

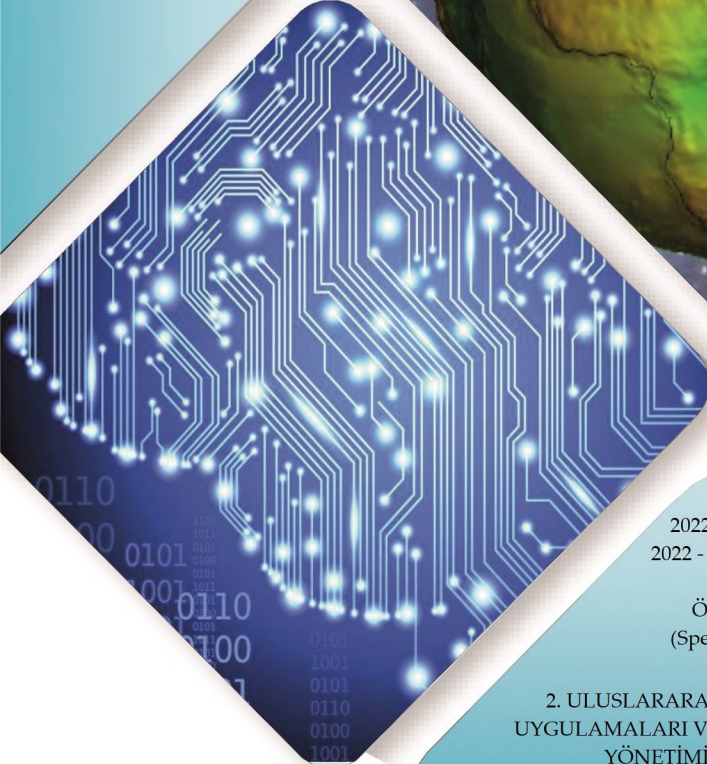


# Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi

## Konya Journal of Engineering Sciences



**(KONJES)**  
E-ISSN: 2667-8055



2022 - Cilt : 10  
2022 - Volume : 10

Özel Sayı  
(Special Issue)

2. ULUSLARARASI DİJİTAL ENDÜSTRİ  
UYGULAMALARI VE DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN  
YÖNETİMİ SEMPOZYUMU  
(ISIDIMDT21)

**KONYA JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES (KONJES)  
KONYA MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**

**HAKEMLİ DERGİDİR**

OWNER/SAHİBİ

Owner on Behalf of Engineering and Natural Sciences Faculty of Konya Technical University **Prof. Dr. Halil Kür ad ERSOY**  
Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Adına Dekan **Prof. Dr. Halil Kürşad ERSOY**

Chief Editor/Şef Editör

**Prof. Dr. Mustafa TABAKCI**

Editors/Editörler

**Assoc. Prof. Dr. Halife KODAZ**  
**Assoc. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN**

Special Issue Section Editor/Özel Sayı Alan Editörü

**Prof. Dr. Ahmet Af in KULAKSIZ**  
**Assoc. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN**  
**Assist. Prof. Dr. Muhammed Arif EN**

Advisory Board/Danışma Kurulu

**Prof.Dr. Ferruh Yıldız, Konya Technical University**      **Prof.Dr.-Ing. Rudolf Staiger, Bochum University of Applied Sciences**  
**Prof.Dr. Reşat Ulusay, Hacettepe University**      **Prof.Dr. Chryssy Potsiou, National Technical University of Athens**  
**Prof.Dr. Ibaraki SOICHI, Kyoto University**      **Prof.Dr. Lena HALOUNOVA, Czech Technical University**  
**Prof.Dr. Matchavariani LIA, Tbilisi State University**      **Prof.Dr. Petros PATIAS, The Aristotle University**  
**Prof.Dr. Seref SAGIROGLU, Gazi University**      **Prof.Dr. Sitki KULUR, Istanbul Technical University**  
**Prof.Dr. Vijay P. SINGH, Texas A and M University**

Language Editing/Yabancı Dil Editörü

**Prof. Dr. Ali BERKTAY**

Composition and Printing/Baskı ve Dizgi

**Res. Assist. Ismail KOC**  
**Res. Assist Emir Ali DINSEL**  
**Res. Assist. Aybüke BABADAG**

Correspondance Address/ Yazışma Adresi

Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekanlığı  
42075-Kampüs, Selçuklu, Konya-TURKEY

Tel : 0 332 223 88 18  
Fax : 0 332 241 06 35  
E-mail : [konjes@ktun.edu.tr](mailto:konjes@ktun.edu.tr)  
Web : <http://dergipark.org.tr/konjes>

## **Editorial Board/Yayın Kurulu**

Ahmet Afsin Kulaksiz, Konya Technical University, TURKEY

Alla Anohina-Naumeca, Riga Technical University, LATVIA

Ashok K. Mishra, Clemson University, USA

Baris Binici, Middle East Technical University, TURKEY

Coskun Bayrak, University of Arkansas, USA

Demetrio Fuentes Ferrera, University of Castilla-La Mancha, SPAIN

Fahrettin Ozturk, The Petroleum Institute, UAE

Haci Murat Yilmaz, Aksaray University, TURKEY

Heinz Ruther University of Cape Town, SOUTH AFRICA

Homayoun Moghimi, Payame Noor University, IRAN

Ihsan Ozkan, Konya Technical University, TURKEY

John Trinder, The University of New South Wales, AUSTRALIA

Kerim Kocak, Konya Technical University, TURKEY

Loredana Judele, Technical University of Iasi, ROMANIA

Mohamed Bouabaz, Université 20 août 1955-Skikda, ALGERIA

Mohd Arif Wani, California State University, USA

Mortaza Yari, University of Tabriz, IRAN

Ömer Aydan, University of the Ryukyus, JAPAN

Sanchoy K. Das, New Jersey Institute of Technology, USA

Selim Dogan, Konya Technical University, TURKEY

Spase Shumka, Agricultural University of Tirana, ALBANIA

Tahira Geroeva, Baku State University, AZERBAIJAN

Vladimir Androkhonov, Novosibirsk Soil Research Institute, RUSSIA

Ali Kocak, Yildiz Technical University, TURKEY

Alpaslan Yarar, Konya Technical University, TURKEY

Ataur Rahman, University of Western Sydney, AUSTRALIA

Cihan Varol Sam Houston State University, USA

Dan Stumbea, Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, ROMANIA

Eva Burgetova, Czech Technical University, CZECH REPUBLIC

Georgieva Lilia, Heriot-Watt University, UNITED KINGDOM

Halil Kursad Ersoy, Konya Technical University, TURKEY

Hi-Ryong Byun, Pukyong National University, SOUTH KOREA

Huseyin Devenci, Konya Technical University, TURKEY

Iraida Samofalova, Perm University, RUSSIA

Juan Maria Menendez Aguado, University of de Oviedo, SPAIN

Laramie Vance Potts, New Jersey Institute of Technology, USA

Mila Koeva, University of Twente, NETHERLANDS

Mohamed Metwaly Abu Anbar, Tanta University, EGYPT

Moonis Ali Khan, King Saud University, KSA

Murat Karakus, University of Adelaide, AUSTRALIA

Saadettin Erhan Kesen, Konya Technical University, TURKEY

Selcuk Kursat Isleyen, Gazi University, TURKEY

Shukri Maxhuni, Prizen University, KOSOVA REPUBLIC

Syed Tufail Hussain Sherazi, University of Sindh, PAKISTAN

Thomas Niedoba, AGH University of Science and Technology, POLAND

Zoran Sapuric, University American College Skopje, MACEDONIA



2. ULUSLARARASI DİJİTAL ENDÜSTRİ UYGULAMALARI VE DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN  
YÖNETİMİ SEMPOZYUMU (ISIDIMDT21)

Özel Sayısı

**KONYA MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**Konya Journal of Engineering Sciences**  
**(KONJES)**

ISSN 2667 – 8055 (Elektronik)

Cilt	10	Aralık	2022	Özel Sayı
Volume	10	December	2022	Special Issue

**İÇİNDEKİLER (CONTENTS)**

Özel Sayı Makalesi (Special Issue Article)

**MODELING OF ELECTRO-HYDRAULIC SERVO SYSTEM USING THE BEES ALGORITHM**

Elektro-Hidrolik Servo Valf Sisteminin Arı Algoritması (AA) Kullanılarak Modellenmesi

**Abdullah ÇAKAN, Fatih Mehmet BOTSALI, Ümit ÖNEN, Mete KALYONCU ..... (English) 1-10**

**CANBUS TEMELLİ ENDÜSTRİYEL SENSÖR AĞI TASARIMI**

CANBus Based Industrial Sensor Network Design

**Hasan ÜZÜLMEZ, Süleyman CANAN, Bayram AKDEMİR ..... 11-26**

**DIGITAL TRANSFORMATION NEED ANALYSIS: A RESEARCH ON MANUFACTURING  
BUSINESSES IN KONYA AND KARAMAN (TR 52) PROVINCES**

Dijital Dönüşüm İhtiyaç Analizi: Konya ve Karaman (TR 52) İllerindeki Üretim İşletmeleri Üzerine  
Bir Araştırma

**Oğuzhan AY TAR, Hakkı SOY, Fatih Mehmet BOTSALI ..... (English) 27-40**

**ACADEMIC TEXT CLUSTERING USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING**

Doğal Dil İşleme ile Akademik Metin Kümeleme

**Salimkan Fatma TAŞKIRAN, Ersin KAYA ..... (English) 41-51**

**NESNELERİN İNTERNETİ KAPSAMINDA KULLANILAN ARA KATMAN YAZILIMLARINA  
YÖNELİK AĞ BENZETİMİ**

Network Simulation of Middleware Used for The Internet of Things

**Alper KILIÇ ..... 42-60**



## MODELING OF ELECTRO-HYDRAULIC SERVO SYSTEM USING THE BEES ALGORITHM

<sup>1</sup>Abdullah ÇAKAN , <sup>2</sup>Fatih Mehmet BOTSALI , <sup>3</sup>Ümit ÖNEN , <sup>4</sup>Mete KALYONCU 

<sup>1,2,4</sup>Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Konya, TÜRKİYE

<sup>1</sup>[acakan@ktun.edu.tr](mailto:acakan@ktun.edu.tr), <sup>2</sup>[fbotsali@ktun.edu.tr](mailto:fbotsali@ktun.edu.tr), <sup>3</sup>[uonen@erbakan.edu.tr](mailto:uonen@erbakan.edu.tr), <sup>4</sup>[mkalyoncu@ktun.edu.tr](mailto:mkalyoncu@ktun.edu.tr)

(Geliş/Received: 05.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 24.05.2022)

**ABSTRACT:** In this study, a method is proposed to find the unknown simulation parameters of an industrial electro-hydraulic proportional valve. Electro-hydraulic servo systems are one of the most widely used actuator systems, and proportional valves are commonly found in hydraulic systems. Hydraulic systems are complicated to linearize, because nearly whole elements are nonlinear, with the inclusion of the valve actuators. The system model must be linearized to make it feasible for analysis of the system linearly or the characteristics must be identified by comparison the output responses suitable for the inputs. However, it is not easy to obtain a perfect system model for use in simulation studies without prior knowledge of the system. Obtaining a perfect model of a system that is not easy to model can be done in two different ways; applying one of the system identification methods after collecting experimental data or using manufacturers' datasheets. In this paper, simulation parameters of MOOG brand D675 series proportional servo valve system were obtained using The Bees Algorithm, an optimization algorithm, to match the dynamic specifications in the datasheet provided by the manufacturer. The obtained system model and the answers are shown graphically and the effectiveness of the proposed method is discussed.

