

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI  
YAYINIDIR

3 Ayda Bir Yayınlanır  
Yerel Süreli Yayın  
Hakemli Bir Dergidir

TEMMUZ-ARALIK 2018  
July/December

Cilt / Vol: 29 Sayı / No: 3-4

Makina Mühendisleri Odası Adına Sahibi  
**Publisher**  
Yunus YENER

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / *Executive Editor*  
Yunus YENER

Yayın Sekreteri / *Editorial Secretary*  
Aylin Sıla AYTEMİZ

Baş Editör / *Editor in Chef*  
Ferda Can ÇETİNKAYA - Çankaya Üniversitesi

Yardımcı Editörler / *Associate Editors*  
Özgür YALÇINKAYA - Dokuz Eylül Üniversitesi  
Güzin ÖZDAĞOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi

Yayın Kurulu / *Editorial Board*  
Bülent DURMUŞOĞLU - İstanbul Teknik Üniversitesi  
Aydın KAYNARCA - Ortaoğu Teknik Üniversitesi  
Olca POLAT - Pamukkale Üniversitesi

Yayın Danışma Kurulu / *Editorial Advisory Board*  
Cafer ÇELİK - Atatürk Üniversitesi  
Emin KAHYA - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fikri EGE - Toros Üniversitesi  
Hakan ÖZCAN - Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Kemal YILDIZLI - Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Zerrin ALADAĞ - Kocaeli Üniversitesi

Redaksiyon / *Redaction*  
Burak KAYAOĞLU

Teknik Sorumlu / *Technical Manager*  
Mehmet AYDIN

Sayfa Tasarımı / *Page Design*  
Münevver POLAT

Baskı / *Printed By*  
Ankamat Matbaacılık Sanayi Ltd. Şti.  
30. Cadde 538. Sokak No:60  
İvedik Organize Sanayi - ANKARA  
Tel: (0 312) 394 54 94

Baskı Sayısı / *Circulation*  
1.500

Baskı Tarihi / *Publishing Date*  
14 Şubat 2019

Yönetim Yeri / *Head Office*  
TMMOB Makina Mühendisleri Odası  
Meşrutiyet Cad. 19/6. Kat Kızılay-ANKARA  
Tel: 0 850 495 0 666 (06)  
Fax: 0 312 417 86 21  
e-posta: yayin@mmo.org.tr  
http://www.mmo.org.tr/endustri



Endüstri Mühendisliği dergisi EBSCO Veri Tabanında ve ayrıca  
International Abstracts in Operations Research tarafından taranmaktadır.

## S U N U Ş

Değerli Okuyucularımız,

2018 yılının ilk sayısında iki makaleyle birlikte makale gönderim Online Makale Yönetim Sistemimiz ve geçtiğimiz yılın hakem listesi, yazı dizini yer almaktadır.

Bu sayımızda yer alan ilk makale, Orta Doğu Teknik Üniversitesinden Haldun Sural, Bahar Çavdar ve Jeroen Wouter De Boer tarafından yazılan “Santa Fe-Endonezya için Çok-Seferli Araç Rotalama Problemi için Kurucu Bir Mat-Sezgisel” başlıklı çalışmadır. Makalede, çok-seferli araç rotalama probleminin (VRPM) gerçek hayattaki bir uygulaması ile motive edilmiştir. VRPM, her aracın sadece tek bir yolculuk yapabileceği varsayımını gevşetir. Bu problem tipi birçok uygulama için daha uygun olsa da, VRPM ile ilgili literatür araç rotalama probleminin diğer çeşitleriyle karşılaştırıldığında sınırlıdır. Bu çalışmada, belirli bir küme kaplama yaklaşımına dayanan kurucu bir mat-sezgisel yöntemi geliştirilmiş ve daha kapsamlı bir VRPM varyantı için sayısal deneylerin sonuçları sunulmuştur.

Eskişehir Teknik Üniversitesinden Nergiz Kasımbeyli ve Duygu Demirci tarafından yazılan “Bir Boyutlu Kesme Problemi için Üç Amaçlı Bir Matematiksel Model ve Çözüm Algoritması” başlıklı ikinci makalede, söz konusu problem için önceden kesme planları kümesi oluşturulmaksızın, yeni bir üç amaçlı matematiksel model önerilmiştir. Amaç fonksiyonları, kesme kayıpları, farklı ana malzeme türü sayısı ve talep fazlası kesilen ürün miktarları minimize edilecek şekilde formüle edilmiştir. Geliştirilmiş olan matematiksel model için çözüm algoritması sunulmuş ve hem model hem de algoritma test problemleri üzerinde yorumlanmıştır.

Dergimizde yayımlanan makalelere <http://www.mmo.org.tr/endustri> adresinden erişebilir; makale ve yazılarınızı <http://omys.mmo.org.tr/endustri> adresinden bize iletebilirsiniz.

Dergimizin bu sayısında çalışmalarına yer verdiğimiz yazarlara ve çalışmaların değerlendirme sürecine katkı sağlayan hakemlerimize teşekkür ederiz.

İyi okumalar dileğiyle,

**TMMOB Makina Mühendisleri Odası**

**Yönetim Kurulu**



# A CONSTRUCTION MATHEURISTIC FOR MULTI-TRIP VEHICLE ROUTING PROBLEM AT SANTA FE-INDONESIA

Jeroen Wouter De Boer, Bahar Çavdar, Haldun Süral\*

Department of Industrial Engineering, METU  
bcavdar@metu.edu.tr, sural@ie.metu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.10.2017; Kabul Ediliş Tarihi: 12.12.2018

## ABSTRACT

This study is motivated by a real-life application of the multi-trip vehicle routing problem (VRPM). The VRPM relaxes a strong assumption that each vehicle can perform only a single trip. Even though this problem setting is more suitable for many applications, the literature on the VRPM is limited compared to the other variants of the Vehicle Routing Problem. In this paper, we propose a construction matheuristic based on a set covering approach, and provide the results of computational experiments for a more involved variant of VRPM.

**Keywords:** Vehicle routing, matheuristic, real-life application

## SANTA FE-ENDONEZYA İÇİN ÇOK-SEFERLİ ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN KURUCU BİR MAT-SEZGİSEL

### ÖZ

Bu çalışma, çok-seferli araç rotalama probleminin (VRPM) gerçek hayattaki bir uygulaması ile motive edilmiştir. VRPM her aracın sadece tek bir yolculuk yapabileceği varsayımını gevşetir. Bu problem tipi birçok uygulama için daha uygun olsa da, VRPM ile ilgili literatür Araç Rotalama Probleminin diğer çeşitleriyle karşılaştırıldığında sınırlıdır. Bu çalışmada, belirli bir küme kaplama yaklaşımına dayanan kurucu bir mat-sezgisel yöntemi geliştirilmiş ve daha kapsamlı bir VRPM varyantı için sayısal deneylerin sonuçları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Araç rotalama, mat-sezgisel, gerçek hayat uygulaması

\* İletişim yazarı

## 1. INTRODUCTION

The vehicle routing problem (VRP) and its variants have been vastly studied in the literature. Most of the studies assume that vehicles will be assigned to a single route. However, when the number of vehicles is rather limited as it is observed in the small-sized logistics companies or the vehicles have small capacities because of the traffic regulations, this assumption does not hold. So, we may need to assign multiple routes to a vehicle while determining the minimum-cost routes.

There are many applications where the multi-trip VRP (VRPM) is suitable. Distribution problems in city logistics are of that kind since generally only small-capacity vehicles are allowed in urban areas by laws and regulations. For example, the routing problem for online grocery shopping is a specific application of the VRPM gaining popularity especially in cities that has to use small vehicles to meet such regulations and customer requirements in a timely manner.

Despite the number of applications which can benefit from the VRPM setting, this problem has not received as much attention as the other variants of the problem in the literature. Taillard et al. [13] propose a three-step tabu search heuristic. They assume a fixed number of vehicles with a limit on the planning period duration. Brandao and Mercer [3] compare the results of their tabu search algorithm with Taillard et al. [13]. Although they do not provide the details on the solution quality, they report that their approach outperforms the competitors on the infeasible instances. Salhi and Petch [11] propose a multi-step heuristic that iteratively generates a diverse set of routes to increase the chance of finding better solutions. Olivera and Viera [8] develop an algorithm based on adaptive memory programming principle. Yang and Tang [14] introduce a filter and fan approach to the problem. They first create an initial solution using a tabu search based on insertion, swapping, and 2-opt, then improve the solution using a dynamic local search procedure. Mingozzi et al. [7] present an exact method which is based on set-partitioning. Cattaruzza et al. [4] develop a hybrid genetic algorithm for the problem. They adapt the split procedure developed by Prins [9] and introduce a new local search operator.

The studies integrating the time-windows to the problem are much more recent. Azi et al. [1] propose the first exact solution method for the VRPM with time-windows (VRPMTW). They use column generation embedded in a branch and price algorithm. Hernandez et al. [6] provide a two-phase exact algorithm for the VRPMTW. They enumerate the routes subject to the maximum allowable duration in the first phase and choose the best set of routes by a branch and price approach in the second phase. Azi et al. [2] propose an adaptive large neighborhood search. The underlying mechanism is to destroy a part of the current solution and reconstruct it to obtain a better solution.

Although these methods in the literature are very competitive in terms of the solution quality, it is still challenging to solve large instances in reasonable times. Moreover, the problems in practice often pose scenarios that are considerably more complicated than the ones studied in the literature. For instance, to the best of our knowledge, there is no study in the literature on the VRPM with time windows and pickup and delivery. Motivated by a real-life problem provided by a distribution company in Jakarta which runs a milk run system with their heterogeneous feet, in this paper, we present a set covering-based construction matheuristic for an inclusive variant of the VRPM. Since many express delivery companies run a milk run system with a large feet of vehicles as high utilization rate is one of the main goals, the insights drawn from the case study may apply to the express delivery industry.

The rest of the paper is organized as follows. In Section 2, we describe Santa Fe case study in detail. In Section 3, we present our set covering-based construction matheuristic. In Section 4, we propose new methods to create routes and present the computational results. Finally, we present our final remarks in Section 5.

## 2. DESCRIPTION OF THE CASE STUDY

Santa Fe Indonesia is a company that offers relocation services to individuals as well as companies. They have a single warehouse in South Jakarta and heterogeneous feet to perform three different types of transportation, namely inbound shipments, outbound shipments and

local moves.

Inbound shipments arrive at the (air)port of Jakarta and once released from customs, they are brought to the warehouse. These shipments are then prepared to be transported to their final destinations in Jakarta (or beyond). Most shipments arrive in containers at the port of Jakarta. After custom procedures are completed, shipments are released and transported to the warehouse. Goods are transferred to liftvans and delivered to the final destination upon request of the customer. Outbound shipments are packed into liftvans at the site of origin, and then transported to the warehouse. Here the shipment is prepared for air or sea-freight transportation. The last type of transport is local moves; both the origin and the destination are located within the neighborhood of Jakarta office. These shipments may be transported to the destination directly or via the warehouse.

Although, Santa Fe is serving a small number of customers, the problem they face is quite inclusive. Inbound shipments must be handled at a predetermined time interval after custom operations are done. Similarly, outbound shipments are scheduled for specific vessels, so they need to arrive at the airport accordingly. The vehicle fleet consists of three types of vehicles,  $K = \{1, \dots, k^1, k^1+1, \dots, k^2, k^2+1, \dots, k^3\}$ , where  $k^p$  is the number of vehicles of type  $p$ . The vehicle distinction is based on the capacity differences. The customer set is partitioned into two:  $N_1$  is the set of customers with positive demand (delivery) and  $N_2$  is the set of customers with negative demand (pick-up). The company generally allows a route to have either only delivery or pickup customers. This is motivated by the fact that many companies in the express delivery industry use milk run systems as helps to decrease the inventory holding cost, balance the utilization and work-load of the vehicles, and increase the speed of transportation.

Most shipments involve household goods including appliances, consumer electronics and other fragile items. Valuable items need to be placed into custom-made wooden crates before transportation. So, intense labor is required at the origin and the destination site. For this reason, a joint crew and routing approach would be suitable since an item could not be transported before it

is carefully packed. However, in this case study we do not take the crew assignment into consideration because temporary crew members can be hired at all times with small cost if needed. We consider regular crew working hours a day, though.

In Santa Fe case, the main reason behind assigning multi-trips to the vehicles is the capacity restriction. Having to connect the routes to arriving and departing flights is another reason since it is not preferable or feasible to carry a package scheduled for an afternoon flight all day in the truck. In addition to those, there are many other operational constraints and regulations motivating the multi-trip vehicle routes. Companies may need to limit the total value of the items they carry on a vehicle due to insurance purposes. For example, one of the services of Brinks is providing cash distribution to ATM's from banks. In such kind of operations, lowering the risk of theft becomes as important as providing a fast service, which motivates carrying less on a vehicle and operating multiple trips. Similarly, safety regulations in city logistics may also require making the distributions in smaller amounts. For example, distribution of oil to gas stations is subject to such regulations.

### 3. A SET COVERING-BASED CONSTRUCTION MATHEURISTIC

We represent the problem on a graph  $G = (N, A)$  where  $N = \{0, \dots, n\}$  is the set of nodes and  $A$  is the set of arcs. Node 0 corresponds to the depot while others correspond to customers.

The matheuristic we propose uses a set covering approach: We first construct a set of feasible routes,  $J$ , and then choose a subset to ensure that each customer is visited once while obeying the allowable service time for each vehicle with minimum cost.

