Journal of Executive Management
Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

Research Paper

Presentation of a Model for Cross Dock Operation Logistics System (An Empirical Study on Iran Khodro Automotive Co)

Javad Khamisabadi[1], Mohammadreza Kabaranzadeh Ghadim [*2], Mohammadmahdi Movahedi [3]

[1] Department of industrial management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran
[2] Department of management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[3] Department of industrial management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran

10.22080/JEM.2022.19770.3331

Received:
September 14, 2020
Accepted:
June 23, 2021
Available online:
October 3, 2022

Abstract

Cross Dock operation is an execution tactic to deliver cargoes with an aggregation-consolidation approach in such a way that the logistics system faces minimal inventory accumulation or lack of inventory execution. Accordingly, to increase agility at the supply chain level, logistics engineers are designing and implementing cross docking at the supply chain level. This paper, the simultaneous cross-dock model is considered. This means that trailers are on site at the time of launching the cross-dock logistics process. Scheduling begins when the first trailer is assigned to the first free dock. The forklift operator is responsible for performing unloading operations in the specified area. When the truck completes the unloading and loading operation of the trailer, the next trailer is assigned. The main purpose of this paper is to present a mathematical model of a trailer scheduling approach with a stochastic planning approach to provide the optimal solution to reduce the expected total logistics operation time and reduce the logistics costs. For this purpose, we started from the stage of receiving pallets (suppliers) from suppliers or warehouses of other logistics cluster sites at the supply chain level, and followed by internal logistics processes performed on inlet docks, by reloading in outlet docks. Dock was completed to fulfill the orders of consumers of these consignments. The mathematical model used was integer programming and genetic algorithm. MATLAB Software was used to analyze the data. The case study was conducted on Iran Khodro Company and the information of this company was used to prove the efficiency of the proposed model. This study was compared to three other studies to show the benefits of the present study. The comparison of the research indicates the proper performance of the proposed model compared to other researches.

Keywords:
Logistics, Supply chain, Cross dock, Scheduling, Genetic Algorithm (GA).

*Corresponding Author: Mohammadreza Kabaranzadeh Ghadim
Address: Department of management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Email: moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

Extended abstract

1. Introduction

Nowadays, many companies want to satisfy very complex requests of customers. Therefore, many companies are about to achieve a high level of agility, flexibility and reliability for various customer requests (Gelareh et al., 2020). However, the company activities have some certain restrictions for improving customer satisfaction since the company performance may have negative effects on other supply chain companies and therefore, the supply chain management of many companies in which the customer satisfaction requires improvement is attractive. (Lively, Bradley & Sullivan, 2020). One of the most important points in supply chain management is the effective control of the physical flow in the chain. 30 % of freight costs are considered for the distribution process (Bertazzi & Ohlmann, 2020). Cross-docking is an executive tactic in the logistic engineering to unload the suppliers' pallets and reload them with a trailer to deliver to end users and production sites which is performed with the minimal level of warehousing (Gue et al., 2020). Cross-docking is an engineering planning which transfers products using the stabilizer nodes or cross-dockings without warehousing. For implementing such a plan, the main objective of the logistic engineering group's mission is to design a fast order delivery system instead of warehousing. The concepts of such a logistic planning include reduction of transportation time, quick response to orders, improvement of supply-distribution process, reduction of shipment volume and logistic costs. Trailers entering the yard are in the waiting line. First, the freight is unloaded and inspected to determine their desired points. Then, the freight is sorted and handled to outbound docks to start the reloading process. Based on the main logistic indicators such as: dimensions, volume, weight, shape and safety, a forklift, pallet jack and conveyor system is allocated to the outbound dock to perform some operations.

Nowadays, the presence of a stable and agile supply chain imposes more value on managers due to an increase in the competitiveness among organizations and attempts to keep the organizational position in the competitive market as well as getting to higher levels. The presence of such a stable supply chain may satisfy all demands of top management because of instantaneous changes in customer and market demand, including: fast and well-timed supply, reduction of transportation and logistic costs, safety improvement and risk reduction, networking and improvement. Raw material flow network provides products and logistic equipment with the greatest level of efficiency from the perspective of management and performance analysis. In this regard, the engineering design of a control network for integrated logistic operations with the immediate monitoring capability on all operations provides a definite role in all nodes, centers, routes and warehouses. The logistic engineer role as a designer and builder of this operational network and as a designer of the monitoring mechanism are considered as the influencing factors on the creation of an agile and complete logistic network (Babics, 2020). The presence of such an engineering network leads to the flow of raw materials, products and logistic containers and the lowest level of interruptions in production lines or service levels is resulted. For creating such an integrated engineering network, one of

the most important modules is to determine the number of warehouses and their types based on the desired performance in terms of type and level of storage. The cross-dock module is considered as a storage module which is unfortunately called the regional warehouse or middle warehouse, while the task of cross-dock is to control the logistic flow in the logistic cell defined within the logistic matrix. Leadership, management and adjustment of logistic processes are very clear at the operational level. Fast processing and direction changing to the scheduled destination are an integral part of cross-dock operations. Cross-dock operations can be defined as follows: The process of delivering the load from the intended destination point to the receiving, distributing and injecting points is performed at the highest speed with low or without any storage level. Based on the statement, it is aimed to quickly transfer with the lowest level of error from the inbound dock. This requires coordinating incoming and outgoing trailers, which means creating and adopting a predetermined and specific schedule based on the demand engineering for this program, the number of trailers and the standard unloading time. Considering the loading, permitted waiting time, number of logistic equipment and work force, supplies and allocations, it should be considered that synchronization of various departments can be a difficult task, but logistic engineers use the updated knowledge to minimize such synchronization errors with accurate scheduling. The level of computational error, the presence and temporary storage of inventory level have an important role in cross-docking inventory engineering since many cross-dock outbound loads are considered as the dependent variables of inbound strip operation and require a waiting time. At the receiving stage, the cross-duck inbound operation and the transformation to the outbound dock are considered. Therefore, many logistic engineers use a small cross-docking warehouse next to the cross-dock, which allows to monitor and control the entire inventory level in the form of a centralized cross-docking system. According to such interpretations, it is still possible to observe intercountry projects in some countries with accumulated or exceeded inventory.

In many cases, cross-dock operations are considered as logistic operations in the strip loading and full-load (FTL) and less-than-a-full (LTL) trailer loads. Logistic engineers want to calculate 5S and ergonomic spaces based on the inbound and outbound load interchange level, while cross-docking design and perform accurate calculations for maneuvering and waiting trailers and logistic equipment. The main purpose of cross-docking is to reduce the level of storage in supply chains along the supply chain, but it should also be noted that such a tendency is reduced to zero. Occasionally, the cross-docking operations requires to reopen the packages and pallets, resulting in new packaging, new batch size and new pallets, reloading operations and stabilized freights (stabilized transportation). Or packaged freights are delivered based on the supply and distribution planning and in accord with demands (Gue, 2020).

In this study, it is better to define an optimal cross-docking planning, which integrates the entire process for obtaining the formula for such a scheduling. This process is explained by the operational implementation of this model:

The freights and pallets in the alternative pallet are placed in a trailer.

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

The non-operational trailer loading can begin as soon as the dock is allocated. The trailer loading process begins only after completing the non-operational loading. The trailer is ready to release its allocated door and it leaves the cross-dock after completing the loading process. The time for changing the trailer is the same for all trailers. Every time, the pallets are unloaded or loaded by the operator. Also, only one operator is capable of loading and unloading the pallets from / to a specific trailer at a time. In one unit of time, the operator is responsible for unloading or loading a pallet.

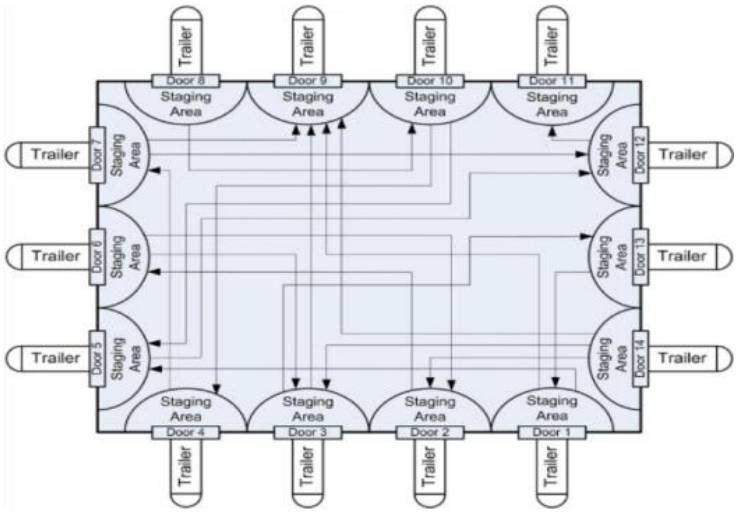


Fig 1. Cross-docking operations planning

One of the innovations for this paper is the consideration of simultaneous cross-dock model. It means that trailers are in site when setting the cross-dock logistic process. Scheduling begins when the first trailer is allocated to the first free dock. The operator with a forklift is responsible for unloading operations in the specified area. Another innovation for this paper is the consideration of a case study related to Iran Khodro Co. and the data from this company has been utilized to prove the efficiency of the proposed model. Another innovation for this paper is the consideration of a dynamic and agile supply chain network when the freight flow is scheduled and engineered, the supply chain network is considered dynamic and agile. This agility and dynamism can improve the general performance of logistic system and is therefore capable of timely delivering the customer demands. The benefits of long-term freight storage and warehousing costs and risks are also included.

2. Research background

The most important factor for the competition among industries, manufacturers and service providers is the costs of the supply chain. Product owners and supply chain managers want to reduce these costs (Winkelhaus & Grosse, 2020). Such a condition requires studying the logistic and transportation planning. Therefore, the land use studies have a significant role in transportation planning

and spatial design of the transportation network (Rosenbaum, 2020). Birasnav et al. (2020) proposed the new vehicle routing problem from the factory to the distribution centers, which is performed using a cross-dock and third-party logistic service provider. Three operations (unloading, stabilization and loading) are performed in the cross-dock to completely avoid or maintain the inventory in a very short time. They proposed the mixed-integer programming to solve the proposed model. The results represent that this innovative method provides near-optimal solutions and has lower solution time than the more accurate method. Karia (2019) began to test Halal value creation in Halal logistics and Halal logistic activities. Such a case study presented 129 Malaysian logistic service providers. The outcomes represented that Halal logistic strongly affects the Halal logistic performance. Archetti et al. (2019) proposed an inventory routing model with logistic ratio. They presented an accurate algorithm and compared its performance in terms of standard samples. The outcomes represented that the accurate algorithm becomes faster when the number of vehicles is lower and the number of customers is greater. The results represent the capability of finding the optimal solution determined by the accurate method. Tirkolai et al. (2020) presented a two-objective model to integrate the reliable pollution-routing problem with the cross-dock selection, in which products are processed and transported with at least one cross-dock. The epsilon-constraint method has been applied to solve the model in small-scale problems and the non-determined sorting genetic algorithm II (NSGA-II) and the multi-objective simulated-annealing algorithm (MOSA) are also used to solve large-scale problems. Syed et al. (2020) has proposed the cross-dock door assignment and truck scheduling. It aims to minimize the total time in the process of all trucks. The control time, loading / unloading time and product delivery are considered. Finally, the results present a better solution to the proposed model. Al Chal (2020) has proposed a cross-dock simulation model and a supply chain distribution center. He examined the benefits of having a cross-docking facility in the supply chain and used the Java Simulation Library (JSL) to provide discrete-event simulation models. His investigations can address the flow, time delays and inventory aspects. Finally, he investigated the way that cross-docking affects the supply chain performance. Liao (2020) has proposed a model for vehicle routing and scheduling at the exit of the multi-door cross-docking terminal. In order to solve such a model, a decomposition-based hybrid optimization method has been developed. He tested such a model for 20 small and large data. The results represent the capability of finding the optimal solution determined by the counting method. Khalili Nasr et al. (2021) have presented a multi-objective fuzzy model to minimize the costs in the closed-loop supply chain. The proposed two-level model selects the suppliers and allocates them to the manufacturers. This study aims to minimize the environmental costs, cross-dock operating costs, lost demand and maximization of job creation. The intended innovation includes the consideration of sustainability in supply chain. Finally, the presented model has been solved by the goal programming model. Wu (2021) has proposed a dynamic competitive game in the closed-loop supply chain. The consideration of government involvement in the proposed supply chain is one of the innovations for

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

this study. Therefore, the government has presented six different strategies for the chain management. Therefore, the Nash equilibrium approach has been used. The minimization of environmental costs is one of the most important objectives of the study. The outcomes represent the appropriate performance of the presented model for minimizing the proposed supply chain costs. Fu et al. (2021) has examined the closed-loop supply chain under uncertainty conditions. Investigating the interactions among cross-dock chain is one of the presented measures. The intended chain includes manufacturers, distributors and retailers. The study aims to maximize the chain profit while reducing the environmental costs. Various numerical examples in various dimensions represent the satisfactory performance of the presented model after the implementation. Lee et al. (2021) has presented a green closed-loop supply chain by considering one commodity and one cycle state. This study has the most important objectives of maximizing the profits of manufacturers, distributors and collection centers. Another objective is to minimize the cross-dock costs. Consideration of priority for customers is one of the innovations for this study. The outcomes represents that the environmental and transportation costs severely increase when the demand increases. Son et al. (2021) has presented a mathematical model for the stable closed-loop supply chain management. Minimization of cross-dock costs and transportation costs and maximization of social impacts are considered as the innovations of this study. Therefore, two mathematical models such as a stable model and an evaluation model are presented to minimize the system costs. The presented model has utilized a genetic approach to solve the model. The solution outcomes represent the appropriate performance of the proposed model to minimize the costs. By considering the random demand and reproduction system, Deng et al. (2021) has presented a mathematical model for closed-loop supply chain management. The presented model contains 3 objectives, including: 1. Determination of manufacturers with the highest profit channel. 2. Allocation of distributors to customers. 3. Investigation of the flow among supply chain levels. The outcomes of this case study represents that the entire system costs exponentially increase when the transportation costs increase.