**Keywords:** *The Bees Algorithm, Electro-hydraulic, Servo Valve, System Identification, Matlab*

### Elektro-Hidrolik Servo Valf Sisteminin Arı Algoritması (AA) Kullanılarak Modellenmesi

**ÖZ:** Bu çalışmada, endüstriyel bir elektro hidrolik oransal valfin bilinmeyen benzetim parametrelerini bulmak için bir yöntem önerilmektedir. Elektro hidrolik servo sistemler en yaygın olarak kullanılan eyleyici sistemlerinden biridir ve hidrolik sistemlerde yaygın olarak oransal valfler bulunur. Hidrolik sistemlerin doğrusallaştırılması karmaşıktır, çünkü valf eyleyicileri dahil neredeyse tüm elemanlar lineer değildir. Sistemin doğrusal olarak analiz edilmesini mümkün kılmak için sistem modeli doğrusallaştırılmalı veya sistem özellikleri girdilere uygun çıktı yanıtlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmalıdır. Sistem hakkında önceden bilgi sahibi olmadan, benzetim çalışmalarında kullanmak için sistemin kusursuz bir modelini elde etmek oldukça zordur. Modellenmesi kolay olmayan bir sistemin kusursuz bir modelinin elde edilmesi iki farklı şekilde yapılabilir; deneysel verileri topladıktan sonra sistem tanımlama yöntemlerinden birini uygulamak veya üreticilerin veri sayfalarını kullanmak. Bu çalışmada, bir optimizasyon algoritması olan Arı Algoritması kullanılarak MOOG marka D675 serisi oransal servo valf sisteminin benzetim parametreleri, üretici tarafından sağlanan veri sayfasındaki dinamik özelliklere uyacak şekilde elde edilmiştir. Elde edilen sistem modeli ve cevaplar grafiksel olarak gösterilmiş ve önerilen yöntemin etkinliği tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Arı Algoritması, Elektro-hidrolik, Servo Valf, Sistem Tanımlama, Matlab*

## 1. INTRODUCTION

Electro-hydraulic servo systems are widely used in industrial process and engineering applications (Qing-hua *et al.*, 2008; Kalyoncu and Haydim, 2009). To design a precise controller for electro-hydraulic servo systems, a perfect model of the system should be obtained to simulate and test the controller behavior (Feng *et al.*, 2019). In addition, this model can be used in controller design and optimization of control parameters when necessary. However, it is not easy to obtain a perfect system model for use in simulation studies without prior knowledge of the system. Problems in obtaining a precise nonlinear and time-varying dynamics model also complicate controller design processes. Therefore, modeling is the first and most important process in scientific studies. Obtaining a perfect model of a system that is not easy to model can be done in two different ways; applying one of the system identification methods after collecting experimental data or using manufacturers' datasheets (Tchkalov and Miller, 2014). System identification is constructing linear and nonlinear dynamic system models from experimental input and output data. Experimental data can be obtained in the time domain as well as in the frequency domain. The use of ancillary information in describing nonlinear systems can be handled in different ways and at different levels. The goal is to find models that perform well in both transient and steady-state regimes.

The system identification process can be considered as an optimization problem and this approach can provide system models with better dynamic and static performance than other techniques. Genetic Algorithm and Particle Swarm Algorithm are widely used algorithms in system identification studies (Zhang and Xia, 2017; Ding *et al.*, 2019). Optimization algorithms are also used to define the unknown system parameters of the obtained mathematical models (Yu *et al.*, 2017). In studies on the definition of electro-hydraulic systems and obtaining system parameters, it is seen that different optimization algorithms and system identification methods are used (Bakırcıoğlu *et al.*, 2017; Khadim *et al.*, 2021). In this article, the simulation parameters of the MOOG brand D675 series electro-hydraulic servo valve system were obtained using The Bees Algorithm (BA) to match the dynamic specifications in the datasheet provided by the manufacturer (Moog, 2010). The considered system was modeled with the help of Matlab Simscape Fluids and the Matlab platform was used to implement The Bees Algorithm (BA). Simulation studies were carried out with the help of Matlab Simulink (MathWorks, 2021).

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Structure of electro-hydraulic servo valve

The MOOG brand D675 series 4-way electro-hydraulic servo valve modeled in this article is shown in Figure 1. This valve series; is used in applications that require position, speed, pressure or force control and high dynamic requirements (Moog, 2016).

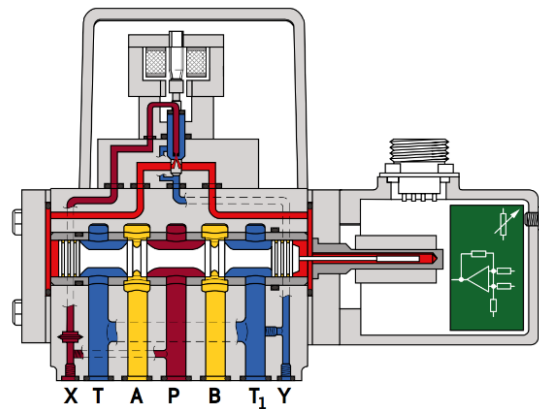


Figure 1. Schematics of MOOG D675 Series valve.

The model structure for the 4-way directional valve is determined as in Eq. 1 to Eq. 3. Here,  $q$  and  $C_d$  are the flow through the orifice and the flow relief coefficient, respectively.  $h_{max}$ ,  $h$ ,  $A_{max}$  and  $A$  are maximum orifice opening, orifice opening, maximum orifice area and orifice area, respectively. Finally,  $p$ ,  $x_0$  and  $x$  are the pressure difference across the orifice, initial opening and slider distance, respectively.

$$q = C_d \cdot A \sqrt{\frac{2}{\rho} |p|} \cdot \text{sign}(p) \quad (1)$$

$$A = \frac{A_{max}}{h_{max}} \quad (2)$$

$$h = x_0 + / - x \quad (3)$$

In the literature, the embedded electronic dynamics is represented by a theoretically equivalent second-order transfer function. Therefore, a quadratic delay is used to model the onboard electronics as in Eq. 4 to Eq. 6. Unknown parameters must be determined after the 4-Way valve and onboard electronics models have been created.

$$G(\omega) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1} \quad (4)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{\tau}} \quad (5)$$

$$\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{K\tau}} \quad (6)$$

Here,  $\omega_n$  and  $\xi$  are the natural frequency and damping ratio, respectively.  $K$  and  $\tau$  are gain and time constants, respectively.

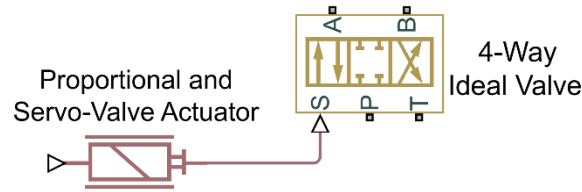
The model created will be used to represent the valve system behaviors. Therefore, it is necessary to determine the unknown parameters of the model. This can be done using system identification techniques. In this study, unknown parameters are obtained with the help of The Bees Algorithm (BA) until the simulation results match the graphics in the manufacturer's datasheet. The system model structure consists of two different parts and these structures were created using Matlab/Simulink. The Simulink environment can model physical components using the Simscape plugin. Simscape allows the creation of physical system models in the Simulink environment quickly. In addition, Simscape allows the creation of physical models that integrate directly with block diagrams and other modeling methods.

## 2.2. Physical model of electro-hydraulic servo valve

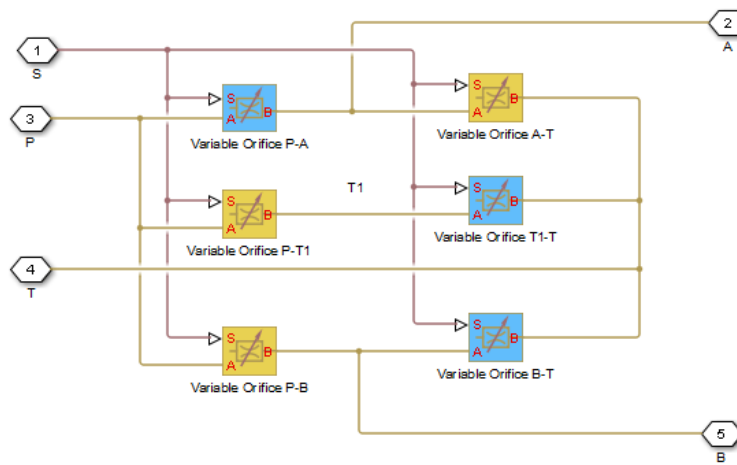
The physical model of the electro-hydraulic servo valve was created with Simscape. Simscape is a potent tool for fully modeling hydraulic components. The physical model of the discussed servo valve has been created to simulate dynamic behavior by using *Proportional and Servo-Valve Actuator* and *4-Way Directional Valve* blocks in Simulink Simscape environment. The created servo valve Simscape model is shown in Figure 2.

Each block in Figure 2. has some characteristic parameters. These parameters determine the model behavior. The *4-Way Directional Valve* block represents a conventional four-way hydraulic valve. The block consists of six orifice blocks connected, as shown in Figure 3. The fluid is pumped to the valve via the inlet line  $P$  and distributed between the two external hydraulic lines  $A$  and  $B$  (usually connected to a double-acting actuator) and the return line  $T$ . The block has four hydraulic connections corresponding to the inlet

port ( $P$ ), actuator ports ( $A$  and  $B$ ) and return port ( $T$ ) and a physical signal port link ( $S$ ) that controls the slider position. To model the *4-way directional valve* block to match the graphics in the manufacturer's datasheet, aperture area vector parameters must be determined.

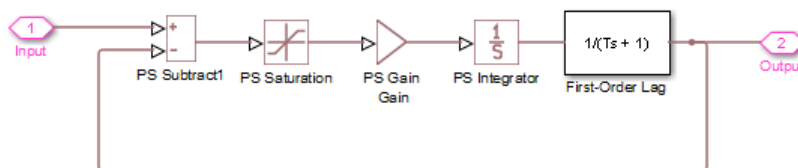


**Figure 2.** Simscape model of electro-hydraulic servo valve system.



**Figure 3.** Construction of 4-way directional valve.

The actuator block represents the electromagnetic actuator found in proportional and servo valves. This electromagnetic actuator is used to drive the slide element. The block has been designed to work with one of the directional valve models to create the desired configuration of the proportional or servo valve. The block diagram of the model is shown in Figure 4. The *proportional and servo-valve actuator* block consists of gain, time constant and saturation. These values must be determined to match the graphics in the manufacturer's datasheet.



**Figure 4.** Construction of proportional and servo-valve actuator.

Servo Actuator and 4-Way Valve model parameters, flow rate and frequency responses were determined *using* the graphs in the manufacturer's datasheets. Parameter values is determined using The Bees Algorithm (BA) to decrease the difference between actual data and measured data from simulations.

### 2.3. Determination of servo valve parameters using The Bees Algorithm

The Bees Algorithm (BA) was first proposed by D. T. Pham et al. in 2006, and an intuitive point of view was captured by comparing the bees' searching behavior for resources such as water and nectar to learning, remembering and sharing information using swarm intelligence (Pham *et al.*, 2006). Pham and



Kalyoncu, who optimized the control parameters with The Bees Algorithm, laid the foundations of the studies in this area (Pham *et al.*, 2008). Under the leadership of Kalyoncu, optimization studies of many control types such as PID and SMC is made and published in the literature (İlgen *et al.*; Karakoyun *et al.*). Besides the controller optimization studies, determining model parameters is also made such as this paper (Eser *et al.*). In this study, it has been shown that The Bees Algorithm can be used as a system identification method by determining the parameters of the electro-hydraulic servo valve system with The Bees Algorithm.

The Bees Algorithm contains many parameters explained in Pham *et al.* in 2006, these parameters must be select carefully to obtain optimum results. Figure 5. shows The Bees Algorithm flowchart. As seen in the figure, this cycle continues until the optimization's stopping criterion (*itr*) is met. The Bees Algorithm parameters used in this study are given in Table 1.

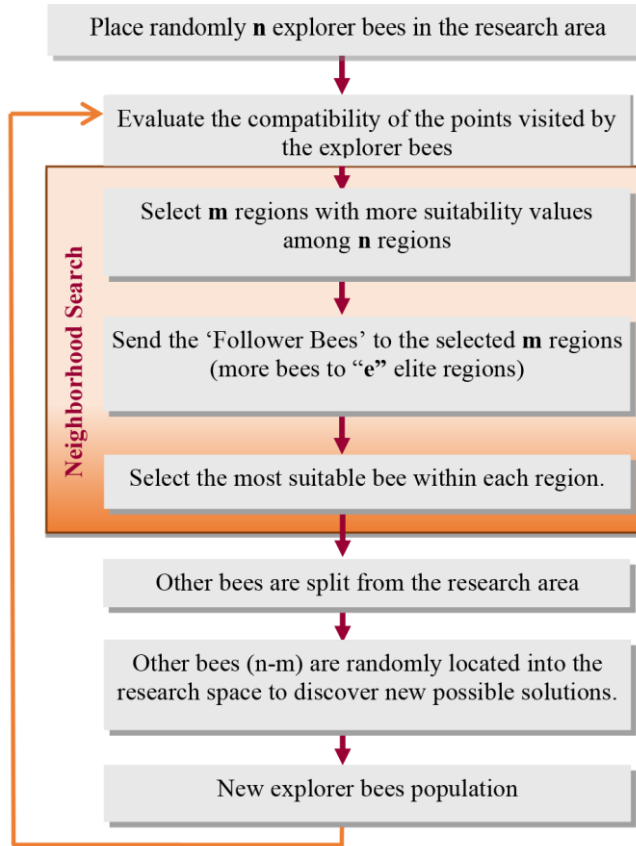


Figure 5. Flowchart of The Bees Algorithm.