While generating the set of feasible routes, a route is allowed to have either only a delivery or pickup nodes to align with the company operations. Managing the heterogeneous vehicle capacities requires partitioning the route set  $J$ . The capacity-based partition is as follows:  $J = \{1, \dots, r^1, r^1+1, \dots, r^2, r^2+1, \dots, r^3\}$ , where  $J_p = \{1, \dots, r^p\}$  is the set of routes

that can be assigned to vehicles of type  $p$  ( $p^{\text{th}}$  smallest capacity). Note that  $J_1 \subseteq J_2 \subseteq J_3$  since each route in  $J_1$  that can be served by a vehicle having the smallest capacity can also be served by a vehicle with medium or large capacity as well. The set covering formulation ensures the optimal solution if  $J$  includes all feasible routes, yet solving the problem may not be feasible considering the computation-time requirements in practice. Therefore an effort must be made to choose small number of high-quality routes into set  $J$ . For a given set of feasible routes  $J$ , the set covering [SC] formulation for the problem described in the previous section is as follows:

$$\begin{aligned}
 \text{[SC]} \quad & \min \sum_{k \in K} \alpha_k & (1) \\
 \text{s. to} & & \\
 & \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{h \in H} \alpha_{ij} x_{jk}^h \geq 1 & \forall i \in N_1 \cup N_2 & (2) \\
 & \sum_{j \in J} x_{jk}^h \leq 1 & \forall h \in H, k \in K & (3) \\
 & x_{jk}^h \geq x_{jk}^{h+1} & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (4) \\
 & \tau_k^h + t_j - M(1 - x_{jk}^h) \leq \tau_k^{h+1} & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (5) \\
 & e_j x_{jk}^h \leq \tau_k^h \leq l_j x_{jk}^h & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (6) \\
 & \tau_k^h + t_j - M(1 - x_{jk}^h) \leq T + \alpha_k & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (7) \\
 & x_{jk}^h \geq 0 & \forall h \in H, k \in \{1, \dots, k^1\}, j \in J \setminus N_1 & (8) \\
 & x_{jk}^h = 0 & \forall h \in H, k \in \{1, \dots, k^2\}, j \in J \setminus N_2 & (9) \\
 & \tau_k^h \geq 0 & \forall h \in H, k \in \{1, \dots, k^2\} & (10) \\
 & x_{jk}^h \in \{0, 1\} & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (11) \\
 & \alpha_k \geq 0 & \forall h \in H, k \in K, j \in J & (12)
 \end{aligned}$$

where parameter  $t_j$  is the duration of route  $j$ ,  $e_j$  and  $l_j$  are the earliest and latest dispatching times of route  $j$ ,  $T$  is the total allowable duration of routes assigned to a vehicle,  $K$  is the number of vehicles,  $H$  is the maximum number of routes that can be assigned to a vehicle. By slightly abusing the notation, we use  $K$  and  $H$  also for the set of vehicles and set of routes that can be assigned to a vehicle, respectively. Recall that  $N_1$  is the set of nodes with positive demand and  $N_2$  is the set of nodes with negative demand.  $a_{ij}$  is a binary parameter whose value is 1 if node  $i$  is on route  $j$ , 0 otherwise.  $M$  is a big number.  $x_{jk}^h$  is the binary decision variable that equals 1 if vehicle  $k$  serves on route  $j$  in the  $h^{\text{th}}$  order within its tour. The nonnegative continuous decision variables are  $\tau_k^h$  and  $\alpha_k$ .  $\tau_k^h$  is the starting time of the  $h^{\text{th}}$  route served by vehicle  $k$  and  $\alpha_k$  denotes the maximum allowable overtime for vehicle  $k$ . The

objective function (1) minimizes the total overtime. Constraints (2) impose visiting each customer node. Constraints (3) assign at most one route to a position. Constraints (4) prevent assigning a route to position  $h+1$  before any assignment to  $h$  is done. Constraints (5)-(7) ensure that each route starts between its earliest and latest dispatching time. Constraints (8) and (9) ensure the load-vehicle compatibility. Constraints (10) and (12) are nonnegativity and constraints (11) are the binary set constraints.

Note that in SC model, as suggested by the real routes provided by Santa Fe in the next section, we assume that the time windows are large enough such that changes in the truck dispatching time do not affect the duration of a route. Otherwise, depending on the truck dispatching time  $\tau_k^h$ , waiting at a customer node would differ and constraints (5)-(7) would not work as intended, so necessary adjustments should be carried out.

## 4. COMPUTATIONAL RESULTS

In this section, we present the computational results of the matheuristic based on an SC approach. Since there is no study in the literature which focuses on the same SC problem faced by Santa Fe, we do not have a direct comparison basis. Therefore, we simplify our model ignoring the time windows and assuming a homogeneous vehicle fleet. We compare our results with the best solutions presented in Rochat and Taillard [10] on some instances so that we can develop a sense of performance of the SC approach.

We first describe the methods we use to create the set of feasible routes  $J$ , and then present the simplified SC formulation. The first group of methods we use to generate feasible routes are the ones from literature. These are namely savings heuristics [5], insertion heuristic [12] and route-first cluster-second method. In route-first cluster-second method, given a VRPM instance, we first solve the traveling salesman problem (TSP) in the route-first phase for the entire node set. Then, following the order of the nodes on the TSP tour and obeying the vehicle capacity and maximum duration constraints, we create the feasible routes. That is, each feasible route  $r_{ij}$  which starts from the depot and visits all



the nodes between  $(i+1)^{\text{th}}$  and  $j^{\text{th}}$  nodes on the giant tour is accepted to the set  $J$ , where  $0 \leq i < j$ . In addition to these classical methods, we also use some new methods to enrich the feasible route set  $J$  avoiding to increase the cardinality undesirably. These methods can be listed as follows.

**1. Modified savings algorithm:** Instead of computing the savings just considering the distances as in the classical savings algorithm, we also consider the polar angles between the nodes and the depot while merging the routes with the aim of decreasing the zigzags around the depot. We compute the savings in this modified version as follows:

$$s_{ip} = \begin{cases} d_{oi} + d_{op} - d_{ip}, & \text{if } \theta_i = \theta_p \\ (d_{oi} + d_{op} - d_{ip}) \frac{2\pi}{\theta_i - \theta_p}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

where  $d_{ip}$  is the distance between nodes  $i$  and  $p$  and  $\theta_i$  is the polar angle between node  $i$  and the depot.

**2. Distance - polar angle insertion:** While generating the routes using the insertion method, we first initialize a route, then at each iteration we determine the next node  $u$  to insert between nodes  $i$  and  $p$  on the existing routes. In our insertion methods, we use different rules than the ones in the literature. Distance - polar angle insertion method considers the polar angle difference between the nodes  $i$  and  $u$  in addition to the increase in the distance caused by this insertion. The criterion we use for this insertion rule is as follows:

$$c_{ip}^u = (d_{iu} + d_{up} - d_{ip})(\theta_i - \theta_u) \quad (14)$$

At each iteration, we choose the nodes  $(i, u, p)$  with the minimum  $c_{ip}^u$  for insertion.

**3. Segment -polar angle insertion:** In this method, we define a new criterion to determine the next node to insert into the existing routes. Assuming that all the nodes in the node set are enclosed with a circle whose diameter is the maximum node-to-node distance, we try to minimize the movements between the segments along with the movements around the polar angle with the depot. For this purpose, we use the following criterion to measure the movement while inserting node  $u$  between nodes  $i$  and  $p$  as follows:

$$c_{ij}^u = \frac{|d_{oi} - d_{ou}| |\theta_i - \theta_u| + |d_{oj} - d_{ou}| |\theta_j - \theta_u| - |d_{oi} - d_{oj}| |\theta_i - \theta_j|}{d_{max} \theta_{max}} \quad (15)$$

where  $d_{max}$  is the maximum distance in the graph and  $\theta_{max}$  is the maximum polar angle between the customer nodes and the depot node.

**4. Route -patching:** In the SC formulation, we try to keep the number of routes in set as small as possible due to computation-time concerns. Even though small number of arcs can result in infeasibility, increasing the number of routes to ensure feasible solutions can be avoided by generating *node-patches* for the existing routes. We create the node-patches as follows. After generating the routes according to the aforementioned rules, for each node  $u$  we search for a possible insertion with the minimum-cost. The cost of insertion is the increase in the distance. Node  $u$  can be patched to a current route only if the vehicle capacity and the allowable route duration limit are not violated in the case of patching and it is not already on that route. By using node-patching we avoid generating more routes and storing more data. We denote the set of node-patches by  $J^p$ .

Having defined the route generation rules, the simplified SC formulation is as follows:

$$[\text{Simplified SC}] \quad \min \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_j x_j^k \quad (16)$$

s. to

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \alpha_{ij} x_j^k \geq 1 \quad \forall i \in V \quad (17)$$

$$\sum_{j \in J} c_j x_j^k \leq T \quad \forall k \in K \quad (18)$$

$$x_r^k \leq x_j^k + (1 - b_{rj}) \quad \forall r \in J^p, k \in K, j \in J \quad (19)$$

$$x_j^k w_j + \sum_{r \in J^p} (w_r b_{rj} x_r^k) \leq C \quad \forall r \in J^p, k \in K, j \in J \quad (20)$$

$$x_j^k \in \{0, 1\} \quad \forall k \in K, j \in J \quad (21)$$

where  $b_{rj}$  is a binary parameter which equals to 1 if route  $r$  is patched to route  $j$ , 0 otherwise,  $c_j(w_j)$  is the total cost (demand) of the customers on route  $j$ ,  $C$  is the vehicle capacity,  $V$  is the set of nodes.  $x_j^k$  is the binary decision variable that equals to 1 if route  $j$  is assigned to vehicle  $k$ . The objective function (16) minimizes the travel distance. Constraints (17) make sure that each node is visited, and constraints (18) ensure that allowable duration for a vehicle is obeyed. Constraints (19) impose that a patched route cannot be chosen unless the route

it is patched to is chosen. Constraints (20) satisfy that the total demand on a route and its patches will not exceed the vehicle capacity. Constraints (21) are binary set constraints.

We compared the construction results of the simplified version of our set covering formulation with Rochat and Taillard [10] on the nine instances from the literature shown in Table 1. Algorithms are coded in C and the problems are solved using Cplex 12.6 on Xeon X5660 or near equivalent processors.

To generate the routes for the simplified SC model, we run the six aforementioned heuristics once for capacity  $C$ . Since the construction heuristics try to insert a node into an existing route as long as the constraints are not violated, the final routes' loads are close to the maximum allowable capacity. Therefore, it is difficult to patch a node to these routes. To create more opportunities for node-patching, we created additional routes using smaller capacities. We tested different combinations of different capacities for the six construction heuristics. To generate additional routes, we ran the savings heuristic with  $0.8C$  and Solomon's insertion heuristic [12] with  $0.5C$  and  $0.8C$  as we obtained the best results on average among the others. We also used the entire set of routes generated by the set partitioning method. The number of routes generated is determined by the number of nodes, capacity of vehicles, demand of each node, distances between the nodes, maximum allowable driving duration and number of node patched. The number of routes for each run is also provided in the Table 2 below for  $K = 1$ .  $z^{SC}$  denotes the objective function value of the model

**Table 1.** Test Instances From the Literature

Instance	Number of customers	Vehicle Capacity
CMT1	50	160
CMT2	75	140
CMT3	100	200
CMT4	150	200
CMT5	199	200
CMT11	120	200
CMT12	100	200
F11	71	30,000
F12	134	2,210

based on the SC approach,  $t(sec)$  is the computation time in seconds, and  $\#routes$  is the cardinality of the route set  $J$ .

In these experiments, as the allowable driving duration  $T$ , we used the results found by Rochat and Taillard with 10% slack, i.e.,  $T = 1.1r^{RT}$ , where  $z^{RT}$  is the solution obtained by Rochat and Taillard [10]. Despite being limited to a small number of routes, simplified SC model can still find good initial solutions in seconds. Moreover, we see that creating node-patches can improve the solution. Comparing to Rochat and Taillard [10], we see that the SC model can create good initial solutions, which would make the improvement process faster especially on larger instances.

Table 3 provides further computational results for different numbers of vehicles. We can still find solutions in less than a second for many instances.

Even though our focus is on a more involved problem, the computational results of the simplified model show that the SC approach can provide good initial solutions within very short times. This stands out as an advantage of the SC approach since the problem described in Santa Fe case study is a computationally more demanding version of the VRPM.

Having shown that the SC-based matheuristic is promising for the VRPM, we now provide computational results for Santa Fe instances, which are small in size, and the larger instances we obtained by modifying the instances in the literature. An example data for a typical working day of Santa Fe is given in Table 4. The type column specifies which kind of service is requested by the customer. *Load* is the space requested. *Time windows* indicate when the customer is available. Driving time is how long it takes from the depot to the customer location. *Service time* is the estimated material handling time at the customer site.

In Table 5, we provide the computational results. In this table,  $N$  is the number of customers,  $\#routes$  is the cardinality of route set, which is created by accepting all feasible routes due to small number of customers,  $U\%$  is the fleet utilization rate, as the ratio of the total operational time to the total time available, and  $t(sec)$  as the computation-time to solve the problem using CPLEX 10.