Based on the literature review, the cross-dock model has not simultaneously been considered up to the present moment. It means that trailers are in site when setting the cross-dock logistic process. Scheduling begins when the first trailer is allocated to the first free dock. Additionally, the lack of considering the supply chain dynamics and a real case study are another research gaps.

3. Materials and methods

This study is a documentary based and desk based study or it refers to available sources about topics related to the paper subject and some steps are reflected in this study. Therefore, practical and survey methods are considered for this research. It will be necessary to use complex computational and programming software and utilize the features of high-speed computers for implementing the developed models. Data collection tools include the document study, data collected from valid databases, Iran Khodro Co. statistics and the Internet.

Figure 1 represents a cross-dock model where there is a number of trailers in

allocated districts and in front of the dock. In one side of cross-dock, there is unloading docks and on the other side, there is the loading docks. The pallets are transported by the suppliers and with the help of forklifts and they are located in a certain logistic district in the cross-dock. After the logistic process, the freights are transported to the outbound docks of cross-dock and loaded by trailers. In this paper, the simultaneous cross-dock model is considered. In another word, trailers are located in the site when setting the cross-dock logistic process. This schedule starts when the first trailer is allocated to the first free dock. An operator with a forklift will unload the freight in the certain district. When a truck completes the unloading and loading operations of a trailer, the next trailer is allocated. The research method is presented in Figure 2. In the first step, its related literature has been reviewed. After the extraction of research gap, the mathematical model of the inbound logistic system of cross-dock will be presented. This step aims to minimize the cost of the inbound logistic system of cross-dock. In the following, the real case study of Iran Khodro Co. will be presented. In this step, the accuracy of the presented model is investigated. Finally, the model is solved using a genetic approach and the results are analyzed.

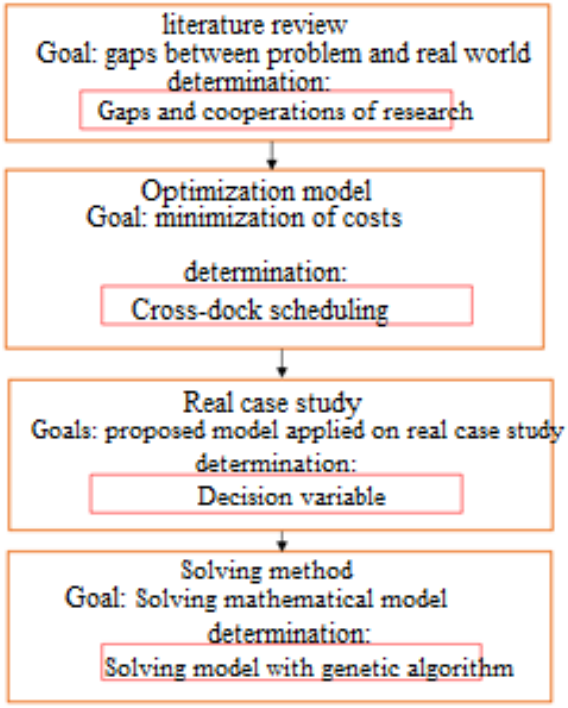


Fig 2. Research framework

4. Mathematical modeling

The cross-docking scheduling problem in this paper can analytically be presented in the integer programming. In the mixed-integer programming formula, 9J9 trailers are in a dock and they are waiting for the cross-docking. The location of dock doors is presented based on their relevant distances. Totally, 9P9 pallets are exchanged between trailers. In both

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

trailers which are exchanging some freights and logistic pallets, the unloaded pallet of one trailer is loaded for the use of another trailer. Therefore, each trailer j has two sets of pallets. The first set is consisted of the ID of those pallets unloaded from the trailer 2 (with the symbol Uj) and the second set is consisted of those pallets loaded for the use of the trailer (with the symbol Lj). The following symbols can be used to describe the MIP model.

j_{Ui} : Presenting the unloading operation of pallet i

j_{Mi} : Presenting the handling operation of pallet i

j_{Li} : Presenting the loading operation of pallet i

m_{Ui} : Presenting the source i required for unloading operation

(According to the problem definition, the source is the door i and its related worker)

m_{Mi} : Presenting the source i required for handling operation

(According to the problem definition, the source is the door i and its related worker)

m_{Li} : Presenting the source i required for loading operation

(According to the problem definition, the source is the door i and its related worker)

m	$door, m \in M = \{1,...,\|M\|\}$
j	$Trailer, j \in J - \{1,...,\|J\|\}$
p	$pallet, p \in P - \{1,...,\|P\|\}$
U_j	Pallet sets unloaded from the trailer j
L_j	Pallet sets loaded on the trailer j
B_p	Unloading status of pallet p
l^U	The time required for unloading the pallet
t^M_{pcm}	The time required for handling the pallet from door m to door m'
t^L	The time required for loading u pallets
T^C	The trailer changes over time
Q	A large number which is not lower than the worst schedule length
	Decision variables
$O_{\max}$	Schedule length (or creating intervals)

u_j	Allocation time of trailer j
c_j	Ending time of trailer j
λ_p	Starting time of handling pallet p
μ_p	Ending time of handling pallet p
σ_p	Ending time of loading pallet p
$\delta_{pp'}$	1, for pallets p and p' at the same operating district, p should be handled before p' otherwise zero
T_{put}	1, for pallets p and p' at the same trailer, p should be loaded before p' otherwise zero
I_{jm}	1, if trailer j is allocated to door m otherwise zero
V_{jj}	1, for trailers j and j' allocated ti the same door, j should be performed before j' otherwise zero
q_p	1, if pallet p should be handled before loading in the destination trailers (by forklift) otherwise zero
V_{jiojm}	1, if trailer j is allocated to door m and trailer j' is allocated to door m' otherwise zero
w_{py}	1, if pallets p and p' should be handled before loading in the destnation trailers (by forklift) otherwise zero

In relation to the above-mentioned symbols and decision variables, the MIP formula is as the following:

Minimize $C_{\max}$,

$S\,T$.

$$\sum_{m \in M} I_{jm} = l, j \in J$$

Finally, the binary variables $y_{jj'}, \delta_{pp'}, q_{p'}, w_{pp'}, \gamma_{pp'}, and\ v_{jmj'm'}$ are used in the mathematical formula in the form of control variables and defined by the following restrictions:

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

$$a_{j'} \geq c_j + \bar{t}^{C} - Q.(1 - V_{jj'}), j, j' \in J, j \neq j' \quad (1)$$

$$\lambda_p \geq a_j + t^{v}.\beta_\mu, p \in U_j, j \in j' \quad (2)$$

$$\lambda_p \geq a_j, p \in L_j, j \in J \quad (3)$$

$$\lambda_p \geq \lambda_p + 2\bar{t}^{M}_{mm'}, v_{jm'm'} - Q.(1 - \delta_{jq'}), p \in U_j \cap L_{j'}, p' \in P, p \neq p, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (4)$$

$$\mu_p \geq \lambda_p + 2\bar{t}^{M}_{mm'}, v_{jmj'm'}, p \in U_j \cap L_{j'}, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (5)$$

$$\sigma_p \geq \mu_p + \bar{t}^{t}, p \in P \quad (6)$$

$$\sigma_p \geq \mu_j + \max_{p'eU}, \beta_{p'} + \bar{t}^{t}, p \in L_j, j \in J \quad (7)$$

$$\sigma_{p'} \geq \sigma_p + \bar{t}^{t} - Q.(1 - \gamma_{pp'}), p, p' \in L_j, pp', j \in J \quad (8)$$

$$c_j \geq \sigma_p, p \in L_j, j \in J \quad (9)$$

$$C_{\max} \geq C_j, j \in J \quad (10)$$

$$v_{jj'} + y_{j'j} = \sum_{meM} v_{jmj'm}, j, j' \in J, j \neq j' \quad (11)$$

$$\delta_{pp'} + \delta_{p'p} \geq \sum_{meM} \leq v_{jmj'm} + Q.(1 - w_{pp'}).p \in U_j, p' \in U_j, p \neq p', j, j' \in J \quad (12)$$

$$\delta_{pp'} + \delta_{p'p} \geq \sum_{meM} \leq v_{jmj'm} - Q.(1 - w_{pp'}).p \in U_j, p' \in U_j, p \neq p', j, j' \in J \quad (13)$$

$$\delta_{pp'} \leq q_{p'}, p, p' \in P, p \neq p' \quad (14)$$

$$\delta_{pp'} \leq q_{p'}, p, p' \in P, p \neq p' \quad (15)$$

$$q_p \leq \bar{t}^{M}_{mm'} + Q.(1 - v_{jmj'm'}), p \in U, \cap L_{j'}, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (16)$$

$$q_p \leq \bar{t}^{M}_{mm'} + Q - Q.(1 - v_{jmj'm'}), p \in U, \cap L_{j'}, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (17)$$

$$w_{pp'} \leq q_{p'} \quad p, p' \in P \quad (18)$$

$$w_{pp'} \leq q_{p'} \quad p, p' \in P \quad (19)$$

$$w_{pp'} \geq q_p + q_{p'} - l, p, p' \in P \quad (20)$$

$$\gamma_{\mu p'} \geq (\mu_{p'} - \mu_p)/Q, p, p' \in L_j, p \neq p', j \in J \quad (21)$$

$$\gamma_{\mu p'} \leq 1 + (\mu_{p'} - \mu_p)/Q, p, p' \in L_j, p \neq p', j \in J \quad (22)$$

$$v_{jmj'm'} \leq x_{jm}, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (23)$$

$$v_{jmj'm'} \leq x_{j'm'}, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (24)$$

$$v_{jmj'm'} \geq x_{jm} + x_{j'm'} - 1, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (25)$$

5. Research findings

Iran Khodro Co. (with the brand Eco) is an Iranian car company and its central office has been located in Tehran and it has be established Khayami brothers in August, 1972. This company was considered as the first Iranian national company and its first product was a bus. Based on purpose, the present research is an applied research and based on method, it is a quantitative research. The statistical population of this research is the managers and decision-makers of Iran Khodro Co. and the inbound logistics of Iran Khodro Co. The intended model was Iran Khodro Co. of Tehran and its logistic department. The required data for such a research were achieved from the investigation of books, valid papers and information obtained from Iran Khodro experts. Thematically, the research provides a model for inbound logistic system of cross-dock. Spatially, the research is performed in Iran Khodro Co. Finally, the time considered for the research is 2019. The main purpose of this paper is to introduce an optimal solution to improve the schedules of logistic processes in the cross-dock. Considering this stage of research, the sample results have been investigate, which is a project

with 6 docks, 16 pallets and 8 trailers that unload and load the pallets in the cross-dock. Based on Table 1, the desired loading time for the sample tl is 2 minutes and the variance of loading time is equal to 0.25, the unloading time is equal to 2 minutes and the variance of unloading time is equal to 0.56, the movement time of trailers is equal to 12 minutes and the handling time between the docks (doors) is equal to 0.9167 minutes and the worst possible value is equal to 756.

