نشریه مکانیزاسیون کشاورزی/ دوره ۸ شماره ۱/ سال ۱۴۰۲/ صفحه‌های ۵۲-۶۰

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/jam.2023.54685.1213

وضعیت موجود و ارزیابی سناریوها و راهکارهای بهبود انتقال نیشکر به کارخانه تولید شکر

سیمین خدری[۱]، حسن ذکی دیزجی[۲*]، محمدجواد شیخ داودی[۳] و افشین مرزبان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۲/۲۲

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز،

۲-دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳-استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴-دانشیار گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،

* مسئول مکاتبه E-mail: hzakid@scu.ac.ir

چکیده

این پژوهش به ارائه مدلی برای تجزیه‌وتحلیل عملیات تخلیه سبدهای نی می‌پردازد. از مهمترین مسائل در تولید نیشکر، تعیین زمان مناسب برداشت و انتقال به موقع آن به کارخانه تولید شکر برای استحصال شکر و جلوگیری از ایجاد ضایعات کمی و کیفی در زمان حمل و نقل می باشد. ازدحام و ترافیک سبدهای حمل نی در مقابل درب کارخانه باعث تشکیل صفی طولانی خواهد شد. از عوامل تأثیرگذار بر تشکیل صف می‌توان به تغییر شیفت، تصادفات در اثر ازدحام تراکتورها، خرابی تراکتورها و توقفات کارخانه اشاره کرد که منجر به افزایش فواصل زمانی بین برداشت محصول و تخلیه نی¬ها خواهد شد. با استفاده از نظریه صف، مدل پایه سامانه مربوطه شبیه‌سازی گردید و تأثیر هر یک از عوامل موجود بر میزان اتلاف وقت و تشکیل صف مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه سه سناریو (بررسی نظم صف، بهبود گلوگاه با راه اندازی منابع تخلیه موجود، بهبود گلوگاه با افزایش تعداد منابع تخلیه) مطرح شده و تجزیه و تحلیل سامانه، بر اساس محقق شدن هر کدام از سناریوها، هزینه‌ها و شرایط صف بررسی گردید. درنهایت از روش تاپسیس برای مقایسه کارایی سناریوها استفاده شد. زمان انتظار سبدها در سامانه در سناریو اول، دوم و سوم نسبت به حالت پایه به ترتیب ۲٪، ۳۰٪، و ۵۹٪ کاهش و نیز میزان خروج سبدها به ترتیب ۱.۵۶٪ ، ۱۰۰٪، و ۱۹۸٪ برابر افزایش یافته است. مقایسه کارایی سناریوها با استفاده از روش تاپسیس با توجه به معیار زمان انتظار و هزینه نشان داده که سناریوی دو بالاترین رتبه را دارد.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، حمل و نقل، نظریه صف، هزینه، اتلاف زمانی.

The current situation and evaluating scenarios and solutions to improve sugarcane transportation to the sugar factory

Simin Khedri [1], Hassan Zaki Dizaji[*2], Mohammad Javad Sheikhdavoodi[3] and Afshin Marzban[4]

MSc graduate, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran,

Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Associate Professor, Agricultural Machinery Engineering Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran

*Corresponding author: hzakid@scu.ac.ir

Abstract

This research presents a model for the analysis of sugarcane basket emptying operations. One of the most important issues in the production of sugarcane is to determine the right time to harvest and transfer it to the sugar factory in order to extract sugar and prevent quantitative and qualitative waste during transportation. Traffic of sugarcane carrying baskets in front of the factory door will cause a long waiting line to form. Factors influencing the formation of queues include shift changes, accidents due to tractor crowding, tractor breakdowns, and factory shutdowns, which will lead to an increase in the time intervals between harvesting the crop and emptying the canes. Using queuing theory, the relevant system was simulated as a based model and the effect of each of the existing factors on the amount of time wastage and queue formation was evaluated. Based on the three scenarios (the investigation of queuing order, Improve the bottleneck by deploying existing or non- existing discharge sources) proposed and the analysis of the system, based on the realization of each of the scenarios, the costs and queue conditions were investigated. According to the investigated cases, it was concluded that both sources in the factory should be used to empty the canes during the peak harvest time. The waiting time of the baskets in the system in the first, second and third scenario has decreased by 2%, 30%, and 59%, respectively, and the exit rate of the baskets has increased by 1.56%, 100%, and 198%, respectively. Comparing the efficiency of the scenarios using TOPSIS method according to the criteria of waiting time and cost showed that the second scenario has the highest rank.

Keywords: sugarcane, transportation, queuing theory, cost, time loss

۱- مقدمه

شکر یکی از کالاهای اساسی و استراتژیک کشور می‌باشد؛ که حدود ۴۰ درصد آن از گیاه نیشکر استخراج شده و دارای اهمیت خاصی است. توجه به جایگاه خاص اقتصادی گیاه نیشکر و افزایش سطح زیر کشت آن، نیازمند توجه بیشتر کارشناسان مربوطه نسبت به مسائل علمی و فنی در فرآیند تولید این گیاه با ارزش می‌باشد. یکی از مسائل مهمی که می‌بایست به آن توجه شود شرایط حمل و انتقال این گیاه از مزارع به کارخانه است (Lamsal et al., 2015). از آنجایی که حمل‌ونقل محصول یک عنصر اساسی از زنجیره تولید - توزیع است، تأخیر در حمل و نقل یک نگرانی جدی به شمار می‌رود (افشارنیا و مرزبان، ۱۳۹۸) زیرا باعث افزایش هزینه‌های تولید می¬شود و در نتیجه قیمت نهایی محصول را افزایش می‌دهد. به دلیل تأخیر در حمل و نقل و یا حتی حمل و نقل نادرست نی‌ها، افتی قابل‌توجه در میزان ماده قندی استخراج شده رخ می‌دهد. این عوامل باعث تأثیر بر کیفیت شکر تولیدی می‌شود (Chetthamrongchai et al, 2001).

