌های قابل‌توجهی روبه‌رو کرده است؛ از این رو استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری به‌عنوان ابزاری که قابلیت گسترده‌ای در فرموله کردن سیستم‌های فوق دارد به‌طور وسیع مورد استقبال قرار گرفته است. با وجود این ارائه بهترین راه‌حل همواره یکی از معضلات اصلی این حوزه می‌باشد.

صرف‌نظر از نوع تولید و نوع سیستم اقتصادی یا سیاسی، تعریف بهره‌وری یکسان است. بنابراین اگرچه بهره‌وری ممکن است مفاهیم متفاوتی برای افراد مختلف داشته باشد، مفهوم اصلی همواره رابطه بین کمیت و کیفیت کالا و خدمات تولید می‌باشد و مقدار منابع مصرف‌شده برای تولید را دربردارد [۵].

افزایش بهره‌وری ملی برایند افزایش بهره‌وری در سازمان‌ها، بنگاه‌ها و صنایع مختلف است که سطح آن را می‌توان به‌عنوان معیاری برای سنجش پیشرفت و توسعه یک کشور در مقایسه با سایر کشورها در نظر گرفت. در سطح سازمان‌ها و صنایع مختلف، بهره‌وری محور اصلی رقابت و میزان کیفیت ترکیب مناسب عوامل تولید برای ایجاد ارزش بیشتر است؛ از این رو اندازه‌گیری و مقایسه بهره‌وری طی ادوار زمانی برای یک مؤسسه یا صنعت که سازمان‌ها را برای تحلیل علل کاهش با افزایش بهره‌وری در زمینه‌های موردارزیابی کمک می‌کند و دوم مقایسه بهره‌وری سازمان‌ها و صنایع با یکدیگر برای یافتن موقعیت نسبی است که می‌تواند برای برنامه‌ریزی‌های آینده در مورد محصول، فرایند یازار و غیره در محیطی رقابتی، ابزاری بسیار سودمند باشد. آنچه مسلم است محاسبه میزان بهره‌وری در هر مجموعه می‌تواند ضمن برآورد وضعیت موجود و مقایسه آن با گذشته، حرکت به آینده را نیز برای پیشرفت اهداف یک مجموعه ترسیم کند [۶].

با پیشرفته شدن صنایع و نیاز بیشتر به فرایندی پیچیده برای برآورده کردن نیازهای مشتریان شرکت‌ها درصدد کنترل فرایندها و تسهیل بخشیدن به جریان‌های داخلی خود برآمدند تا از این طریق هزینه‌های سازمانی خود را کاهش دهند و سود بیشتری دریافت کنند. به‌منظور پیدا کردن اتلاف‌ها در سیستم‌ها الگوهای ذهنی افراد سبب مشکل می‌شود و همچنین نگرش سیستماتیک به‌سختی حاصل می‌گردد. یکی از بهترین روش‌ها برای یافتن اتلاف‌ها در سیستم استفاده از تکنیک شبیه‌سازی می‌باشد.

با استفاده از شبیه‌سازی به‌عنوان ابزاری برای پیش‌بینی تأثیر تغییرات سیستم‌های موجود و پیش‌بینی عملکرد سیستم جدید می‌توان جریان اطلاعات منابع انسانی و مشتریان را در سازمان خود مدل کرد، سیستم را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داد و نسبت به انجام بهبودهای بالقوه در آن یا تأثیر تغییرات آتی بر عملکرد آن اهتمام ورزید. علاوه براین با داشتن مدل سیستم توانایی ارزیابی استراتژی‌های گوناگون نیز وجود خواهد داشت.

چهار عامل کلیدی می‌تواند در بهینه‌سازی تولید مؤثر باشد: ۱- بتوانیم نیروی انسانی ماهر تربیت کنیم و آموزش‌های مهارتی را بروز دهیم. ۲- باید از فناوری‌های نوین در صنایع استفاده کرد؛ زیرا استفاده از فناوری‌های نوین ارزش افزوده بالایی را به همراه دارد و اغلب صنایعی که از فناوری‌های پیشرفته استفاده می‌کنند به‌مرور زمان تبدیل به صنایع پیشرفته می‌شوند. ۳- سومین عامل به پایداری بنگاه‌های تولیدی و صنعتی در چرخه تولید و عرصه رقابت برمی‌گردد. برای رسیدن به این پایداری و به‌روزرسانی نیاز به واحدهای تحقیق و توسعه ضروری است و از طرفی از ظرفیت‌های دانشگاهی برای به‌روزرسانی چرخه تولید نیز باید استفاده کرد. ۴- چهارمین عامل به استفاده از فناوری‌های نوین و کوتاه بودن عمر برخی از فناوری‌ها برمی‌گردد. از این‌رو باید در فرایند تولید نوآوری به وجود آورد که با به‌کارگیری واحدهای تحقیق و توسعه می‌توان این نوآوری را خلق کرد. به‌طور کلی این چهار عامل موجب خواهد شد که خروجی بنگاه‌های تولیدی و صنعتی دارای بهره‌وری بالا، کیفیت مطلوب، کاهش هزینه تولید و قیمت رقابتی باشد و محصول خود را در عرصه‌های داخلی و بین‌المللی به فروش رسانند. شبیه‌سازی برای آموزش افراد برای فعالیت‌های خاص و واکنش به موقعیت‌های غیرمنتظره استفاده می‌شود [۷].

اگرچه می‌توان به کمک شبیه‌سازی رفتار سیستم را تقلید کرد لیکن تعیین مقادیر بهینه متغیرها به‌وسیله این روش امکان‌پذیر نیست. بهینه‌سازی شبیه‌سازی پاسخی برای برطرف کردن این محدودیت است تا مدیران و صاحبان صنایع تولیدی با استفاده از این تکنیک اقدام به بررسی وضعیت واحد صنعتی خود و افزایش بهره‌وری خطوط تولید کنند. گروه‌های صنایع تولیدی خواهان افزایش راندمان بخش‌های تولیدی خویش هستند.

عامری و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان «بهینه‌سازی استفاده از منابع خط تولید به‌منظور افزایش بهره‌وری با رویکرد شبیه‌سازی» خط تولید یک کارخانه قطعه‌سازی اکسل جلو خودرو را بررسی کرده‌اند و پس از مشخص کردن اتلاف‌های آن به بهینه‌سازی خط تولید و ارائه راهکارهایی برای افزایش نرخ تولید با استفاده از منابع فعلی شرکت پرداختند. نتایج شبیه‌سازی آنها بیانگر این بود که تکنیک بهینه‌سازی خطوط تولیدی یک واحد صنعتی از طریق شبیه‌سازی بسیار مفید می‌باشد و توجیه اقتصادی لازم برای کاربرد در صنایع و مراکز خدماتی بزرگ‌تر را داراست [۸].