Table 1. Initial input data to solve the model

Data	Value	Sample
Loading time	2 minutes	tl
Variance of loading time	0.25	tls
Unloading time	2 minutes	Atu
Variance of unloading time	0.56	Atus
Movement time of trailers	12 minutes	TC
handling time between the docks (doors)	0.9167 minutes	TM
Worst possible value	756	Q

6. Discussion

Products are unloaded from the entering trailers and loaded into the outgoing trailers without being warehoused. For building a middle warehouse, a large district is required for entering and outgoing trailers. The middle warehousing is rectangular. The doors are located around the yard. When the trailer arrives, it is transferred to the determined outbound door in the middle warehouse. When the inbound loads are unloaded and inspected, they are transported to the intended destination and are regularly sorted and transported to the intended outbound location to be able to transport the outgoing trailers to the final destination. Based on the size or shape of the outbound location, various material control equipment such as forklift, pallet jack and conveyor system is required to transfer (pallet) from the entering trailers to the outgoing trailers. When the entering (outgoing) trailer is completely unloaded (loaded), another trailer is replaced and the same process is repeated.

In this phase, it is possible to use the genetic algorithm and MATLAB and start calculating the optimal outputs. The optimal programming output is presented in Table 2:

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

Table 2. Optimal programming outputs

Variable	Value
Creating intervals	180498
Requirements	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Allocation of trailers to docks	0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
Pallets unloaded from trailers	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
Pallets loaded to trailers	0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1
Vjmj'm' Index 1	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 2	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0

Vjmj'm' Index 3	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 4	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 5	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 6	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 7	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
Vjmj'm' Index 8	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0

Table 2 represents the total expected and optimal time to complete such a logistic process in the cross-dock. The value of this time is equal to 18.0498. The required pallets in the unloading-loading process are presented in this table. The allocation of trailer to the dock matrix is also represented in Table 2. As observed, the trailer 6 is allocated to truck 1, the trailer 4 is allocated to truck 2, the trailer 5 is allocated to truck 3, the trailer 1 is allocated to truck 3, the trailer 1 is allocated to truck 4, the trailer 3 is allocated to truck 5, the trailer 3 is allocated to truck 6, the trailer 1 is

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

allocated to truck 7 and the trailer 2 is allocated to truck 8.

The pallets unloaded from the trailer matrices are also represented in the table. As observed, the pallet 1 is unloaded from the trailer 13, the pallet 2 is unloaded from the trailers 2, 8 and 14, the pallet 3 is unloaded from the trailers 4, 5, 10 and 14, the pallet 4 is unloaded from the trailer 3, the pallet 5 is unloaded from the trailer 10, the pallet 6 is unloaded from the trailer 11, the pallet 7 is unloaded from the trailer 6 and finally, the pallet 8 is unloaded from the trailer 1 and 9.

The pallets loaded to the trailer matrix are also represented in the table. As observed, the pallet 1 is loaded to the trailers 4, 9 and 13, the pallet 2 is loaded to the trailers 8, 11 and 14, the pallet 3 is loaded to the trailers 6 and 12, the pallet 4 is loaded to the trailer 2, the pallet 5 is loaded to the trailer 2, the pallet 6 is loaded to the trailers 10 and 13, the pallet 7 is loaded to the trailer 5 and the pallets 8 is loaded to the trailers 1, 7 and 15. In fact, this table represents how to optimally allocate the trailers to the docks as well as the unloading and loading pallets. The optimal allocation directly affects the optimal scheduling to control the logistic process in the cross-dock. The calculated time periods in MATLAB is represented in Figure 3. It should be considered that the solving time decreases as the number of repetitions increases. By using the algorithm, the problem solving time reaches more than 70 seconds. If the number of repetitions is between 50 and 70 seconds, the problem solving time will be equal to 20 seconds.

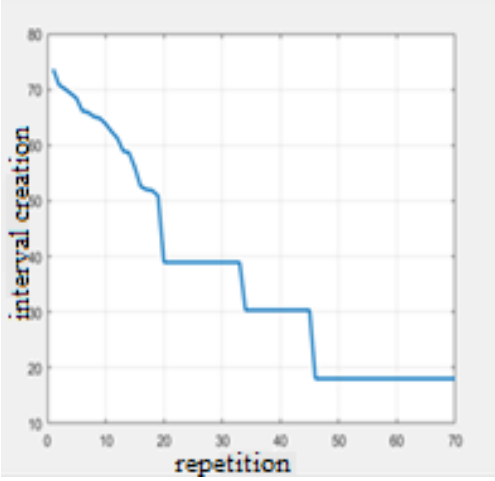


Fig 3. Calculated time periods in MATLAB

7. Conclusion and recommendation

In this paper, the mathematical cross-docking model is proposed in which a number of traikers are cross-docking in the multi-door cross-dock. Cross-docking is performed using a short-term programming in a mixed service mode for one day. It means the daily allocation of the entering trailers to the dock doors and therefore, some products can be exchanged before being transported to the customer. In this research, the

literature was first reviewed and a mathematical model was then presented for the inbound logistic system of the cross-dock. The mathematical model aims to minimize the cost of the inbound logistic system of the cross-dock. After presenting the proposed model, a real case study was presented to validate the model.

In this paper, the simultaneous cross-dock model is considered. It means that the trailers are in site when setting the cross-dock logistic process. Scheduling begins when the first trailer is allocated to the first free dock. An operator with a forklift is responsible for unloading the freights in a certain district. When the truck completes the unloading and loading operation of the trailer, the next trailer is allocated. The case study is related to Iran Khodro Co. and the information of this company has been utilized to prove the efficiency of the proposed model. In the presented program, the priority of the pallet has been changed and this seems appropriate in the general considerations and otherwise, there should not be any changes. The requirement of pallet 13 is the pallet 1 and the requirement of pallet 2 is the pallet 1. Door-to-door allocation is explained as follows: 1 is allocated to 1 trailer, 8 is allocated to 2, 6, 7, 3 trailers and 5 is allocated to 4 trailers, 2 is allocated to 5 trailers and 4 is allocated to 6 trailers. The pallets unloaded by the trailers are as follows: the pallet 9 is allocated to the trailer 1, the pallets 8 and 14 are allocated to the trailer 2, the pallet 4 is allocated to the trailer 3, the pallet 3 is allocated to the trailer 4, pallet 12 is allocated to the trailer 5, the pallets 5 and 10 are allocated to the trailer 6, the pallets 1, 2, 6 and 13 are allocated to the trailer 7 and the pallets 7, 11 and 15 are allocated to the trailer 8. The pallet 5 is loaded to the trailer 1, the pallet 11 is loaded to the trailer 2, the pallets 3, 7 and 9 are loaded to the trailer 3, the pallets 4, 13 and 15 are loaded to the trailer 4, the pallets 2 and 14 are loaded to the trailer 5, the pallet 12 is loaded to the trailer 6, the pallet 6 is loaded to the trailer 7 and the pallets 1, 8 and 10 are loaded to the trailer 8. Based on the convergence graph, the solutions are convergent, which represents the significant algorithm performance. The results represents a decrease in the solving time when the repetitions increase. By using the algorithm, the problem solving time reaches more than 70 seconds. When the number of repetitions is between 50 and 70 seconds, the problem solving time reaches 20 seconds. In the next steps, the sensitivity analysis is applicable to study the changes of each variable. In the restriction control section, the optimal and accurate correction method has been used, which can be applied to fines or multi-objective methods and the results are also investigated. The sensitivity analysis is the study of output variable impacts on the input variables of the statistical model. In another word, it is a method for organized (systematic) changes of the statistical model inputs and can predict the effects of these changes on the model output. In order to obtain the benefits of the current research, this research was compared to three other research. The comparison of this study to the study of Bertazzi et al. represents that they used the route k to consider the direct product delivery from the factory to customers, in which the route k is the route of vehicle with a maximum of k customers on the route, but in this research, the scheduling begins when the first trailer is allocated to the first free dock. An operator with a forklift is responsible for unloading the freights into a certain district. The comparison of this research with the study of Nogueira et al.

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

represented that the multi-dock truck sequencing problem was considered in the cross-docking center and its purpose was to minimize the intervals, but the mathematical model has been provided for the inbound logistic system of the cross-dock. The proposed mathematical model aims to minimize the cost of inbound logistic system of the cross-dock. The comparison of this research with the study of Tirkolai et al. (2020) represented that they want to present a reliable pollution-routing problem with the cross-dock selection, in which products are processed and transported with at least one cross-dock, but in this paper, a mathematical model is presented for the trailer scheduling approach and the random scheduling approach to provide an optimal solution and decrease the total expected logistic performance time and logistic costs. The following items are recommended for future investigations.

- ✓ Using approaches such as probabilistic and fuzzy approaches to consider the uncertainty
- ✓ Solving the model with the help of another hybrid meta-heuristic approach such as the combination of particle swarm optimization, tabu search, etc.
- ✓ Locating and routing the vehicles in cross-dock centers and minimizing the total transportation time
- ✓ Considering the cooperation types in the disaster relief supply chain such as cooperation in the information exchange, etc.
- ✓ Considering alternative products or vehicles when needed or when broken

References

Al Chall, Ghewa. "Simulation Modeling of Cross-Dock and Distribution Center Based Supply Chains." (2020).

Archetti, C., Coelho, L. C., & Speranza, M. G. (2019). An exact algorithm for the inventory routing problem with logistic ratio. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 131, 96-107.

Babics, T. (2005). Cross-docking in the sales supply chain: integration of information and communication (I+C) relationships. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 33(1-2), 69-76.

Bertazzi, L., & Ohlmann, J. W. (2020). Direct k-routing versus cross-docking: worst-case results. Optimization Letters, 1-8.

Birasnav, M., Kalaivanan, S., Ramesh, A., & Tibrewala, R. (2020). Routing vehicles through cross-docking facility for third party logistics service providers. International Journal of Operational Research, 38(2), 255-277.

Boysen, N. (2010). Truck scheduling at zero-inventory cross docking terminals. Computers & Operations Research, 37(1), 32-41.

Brockman, T. (1999). 21 warehousing trends in the 21st century. IIE solutions, 31(7), 36-41.

De, M., & Giri, B. C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 133, 101813.

Dong, J., Jiang, L., Lu, W., & Guo, Q. (2021). Closed-loop supply chain models with product remanufacturing under random demand. Optimization, 70(1), 27-53.

Eskigun, E., Uzsoy, R., Preckel, P. V., Beaujon, G., Krishnan, S., & Tew, J. D. (2005). Outbound supply chain network design with mode selection, lead times and capacitated vehicle distribution centers. European Journal of Operational Research, 165(1), 182-206.

Fu, R., Qiang, Q. P., Ke, K., & Huang, Z. (2021). Closed-Loop Supply Chain Network with Interaction of Forward and Reverse Logistics. Sustainable Production and Consumption.

Gelareh, S., Glover, F., Guemri, O., Hanafi, S., Nduwayo, P., & Todosijević, R. (2020). A comparative study of formulations for a cross-dock door assignment problem. Omega, 91, 102015.

Gue, K. R. (2020). Crossdockind Just-In-Time for Distribution". GraduateSchool of Business & Public Policy Naval Postgraduate School, Monte-rey, http. web. nps. navy. mil.

Karia, N. (2019). Halal logistics: practices, integration and performance of logistics service providers. Journal of Islamic Marketing.

Kloos, K., & Pibernik, R. (2020). Allocation planning under service-level contracts. European Journal of Operational Research, 280(1), 203-218.

Kovács, G., & Spens, K. M. (2020). Relief Supply Chain Management for Disasters: Humanitarian, Aid and Emergency Logistics. Simulation, 436.

Larimi, N. G., & Yaghoubi, S. (2019). A robust mathematical model for platelet supply chain considering social announcements and blood extraction technologies. Computers & Industrial Engineering, 137, 106014.

Li, B., Wang, Y., & Wang, Z. (2021). Managing a closed-loop supply chain with take-back legislation and consumer preference for green design. Journal of Cleaner Production, 282, 124481.

Liao, T. W. (2020). Integrated Outbound Vehicle Routing and Scheduling Problem at a Multi-Door Cross-Dock Terminal. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

Lively, G. S., Bradley, M., & Sullivan, P. (2020). U.S. Patent No. 10,614,411. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

McWilliams, D. L., Stanfield, P. M., & Geiger, C. D. (2008). Minimizing the completion time of the transfer operations in a central parcel consolidation terminal with unequal-batch-size inbound trailers. Computers & Industrial Engineering, 54(4), 709-720.

Napolitano, M. (2000). Making the move to cross docking: A practical guide to

Volume 14. Issue 27. Spring & Summer, 2022. Pages 129 to 166.

planning, designing, and implementing a cross dock operation. Warehousing Education and Research Council.

Nasr, A. K., Tavana, M., Alavi, B., & Mina, H. (2021). A novel fuzzy multi-objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains. Journal of Cleaner Production, 124994.

Nogueira, T. H., Coutinho, F. P., Ribeiro, R. P., & Ravetti, M. G. (2020). Parallel-machine scheduling methodology for a multi-dock truck sequencing problem in a cross-docking center. Computers & Industrial Engineering, 106391.