از جمله موارد دیگری که می‌تواند منجر به کاهش چشمگیر در میزان عملکرد محصولات کشاورزی شود، عدم توجه کافی به زمان بهینه انجام عملیات کشاورزی در برنامه‌ریزی عملیات مکانیزه می‌باشد (Shomeili, 2014). از سوی دیگر یکی از دلایلی که باعث ایجاد اختلال در انجام به‌موقع عملیات برداشت نیشکر و مشکلات حمل‌ونقل در مزارع می‌شود، مصادف بودن فصل برداشت با فصول بارندگی می¬باشد، نتیجه این امر کاهش در میزان خلوص و درصد قند استحصالی از گیاه نیشکر خواهد بود(Monjezi et al, 1396). عملیات برداشت نیشکر با توجه به شرایط استان خوزستان بسته به شرایط آب‌وهوایی بین ۴ الی ۶ ماه به طول می‌انجامد. تأخیر در برداشت نیشکر و به طول انجامیدن این امر چنانچه تا اردیبهشت ماه ادامه یابد می‌تواند به میزان ۲۰٪ الی ۳۰٪ استحصال شکر را کاهش دهد. کلیه عوامل

مطرح شده میزان اهمیت در تعیین زمان برداشت نیشکر را یادآور می¬شود که یکی از اصلی‌ترین تصمیمات برای مدیریت مکانیزاسیون واحدهای زراعی کشت نیشکر است (Shomeili, 2014). واحدهای کشت و صنعت نیشکر برای جلوگیری از افت کیفی محصول و کاهش مدت‌زمان انتظار در صف تحویل نی¬ها، ملزم به بررسی دقیق و در صورت نیاز، انجام سرمایه¬گذاری در این خصوص می-باشند. لازمه‌ی تصمیم¬گیری در مورد این امر و بررسی تأثیر آن بر میزان زمان انتظار در صف، استفاده از مدلها و تکنیک‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل وضعیت سامانه می باشد. نظریه صف یکی از قدرتمندترین ابزارها برای تجزیه و تحلیل کمی و کیفی انواع سیستم‌های ارتباطی، تولیدی، حمل و نقل، انبارداری، ارتباطات و سیستم‌های اطلاعات، شبکه‌های کامپیوتری و سایر سیستم‌های فنی است (Cruz, et al, 2008; Minkevicius, 2009). کلیه‌ی زمانی که صرف انتظار تراکتورها در صف انتظار می¬شود نوعی هزینه فرصت از دست رفته برای سامانه محسوب می¬گردد. با بهینه¬سازی وضعیت سامانه صف زمینه رضایت ذی¬نفعان فراهم می¬گردد. با رفع نواقص کارخانه، سرویس¬دهی به سبدهای حمل نی به سرعت انجام می¬پذیرد و طول صف کاهش می¬یابد. چنانچه در حین انجام عملیات برداشت و تخلیه، کارخانه متوقف نگردد، ظرفیت آن جوابگوی تناژ برداشت شده نیشکر خواهد بود اما با توجه به توقفات پی¬در¬پی و عدم سرویس¬دهی در زمان مناسب، تعداد سبدهای نی(طول صف) افزایش خواهد یافت (Iravani, 2013).

مدل‌های صف مخصوصاً برای طراحی جانمایی، ظرفیت‌سنجی و کنترل بسیار مفید هستند. در پژوهش‌هایی با به‌کارگیری نظریه صف به بررسی صف¬های ایجاد شده در زمان عرضه تنباکو (Arifin et al., 2015)، تعیین سطح خدمات سرویسها در فرودگاه با مدلسازی برنامه ریزی خطی بر اساس نظریه صف (Martin-Cejas, 2006) و یا روشهایی برای حذف زمان انتظار (Bustani, 2005) پرداختند. در پژوهشی فرآیند حمل ساقه نیشکر از مزرعه تا کارخانه با استفاده از نظریه صف بررسی شد. متوسط زمان انتظار روزانه سبدهای حمل نی در صف برابر با ۲/۰۶ ساعت محاسبه شد که این امر موجب می¬شود در ۶۰ درصد موارد طول صف از آهنگ سرویس¬دهی بیشتر گردد و صفی طولانی از تراکتورهای حمل نی در کارخانه ایجاد شود(افشارنیا و مرزبان، ۱۳۹۸). در مطالعه یادشده، هر چند تحلیل‌های مناسبی صورت گرفته است، ولی صرفا به تحلیل وضع موجود پرداخته شده است و تعریف سناریوهایی برای حل مساله و انتخاب بهترین راه حل انجام نپذیرفته است. به دلیل وجود مواردی از جمله، پیچیدگی الگوی ورود سبد نی‌ها، پیچیدگی توزیع احتمال زمان‌های تخلیه آن‌ها و محدودیت‌های تعداد جایگاه‌های تخلیه، از شبیه سازی برای حل مساله استفاده می شود. هدف از تجزیه‌وتحلیل شبکه صف سبدها در سامانه به وسیله شبیه‌سازی رایانه‌ای، تعیین معیارهای ارزیابی صف برای شبکه صف سبدها می‌باشد. با این کار، طول صف در کانال سرویس‌دهی (تخلیه) و میانگین مدت زمان انتظار هر سبد مشخص می شود و می توان در مورد وضعیت این سامانه قضاوت نموده و با تعیین نقاط ضعف آن، راه‌حل‌هایی را ارائه نمود. از این‌رو، در پژوهش حاضر سناریوها و راه حل‌های مختلف تعریف و فرآیندها در رایانه، شبیه سازی شدند و سپس بهترین راه حل با استفاده از روش تاپسیس بررسی شد.

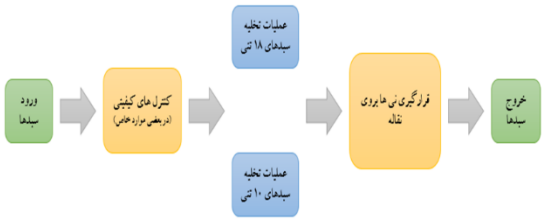
۲- مواد و روشها

در این پژوهش فرایند حمل و نقل و تخلیه سبدهای نی (از مزرعه تا کارخانه) در کشت و صنعت دعبل خزاعی واقع در ۲۵ کیلومتری جاده اهواز- آبادان و در جنوب شرقی اهواز بررسی شد. در طول این فرایند، علل توقف یا کندی عملیات تخلیه ارزیابی شدند که منجر به انتظار سبد نی‌ها می‌شوند. سپس با استفاده از نرم افزار شئ¬گرای ED [1]، مدل شبیه‌سازی برای حل مسأله، طراحی و تهیه شده است. تمامی داده‌های ورودی به سامانه مورد پردازش قرار گرفته و در طول مدت زمان شبیه‌سازی، آماره‌های مربوط به نتایج شبیه‌سازی، گردآوری شده است. پس از شبیه‌سازی سامانه مورد مطالعه، به دنبال ارائه راه‌کار برای گلوگاه‌های سامانه می‌باشد که بهترین پاسخ کلی سامانه از لحاظ هزینه و حداقل زمان انتظار در صف تولید می‌کند.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، پردازش اولیه بر روی داده‌ها صورت گرفت و اطلاعات به منظور ورود به مدل مهیا شد. سپس شبیه-سازی توسط مدل در یک افق برنامه‌ریزی تعریف شده به انجام رسید و نتایج توسط سامانه استخراج شد. پس از اعتبارسنجی مدل، در نهایت با توجه به مشکل موجود، سناریوهای مختلف شرح و نتایج به‌کارگیری آن‌ها نیز توضیح داده می¬شود.

۲-۱- تشریح کامل مدل و بیان مسأله

مراحل سامانه عملیات تخلیه سبدهای نی به این صورت می‌باشد که ابتدا سبدهای نی به سامانه ورود پیدا می‌کنند و سپس به محل تخلیه بار منتقل می-شوند(شکل ۱).