Table 1. The Bees Algorithm parameters.

<i>Itr</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>e</i>	<i>nep</i>	<i>nsp</i>	<i>ngh</i>
20	15	8	5	20	10	0.01

In this study, first, 4-Way Valve parameters were determined. A test model was created to determine the parameters. The test model created is given in Figure 6.

The flow chart from the manufacturer's data sheets is used as a reference in this model, the reference flow chart is shown in the Figure 7. The objective function used to determine the parameters is given in Eq. 7. Here,  $Q_a$  and  $Q_r$  are the measured and reference flow values, respectively, and  $k_i$  is the weight multiplier.

$$F(x) = \sum_i^n k_i (Q_r - Q_a)^2 \quad (7)$$

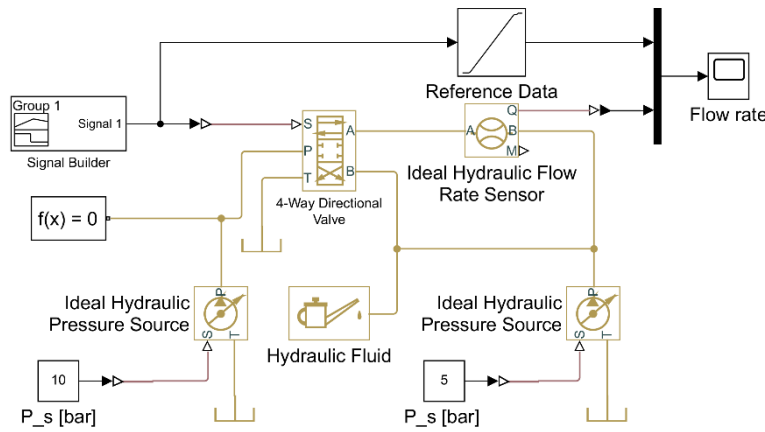


Figure 6. Test model of 4-way directional valve.

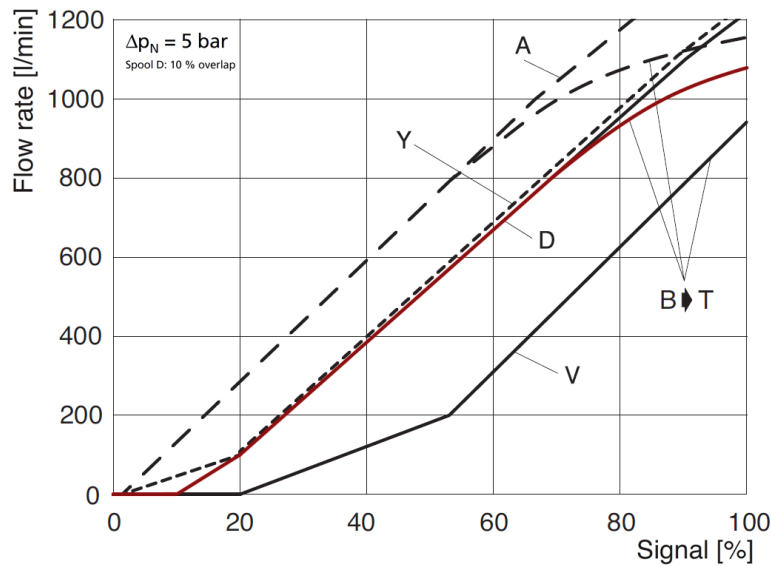


Figure 7. Flow-signal characteristic.

The variable parameter vector in Eq. 7 consists of 21 parameters. 20 orifice area values were determined as the model parameters of the *4-Way Valve* block, which provides results as near as possible to the flow rate graph given in the data sheet with The Bees Algorithm (BA), and which is seen to be used in Figure 8. These are 0, 0, 0, 0.6983, 1.1992, 1.6193, 2.1000, 2.6000, 3.0724, 3.6808, 4.2893, 4.7984, 5.2496, 5.7222, 6.0858, 6.5140, 6.8634, 7.1390, 7.4000, 7.5980 from  $a_1$  to  $a_{20}$ .

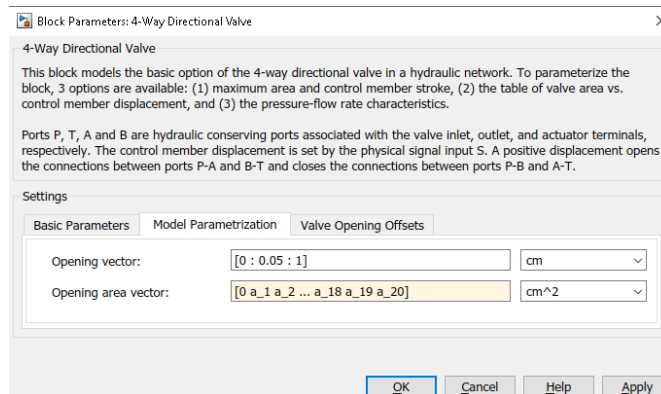


Figure 8. Block parameters of 4-way directional valve block.

Because electro-hydraulic systems are nonlinear, their frequency characteristics depend on controller performance, fluid properties, and other factors. Therefore, to determine the parameters of the Servo-Valve Actuator model, parameters should be reflected in the model and all features should be forethought at the same time. Hydraulic systems are complicated to linearize, because nearly whole elements are nonlinear, with the inclusion of the valve actuators. However, the system model must be linearized to make it feasible for analysis of the system linearly or the characteristics must be identified by comparison the output responses suitable for number of frequencies sinusoidal inputs. The second method was used in this study. The test model used to determine the parameters is given in the figure 9.

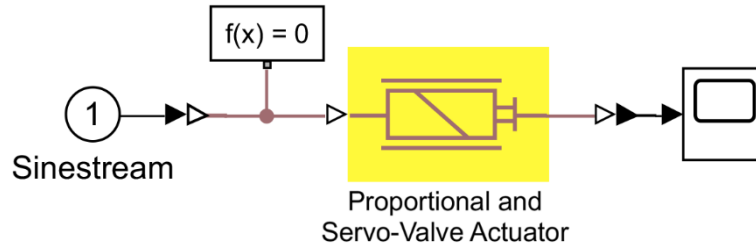


Figure 9. Test model of servo valve actuator.

In this study, the Proportional and Servo-Valve Actuator is modeled according to the frequency response characteristics at 90% of the input signal. The frequency graph from the manufacturer data sheets is used as a reference in this model and the frequency curve used is shown in Figure 10. In addition, the objective function used to determine the parameters is given in Eq. 8.

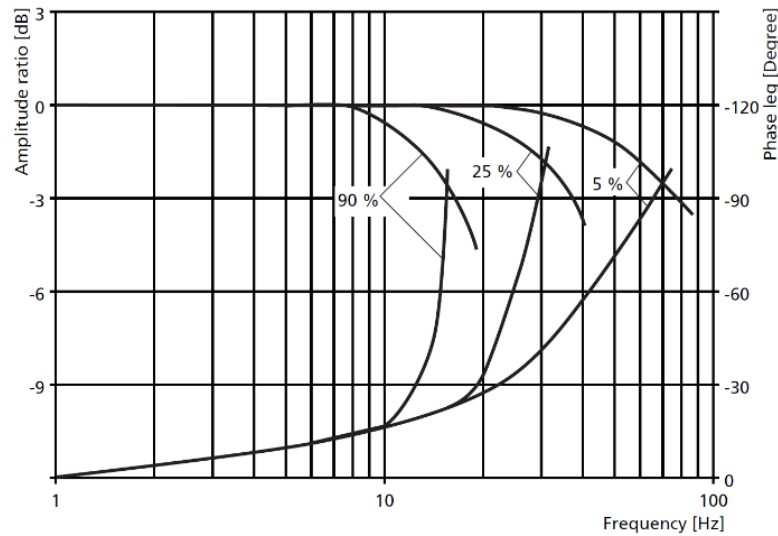


Figure 10. Frequency response.

$$F(x) = \sum_i^n k_i (f_r - f_a)^2 \quad (8)$$

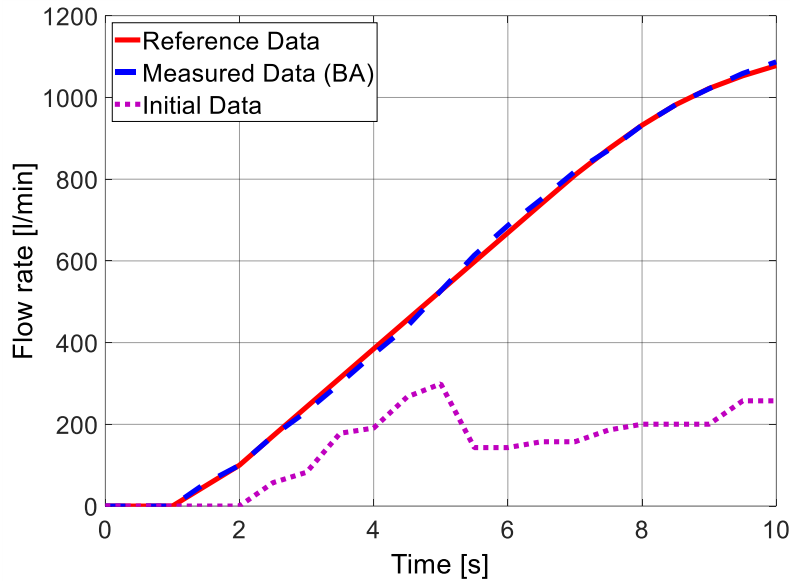
Here,  $f_a$  and  $f_r$  are the measured and reference frequency values, respectively, and  $k_i$  is the weight multiplier. The variable parameter vector in Eq. 8 consists of 3 parameters: Gain, Time Constant and Saturation. The Bees Algorithm (BA) determined the values of these parameters to obtain results of the simulations as near as possible to the frequency response graph given in the datasheet. The determined Gain, Time Constant and Saturation values are 253.7128, 0.0211 and 12.4498, respectively.

Test models and objective functions defined in this section is created using Matlab, Simulink and Simscape platforms and simulation studies is carried out. First, however, The Bees Algorithm (BA) was run until the unknown parameters of the test models matched the desired results with the actual data.

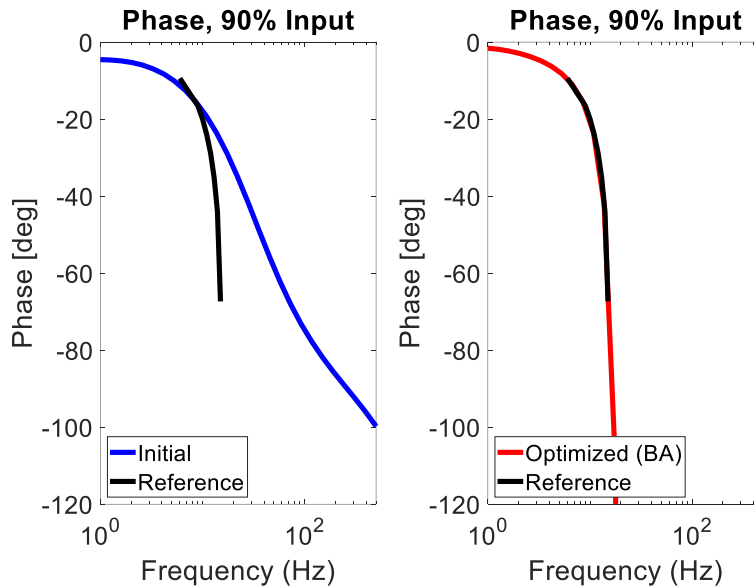
### 3. RESULT AND DISCUSSION

In the proposed method in this study, the Simscape model of the electro-hydraulic servo valve system was created. Then, The Bees Algorithm (BA) was used to determine the parameters used on the model and match the graphics in the manufacturer's data sheets of the servo valve considered.