Noham, R., & Tzur, M. (2018). Designing humanitarian supply chains by incorporating actual post-disaster decisions. European Journal of Operational Research, 265(3), 1064-1077.

Ren, S., Choi, T. M., Lee, K. M., & Lin, L. (2020). Intelligent service capacity allocation for cross-border-E-commerce related third-party-forwarding logistics operations: A deep learning approach. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 134, 101834.

Rijal, A., Bijvank, M., & de Koster, R. (2019). Integrated scheduling and assignment of trucks at unit-load cross-dock terminals with mixed service mode dock doors. European Journal of Operational Research, 278(3), 752-771.

Rohrer, M. (1995, December). Simulation and cross docking. In Winter Simulation Conference Proceedings, 1995. (pp. 846-849). IEEE.

Rosenbaum, L. (2020). Facing Covid-19 in Italy—ethics, logistics, and therapeutics on the epidemic's front line. New England Journal of Medicine, 382(20), 1873-1875.

Sayed, S. I., Contreras, I., Diaz, J. A., & Luna, D. E. (2020). Integrated cross-dock door assignment and truck scheduling with handling times. TOP, 1-23.

Son, D., Kim, S., & Jeong, B. (2021). Sustainable part consolidation model for customized products in closed-loop supply chain with additive manufacturing hub. Additive Manufacturing, 101643.

Tirkolaee, E. B., Goli, A., Faridnia, A., Soltani, M., & Weber, G. W. (2020). Multi-Objective Optimization for the Reliable Pollution-Routing Problem with Cross-Dock Selection using Pareto-based Algorithms. Journal of Cleaner Production, 122927.

Van Berkum, S. (2012). Serbia on the road to EU accession: Consequences for agricultural policy and the agri-food chain. CABI.

Wierbowski, S. D., Wingert, B. M., Zheng, J., & Camacho, C. J. (2020). Cross-docking benchmark for automated pose and ranking prediction of ligand binding. Protein Science, 29(1), 298-305.

Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. International Journal of Production Research, 58(1), 18-43.

Wu, C. H. (2021). A dynamic perspective of government intervention in a competitive closed-loop supply chain. European Journal of Operational Research.

Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 135, 101864.

Zhang, L. (2020). Optimisation et simulation d'une plate-forme gérée en cross-dock.

پژوهشنامه مدیریت اجرایی
Journal of Executive Management
دوره ۱۴. شماره ۲۷. بهار و تابستان ۱۴۰۱. صفحات ۱۲۹ تا ۱۶۶.

علمی پژوهشی

ارائه مدلی برای سیستم لجستیک ورودی کراس داک (شواهد تجربی: شرکت ایران خودرو)

جواد خمیس آبادی [۱]، محمدرضا کاباران زاده قدیم [۲*]، محمد مهدی موحدی [۳]

[۱] گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه ، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه ، ایران javad_khamisabadi@yahoo.com
[۲] گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir
[۳] گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه ، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه ، ایران mmmovahedi@gmail.com

10.22080/JEM.2022.19770.3331

تاریخ دریافت:
۲۴ شهریور ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش:
۲ تیر ۱۴۰۰
تاریخ انتشار:
۳۱ شهریور ۱۴۰۱

چکیده

عملیات کراس داک در واقع تاکتیکی اجرایی به منظور تحویل بارها با رویکرد تجمیع-تثبیت است، به گونه‌ای که سیستم لجستیک با حداقل انباشت موجودی یا کمبود اجرای موجودی روبرو است. بنابراین، به منظور افزایش چابکی در سطح زنجیره تأمین، مهندسان لجستیک در حال طراحی و پیاده سازی کراس داکینگ در سطح زنجیره تأمین هستند. در این مقاله، مدل کراس داک همزمان در نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که، در زمان راه اندازی فرآیند لجستیک کراس داک، تریلی‌ها در سایت قرار دارند. زمان‌بندی هنگامی آغاز می‌شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص داده شود. اپراتور دارای لیفتراک مسئول انجام عملیات تخلیه در حوزه مشخص شده است. هنگامی که کامیون عمل تخلیه و بارگیری تریلی را به اتمام می‌رساند، تریلی بعدی اختصاص می‌یابد. هدف اصلی این مقاله ارائه مدلی ریاضی نسبت به رویکرد زمان‌بندی تریلی و رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی است تا بتوان راه حلی بهینه برای کاهش زمان کل عملیات لجستیک مورد انتظار و بنابراین، کاهش هزینه‌های لجستیک ارائه داد. این امر از مرحله دریافت پالت (تأمین‌کنندگان) از تأمین‌کنندگان یا انبارهای سایر سایت‌های خوشه لجستیک موجود در سطح زنجیره تأمین شروع شده و به دنبال آن، فرآیندهای لجستیک داخلی انجام شده در داک‌های ورودی حاصل می‌شود که این‌کار، با بارگیری مجدد در داک‌های خروجی قابل انجام است. داک تکمیل خواهد شد تا بتوان به تحقق سفارش‌های مشتریان این محموله‌ها پرداخت. مدل ریاضی مورد استفاده در واقع برنامه‌ریزی عدد صحیح و الگوریتم ژنتیک بوده و نرم افزار متلب به منظور تحلیل داده مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعه موردی مربوط به شرکت ایران خودرو بوده و اطلاعات این شرکت به منظور اثبات کارایی مدل پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است. این تحقیق با سه تحقیق دیگر مقایسه شد تا بتوان مزایای تحقیق حاضر را به دست آورد. مقایسه تحقیق بیانگر عملکرد مناسب مدل پیشنهادی نسبت به سایر پژوهش ها می باشد.

کلیدواژه ها:
لجستیک، زنجیره تأمین، کراس داک، زمان‌بندی، الگوریتم ژنتیک (GA).

* **نویسنده مسئول:** محمدرضا کاباران زاده قدیم
آدرس: گروه مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران **ایمیل:** moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir

۱ مقدمه

امروزه، بسیاری از شرکت ها به دنبال تحقق تقاضاهای بسیار پیچیده مشتریان هستند. بنابراین، بسیاری از شرکت ها در تلاش برای رسیدن به سطح بالایی از چابکی، انعطاف پذیری و قابلیت اطمینان در رابطه با تقاضاهای مختلف مشتریان هستند (گلاره و همکاران[1]، ۲۰۲۰). با این وجود، فعالیت های شرکت در بهبود جلب رضایت مشتری دارای محدودیت های خاصی است چراکه عملکرد یک شرکت می تواند دارای تاثیرات منفی بر سایر شرکت های زنجیره تامین باشد و بنابراین، مدیریت زنجیره تامین بسیاری از شرکت های خواهان بهبود جلب رضایت مشتری دارای جذابیت است (لیولی، بردلی و سولوان[2]، ۲۰۲۰). یکی از مهمترین نکات موجود در مدیریت زنجیره تأمین در واقع کنترل موثر جریان فیزیکی زنجیره است. ۳۰٪ قیمت کالاها مربوط به فرآیند توزیع است (برتازی و المن[3]، ۲۰۲۰). کراس داکینگ به معنای تاکتیکی اجرایی در مهندسی لجستیک محسوب
می شود تا بتوان پالت های تأمین کنندگان را تخلیه کرده و آن‌ها را به منظور ارسال به کاربران نهایی و سایت های تولید، با کمک تریلی مجددا بارگیری کرد که این کار با کمترین سطح ذخیره سازی انجام می شود (گو و همکاران[4]، ۲۰۲۰). کراس داکینگ در واقع یک طرح مهندسی محسوب می شود که با کمک گره های تثبیت کننده یا کراس داک ها و بدون هیچگونه ذخیره سازی، محموله ها را جابجا می سازد. به منظور پیاده سازی این طرح، هدف اصلی مأموریت گروه مهندسی لجستیک در واقع طراحی سیستم تحویل سفارش سریع به جای انبارداری است. مفاهیم چنین طرح لجستیک در برگیرنده کاهش زمان حمل و نقل، پاسخ سریع به سفارشات، بهبود فرآیند تامین-توزیع، کاهش حجم محموله و هزینه های لجستیک است.تریلی های وارد شونده به محوطه، بلافاصله در صف انتظار قرار می گیرند. در مرحله نخست، محموله تخلیه شده و مورد بازرسی قرار می گیرد تا بتوان نقاط مورد نظر آنها را تعیین کرد. سپس، محموله مرتب سازی شده، عملیات حمل بار به داک های خروجی انجام می شود تا بتوان بارگیری مجدد را آغاز کرد. مطابق با شاخص های اصلی لجستیک مانند: ابعاد، حجم، وزن، شکل و ایمنی، لیفتراک ها، جک پالت و سیستم نوار نقاله ای برای داک خروجی اختصاص می یابد تا بتوان عملیاتی را انجام داد.

امروزه، به دلیل افزایش رقابت پذیری بین سازمان ها و تلاش برای حفظ وضعیت سازمانی در بازار رقابتی و همچنین، صعود به سطوح بالاتر، وجود زنجیره تأمین پایدار و چابک موجب تحمیل ارزش بیشتر به مدیران می شود. به دلیل تغییرات لحظه ای در تقاضای مشتری و بازار، وجود چنین زنجیره تأمین پایداری می تواند باعث تحقق تمامی تقاضاهای مدیریت عالی رتبه شود از جمله: تأمین سریع و به موقع، کاهش هزینه های حمل و نقل و لجستیک، بهبود ایمنی و کاهش خطر، شبکه سازی و بهبود. . شبکه جریان مواد خام ارائه دهنده محصولات و اسباب لجستیک با بالاترین سطح کارایی از چشم انداز مدیریت و تحلیل عملکرد است. در این راستا، طراحی مهندسی شبکه کنترل عملیات لجستیک یکپارچه همراه با قابلیت نظارت فوری بر تمامی عملیات ارائه دهنده نقش قطعی در تمامی گره‌ها، مراکز، مسیرها و انبارها است. نقش مهندس لجستیک به عنوان طراح و سازنده این شبکه عملیاتی و طراح مکانیسم نظارت از جمله فاکتورهای تأثیرگذار بر ایجاد شبکه لجستیک چابک و کامل است (بابیکس[5]، ۲۰۲۰). وجود چنین شبکه مهندسی منجر به جریان مواد خام، محصولات و کانتینر لجستیک شده و در نتیجه، پایین ترین سطح وقفه در خطوط تولید یا سطح خدمات ایجاد می شود. یکی از مهمترین ماژول ها در ایجاد چنین شبکه

[1] Gelareh
[2] Lively, Bradley & Sullivan
[3] Bertazzi & Ohlmann
[4] Gue
[5] Babics

مهندسی یکپارچه در واقع تعیین تعداد انبارها، نوع آنها مطابق با نوع کارایی مورد نظر از نظر نوع و سطح ذخیره سازی است. از جمله‌ی ماژول های ذخیره سازی می‌توان به ماژول کراس داک اشاره کرد که متأسفانه و در برخی منابع، انبار منطقه ای یا انبار میانی نامیده می شود حال آنکه وظیفه کراس داک در واقع کنترل جریان لجستیک در سلول لجستیک تعریف شده در ماتریس لجستیک است. رهبری، مدیریت و تنظیم فرایندهای لجستیک در سطح عملیاتی بسیار واضح است. پردازش سریع و تغییر جهت به مقصد زمانبندی شده، بخش جدا ناپذیر عملیات کراس داک محسوب می شود. عملیات کراس داک می توان به صورت زیر تعریف گردد: فرآیند تحویل بار از مقصد مورد نظر تا دریافت بار و توزیع و تزریق محموله با بالاترین سرعت و بدون هیچ سطح ذخیره سازی یا سطح ذخیره سازی پایین انجام می‌شود. مطابق با بیانیات، هدف در واقع انتقال سریع با کمترین سطح خطا از داک های ورودی است. این امر نیازمند ایجاد هماهنگی بین تریلی های ورودی و خروجی بوده و به معنی ایجاد و اتخاذ زمانبندی از قبل تعیین شده و خاص بر اساس مهندسی تقاضا برای این برنامه، تعداد تریلی ها و زمان تخلیه استاندارد است. در رابطه با بارگیری، زمان انتظار مجاز، تعداد تجهیزات لجستیک و نیروی انسانی، عرضه ها و تخصیص ها، باید در نظر داشت که همگام سازی بخش های مختلف می تواند وظیفه ای دشوار محسوب شده، اما مهندسان لجستیک از دانش روز به منظور به حداقل رسانی چنین خطای همگام سازی با برنامه‌ریزی دقیق استفاده می کنند. سطح خطای محاسباتی، وجود و ذخیره سازی موقتی سطح موجودی ایفا کننده نقش مهمی در مهندسی موجودی کراس داکینگ است چراکه بسیاری از محموله های خروجی کراس داک در واقع متغیر وابسته عملیات استریپ ورودی محسوب شده و نیازمند زمان انتظار است. در مرحله دریافت، عملیات داخلی کراس داک و انتقال به داک خروجی محسوب می شود. بنابراین، بسیاری از مهندسان طراح لجستیک از انبار کراس داکینگ کوچک و در کنار کراس داک استفاده می کنند و همین امر باعث نظارت و کنترل کل سطح موجودی در قالب سیستم متمرکز کراس داکینگ می شود. با چنین تفاسیری، همچنان می توان پروژه های بین کشوری را در برخی از کشورها مشاهده کرد که انباشته شده یا مقدار بیشتری نسبت به موجودی دارند.