شکل ۱- مدل مفهومی سامانه

Figre 1. Conceptual model of the system

[1] Enterprise Dynamics

در محل تخلیه، نی‌ها روی نوار نقاله‌ای تخلیه می‌گردند و سپس از سامانه خارج می‌شوند. نهاد¬های این سامانه شبیه‌سازی عبارت‌اند از سبدها با ظرفیت و زمان تخلیه متفاوت که وارد سامانه می‌شوند(جدول ۱). پیشامدها در این سامانه شامل ورود سبدها به سامانه، انجام عملیات روی هر سبد و ... است، فعالیت انجام شده در این سامانه نیز انجام عملیات تخلیه است. وضعیت سامانه نیز در هر لحظه توسط زمان انتظار سبدها در صف اصلی تعیین می‌شود.

جدول۲: نهاد ها و ویژگی آنها

Table 1. Inputs and their characteristics

نهاد	خصوصیات	فعالیتها	پیشامدها	حالت سامانه
سبد	۱. انجام عملیات تخلیه با توجه به ظرفیت سبدها ۲. ظرفیت سبدهای مختلف	۱. انجام فعالیت تخلیه نی توسط راننده ۲. انجام کنترلهای کیفیتی	ورود سبدها	زمان انتظار سبدها در صف اصلی

۲-۲- روش گردآوری داده‌ها

برای انجام پردازش‌های لازم روی داده‌ها، یک بانک اطلاعاتی طراحی گردید که مواردی زیر را در بردارد:

۱-زمان ورود سبدها، ظرفیت سبدها، زمان بین دو ورود متوالی، تعداد سبدها (بر اساس ظرفیت)، زمان تخلیه سبدها (بر اساس ظرفیت)، تعداد ورود و خروج در ساعات پیک کاری

۲-داده‌های ثبت شده در مراکز آمار سامانه، شامل تاریخ و ساعت ورود سبدها می‌باشد، بنابراین پس از جمع‌آوری این داده‌ها و دسته‌بندی لازم بر اساس نوع سبدها (ظرفیتشان)، زمان بین دو ورود متوالی را از زمان‌های ورود و نیز زمان‌های تخلیه را از داده‌های بین ورود و خروج به سامانه محاسبه و نهایتاً بانک اطلاعاتی با موارد مذکور آماده گردید. برای مطالعه استقلال و ثبات مشاهدات، مستقل و باثبات بودن داده‌ها در نرم‌افزار Minitab۱۷ بررسی شدند. جهت تخصیص تابع توزیع به هر یک از مشاهدات صورت گرفته از نرم‌افزار ED استفاده شده است.

۲-۳- روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها نوع و پارامترهای توزیع داده¬ها با استفاده از قسمت Auto fit در نرم‌افزار ED مشخص گردید. سپس شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سامانه صف با استفاده از نرم‌افزار ED انجام شد. از آن‌جا که برای تعین مدل صف مربوطه نیاز به تعیین الگوی ورود سبدها و الگوی سرویس‌دهی به سبدها است، بنابراین بعد از مطالعه سامانه و تعیین چارچوب مدل صف موجود در سامانه، اقدام به جمع‌آوری داده‌های مربوط به ورود و سرویس‌دهی (زمان تخلیه) به سبدها و غیره گردید. نرخ ورود سبدها به این سامانه بر اساس نمونه‌گیری انجام شده در ۱۰ روز متوالی در ساعات ازدحام (به مدت ۴ ساعت)، به‌طور متوسط برابر با تابع توزیع نمایی با پارامتر ۴۹ ثانیه است. این تخمین توسط ابزار Auto Fit نرم‌افزار ED به دست آمده است. در ادامه توزیع زمان تخلیه سبدها و ظرفیت آنها طبق جدول ۲ مشخص شد.

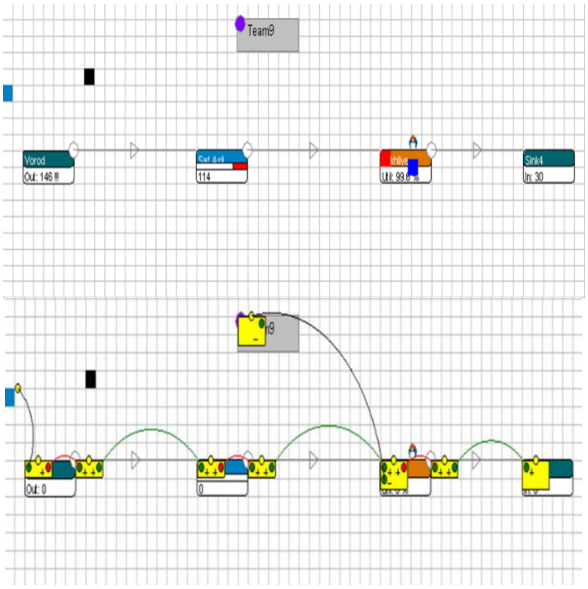
جدول۲: درصد فراوانی سبدها با ظرفیت مختلف و توزیع زمان تخلیه آنها

Table 2. Frequency percentage of baskets with different capacity and their emptying time distribution

ظرفیت سبدها (تن)	درصد	توزیع زمان تخلیه (ثانیه)
۱۰	۳۰٪	Normal (180,40)
۱۸	۷۰٪	Normal (240,50)

۲-۴- مدل‌سازی کاربردی مسئله با نرم‌افزار ED

نحوه پیاده‌سازی مدل عملیات تخلیه سبدهای نی در نرم‌افزار ED به این صورت بود که برای مدل‌سازی شبکه صف مورد نظر از اتم (Vorod) استفاده شده است (شکل ۲).



شکل ۲- نمایی از مدل (بالا) نحوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر در مدل شبیه‌سازی (پایین) در نرم‌افزار ED

Figre 2. A view of the model (top) of how atoms are connected to each other in the simulation model (bottom) in ED software

برای ایجاد سبدها از اتم استفاده شده است که نرخ ورود سبدها به این سامانه را ایجاد می¬کند. در ادامه برای درصد سبدها با ظرفیت مختلف (۷۰ درصد ۱۸ تنی و ۳۰ درصد ۱۰ تنی) در قسمت Trigger on creation اتم (Vorod) دستور زیر نوشته شده است. SetLabel ([type], Bernoulli (70,1,2),i) در دستور ذکر شده با استفاده از برچسب(type) درصد سبدها با ظرفیت¬های مختلف تعیین شدند.

این برچسب بر روی سبدها هنگام ایجاد آن‌ها در اتم و با مقادیر ۱ و ۲ مشخص می‌شود (برچسب ۱ برای سبدهای حجم ۱۸ تنی؛ برچسب ۲ برای سبدهای حجم ۱۰ تنی) که نسبت این مقادیر توسط تابع توزیع برنولی مشخص می‌شود (۷۰ درصد برچسب ۱ و ۳۰ درصد برچسب ۲).