**Table 2.** Comparison of Simplified SC Model with Rochat and Taillard [10] with Different Number of Patches

Instance	$z^{RT}$ [10]	Simplified SC (1patch)			Simplified SC (7 patches)		
		$z^{SC}$	$t(sec)$	#routes	$z^{SC}$	$t(sec)$	#routes
CMT1	524.61	579.11*	2.99	557	571.59	3.32	857
CMT2	835.26	907.39	0.06	716	903.26	4.20	1166
CMT3	826.14	886.83	0.17	1425	886.83	0.90	2025
CMT4	1028.42	1134.74*	0.21	2156	1134.74*	5.22	3056
CMT5	1291.44	1395.74	0.26	2717	1395.74	4.21	3911
CMT11	1042.11	1071.07	0.17	2069	1068.09	0.26	2789
CMT12	819.56	828.59	0.07	1202	825.87	0.59	1802
F11	241.97	256.19	0.13	1295	256.19	0.31	1721
F12	1162.96	1219.32	0.32	2916	1219.32	8.07	3765

$$(* T = 1.15z^{RT}/K)$$

**Table 3.** Computational Results of Simplified SC Model for Different Number of Vehicles for one Node-Patch

Instance	$K$	$T$	$z^{SC}$	$t(sec)$	#routes
CMT1	1	604	579.11*	0.24	557
	2	303	579.11*	0.99	557
	3	202	597.38*	5.59	559
CMT2	1	919	907.39	0.06	716
	2	460	907.39	3.51	716
	3	307	907.39	10.26	716
CMT3	1	909	886.83	0.17	1425
	2	455	886.83	0.59	1425
	3	303	886.83	1.11	1425
CMT4	1	1198	1134.74	0.4	2156
	2	599	1134.74	2.19	2156
	3	400	1134.74	3.31	2156
CMT5	1	1421	1395.74	0.26	2717
	2	710	1395.74	0.86	2717
	3	-	-	-	-
CMT11	1	1147	1071.07	0.17	2069
	2	573	1071.07	0.76	2069
	3	382	1071.07	23.11	2070
CMT12	1	902	828.59	0.07	1202
	2	451	828.59	0.32	1202
	3	301	828.59	0.68	1202
F11	1	267	256.19	0.13	1295
	2	133	256.19	0.43	1297
	3	89	256.19	0.57	1141
F12	1	1280	1219.32	0.32	2961
	2	640	1219.32	1.47	2961
	3	-	-	-	-

$$(* T = 1.15z^{RT}/K)$$

**Table 4.** A Typical Working Day of Santa Fe

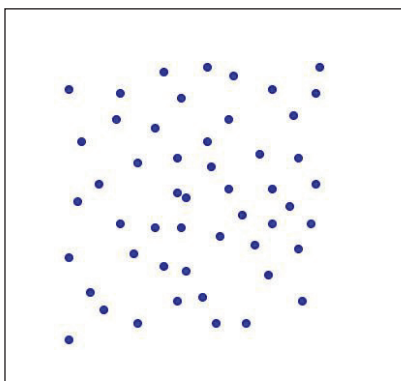
Customer	Type	Load (liftvan)	Time window	Driving time (min)	Service time (min)
1	Pick-up	4	9am - 3pm	30	90
2	Delivery	3	8am - 11am	60	60
3	Pick-up	3	12am - 4pm	60	75
4	Pick-up	1	8am - 11am	30	60
5	Delivery	1	12am - 4pm	60	90
6	Pick-up	2	8am - 4pm	90	30
7	Pick-up	2	8am - 4pm	90	30
8	Pick-up	2	8am - 4pm	90	30
9	Delivery	3	8am - 4pm	30	30
10	Delivery	3	8am - 4pm	30	30
11	Delivery	1	10am - 6pm	90	60

**Table 5.** Results of Scheduling Santa Fe activities

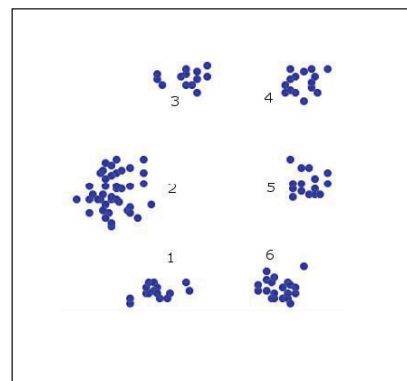
Day	$N$	#routes	$U(\%)$	$t(sec)$
1	11	22	66	6.2
2	7	18	38	1.2
3	8	20	51	1.6
4	7	18	35	1

Since the Santa Fe instances are small in size, we performed further computational experiments to better observe the behavior of our SC formulation on larger-sized problems with similar attributes. For these experiments, we generated new instances by modifying

CMT1 and CMT11. The reason we chose these two instances to modify is that CMT1 is representative of randomly distributed nodes and CMT11 is representative of clustered nodes (Figures 1 and 2).



**Figure 1.** CMT11



**Figure 2.** CMT1

For each instance, we divided the nodes into two groups such that one group contains the nodes for delivery and the other group contains the nodes for pickup. This division is done in three different ways and we name the new instances as CMT1<sub>1</sub>, CMT1<sub>2</sub>, CMT1<sub>3</sub>, CMT11<sub>1</sub>, CMT11<sub>2</sub>, and CMT11<sub>3</sub>.

To create CMT1<sub>1</sub>, CMT1<sub>2</sub> and CMT1<sub>3</sub>, the first 15, 25 and 35 customers of CMT1 are assumed to request delivery while the rest are assumed to request a pickup service respectively. To create the variants of CMT11, customers in the clusters 1-2-3, 1-3-5 and 2-4-6 are

assumed to request a delivery while the rest request a pickup service. For these new instances, we assume that there are two vehicles available with capacities C[1] and C[2], where C[1] + C[2] is equal to the original vehicle capacity for the corresponding instance, and we use the same T as before. We do not include the time window attribute since node patches cannot be used when there are time windows. The results are shown in Tables 6 and 7. For these instances, the optimal solution values are not know. Our observations regarding the behavior of the SC-based model are as follows. Required computation

**Table 6.** SC Results on Versions of CMT1

Instance	Patch	C[1]	C[2]	$z^{SC}$	$t^{SC}(sec)$	#routes
CMT1 <sub>1</sub>	1	50	110	812.35	1.02	514
	5	50	110	812.35	3.67	714
	15	50	110	812.35	26.07	1214
CMT1 <sub>1</sub>	1	60	100	840.26	1.73	475
	5	60	100	839.32	3.6	1075
	15	60	100	828.73	37.95	1175
CMT1 <sub>1</sub>	1	70	90	842.74	0.93	434
	5	70	90	842.74	4.62	634
	15	70	90	839.94	99.29	1134
CMT1 <sub>2</sub>	1	50	110	837.64	1.57	494
	5	50	110	837.64	5.51	694
	15	50	110	815.64	21.22	1194
CMT1 <sub>2</sub>	1	60	100	831.75	1.9	459
	5	60	100	831.75	3.84	659
	15	60	100	821.75	35.66	1159
CMT1 <sub>2</sub>	1	70	90	841.41	0.67	420
	5	70	90	839.62	4.48	620
	15	70	90	837.74	65.21	1120
CMT1 <sub>3</sub>	1	50	110	861.87	1.31	492
	5	50	110	859.19	4.73	692
	15	50	110	857.02	50.84	942
CMT1 <sub>3</sub>	1	60	100	871.25	1.6	456
	5	60	100	868.28	3.76	656
	15	60	100	857.4	43.7	1156
CMT1 <sub>3</sub>	1	70	90	889.26	1.21	421
	5	70	90	884.44	4.5	621
	15	70	90	876.29	80.39	1121

times to solve the SC model on these instances are still very short. Different capacity allocations result in different solutions; yet, we do not observe a pattern between the change in the vehicle capacities and the solution values. Using node-patches helps improving the solution for randomly distributed nodes (CMT1), while it has very little effect in the clustered case (CMT11). The reason is that when the nodes are clustered, the routes are more likely to be composed of the nodes belonging to the same cluster. In that case, the patching procedure will try to patch a node from another cluster and fail

due to exceeding the travel duration limit. Therefore, it becomes more difficult to find a proper patch when the nodes are clustered.

### 5. CONCLUSION

Motivated by a real-life application provided by a distribution company in Jakarta and lack of a solution method in the literature for involved multi-trip vehicle routing problems with different attributes, in this paper we study a variant of the VRPM. We present a cons-

**Table 7.** SC Results on Versions of CMT11

Instance	Patch	C[1]	C[2]	$z^{SC}$	$t^{SC}(sec)$	#routes
CMT11 <sub>1</sub>	1	50	150	1624.01	25.45	1785
	5	50	150	1624.01	39.5	2265
	10	50	150	1623.52	68.64	2865
CMT11 <sub>1</sub>	1	70	130	1693.84	17.89	1546
	5	70	130	1693.84	33.77	2026
	10	70	130	1693.45	64.98	2626
CMT11 <sub>1</sub>	1	90	110	1805.3	13.48	1346
	5	90	110	1805.3	27.65	1826
	10	90	110	1805.17	55.3	2426
CMT11 <sub>2</sub>	1	50	150	1729.18	25.48	1780
	5	50	150	1728.92	43.91	2260
	10	50	150	1728.92	75.59	2860
CMT11 <sub>2</sub>	1	70	130	1726.64	18.14	1558
	5	70	130	1726.64	34.21	2038
	10	70	130	1726.64	80.94	2638
CMT11 <sub>2</sub>	1	90	110	1807.02	14.56	1341
	5	90	110	1802.41	27.89	1821
	10	90	110	1798.13	59.5	2421
CMT11 <sub>3</sub>	1	50	150	1605.53	24.55	1800
	5	50	150	1602.4	39.36	2280
	10	50	150	1601.44	65.65	2880
CMT11 <sub>3</sub>	1	70	130	1674.31	18.71	1571
	5	70	130	1674.31	34.49	2051
	10	70	130	1671.33	60.97	2651
CMT11 <sub>3</sub>	1	90	110	1817.17	14.4	1370
	5	90	110	1816.87	29.12	1850
	10	90	110	1811.55	163.43	2450

truction matheuristic based on set covering approach. Since this is the first study on the VRPM with time windows and delivery and pickup, we did not have a direct comparison basis in the literature. Therefore, we simplified our approach and compared it with Rochat and Taillard's [10]. This comparison showed that our SC approach can provide good solutions in seconds. We presented the results for the real-life instances provided by Santa Fe and also on the instances which are created by modifying the instances from the literature which are larger in size. Even though this is not the first time a set covering approach is considered as a solution method in a routing problem, to the best of our knowledge this is the first study integrating different attributes in a VRPM

## REFERENCES

1. **Azi, N., Gendreau, M., Potvin J. Y.** 2010. "An Exact Algorithm for a Vehicle Routing Problem with Time Windows and Multiple use of Vehicles", *European Journal of Operational Research*, 202 (3): 756-763.
2. **Azi, N., Gendreau, M., Potvin J. Y.** 2014. "An Adaptive Large Neighborhood Search for a Vehicle Routing Problem with Multiple Routes", *Computers & Operations Research*, 41: 167-173.
3. **Brandao, J., Mercer, A.** 1997. "A Tabu Search Algorithm for the Multi-Trip Vehicle Routing and Scheduling Problem", *European Journal of Operational Research*, 100 (1): 180-191.
4. **Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D., Vidal, T.** 2014. "A Memetic Algorithm for the Multi Trip Vehicle Routing Problem", *European Journal of Operational Research*, 236 (3): 833-848.
5. **Clarke, G. U., Wright, J. W.** 1964. "Scheduling of Vehicles From a Central Depot to a Number of Delivery points", *Operations Research*, 12 (4): 568-581.
6. **Hernandez, F., Feillet, D., Giroudeau, R., Naud, O.,** 2014. "A New Exact Algorithm to Solve the Multi-trip Vehicle Routing Problem with Time Windows and Limited Duration", *4OR*, 12 (3): 235-259.
7. **Mingozzi, A., Roberti, R., Toth, P.** 2013. "An Exact Algorithm for the Multitrip Vehicle Routing Problem", *INFORMS Journal on Computing*, 25 (2): 193-207.
8. **Olivera, A., Viera, O.** 2007. "Adaptive Memory Programming for the Vehicle Routing Problem with Multiple Trips", *Computers & Operations Research*, 34 (1): 28-47.
9. **Prins, C.** 2004. "A Simple and Effective Evolutionary Algorithm for the Vehicle Routing Problem", *Computers & Operations Research*, 31 (12): 1985-2002.
10. **Rochat, Y., Taillard, E. D.** 1995. "Probabilistic Diversification and Intensification in Local Search for Vehicle Routing", *Journal of Heuristics*, 1 (1): 147-167.
11. **Salhi, S., Petch, R. J.** 2007. "A GA Based Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Multiple Trips", *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 6 (4): 591-613.
12. **Solomon, M. M.** 1987. "Algorithms for the Vehicle Routing and Scheduling Problems with Time Window Constraints", *Operations Research*, 35 (2): 254-265.
13. **Taillard, E. D., Laporte, G., Gendreau, M.** 1996. "Vehicle Routing with Multiple use of Vehicles", *Journal of the Operational Research Society*, 47 (8): 1065-1070.
14. **Yang, Y., Tang, L.** 2010. "A Filter-and-fan Approach to the Multi-Trip Vehicle Routing Problem", In *Logistics Systems and Intelligent Management, 2010 International Conference, IEEE*.

# BİR BOYUTLU KESME PROBLEMİ İÇİN ÜÇ AMAÇLI BİR MATEMATİKSEL MODEL VE ÇÖZÜM ALGORİTMASI

Nergiz Kasimbeyli\*, Duygu Demirci

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, İki Eylül Kampüsü, Eskişehir  
nkasimbeyli@anadolu.edu.tr, dmrcdyg@gmail.com

Geliş Tarihi: 11.06.2018; Kabul Ediliş Tarihi: 23.01.2019

## ÖZ

Bu makalede, bir boyutlu kesme ve ana malzeme seçimi problemi ele alınmıştır. Bu problemin matematiksel modelinin kurulması ve çözülmesindeki temel zorluklarından biri, kesme planlarının parametre kümesi olarak kullanılmak istenmesidir. Oluşturulması gereken kesme planlarının toplam sayısının çok fazla olması, hem kesme planları kümesinin oluşturulmasını hem de problemin çözüm sürecini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu makalede, söz konusu problem için önceden kesme planları kümesi oluşturulmaksızın, yeni bir üç amaçlı matematiksel model önerilmiştir. Amaç fonksiyonları, kesme kayıpları (fire), farklı ana malzeme türü sayısı ve talep fazlası kesilen ürün miktarları minimize edilecek şekilde formüle edilmiştir. Geliştirilmiş olan matematiksel model için çözüm algoritması sunulmuş ve hem model hem de algoritma test problemleri üzerinde yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bir boyutlu kesme problemi, ana malzeme seçimi problemi, çok amaçlı optimizasyon, kesme kaybı en küçüklenmesi

## A THREE OBJECTIVE MATHEMATICAL MODEL FOR ONE DIMENSIONAL CUTTING STOCK PROBLEM AND SOLUTION ALGORITHM

### ABSTRACT

In this paper, a one-dimensional cutting stock problem is studied. One of the main difficulties in formulating and solving mathematical models for one-dimensional cutting stock problems, is the use a set of cutting patterns as a parameter set. Since the total number of cutting patterns to be generated may be numerous, both the generation and the use of such a set, lead to computational difficulties in solution process. In this paper, a new three-objective linear integer programming model that does not use a set of cutting patterns, is formulated. The objectives are related to the trim loss amount, the total number of different standard lengths used, and the production amount that exceeds the given demand for each cutting order. A solution algorithm for the presented mathematical model is given. Both the mathematical model and the solution algorithm are illustrated on test problems.