عبدلرسیب و همکاران در پژوهشی با عنوان «بهبود جریان تولید از طریق برنامه ARENA در صنعت تولید مواد غذایی» در سال ۲۰۲۰ با شبیه‌سازی خط تولید نوشیدنی در کشور مالزی نشان دادند اجرای بهبود جریان تولید از طریق برنامه شبیه‌سازی ارنا، به‌عنوان یک ابزار اندازه‌گیری برای عملکرد تولید می‌تواند استفاده گردد. همچین آن‌ها نشان دادند که برنامه‌ریزی تولید برای اطمینان از بهره‌وری و کنترل سیستم تولید بسیار مهم است. شبیه‌سازی نشان داد که فرایند خیساندن و تولید سویا بیشترین زمان انتظار را دارد و به‌عنوان اولین گلوگاه در فرایند تولید می‌باشد. علاوه بر این، AREN به تجزیه‌وتحلیل سیستم اجازه داد تا سرمایه‌گذار قبل از تغییر سرمایه، عملکرد سیستم را

بررسی کند. هدف دوم که عبارت بود از ساخت و تجزیه‌وتحلیل سیستم تولید فعلی نیز از طریق نرم‌افزار شبیه‌سازی مورد بهبود قرار گرفت [۹].

EUGEN CARATA در پژوهشی با عنوان «تجزیه‌وتحلیل قطعات ماشین کف‌پوش با استفاده از شبیه‌سازی» با بررسی پارامترهای زمان جریان محصول، تعداد ورودی و خروجی، استفاده از منابع، تعداد در صف انتظار و کار در مرحله WIP و تجزیه و تحلیل واحد تولیدی و مشخص کردن تنگناهای موجود و آزمایش نتایج به‌دست‌آمده از بسته شبیه‌سازی Arena ۱۵ نشان داد که شبیه‌سازی سیستم رویداد گسسته یک ابزار قدرتمند برای مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل سیستم‌های تولیدی در بخش صنعتی می‌باشد. همچنین مزایای مبادله زمان/هزینه که ازجمله مزیت بالقوه دستیابی به سطوح خدمات خوب و کمک به شرکت‌ها برای جلوگیری از سرمایه‌گذاری‌های غیرضروری را نشان داد [۱۰].

کمپانی و عظیمی در پژوهشی با عنوان «توسعه یک مدل دوهدفه و حل آن به‌وسیله بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی جهت تخصیص بهینه نیروی انسانی و تجهیزات موازی به ایستگاه‌ها در یک خط تولید» در سال ۱۳۹۴، کاربرد شبیه‌سازی در بهینه‌سازی دوهدفه یک مسئله بالانس خط مونتاژ را تشریح کردند که در آن هدف، تعیین مقادیر بهینه تخصیص نیروی انسانی و تجهیزات موازی به ایستگاه‌ها می‌باشد؛ به‌طوری که با حداقل هزینه‌های افزایش تجهیزات و نیروی انسانی در ایستگاه‌ها، خروجی خط تولید به بیشترین مقدار خود افزایش یابد؛ به عبارتی دیگر با استفاده بهینه از منابع موجود خروجی تولید حداکثر می‌شود و بهره‌وری به حداکثر میزان ممکن ارتقا یابد. آنها برای افزایش بهره‌وری خط تولید ابتدا به کمک بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی، فرایند خط تولید، تحت یک مدل شبیه‌سازی در نرم‌افزار ED شبیه‌سازی کردند و پس از اعتبارسنجی مدل با استفاده از طراحی آزمایش سناریوهای متنوع طراحی و در مدل شبیه‌سازی اجرا شد، مقادیر ممکن برای دو متغیر تعداد نیروی انسانی و تعداد تجهیزات موازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به‌دست آمد و در یک نمودار پارتو نشان داده شد و نتایج را با وضعیت فعلی خط تولید مقایسه کردند [۱۱].

نقش ارزیابی عملکرد در ارتقای بهره‌وری سازمانی و ملی، نظارت بر نحوه به‌کارگیری منابع سازمانی و شناسایی نقاط ضعف و برنامه‌ریزی برای بهبود آن‌ها حایزاهمیت است و هر سازمان برای پیشبرد اهداف و سیاست‌های خود باید از یک الگوی ارزیابی مناسب بهره گیرد.

کارخانه‌ای که در این پروژه بررسی شده است یک کارخانه تولیدی صنایع غذایی به نام شرکت شیرین‌عسل می‌باشد که زیرمجموعه یکی از بزرگ‌ترین هولدینگ‌های صنایع غذایی می‌باشد. به دلیل گستردگی و پیچیدگی شبیه‌سازی کل کارخانه و با توجه به محدودیت در زمان و نبود دانش کافی در یک پروژه آموزشی، در این پروژه تنها به شبیه‌سازی بخشی از سیستم تولید و بسته‌بندی محصول می‌پردازیم. بنابراین مسئله در این تحقیق، بالانس تجهیزات تولیدی، شناسایی گلوگاه‌ها و بهبود چیدمان خط تولید با استفاده از شبیه‌سازی می‌باشد.

در این پژوهش اقدام به بررسی و افزایش بهره‌وری یکی از خطوط تولیدی کارخانه شیرین عسل با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی شد. لذا در این تحقیق درصدد پاسخگویی به این سؤال هستیم که با چه ترکیبی از منابع سازمانی، بیشترین بهره‌وری را در خط تولید دراژه شکلاتی شرکت شیرین‌عسل خواهیم داشت؟

روش تحقیق

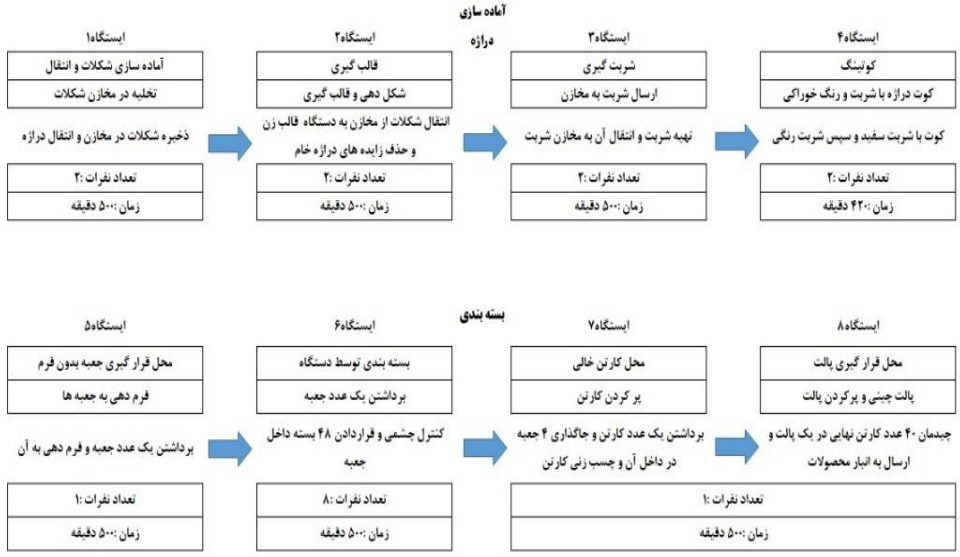
روش تحقیق از نوع مطالعات تجربی (تجربه و آزمایش) می‌باشد. این نوع تحقیق، یک تحقیق کاربردی است و در این تحقیق سعی شده است با استفاده از شبیه‌سازی و با توجه به محدودیت‌های مسئله، یک مدل مناسب برای بهبود چیدمان خط تولید دراژه شکلاتی در کارخانه شیرین عسل ارائه گردد. برای این کار از اطلاعات موجود در کتب و مقالات گوناگون داخلی و خارجی و همچنین از اطلاعات بخش مهندسی صنایع کارخانه استفاده شده است.