برای بهتر دنبال کردن سبدها و روایی مدل، به هر یک از سبدها بسته به این¬که چه ظرفیتی دارند یک رنگ اختصاص داده شد تا بتوان در محیط نرم‌افزار آن‌ها را با رنگ‌های متفاوتی مشاهده کرد و کارکرد مدل را در نظر گرفت؛ بنابراین در قسمت Trigger on exit اتم دستور زیر استفاده شده است.

Case(Label([type],i),Set(Color(i),ColorBlue),Set(Color(i),ColorRed))

در دستور بالا سبدهایی که دارای ظرفیت ۱۸ تن هستند با رنگ آبی و سبدهایی که دارای حجم ۱۰ تن هستند با رنگ قرمز مشخص شدند. برای این کار از دستور Case استفاده گردید. لازم به ذکر است از دستور Label برای خواندن برچسب استفاده شده است.

برای شبیه‌سازی صف انتظار اصلی در سامانه از اتم صف اصلی استفاده شده است. سیاست موجود در این صف FIFO [1] است. در ادامه سبدها به بخش تخلیه رفته و بار نی خود را تخلیه می‌کنند. برای شبیه‌سازی بخش تخلیه از اتم تخلیه در مدل استفاده گردید که یک اتم سرور است. با توجه به این¬که هر کدام از سبدهای ۱۸ و ۱۰ تنی دارای زمان تخلیه مربوط به خودشان هستند. برای اینکه زمان تخلیه با توجه به ظرفیت سبد نی¬ها متفاوت باشد از دستور زیر در قسمت CycleTime اتم‌های تخلیه استفاده شده است.

If (Label ([type], First(c)) =1, Normal (240,50), Normal (180,40)).

این دستور باعث می‌شود که هر کدام از سبدها با توجه به حجم خود دارای زمان سرویس مربوط به خود باشند. همچنین با توجه به این نکته که خود راننده وسیله نقلیه (سبد) بار نی را تخلیه می‌کند از یک اپراتور برای شبیه‌سازی این بخش استفاده گردید. برای شبیه‌سازی از یک اتم اپراتور و اتم تیم استفاده شده است. از طرفی برای فراخوانی اپراتور از دستور زیر در قسمت Trigger on entry اتم تخلیه استفاده شده است.

CallOperators (in (2, c), 1)

همچنین برای آزاد شدن اپراتور از دستور زیر در قسمت Trigger on exit اتم تخلیه استفاده شده است.

FreeOperators (in (2, c), i)

در نهایت سبدها بعد از تخلیه نی‌ها از سامانه خارج می‌شوند که اتم Sink نشان دهنده خارج شدن اتم‌ها از سامانه است (شکل ۲).

پارامترهای مورد استفاده در مدل شبیه‌سازی عملیات تخلیه سبدهای نی به شرح زیر می‌باشد:

۱-توزیع آماری زمان‌های بین دو ورود متوالی برای سبدها

۲-درصد هر کدام از سبدها بر اساس ظرفیت

۳-توزیع آماری زمان‌های تخلیه هر کدام از سبدها

ساخت مدل عملیات تخلیه سبدهای نی به قسمت‌های زیر تقسیم می‌شوند. ۱-ایجاد سبدها و هدایت آن‌ها به‌سوی صف قبل از ورود به سامانه و سپس به‌سوی محل تخلیه بار ۲- خروج سبدها و ثبت اطلاعات ۳-منطق زمان ۴- انجام تنظیمات پارامترهای مدل ۵- ساخت انیمیشن مدل

برای آزمایش درجه انطباق مدل با ذهن ما [2]، مدل شبیه‌سازی حاضر و تطابق آن با مدل ذهنی، در هر مرحله از ساخت مدل، خروجی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. منظور انطباق سامانه از نظر ورود سبدها به سامانه و همچنین خروج آن‌ها و کارکرد درست متغیر تعریف شده و همچنین میانگین زمان انتظار سبدها در سامانه تخلیه نی‌ها در کارخانه می¬باشد.

برای تعیین سنجش اعتبار مدل با دنیای واقعی [3]، مدل ذهنی هر سامانه روش‌های مختلفی شامل مشاوره با افراد خبره، دست¬اندرکاران سامانه و انجام آزمون فرض آماری t زوجی وجود دارد. در تکمیل تلاش در زمینه¬ تعیین اعتبار مدل، به مقایسه داده‌های مربوط به تعداد سبدهای خروجی از سامانه تخلیه نی‌ها در کارخانه در طول مدت ۴ ساعت در K=8 روز مختلف و در ساعات ازدحام، با خروجی حاصله از مدل با استفاده از آزمون t زوجی در روزهای مشابه پرداخته شد. نتایج به دست آمده در جدول (۳) قابل مشاهده است. آزمون نرمال بودن برای خروجی مدل و سامانه انجام گردید و هر دو دارای توزیع نرمال بودند. سپس به منظور اعتبارسنجی مدل از آزمون t زوجی استفاده گردید. به منظور انجام آزمون فرض:

H0:μd=0 یا H0=E(Z)=E(W)

که در آن Z معرف میزان خروجی سبدها از مدل در طول ۴ ساعت است و W میزان پیش‌بینی شده خروجی در مدل شبیه‌سازی است، از آماره t وابسته استفاده می‌شود. سطح معنادار بودن α=۰/۰۵ در نظر گرفته شد. مقایسه خروجی ۴ ساعته سبدها در مدل و سامانه واقعی به منظور تعیین اعتبار مدل در جدول (۲) آمده است.

مقدار عددی آماره بر اساس مندرجات جدول (۳) به شرح زیر به دست می‌آید.

$$t_0 = \frac{\bar{d}-\mu_d}{S_d/\sqrt{K}} = \frac{0.75}{\sqrt{2.12}/\sqrt{8}} = 1.45 \qquad (۱)$$

مقدار بحرانی به دست آمده برای $t_{\alpha/2;K-1} = t_{0.025;7}$ برابر با ۲/۳۶ است. بنابراین، چون رابطه زیر برقرار است، نمی‌توان فرض صفر را رد کرد، $|t_0| = 1.45 < t_{0.025;7} = 2.36$ یعنی از نظر میزان تولید

[1] First in first out
[2] Verification
[3] Validation

خروجی، ناهمگنی بین پاسخ سامانه و پیش‌بینی‌های مدل به چشم نمی‌خورد. این امر به این معنا می‌باشد که مدل شبیه¬سازی شده معتبر می‌باشد.

۵-۲- ارائه سناریوها و ارزیابی طرح‌های مختلف از سامانه

هدف از سناریو سازی، ارائه راه¬کاری جهت بهبود زمان انتظار است. سناریو صفر همان حالت پایه سامانه شبیه¬سازی شده می‌باشد. در این سناریو فرض بر این است که برای انجام عملیات تخلیه تنها از نوار نقاله موجود در سامانه به عنوان منبع تخلیه استفاده شود. در حالت سناریو صفر نظم صف در صف اصلی به صورت FIFO است (خروج به ترتیب ورود). بنابراین سه سناریو برای کاهش متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی‌ها ارائه گردید.