عملیات کراس داک در اکثر موارد در بارگیری استریپ و بارگیری محموله تریلی کاملا پر[1] (FTL) و کمتر از پر[2] (LTL)، به صورت عملیات لجستیک در نظر گرفته می شود. مهندسان طراح لجستیک سعی در محاسبه 5S و فضاهای ارگونومیک بر اساس سطح مبادله بار در داخل و خارج و در عین طراحی کراس داکینک داشته و اقدام به اجرای محاسبات دقیق برای مانوردهی و انتظار تریلی ها و تجهیزات لجستیکی دارند. هدف اصلی کراس داکینگ در واقع کاهش سطح انبارداری موجود در زنجیره های تأمین در طول زنجیره تأمین است، اما باید به این نکته نیز توجه داشت که چنین تمایلی به صفر کاهش می یابد. گاها، عملیات کراس داکینگ منجر به باز شدن مجدد بسته ها و پالت ها شده و بسته بندی جدید، اندازه دسته ای و پالت های جدید، عملیات بارگیری مجدد و محموله های تثبیت شده (حمل و نقل تثبیت شده) ایجاد می شود. یا محموله های بسته بندی شده با توجه به طرح عرضه و توزیع و مطابق با تقاضاها ارسال می شوند (گو، ۲۰۲۰).

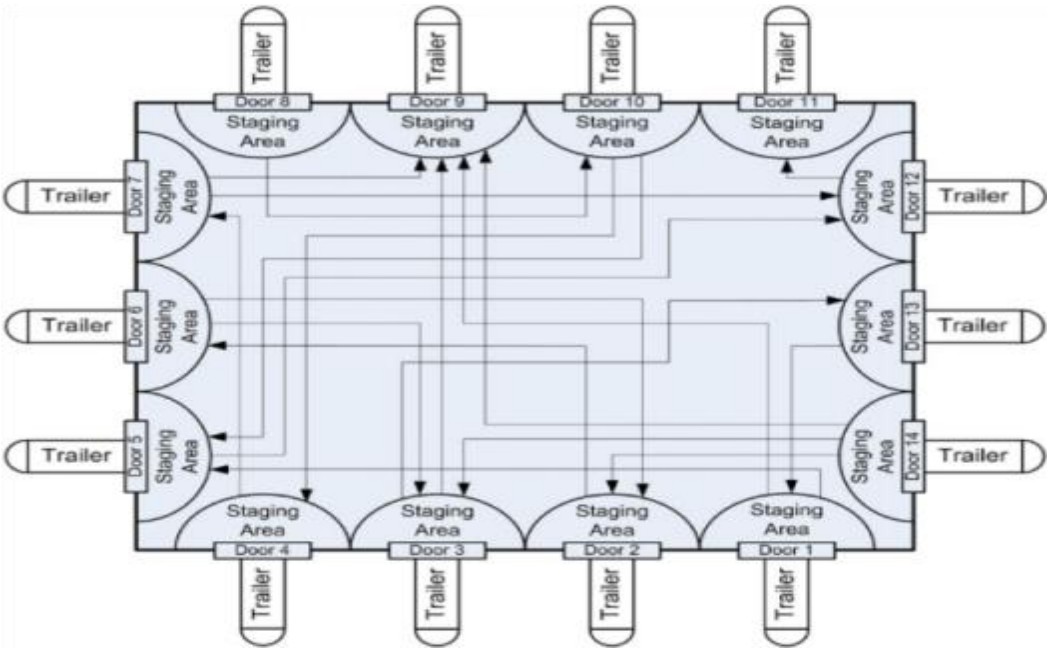
در این پژوهش به منظور حصول فرمول چنین برنامه ریزی زمان بندی، بهتر است تا به تعریف طرح کراس داکینگ بهینه پرداخت که به یکپارچه سازی کل فرایندها می پردازد. این فرآیند با پیاده سازی عملیاتی این مدل توضیح داده می شود:

محموله و پالت های موجود در پالت تعویض در یک تریلی قرار داده می شود. بارگیری غیرعملیاتی

[1] Full-load

[2] Less-than-a-full

تریلی می تواند به محض اختصاص داک آغاز گردد. فرآیند بارگیری تریلی تنها پس از پایان بارگیری غیرعملیاتی آغاز می شود. تریلی آماده رهاسازی درب اختصاص داده شده خود بوده و پس از پایان فرآیند بارگیری، کراس داک را رها می کند. زمان تغییر تریلی برای تمامی تریلی‌ها یکسان است. هر بار، پالت ها توسط اپراتور تخلیه یا بارگیری می گردند. همچنین، هر بار تنها یک اپراتور قادر به بارگیری و تخلیه پالت ها از / به تریلی مشخص است. در یک واحد زمانی، اپراتور مسئول تخلیه یا بارگیری یک پالت است.



شکل ۱ طرح عملیات در کراس داک

از جمله نوآوری های این مقاله در نظر گرفتن مدل کراس داک همزمان می باشد. بدین معنی که، در زمان راه اندازی فرآیند لجستیک کراس داک، تریلی‌ها در سایت قرار دارند. زمان‌بندی هنگامی آغاز می‌شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص داده شود. اپراتور دارای لیفتراک مسئول انجام عملیات تخلیه در حوزه مشخص شده است. همچنین نوآوری دیگر این پژوهش در نظر گرفتن مطالعه موردی مربوط به شرکت ایران خودرو بوده و اطلاعات این شرکت به منظور اثبات کارایی مدل پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است. نوآوری دیگر این پژوهش آن است که هنگامی که جریان محموله برنامه‌ریزی و مهندسی می‌شود، شبکه زنجیره تأمین به صورت پویا و چابک در نظر گرفته می‌شود. این چابکی و پویایی باعث بهبود عملکرد کلی سیستم لجستیک شده و بنابراین قادر به ارائه تقاضای به موقع مشتری است. مزایای ذخیره‌سازی طولانی مدت محموله و هزینه‌ها و خطرات انبارداری نیز شامل می‌گردد.

۲ پیشینهٔ پژوهش

مهمترین فاکتور در رقابت صنایع، تولیدکنندگان و ارائه دهندگان خدمات در واقع هزینه های موجود در زنجیره تأمین است. مالکان کالا و مدیران زنجیره تأمین در تلاش برای کاهش این هزینه ها هستند (وینکلهاس و گروس[1]، ۲۰۲۰). این اقدامات

[1] Winkelhaus & Grosse

دربرگیرنده مطالعات برنامه ریزی حمل و نقل و لجستیک است. در این میان، مطالعات کاربری زمین دارای نقش بسزایی در برنامه ریزی حمل و نقل و طراحی فضایی شبکه حمل و نقل است (رزنبوم[1]،۲۰۲۰). بیراسناو و همکارانش (۲۰۲۰)، به ارائه مسأله جدید مسیریابی خودرو از کارخانه تا مراکز توزیع پرداختند که این امر با کمک کراس داک و با استفاده از ارائه دهنده خدمات لجستیک طرف سوم انجام می شود. سه عمل (تخلیه، تثبیت و بارگیری) در کراس داک انجام می شود تا بتوان به طور کامل به اجتناب یا نگهداری موجودی در مدت زمان بسیار کم پرداخت. آنها اقدام به ارائه برنامه ریزی عدد صحیح مختلط کردند تا بتوان مدل ارائه شده را حل کرد. نتایج نشان دهنده این است که این روش ابتکاری ایجاد کننده راه حل های نزدیک به بهینه بوده و دارای زمان حل کمتری نسبت به روش دقیقتر است. کاریا (۲۰۱۹)، اقدام به تست ارزش آفرینی حلال در فعالیت های لجستیک حلال و لجستیک حلال کرده است. مطالعه موردی مورد نظر نشان دهنده ۱۲۹ ارائه دهنده خدمات لجستیک مالزی بود. نتایج نشان دهنده این بود که لجستیک حلال به شدت بر عملکرد لجستیک حلال تأثیرگذار است.آرچتی و همکارانش (۲۰۱۹)، به ارائه مدل مسیریابی موجودی با نسبت لجستیک پرداختند. آنها به ارائه الگوریتمی دقیق پرداخته و عملکرد آن را از نظر نمونه های معیاری مقایسه کردند. نتایج نشان دهنده این بود که الگوریتم دقیق زمانی سریعتر می شود که تعداد خودروها کم بوده و تعداد مشتریان زیاد باشد. نتایج نشان دهنده قابلیت یافتن راه حل بهینه تعیین شده توسط روش دقیق است. تیرکولایی و همکارانش (۲۰۲۰)، به ارائه مدلی دو هدفه پرداختند تا بتوان مسئله مسیریابی آلودگی قابل اطمینان را با انتخاب کراس داک یکپارچه ساخت که در آن، محصولات با کمک حداقل یک کراس داک پردازش و حمل می شوند.

روش محدودیت اپسیلون به منظور حل مدل موجود در مسائل کوچک اعمال می گردد و الگوریتم ژنتیک مرتب سازی نامغلوب II[2](NSGA-II) و الگوریتم تبرید شبیه سازی شده چند هدفه[3] (MOSA) نیز به منظور حل مسائل در مقیاس بزرگ استفاده می شود. سید و همکارانش (۲۰۲۰)، به ارائه انتساب درب کراس داک و زمانبندی کامیون پرداختند. هدف در واقع به حداقل رساندن زمان کل در فرآیند تمامی کامیون ها است. زمان کنترل، زمان بارگیری / تخلیه و انتقال کالاها در نظر گرفته شده است. در نهایت، نتایج نشان دهنده راه حل مناسبی نسبت به مدل پیشنهادی است. آل چال (۲۰۲۰)، به ارائه مدل شبیه‌سازی کراس داک و مرکز توزیع زنجیره تأمین پرداخته است. وی به بررسی مزایای داشتن تسهیلات کراس داکینگ در زنجیره تأمین پرداخته و سپس، از کتابخانه شبیه سازی جاوا[4] (JSL) استفاده کرده و به ارائه مدل های شبیه سازی گسسته پیشامد پرداخت. تحقیقات وی می تواند جریان، تأخیرهای زمانی و جنبه های موجودی را لحاظ کند. در نهایت، وی به بررسی نحوه تأثیرات کراس داکینگ بر عملکرد زنجیره تأمین مورد نظر پرداخت. لیائو[5] (۲۰۲۰)، به ارائه مدلی برای مسیریابی و زمانبندی خودروها در سمت خروجی ترمینال کراس داک چنددر به پرداخت. به منظور حل این مدل، روش بهینه سازی ترکیبی و مبتنی بر تجزیه بسط داده شد. وی این مدل را برای ۲۰ داده کوچک و بزرگ بررسی کرد. نتایج نشان‌دهنده قابلیت یافتن راه حل بهینه تعیین شده توسط روش شمارش است. خلیلی نصر و همکاران(۲۰۲۱) یک مدل فازی چندهدفه را جهت کمینه سازی هزینه ها در زنجیره تامین حلقه بسته ارائه داده اند. مدل دو سطحی ارائه شده به انتخاب تامین کنندگان و تخصیص آنها به تولیدکنندگان می پردازد. هدف اصلی این پژوهش کمینه کردن هزینه های زیست محیطی، هزینه های عملیاتی کراس داک، تقاضای از

[1] Rosenbaum
[2] Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II
[3] Multi-Objective Simulated-annealing Algorithm
[4] Java Simulation Library
[5] Liao