The flow characteristics of the valve model created by using the initial parameters and the parameters obtained with The Bees Algorithm (BA) are given in Figure 11. The command signal increasing from 0% to 100% in 10 seconds was obtained with the Signal Configuration block in the pattern shown in Figure 6.



**Figure 11.** Comparison of optimized and reference flow characteristics response.



**Figure 12.** Comparison of optimized and reference frequency response.

The Bees Algorithm (BA) was also used to determine the parameters of the Servo Valve Actuator model. The phase-frequency response characteristic of the Servo Valve Actuator model obtained by using the initial parameters and optimized parameters is given in Figure 12. The excitation signal used to collect the phase-frequency response of the model was obtained with a Matlab command called *frest.Sinestream*, which is a series of sine wave signals.

As can be seen in Figure 11. and Figure 12., there is a great deal of similarity between the graphs created with the parameter values obtained by The Bees Algorithm (BA) and the graphs taken as reference from the datasheet.

#### 4. CONCLUSION

It is not easy to obtain a perfect system model for use in simulation studies without prior knowledge of the system. Obtaining a perfect model of a system that is not easy to model can be done in two different ways; applying one of the system identification methods or using manufacturers' data sheets after collecting experimental data. In this paper, simulation parameters of the MOOG brand D675 series proportional servo valve system was obtained using The Bees Algorithm, an optimization algorithm, to match the dynamic specifications in the datasheet provided by the manufacturer. As a result, it has been concluded that The Bees Algorithm (BA) can be used as a fast and reliable way to determine unknown parameters for modeling systems studies.

#### 5. ACKNOWLEDGE

This study has been presented in 2nd International Symposium on Implementations of Digital Industry and Management of Digital Transformation (ISIDIMDT'21), 10-11 November 2021, Konya/Turkey.

#### 6. REFERENCES

- Bakırcıoğlu, V., Şen, M. A. ve Kalyoncu, M., "Obtaining Dynamic Characteristics of Electrohydraulic Servo-systems CaseStudy of Parker D1FP Proportional Valve", *International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'17)*, Konya, Türkiye, 2017.
- Ding, Y., Zhang, W., Yu, L. ve Lu, K., 2019, "The accuracy and efficiency of GA and PSO optimization schemes on estimating reaction kinetic parameters of biomass pyrolysis", *Energy*, Vol. 176, No., pp. 582-588.
- Eser, O., Çakan, A., Kalyoncu, M. ve Botsalı, F. M., "Arı Algoritması (AA) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Kullanarak Çeyrek Araç Modeli Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi", *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol. 9, No. 3, pp. 621-632.
- Feng, H., Yin, C., Ma, W., Yu, H. ve Cao, D., 2019, "Parameters identification and trajectory control for a hydraulic system", *ISA Trans*, Vol. 92, No., pp. 228-240.
- İlgen, S., Durdu, A., Gülbahçe, E., Çakan, A. ve Kalyoncu, M., "The Bees Algorithm Approach to Determining SMC Controller Parameters for the Position Control of a SCARA Robot Manipulator", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Vol., No. 33, pp. 267-273.
- Kalyoncu, M. ve Haydim, M., 2009, "Mathematical modelling and fuzzy logic based position control of an electrohydraulic servosystem with internal leakage", *Mechatronics*, Vol. 19, No. 6, pp. 847-858.
- Karakoyun, E., Çakan, A. ve Kalyoncu, M., "İki serbestlik dereceli bir robot kolun konum kontrolü için PID kontrol parametrelerinin arı algoritması (AA) kullanılarak belirlenmesi", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol. 24, No. 1, pp. 111-124.
- Khadim, Q., Kiani-Oshtorjani, M., Jaiswal, S., Matikainen, M. K. ve Mikkola, A., 2021, "Estimating the Characteristic Curve of a Directional Control Valve in a Combined Multibody and Hydraulic System Using an Augmented Discrete Extended Kalman Filter", *Sensors (Basel)*, Vol. 21, No. 15, pp.
- MathWorks, 2021, "Simscape™ User's Guide", <https://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/> [March 5, 2022].
- Moog, 2010, "Pilot-Operated Servo-Proportional Valves Series D671 to D675 Sizes 05 to 10", Vol., No., pp.
- Moog, 2016, "Electro-Hydraulic Valves: A Technical Look", Vol., No., pp.



- Pham, D., Koç, E., Kalyoncu, M. ve Tinkır, M., 2008, "Hierarchical PID controller design for a flexible link robot manipulator using the bees algorithm", *Methods (eg. genetic algorithm)*, Vol. 25, No., pp. 32.
- Pham, D. T., Ghanbarzadeh, A., Koç, E., Otri, S., Rahim, S. ve Zaidi, M., 2006, "The bees algorithm – a novel tool for complex optimisation problems", In: *Intelligent production machines and systems*, Eds: Elsevier, 454-459.
- Qing-hua, H., Peng, H. ve Da-qing, Z., 2008, "Modeling and parameter estimation for hydraulic system of excavator's arm", *Journal of Central South University of Technology* Vol. 15, No. 3, pp. 382-386.
- Tchkalov, V. ve Miller, S., 2014, "Parameterization of directional and proportional valves in simhydraulics", *Mathworks*, Vol., No., pp.
- Yu, K., Liang, J. J., Qu, B. Y., Chen, X. ve Wang, H., 2017, "Parameters identification of photovoltaic models using an improved JAYA optimization algorithm", *Energy Conversion and Management*, Vol. 150, No., pp. 742-753.
- Zhang, J. ve Xia, P., 2017, "An improved PSO algorithm for parameter identification of nonlinear dynamic hysteretic models", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 389, No., pp. 153-167.



## CANBUS TEMELLİ ENDÜSTRİYEL SENSÖR AĞI TASARIMI

<sup>1</sup>Hasan ÜZÜLMEZ , <sup>2</sup>Süleyman CANAN , <sup>3</sup>Bayram AKDEMİR 

<sup>1,2</sup>ELFATEK Electronics Co., R&D Department, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, TÜRKİYE

<sup>1</sup>[hasan.uzulmez@elfatek.com.tr](mailto:hasan.uzulmez@elfatek.com.tr), <sup>2</sup>[suleyman@elfatek.com.tr](mailto:suleyman@elfatek.com.tr), <sup>3</sup>[bakdemir@ktun.edu.tr](mailto:bakdemir@ktun.edu.tr)

(Geliş/Received: 06.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 19.06.2022)

**ÖZ:** Endüstri 4.0 kapsamında sahada kullanılan elektronik sistemlerin veri toplayarak, bu verileri kompleks sistemlerin sağlıklı çalışabilmesi için değerlendirilmek üzere kontrol birimlerine aktarması gerekmektedir. Kontrol birimlerinde değerlendirilen bu veriler sistemin daha verimli kullanılmasını ve uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Ayrıca endüstriye yönelik tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan ve standartları belirlenmiş bir haberleşme protokolü kullanılarak, cihazlar vasıtasıyla sahadan toplanan veriler farklı uygulamalar için değerlendirilebilir. Endüstriyel alanda yük taşımak için kullanılan gezer köprülü tavan vinçlerinde karşılaşılan operatör kaynaklı yanlış kullanımların tespit edilmesi amacıyla bir sensör ağı tasarlanması, bu çalışmanın esas amacıdır. Bu çalışmada, tasarlanan sensör ağı için CANBus haberleşme altyapısı ve CANOpen protokolü kullanılmıştır. Gezer köprülü tavan vinçleri için bir sistem tasarlanmış olup, sistemin genel yapısı gösterilmiştir. Gerçekleştirilen sensör ağı ile endüstriyel alanda kullanılan bir gezer köprülü tavan vincinden; taşınan yükün ağırlığı, taşıma sırasında vinç halatında oluşan salınım ve halat uzunluğu verileri alınmış ve elektronik ortamda depolanmıştır. Sensör ağından alınan verilerin elektronik ortamda depolanması uzun süreli ve sürekli kayıt işleminin yapılabilmesini sağlamıştır. Kaydedilen veriler kullanılarak vinç kullanımı hakkında raporlama ve istatistik çalışmaları yapılabilir. Bu çalışmada, saha uygulamasından elde edilen veriler değerlendirilerek vinç operatörlerinin yanlış uygulamaları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** IoT, Sensör Ağları, Endüstri 4.0, CANBus

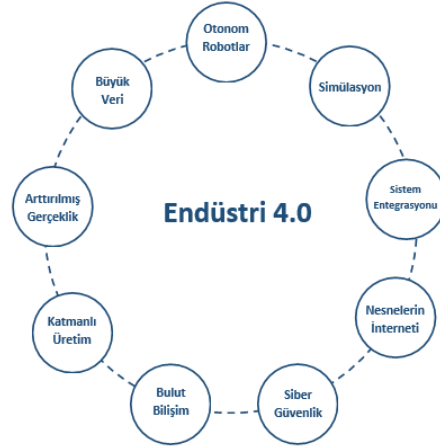
### CANBus Based Industrial Sensor Network Design

**ABSTRACT:** Within the scope of Industry 4.0, the electronic systems used in the field must collect data and transfer them to the control units to be evaluated in order for the complex systems to work properly. These data, which are evaluated in the control units, enable the system to be used more efficiently and to have a long life. In addition, data collected from the field by means of devices can be evaluated for different applications by using a communication protocol designed for industry, widely used and standardized. The main purpose of this study is to design a sensor network in order to detect operator misuse encountered in overhead cranes used for carrying loads in the industrial area. In this study, CANbus communication infrastructure and CANOpen protocol are used for the designed sensor network. A system for overhead cranes has been designed and the general structure of the system is shown. With the realized sensor network, from an overhead crane used in the industrial area; The weight of the transported load, the oscillation of the crane rope during transportation and the rope length data were recorded and stored in an electronic environment. The electronic storage of the data received from the sensor network has enabled long-term and continuous recording. By using the recorded data, reporting and statistical studies can be done about crane usage. In this study, the wrong practices of crane operators were determined by evaluating data obtained from the application.

**Keywords:** IoT, Sensor Networks, Industry 4.0, CANBus

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojik gelişmeler, özellikle içinde bulunduğumuz yüzyılda büyük bir ivme kazanarak insan hayatını kolaylaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar her alanda olduğu gibi endüstriyel anlamda da verimlilik ve performans artışlarına sebep olmuştur. Dördüncü endüstri devriminin özünde, üretim süreçlerinde insan faktörüne gereksinimi azaltarak otonom olarak faaliyette bulunan makineler ve üretim sistemleri yer almaktadır. Üretim sistemleri ve fabrikaların daha akıllı hale geldiği kendi kendini yönetebilen üretim süreçleri oluşturularak insan kaynaklı hataların minimize edilmesi ve üretim süreçlerinde tam bir standardizasyona gidilmesi hedeflenmektedir (Görçün, 2016: 142). Küreselleşmenin en son dalgası olarak adlandırılan Endüstri 4.0 olgusunun üretim ve tüketim süreçlerinde köklü değişimlere yol açacağı ileri sürülmektedir (Schwab, 2016). Endüstri 4.0 devriminin altyapısı 2000'li yılların başında oluşturulmaya başlanmış, kendinden önceki tüm endüstri devrimlerinden çok daha hızlı şekilde yaygınlaşmış ve kabul görmüştür. Dördüncü sanayi devrimine atfedilen Endüstri 4.0, akıllı sanal-fiziksel sistemler kullanarak akıllı fabrikalar inşa etmek vizyonunu taşır. Endüstri 4.0 otomatik kontrollü akıllı sistemler tarafından kontrol edilen, kendi kendinin konfigürasyonunu yapabilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen üretim ekosistemlerini mümkün kılacaktır. Bunun sonucu olarak Endüstri 4.0 eşi benzeri görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimlilikteki büyümenin hızlanmasına izin verecektir (Thames ve Schaefer, 2016). Şekil 1'de temel olarak Endüstri 4.0 bileşenleri ve temel yapısı gösterilmektedir. Bu bileşenlerin tamamı tasarlanacak sistemde kullanılabilirliği gibi yalnızca bazıları tercih edilebilir.