شبیه‌سازی مدل سیستم زنجیره

مدل زنجیره در فرایند آماده‌سازی و بسته‌بندی محصولات دراژه شکلاتی در گروه صنایع غذایی شیرین عسل براساس زمان‌سنجی صورت‌گرفته به هشت ایستگاه کاری تقسیم‌بندی گردید که نام هر ایستگاه، میانگین زمان تولید و بسته‌بندی و تعداد نفرات موردنیاز برای هر ایستگاه به شرح زیر درآمده است:

ایستگاه اول مربوط به آماده‌سازی شکلات و ذخیره در مخازن مربوطه می‌باشد که در صورت کاهش از سطح تعیین شده، به‌صورت اتوماتیک پر می‌شود و زمان‌سنجی مربوط به آن متأثر از میزان تولید «قالب دراژه» می‌باشد. ایستگاه بعدی مربوط به قالب‌گیری می‌باشد همچنین سرعت درام نیز متناسب با ایستگاه قالب‌گیری است و به‌صورت اتوماتیک توسط دستگاه تنظیم می‌شود. ایستگاه بعدی که توسط اپراتور انجام می‌شود متناسب با زمان و میزان دراژه تولیدی هماهنگ می‌شود. ایستگاه بعدی مربوط به کوتینگ است که عمل کوت نیز به‌وسیله دستگاه‌های اتوماتیک انجام گرفته و بالا بردن سرعت دستگاه در کیفیت محصول اختلال ایجاد می‌کند و پایین آوردن سرعت دستگاه نیز از نظر اقتصادی عاقلانه نیست. چهار ایستگاه بعدی مربوط به سالن بسته‌بندی است که اولین ایستگاه آن مربوط به فرم‌دهی جعبه می‌باشد که از نظر توالی کار، نیازی به پیش‌نیاز ندارد ولی خودش پیش‌نیاز ایستگاه بعدی یعنی بسته‌بندی می‌باشد. این ایستگاه براساس زمان‌سنجی، یک اپراتور به آن تخصیص داده می‌شود. در ایستگاه پنجم که مهم‌ترین ایستگاه بسته‌بندی می‌باشد بسته‌های محصول داخل جعبه قرار می‌گیرند که به دلیل زمان بالای آن، گلوگاه ایجاد می‌شود؛ بنابراین برای رفع این گلوگاه از ۸ نفر بسته‌بند برای انجام بسته‌بندی و دو اپراتور برای کنترل دستگاه بسته‌بندی استفاده می‌شود. ایستگاه بعدی مربوط به جاگذاری جعبه در کارتن و بسته‌بندی نهایی آن می‌باشد که براساس زمان‌سنجی انجام‌گرفته یک اپراتور به آن اختصاص داده شده است و در نهایت ایستگاه آخر مربوط به پالت‌چینی محصول نهایی و انتقال آن به انبار محصولات می‌باشد که یک اپراتور به آن اختصاص داده شده است.

طرح سیستم زنجیره آماده‌سازی دراژه در گروه صنایع غذایی شیرین عسل و ایستگاه‌های کاری در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. مدل سیستم زنجیره آماده‌سازی و بسته‌بندی محصولات دراژه

اعتبارسنجی[1] مدل

در این تحقیق خروجی واقعی خط تولید با خروجی مدل کامپیوتری و نرم‌افزار ارنا بررسی و تأیید شد.

طراحی در Arena

۱- ساختن مدل‌های شبیه‌سازی با ارنا از طریق اشکال مدل‌سازی که ماژول نامیده می‌شود، می‌باشد که از پنل پایه انتخاب می‌گردند. این ماژول‌ها مانند بلوک‌های ساختمانی در ساختن مدل شبیه‌سازی عمل می‌کنند.
۲- ارنا یک مدل نمایش فلوچارتی ارائه می‌دهد که محیط فلوچارتی برای مدل است.
۳- کاربر داده‌های واقعی (زمان فرایند، تقاضای منابع و ...) به مدل اضافه می‌کند.
۴- کاربر شبیه‌سازی را اجرا و نتایج را بررسی می‌کند.
۵- نتایج شبیه‌سازی به‌صورت اتوماتیک گزارش داده می‌شود و کاربر در صورت نیاز می‌تواند جزئیات بیشتری از گزارش‌ها را مشاهده کند.
۶- با توجه به نیازهای کاربر، ارنا خانواده‌ای از الگوهای پاسخ را براساس سیستم شبیه‌سازی فراهم می‌کند.

فاز طراحی مدل و شبیه‌سازی، تعیین‌کننده استراتژی کلی متمایز شدن بر روی یک مدل مفهومی می‌باشد که هم تلاش شبیه‌سازی را به حداقل می‌رساند و هم اطمینان حاصل شود که تمامی اهداف پروژه برآورد و تمام مسائل خاص بررسی شده‌اند.

سناریوپردازی

در فاز قبلی که از صحت مدل و عملکرد آن اطمینان حاصل شد اقدام به برگزاری جلسه‌ای با عنوان «جلسه سناریوپردازی برای بهبود بهره‌وری» با حضور کلیه اعضای تیم شد که نتیجه این جلسه طراحی ۱۵ سناریو مختلف برای پردازش در مدل کامپیوتری در نرم‌افزار ارنا با هدف به دست آوردن بهترین ترکیب و به‌دست آوردن حداکثر راندمان بسته‌بندی دراژه شکلاتی شیرین‌عسل بود.

تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین سناریو

تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هریک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است؛ زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایجی که از اعمال آن‌ها به‌دست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌کند. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار بررسی شده باشد.

الگوریتم تکنیک تاپسیس

روش تاپسیس یکی از تکنیک‌های مورداستفاده در تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) است. در این روش تصمیم‌گیری، تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند یا اینکه به هریک از آنها یک نمره کارایی اختصاص داده شود [۱۲].