سناریو اول: بررسی نظم صف

در سناریو اول، نظم صف مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در این سناریو نظم صف را عوض کرده و به این صورت تغییر داده شد که هر کدام از سبدها که زمان خدمت (زمان تخلیه) کمتری دارند زودتر از صف خارج شوند. همان‌طور پیش¬تر از این توضیح داده شد، با لیبل (برچسب) درصد سبدها با حجم‌های مختلف تعیین می-شوند، به این صورت که برچسب با مقدار ۱ نشان‌دهنده سبد ۱۸ تنی و با مقدار ۲ نشان¬دهنده سبد ۱۰ تنی است. همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد سبدها به ترتیب ظرفیت، دارای کمترین زمان سرویس (تخلیه) می‌باشند، پس اگر نظم صف به صورت نزولی برحسب برچسب باشد، سبدی که دارای برچسب با مقدار بیشتر است زودتر از صف خارج می‌شوند و بدین ترتیب سبدی که دارای زمان سرویس کمتر هستند زودتر از بقیه وارد سامانه می‌شوند. برای اجرای این نظم صف در اتم صف اصلی در این اتم در قسمت Queue discipline به‌جای حالت FIFO دستور زیر وارد گردید.

t- findqueuepos ([Type],1)

سناریو دوم: بهبود گلوگاه با افزایش تعداد منابع تخلیه موجود

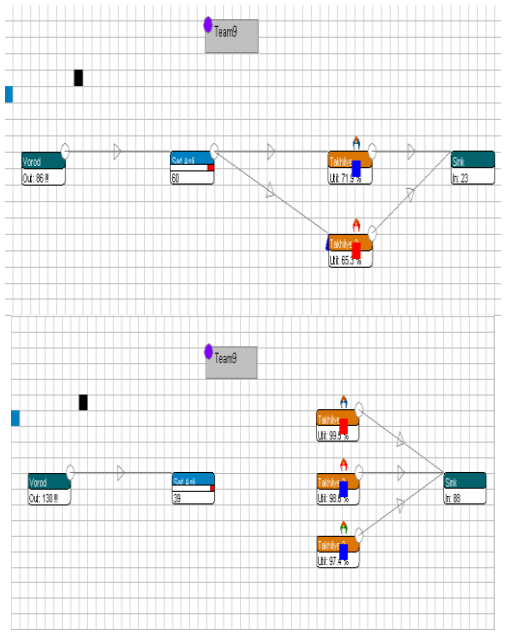
در سناریو دوم، هدف بهبود گلوگاه سامانه است. با توجه به نمونه‌گیری انجام شده و همچنین مطالعه سامانه این¬گونه استدلال گردید که گلوگاه سامانه در بخش تخلیه نی‌ها می‌باشد که بعد از صف اصلی است. این موضوع به درستی در مدل شبیه‌سازی شده نمایان است. دلیل این موضوع هم به خاطر کمبود منابع است که باعث شده است سامانه فقط یک مکان تخلیه برای بارهای نی داشته باشد. از آن¬جایی که کارخانه تنها یک واحد آسیاب دارد در نتیجه امکان ایجاد چندین منبع مجزا برای تخلیه همزمان نی¬ها وجود ندارد. این امر در گلوگاه باعث ایجاد صف طولانی خواهد شد. با توجه به موارد گفته شده و همچنین موجود بودن پتانسیل لازم برای ایجاد یک بخش دیگر برای انجام عملیات تخلیه، در این سناریو یک منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه در نظر گرفته شد.

برای مدل‌سازی این سناریو در نرم‌افزار، یک اتم سرور با مشخصات اتم تخلیه در نظر گرفته شد. این کار باعث گردید که عملیات تخلیه نی‌ها با به‌کارگیری دو منبع مختلف شروع به انجام شود. این سناریو بار مالی ایجاد یک جایگاه عملیات تخلیه را به سامانه تحمیل می‌کند.

البته لازم به ذکر است بر اساس سیاست مدیریتی در کشت و صنعت دعبل خزاعی، فضای مناسب برای ایجاد منبع جدید تخلیه ایجاد گردیده که در شرایط اوج کار و متناسب با ظرفیت کارخانه از آن استفاده می¬شود.

سناریو سوم: بهبود گلوگاه با افزایش تعداد منابع تخلیه

در سناریو سوم نیز همانند سناریو دوم، هدف بهبود گلوگاه سامانه است. در این سناریو دو منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه در نظر گرفته شد. برای مدل‌سازی این سناریو در نرم‌افزار دو اتم سرور با مشخصات اتم تخلیه در نظر گرفته شد. این کار باعث می‌شود که عملیات تخلیه نی‌ها در سه منبع مجزا انجام شود(شکل ۳). تفاوت سناریو دوم با سوم در موجود بودن امکانات در راه اندازی سناریو دوم است.



شکل ۳- نمایی از سناریو دوم (بالا) و سناریو سوم (پایین) در نرم‌افزار ED

Figre 3. A view of the second scenario (top) and the third scenario (bottom) in the ED software

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از مدل شبیه سازی

در یک مدل شبیه‌سازی که یک¬بار در فاصله زمانی خاص اجرا می‌شود (مثلاً در این پژوهش چهار ساعت، داده‌ها برای این زمان جمع‌آوری شده است) و متغیرهای خروجی به ورودی تبدیل می‌شوند، چون متغیرهای ورودی ماهیتی تصادفی دارند به‌طور کلی متغیرهای خروجی مانند متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه صف عملیات تخلیه (صف اصلی) نیز تصادفی خواهد بود. برای این¬که بتوان تأثیر میزان تصادفی بودن پاسخ‌های حاصله را کنترل کرد باید حداقلی را برای تعداد اجراهای مستقل از مدل به دست آورد. برای این کار متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه صف عملیات تخلیه مدنظر قرار می¬گیرد، به این دلیل که مهم‌ترین شاخص، بررسی عملکرد سامانه مورد مطالعه است و هدف اصلی انجام پروژه شبیه‌سازی نیز برای تحلیل همین بخش تعریف شده است به این منظور مدل پانزده مرتبه اجرا و مقدار متوسط و انحراف معیار زمان انتظار سبد¬ها در سامانه صف عملیات تخلیه محاسبه گردید. اطلاعات به دست آمده از ۱۵ اجرای اولیه در جدول (۳) به صورت خلاصه آمده است.