دست رفته و بیشینه کردن اشتغالزایی می باشد. نوآوری در نظر گرفته شده شامل در نظر گرفتن پایداری در زنجیره تامین می باشد. در نهایت مدل پیشنهادی توسط برنامه ریزی آرمانی حل گردیده است. وو (۲۰۲۱) به طراحی به بازی رقابتی پویا در زنجیره تامین حلقه بسته پرداخت. در نظر گرفتن دخالت دولت در زنجیره تامین پیشنهادی از جمله نوآوری های این پژوهش بشمار می رود. لذا دولت شش استراتژی مختلف برای مدیریت زنجیره ارائه داده است. برای این امر از رویکرد تعادل نش استفاده شده است. کمینه کردن هزینه های زیست محیطی از جمله مهمترین اهداف پژوهش می باشد. نتایج بیانگر عملکرد مناسب مدل پیشنهادی در کمینه کردن هزینه های زنجیره تامین پیشنهادی می باشد. فو و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی زنجیزه تامین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت پرداختند. بررسی تعاملات بین زنجیره کراس داک از جمله اقدامات صورت گرفته می باشد. زنجیره در نظر گرفته شده شامل تولیدکننده، توزیع کننده و خرده فروش می باشد. هدف اصلی پژوهش بیشینه کردن سود زنجیره به همراه کاهش هزنیه های زیست محیطی می باشد. مثال های عددی مختلف نیز در ابعاد مختلف بیانگر عملکرد رضایت بخش مدل پیشنهادی پس از اجرا می باشد. لی و همکاران(۲۰۲۱) به طراحی یک زنجیره تامین سبز حلقه بسته با در نظر گرفتن حالت تک کالایی و تک دوره ای پرداختند. مهمترین اهداف این پژوهش شامل بیشینه کردن سود تولیدکنندگان، توزیع کنندگان و مراکز جمع آوری می باشد. هدف دیگر در نظر گرفته شده کمینه کردن هزینه های کراس داک می باشد. در نظر گرفتن اولویت برای مشتریان از جمله نوآوری های این پژوهش به شمار می رود. نتایج بیانگر آن است به با افزایش مقدار تقاضا هزینه های زیست محیطی و حمل و نقل به شدت افزایش می یابد. سون و همکاران(۲۰۲۱) یک مدل ریاضی جهت مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته پایدار پرداختند. کمینه کردن هزینه های کراس داک و هزینه های حمل و نقل به همراه بیشینه کردن اثرات اجتماعی از جمله نوآوری های این پژوهش می باشد. لذا دو مدل ریاضی شامل مدل پایدار و مدل ارزیابی جهت کمینه سازی هزینه های سیستم پیشنهاد شده است. مدل پیشنهادی از رویکرد ژنتیک برای حل مدل استفاده شده است. نتایج حل بیانگر عملکرد مناسب مدل پیشنهادی در کمینه کردن هزینه ها می باشد. دنگ و همکاران(۲۰۲۱) یک مدل ریاضی برای مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته با در نظر گرفتن تقاضای تصادفی و سیستم بازتولید ارائه نمودند. مدل پیشنهادی دارای ۳ هدف می باشد که شامل :۱- تعیین تولیدکنندگانی که بیشترین کانال سود را به همراه دارند.۲- تخصیص توزیع کنندگان به مشتریان ۳-بررسی جریان بین سطوح زنجیره تامین. نتایج برای مطالعه موردی در نظر گرفته شده بیانگر آن است که با افزایش هزینه های حمل و نقل هزینه های کل سیستم بصورت نمایی افزایش می یابد.

با توجه به مرور ادبیات می توان گفت که تاکنون مدل کراس داک بصورت همزمان در نظر گرفته نشده است. بدین معنی که، در زمان راه اندازی فرآیند لجستیک کراس داک، تریلی‌ها در سایت قرار دارند. زمان‌بندی هنگامی آغاز می‌شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص داده شود. علاوه براین عدم توجه به پویایی زنجیره تامین و مطالعه موردی واقعی از جمله شکاف تحقیقاتی دیگر می باشد.

۳ مواد و روش ها

روش انجام تحقيق، روش اسنادي و مطالعات كتابخانه‌اي يا مراجعه به منابع در دسترس در خصوص موضوعات مرتبط با موضوع مقاله خواهد بود كه مرحله‌اي از آن در اين گزارش منعكس شده است. بنابراين روش تحقيق بصورت كاربردي و پيمايشي مي باشد. همچنين استفاده از نرم‌افزارهاي محاسباتي و برنامه‌نويسي پيچيده و بهره‌گيري از امكانات كامپيوترهاي پرسرعت در اجراي مدل‌هاي توسعه داده شده ضروري خواهد بود. ابزار گردآوری

اطلاعات شامل مطالعه مستندات، داده های بانک های اطلاعاتی معتبر، آمار شرکت ایران خودرو و اینترنت می باشد.

شکل ۱ نشان دهنده مدل کراس داک است که تعدادی تریلی در بخشهای اختصاصی و در روبروی داک قرار دارند. در یک طرف کراس داک، داک های تخلیه بار و در طرف دیگر، داک های بارگیری قرار گرفته است. پالت های حمل شده توسط تأمین کنندگان با کمک لیفتراک و در منطقه مخصوص لجستیک موجود در کراس داک قرار گرفته اند. بعد از فرآیند لجستیک، محموله‌ها به داک‌های خروجی کراس داک منتقل شده و توسط تریلی ها بارگیری می شوند. در این مقاله، مدل کراس داک همزمان در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر، به هنگام راه اندازی فرآیند لجستیک کراس داک، تریلی ها در سایت قرار می گیرند. این زمانبندی هنگامی شروع می شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص یابد. اپراتوری که دارای لیفتراک است، اقدام به انجام عملیات تخلیه در منطقه مشخص شده می کند. هنگامی که هر کامیون تخلیه و بارگیری یک تریلی را به پایان می رساند، تریلی بعدی اختصاص می یابد. روش تحقیق در شکل ۲ نشان داده می شود. در نخستین مرحله، ادبیات مربوطه مورد بررسی قرار گرفت. پس از استخراج شکاف تحقیقاتی در ادامه، مدل ریاضی مربوط به سیستم لجستیک ورودی کراس داک ارائه داده خواهد شد. هدف این مرحله در واقع به حداقل رساندن هزینه سیستم لجستیک ورودی کراس داک است. در ادامه مطالعه موردی واقعی در مورد شرکت ایران خودرو ارائه می گردد. در این مرحله دقت و صحت مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار می گیرد. در نهایت مدل با استفاده از رویکرد ژنتیک حل شده است و نتایج تحلیل شده است.

شکل ۲ چارچوب تحقیق

۴ مدلسازی ریاضی

مسأله زمان‌بندی کراس داکینگ موجود در این مقاله می‌تواند به صورت تحلیلی و در برنامه اعداد صحیح ارائه گردد. در فرمول برنامه ریزی عدد صحیح مختلط، 9J9 تریلی در یک داک و در انتظار کراس داکینگ هستند. مکان یابی درب داک ها با توجه به مسافت مربوطه آنها ارائه می گردد. در مجموع، 9P9 پالت بین تریلی ها ردو و بدل می شود. در هر دو تریلی ای که در حال رد و بدل کردن برخی محموله ها و پالت های لجستیک هستند، پالت تخلیه شده یک تریلی به منظور استفاده در تریلی دیگر، بارگیری می‌شود. بنابراین، هر تریلی j دارای دو مجموعه پالت است. نخستین مجموعه متشکل از

ID آن دسته پالت هایی است که از تریلی ۲ تخلیه شده است (دارای نماد Uj) و مجموعه دوم متشکل از آن دسته پالت هایی هستند که به منظور استفاده در تریلی، بارگیری شده‌اند (دارای نماد Lj). نمادهای زیر در توصیف مدل MIP قابل استفاده هستند.

j_{Ui} : نشان دهنده عملیات تخلیه پالت i

j_{Mi} : نشان دهنده عملیات جابجایی پالت i

j_{Li} : نشان دهنده عملیات بارگیری پالت i

m_{Ui} : نشان دهنده مبدا i مورد نیاز در عملیات تخلیه

(مطابق با تعریف مسئله، مبدا در واقع درب i و کارگر مربوطه آن است)

m_{Mi} : نشان دهنده مبدا i مورد نیاز در عملیات جابجایی

(مطابق با تعریف مسئله، مبدا در واقع لیفتراک i مربوط به درب i است)

m_{Li} : نشان دهنده مبدا i مورد نیاز در عملیات بارگیری

(مطابق با تعریف مسئله، مبدا در واقع درب i و کارگر مربوطه آن است)

m	$door, m \in M = \{1,\ldots,\lvert M \rvert\}$
j	$Trailer, j \in J - \{1,\ldots,\lvert J \rvert\}$
p	$pallet, p \in P - \{1,\ldots,\lvert P \rvert\}$
U_j	مجموعه پالت های تخلیه شده از تریلیj
L_j	مجموعه پالت های بارگیری شده بر تریلیj
B_p	وضعیت تخلیه پالت p
l^U	زمان مورد نیاز برای تخلیه پالت
t^M_{pcm}	زمان مورد نیاز برای جابجایی پالت از درب m به درب' m
t^L	زمان مورد نیاز برای بارگیری u پالت
T^C	تغییر تریلی با گذشت زمان
Q	عدد بزرگی که کوچکتر از بدترین طول زمانبندی نیست

متغیرهای تصمیم گیری

$O_{\max}$	طول زمانبندی (یا ایجاد فاصله معین)
u_j	زمان اختصاص تریلی j

c_j	زمان اتمام تریلی j
λ_p	زمان آغاز جابجایی پالت p
μ_p	زمان اتمام جابجایی پالت p
σ_p	زمان اتمام بارگیری پالت p
$\delta_{pp'}$	۱، در رابطه با پالت های p و p’ در همان منطقه عملیاتی، p قبل از p’ جابجا شود، در غیر این صورت، صفر)
T_{put}	۱، در رابطه با پالت های p و p’ موجود در همان تریلی، p قبل از p’ بارگیری شود، در غیر اینصورت، صفر
I_{jm}	۱، در صورتیکه تریلی j به درب m اختصاص یابد، در غیر این صورت، صفر
V_{jj}	۱، در رابطه با تریلی های j وj’ اختصاص یافته به همان درب، j جلوتر از j’ انجام شود، در غیر این صورت، صفر
q_p	۱، در صورتیکه پالت p لازم است تا قبل از بارگیری (توسط لیفتراک) در تریلی های مقصد جابجا شود، در غیر این صورت، صفر
V_{jiojm}	۱، در صورتیکه تریلی j به درب m اختصاص یافته و تریلی j’ به درب m’ اختصاص یابد، در غیر این صورت، صفر
w_{py}	۱، در صورتیکه پالت های p و p’ لازم است تا قبل از بارگیری (توسط لیفتراک) در تریلی های مقصد جابجا شود، در غیر اینصورت، صفر

در رابطه با نمادهای بالا و متغیرهای تصمیم گیری، فرمول MIP به صورت زیر است: $C_{\max}$ را به حداقل برسانید،

$$S.T.$$

$$\sum_{m \in M} I_{jm} = 1, j \in J$$

در نهایت، متغیرهای دودویی $y_{jj'}, \delta_{pp'}, q_{p'}, w_{pp'}, \gamma_{pp'}, and\ v_{jmj'm'}$ به صورت متغیرهای کنترلی و در فرمول ریاضی مورد استفاده قرار گرفته و توسط محدودیت های زیر تعریف می شوند:

$$a_{j'} \geq c_j + \bar{t}^{C} - Q.(1 - V_{jj'}), j, j' \in J, j \neq j' \quad (1)$$
$$\lambda_p \geq a_j + t^{v}.\beta_{\mu}, p \in U_j, j \in j' \quad (2)$$
$$\lambda_p \geq a_j, p \in L_j, j \in J \quad (3)$$
$$\lambda_p \geq \lambda_p + 2\bar{t}^{M}_{mm'}, v_{jm'm'} - Q.(1 - \delta_{jq'}), p \in U_j \cap L_{j'}, p' \in P, p \neq p, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (4)$$
$$\mu_p \geq \lambda_p + 2\bar{t}^{M}_{mm'}, v_{jmj'm'}, p \in U_j \cap L_{j'}, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (5)$$
$$\sigma_p \geq \mu_p + \bar{t}^{t}, p \in P \quad (6)$$
$$\sigma_p \geq \mu_j + \max_{p' \in U}, \beta_{p'} + \bar{t}^{t}, p \in L_j, j \in J \quad (7)$$
$$\sigma_{p'} \geq \sigma_p + \bar{t}^{t} - Q.(1 - \gamma_{pp'}), p, p' \in L_j, pp', j \in J \quad (8)$$
$$c_j \geq \sigma_p, p \in L_j, j \in J \quad (9)$$
$$C_{\max} \geq C_j, j \in J \quad (10)$$

$$v_{jj'} + y_{j'j} = \sum_{m \in M} v_{jmj'm}, j, j' \in J, j \neq j' \quad (11)$$

$$\delta_{pp'} + \delta_{p'p} \geq \sum_{m \in M} \leq v_{jmj'm} + Q.(1 - w_{pp'}).p \in U_j, p' \in U_j, p \neq p', j, j' \in J \quad (12)$$

$$\delta_{pp'} + \delta_{p'p} \geq \sum_{m \in M} \leq v_{jmj'm} - Q.(1 - w_{pp'}).p \in U_j, p' \in U_j, p \neq p', j, j' \in J \quad (13)$$

$$\delta_{pp'} \leq q_{p'}, p, p' \in P, p \neq p' \quad (14)$$
$$\delta_{pp'} \leq q_{p'}, p, p' \in P, p \neq p' \quad (15)$$
$$q_p \leq \bar{t}^{M}_{mm'} + Q.(1 - v_{jmj'm'}), p \in U, \cap L_{j'}, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (16)$$
$$q_p \leq \bar{t}^{M}_{mm'} + Q - Q.(1 - v_{jmj'm'}), p \in U, \cap L_j, j, j' \in J, m, m' \in M \quad (17)$$
$$w_{pp'} \leq q_{p'} \quad p, p' \in P \quad (18)$$
$$w_{pp'} \leq q_{p'} \quad p, p' \in P \quad (19)$$
$$w_{pp'} \geq q_p + q_{p'} - l, p, p' \in P \quad (20)$$
$$\gamma_{\mu p'} \geq (\mu_{p'} - \mu_p)/Q, p, p' \in L_j, p \neq p', j \in J \quad (21)$$
$$\gamma_{\mu p'} \leq 1 + (\mu_{p'} - \mu_p)/Q, p, p' \in L_j, p \neq p', j \in J \quad (22)$$
$$v_{jmj'm'} \leq x_{jm}, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (23)$$
$$v_{jmj'm'} \leq x_{j'm'}, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (24)$$
$$v_{jmj'm'} \geq x_{jm} + x_{j'm'} - 1, j, j' \in J, m.m' \in M \quad (25)$$