[1] Validation

مراحل این تکنیک به شرح زیر است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم: در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌تواند براساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم m*n در تشکیل شود.

۲- نرمال کردن ماتریس تصمیم: برای نرمال‌سازی مقادیر از روش برداری استفاده می‌شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال‌سازی خطی به‌صورت زیر انجام می‌شود.

$$\mathrm{n_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}} \qquad (۱)$$

۳- تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون: گام بعدی تشکیل ماتریس نرمال موزون براساس وزن معیارها است. بنابراین باید از پیش اوزان معیارها با استفاده از تکنیکی مانند AHP یا آنتروپی شانون محاسبه شده باشد. موزون کردن بسیار ساده است و وزن هر معیار در درایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌شود.

۴- محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی: محاسبه Positive ideal point, PIS و Negative ideal point, NIS گام بعدی است. در این گام برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (A+) و یک ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود.

برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت، بزرگ‌ترین مقدار آن معیار است.

برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل منفی، کوچک‌ترین مقدار آن معیار است.

برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت، کوچک‌ترین مقدار آن معیار است.

برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل منفی، بزرگ‌ترین مقدار آن معیار است.

۵- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل: در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد.

گام نهایی، محاسبه راه‌حل ایده‌آل است. در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. برای این کار از فرمول زیر سود می‌بریم.

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد راه‌کار به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر است و راهکار بهتری می‌باشد.

$$\mathrm{d_i^+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad \mathrm{d_i^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad (۲)$$

$$\mathrm{CL_i^*} = \frac{d_i^-}{\mathrm{d_i^-} + \mathrm{d_i^+}}$$

روش آنتروپی شانون (وزن‌دهی به شاخص‌ها)

از روش آنتروپی شانون به‌عنوان یکی از معروف‌ترین روش‌های محاسبه اوزان شاخص‌ها استفاده شده است.

گام اول: ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل می‌دهیم. برای تشکیل این ماتریس تصمیم کافی‌ست اگر معیارها کیفی هستند از عبارات کلامی ارزیابی هر گزینه را نسبت به هر معیار به‌دست آوریم و اگر معیارها کمی هستند عدد واقعی آن ارزیابی را قرار دهیم. در شکل زیر که ماتریس تصمیم می‌باشد ستون‌ها معیار و سطرهای گزینه‌ها هستند. برای مثال درایه x_{12} امتیاز گزینه اول نسبت به معیار دوم است.

$$X = [x_{ij}]_{n\times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

گام دوم: ماتریس بالا را نرمال می‌کنیم و هر درایه نرمال شده را pij می‌نامیم. نرمال شدن به این صورت می‌باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می‌کنیم.

گام سوم: محاسبه آنتروپی هر شاخص: آنتروپی Ej به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد و k به‌عنوان مقدار ثابت مقدار Ej را بین ۰ و ۱ نگه می‌دارد.

$$E_j = -k\sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times Ln\, P_{ij} \quad i = 1.2.\ldots.m \quad (۴)$$

که در آن p(x) توزیع احتمال متغیر تصادفی X است. افزایش در آنتروپی شانون باعث افزایش نبود اطمینان و کاهش اطلاعات در مورد دانش متغیر تصادفی می‌شود. جنبه جالب دیگر آنتروپی شانون ویژگی حداکثر آنتروپی آن برای توزیع یکنواخت است.

گام چهارم: در ادامه مقدار (dj درجه انحراف) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (dj) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. هرچه مقادیر اندازه‌گیری‌شده شاخصی به هم نزدیک باشند نشان‌دهنده آن است که گزینه‌های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

$$dj=1-Ej$$

لذا نقش آن شاخص در تصمیم‌گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

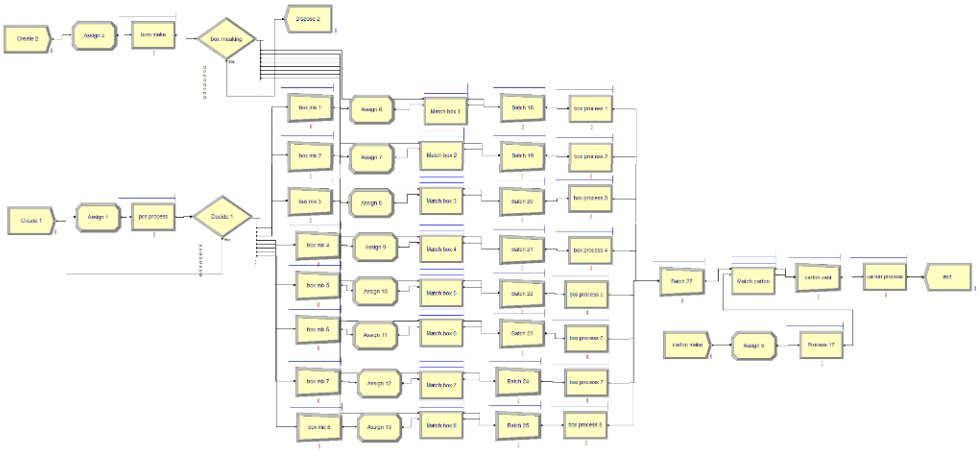
گام پنجم: سپس مقدار وزن Wj محاسبه می‌گردد. در واقع وزن معیار برابر با هر dj تقسیم بر مجموع djها می‌باشد.