**Keywords:** One dimensional cutting stock problem, stock size selection, trim loss minimization, multi objective optimization

\* İletişim yazarı



## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, bir boyutlu kesme ve ana malzeme seçimi problemi ele alınmıştır. Bir boyutlu kesme problemleri, genellikle ana malzeme olarak nitelendirilen uzun bir çubuktan (örneğin metal, ahşap, plastik bir çubuk veya saç rulo vb.), sipariş parçaları olarak nitelendirilen daha kısa parçaların kesilmesi problemidir. Bu tür problemlerde, daha kısa parçalar, bu parçalara olan talepler (sipariş miktarları) kadar kesilmek istenmektedir. Sipariş edilen parçalar, talepler doğrultusunda ana malzemeden kesildiğinde, ana malzemenin hiçbir siparişi karşılamayacak kadar kısa olan arta kalan kısmına fire denir. Bu firelerin toplam miktarı, her bir ana malzemeden arta kalan firelerin toplam boyutuna eşittir. Her bir ana malzemeden arta kalan ve tek başına hiçbir siparişi karşılayamayacak boyutta olan bu küçük parçalar aslında çok büyük paralar karşılığında satın alınmış olduğundan, onların da maliyeti üretici firma tarafından satılacak ürünün fiyatına eklenmek zorundadır. Daha çok fire, aslında daha yüksek üretim maliyeti demektir. Fire maliyetinin artması, üretici firmanın rekabet gücünü olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Fire maliyetinin düşürülmesi, bu yüzden önemli bir problem haline gelmektedir. Bu problem, hem optimal kesme planlarının bulunması problemi, hem de toplam kullanılan ana malzeme boyutunun minimizasyonu problemi şeklinde ele alınabilmektedir. Literatürde bu problem daha çok elde var olan tek çeşit ana malzeme türüne göre toplam fireyi minimize edecek kesme planlarının bulunması problemi şeklinde ele alınmıştır (Dyckhoff, 1990, Hinxman, 1980). Bu problem de aslında iki farklı yaklaşımla ele alınabilmektedir. Birinci yaklaşım, elde var olan ana malzeme türü ve kesilecek sipariş parçalarının boyutları dikkate alınarak ve olası “bütün” kesme planları oluşturularak, bunların içinden talepler doğrultusunda fireyi en küçükleyecek kesme planlarının seçilmesine dayanır. Fakat bu yaklaşım, olası kesme planlarının çok büyük sayıda olmasından dolayı hesapsal zorluklara neden olmaktadır (Belov ve Scheithauer, 2002) (Gasimov vd., 2007). İkinci yaklaşım ise, kesme planlarının bir parametre olarak kullanılmadığı bir yaklaşımdır. Bu durumda matematiksel model, sadece optimal kesme planlarının bulunacağı şekilde formüle edilir.

Bu makalede, birden fazla ana malzeme türünün var olduğu durumda ikinci yaklaşım kullanılmış ve hem ana malzeme türünün, hem firenin hem de talep fazlası üretimin en küçüklenmesi problemi aynı matematiksel modelde ele alınmıştır. Problemin çözülmesi için literatürde görmeye alıştığımız yaklaşım dışında bir çözüm önerisi geliştirilmiştir. Genellikle kesme problemleri, hem matematiksel modellenmeleri açısından hem de çözüm üretilmesi açısından zor olarak bilinen tam sayılı problemler sınıfına aittir. Hatta bu problemler, çözüm zorluğu açısından NP-zor (NP-hard) olarak bilinen problem sınıfına dahil edilmektedir. Bu yüzden bir boyutlu kesme ve ana malzeme seçimi problemi günümüzde de güncel problemlerden biri olup, üzerinde yoğun olarak çalışılan problemlerdendir. Literatürde bu tür problemleri çözmek için, genellikle kesme ile ana malzeme seçiminin ayrı ayrı ele alındığı yaklaşımlar daha fazla araştırılmıştır. Bu makalede sunulan çalışmanın en temel özelliklerinden biri, hem kesme probleminin hem de ana malzeme seçimi problemini aynı matematiksel modelde ele alınmasıdır. Çalışmamızın bir diğer özelliği de kesme planları kümesinin önceden türetilmesine ihtiyaç duymadan hem kesme probleminin hem de ana malzeme seçimi probleminin tek bir matematiksel modelde ele alınmasıdır. Geliştirilen model kesme planları kümesini parametre kümesi olarak kullanmamakta, sadece optimal kesme planlarının çözüm olarak üretilmesini öngörmektedir. Bir boyutlu kesme problemleri için, kesme planlarının parametre kümesi olarak kullanılmadığı ilk matematiksel model, bilgimiz dâhilinde Kasimbeyli vd. (2011) ‘nin çalışmasında ele alınmış ve sezgisel bir algoritma geliştirilerek çözümler üretilmiştir. Bu makale, Kasimbeyli vd. (2011) çalışmasının devamı olup, o çalışmada geliştirilen matematiksel modele yeni bir amaç fonksiyonu eklenmiş ve çözümleri bulmak için de benzer bir sezgisel algoritma kullanılmıştır. Kasimbeyli vd. (2011) çalışmasından farklı olarak talep fazlası üretim miktarlarının minimize edilmesi, bu çalışmada ek bir amaç fonksiyonu olarak araştırılmış ve sezgisel algoritma da bu yeni amaç fonksiyonunu da en küçükleyecek şekilde güncellenmiştir. Ayrıca, bu makalede önerilen algoritma, daha önceki çalışmada önerilen algoritmadan farklı olarak, amaçların öncelik sıralamasını da dikkate alacak şekilde ve ürün sayısı kadar kesme planı üret-

mek yerine sadece bir adet (amaçların öncelik tercihini yansıtan) kesme planı üretecek şekilde tasarlanmıştır. Bu makalede önerilen sezgisel algoritmada her üç amaç fonksiyonunun öncelik sıralamasının nasıl dikkate alınacağı ve buna bağlı olarak da bu algoritmanın farklı bir versiyonunun nasıl uygulanacağı da açıklanmıştır.

Yeni bir amaç fonksiyonunun modele eklenmesi oluşturulacak kesme planlarının etkinliği açısından oldukça önemlidir, zira model, ürün taleplerini sağlamak ve firenin küçüklüğü için bazı durumlarda talebin çok üzerinde üretim yapılmasına izin verebilmektedir. Diğer amaç fonksiyonları ile birlikte, talep fazlası üretimin de minimize edilmesi, bilginiz dâhilinde literatürde ilk kez bu makalede araştırılmıştır.

## 2. PROBLEMİN MATEMATİKSEL MODELİ

### 2.1 Parametreler

$i$  ile ana malzeme indisi işaretlenmiştir.  $m$  çeşit ana malzeme olduğu varsayılmaktadır,  $i=1, \dots, m$ ;

$j$  ile ürün çeşidi indisi işaretlenmiştir.  $n$  çeşit ürün olduğu varsayılmaktadır,  $j=1, \dots, n$ ;

$c_j$ :  $j$ . çeşit ürünün boyutu (uzunluk);

$L_i$ :  $i$ . çeşit ana malzemenin boyutu (uzunluk);

$d_j$ :  $j$ . çeşit ürüne olan talep miktarı (sayı);

$K_i$ :  $i$ . çeşit ana malzemenin üretim süresinde kullanılacak maksimum miktarı.

### 2.2 Karar Değişkenleri

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & i.\text{çeşit ana malzeme } k.\text{kez kullanılırsa,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & i.\text{çeşit ana malzeme kullanılırsa,} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$y_{ijk}$ :  $i$ . çeşit ana malzeme  $k$ . kez kullanıldığında kesilen  $j$ . ürün sayısı.

### 2.3 Matematiksel Modelin Amaç Fonksiyonları

1. Toplam fire:

$$f_1(x, y, z) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{K_i} (L_i x_{ik} - \sum_{j=1}^n c_j y_{ijk}). \quad (1)$$

2. Talepten fazla yapılan üretim miktarı:

$$f_2(x, y, z) = \sum_{j=1}^n [\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{K_i} y_{ijk} - d_j] \quad (2)$$

3. Kullanılabilir toplam ana malzeme çeşidi:

$$f_3(x, y, z) = \sum_{i=1}^m z_i. \quad (3)$$

Bu işaretlemeler dahilinde, problemin matematiksel modeli aşağıdaki şekilde formüle edilir.

### 2.4 Matematiksel Model

$$L_i x_{ik} - \sum_{j=1}^n c_j y_{ijk} \geq 0, \quad \text{her } i \text{ ve her } k \text{ için}, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{K_i} y_{ijk} - d_j \geq 0, \quad \text{her } j \text{ için}, \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^{K_i} x_{ik} \leq K_i z_i, \quad \text{her } i \text{ için}. \quad (6)$$

$$y_{ijk} \geq 0 \text{ ve tam sayı}, z_i \in \{0,1\}, x_{ik} \in \{0,1\} \quad (7)$$

Kısıtları altında;

$$\min [f_1(x, y, z), f_2(x, y, z), f_3(x, y, z)]. \quad (P)$$

(P) probleminde;

- (4) kısıtları, her bir ana malzemeden kesilecek parçaların toplam boyutunun, bu ana malzemenin boyutunu aşmamasını garantiler.
- (5) kısıtları, her bir ürünün toplam kesilecek miktarının, en az talep kadar olmasını garantiler.
- (6) kısıtları ise ilişkilendirme kısıtları olup, her bir ana malzemenin sadece seçilirse, üretimde kullanılabilirliğini garantiler.
- (7) kısıtları, modelde kullanılan karar değişkenlerinin değer kümelerini ifade eder.

Amaç fonksiyonlarını kıyaslayacak olursak, bunların çelişen amaçlar olduğu kolaylıkla anlaşılabilir. Talepten fazla üretime izin verilerek, aslında toplam firenin daha küçük olması sağlanabilir. Fakat talep fazlası üretim en küçükleştiğinde, fire artışına katlanılacak şekilde bir ödünleşimin göz önünde bulundurulması gerekiyor ki bu da çok amaçlı optimizasyonun temel unsurlarından biridir. Pratikte, talep fazlası üretimin en küçüklemediği durumlarda, fire miktarı küçük olsa da talepten fazla üretilen ürün miktarının büyük boyutlara ulaşabileceği görülmüştür ki, bu da çoğu zaman kabul edilebilir bir durum değildir, çünkü talep fazlası üretilen parçalar da yönetim tarafından fire olarak görülebilir. Benzer şekilde, birinci ve üçüncü amaç fonksiyonları da çelişen

amaçlardır, öyle ki ana malzeme türü en küçüklenmediği durumda, yani üretici firma, deposunda “her çeşit” ana malzeme bulundurabilse aslında fireyi de sınırlayabilir veya problemi sifıra yakın bir fire ile çözebilir. Fakat bunun için çok büyük miktarda ana malzeme çeşidinin depoda bulundurulması gerekir ki, pratik olarak böyle bir şeyin gerçekleşmesi mümkün olmamaktadır. Buradan hareketle, “ne kadar fire”, “kaç çeşit ana malzeme” ödünleşiminin çok iyi analiz edilmesi gerektiği anlaşılır. Benzer bir ödünleşim analizi, ikinci ve üçüncü amaç fonksiyonları arasında da yapılmalıdır. Böyle bir ödünleşim, amaç fonksiyonlarına ağırlık veya önem katsayıları verilerek yapılabilir. Fakat bu durumda da kesin çözüm yöntemlerini kullanabilmek için, ağırlık katsayılarını, başka bir deyimle karar vericinin amaç fonksiyonları açısından tercihlerini yansıtan önem derecelerini ve hatta referans noktası tercihlerini göz önünde bulundurma olanağı sağlayan skalerleştirme yöntemlerinin kullanılması gündeme geliyor. Kesme problemleri zaten zor çözülen problemler sınıfına girdiğinden, bu durum, kesin çözümlerin bulunmasını daha da zorlaştırmaktadır. Bunu göz önünde bulundurarak bu çalışmada, geliştirilmiş olan matematiksel modeli çözmek için sezgisel bir çözüm algoritması önerilmiştir.

### 3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Bu bölümde, kesme ve ana malzeme seçimi probleminin bir önceki bölümde açıklanan matematiksel modelinin çözülmesi için önerilen sezgisel algoritma açıklanacak ve algoritmanın performansı bir test problemi üzerinde tartışılacaktır.

Algoritmada, bir önceki bölümde açıklanan parametre listesine ek olarak aşağıdaki parametreler kullanılacaktır:

$s$  indisi, güncellenmiş ürün kümesindeki ilk ürünün numarası.

$h_s$ : seçilen ana malzeme türüne yerleştirilebilecek  $s$ . ürünün maksimum sayısı.

$t$ : izin verilen fire miktarı için üst sınır.

$a$ : izin verilen fire miktarını arttırmak için kullanılacak adım uzunluğu.

$d$ : talep fazlası üretilcek miktar için izin verilecek üst sınır.

$b$ : izin verilen talep fazlası üretim miktarını arttırmak için kullanılacak adım uzunluğu.

*COUNT*: güncellenmiş ürün kümesindeki “birinci” ürünün oluşturulacak kesme planındaki sayısını gösteren parametre olup, alabileceği değerler,  $COUNT = 0, 1, \dots, h_s$  şeklinde tanımlanmıştır.