**Şekil 1.** Endüstri 4.0 Temel Yapısı

*Figure 1. Industry 4.0 Basic Structure*

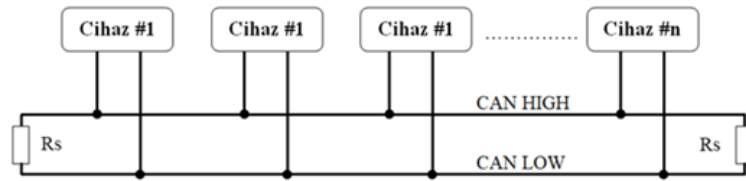
Bu çalışma, endüstride sıkça kullanılan bir iş makinası türü olan gezer köprülü tavan vinçlerinin çeşitli sensörlerle donatılarak daha uzun ömürlü ve verimli şekilde çalışmalarını için bir sistem tasarımı içermektedir. Tasarlanacak sensör sisteminin mevcut vinçler ile entegrasyonu sağlandıktan sonra ilerleyen aşamalarda, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve büyük veri gibi özellikler eklenerek Endüstri 4.0 altyapısına uygun bir sistem tasarımı gerçekleştirilebilir. Kontrol sistemine eklenecek sensörler, makinelerin daha güvenli çalışmasını sağlayarak iş kazası olasılığını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Tasarlanacak sistem ile makineler dijital bir kimlik kazanarak geriye dönük performans ve kullanım analizleri yapılabilecektir.

## MATERYAL VE YÖNTEMLER (MATERIAL AND METHODS)

### CANBus (CANBus)

Controller Area Network (CAN) haberleşme protokolü konusunda, 1983 yılında özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılması için Robert Bosch GmbH şirketi tarafından çalışmalar başlatılmıştır. Üç yıllık çalışmanın ardından gerekli sistem tamamlanmış ve 1986 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Bosch, 1991). Bu haberleşme protokolünün başlıca amacı araçlarda bulunan kablo ağı karmaşasını ortadan kaldırmaktır. Bu haberleşme protokolü kullanılarak motor, frenler, klima, sensörler, vb. otomotiv bileşenlerinin arasında paralel olarak kullanılan pek çok kablo yerine sadece iki kablo kullanılması sağlanmıştır. CAN haberleşme protokolü ilk olarak otomotiv sektöründe kullanılsa da hızlı veri iletimi, düşük hata oranı ve uygulama kolaylığından dolayı gömülü sistemlerde de tercih edilmeye başlanmıştır.

Multi-Master yapıya sahip CAN haberleşme sistemi, her CAN düğümünün (aygıt) birbiriyle haberleşebildiği ve cevapların senkron şekilde iletildiği gerçek zamanlı bir haberleşme sistemdir. Protokolün en önemli avantajlarından biriside birden fazla ünitenin aynı anda hatta erişmesine izin vermesidir. Herhangi bir çakışma durumunda ise yazılım ve donanım olarak bir problem oluşmadan yüksek öncelikli mesaja sahip olan ünite erişim hakkını kazanmakta diğer üniteler alıcı konumuna geçerek haberleşme devam etmektedir (Özdemir, 2009). CAN haberleşme ağlarında düğüm veya aygıtların çalışabilmesi için klasik bir adresleme işlemi yapılmaz, haberleşmede önemli olan mesaj önceliğinin belirlenmesidir. Haberleşme ağı içerisinde bulunan bütün CAN düğümleri birbirlerine mesaj gönderebilir. Ağa bağlı tüm düğümler mesajın tanım (ID) bölümünü kontrol ederek mesajın kendisiyle ilgili olup olmadığını değerlendirir. Mesajın tanım (ID) bölümü, mesajın öncelik sırasını belirlemek için kullanılır (Cena ve Valenzano, 2003). CAN haberleşme sisteminin avantajı, düşük maliyetli olması ve kolay kullanımı sayesinde en basit uygulamalardan en karmaşık sistemlere kadar uygulanabilmesidir. CAN düğümleri CAN LOW ve CAN HIGH bağlantı noktalarına eklenerek çoğaltılır. CAN alıcı-verici birimi (transceiver) CANBus için uygun olan mikrodenetleyicilerde voltaj seviyelendirmesi için gereklidir. Bu birim diğer cihazlardan kaynaklanan elektriksel gürültülerin bastırılmasını sağlar (Mazran ve diğ., 2009). Şekil 2’de CAN veri yolu üzerinde cihazların bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 2. Basit bir CAN haberleşme hattı

Figure 2. A Basic CAN communication line

CAN haberleşme protokolünün tercih edilmesini sağlayan faktörler aşağıda belirtilmiştir;

**Güvenlik:** CAN haberleşme protokolü, veri iletişiminin en az hata ile yapılmasını sağlar. CAN haberleşme protokolü, çarpışma denetimi için CSMA (Carrier Sense Multiple Access / Çarpışma Denetimi ile Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim) erişim mekanizması esasına göre çalışan CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution / Çarpışma Çözümü ile Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim) kullanır (Anwar ve Khan, 2007). CSMA/CR erişim modelinde, her bir mesaj, tek ve benzersiz bir öncelik ile karakterize edilir. Aynı anda iki ya da daha fazla düğüm iletme geçerse, çarpışma oluşmasını önlemek için, yüksek öncelikli mesaj iletme devam ederken, diğeri yol boşalana kadar bekler. Bu sayede bir kontrol ağında var olan düğüm sayısı kadar farklı öncelik değeri verilebilir (Yavuz ve diğ., 2018).

**Maliyet:** CAN haberleşme sistemi, ağ içerisinde ki her düğümün yalnızca iki kablo ile iletişim kurabilmesini sağlar. Sistem için gereken kablo sayısının az olması ve montaj kolaylığı maliyeti önemli ölçüde düşürmektedir.

**Ölçeklendirilebilirlik:** CAN haberleşme sistemi, 127 adet düğüme kadar genişletilebilir. Sisteme eklenen yeni düğümler için bağlantı herhangi bir noktadan yapılabileceği gibi diğer düğümlerde revizyon yapılmasını da gerektirmemektedir.

**Uygulanabilirlik:** CAN haberleşme sistemi, her geçen gün CAN haberleşme desteği olan ürünlerin piyasaya sürülmesi sayesinde kullanım alanını arttırmaktadır. Uygulama alanı ve ürün çeşitliliğinin fazla olması CAN haberleşme sisteminin kullanımını da tercih edilir hale getirmiştir.

**Bilinirlik:** CAN haberleşme sistemi, otuz yıldan fazla süredir endüstriyel alanda kullanılmaktadır ve pek çok endüstriyel alanda en çok tercih edilen iletişim sistemidir (Kara, 2009).

CAN haberleşme sisteminin geliştirilmesinden önce ve günümüzde CAN haberleşme sistemi dışında en çok kullanılan iletişim sistemleri UART temelli haberleşme sistemleridir. Geleneksel sistemler CAN haberleşme sistemi ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Mikrodenetleyicilerin pek çoğu dahili olarak UART haberleşme sistemini destekleyen donanım modüllerine sahiptir. Bu haberleşme sistemleri düşük maliyetli olduğu için noktadan noktaya haberleşmede kullanılır. Ancak düşük maliyetinin yanında aşağıda belirtilen dezavantajlara da sahiptir.

- UART haberleşme sistemleri, verileri bir byte olarak iletir. Haberleşme sırasında aynı anda birden fazla byte'dan oluşan veri gönderilemez.
- UART haberleşme donanımları hata denetimi fonksiyonuna sahip değildir. Hata denetimi yapabilmek için yazılım fonksiyonları kullanılabilir, yazılım temelli hata denetimi haberleşmenin yavaşlamasına sebep olabilir.

Otomobil ve yan sanayi endüstrilerinde karşılaşılan problemler sebebiyle UART temelli haberleşme sistemlerinin yetersizliği ortaya çıkmaya başlamıştır. Otomobiller üzerinde genelde bir noktadan diğer noktaya haberleşme kullanıldığı için kablo sayısı ve maliyetleri artmış, kablo sayısının fazla olmasından dolayı araç ağırlığı olumsuz etkilenmiş ve daha karmaşık haberleşme ağının gerekli hale gelmesi, gelişmiş bir haberleşme protokolü ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Özer ve diğ., 2020). Endüstride PLC, mikro denetleyici, dijital sinyal işleyici ve FPGA gibi kontrol ünitelerinin birbirleri ile haberleşebilmesi için Fieldbus, Profibus, Modbus, Devicenet, CANBus, vb. protokoller geliştirilmiştir (Mısır, 2015). Bu sorunu çözmek isteyen otomobil üreticileri maliyeti yüksek olmayan ve işlevsel mikrodenetleyicilerin kullanılabileceği bir haberleşme sistemi hakkında araştırmalara başlamış ve CANBus haberleşme sistemini geliştirmişlerdir. Aşağıda CAN haberleşme sisteminin geleneksel haberleşme sistemleri ile arasındaki farklar belirtilmiştir (Kara, 2009).

- CAN haberleşme sistemi mesaj tabanlı haberleşme protokolüdür ve mesaj boyutu 8 byte olarak belirlenmiştir. (Gelişmiş sistemlerde 64 byte olabilir.)
- CAN haberleşme sistemi için kullanılan donanımlar hata denetim özelliğine sahiptir. Yazılım destekli hata denetiminin sebep olduğu yavaşlamalara sebep olmaz.
- Günümüzde mikrodenetleyiciler CAN haberleşme donanımına dahili olarak sahiptir.
- CAN haberleşme sistemlerini hem yerel hemde ayrık sistemler içerisinde kullanmak mümkündür.
- CAN haberleşme sisteminde, düğümler arasında kablo kalitesi ve haberleşme hızına bağlı olarak 1 km mesafeye kadar iletişim kurulabilir.

Çizelge 1'de CAN haberleşme hattında veri alışverişi yapan cihazların aralarında ki haberleşme hızına göre kullanılabilecek en uzun hat uzunluğu metre cinsinde belirtilmiştir (Kalaycı, 2015).



**Çizelge 1.** CAN haberleşme hattı için haberleşme hızı ve hat uzunlukları*Table 1. Communication speed and line lengths for the CAN communication line*

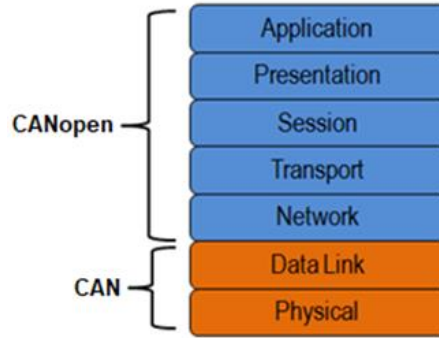
Haberleşme Hızı (kbps)	Hat Uzunluğu (m)
1000	40
500	100
250	200
125	500
100	660
50	1000

Hat üzerindeki yansımaları engellemek için Sonlandırma Dirençleri (Rs) kullanılmalıdır. Sonlandırma dirençlerinin değerini belirlemek için kablonun empedansına bakılmalı ve dirençleri buna göre seçilmelidir.

CAN haberleşme protokolünde, kullanılan bir cihazın bozulması, tüm sistemin durmasını gerektirmez. Sadece ilgili cihaza ait birim çalışmaz, diğer tüm birimler çalışmaya devam eder. Bu da sistemin daha güvenli olmasını sağlar.

### CANopen(CANopen)

CANopen haberleşme protokolü, endüstriyel alanda kullanılan elektronik cihazlar için tasarlanmış cihaz profil özelliklerini içeren ve uluslararası alanda standart haline gelmiş CAN tabanlı bir yüksek katman haberleşme protokolüdür (Ayaz, 2014). CANopen haberleşme protokolü OSI modeli üzerinde ağ (Network) katmanı ve üstündeki katmanların fonksiyonlarını işletir. CAN (Controller Area Network) haberleşme sistemi OSI modelinin Veri bağlantı (Data link) ve fiziksel (Physical) katman gibi daha düşük düzeydeki seviyelerinde kullanılır (CiA, 2002). Şekil 3'de CANopen OSI referans modeli ve katmanları gösterilmiştir.