$$wj=dj/\sum dj$$

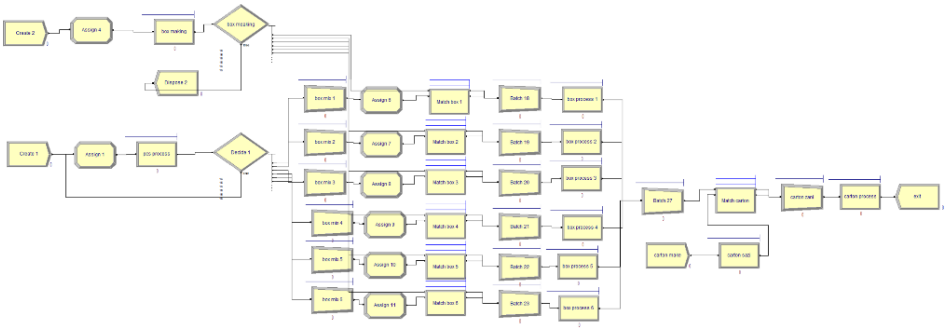
نتایج

مدل‌سازی با نرم‌افزار ارنا

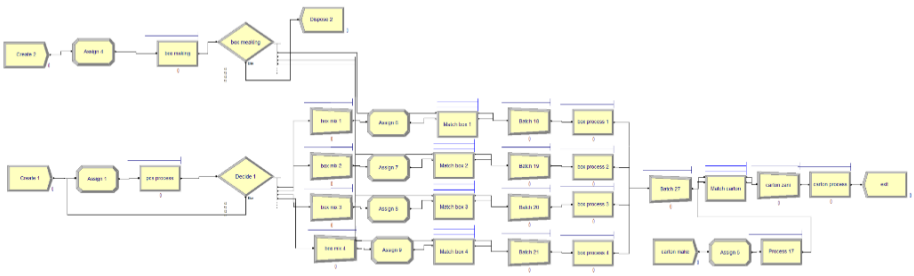
در مرحله نخست شبیه‌سازی فرایند انجام شده در خط تولید به صورت مرحله به مرحله در نرم‌افزار تعریف می‌شود. با توجه به شکل ۲ مدل گرافیکی ارنا شامل ۵ مرحله یا باکس است که شامل ورود دراژه به دستگاه بسته‌بندی، بسته‌بندی در لفاف، جعبه‌سازی، جاگذاری بسته در جعبه، کارتن‌سازی و در نهایت جاگذاری جعبه‌های حاوی بسته‌های دراژه در کارتن و پالت‌چینی می‌باشد.



الف



ب



ج

شکل ۲. الف) فلوچارت خط تولید دراژه شکلاتی ۱۵ گرم در شرکت شیرین عسل، ب) فلوچارت خط تولید دراژه شکلاتی ۳۰ گرم در شرکت شیرین عسل پ) فلوچارت خط تولید دراژه شکلاتی ۴۵ گرم در شرکت شیرین‌عسل

سناریوهای موردبررسی

در این مرحله، انواع سناریوهای موردبررسی در قالب ۱۵ سناریوی زیر ارائه گردیده که هر کدام به‌صورت مجزا در نرم‌افزار ارنا اجرا و بررسی شده است.

جدول ۱. انواع سناریو

سناریوهای مختلف برای بهینه‌سازی ترکیب نیروی انسانی برای محصولات مختلف		
تعداد سناریو	نوع محصول	نوع سناریو
۱	۱۵ گرم	استفاده از ۸ نفر نیروی انسانی در ایستگاه جعبه‌زنی
۲		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۸ نفر به ۷ نفر
۳		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۷ نفر به ۶ نفر
۴		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۶ نفر به ۵ نفر
۵		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۵ نفر به ۴ نفر
۶		ادغام نیروی جعبه‌سازی با نیروهای جعبه‌زنی
۷	۳۰ گرم	استفاده از ۶ نفر نیروی انسانی در ایستگاه جعبه‌زنی
۸		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۶ نفر به ۵ نفر
۹		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۵ نفر به ۴ نفر
۱۰		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۴ نفر به ۳ نفر
۱۱		ادغام نیروی جعبه‌سازی با نیروی کارتن‌زنی
۱۲	۴۵ گرم	استفاده از ۴ نفر نیروی انسانی د ایستگاه جعبه‌زنی
۱۳		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۴ نفر به ۳ نفر
۱۴		کاهش نیروی انسانی در ایستگاه بسته‌بندی از ۳ نفر به ۲ نفر
۱۵		ادغام نیروی جعبه‌سازی با نیروی کارتن‌زنی

انتخاب بهترین سناریو

به‌منظور انتخاب بهترین سناریو از میان دیگر سناریوها از روش تاپسیس استفاده شده است. طبق این ماتریس، چهار معیار تأثیرگذار تعداد نیروی انسانی، نیروی انسانی در حال کار، بیکار و میزان توقفات به‌ترتیب به‌صورت معیارهای منفی، مثبت، منفی و منفی تعریف شده‌اند. تکنیک تاپسیس در نرم‌افزار اکسل اجرا شده و بهترین سناریو حاصل شده است.

جدول ۲. انتخاب بهترین سناریو برای تولید دراژه شکلاتی ۱۵ گرم ۶ جعبه ۲۴ عددی

ماتریس تصمیم	-	+	-	-
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۱	۱۲	۰.۶۰۱۷	۰.۳۸۰۲	۰.۰۱۸
سناریو ۲	۱۱	۰.۶۷۸۸	۰.۳۰۶۰	۰.۰۱۵
سناریو ۳	۱۰	۰.۶۹۳۳	۰.۲۸۸۳	۰.۰۱۸
سناریو ۴	۹	۰.۷۵۵۵	۰.۲۳۰۵	۰.۰۱۴
سناریو ۵	۸	۰.۷۸۲۶	۰.۱۹۵۵	۰.۰۲۲
سناریو ۶	۷	۰.۹۰۶۴	۰.۰۶۴۵	۰.۰۲۹

بی‌مقیاس کردن	-	+	-	-
وزن	۰.۱۰۶۵	۰.۰۵۴۲	۰.۶۳۶۳	۰.۲۰۳۰
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۱	۰.۵۰۸	۰.۳۳۱	۰.۵۸۹	۰.۳۶۸
سناریو ۲	۰.۴۶۵	۰.۳۷۳	۰.۴۷۴	۰.۳۱۰
سناریو ۳	۰.۴۲۳	۰.۳۸۱	۰.۴۴۷	۰.۳۷
سناریو ۴	۰.۳۸۱	۰.۴۱۵	۰.۳۵۷	۰.۲۸۵
سناریو ۵	۰.۳۳۸	۰.۴۳۰	۰.۳۰۳	۰.۴۴۶
سناریو ۶	۰.۲۹۶	۰.۴۹۸	۰.۱۰۰	۰.۵۹۱

شاخص شباهت	فاصله از ایده‌آل +	فاصله از ایده‌آل -	جمع فاصله	شاخص شباهت	رتبه‌بندی
سناریو ۱	۰.۳۱	۰.۰۵	۰.۳۶	۰.۱۳	۶
سناریو ۲	۰.۲۴	۰.۰۹	۰.۳۳	۰.۲۸	۵
سناریو ۳	۰.۲۲	۰.۱۰	۰.۳۲	۰.۳۱	۴
سناریو ۴	۰.۱۶	۰.۱۶	۰.۳۲	۰.۵۰	۳
سناریو ۵	۰.۱۳	۰.۱۹	۰.۳۲	۰.۵۸	۲
سناریو ۶	۰.۰۶	۰.۳۱	۰.۳۷	۰.۸۳	۱
سناریو۱<سناریو۲<سناریو۳<سناریو۴<سناریو۵<سناریو۶					

جدول ۳. انتخاب بهترین سناریو برای تولید دراژه شکلاتی ۳۰ گرم ۶ جعبه ۲۴ عددی

ماتریس تصمیم	-	+	-	-
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۷	۱۰	۰.۶۷۱۸	۰.۳۰۴۹	۰.۰۲۳
سناریو ۸	۹	۰.۶۹۷۷	۰.۲۹۱۰	۰.۰۱۱
سناریو ۹	۸	۰.۷۷۸۴	۰.۱۹۵۳	۰.۰۲۶
سناریو ۱۰	۷	۰.۷۵۴۰	۰.۲۰۶۷	۰/۰۳۹
سناریو ۱۱	۷	۰.۹۰۹۸	۰.۰۵۹۵	۰/۰۳۱