Makalede araştırılan problem için geliştirilen matematiksel model tam sayılı olduğundan, talebin tam olarak belirlenen miktarının uygun çözüm alanının dışında olması beklenen bir durumdur. Bu yüzden, bütün ürünler için, talebin tam olarak sağlanacak şekilde kesme planlarının oluşturulması, her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda, talep fazlası üretime izin verilmesi istenen bir durum olmasa da buna mecbur kalınabilir. Fire miktarının, talep fazlası üretim miktarının ve kullanılacak ana malzeme sayısının en küçüklenmesi, bir biri ile çelişen amaçlar olduğundan, karar verici hangi amacın ne kadar önemli olduğunu veya hangi amaçtan ne kadar ödün verilebileceğini belirlemek durumundadır.

#### 3.1 Algoritma

**Başlangıç Adım.**  $I = \{1, \dots, m\}$  uzunluklarına göre, küçükten büyüğe sıralanmış ana malzeme çeşidi kümesi olsun.  $J = \{1, \dots, n\}$  uzunluklarına göre büyükten küçüğe sıralanmış ürün kümesi olsun. Başlangıç ürün kümesi  $J = \{1, \dots, n\}$  şeklinde tanımlandığından,  $s = 1$  olacaktır. (İlerleyen bir iterasyonda,  $J = \{2, 1, 3, 4, \dots, n\}$  olarak güncellendiğinde  $s = 2$  olacaktır ve. s.)  $COUNT = 0, i = 1, j = 1, t = 0$ , ve  $a$  parametresi için uygun bir değer seçilir (bu parametrenin değeri, ürünlerin uzunlukları ölçeği ile orantılı olarak belirlenmelidir, örneğin ürün uzunlukları santimetre cinsinden belirlenmiş ve en kısa ürün 10 cm civarında ise,  $a = 1$  cm veya 0.5 cm seçilebilir).

**Adım 1.**  $i$ . ana malzeme ve  $J$  kümesinin ilk elemanı olan  $s$ . sipariş parçası için, fire miktarı  $t$ 'yi aşmayacak şekilde olası bir kesme planı aşağıdaki şekilde oluşturulur:  $i$ . ana malzemeye yerleştirilecek  $s$ . parça için  $h_s$  değeri hesaplanır.  $h_s \times c_s \leq L_i$  ve  $h_s \leq d_s$  olacak şekilde en büyük tamsayı  $h_s$  değeri bulunur. ( $h_s - COUNT$ ) kadar ürün ana malzemeye yerleştirilir.

**Adım 2.**  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s)$  değeri hesaplanarak ana malzemeden kalan miktar bulunur. Ana malzemeden kalan miktar, sıradaki ürünün yerleştirilmesine izin veriyorsa, yani

$L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s) > c_2$  (veya  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s) < c_2$  fakat  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s) > c_3$ ) ise bu ürünün kalan miktara yerleştirilebilecek maksimum sayı olan  $h_2$  belirlenerek  $h_2$  adet 2. ürün (veya  $h_3$  adet 3. ürün), kalan miktara yerleştirilir ve s. Bu süreç, kalan miktara başka hiç bir ürün yerleştirilemeye kadar devam ettirilir.  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s + h_2 \times c_2 + h_3 \times c_3 + \dots)$  hesapla ve **Adım 3'e git.**

**Adım 3.** Eğer  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s + h_2 \times c_2 + h_3 \times c_3 + \dots) \leq t$  ise, Adım 4'e git. Değilse, yani  $L_i - ((h_s - COUNT) \times c_s + h_2 \times c_2 + h_3 \times c_3 + \dots) > t$  ise, **Adım 5'e git.**

**Adım 4.**  $(h_s - COUNT) \times c_s + h_2 \times c_2 + h_3 \times c_3 + \dots$  şeklinde bir kesme planının oluşturulabilmesi, hesaplanacak talep fazlası üretim miktarına bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenecektir. Bu planda yer alan s nolu, 2 nolu, 3 nolu ve s. ürünlerin talep miktarları  $d_s, d_2, d_3$  ve s. için  $\min\{d_s / h_s - COUNT, d_2 / h_2, d_3 / h_{3,\dots}\}$  sayısı belirlenir. Eğer p sayısı olarak bu sayıdan küçük olan en büyük tam sayı değeri seçilirse, ve  $\min\{d_s / h_s - COUNT, d_2 / h_2, d_3 / h_{3,\dots}\}$  tam sayı değilse, bu kesme planı i. ana malzemeye p kez uygulandığında  $d_s, d_2, d_3$  ve s. talep miktarlarından daha az miktar elde edilecektir. Böylece bu ürüne (veya ürünlere) olan talebi sağlayabilmek için güncellenmiş (kesilen ürün miktarını talepten çıkartarak elde edilmiş) talep miktarları için süreci tekrarlamak gerekecektir. Bu şekilde süreci devam ettirerek ve tamamen yeni bir kesme planı oluşturarak talep fazlası üretimi en küçükleme mümkün olabilmektedir. Fakat yeni bir kesme planı beraberinde yeni bir fire miktarı oluşumunu ve yeni bir ana malzeme çeşidi kullanımını gerektirebilir. Yani, p sayısı bu şekilde seçilirse, "talep fazlası üretimin en küçüklemesi" amacına, "firenin en küçüklemesi" amacına göre daha yüksek öncelik verilmiş olacaktır. Ancak p sayısı olarak  $\min\{d_s / h_s - COUNT, d_2 / h_2, d_3 / h_{3,\dots}\}$  sayısından büyük olan en küçük tam sayı değeri seçilirse, ve  $\min\{d_s / h_s - COUNT, d_2 / h_2, d_3 / h_{3,\dots}\}$  tam sayı değilse, bu kesme planı i. ana malzemeye p kez uygulandığında  $d_s, d_2, d_3$  ve s. talep miktarlarından daha fazla miktar elde edilecektir. Bu talep fazlası miktar, izin

verilen d sayısı ile kıyaslanarak planın kabulüne veya reddine karar verilir. Kabulüne karar verildiği durumda, bu adıma gelindiğinde belirlenmiş olan fire miktarı ve aynı ana malzeme çeşidinin kullanımı garanti edilmiş olacaktır. Örneğin  $\min\{d_s / h_s - COUNT, d_2 / h_2, d_3 / h_{3,\dots}\} = d_2 / h_2 = 2.3$  olsun. Bu durumda  $p=3$  olacak ve bu kesme planı 3 kez aynı ana malzemeye uygulanacak ve aynı fire miktarı 3 ile çarpılacaktır. Bu plan 3 kez uygulanırsa 2. üründen  $(3 \times h_2 - d_2)$  adet fazla kesilmiş olacak. Eğer bu fazlalık, izin verilen d sayısından küçükse bu plan, kesme planı olarak kabul edilecek ve 2. ürünün talebi tamamen karşılandığından bu ürün listeden çıkartılacaktır. Bu durumda, "firenin en küçüklemesi" amacına, "talep fazlası üretimin en küçüklemesi" amacına göre daha yüksek öncelik verilmiş olacaktır. p parametresi için olası iki versiyondan birinin seçilmesi, karar vericinin görüşüne bağlı olarak, daha az talep fazlası üretim, olası daha fazla fire miktarı ve/veya daha fazla ana malzeme çeşidi kullanımı arasında bir ödünleşimin göz önünde bulundurulması gerektirir.

Bu "kesme planı kısmının" kabul edildiği durumda **Adım 8'e git.** Eğer talep fazlası üretim, izin verilen d sayısından büyükse bu plan, kesme planı olarak kabul edilmeyecek ve bu durumda **Adım 5'e git.**

**Adım 5.**  $COUNT = COUNT + 1$  olarak güncelle. Eğer  $COUNT < h_s$  ise **Adım 1'e git.** Değilse, yani  $COUNT \geq h_s$  ise **Adım 6'e git.**

**Adım 6.**  $s = s+1$  olarak güncelle. Eğer  $s \leq n$  ise, bu durumda  $J = \{s, 1, \dots, s-1, s+1, \dots, n-1, n\}$  olacak şekilde güncelle ve Adım 1'e git; değilse, yani  $s > n$  ise, bu durumda Adım 7'ye git.

**Adım 7.**  $i = i+1$  olarak güncelle. Eğer  $i \leq m$  ise Adım 1'e git, değilse, yani  $i > m$  ise  $t = t+a$  ve  $i = 1$  olarak güncelle ve Adım 1'e git.

**Adım 8.** Adım 3'te i. ana malzemeden üretilen kesme planı kısmı C olsun. Adım 4'te bu kesme planı kısmının i. ana malzemeye p kez uygulanmasına karar verildiğini varsayalım. Bu kesme planını p kez uyguladıktan sonra talep miktarlarını ve yeni talep miktarlarına karşı gelen J ürün listesini güncelle (talepleri sıfırlanan ürünler listeden çıkartılacaktır). Eğer  $J = \emptyset$  ise bütün ürünlere olan talepler sağlanmış, elde edilen kesme planı, karar



vericinin tercihlerine cevap veren çözümdür – *Dur*. Eğer  $J \neq \emptyset$  ise güncellenmiş bu ürün listesi için *Adım 1'e git*.

### 3.2 Algoritma Üzerine Tartışma

Bu bölümde kısaca, Algoritmanın nasıl çalıştığı ve matematiksel modelde yer alan 3 adet amaç fonksiyonunun algoritma tarafından nasıl önceliklendirildiği açıklanacaktır.

Öncelikle bu makalede araştırılan problemin, daha önce de vurgulandığı üzere, Kasimbeyli vd. (2011) çalışmasının devamı olduğunun ve o çalışmada geliştirilen matematiksel modele yeni bir amaç fonksiyonu eklenerek ele alındığının bir kez daha altını çizmek istiyoruz. Matematiksel modele eklenen bu yeni amaç fonksiyonunun, çalışmaya önemli bir yenilik getirdiğini de vurgulamakta yarar var, zira bu amaç fonksiyonu olmaksızın bakılan matematiksel modelin çözümlerinde talep fazlası üretimin epey yüksek boyutlarda olabileceği açıktır ve ilerleyen bölümlerde bu durum örneklerle de desteklenmiştir. Bu çalışmada ele alınan üç amaçlı problem için kullanılan ve yukarıda kapsamlı bir şekilde tarif edilen algoritma da, Kasimbeyli vd. (2011) çalışmasında verilen algoritmanın bu yeni modele uyarlanması gibi görünse de aslında epey yenilikler içermektedir.

1. Öncelikle algoritmanın adımları gayet kapsamlı ve hiçbir soru işareti bırakmayacak şekilde tarif edilmiştir.
2. Yeni algoritma ile eski algoritma arasındaki en köklü fark, yeni algoritmanın sadece bir tane kesme planı üretmesi ve bu kesme planının da karar vericinin amaçlar arasındaki tercih önceliğini dikkate almasıdır. Algoritmanın bu konuda esnek bir yapıya sahip olması, eski algoritmadan en büyük farklılıklarından biridir. Örneğin, yukarıda açıklanan şekli ile algoritmada amaç fonksiyonlarının öncelik sırası, Adım 4'te  $p$  parametresi için seçilecek değere bağlı olarak: “Fire” – “Talep Fazlası Üretim” – “Ana Malzeme Çeşitliliği” veya “Talep Fazlası Üretim” – “Fire” – “Ana Malzeme Çeşitliliği” şeklinde olacaktır. Bu arada, eski algoritmanın, her defa çalıştırıldığında ürün sayısına eşit miktarda kesme planı ürettiğini ve amaç fonksiyonlarının tercih sırasını net bir şekilde yansıtmadığını vurgulamakta yarar var.

3. Yeni algoritmanın, amaç fonksiyonlarının önem sırasını net bir şekilde yansıtmaması, Algoritmanın 4 - 8 Adımlarında tarif edilmiştir. Öyle ki, Adım 4'te  $p$  parametresi için seçilecek değere bağlı olarak “Fire” ile “Talep Fazlası Üretim” arasında tercih yapılabilecek. Fakat “Fire” miktarı ve aynı şekilde “Talep Fazlası Üretim” istenen düzeyde sağlanmayana kadar olası tüm “COUNT” değerleri ve olası tüm  $s$  değerleri (yani güncellenmiş  $J$  kümeleri) aynı ana malzeme için deniyor. Eğer bütün COUNT değerleri ve bütün  $s$  değerleri, yani ürünlerin kesme planına hangi sırada dahil edilmesini belirleyen olası tüm  $J$  kümeleri deneyerek, fire ve talep fazlası üretim için izin verilen üst sınırları sağlayan kesme planı üretilemez ise (bakınız: Adım 5-6 ) bu durumda Adım 7'ye gidilerek bir sonraki ana malzeme deniyor. Böylece aslında ana malzeme çeşidinin de en küçüklenmesi temin edilmiş oluyor. Bu sebeptendir ki Algoritmanın yukarıda açıklanan şekli ile kullanımı, amaç fonksiyonlarının tercih sırasının 2. şıkta açıklandığı sırada olmasını sağlıyor. Sonuç itibarı ile yeni algoritma çok net bir şekilde, oluşturulacak kesme planında bütün amaç fonksiyonlarının en küçüklenmesini temin etmiş oluyor. Eski algoritmada ise, aynı “COUNT” değeri, “fire”  $\leq t$  eşitsizliği sağlanana kadar tüm ana malzemeler deniyor, olmayınca güncelleniyor.
4. Yeni algoritma ile eski algoritma arasındaki en önemli farklılıklardan birisi de, yeni algoritma, karar vericinin tercihlerini sağlayan bir tek kesme planı üretirken; eski algoritmanın ise amaç fonksiyonlarını en küçükleme sırası için tercihlere bakılmaksızın, ürün sayısı miktarda kesme planı üretilip, onların içinden seçim yapılacak şekilde tasarlanmış olmasıdır.