۵ یافته‌های پژوهش

شرکت ایران خودرو (با نام تجاری اکو[1]) یک شرکت اتومبیلرانی ایرانی است که دفتر مرکزی آن در تهران واقع شده و توسط برادران خیامی در آگوست سال ۱۹۷۲ تاسیس گردید. این شرکت نخستین شرکت ملی ایرانی محسوب می شد و اولین سری محصولات آن یک اتوبوس بود. تحقیقات فعلی از نظر هدف، پژوهش کاربردی محسوب شده و از نظر روش، تحقیق کمی محسوب می شوند. جامعه آماری این تحقیق، مدیران و تصمیم گیرندگان شرکت ایران خودرو و لجستیک ورودی شرکت ایران خودرو محسوب می شود. مدل مورد نظر در واقع شرکت ایران خودروی تهران و بخش لجستیک این شرکت محسوب می شد. داده های ضروری این تحقیق حاصل بررسی کتاب ها، مقالات معتبر و اطلاعات کارشناسان ایران خودرو بود. دامنه تحقیقات موضوعی در واقع ارائه مدلی برای سیستم لجستیک ورودی کراس داک است. دامنه تحقیقات مکانی در واقع شرکت ایران خودرو محسوب می شود. در نهایت، دامنه تحقیقات زمانی، سال ۲۰۱۹ است. هدف اصلی این مقاله در واقع معرفی راه حلی بهینه

[1] Eco

در بهبود زمانبندی فرآیندهای لجستیک در کراس داک است. در این مرحله از تحقیق، نتایج نمونه پروژه ای با ۶ داک، ۱۶ پالت و ۸ تریلی مورد بررسی قرار می گیرد که به تخلیه و بارگیری پالت ها در کراس داک می پردازند. مطابق با جدول ۱، زمان بارگیری مورد نظر با نمونه tl برابر با ۲ دقیقه بوده و واریانس زمان بارگیری برابر با ۰٫۲۵ است، زمان تخلیه برابر با ۲ دقیقه و واریانس زمان تخلیه برابر با ۰٫۵۶ است، زمان حرکت تریلی ها ۱۲ دقیقه در نظر گرفته شده و زمان جابجایی بین داک ها (درب ها) برابر با ۰٫۹۱۶۷ دقیقه است و بدترین مقدار ممکن ۷۵۶ در نظر گرفته می شود.

جدول ۱ داده های ورودی اولیه برای حل مدل

داده ها	مقدار	نمونه
زمان بارگیری	۲ دقیقه	tl
واریانس زمان بارگیری	۰٫۲۵	tls
زمان تخلیه	۲ دقیقه	Atu
واریانس زمان تخلیه	۰٫۵۶	Atus
زمان حرکت تریلی ها	۱۲ دقیقه	TC
زمان جابجایی بین داک ها (درب ها)	۰٫۹۱۶۷ دقیقه	TM
بدترین مقدار ممکن	۷۵۶	Q

۶ بحث

محصولات از تریلی های ورودی تخلیه شده و بدون ذخیره سازی، در تریلی های خروجی بارگیری می شوند. به منظور ساخت انبار میانی، محوطه بزرگی برای تریلی های ورودی و خروجی لازم است. ذخیره سازی میانی، مستطیل شکل است. درب ها در اطراف محوطه قرار دارند. به هنگام رسیدن تریلی، به درب خروجی تعیین شده در انبار میانی منتقل می گردد. هنگامی که بارهای ورودی تخلیه و بررسی می گردند، به مقصد مورد نظر انتقال می یابند و مرتبا مرتب سازی شده و به محل خروجی مورد نظر منتقل می‌گردند تا بتوان تریلی های خروجی را به مقصد نهایی انتقال داد. مطابق با اندازه یا شکل جایگاه خروجی، انتقال (پالت) از تریلی های ورودی به تریلی های خروجی با کمک تجهیزات مختلف کنترل مواد مانند لیفتراک، جک پالت و سیستم نوار نقاله انجام می شود. هنگامی که تریلی ورودی (خروجی) به طور کامل تخلیه (بارگیری) می شود، تریلی دیگری جایگزین آن شده و فرآیند تکرار می گردد.

در این مرحله، می توان از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار متلب استفاده کرده و به محاسبه خروجی های بهینه پرداخت. خروجی بهینه برنامه در جدول ۲ ارائه می شود:

جدول ۲ خروجی های بهینه برنامه

متغیر	مقدار
ایجاد فاصله معین	۱۸،۰۴۹۸
پیش نیازها	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
اختصاص تریلی ها به داک‌ها	0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
پالت‌های تخلیه شده از تریلی ها	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
پالت‌های بارگیری شده بر تریلی ها	0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1
متغیر	مقدار
ایجاد فاصله معین	۱۸،۰۴۹۸

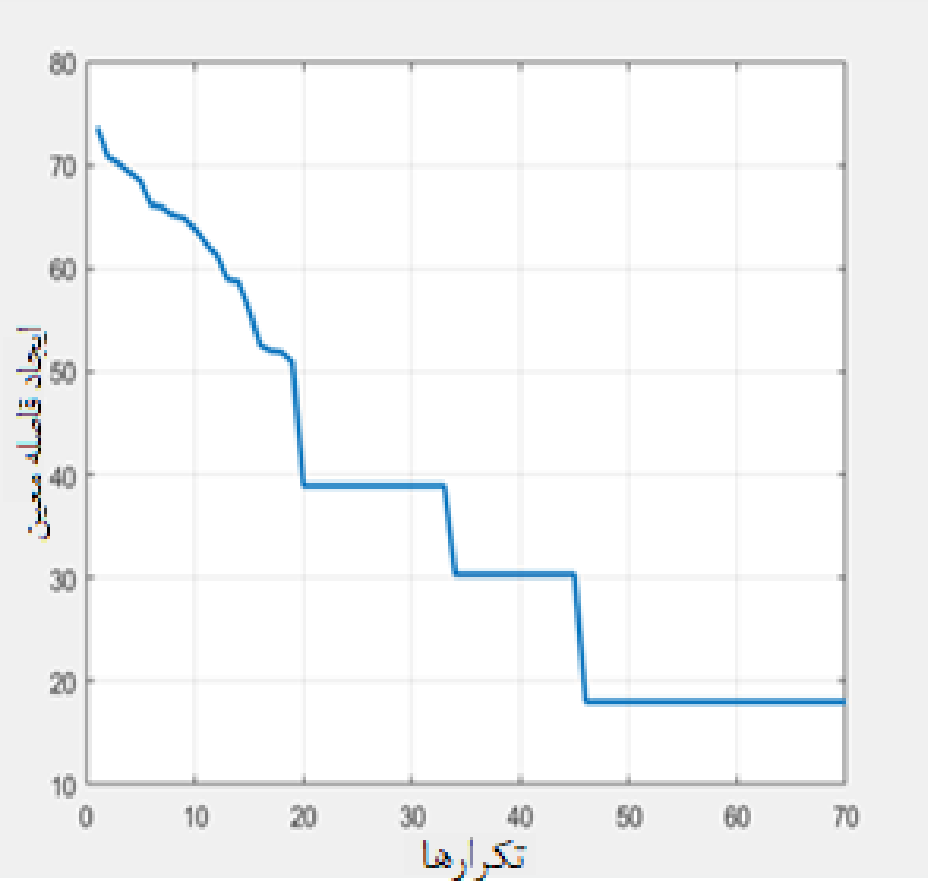
پیش نیازها	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
اختصاص تریلی ها به داک‌ها	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
پالت‌های تخلیه شده از تریلی ها	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
پالت‌های بارگیری شده بر تریلی ها	0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1

جدول ۲ نشان دهنده کل زمان مورد انتظار و بهینه در اتمام چنین فرآیند لجستیکی در کراس داک است. مقدار این زمان برابر با ۱۸،۰۴۹۸ است. پالت های پیش نیاز در فرآیند تخلیه - بارگیری در این جدول نشان داده می شود. همچنین، اختصاص تریلی به ماتریس داک در جدول ۲ نشان داده می شود. همانطور که مشخص است، تریلی ۶ به کامیون ۱، تریلی ۴ به کامیون ۲، تریلی ۵ به کامیون ۳، تریلی ۱ به کامیون ۳، تریلی ۱ به کامیون ۴، تریلی ۳ به کامیون ۵، تریلی ۳ به کامیون ۶، تریلی ۱ به کامیون ۷ و تریلی ۲ به کامیون ۸ اختصاص داده می شود.

پالت های تخلیه شده از ماتریس تریلی ها نیز در این جدول نشان داده می شود. همان طور که مشخص است، پالت ۱ از تریلی ۱۳، پالت ۲ از تریلی های ۲، ۸ و ۱۴، پالت ۳ از تریلی های ۴، ۵، ۱۰ و ۱۴، پالت ۴ از تریلی ۳، پالت ۵ از تریلی ۱۰، پالت ۶ از تریلی ۱۱، پالت ۷ از تریلی ۶ و در نهایت، پالت ۸ از تریلی ۱ و ۹ تخلیه می شوند.

پالت های بارگیری شده بر ماتریس تریلی ها نیز در این جدول نشان داده می شود. همانطور که

مشخص است، پالت ۱ بر تریلی های ۴، ۹ و ۱۳، پالت ۲ بر تریلی های ۸، ۱۱ و ۱۴، پالت ۳ بر تریلی های ۶ و ۱۲، پالت ۴ بر تریلی ۲، پالت ۵ بر تریلی ۲، پالت ۶ بر تریلی های ۱۰ و ۱۳، پالت ۷ بر تریلی ۵ و پالت ۸ بر تریلی های ۱، ۷ و ۱۵ بارگذاری می شوند. در حقیقت، این جدول ارائه دهنده نحوه اختصاص بهینه تریلی ها به داک ها و همچنین پالت های تخلیه و بارگیری شده است. تخصیص بهینه دارای تأثیرات مستقیمی بر ایجاد زمانبندی بهینه است تا بتوان به کنترل فرآیند لجستیک در کراس داک پرداخت. زمان های محاسبه شده در نرم افزار متلب در شکل ۳ نشان داده می شود. باید توجه داشت، با افزایش تعداد تکرارها، زمان حل کاهش می یابد. با شروع الگوریتم، زمان حل مسأله به بیش از ۷۰ ثانیه می رسد. در صورتی‌که تعداد تکرارها بین ۵۰ تا ۷۰ باشد، زمان حل مسأله برابر با ۲۰ ثانیه می‌شود.



شکل ۳ زمان‌های محاسبه شده توسط نرم افزار متلب

۷ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، مدل ریاضی کراس داکینگ پیشنهاد گردید و در آن، تعدادی تریلی در کراس داک چند دربه در حال کراس داک کردن هستند. کراس داکینگ در افق برنامه‌ریزی کوتاه مدت و یک روزه و در حالت مختلط خدمات انجام می‌گردد. این به معنی اختصاص روزانه تریلی‌های ورودی به درب‌های داک است و بدین ترتیب، می‌توان برخی محصولات را قبل از ارسال به مشتری مبادله کرد. در این تحقیق، ادبیات ابتدا مورد بررسی قرار گرفت و در

ادامه، یک مدل ریاضی برای سیستم لجستیک ورودی کراس داک ارائه گردید. هدف مدل ریاضی در واقع به حداقل رساندن هزینه سیستم لجستیک ورودی کراس داک است. پس از ارائه مدل پیشنهادی، مطالعه موردی واقعی برای اعتبارسنجی مدل ارائه شد.