**Şekil 3.** CAN ve CANopen OSI modeli*Figure 3. CAN and CANopen OSI model*

CANopen haberleşme protokolü, CAN in Automation (CiA) adında bir kuruluş tarafından 1992 yılından itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Endüstriyel alanda ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda, endüstriyel alanda faaliyet gösteren firmalar tarafından temelleri atılan kuruluş, günümüzde farklı sektörlerden yaklaşık 710 üyesiyle çalışmalarına devam etmektedir. CAN in Automation (CiA) kuruluşu, CANopen protokolünün dünya çapında standartlaşması, tanıtımının yapılması ve geliştirilme faaliyetlerinin sürekli olarak devam etmesinden sorumludur. Kuruluş merkezi Almanya'nın Nuremberg şehrinde yer almaktadır. Kurumun alt iştiraki olan CiA GmbH firması ise CANopen haberleşme protokolü ile ilgili sertifikasyon çalışmalarının yapılması ve talimatların düzenlenmesi görevini yerine getirmektedir. CAN in Automation (CiA) kuruluşu aynı zamanda CAN Newsletter adında teknik yayınlar ve CAN haberleşme sistemleri hakkında ürün ve hizmetlerin kılavuzlarını oluşturarak yayınlanmasını sağlamaktadır (CiA, 2002).

CANopen haberleşme protokolünü destekleyen cihazlar pek çok yardımcı alt protokolü de içermektedir. Bu alt protokoller yardımıyla pek çok fonksiyon gerçekleştirilmektedir. CANopen içerisinde bulunan başlıca alt protokoller şunlardır;

- **Network Management (NMT) Protokolü:** NMT protokolünün amacı, cihazların ağ davranışını kontrol etmektir. Ağ başlatma, hata kontrolü ve cihaz durumu kontrolü için hizmetler sağlar. CANopen ağında yalnızca bir NMT yöneticisi etkindir.

- **Heartbeat Protokolü:** Bir CANopen cihazı, CANopen yöneticisinin veya mesaj alıcısının cihazın hala çalışır durumda olduğunu anlaması amacıyla periyodik olarak mesaj gönderir. Belirli bir süre içinde bir mesaj gelmezse, yönetici farklı bir işlem yapabilir.

- **Service Data Object (SDO) Protokolü:** Hizmet veri nesnelere (SDO), bir CANopen cihazının parametrelerine erişme izni verir. Bu nedenle SDO protokolü esas olarak konfigürasyon parametrelerini düzenlemek için kullanılır.

- **Process Data Object (PDO) Protokolü:** İşlem veri nesnelere (PDO'lar) kısa yüksek-öncelikli CAN mesajlarıdır. PDO'lar, bir cihazın kontrol ve durum bilgileri, sensörler tarafından ölçülen değerler, vb. gerçek zamanlı verilerin iletilmesi için kullanılır. İşlem verileri bir cihazdan (üretici) bir başka cihaza (tüketici) veya diğer birçok cihaza iletebilir. Hem alıcı hem de verici cihazların bir PDO içeriğinin nasıl yorumlanacağını bilmesi gerekmektedir.

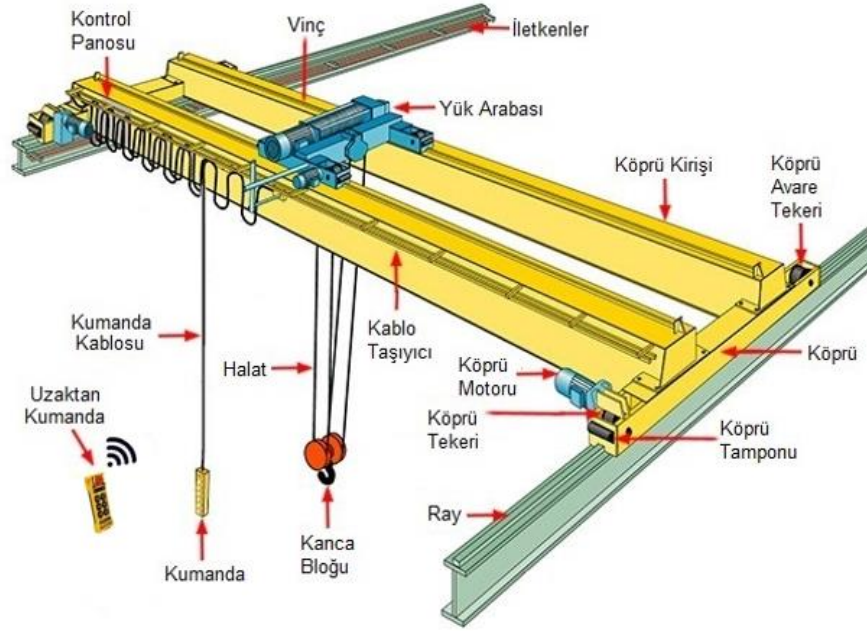
- **Synchronization Object (SYNC) Protokolü:** SYNC protokolü, temel ağ senkronizasyon mekanizmasını sağlar. SYNC üreticisi, senkronizasyon nesnesini (SYNC) periyodik olarak tetikler. SYNC protokolünün aktarım süresi yapılandırılabilir.

- **Time Stamp Object (TIME) Protokolü:** Zaman damgası nesnesi 6 byte olarak zaman bilgisini içermektedir. Zaman bilgisi, 1 Ocak 1984 tarihinden bu yana geçen süreyi milisaniye cinsinden belirtmektedir.

- **Emergency Object (EMCY) Protokolü:** Acil durum mesajları, bir cihazda dahili hata durumunun meydana gelmesiyle tetiklenir ve ilgili cihazdan yüksek önceliğe sahip olarak diğer cihazlara iletilir. Bu mesaj, diğer cihazları kesme tipi hata uyarıları için uygun hale getirir. Bir acil durum mesajı, her hata olayı için yalnızca bir kez gönderilebilir, acil durum mesajları tekrarlanmamalıdır. Bir cihazda yeni bir hata oluşmadığı sürece, başka bir acil durum mesajı gönderilmemelidir.

### **Vinç Sistemleri(Crane Systems)**

Tasarlanacak sistemin ana bileşeni yük kaldırma ve taşıma işlemi için endüstride sıkça kullanılan gezer köprülü tavan vinçleridir. İnsan gücünün yeterli olmadığı yerlerde büyük ve ağır cisimlerin kaldırılması ve taşınması için kullanılan iş makinalarına vinç denir. Vinçler ağır iş makinası sınıfında bulunan endüstriyel makinalardır. Şekil 4'de gezer köprülü tavan vinci ve sistemi oluşturan temel bileşenler bulunmaktadır. Gezer köprülü tavan vinçleri açık alanlar yada kapalı iç mekanlarda kullanılacak farklı konfigürasyonlarda üretilebilmektedir.



Şekil 4. Gezer köprülü tavan vinçleri ve temel bileşenleri (<https://srscert.com/kopru-vinc>, 25.09.2021 tarihinde ziyaret edildi)

Figure 4. Overhead crane and essential components

Bu tarz iş makinelerinde sistem ne kadar iyi tasarlanırsa da operatörün yeterince tecrübeli olmaması veya dikkatsiz davranması sonucunda maddi hasar oluşturan kazalar ile sık sık karşılaşmaktadır. Taşınan yük veya doğrudan vincin kendisi zarar görmekte, verimliliği ve kullanım ömrü azalmaktadır. Vinç sistemlerin de yükün kaldırılması ve taşınması sırasında oluşabilecek yanlış kullanımdan kaynaklanan arızaların oluşmasını engellemek için insan faktörünü en aza indirecek şekilde gerekli mekanik ve elektronik sistemlerle tedbirler alınmalıdır. Vinç kullanımında insan faktörü en önemli etmenlerden biridir. Operatörün gerekli yetkinlikte olmaması taşınacak yükün dengesiz ve aşırı yüklenmesi, kaldırma pozisyonunda yanlış konumda bulunan köprü ve araba, yükün taşınması sırasında ani hızlanma ve yavaşlama yapılarak yükte salınım meydana gelmesi gibi maddi hasara sebep olabilecek yanlış kullanımlar ortaya çıkmaktadır.

Vinç operatörleri genellikle yüksek stres ve konsantrasyon gerektirecek şekilde çalışmaktadır. Uzun süre çalışmanın getirdiği yorgunluk ve çevresel etkiler iş kazası riskini arttırmakta ve üretimin aksamasına, malzeme ve zaman anlamında israfa neden olabilmektedir.

#### Sensörler(Sensors)

#### Yük Hücresi ve Aşırı Yük Kontrol Sistemi(Loadcell and Overload Control System)

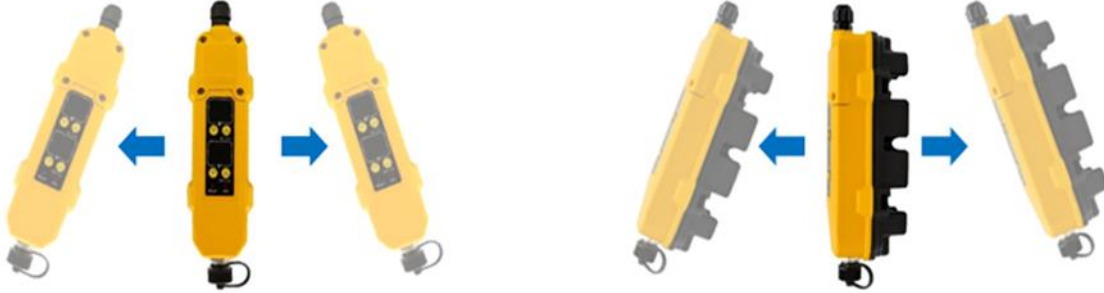
Vinçlerde kullanılan yük sensörleri, kaldırılan yükün vincin kaldırma ve taşıma kapasitesini aşmayacak şekilde olmasını aksi durumda kaldırma ve taşıma işleminin yapılmamasını sağlar. Vinç kapasitesi üzerinde yük kaldırma ve taşıma işlemi gerçekleştiğinde vinç sistemi başta taşıyıcı çelik halat olmak üzere tüm mekanik bileşenlerde kalıcı hasar bırakabilir. Yük hücresinin kapasitesi üzerinde malzeme yüklenmesi durumunda yük hücresi deforme olarak yanlış ölçüm sonuçlarına sebep olabilir. Şekil 5'te vinçlerde kullanılan halat tipi bir yük hücresi ve aşırı yük kontrol sistemi gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Halat tipi bir yük hücresi ve Aşırı Yük Kontrol sistemi  
*Figure 5. A rope type loadcell and Overload Control system*

#### Açı Sensörleri(Angle Sensors)

Açı limit sensörü, vinç ve operasyon güvenliğini arttırmak amacıyla halatın iki eksendeki ayarlanabilir limit değerinden fazla açı ile vincin yükü kaldırma işlevini gerçekleştirmesini önleyen bir sensördür. İki eksende ölçülen açı değerini haberleşme hattına iletir. Şekil 6'da vinç halatına bağlanan bir açı limit sensörü ve iki eksen için çalışma şekli gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Halat tipi açı limit sensörünün çalışma eksenleri  
*Figure 6. Working axes of rope type angle limit sensor*

#### Tur Sayıcı(Rotary Limit Switch)

Tur Sayıcı, vinçlerde bulunan halatın çalışma aralığını belirlemek için kullanılır. Aşağı ve yukarı limit, aşağı ve yukarı yavaşlama olmak üzere toplamda dört röle ile kontrol sağlanmaktadır. Temassız olarak vinç tamburuna takılan sensör sayesinde tambur ile yük arasında ki mesafeyi cm cinsinden tespit eder. Halat mesafe bilgisini haberleşme hattına iletir.

Şekil 7'de vinç halat tamburunun tur sayısını sayan tur sayıcı cihazı gösterilmiştir.



**Şekil 7.** Tur sayıcı cihazı  
*Figure 7. Rotary Limit Switch device*

### Harici Gösterge(External Display)

Harici gösterge cihazı, panelin büyüklüğüne bağlı olarak kapalı ve açık alanlarda uzak mesafeden mesajların görüntülenek bilgi verilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Haberleşme hattından aldığı ağırlık, açı ve halat mesafesi gibi bilgileri göstererek sistem hakkında bilgi verir. Şekil 8’de vinç köprüsü üzerine yerleştirilen harici gösterge paneli gösterilmiştir.