### 3.3 Algoritmada Ana Malzeme Çeşidinin En Küçüklenmesinin En Yüksek Önceliğe Sahip Olduğu Durumun Göz Önünde Bulundurulması

Algoritmanın yukarıda Bölüm 3.1'de açıklanan şeklinin, amaç fonksiyonlarının öncelik sırasının “Fire” – “Talep Fazlası Üretim” – “Ana Malzeme Çeşitliliği” veya “Talep Fazlası Üretim” – “Fire” – “Ana Malzeme Çeşitliliği” şeklinde dikkate alındığı, bir önceki bölümde de vurgulanmıştır. Bu bölümde, öncelik sırası değiştirilirse, algoritmanın böyle bir durumu nasıl göz önünde bulunduracağı açıklanmıştır.

“Ana Malzeme Çeşitliliği” - “Fire” – “Talep Fazlası Üretim” veya “Ana Malzeme Çeşitliliği” – “Talep Fazlası Üretim”- “Fire” önceliklerinin dikkate alınabilmesi için 3.1 Bölümünde açıklanan Algoritmada Adım 7, aşağıdaki şekilde değiştirilebilir:

**Adım 7.**  $t = t+a$  (ve gerekirse  $d = d+b$ ) olarak güncelle. Eğer  $t$  ve  $d$  değerleri, izin verilen maksimum sınır değerinden küçük ise (aynı  $i$  için) Adım 1’e git. Bu adımda fire üst değeri ile talep fazlası üretim miktarları arasında bir seçim – tercih yapılarak öncelik sırası belirlenebilir. Eğer  $t$  ve  $d$  değerleri güncellendikten sonra, izin verilen maksimum sınır değerinden küçük olmaz ise  $i = i+1$  olarak güncelle. Eğer  $i \leq m$  ise  $t = 0$  (ve gerekirse  $d = 0$ ) olarak güncelle ve Adım 1’e git, değilse, yani  $i > m$  ise DUR – KARAR: kabul edilen fire üst sınır ve talep fazlası üst sınır değerlerine karşı gelen kesme planı yoktur. Böyle bir durumla karşılaşılması son derece ekstrem bir durum olup, “fire üst sınır” ve “talep fazlası üst sınır” değerlerinin makul sınırlarda tanımlanması bu durumu önleyebilecektir.

#### 4. ÖRNEK PROBLEM VE HESAPLAMA SONUÇLARI

Önceki bölümlerde açıklanan matematiksel model ve bu modelin çözümü için geliştirilen sezgisel algoritma aşağıdaki problem üzerinde denenmiştir. Bu makalede geliştirilen matematiksel modelin ve yeni amaç fonksiyonunun rolünün vurgulanabilmesi ve sezgisel algoritmanın da performansının görülebilmesi için, problemin çeşitli versiyonlarının GAMS program paketi ile de çözümlenerek, elde edilen çözümlerin karşılaştırılabilmesi açısından, makul boyutlarda bir test problemi seçilmiştir.

##### 4.1 Test Problemi

Ana malzeme sayısı:  $m = 5$ ;

Ana malzemelerin uzunlukları vektörü:  $L = (100, 120, 130, 140, 160)$ ;

Ürün sayısı:  $n = 8$ ;

Ürün uzunlukları vektörü:  $c = (45, 36, 31, 14, 13, 12, 11, 10)$ ;

Ürün talepleri vektörü:  $d = (50, 70, 90, 30, 20, 14, 28, 10)$ .

#### 4.2 Sezgisel Algoritma ile Elde Edilen Çözüm Sonuçları

Geliştirilen sezgisel algoritmanın kullanılması ile 5 farklı “ana malzeme türünün” 4 türü kullanılmış, “talepten fazla üretim” = 0, “fire miktarı” = 68 olacak şekilde bir çözüm elde edilmiştir. Uygulanmış olan algoritmada amaç fonksiyonlarının öncelik sırası, “Talep Fazlası Üretim” – “Fire” – “Ana Malzeme Çeşitliliği” şeklinde dikkate alınmıştır, bakınız Tablo 1.

##### Algoritma ile oluşturulan kesme planı:

$[(45*1) + (10*1)] \rightarrow 10$  adet; 100 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(45*1) + (31*1) + (12*2)] \rightarrow 7$  adet; 100 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(45*1) + (11*5)] \rightarrow 5$  adet; 100 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(36*2) + (14*2)] \rightarrow 15$  adet; 100 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(36*1) + (31*1) + (11*3)] \rightarrow 1$  adet; 100 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(45*1) + (36*1) + (13*3)] \rightarrow 6$  adet; 120 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(45*1) + (31*2) + (13*1)] \rightarrow 2$  adet ; 120 cm’lik ana malzeme; fire=0;

$[(36*1) + (31*3)] \rightarrow 26$  adet; 130 cm’lik ana malzeme; fire=1;

$[(45*1) + (36*2)] \rightarrow 6$  adet; 120 cm’lik ana malzeme; fire=3;

$[(45*2) + (36*1)] \rightarrow 1$  adet; 130 cm’lik ana malzeme; fire=4;

$[(45*3)] \rightarrow 4$  adet; 140 cm’lik ana malzeme; fire=5.

Böylece 100 cm’lik ana malzeme türünden toplam 38 adet, 120 cm’lik ana malzeme türünden toplam 14 adet, 130 cm’lik ana malzeme türünden toplam 27 adet ve 140 cm’lik ana malzeme türünden toplam 4 adet olmak üzere, toplamda 83 adet ana malzeme kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Sezgisel Algoritma ile (P) Problemi (Üç Amaçlı Model) İçin Elde Edilen Çözüm Sonuçları

	Amaç Fonksiyonu Değeri
Fire	68
Talepten Fazla Üretim	0
Kullanılan Ana Malzeme Türü	4



Makalenin bundan sonraki kısmında, “Talep Fazlası Üretim” amaç fonksiyonunun ve geliştirilen algoritmanın önemini örnekler üzerinde de vurgulamak için, problemin çeşitli versiyonları araştırılmış ve çözüm sonuçları kıyaslamalı olarak yorumlanmıştır. Önce tek amaçlı problem - sadece “fire” ‘nin en küçüklendiği durum ele alınmış, daha sonra, üç amaçlı ( $P$ ) problemi, bu bölümde ele alınan örnek problem üzerinde denenmiş ve GAMS program paketi kullanılarak bulunan çözümler yorumlanmıştır.

### 4.3 Problemin Sadece Tek Amaçlı – Firenin En Küçüklenmesi Şeklinde Ele Alındığı Durum

Bu bölümde ( $P$ ) problemi (bakınız Bölüm 2), aşağıdaki (8) kısıdı eklenerek ve amaç fonksiyonları kısmı aşağıdaki şekilde değiştirilerek, yani sadece firenin en küçüklendiği şekilde ele alınmıştır:

$$\sum_{i=1}^m z_i \leq M \quad (8)$$

(4) - (8) Kısıtları altında

$$\min f_1(x, y, z) \quad (P1)$$

Burada  $M$  parametresi, olası ana malzeme çeşitlerinin en üst sayısıdır. Bu problem yukarıdaki test örneği için GAMS program paketi CPLEX çözücüsü kullanılarak çözülmüş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

#### Sonuçlar:

**Tablo 2.** ( $P1$ ) Probleminin Amaç Fonksiyonu İçin Bulunan Değer

	Amaç Fonksiyonu Değeri
Fire	16

**Tablo 3.** ( $P1$ ) Problemi İçin Elde Edilen Ana Malzeme Türleri

	Kullanılan Ana Malzeme Sayısı (Adet)
Ana Malzeme Çeşidi 1 (100 cm)	51
Ana Malzeme Çeşidi 2 (120 cm)	74
Ana Malzeme Çeşidi 3 (130 cm)	62
Ana Malzeme Çeşidi 4 (140 cm)	72
Ana Malzeme Çeşidi 5 (160 cm)	70

**Tablo 4.** ( $P1$ ) Problemi İçin Elde Edilen “Üretilen Ürün” Adetleri

	Talep (Adet)	Üretilen (Adet)
Ürün 1	50	55
Ürün 2	70	105
Ürün 3	90	523
Ürün 4	30	71
Ürün 5	20	464
Ürün 6	14	78
Ürün 7	28	794
Ürün 8	10	414

**Yorum:** Problemin amaç fonksiyonu değeri 16 olarak bulunmuştur. Fakat kesilen ürünlerin sayısına baktığımızda, talepten çok fazla üretim yapıldığı ve toplamda 5 çeşit ana malzemeden 329 adet kullanıldığı görülmüştür. Bu, gerek ana malzeme gerekse depo maliyetinin artması bakımından istenmeyen bir durumdur. Elde edilen sonucu, ( $P$ ) probleminin, sezgisel algoritma kullanılarak elde edilen sonuçla kıyasladığımızda, “Fire” = 68, “toplam kullanılan ana malzeme sayısı” = 83 ve “talep fazlası üretim” = 0 olarak bulunduğu göz önünde bulundurulursa, algoritmanın ve üç amaçlı modelin etkinliği bariz şekilde görülmüş olur.

### 4.4 ( $P$ ) Probleminin GAMS Paketi ile Bulunan Çözümlerinin Yorumlanması

Bu bölümde, makalede ele alınan ( $P$ ) problemi ve örnek test problemimiz, eşit ağırlıklar kullanılarak skalerleştirilmiş ve GAMS program paketi kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Amaç fonksiyonları için elde edilen en iyi değerler Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** ( $P$ ) Probleminin GAMS Paketi ile Bulunan Amaç Fonksiyonları Değerleri

	Amaç Fonksiyonu Değeri
Fire	74
Talepten Fazla Üretim	2
Kullanılan Ana Malzeme Türü	2

Çözüm sonucu, ürünler için elde edilen üretim miktarları Tablo 6’da verilmiştir. Tablo’dan da görüldüğü üzere, 2. ve 4. ürünlerden birer tane fazla üretilen şekilde bir çözüm bulunmuştur.

**Tablo 6.** (P) Probleminin GAMS Paketi ile Bulunan Üretim Miktarları

	Talep (Adet)	Üretilen (Adet)
Ürün 1	50	50
Ürün 2	70	71
Ürün 3	90	90
Ürün 4	30	31
Ürün 5	20	20
Ürün 6	14	14
Ürün 7	28	28
Ürün 8	10	10

Problemin bu şekilde çözdürülmesi sonucu, 1. Ana Malzemeden 35 adet, 5. Ana Malzemeden de 34 adet kullanılarak (bakınız Tablo 7) en iyi çözüm hesaplanmıştır. GAMS paketinin bütün dünyada optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilmiş olan en etkin paketlerden biri olduğu bilinmektedir. Kullanmış olduğumuz test örneğinin özellikle küçük boyutta seçilmesinin sebebi, bu problemin skalerleştirilmiş versiyonunun GAMS tarafından da kolaylıkla çözülecek en iyi çözümünün bulunabilmesidir. Bu durumda bile, GAMS ile bulunan çözümde 2 çeşit ana malzeme kullanılarak bir çözüm bulunsa da, fire miktarı (74 cm), sezgisel algoritmanın bulduğu değerden (68 cm) fazla çıkmıştır. Aslında, talepten fazla üretilen miktarların bazı işletmelerde fire olarak değerlendirildiğini de göz önünde bulundurursak, GAMS ile bulunan çözümdeki fire miktarının daha da arttığı görülmektedir (talepten fazla üretimin 2 adet  $36+14=50$  cm. olduğunu da fire miktarı  $74+50=124$  cm). Benzer şekilde “talepten fazla üretilen miktar” amaç fonksiyonu için de GAMS ile bulunan değer (2 adet), sezgisel algoritma ile bulunan değerden (0) fazla çıkmıştır.

Bunun bir sebebinin, sezgisel algoritmada amaç fonksiyonlarının önem sırasının, “talep fazlası üretim

- “fire” - “kullanılan ana malzeme sayısı” şeklinde alınması olsa da algoritmanın etkinliğinin de bir göstergesi olduğunu vurgulamak gerekir.

**Tablo 7.** (P) Probleminin GAMS Paketi ile Bulunan Ana Malzeme Miktarları

	Kullanılan Ana Malzeme Sayısı (Adet)
Ana Malzeme Çeşidi 1 (100 cm)	35
Ana Malzeme Çeşidi 2 (120 cm)	-
Ana Malzeme Çeşidi 3 (130 cm)	-
Ana Malzeme Çeşidi 4 (140 cm)	-
Ana Malzeme Çeşidi 5 (160 cm)	34

## 5. SONUÇ

Makalede, bir boyutlu kesme ve ana malzeme seçimi problemi için üç amaçlı bir matematiksel model ve bu model için sezgisel bir çözüm algoritması önerilmiştir. Algoritmanın başarısı bir test problemi üzerinde denenmiş ve sonuçlar çeşitli problem versiyonları için GAMS program paketi ile elde edilen çözümlerle kıyaslanarak algoritmanın ve matematiksel modelin etkinliği gösterilmiştir.

## KAYNAKÇA

1. **Belov, Scheithauer G.** 2002. "A Cutting Plane Algorithm for the One-dimensional Cutting Stock Problem with Multiple Stock Length", European Journal of Operational Research, 141: 274–294.
2. **Dyckhoff, H.** 1990. "A Typology of Cutting and Packing Problems", European Journal of Operational Research, 44: 145–159.
3. **Gasimov, R. N., Sipahiolu, A., Saraç, T.** 2007. "A Multi-Objective Programming Approach to 1.5-dimensional Assortment Problem", European Journal of Operational Research, 179: 64–79.
4. **Hinxman, A. I.** 1980. "The Trim-loss and Assortment Problems: a Survey", European Journal of Operational Research, 5: 8–18.
5. **Kasimbeyli, N., Saraç, T., Kasimbeyli, R.** 2011. "A two-objective Mathematical Model Without Cutting Patterns for One-dimensional Assortment Problems", Journal of Computational and Applied Mathematics, 235: 4663–4674.