در این مقاله، مدل کراس داک همزمان در نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که، در زمان راه اندازی فرآیند لجستیک کراس داک، تریلی‌ها در سایت قرار دارند. زمان‌بندی هنگامی آغاز می‌شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص داده شود. اپراتور دارای لیفتراک مسئول انجام عملیات تخلیه در حوزه مشخص شده است. هنگامی که کامیون عمل تخلیه و بارگیری تریلی را به اتمام می‌رساند، تریلی بعدی اختصاص می‌یابد. مطالعه موردی مربوط به شرکت ایران خودرو بوده و اطلاعات این شرکت به منظور اثبات کارایی مدل پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است. در برنامه ارائه شده، اولویت پالت تغییر یافته است و همین امر، در ملاحظات عمومی مناسب به نظر می‌رسید، در غیر این صورت، نباید تغییری صورت پذیرد. پیش نیاز پالت ۱۳ در واقع پالت ۱، پیش نیاز پالت ۲ در واقع پالت ۱ است. تخصیص درب به درب به صورت زیر توصیف می‌گردد: ۱ در ۱، ۸ در ۲، ۶، ۷، ۳ و ۵ در ۴، ۲ در ۵ و ۴ در ۶ تریلی ارائه می‌شود. پالت‌های رها شده توسط تریلی‌ها به این صورت است: پالت ۹ به تریلی ۱، پالت ۸ و ۱۴ به تریلی ۲، پالت ۴ به تریلی ۳، پالت ۳ به تریلی ۴، پالت ۱۲ به تریلی ۵، پالت ۵ و ۱۰ به تریلی ۶، پالت ۱، ۲، ۶ و ۱۳ به تریلی ۷ و پالت‌های ۷، ۱۱ و ۱۵ به تریلی ۸ اختصاص داده می‌شوند. بارگیری پالت ۵ به تریلی ۱، پالت ۱۱ به تریلی ۲، پالت ۳ و ۷ و ۹ به تریلی ۳، پالت ۴ و ۱۳ و ۱۵ به تریلی ۴، پالت ۲ و ۱۴ به تریلی ۵، پالت ۱۲ تا تریلی ۶، پالت ۶ به تریلی ۷ و پالت ۱، ۸ و ۱۰ به تریلی ۸ اختصاص داده می‌شوند. با توجه به گراف همگرایی ترسیم شده، راه حل‌ها همگرا بوده و همین امر نشان دهنده عملکرد قابل قبول الگوریتم است.

نتایج نشان دهنده کاهش زمان حل با افزایش تعداد تکرارها است. با شروع الگوریتم، زمان حل مسأله به بیش از ۷۰ ثانیه می‌رسد. زمانی‌که تعداد تکرارها بین ۵۰ و ۷۰ است، زمان حل مسأله به ۲۰ ثانیه می‌رسد. در مراحل بعدی، تحلیل حساسیت قابل اعمال است تا بتوان به مطالعه تغییرات موجود در هر متغیر پرداخت. همچنین، در بخش کنترل محدودیت، روش تصحیح بهینه و دقیق استفاده گردید که قابل اعمال در جریمه‌ها یا روش‌های چند هدفه بوده و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند. تحلیل حساسیت در واقع مطالعه تأثیرات متغیرهای خروجی بر متغیرهای ورودی مدل آماری است. به عبارت دیگر، روشی برای تغییر سازمان یافته (سیستماتیک) ورودی‌های یک مدل آماری بوده و می‌تواند به پیش‌بینی تأثیرات این تغییرات بر خروجی مدل بپردازد. این تحقیق با سه تحقیق دیگر مقایسه شد تا بتوان مزایای تحقیق حاضر را به دست آورد. مقایسه این تحقیق با برتازی و همکاراش نشان‌دهنده این است که تحویل مستقیم محصولات از کارخانه به مشتریان براساس مسیر k را در نظر گرفتند که در آن، مسیر k در واقع مسیر وسیله نقلیه با حداکثر k مشتری موجود در مسیر است اما در این تحقیق، زمان‌بندی هنگامی آغاز می‌شود که نخستین تریلی به اولین داک آزاد اختصاص یابد. اپراتوری به همراه لیفتراک مسئول انجام عملیات تخلیه در منطقه مشخص است. مقایسه این تحقیق با ناگوئیرا و همکارانش نشان دهنده این است که مسئله توالی کامیون چند داکه را در مرکز کراس داکینگ در نظر گرفتند و هدف آن‌ها در واقع به حداقل رسانی فاصله معین بود، اما در این مقاله، مدل ریاضی برای سیستم لجستیک ورودی کراس داک ارائه شده است. هدف مدل ریاضی پیشنهادی در واقع به حداقل رساندن هزینه سیستم لجستیک ورودی کراس داک است. مقایسه این تحقیق با مقاله تیرکولائی و همکارانش (۲۰۲۰)، نشان‌دهنده این است که به دنبال معرفی مسأله قابل اطمینان مسیریابی آلودگی به همراه انتخاب کراس داک هستند که در آن، محصولات حداقل از

طریق یک کراس داک پردازش و حمل می‌گردند، اما در این مقاله، مدل ریاضی نسبت به رویکرد زمان‌بندی تریلی و رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی ارائه می‌گردد تا بتوان به ارائه راه حلی بهینه پرداخته و کل زمان عملکرد لجستیک مورد انتظار و هزینه‌های لجستیک را کاهش داد. نکات زیر برای تحقیقات آتی توصیه می‌گردد.

- ✓ استفاده از رویکردهایی مانند رویکردهای احتمالی و فازی به منظور در نظرگیری عدم اطمینان
- ✓ حل مدل با استفاده از رویکرد ترکیبی فرا ابتکاری دیگر مانند ترکیب بهینه سازی ازدحام ذرات، جستجوی ممنوعه و غیره
- ✓ مکان‌یابی و مسیریابی خودروها در مراکز کراس داک و به حداقل رساندن کل زمان حمل و نقل
- ✓ در نظر گرفتن انواع همکاری در زنجیره تامین امداد بحران همانند همکاری در تبادل اطلاعات و...
- ✓ در نظر گرفتن کالاها و یا وسایل نقلیه جایگزین در مواقع لزوم و خرابی آن ها

فهرست منابع

Al Chall, Ghewa. "Simulation Modeling of Cross-Dock and Distribution Center Based Supply Chains." (2020).

Archetti, C., Coelho, L. C., & Speranza, M. G. (2019). An exact algorithm for the inventory routing problem with logistic ratio. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 131, 96-107.

Babics, T. (2005). Cross-docking in the sales supply chain: integration of information and communication (I+C) relationships. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 33(1-2), 69-76.

Bertazzi, L., & Ohlmann, J. W. (2020). Direct k-routing versus cross-docking: worst-case results. Optimization Letters, 1-8.

Birasnav, M., Kalaivanan, S., Ramesh, A., & Tibrewala, R. (2020). Routing vehicles through cross-docking facility for third party logistics service providers. International Journal of Operational Research, 38(2), 255-277.

Boysen, N. (2010). Truck scheduling at zero-inventory cross docking terminals. Computers & Operations Research, 37(1), 32-41.

Brockman, T. (1999). 21 warehousing trends in the 21st century. IIE solutions, 31(7), 36-41.

De, M., & Giri, B. C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 133, 101813.

Dong, J., Jiang, L., Lu, W., & Guo, Q. (2021). Closed-loop supply chain models with product remanufacturing under random demand. Optimization, 70(1), 27-53.

Eskigun, E., Uzsoy, R., Preckel, P. V., Beaujon, G., Krishnan, S., & Tew, J. D. (2005). Outbound supply chain network design with mode selection, lead times and

capacitated vehicle distribution centers. European Journal of Operational Research, 165(1), 182-206.

Fu, R., Qiang, Q. P., Ke, K., & Huang, Z. (2021). Closed-Loop Supply Chain Network with Interaction of Forward and Reverse Logistics. Sustainable Production and Consumption.

Gelareh, S., Glover, F., Guemri, O., Hanafi, S., Nduwayo, P., & Todosijević, R. (2020). A comparative study of formulations for a cross-dock door assignment problem. Omega, 91, 102015.

Gue, K. R .(2020). Crossdockind Just-In-Time for Distribution". GraduateSchool of Business & Public Policy Naval Postgraduate School, Monte-rey, http. web. nps. navy. mil.

Karia, N. (2019). Halal logistics: practices, integration and performance of logistics service providers. Journal of Islamic Marketing.

Kloos, K., & Pibernik, R. (2020). Allocation planning under service-level contracts. European Journal of Operational Research, 280(1), 203-218.

Kovács, G., & Spens, K. M. (2020). Relief Supply Chain Management for Disasters: Humanitarian, Aid and Emergency Logistics. Simulation, 436.

Larimi, N. G., & Yaghoubi, S. (2019). A robust mathematical model for platelet supply chain considering social announcements and blood extraction technologies. Computers & Industrial Engineering, 137, 106014.

Li, B., Wang, Y., & Wang, Z. (2021). Managing a closed-loop supply chain with take-back legislation and consumer preference for green design. Journal of Cleaner Production, 282, 124481.

Liao, T. W. (2020). Integrated Outbound Vehicle Routing and Scheduling Problem at a Multi-Door Cross-Dock Terminal. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

Lively, G. S., Bradley, M., & Sullivan, P. (2020). U.S. Patent No. 10,614,411. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

McWilliams, D. L., Stanfield, P. M., & Geiger, C. D. (2008). Minimizing the completion time of the transfer operations in a central parcel consolidation terminal with unequal-batch-size inbound trailers. Computers & Industrial Engineering, 54(4), 709-720.

Napolitano, M. (2000). Making the move to cross docking: A practical guide to planning, designing, and implementing a cross dock operation. Warehousing Education and Research Council.

Nasr, A. K., Tavana, M., Alavi, B., & Mina, H. (2021). A novel fuzzy multi-objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains. Journal of Cleaner Production, 124994.

Nogueira, T. H., Coutinho, F. P., Ribeiro, R. P., & Ravetti, M. G. (2020). Parallel-machine scheduling methodology

for a multi-dock truck sequencing problem in a cross-docking center. Computers & Industrial Engineering, 106391.

Noham, R., & Tzur, M. (2018). Designing humanitarian supply chains by incorporating actual post-disaster decisions. European Journal of Operational Research, 265(3), 1064-1077.

Ren, S., Choi, T. M., Lee, K. M., & Lin, L. (2020). Intelligent service capacity allocation for cross-border-E-commerce related third-party-forwarding logistics operations: A deep learning approach. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 134, 101834.

Rijal, A., Bijvank, M., & de Koster, R. (2019). Integrated scheduling and assignment of trucks at unit-load cross-dock terminals with mixed service mode dock doors. European Journal of Operational Research, 278(3), 752-771.

Rohrer, M. (1995, December). Simulation and cross docking. In Winter Simulation Conference Proceedings, 1995. (pp. 846-849). IEEE.

Rosenbaum, L. (2020). Facing Covid-19 in Italy—ethics, logistics, and therapeutics on the epidemic's front line. New England Journal of Medicine, 382(20), 1873-1875.

Sayed, S. I., Contreras, I., Diaz, J. A., & Luna, D. E. (2020). Integrated cross-dock door assignment and truck scheduling with handling times. TOP, 1-23.

Son, D., Kim, S., & Jeong, B. (2021). Sustainable part consolidation model for customized products in closed-loop supply chain with additive manufacturing hub. Additive Manufacturing, 101643.

Tirkolaee, E. B., Goli, A., Faridnia, A., Soltani, M., & Weber, G. W. (2020). Multi-Objective Optimization for the Reliable Pollution-Routing Problem with Cross-Dock Selection using Pareto-based Algorithms. Journal of Cleaner Production, 122927.

Van Berkum, S. (2012). Serbia on the road to EU accession: Consequences for agricultural policy and the agri-food chain. CABI.

Wierbowski, S. D., Wingert, B. M., Zheng, J., & Camacho, C. J. (2020). Cross-docking benchmark for automated pose and ranking prediction of ligand binding. Protein Science, 29(1), 298-305.

Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. International Journal of Production Research, 58(1), 18-43.

Wu, C. H. (2021). A dynamic perspective of government intervention in a competitive closed-loop supply chain. European Journal of Operational Research.

Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 135, 101864.

Zhang, L. (2020). Optimisation et simulation d'une plate-forme gérée en cross-dock.