بی‌مقیاس کردن	-	+	-	-
وزن	۰.۰۵۳۹	۰.۰۳۱۲	۰.۵۵۴۲	۰.۳۶۰۷
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۷	۰.۵۴۰	۰.۳۹۲	۰.۵۹۶	۰.۳۷۷
سناریو ۸	۰.۴۸۶	۰.۴۰۷	۰.۵۶۸	۰.۱۸۲
سناریو ۹	۰.۴۳۲	۰.۴۵۴	۰.۳۸۲	۰.۴۲۴
سناریو ۱۰	۰.۳۷۸	۰.۴۴۰	۰.۴۰۴	۰.۶۳۳
سناریو ۱۱	۰.۳۷۸	۰.۵۳۱	۰.۱۱۶	۰.۴۹۴

شاخص شباهت	فاصله از ایده‌آل +	فاصله از ایده‌آل -	جمع فاصله	شاخص شباهت	رتبه‌بندی
سناریو ۷	۰.۲۷	۰.۰۹	۰.۳۷	۰.۲۵	۵
سناریو ۸	۰.۲۵	۰.۱۶	۰.۴۱	۰.۳۹	۳
سناریو ۹	۰.۱۷	۰.۱۴	۰.۳۱	۰.۴۵	۲
سناریو ۱۰	۰.۲۳	۰.۱۱	۰.۳۳	۰.۳۲	۴
سناریو ۱۱	۰.۱۱	۰.۲۷	۰.۳۸	۰.۷۱	۱
سناریو۷<سناریو۱۰<سناریو۸<سناریو۹<سناریو۱۱					

جدول۴. انتخاب بهترین سناریو برای تولید دراژه شکلاتی ۴۵ گرم ۶ جعبه ۲۴ عددی

ماتریس تصمیم	-	+	-	-
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۱۲	۱۲	۰.۶۰۱۷	۰.۳۸۰۲	۰.۰۱۸
سناریو ۱۳	۱۱	۰.۶۷۸۸	۰.۳۰۶۰	۰.۰۱۵
سناریو ۱۴	۱۰	۰.۶۹۳۳	۰.۲۸۸۳	۰.۰۱۸
سناریو ۱۵	۹	۰.۷۵۵۵	۰.۲۳۰۵	۰.۰۱۴

بی‌مقیاس کردن	-	+	-	-
وزن	۰.۱۸۳۶	۰.۱۰۴۷	۰.۵۰۶۸	۰.۲۰۴۹
گزینه/معیار	تعداد نیروی انسانی	در حال کار	بیکاری	توقفات
سناریو ۱۲	۰.۵۶۸	۰.۴۴۰	۰.۶۲۱	۰.۵۴۷
سناریو ۱۳	۰.۵۲۱	۰.۴۹۶	۰.۵۰۰	۰.۴۶۱
سناریو ۱۴	۰.۴۷۴	۰.۵۰۶	۰.۴۷۱	۰.۵۵۵
سناریو ۱۵	۰.۴۲۶	۰.۵۵۲	۰.۳۷۷	۰.۴۲۴

شاخص شباهت	فاصله از ایده‌آل +	فاصله از ایده‌آل -	جمع فاصله	شاخص شباهت	رتبه‌بندی
سناریو ۱۲	۰.۱۳۰	۰.۰۰۲	۰.۱۳۱	۰.۰۱	۴
سناریو ۱۳	۰.۰۶۶	۰.۰۶۵	۰.۱۳۱	۰.۵۰	۳
سناریو ۱۴	۰.۰۵۶	۰.۰۷۸	۰.۱۳۴	۰.۵۸	۲
سناریو ۱۵	۰.۰۰۰	۰.۱۳۰	۰.۱۳۰	۱.۰۰	۱
سناریو۱۲<سناریو۱۳<سناریو۱۴<سناریو۱۵					

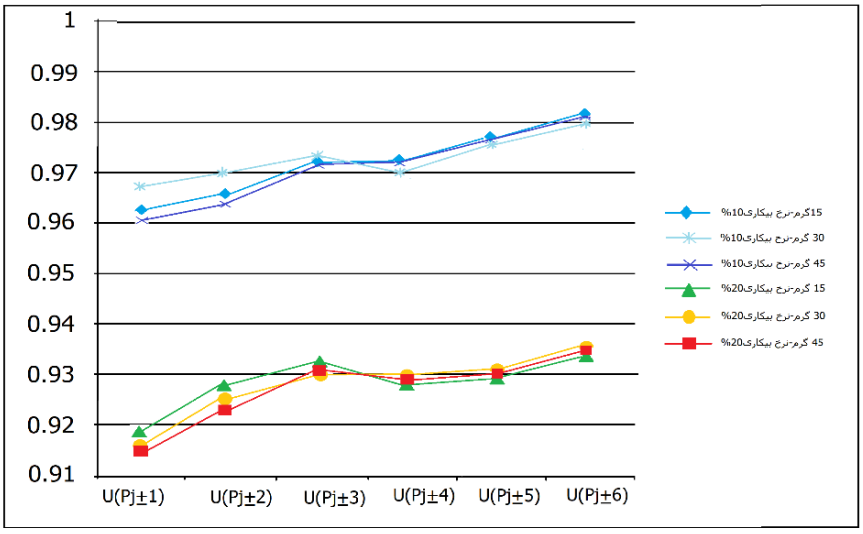
صحت و اعتبار مدل

از مهم‌ترین کارها در طراحی مدل‌های شبیه‌سازی، تعیین اعتبار و صحت مدل است. به‌منظور تعیین اعتبار مدل‌های ارائه‌شده، تغییراتی در منابع انجام شده است که سناریوها و تحلیل حساسیت این امر را نشان می‌دهند و تأثیر آن‌ها بر روی شاخص‌های عملکردی در نتایج و یافته‌ها ارائه می‌شود. برای تعیین صحت مدل، روند جریان ورودی‌ها و تغییر متغیرها به‌صورت گام به گام بررسی شده است و تغییرات موردنظر بررسی شد. در تکرارهای مختلف سناریوهای شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار برای پایایی نتایج تقریباً یکسانی با پراکندگی کم به‌دست آمده است.

برای بررسی رفتار مدل، آنالیز حساسیت روی بهترین سناریو انتخابی انجام شده است. شکل ۳ حساسیت میزان بهره‌وری را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که از شکل مشخص است عملکرد سیستم در افزایش نرخ بیکاری به میزان ۱۰ درصد بهتر از عملکرد سیستم در هنگام افزایش ۲۰ درصدی نرخ بیکاری دارد (مقادیر هرچه به یک نزدیک‌تر باشند عملکرد بهتری را دارند).