Şekil 8. Harici gösterge paneli

*Figure 8. External display panel*

### Uzaktan Kumanda(Remote Control)

Vinçlerin uzaktan kablosuz olarak kumanda ve kontrol edilebilmesini sağlayan elektronik sistemlerdir. Uzaktan kumanda sistemi sayesinde kullanıcı güvenli şekilde vinci kontrol edebilir. Kablolu kontrol sistemlerinde göre daha uzun ömürlü ve kolay kullanıma sahiptir. Haberleşme hattından aldığı ağırlık, açı ve halat mesafesi bilgilerini kullanarak vinci güvenli şekilde çalışmasını sağlar. Şekil 9’de vinç sisteminin uzaktan kontrolü için kullanılan kumanda alıcı ve verici cihazları gösterilmiştir. Vinç üzerindeki tüm cihazlardan gelen bilgileri alarak değerlendiren kontrol ünitesidir.



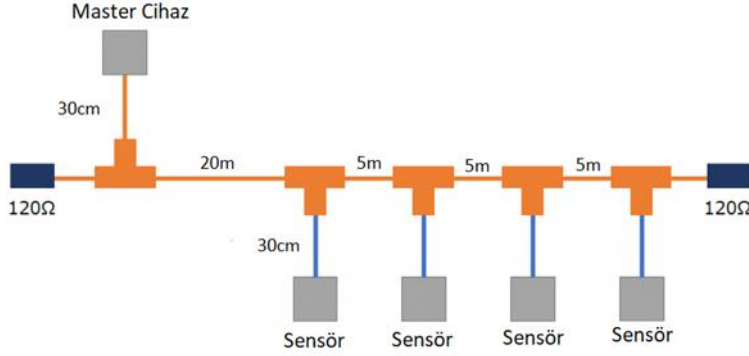
Şekil 9. Vinç kontrolü için kullanılan uzaktan kumanda alıcı/verici seti

*Figure 9. Remote control receiver/transmitter set used for crane control*

### UYGULAMA(APPLICATION)

Vinç kontrol sistemlerinde kullanılan elektronik kumanda ve güvenlik ekipmanlarını kendi aralarında bilgi alışverişi yapacak şekilde düzenleyerek, kontrol sisteminin daha güvenli hale getirilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan sistemde yaygın kullanımı ve yüksek güvenlik seviyesi sebebiyle CAN haberleşme yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca bu sistemde kullanılan cihazların diğer endüstriyel sistemlere de bağlanabilmesi için endüstriyel bir haberleşme protokolü olan CANopen protokolü kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde 11 bit adresleme yapılan CAN 2.0A standardı kullanılmıştır. CANopen protokolü aynı hat üzerinde 127 cihaza kadar kullanıma izin vermektedir. Tasarlanan sistemde kullanılacak elektronik cihazlar dahili CAN donanımı barındıran ARM tabanlı mikrodenetleyiciler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 10’da basit bir CAN haberleşme hattı gösterilmiş olup cihazlar arasında uygulanabilecek mesafeler gösterilmiştir.





Şekil 10. Cihazlar ve sensörler arasında uygulanan Hat topolojisi sistemi

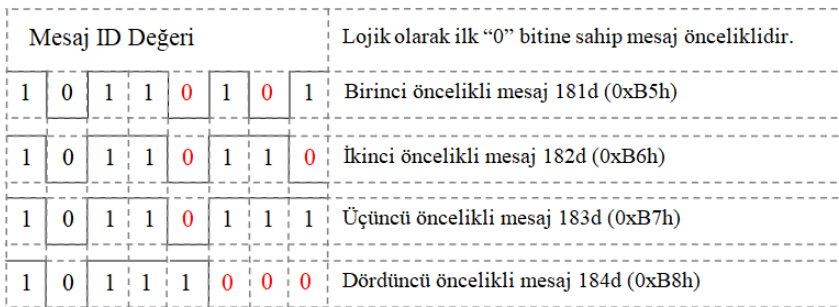
Figure 10. Line topology system implemented between devices and sensors

Bu uygulamada aynı sensör tipleri veya farklı sensörler aynı hatta bağlanabilir, elde edilen veriler farklı cihazlar üzerinde farklı amaçlar için kullanılabilir. CAN haberleşme protokolünde mesaj önceliği mesajı tanımlayan ID değerine göre belirlenmektedir (Yavuz ve diğ. , 2018). Mesaj ID değeri küçük olan mesaj öncelikli mesajdır. Örneğin hatta bağlı dört adet cihazın belli aralıklarla gönderdiği mesajlar Çizelge 2’de gösterilmiştir. Şekil 11’de mesaj ID değerinin önceliğinin belirlenmesi işlemi gösterilmiştir.

Çizelge 2. CAN hattına bağlı cihazlardan gelen mesajlar

Table 2. Messages from devices connected to the CAN line

ID	DLC	Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Data7	Cihaz
181	8	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Halat aç limit sensörü
182	8	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Aşırı yük kontrol sistemi
183	8	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Tur sayıcı
184	8	0x00	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	Harici gösterge paneli
185	8	0x00	0x00	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	Uzaktan kumanda

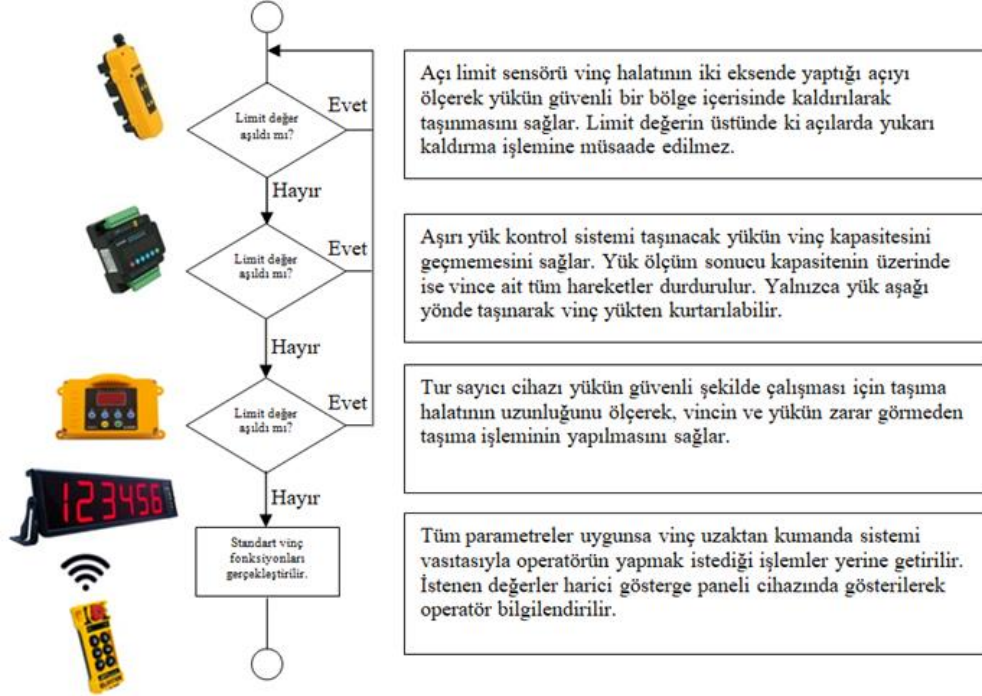


Şekil 11. Mesaj ID değerine göre öncelikli mesajın belirlenmesi

Figure 11. Determining the priority message according to the message ID value

Tasarlanacak sistemde mesaj öncelik sırası Aç Limit Sensörü, Aşırı Yük Kontrol Ünitesi, Tur Sayıcı ve Harici Gösterge Paneli cihazı olarak belirlenmiştir. Öncelik sırası belirlenirken vinç kullanım senaryoları göz önünde bulundurulmuştur. Vinç halatının açısının limit değerler üzerinde olduğunu belirten mesaj alındığında kaldırma işlemi gerçekleştirilmez. Vinç halatının açısı limit değerler altında ise kaldırma işlemi yapılır ve aşırı yük kontrolü yapılır, yük değeri limit değerlerin üzerinde ise vincin kaldırma ve diğer hareketleri yapmasına müsaade edilmez. Vinç halat açısı ve kaldırılan yük değeri belirlenen limitler altında ise kaldırma işlemi için Tur Sayıcı cihazından gelen halat uzunluk bilgisi değerlendirilir, yük kaldırma mesafesi dışında çıkmışsa kaldırma işlemi durdurulur. Tüm cihazlardan

alınan değerlerin harici gösterge paneli cihazında gösterilmesi sağlanır. Harici gösterge paneli cihazından yayınlanan mesajların sistemin çalışmasına bir etkisi olmadığından en az önceliğe sahip mesajlardır. Şekil 12’de tasarlanan sistemin genel çalışma akışı gösterilmiştir.



Şekil 12. Tasarlanacak sistemin gezer köprülül tavan vinçleri için genel çalışma akışı

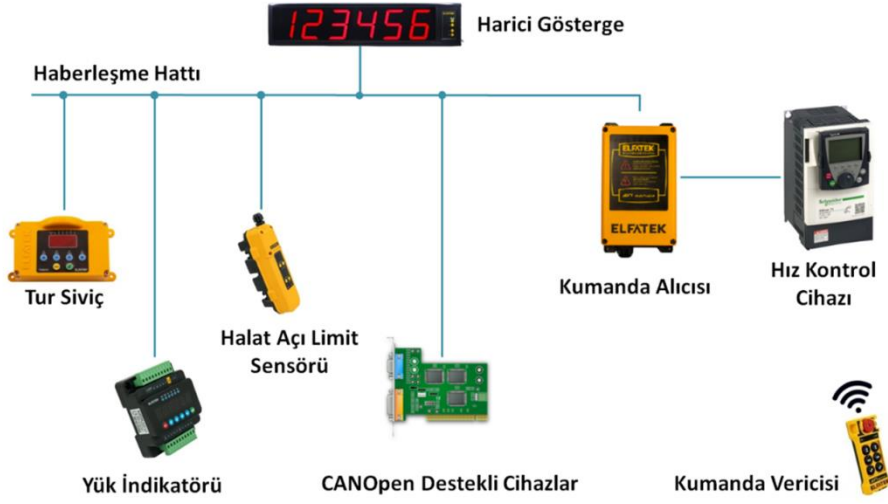
Figure 12. General working flow for the overhead cranes of the system to be designed

Tasarlanan sistemde yük indikatörü vinç kancasına bağlı yükün ağırlığını, halat açısı limit sensörü kanca halatının iki ekseninde açı bilgisini, tur sayıcı cihazı kancanın yere olan uzaklığını anlık olarak ölçerek elde edilen verileri haberleşme hattına gönderirler. Harici gösterge paneli bu verileri operatörlerin görerek değerlendirmesini sağlar. Böylece vinç kullanıcısı operatörler sistem hakkında bilgi sahibi olurlar. Haberleşme hattında bulunan veriler aynı zamanda uzaktan kumanda alıcısına da iletilmektedir. Kumanda alıcısı operatörün kumanda vericisini kullanarak gönderdiği komutları ve haberleşme hattından aldığı verileri kullanarak vincin kontrolünü sağlar. Sensörlerden gelen mesajlar uzaktan kumanda cihazı tarafından değerlendirilerek sistemin güvenli şekilde kullanılması sağlanır. Limit değerler aşılmışsa, operatörün komutlarını uygulamayarak sistemin zarar görmesini engeller. Tasarlanan sistemde tüm cihazlardan gelen verileri değerlendirilerek vinç operatörünün yapmak istediği işlemin gerçekleştirilmesine karar veren cihaz uzaktan kumanda alıcısıdır. Dolayısıyla sistemin yöneticisi uzaktan kumanda cihazıdır.

Çeşitli endüstriyel cihazlardan oluşan ve CAN haberleşme protokolü kullanan sensör ağı oluşturulmuştur. Bu ağ yapısına yeni cihazların kolayca eklenmesi mümkündür. Ayrıca bu sisteme tasarlanacak uygun cihazlar vasıtasıyla internet üzerinden erişim sağlanabilir ve Endüstri 4.0 kapsamında sisteme yeni bir bakış açısı kazandırılabilir. Böylece sisteme ait bilgilere erişilebilir cihaz parametreleri uzaktan kontrol edilerek, ayarlanabilir. Vinç sisteminden toplanacak veriler çeşitli analiz ve değerlendirmelerden geçirilerek vincin ne kadar verimli kullanıldığıyla ilgili sonuçlar elde edilebilecektir. Şekil 13’te uygulaması yapılan sistemin genel yapısı gösterilmiştir.