جدول ۳- متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه صف عملیات تخلیه در پانزده اجرا

Table 3. The average waiting time of the baskets in the queue system of the unloading operation in fifteen executions

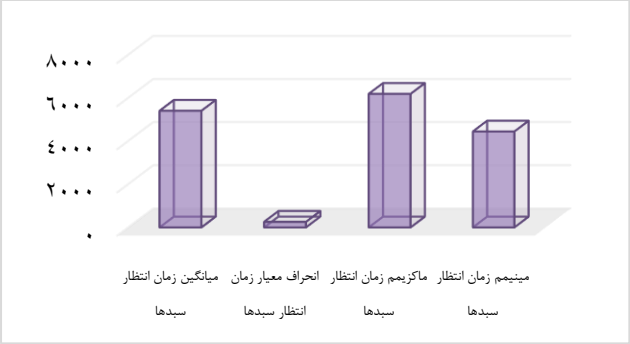
شماره	متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه صف عملیات تخلیه (ثانیه)
۱	۵۳۸۰
۲	۵۱۲۶
۳	۵۴۴۵
۴	۵۴۶۸
۵	۵۰۹۰
۶	۵۳۲۶
۷	۵۷۲۰
۸	۵۴۰۰
۹	۵۳۸۳
۱۰	۵۶۲۰
۱۱	۵۲۳۵
۱۲	۵۱۹۸
۱۳	۵۲۸۷
۱۴	۵۳۸۶
۱۵	۵۳۰۰
میانگین کل	۵۳۵۷
واریانس کل	۱۶۸/۷۸

مقدار تکرارهای لازم در رابطه (۲) محاسبه شده است که در آن S_0 انحراف معیار نمونه می‌باشد که در جدول (۳) محاسبه شد و مقدار α=۰/۰۵ و ε=۰/۰۱ در نظر گرفته شده است. اندازه نمونه نهایی برای یک فاصله اطمینان ۹۵ درصدی با دقت ۱ ثانیه برای متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه صف عملیات تخلیه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2;K-1}S_0}{\varepsilon}\right)^2 \Rightarrow R \geq \left(\frac{t_{0.025;14}*\sqrt{168.78}}{\varepsilon}\right)^2 = ۱۰۲۱/۳۱ \Rightarrow R = ۱۰۲۲ - ۱۵ = ۱۰۰۷ \quad (۲)$$

در ادامه یک تحلیل از زمان انتظار سبد¬ها در صف اصلی قبل از عملیات تخلیه ارائه شده است. اطلاعات شکل (۳) با توجه به اجرای مدل به‌اندازه ۱۰۰۷ بار به دست آمده است.

با توجه به تحلیل انجام شده (شکل۴) میانگین زمان انتظار سبدها در صف اصلی در زمان ازدحام برابر ۵۳۹۹ ثانیه است که نشان‌دهنده زمان انتظار بسیار بالایی می‌باشد. با مطالعه سامانه و مدل شبیه‌سازی شده چنین نتیجه¬گیری شد که گلوگاه سامانه در بخش تخلیه نی‌ها می‌باشد و باید به دنبال بهبود در این بخش بود.



شکل ۴- تحلیل زمان انتظار سبدها در صف اصلی ED

Figre 4. Analysis of the waiting time of baskets in the main queue of ED

۳-۲- نتایج بررسی سناریوها

نتایج حاصل از اجرای سه سناریو مختلف در جدول (۴) مشاهده می‌شود. از مقایسه و ارزیابی سناریو یک با سناریو صفر (حالت پایه مدل) ملاحظه می‌شود با استفاده از تغییر نظم صف، بهبود بسیار کمی در زمان انتظار سبدها در صف اصلی قبل از عملیات تخلیه و همچنین میانگین خروج سبدها از سامانه به وجود آمده است. در نهایت می‌توان گفت این بهبود باعث کاهش ۲٪ زمان انتظار سبدها در سامانه شده است. همچنین باعث افزایش ۱.۵۶٪ میزان خروج سبدها از سامانه می¬شود.

از مقایسه و ارزیابی سناریو دوم با سناریو یک و سناریو صفر (حالت پایه مدل) مشاهده می‌شود که با اضافه کردن یک منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه، بهبود زیادی در زمان انتظار سبدها در صف اصلی و همچنین میانگین خروج سبدها از سامانه به وجود آمده است.

در نهایت می‌توان گفت این بهبود باعث کاهش ۳۰٪ زمان انتظار سبدها در سامانه نسبت به حالت پایه مدل شده است. همچنین باعث افزایش ۱۰۰٪ میزان خروج سبدها از سامانه نسبت به حالت پایه مدل شده است.

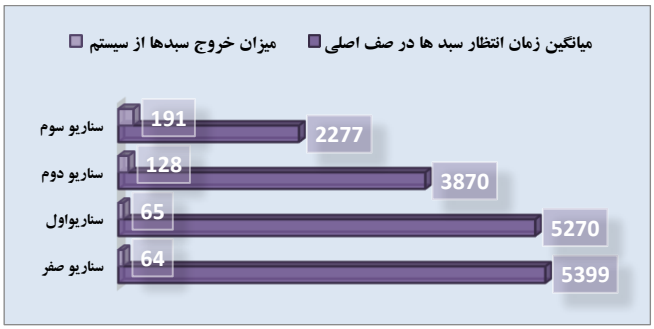
جدول ۴- اطلاعات مربوط به سناریوهای صفر، اول، دوم و سوم

Table 4. Information about zero, first, second and third scenarios

سناریوها	سناریو صفر	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم
میانگین زمان انتظار سبدها در صف اصلی (ثانیه)	۵۳۹۹	۵۲۷۰	۳۸۷۰	۲۲۷۷
میزان خروج سبدها از سامانه	۶۴	۶۵	۱۲۸	۱۹۱

سناریو سوم بار مالی ایجاد دو جایگاه عملیات تخلیه را به سامانه تحمیل می‌کند. در شکل (۵) مقایسه و ارزیابی سناریو سوم با سناریو دوم، سناریو یک و سناریو صفر (حالت پایه مدل) مشاهده می‌گردد. همان‌طور که ملاحظه با اضافه کردن دو منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه، بهبود زیادی در زمان انتظار سبدها در صف اصلی و همچنین میانگین خروج سبدها از سامانه به وجود آمده است. در نهایت می‌توان گفت این بهبود باعث کاهش ۵۹٪ زمان انتظار سبدها در سامانه نسبت به حالت پایه (سناریو صفر) مدل شده است. همچنین باعث افزایش ۱۹۸٪ میزان خروج سبدها از سامانه نسبت به حالت پایه (سناریو صفر) مدل شده است. این بهبود باعث کاهش ۴۰٪ زمان انتظار سبدها در سامانه نسبت به سناریو دوم شده است. همچنین باعث افزایش ۴۹.۲٪ میزان خروج سبدها از سامانه نسبت به سناریو دوم شده است.