جدول ۵. نرخ محاسباتی آنالیز حساسیت

	درصد بهره‌وری نسبت به نرخ بیکاری					
	۴۵×٪۲۰	۳۰×٪۲۰	۱۵×٪۲۰	۴۵×٪۱۰	۳۰×٪۱۰	۱۵×٪۱۰
	۰.۹۱۵۲۵۶	۰.۹۱۷۱۳۵	۰.۹۱۸۱۶۷	۰.۹۶۰۸۴۵	۰.۹۶۲۴۵۱	۰.۹۶۸۴۵۲
	۰.۹۲۴۱۲۸	۰.۹۲۵۹۸۲	۰.۹۲۶۹۱۵	۰.۹۶۳۴۱۸	۰.۹۶۶۷۴۸	۰.۹۷۰۱۵۸
	۰.۹۳۱۳۵۴	۰.۹۲۹۹۴۲	۰.۹۳۳۴۸۷	۰.۹۷۲۹۸۱	۰.۹۷۳۵۷۲	۰.۹۷۴۸۷۱
	۰.۹۲۹۷۴۵	۰.۹۳۰۱۲۵	۰.۹۲۷۹۸۵	۰.۹۷۳۱۴۹	۰.۹۷۳۷۹۴	۰.۹۷۰۱۸۵
	۰.۹۳۱۳۵۷	۰.۹۳۱۸۷۶	۰.۹۲۸۶۵۷	۰.۹۷۷۴۸۱	۰.۹۷۸۱۲۴	۰.۹۷۰۷۰۵
	۰.۹۳۵۱۳۹	۰.۹۳۶۸۴۲	۰.۹۳۳۹۸۵	۰.۹۸۰۱۵۷	۰.۹۸۳۴۵۱	۰.۹۸۰۸۹۵
میانگین	۰.۹۲۷۸۸۱	۰.۹۲۸۶۵	۰.۹۲۸۱۹۹	۰.۹۷۱۳۳۹	۰.۹۷۳۰۲۳	۰.۹۷۲۵۳۹



شکل ۳. نمودار تحلیل حساسیت براساس افزایش نرخ بیکاری

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی ترکیب نیروی انسانی در خط تولید با توجه به تنوع محصول با رویکرد شبیه‌سازی بود. نتایج شبیه‌سازی، پروژه سرمایه‌گذاری را از نظر مالی کارآمد می‌سازد و همان‌طور که مدیر برنامه‌ریزی کارخانه اشاره کرده است هزینه‌های شبیه‌سازی در مقابل صرفه‌جویی که برای شرکت به همراه دارد، بسیار ناچیز است. با شبیه‌سازی صورت‌گرفته و مدل‌های طراحی‌شده به نتایج مثبت زیادی دست پیدا کردیم که در نهایت برای بهینه‌سازی فرایند تولید و بسته‌بندی دراژه شکلاتی در سه نوع بسته‌بندی ۱۵ گرم و ۳۰ گرم و ۴۵ گرم با تعریف محدودیت‌های

مدیریت ارشد و همچنین با توجه به فضا و مکان خط تولید با استفاده از روش تاپسیس بهترین سناریو برای تولید هر نوع گروه محصولی به شرح ذیل به‌دست آمد.

بهترین سناریوی تولید دراژه شکلاتی ۱۵ گرم: با استانداردسازی روند تولید محصول، افزایش نظم در تولید و ساختار زنجیره، بیکاری اپراتورها به‌حداقل می‌رسد جعبه‌زن‌ها موظف هستند شرایط کاری خود را با دستگاه قبل خود هماهنگ کنند در غیر این صورت تعداد زیادی محصول پشت دست آنها جمع‌آوری می‌گردد؛ از این رو با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش تاپسیس و وزن‌دهی به روش آنتروپی شانون در هر سناریو برای تولید و بسته‌بندی دراژه شکلاتی ۱۵ گرم ۶ جعبه ۲۴ عددی، مطابق اطلاعات به‌دست‌آمده در جدول ۴-۲۰ بهترین سناریو شماره ۶ بود که در این سناریو بهره‌وری شبیه‌سازی‌شده ایستگاه بسته‌زنی۶۰.۳۲ درصد و ایستگاه کارتن‌زنی و جعبه‌سازی که با هم ادغام شده ۱۰۰ درصد و ایستگاه جعبه‌زنی با ۴ اپراتور با بهره‌وری به‌ترتیب ۹۸.۱ و ۸۹.۵ و ۱۰۰ و ۹۵.۹ درصد بیشترین بهره‌وری از میان سایر سناریوهای موجود را داشت که این امر باعث کاهش هزینه‌های سازمان به دلیل کاهش نیروی انسانی به ۷ نفر و استفاده حداکثری از امکانات می‌شود.

بهترین سناریوی تولید دراژه شکلاتی ۳۰ گرم: مطابق اطلاعات به‌دست‌آمده در جدول ۴-۲۴ بهترین سناریو شماره ۱۱ بود که در این سناریو بهره‌وری ایستگاه بسته‌زنی ۸ .۷۸ درصد و ایستگاه کارتن‌زنی و جعبه‌سازی که با هم ادغام شده ۱۰۰ درصد و ایستگاه جعبه‌زنی با ۴ اپراتور با بهره‌وری ۲ اپراتور ۱۰۰ درصد و یک اپراتور با بهره‌وری ۸۵.۸ درصد و دیگری با ۸۱.۳ درصد راندمان، بیشترین بهره‌وری را از میان سایر سناریوهای موجود داشت که این امر باعث کاهش هزینه‌های سازمان به دلیل کاهش نیروی انسانی به ۶ نفر و استفاده حداکثری از امکانات می‌شود.

بهترین سناریوی تولید دراژه شکلاتی ۴۵ گرم: مطابق اطلاعات به‌دست‌آمده در جدول ۴-۲۸ بهترین سناریو شماره ۱۵ بود که در این سناریو بهره‌وری ایستگاه بسته‌زنی ۸۷.۵ درصد و ایستگاه کارتن‌زنی و جعبه‌سازی که با هم ادغام شده ۱۰۰ درصد و ایستگاه جعبه‌زنی با ۲ اپراتور با بهره‌وری ۱۰۰ درصد بیشترین بهره‌وری از میان سایر سناریوهای موجود را داشت که این امر باعث کاهش هزینه‌های سازمان به دلیل کاهش نیروی انسانی به ۴ نفر و استفاده حداکثری از امکانات می‌شود.