## 29. CİLT YAZI DİZİNİ

### Sayı: 1-2 / Ocak-Haziran 2018

- ▶ Kaynak Makinelerinin Vardiya Bazında Çizelgelenmesi Problemi için İki Aşamalı Bir Çözüm Yaklaşımı  
*Tuğba Saraç, Kumsal Erten, Elif Yılmaz (Sayfa 2-14)*
- ▶ Exact Solution Approaches for the Directed Bi-Objective Chinese Postman Problem  
*Ezgi Eroğlu, Meral Azizoğlu (Sayfa 15-30)*



### Sayı: 2 / Temmuz-Aralık 2018

- ▶ A Construction Matheuristic for Multi-Trip Vehicle Routing Problem at Santa Fe-Indonesia  
*Jeroen Wouter De Boer, Bahar Çavdar, Haldun Süral (Sayfa 31-41)*
- ▶ Bir Boyutlu Kesme Problemi İçin Üç Amaçlı Bir Matematiksel Model ve Çözüm Algoritması  
*Nergiz Kasımbeyli, Duygu Demirci (Sayfa 42-50)*



## 2018 YILI EM DERGİSİ HAKEMLERİNE TEŞEKKÜR

Burcu Kubur Özbek .....	Dokuz Eylül Üniversitesi
Emrah Edis .....	Celal Bayar Üniversitesi
Diclehan Tezcaner Öztürk .....	Hacettepe Üniversitesi
Semra Boran .....	Sakarya Üniversitesi
Sinan Gürel.....	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Şeyda Topaloğlu .....	Dokuz Eylül Üniversitesi
Refail Kasımbeyli .....	Anadolu Üniversitesi

2018 yılında Endüstri Mühendisliği Dergisine katkılarından dolayı hakemlerimize teşekkür ediyoruz.

# ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Endüstri mühendisliği dergimiz akademik alanda, sektörde önemli bir yeri olan, bilim insanları ve uzmanların, öğrencilerin, mühendislik konularına ilgi duyanların yararlandığı bir başvuru kaynağıdır. Yaklaşık 20 yıldır bilimsel çalışmalara verdiği katkıyla yayın hayatını sürdüren dergimiz, kurum ve kuruluşlarda çalışanların, bilim insanlarının, öğrencilerin, uzmanların teorik ve uygulamaya yönelik çalışmalarına yer vermektedir. 3 aylık periyotlarla yayımlanan dergimiz endüstri mühendisleri, endüstri sistemleri mühendisleri, endüstri ve sistem mühendisleri, endüstriyel tasarım mühendisi, işletme mühendisi, sistem mühendisi, işletme mühendisi, en-

düstri- işletme mühendisi üyelerimize, abonelerimize, üniversitelerin ilgili bölümlerine, sektöre ve kamu kurumlarına ücretsiz hizmet vermektedir. Ayrıca, [www.mmo.org.tr/endustri](http://www.mmo.org.tr/endustri) adresinden de ihtiyacı olan herkesin erişimine sunulmaktadır. Mühendis ve Makina dergimiz online kütüphane hizmeti sunan, dünyanın en çok kullanılan veri tabanlarından biri olan EBSCO'da ve *International Abstracts in Operations Research* tarafından taranmaktadır. Ayrıca, dergimize online üzerinden erişebilirliği artırmak için ulusal ve uluslararası birçok kurum/kuruluşa başvuruda bulunulmuştur.

Endüstri Mühendisliği Dergisi  
18 MAYIS 2018, CUMA  
ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) | Online Makale Yönetimi

HOŞGELDİNİZ

**YAZAR GİRİŞİ**

e-Posta :   
Şifre :

e-Posta Adresiniz veya Şifreniz Hatalı!

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

Endüstri Mühendisliği Dergisi'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

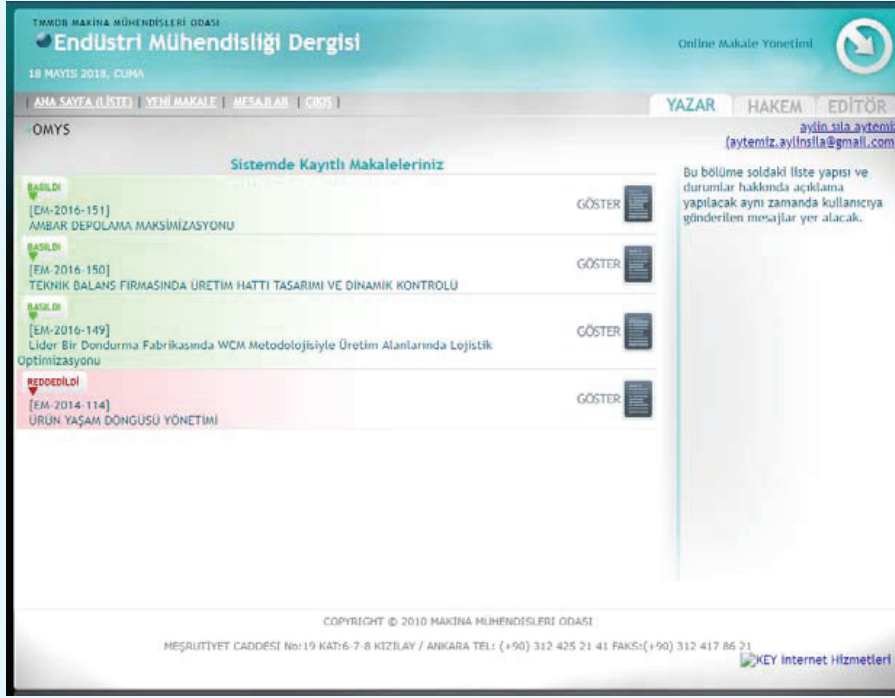
Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı [yayin@mmo.org.tr](mailto:yayin@mmo.org.tr) e-posta adresine gönderebilirsiniz.

COPYRIGHT © 2010 MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI  
MEŞRUTİYET CADDESİ No:19 KAT:6-7-8 KIZILAY / ANKARA TEL: (+90) 312 425 21 41 FAKS:(+90) 312 417 86 21  
KEY Internet Hizmetleri

Şekil 1. OMYS Giriş Sayfası



Şekil 2. OMYS Yazar Ana Sayfası ve Makale Gönderim Sayfası

## EM Dergisi Online Makale Yönetim Sistemine Giriş (OMYS)

Makale alımları, Online Makale Yönetim Sistemi (OMYS) üzerinden, <http://omys.mmo.org.tr/endustri> adresinden gerçekleştirilmektedir. Dergimize ilk defa makale gönderecekseniz, bu adres üzerinden yeni kullanıcı olarak kayıt olmalısınız (Şekil 1).

Kaydınızı yapıp şifrenizi aldıktan sonra makalelerinizi sisteme yükleyebilirsiniz (Şekil 2). Göndermiş olduğunuz makaleler editör tarafından ön değerlendirmeleri yapıldıktan sonra hakemlere gönderilir. Hakem değerlendirmesinin ardından makalelerinizin kabul edilip edilmediğine, eksikliklerin olup olmadığına dair bilgilendirme mesajı, makalelerin iletişim yazarlarına gönderilir. Kabul edilen makaleler en kısa sürede dergimizde yayımlanırken, eksiklikleri bulunan makaleler için “**kör hakemlik**” süreci devam ettirilir.

Bu makalelerin yazarı veya iletişim yazarları eksikliklerini tamamladıkları metinlerini yine aynı adres üzerinden sisteme yükleyebilirler. OMYS bütün bu işlemlerin yapıldığı bir sistemdir. Kısacası bu sistem, makale yazarlarına gönderdikleri makalelerin ilk ve son durumlarını görebilme, yani makalelerinin hangi aşamada (editör veya hakem sürecinde) olduğunu öğrenebilme, mevcut bilgilerini güncelleyebilme, makaleleri hakkında editörle diyalog kurabilme imkânı sunmaktadır.

Endüstri Mühendisliği Dergisi, TMMOB-MMO tarafından yayımlanan süreli ve hakemli bir yayındır.

## Hedef Okuyucu Kitlesi

Endüstri Mühendisliği (EM) ve Yöneylem Araştırması (YA) konularında araştırma yapan, eğitim veren, eğitim gören ve bu alanlarda çalışanlardan oluşur.



## Yayın Amaçları

EM ve YA alanlarındaki gelişmeler, çalışmalar ve araçlarla ilgili akademik nitelikli yayın yapar.

EM ve YA alanlarındaki başarılı uygulamaların yaygınlaştırılması ve deneyimlerin paylaşılması için yayın yapar. Meslek ile ilgili görüşlerin aktarılmasını ve tartışılmasını sağlar. EM ve YA alanlarında ortak bir dilin oluşmasına katkıda bulunur.

## Yayın İlkeleri

EM Dergisi, Yayın Kurulu (YK) tarafından yayına hazırlanır. YK yazıların seçimini hakem görüşlerini alarak yapar.

Yazarlara, okurlara ve kurumlara tarafsız yaklaşır.

Konu zenginliğinin korunup geliştirilmesini teşvik eder.

İçerik, dil ve biçim açısından nitelikli yayın yapar. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.

Makalelerini EM Dergisine gönderen yazarlar:

- Makalelerinin herhangi bir yayın organında yayımlanmamış olduğunu,
- EM Dergisindeki değerlendirme süreci boyunca başka bir yayın organının değerlendirme sürecinde yer almayacağını,
- Kabul edilen makalelerin yayın haklarının EM Dergisine geçtiğini ve başka bir dilde ve/veya ortamda, yayıncının onayı olmaksızın yayımlanamayacağını kabul etmiş olurlar.

## Yazı Türleri ve Değerlendirme

EM Dergisi, yayın amaçları ve ilkeleri doğrultusunda hedef okuyucu kitlesini ilgilendiren Makale, Uygulama, Teknik Not, İletişim, Doktora Tez Özeti ve Ödül Almış Çalışma gibi farklı türde yazılara yer verir.

Makale, literatüre katkı sağlayan özgün yazıdır.

Uygulama, mesleki pratiğe katkı sağlayan ve mesleki bir konuda tutarlı, rasyonel ve başarılı uygulamaları anlatan yazıdır.

Teknik Not, makaleye göre dar kapsamlı, literatüre katkı sağlayan özgün yazıdır.

İletişim Yazıları, eğitime, mesleğin icrası ve uygulamalarına genel anlamda katkı sağlayan; mesleğe yönelik felsefi tartışmalar başlatma ve mesleğe yeni açılımlar kazandırma potansiyeli taşıyan yazıdır. Meslek ve alanla ilgili eser, kitap ve yazımları tanıtan ve değerlendiren yazılar da bu kapsamdadır.





Doktora Tez Özeti, doktorasını son iki yıl içerisinde tamamlamış araştırmacıların doktora tez özetidir.

Ödül Almış Çalışma, jüri tarafından belirli ölçütlere göre değerlendirilmiş ve ödüle layık bulunmuş yazıdır.

Makale, Uygulama, Teknik Not ve İletişim Yazıları EM Dergisi yayın amaçları ve ilkeleri ışığında YK tarafından ön değerlendirmeye alınır, hakemlik sürecinin başlatılmasına ya da yazının ret edilmesine karar verilir. Hakemlik sürecine alınan yazı en az iki hakem tarafından değerlendirilir. Bu süreçte adlar iki taraftan da gizlenir. YK, hakemlerin görüşleri doğrultusunda yazıyı kabul veya ret eder veya yazının revize edilmesini ister. Değerlendirme sırasında tüm haberleşme iletişim yazarı ile yapılır.

Doktora Tez Özeti ve Ödül Almış Çalışma türü yazılar YK tarafından değerlendirilir. Gerekirse hakem görüşü alınır. Ayrıca, EM Dergisinde tanıtım yazısı, haber, söyleşi, anı ve çeviri gibi farklı yazı türleri YK değerlendirmesi ile yayımlanabilir.

### Yazı Gönderme

EM Dergisi Yazı Kuralları'na\* uygun bir şekilde yazılmış yazılar, elektronik ortamda <http://omys.mmo.org.tr/endustri/> adresinden gönderilir. İletişim yazarının e-posta ve posta adresleri, faks ve telefon numaraları açıkça belirtilmelidir.

### Baş Editör (Editor in Chef)

Ferda Can ÇETİNKAYA - Çankaya Üniversitesi

### Yardımcı Editörler (Associate Editors)

Özgür YALÇINKAYA - Dokuz Eylül Üniversitesi

Güzin ÖZDAĞOĞLU - Dokuz Eylül Üniversitesi

### Yayın Kurulu (Editorial Board)

Bülent DURMUŞOĞLU - İstanbul Teknik Üniversitesi

Aydın KAYNARCA - Ortadoğu Teknik Üniversitesi

Olca POLAT - Pamukkale Üniversitesi

### Yayın Danışma Kurulu (Editorial Advisory Board)

Cafer ÇELİK - Atatürk Üniversitesi

Emin KAHYA - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fikri EGE - Toros Üniversitesi

Hakan ÖZCAN - Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Kemal YILDIZLI - Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Zerrin ALADAĞ - Kocaeli Üniversitesi

\*Yazım Esasları: <https://www.mmo.org.tr/yayin/endustri-muhendisligi-dergisi/yazim-esaslari> adresinden yazım esaslarını öğrenebilirler.

## İSTANBUL ŞUBE ENDÜSTRİ - İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ HAFTASI ETKİNLİKLERİNİ TAMAMLANDI

Endüstri – İşletme Mühendisliği Haftası ve İstanbul Yerel Kurultayı 17-22 Aralık 2018 tarihleri arasında MMO İstanbul Şubesi'nde gerçekleştirildi.

Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi tarafından gerçekleştirilen Endüstri – İşletme Mühendisliği Haftası ve Yerel Kurultayı kapsamında yapılan etkinliklere toplam 195 kişi katılırken; Akıllı Fabrikalarda Üretim Yönetimi (Mustafa Esenlik), Endüstri 4.0'da Eğitim, İnsan Kaynağı ve İstihdam (Gökhan Tunçdöken - Özden AĞRA), Dijital Pazarlama (Ömürden Sezgin - Tunç Berkman) Makina Öğrenimi ve Derin Öğrenme (Mehmet Demir), Sonsuz Rota – “Daha Yeşil Bir Dünya İçin 90 Günde 14 Ülke” (Berkay Sert - Su Sezer), E-Ticarette Veri Analitiği ve Optimizasyonu (Sercan AKKAŞ) başlıklarıyla sunumlar gerçekleştirildi.

22 Aralıkta ise Endüstri ve İşletme Mühendisliği Haftası kapsamında II. Endüstri ve İşletme Mühendisliği İstanbul Yerel Kurultayı Şube Konferans salonunda gerçekleştirildi. Odamız, 33. Dönem Genel Kurulu'nda alınan karar uyarınca kurulan ve Endüstri-İşletme mühendisliğine yönelik çalışmaların koordinasyonunu sağlayan Meslek Dalı Ana Komisyonu (EİM MEDAK) eliyle başta kurultaylar olmak üzere çeşitli konferans ve seminerler düzenlemekte, dergi, bülten ve kitaplar yayınlamakta ve meslek içi eğitimler gerçekleştirmektedir. Amacımız;

**tmmob**  
makina mühendisleri odası  
istanbul şubesi

### II. Endüstri ve İşletme Mühendisliği İstanbul Yerel Kurultayı

Akıllı Sistemlerde  
Endüstri-İşletme Mühendislerinin  
Geleceği ve Yeni Eğitim Alanları

22 ARALIK 2018 | MMO İSTANBUL ŞUBESİ KONFERANS SALONU

**Açılış Konuşmaları / 11.00 - 11.30**  
Battal KILIÇ (MMO İst. Şb. Başkanı) ve Tülay YENER (EİM-MEDAK Başkanı)

**PANEL** Akıllı Sistemlerde Endüstri-İşletme Mühendislerinin Geleceği ve Yeni Eğitim Alanları / 11.30-13.00  
Moderatör: Dr. Bülent CERİT (İTÜ Öğretim Üyesi)

**Konuşmacılar:** Tülay YENER (EİM-MEDAK Bşk.)  
Dr. Halil Halefşan SÜMEN (Maltepe Üni. Öğt. Üyesi)  
Ümit TERZİ (Ussal Yazılım Genel Müdürü)

**FORUM** Endüstri-İşletme Mühendislerinin Sorunları ve Geleceği / 14.00-15.30  
Moderatör: Ahmet İlhan DÜZGÜN (46. Dönem EİM MEDAK Başkanı)

**Sonuç Bildirgesi / 15.45-16.00**

**EİM** MMO öğrenci, İSTANBUL

TMMOB MMO İstanbul Şubesi Katip Mustafa Çelebi Mah. İpek Sok. No. 9, 34433 Beyoğlu / İSTANBUL  
Tel. 0212 252 95 00 | Faks: 0212 249 86 74 | E-posta: istanbul@mmo.org.tr

f / MMOİstanbul • t / MMOİstanbul • ln / company/MMOİstanbul • @ / MMOİstanbul

Endüstri ve İşletme Mühendislerinin meslek dalı komisyonlarımızda örgütlenerek, meslek alanlarımızın düzenlenmesi, geliştirilmesi, değişen teknolojik ve sosyal koşullarda mesleğimizin bilim ve kamu yararı doğrultusunda konumlandırılması, meslektaşlarımızın nitelikli mühendisler olarak çalışma hayatlarına devam edebilmesi ve aday öğrencilerin nitelikli eğitim alabilmesini sağlamaktır.

## İZMİR ŞUBE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BAHAR KONFERANSLARI

Her biri farklı ana başlıkla gerçekleştirilen konferanslar alanında söz sahibi kişileri katılımcılarla buluşturmuştur. Bu güne kadar düzenlenen etkinliklerde aşağıdaki konu başlıkları ele alınmıştır.

- ▶ 1. Rekabet Üstünlüğü Yaratmada Maliyetler//11 Mayıs 2001
- ▶ 2. Endüstri Mühendisliğinde Yeni Ufuklar // 25-26 Ekim 2002
- ▶ 3. Kurumsal Verimlilik ve Sistem Yaklaşımı // 7-9 Ekim 2014
- ▶ 4. Proje Yönetimi ve Süreç İyileştirme // 3-4 Kasım 2006
- ▶ 5. Ergonomi // 10-11 Nisan 2009
- ▶ 6. Yalın Dönüşüm // 4-6 Ekim 2013
- ▶ 7. Tedarik Zinciri Yönetimi // 28-30 Kasım 2019



# İZMİR ŞUBE 5. KAIZEN PAYLAŞIMLARI ETKİNLİĞİ GENEL KATILIMA AÇIK OLARAK GERÇEKLEŞTİRİLECEK 22-23 ŞUBAT 2019



İzmir şube Endüstri Mühendisliği Meslek Dalı Komisyonu tarafından organize edilen 5. Kaizen Paylaşımları Etkinliği 22-23 Şubat 2019 tarihlerinde Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi'nde düzenlenecek.

Kaizen Paylaşımları Etkinliğinde proje sergisinin yanı sıra “konferans”, “hizmette kaizen”, “üretimde kaizen” konularında ve “mavi yakalılar”ın deneyim paylaşımları, “dünya klasında üretime (WCM) giden yol” konusunda bir oturum gerçekleştirilecek.

Etkinliğe, aidatını ödemiş üyelerimizin katılımı ücretsizdir. Kayıt için formumuza bülten veya internet sayfamızdan ulaşabilirsiniz. Kayıt formunu doldurarak (Aidatını ödemiş Odamız üyesi hariç diğer katılımcılar ödeme kaydı ile birlikte) Etkinlik Sekreteryasına başvurmanız durumunda kaydınız işleme alınacaktır.



## ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ YAYIN POLİTİKASI

Endüstri Mühendisliği Dergisi, TMMOB-MMO tarafından üç ayda bir yayımlanan süreli ve hakemli bir yayındır.

### Hedef Okuyucu Kitleleri

Endüstri Mühendisliği (EM) ve Yöneylem Araştırması (YA) konularında araştırma yapan, eğitim veren, eğitim gören ve bu alanlarda çalışanlardan oluşur.

### Yayın Amaçları

EM ve YA alanlarındaki gelişmeler, çalışmalar ve araçlarla ilgili akademik nitelikli yayın yapar.

EM ve YA alanlarındaki başarılı uygulamaların yaygınlaştırılması ve deneyimlerin paylaşılması için yayın yapar.

Meslek ile ilgili görüşlerin aktarılmasını ve tartışılmasını sağlar. EM ve YA alanlarında ortak bir dilin oluşmasına katkıda bulunur.

### Yayın İlkeleri

EM Dergisi, Yayın Kurulu (YK) tarafından yayına hazırlanır. YK yazılarını seçimini hakem görüşlerini alarak yapar.

Yazarlara, okurlara ve kurumlara tarafsız yaklaşır.

Konu zenginliğinin korunup geliştirilmesini teşvik eder.

İçerik, dil ve biçim açısından nitelikli yayın yapar. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir.

Yazının EM Dergisine gönderilmesi,

- yazının herhangi bir yayın organında yayımlanmamış olduğunu,
- EM Dergisindeki değerlendirme süreci boyunca başka bir yayın organının değerlendirme sürecinde yer almayacağını,
- yazı kabul edildiğinde yazının basım haklarının EM Dergisine geçtiğini ve başka bir dilde ve/veya ortamda, yayıncının onayı olmaksızın yayımlanamayacağını gösterir.

### Yazı Türleri ve Değerlendirme

EM Dergisi, yayın amaçları ve ilkeleri doğrultusunda hedef okuyucu kitlesini ilgilendiren *Makale, Uygulama, Teknik Not, İletişim, Doktora Tez Özeti ve Ödül Almış Çalışma* gibi farklı türde yazılara yer verir.

Makale, literatüre katkı sağlayan özgün yazıdır.

Uygulama, mesleki pratiğe katkı sağlayan ve mesleki bir konuda tutarlı, rasyone ve başarılı uygulamaları anlatan yazıdır.

Teknik Not, Makale'ye göre dar kapsamlı, literatüre katkı sağlayan özgün yazıdır.

İletişim, eğitime, mesleğin icrası ve uygulamalarına genel anlamda katkı sağlayan; mesleğe yönelik felsefi tartışmalar başlatma ve mesleğe yeni açılımlar kazandırma potansiyeli taşıyan yazıdır. Meslek ve alanla ilgili eser, kitap ve yazılımları tanıtan ve değerlendiren yazılar da bu kapsamdadır.

Doktora Tez Özeti, doktorasını son iki yıl içerisinde tamamlamış araştırmacıların doktora tez özettir.

Ödül Almış Çalışma, (bilinen) bir ödül için juri tarafından belirli ölçütlere göre değerlendirilmiş ve ödüle layık bulunmuş yazıdır.

Makale, Uygulama, Teknik Not ve İletişim yazıları EM Dergisi yayın amaçları ve ilkeleri ışığında YK tarafından ön değerlendirmeye alınır, hakemlik sürecinin başlatılmasına ya da yazının ret edilmesine karar verilir. Hakemlik sürecine alınan yazı en az iki hakem tarafından değerlendirilir. Bu süreçte adlar iki taraftan da gizlenir. YK, hakemlerin görüşleri doğrultusunda yazıyı kabul veya ret eder veya yazının revize edilmesini ister. Değerlendirme sırasında tüm haberleşme iletişim yazarı ile yapılır.

Doktora Tez Özeti ve Ödül Almış Çalışma türü yazılar YK tarafından değerlendirilir. Gerekirse hakem görüşü alınır.

Ayrıca, EM Dergisinde tanıtım yazısı, haber, söyleşi, anı ve çeviri gibi farklı yazı türleri YK değerlendirmesi ile yayımlanabilir.

### Yazı Gönderme

EM Dergisi Yazı Kuralları'na uygun bir şekilde yazılmış yazılar, elektronik ortamda <http://omys.mmo.org.tr/endustri/> adresinden gönderilir. İletişim yazısının e-posta ve posta adresleri, faks ve telefon numaraları açıkça belirtilmelidir.

### Ücretlendirme

- Dergimize yayımlanmak için gönderilen makalelerden herhangi bir başvuru ücreti alınmamaktadır.
- Yazarca dergiye gönderilip hakem tarafından değerlendirilen bir makale yayımlandıktan sonra, bir yıllık aidaat ücreti Oda üyesi olan ilgili yazar veya hakemin mevcut aidaat borcundan düşülür.

## JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING EDITORIAL POLICY

Journal of Industrial Engineering (EMD) is a refereed periodical which is published quarterly by TMMOB-MMO (Turkish Chamber of Mechanical Engineers).

### Target Audience

The targeted audience of the journal comprises researchers, educators and practitioners in the fields of Industrial Engineering (IE) and Operations Research (OR).

### Objectives of Publication

It publishes academic manuscripts on the developments, processes, and tools in the fields of IE and OR.

It publishes for the purpose of extending the successful practices in IE and OR and enabling the sharing of experiences.

It provides a ground to transfer different views on the profession and discuss these viewpoints.

It promotes the formation of a common professional language in the fields of IE and OR.

### Principles of Publication

EMD is prepared for publication by the Editorial Board. The Editorial Board selects the material to be published by consulting the referees.

It holds an objective attitude towards authors, readers, and institutions.

It ensures and encourages variety in topics.

It publishes manuscripts which are qualified in terms of content, language and form.

Publication language is Turkish and English.

The fact that a manuscript is sent to EMD indicates that:

- The relevant manuscript has not been published previously in another journal.
- It will not be under the editorial evaluation of another journal as long the evaluation process in EMD continues.
- Once it has been approved for publication, EMD acquires the right to publish the manuscript and the manuscript cannot be published in a different language or domain without the approval of the publisher.

### Types of Publication and Evaluation

In accordance with its publication objectives and principles, EMD gives place to a diversity of studies that are of interest to its readers such as manuscripts, applications, technical notes, communication articles, dissertation abstracts, and works which have received an award.

A manuscript is an original work which contributes to the relevant literature.

An application is an article that describes the consistent, rational and successful applications related with a professional topic, and thus, contributes to the practice of the profession.

A technical note is an original article which contributes to the relevant literature but which is limited in scope compared to a manuscript.

A communication article is an article which contributes to the practice and applications of the profession and which has a potential to initiate philosophical discussions and bring in new developments regarding the profession. Reviews of an article, a book or software related with the field are treated in this category.

A dissertation abstracts is the summary of the dissertations of the researchers who completed their PhD within last 2 years.

A prize-awarded work is an article which has been evaluated according to certain criteria by a jury and deemed worthy for a prize (that is acknowledged).

Manuscripts, applications, technical notes, and communication articles are first taken under pre-evaluation by the Editorial Board in accordance with the EMD objectives and principles of publication and a decision is made whether to initiate the process of referee evaluation or to reject the work. In the process of referee evaluation, the work is evaluated by at least two referees. The names of the both parties are kept anonymous in this process. The Editorial Board approves or rejects the articles in accordance with the comments of the referees or it asks for further revision of the articles. Throughout the evaluation process, all the communication is carried out with the contact author.

Dissertation summary and prize-awarded articles are evaluated by the Editorial Board. If needed, referee opinion can be asked.

In addition, works as diverse as reviews, news, interviews, and memoirs can be published in EMD as long as they are evaluated by the Editorial Board.

### Manuscript Submission

The manuscripts complying with the norms of publication in EMD are sent electronically to <http://omys.mmo.org.tr/endustri/>. E-mail and postal addresses and fax and telephone numbers of the contact author should be clearly stated.

### Pricing

- No application fee is charged for the articles submitted for publication to our journal.
- After an article the author submits to the journal and the referee evaluates it published, the annual subscription fee is deducted from the author's or the referee's overall debt, if a member of the Chamber.