در نهایت باید به چند نکته مهم در رابطه با سناریوها اشاره کرد. متغیرهای ورودی ماهیتی تصادفی دارند، به‌طور کلی متغیرهای خروجی مانند متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی‌ها (صف اصلی) نیز تصادفی خواهد بود. برای این¬که بتوان تأثیر میزان تصادفی بودن پاسخ‌های حاصله را کنترل کرد باید حداقلی را برای تعداد اجراهای مستقلی از مدل به دست آورد. با توجه به رابطه (۲) حداقل تکرارها برابر با ۱۰۰۷ تکرار است و کلیه سناریوها بر پایه این تکرار اجرا شده‌اند.



شکل ۵- مقایسه و ارزیابی سناریو سوم با سناریو دوم، سناریو یک و سناریو صفر (حالت پایه مدل)

Figre 5. Comparison and evaluation of the third scenario with the second scenario, scenario one and scenario zero (base state of the model)

۳-۳- تجزیه‌وتحلیل هزینه

به منظور ارائه یک مشاوره کامل به مدیران جهت اتخاذ بهترین تصمیم، مسائل مالی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. سناریو اول هزینه مالی قابل توجهی را به سامانه وارد نمی‌کند. در سناریو دوم با توجه به گلوگاه سامانه، یک منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه در نظر گرفته شده است. با توجه به موجود بودن پتانسیل لازم برای راه‌اندازی یک منبع دیگر در سامانه، فقط هزینه استخدام یک نیروی کار را به سامانه تحمیل می‌کند. در سناریو سوم دو منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه در نظر گرفته شده است. در این سناریو برای ایجاد یک منبع جدید هزینه راه¬اندازی مورد نیاز است. علاوه بر پتانسیل موجود برای یک منبع و همچنین استخدام دو نیروی کار را نیز به سامانه تحمیل می‌کند. البته سناریو سوم بیشترین هزینه را برای سامانه به همراه دارد؛ اما بیشترین بهبود را در سامانه ایجاد می¬کند.

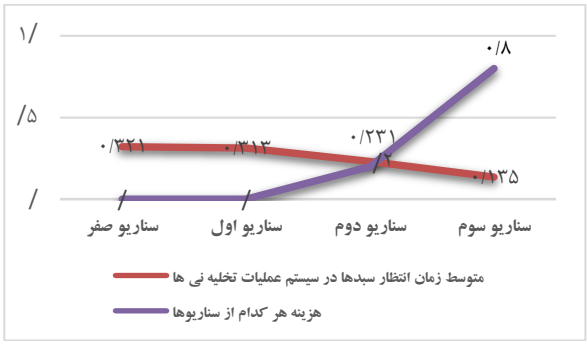
در ادامه به نرمال‌سازی اطلاعات پرداخته شد. بدین منظور هزینه سناریوهای اول، دوم و سوم برای یک ماه محاسبه گردید و همچنین متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی¬ها نرمال‌سازی گردید. این نرمال‌سازی در جدول (۵) نشان داده شده است (نرمال‌سازی به روش خطی بوده است). در ادامه از شکل (۶) برای نشان دادن بار مالی تحمیل شده به سامانه و متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی‌ها برای هر سناریو استفاده شد.

جدول ۵- نرمال‌سازی داده‌های سناریوها

Table 5. Normalization of scenario data

سناریوها	هزینه هر کدام از سناریوها	متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی‌ها
سناریو صفر	۰	۰/۳۲۱
سناریو اول	۰	۰/۳۱۳
سناریو دوم	۰/۲	۰/۲۳۱

سناریو سوم	۰/۸	۰/۱۳۵



شکل ۶- بار مالی تحمیل شده به سامانه و متوسط زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه سبدهای نی

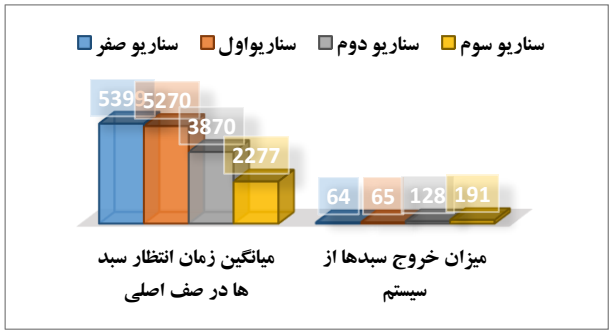
Figre 6. The financial burden imposed on the system and the average waiting time of the baskets in the straw basket unloading operation system

۴-۳- مقایسه کارایی سناریوها با استفاده از روش تاپسیس

در ادامه به منظور ارزیابی نتایج سناریوها با توجه به معیار زمان انتظار و هزینه، نیاز است سناریوها رتبه‌بندی شوند. با رتبه‌بندی، می‌توان ضعف و ناتوانی تجزیه‌وتحلیل سناریوها به‌طور شهودی را برطرف کرد؛ زیرا هر یک از سناریوها در هر یک از معیارها (زمان انتظار و هزینه) نتایج متفاوتی نسبت به هم ارائه کرده‌اند(شکل ۷). سناریویی که بتواند رتبه بهتری کسب کند، سناریو کارا در بهینه‌سازی مدل شبیه‌سازی شناخته می‌شود. بنابراین، از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی سناریوها، استفاده شده است (کشوری و مرزبان، ۱۳۹۸). کاربرد این روش در اتخاذ تصمیم صحیح این است که علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۶ ماتریس تصمیم که شامل ۴ گزینه و ۲ شاخص است ارائه گردیده است. مقدار هر شاخص برای هر گزینه از میانگین مقدار شاخص مورد نظر از مدل شبیه‌سازی شده می‌باشد. وزن‌های مربوط به هر شاخص نیز با توجه به نظرات خبرگان در نظر گرفته شده است.

با توجه به محاسبات گفته شده در بخش قبلی در نهایت، گزینه‌ها بر اساس بزرگی مقدار Cl_i^* رتبه‌بندی می‌شوند(جدول ۶). پس با توجه به مقادیر Cl_i^* سناریو دوم در مقایسه با سناریوهای دیگر دارای کارایی بالاتری می‌باشد. پس می‌توان نتیجه گرفت با توجه به وزن‌دهی خبرگان سناریو دوم می‌تواند بهترین راه‌حل برای مدیران در رابطه با کاهش زمان انتظار سبدها در سامانه عملیات تخلیه نی‌ها باشد.