با توجه به پژوهش صورت‌گرفته با به‌کارگیری روش‌های بهنه‌سازی از طریق شبیه‌سازی برای مدل‌سازی و بهینه‌سازی یک سیستم تولیدی به دلیل انعطاف‌پذیری بالا و همچنین توانایی پذیرش پارامترهای مسئله به‌صورت تصادفی و نیز نیاز نداشتن به طراحی محدودیت‌های بسیار پیچیده برای تعیین ساختار سیستم در مدل گرافیکی ارنا و توانایی اجرای عملی آنها در مدل شبیه‌سازی نسبت به روش‌های دیگر برای مدل‌سازی، برتری قابل‌توجهی دارد.

افزایش بهره‌وری با شناخت محدودیت‌ها و عیوب موجود در خط تولید با استفاده از شبیه‌سازی دنیای واقعی موجب می‌شود تا از این طریق بتوان در رفع موانع و مشکلات موجود در خط تولید اقدام مؤثری داشت و به بهره‌وری بالا دست یافت بدون اینکه نیاز به سعی و خطا و صرف زمان و هزینه در دنیای واقعی باشد؛ زیرا با نزدیک شدن دنیای مجازی به واقعیت‌های دنیای واقعی، امکان‌سنجی در دنیای مجازی و حالت شبیه‌سازی‌شده به سهولت انجام می‌گیرد و می‌توان با تغییر شرایط مؤثر بر فرایند به بهترین حالت ممکن دست یافت.

در این تحقیق، مشاهده گردید که در راستای افزایش بهره‌وری، هماهنگی انسان و ماشین امری است ضروری که با اتخاذ تصمیمات درست در مراحل مختلف شبیه‌سازی و در موقعیت‌های مختلف خط تولید قابل حصول است.

پیشنهادهای پژوهشی

با توجه به ماهیت پژوهش فوق و نتایج به‌دست‌آمده که در محیط واقعی نیز تأیید شده است می‌توان:

- مطابق رویه فوق، شبیه‌سازی را برای سایر خطوط کارخانه که بالغ بر ۵۰ خط تولید بوده نیز انجام داد و باعث افزایش بهره‌وری خطوط مربوط گردید.

- از روش‌های دیگر شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی ترکیب دستگاه‌های تولید در خطوط تولید استفاده کرد.
- از نتایج تحقیق فوق استفاده کرد و آن را به برنامه‌ریزی تولید با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و عدد صحیح و ... بسط داد.
- خط عمل‌آوری شکلات را شبیه‌سازی و دراژه را آماده‌سازی کرد و نتایج آن را به تحقیق فوق بسط داد.

پیشنهادهای کاربردی

سرپرستی خط تولید دراژه شکلاتی در شرکت شیرین عسل می‌تواند موارد زیر را به‌عنوان پیشنهادهای کاربردی مورد توجه قرار دهد:

۱- استفاده مناسب از نتایج این تحقیق باید به‌صورت آنلاین و به‌روز برای کارکنان و پرسنل درگیر در این خط تولید باشد تا کارکنان مربوط بتوانند از جابه‌جایی لازم اطلاع داشته باشند؛ بنابراین لازم است مکانیزم مناسبی برای اطلاع‌رسانی ایجاد شود.

۲- از آنجایی که این تحقیق با هدف انتخاب بهترین سناریو برای خط تولید دراژه با کاهش هزینه طراحی شده است؛ سایر موضوعات مرتبط با نیروی انسانی مانند موضوعات روانی و ارگونومیکی مورد توجه قرار نگرفته است؛ بنابراین باید مدیر محترم با توجه به این موضوعات در داخل خط تولید بهترین چینش را از لحاظ موارد بیان شده به‌کار گیرد.

در پایان می‌توان محدودیت‌های تحقیق را در موارد زیر خلاصه کرد:

- مقاومت مدیریت و سرپرستی خط تولید موردمطالعه در خصوص تعریف و اجرای سناریوهای مختلف
- هزینه و زمان‌بر بودن ایجاد تغییرات در ترکیب نیروی انسانی به لحاظ آموزش‌های لازم.

References

[1] Rezaian, A. (2014). *System analysis and design* (16 ed.). Samt. https://www.gisoom.com/book/11003471

[2] Trout, B., & Bisson, W. (2009). Continuous manufacturing of small-molecule pharamceuticals. http://www.qbd-dtc.com/wp-content/uploads/continuous-manufacturing.pdf

[3] Lee, S. L., O'Connor, T. F., Yang, X., Cruz, C. N., Chatterjee, S., Madurawe, R. D., Moore, C. M. V., Yu, L. X., & Woodcock, J. (2015). Modernizing Pharmaceutical Manufacturing: from Batch to Continuous Production. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, *10*(3), 191-199. https://doi.org/10.1007/s12247-015-9215-8

[4] Jacoby, R., Pernenkil, L., Harutunian, S., Heim, M., Sabad, A. (2015). *Advanced Biopharmaceutical Manufacturing: An Evolution Underway*. Deloitte. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/life-sciences-health-care/us-lshc-advanced-biopharmaceutical-manufacturing-white-paper-051515.pdf

[5] Darabi, M., & Shah Heidari, N. (2010). *Computer simulation training with Enterprise Dynamics software*. Kian Rayaneh Sabz. https://www.simayedanesh.ir/book/19727

[6] Vinod, V., & Sridharan, R. (2011). Simulation modeling and analysis of due-date assignment methods and scheduling decision rules in a dynamic job shop production system. *International Journal of Production Economics*, *129*(1), 127-146. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.08.017

[7] Asadi, F., & Bahari, A. (2017, July 3). *Organizational resource planning in the emergency department using simulation model optimization.* 7 th International Conference on

Accounting and Management with Modern research Sciences, Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/658511/

[8] Ameri, E., Mostafavi, M., Daliri Moghadam, H., & Sepehri, M. M. (2013, January 20). *Optimize the use of production line resources to increase productivity with a simulation approach.* 9th International Industrial Engineering Conference, Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/189228/

[9] Rasib, A. A. (2021). Production Smoothness Improvement through ARENA Application in theFood Manufacturing Industry. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education 12*(3), 3516-3526. https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i3.1627

[10] Carata, E. (2020). Analysis of shop floor machine parts manufacturing through discrete event simulation. *Gheorghe Asachi Technical University of Iasi*, *66*(70), 35-42. https://www.cmmi.tuiasi.ro/wp-content/uploads/buletin/2020%20fasc%204/L4_CMMI%204_2020.pdf

[11] Company, M. S., & Azimi, P. (2017). Developing and Solving a New Bi-Objective Model to Assign Human Resource And Equipment to Parallel Workstations in a Product ion Line Using Optimization Via Simulation Technique. *Industrial Management Studies*, *15*(46), 57-71. https://doi.org/10.22054/jims.2017.7988

[12] Yaghoubi, N., Dehghani, M., & Omidvar, M. (2017). A model for the establishment of meta-synthesis technique based entrepreneurial university and TOPSIS. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *14*(1), 51-65. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100500. html?lang=en