شکل ۷- تجزیه‌وتحلیل شهودی بین سناریوها

Figre 7. Intuitive analysis between scenarios

جدول ۶- ماتریس تصمیم با وزن¬های هر شاخص و مقادیر Cl_i^* به دست آمده پس از اجرای تاپسیس

Table 6. The decision matrix with the weights of each index and the values of Cl_i^* obtained after running TOPSIS

	هزینه هر کدام از سناریوها	متوسط زمان انتظار سبدها	Cl_i^*
سناریو صفر	۰	۵۳۹۹	۰/۵۳۹۰۱۱
سناریو اول	۰	۵۲۷۰	۰/۵۴۹۶۳۲
سناریو دوم	۱۵۰۰۰۰۰	۳۸۷۰	۰/۶۳۰۷۳۳
سناریو سوم	۶۰۰۰۰۰۰	۲۲۷۷	۰/۴۶۰۹۸۹
وزن‌ها	۰/۳	۰/۷	

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به کمک شبیه سازی سامانه حمل و نقل سبدهای نی و سناریوسازی سامانه، راه حل‌های رفع معطلی سبدها قبل از عملیات تخلیه در کارخانه نیشکر بررسی شد. زیرا که زمان انتظار سبدها در صف، در پایین بودن بازده سامانه و همچنین با ایجاد صف در جاده اصلی باعث مخاطرات (تصادف، ترافیک و غیره) زیادی در این ناحیه زنجیره تولید شکر می شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که گلوگاه‌های اصلی در بخش عملیات تخلیه نی‌ها می‌باشند. در ادامه با توجه به گلوگاه اصلی، سناریوهای مختلف بر پایه حل مشکل این گلوگاه طراحی شد و سپس با پیاده‌سازی در نرم‌افزار شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرار گفته شد.

سناریو اول هزینه مالی قابل توجهی را به سامانه وارد نمی‌کند، در سناریو اول فقط نظم صف تغییر داده شده است بدین شکل که هر کدام از سبدها که زمان خدمت (زمان تخلیه) کمتری دارند زودتر از صف خارج شوند. این سناریو بهبود بسیار کمی را در سامانه به وجود

آورد. در سناریو دوم یک منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه نی‌ها در نظر گرفته شده است. با توجه به موجود بودن پتانسیل لازم برای به¬کارگیری یک منبع دیگر در سامانه، فقط هزینه استخدام یک نیروی کار را به سامانه تحمیل می‌کند.

در سناریو سوم دو منبع دیگر برای انجام عملیات تخلیه نی‌ها در نظر گرفته شده است. یک منبع جدید برای عملیات تخلیه باید راه¬اندازی شود زیرا سامانه فقط پتانسیل لازم برای یک منبع را داشته است. این سناریو هزینه استخدام دو نیروی کار و همچنین هزینه راه¬ اندازی یک منبع را به سامانه تحمیل می‌کند. ارزیابی نتایج سناریوها بر اساس روش تاپسیس با توجه به معیار زمان انتظار و هزینه نشان داده که سناریوی دو بالاترین رتبه را دارد. لذا طبق سناریو دوم پیشنهاد می شود که در زمان اوج برداشت از هر دو منبع موجود در کارخانه جهت تخلیه نی‌ها استفاده گردد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله حاضر مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه شهید چمران اهواز برای حمایت‌های مادی و معنوی جهت انجام این پژوهش اعلام می‌نمایند.

منابع

افشارنیا، ف.، مرزبان،ا. ۱۳۹۸. تحلیل فرآیند حمل ساقه نیشکر از مزرعه تا کارخانه با استفاده تئوری صف. تهران. تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی. ۱۰۹- ۱۲۲.

کشوری، ا. و مرزبان، ا. ۱۳۹۸. اولویت بندی ورود توان تراکتوری در کشاورزی استان خوزستان به روش های تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی فازی. نشریه ماشین‌های کشاورزی. جلد ۹. شماره ۱. ص ۲۳۵-۲۵۱.

مقبل باعرض، ع.، زارعی محمودآبادی، م. ۱۳۹۲. مقدمه‌ای بر سیستم‌های صف. انتشارات دانشگاه یزد. ۱۷۰ ص.

منجزی، ن.، شیخ داوودی، م. ج.، ذکی دیزجی، ح.، مرزبان، ا. و شمیلی، م. ۱۳۹۶. شناسایی اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عدم انجام به‌موقع عملیات تولید نیشکر با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP. نشریه ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۷. شماره ۲.: ۵۱۴- ۵۲۶

Arifin, m. Z., Probowati, B.D., Hastuti, S. 2015. Agriculture Science Procedia 3.255-262

Bernold, L. E., AbouRizk, S. M., (2010). Managing performance in construction, John Wiley & Sons, New Jersey, USA .

Bobbio, A. 2000. Birth Death Processes and Queueing systems. Anro Accademico.

Bunday, B. D. 1996. An introduction to Queueing Theory. Arnold, London.

Bustani, H. 2005. Fundamental Operation Research. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Chetthamrongchai, P., Auansakul, A. and Supawan, D., (2001). Assessing the transportation problems of the sugar cane industry in Thailand. Transport and Communications bulletin for Asia and the Pacific: pp.31-39.

Cruz, F. R. B., Duarte, A. R. and Van Woensel, T. 2008. Buffer allocation in general single-server Queuing networks. Comput. Operat. Res. 35, 3581-3598.

David, R. 2005. Optimizing time to overcome queue service solid at fast food restaurant (case study in Mc.Donald's Restaurant, Depok Mall Branch). Ph. D. Thesis. IPB University, Bogor, Indonesia.

Eslami-Baladeh, A. A., Seyed-Esfahani, M. M., Farsi, M. A. and Mahmoudi, M. 2014. A random-based model for redundancy allocation with choice of redundancy strategies. 10th International Industrial Engineering Conference. Jan. 27-28. Tehran, Iran. (in Persian)

Hansen, R. C. 2001. Overall equipment effectiveness: A Powerful Production/ Maintenance Tool for Increased Profits. 1st Ed. Industrial Press Inc.

Iravani, M. R. 2013. Queuing Systems. Queuing Models. Vol. 2. Iran University of Science and Technology Press. Tehran. (in Persian)

Lamsal, K., Jones, P.C. and Thomas, B.W., 2015. Sugarcane Harvest Logistics in Brazil. Transportation Science 51(2). https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0650.

Ivo, A. and Resing, J. 2001. Queuing Theory. Eindhoven University of Technology, Netherlands.

Kleinrock, L. 1975. Queuing Systems. Vol. I: Theory. Wiley, New York.

Lamsal, K. 2014. Sugarcane harvest logistics. Ph. D. Thesis. The University of Iowa.

Little, J. D. 1961. A proof of the queuing formula. Opns. Res. 9, 383-387.

Martin-Cejas, R.R., 2006. Tourism service quality begins at the airport. Tourism Management 27(5):874-87. 10.1016/j.tourman.2005.05.005.

Minkevicius, S. 2009. On extreme values in open queuing networks. Mathemat. Comput. Model. 50, 1058-1066.

Newell, G. F. 1971. Applications of Queuing Theory. Chapman and Hall, London.

Noroozi, S., Asoodar, M. A., Marzban, A. and Moradi-Telavat M. R. 2015. Sensitivity comparison of the sugarcane mill delay in Iran. Green sugar cane is more sensitive or burned. Elixir Agric. 85, 34378-34385.

Shomeili, M. 2012. Evaluation of agricultural wastes produced during operation of sugarcane production.CD Proceedings of the 7th conference of Iranian sugar cane technologists. February 21-23. Iran, Ahvaz. (In Farsi).