Tasarlanan sistemin saha uygulaması kalıp ve plastik enjeksiyon imalatı yapan bir işletmede yapılmıştır. İşletmede bulunan tavan vincine aşırı yük kontrol sistemi (Şekil 14a), halat açısı limit sensörü (Şekil 14b), tur sayıcı (Şekil 14c), harici gösterge paneli (Şekil 14d) ve uzaktan kumanda cihazlarının (Şekil 14f) montajları yapılarak CAN hattı üzerinden bütün cihazların birbirleriyle haberleşmeleri sağlanmıştır. Saha uygulaması yapıldıktan sonra sistemin çalışmasını takip etmek ve vinç kullanımı

hakkında bilgi toplamak amacıyla CAN hattına cihazlar tarafından gönderilen mesajlar bir kayıt cihazı (Şekil 14e) ile kaydedilmiştir. Şekil 14’de saha uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 13. Gezer köprülü tavan vinçleri için uygulanabilecek bir sistem  
Figure 13. A system applicable to overhead cranes



Şekil 14. Tasarlanan sisteme ait saha uygulaması  
Figure 14. Application of the designed system

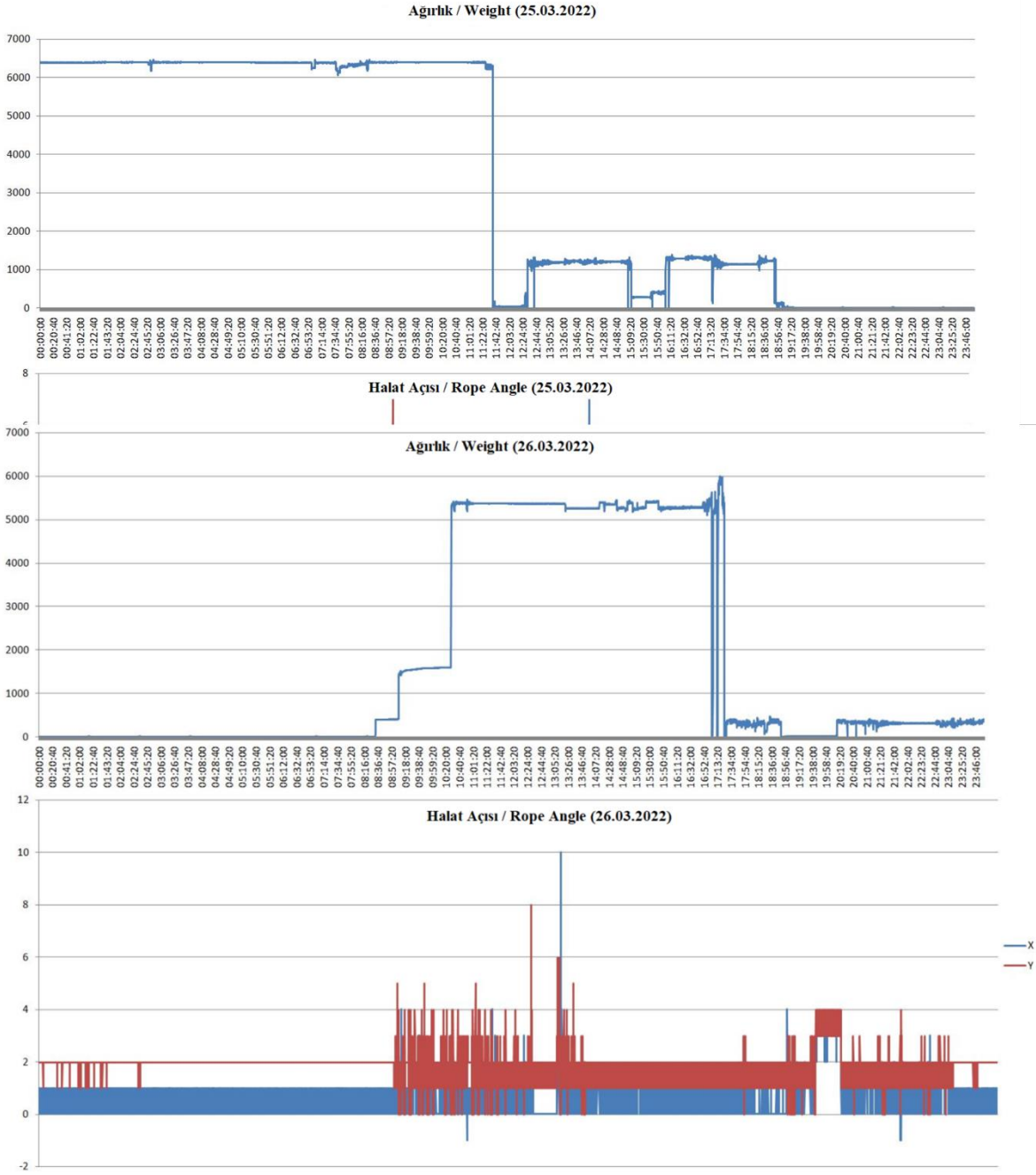
Yapılan çalışmada, vinç operatörlerinin kullanım alışkanlıklarını doğru tespit edebilmek için operatörler gerçekleştirilen sistem hakkında bilgilendirilmemiştir. Uygulanan sistemin vinç kullanımını engellenmeden sadece verilerin toplanarak kaydedilmesi sağlanmıştır. CAN hattına bağlanan kayıt cihazı, CAN hattına diğer cihazların gönderdiği mesajları alarak internet üzerinden sunucu sistemine kaydetmiştir. Cihazlar CAN hattına 500 milisaniyede bir mesaj gönderecek şekilde ayarlanmış ve kayıt cihazında 10 saniyede bir CAN hattına gönderilen tüm mesajları sunucuya ileterek kaydedilmesini sağlamıştır. Çizelge 3’de kaydedilen mesajlara ait örnek gösterilmiştir. Vinç üzerinde oluşturulan kayıt sistemi vasıtasıyla günlük 8640 adet ağırlık, halat açısı ve tur sayıcı limit rölesi bilgisi kaydedilmiştir.

**Çizelge 3.** Vinç kullanımını gösteren kayıtlar

*Table 3. Records showing crane use*

		Halat Açı Limit Sensörü				Aşırı Yük Kontrol			Tur Sayıcı		
Tarih	Zaman	ID	X	Y	Relay	ID	Weight	Relay	ID	Relay Min	Relay Max
17.03.2022	16:31:00	1	1	3	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:10	1	1	6	1	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:20	1	1	5	1	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:30	1	0	0	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:40	1	1	3	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:50	1	1	4	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:00	1	1	1	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:10	1	1	1	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:20	1	1	2	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:30	1	1	2	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:40	1	0	1	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:50	1	0	1	0	2	2740	1	3	0	0

Saha testi için kurulan sistem 17.03.2022 – 30.03.2022 tarihleri arasında 14 gün boyunca vinç kullanımı ile ilgili bilgileri, vinç üzerinde bulunan aşırı yük kontrol sistemi, halat açısı limit sensörü ve tur sayıcı cihazlarından alarak kaydetmiştir. Operatörlerin vinci kullanma alışkanlıklarını etkilememesi için vinç kullanımını kısıtlayacak yada operatörü sesli veya ışıklı olarak uyaracak herhangi bir önlem alınmamıştır. Çizelge 3’de cihazlardan alınan iki eksende taşıma halatı açısı bilgisi, taşınan yüke ait ağırlık bilgisi ve taşıma halatının maksimum ve minimum konumlarında ait limit röle bilgileri gösterilmektedir. Kaydedilen veriler incelendiğinde vinci kullanan operatörlerin yükü kaldırmadan önce taşıma halatının açısına dikkat ederek limit değerlerin üzerinde ki açısı değerlerinde kaldırma işlemi yapmadıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca saha testi boyunca taşıma kancasını belirlenen minimum ve maksimum güvenli bölge içerisinde kullandıklarından tur sayıcı cihazı limit röleleri hiç aktif olmamıştır. Vinç kullanımında en çok karşılaşılan sorun vinci kapasitesi üzerinde yük taşınması ve mesai bittiğinde yükün askıda bırakılarak bütün gece vinci gereksiz yere yük altında bırakılması olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 15’de belirtilen tarihlerde kaydedilen veriler grafik üzerinde gösterilmiştir. Taşınan yüke ait ağırlık bilgisi ve halat açısı bilgileri eşzamanlı kaydedilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere 25.03.2022 Cuma günü gece boyunca mesai başlangıcına kadar bir önceki gün taşınan yük vinç üzerinde askıda bırakılmıştır. Bu durum yanlış kullanıma örnek olarak verilebilir. Grafik incelendiğinde halat açısında değişimin meydana geldiği noktalar, yükün taşınma sırasında oluşan salınımları göstermektedir.



Şekil 15. Saha uygulamasında kaydedilen veri örnekleri

Figure 15. Data samples recorded in application

## SONUÇ (RESULTS)

Yapılan çalışmada, birden çok sensör kullanılan gezer köprülül tavan vinçlerinde operatör kaynaklı iş kazalarının azalacağı ve makina kullanım ömrünün uzayacağı öngörülmüştür. Saha uygulamasında elde edilen veriler değerlendirildiğinde vincin kapasitesi üzerinde yük taşınmasının engellenebileceği ve vinç operatörünün mesai sonunda taşınan yükü askıda bırakmasının önleendiği durumda vinç kullanım ömrünün artacağı ortaya çıkmaktadır. Halat açı limit sensörü ve tur sayıcı cihazlarından alınan verilere göre uygulamanın yapıldığı işletmedeki vinç operatörleri, taşıma halatı açısı ve mesafesine dikkat ederek vinci kullanmışlardır. Taşıma işlemi başladığında yani yükün zeminle teması kesildiğinde halat açısında büyük değişimler olmamıştır. Bu durumda operatörler herhangi bir uyarı olmadan, halat



açısını kontrol ederek taşıma işlemine başlamışlardır. Taşıma esnasında oluşan açı değerinde ki değişimler oluşan salınımları işaret etmektedir. Halat açı değeri sağa/sola veya ileri/geri yönlerinde eğim olduğundan artı/eksi değer alabilmektedir Salınımların kısa süreli olması operatörlerin bilinçli olarak vinç hareketi ve hızını kontrol ederek salınımı engellediklerini göstermektedir. Sistemin kurgulandığı şekilde halat mesafesinin operatörler tarafından en az ihlal edilen parametre olduğu anlaşılmaktadır. Saha uygulaması boyunca halat mesafesi belirlenen güvenli bölge içerisinde kalmış ve cihaz üzerindeki limit röleler aktif olmamıştır. Saha uygulaması sonucunda tavan vinçlerinde kullanılacak elektronik güvenlik sistemlerinin insan kaynaklı sorunları büyük ölçüde engelleyeceği görülmüştür. Ayrıca gelecekte sisteme eklenecek başka tür elektronik sistemlerde kolayca dahil edilebilecektir. Farklı üreticilerin geliştirecekleri CANopen protokolünü destekleyen endüstriyel cihazlar (Sensörler, kontrol cihazları, aktüatörler, vb.) sisteme dahil edilerek çok daha fonksiyonel sistemler geliştirilebilecektir. Bu şekilde sensörlerden oluşan güvenlik sisteminin kullanımın yaygınlaşması için vinç imalatı yapan firmaların teknik olarak bilgilendirilerek teşvik edilmesi ve operatörlerin eğitilmesi gerekmektedir. İlerleyen dönemde yasal zorunluluklar ve sistemin makina ömrü ve verimine olan etkisi gözönünde bulundurulduğunda, endüstriyel alanda yer bulması beklenmektedir.

Vinç kullanımı sırasında elde edilen veriler değerlendirilerek vinç kullanım profili oluşturulabilir. Oluşturulacak çalışma profili kullanılarak yanlış kullanımlar önceden belirlenerek engellenebilecektir. Geliştirilecek Endüstri 4.0 tabanlı kontrol sistemleri ile elektronik olarak ölçülen ağırlık, halat açısı ve halat uzunluğu gibi parametreler dışında pek çok çevresel etki uzaktan izlenerek ve kontrol edilerek daha güvenli sistemler tasarlanabilecektir. Gelişen teknolojiler değerlendirildiğinde geleneksel taşıma amaçlı ağır iş makinaları üreten firmalara yeni bir vizyon kazandırılmıştır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmanın uygulama aşamasında teknik destek ve uygun çalışma ortamını sağlayan ELFATEK Elektronik ve geliştirilen sistemin test edilmesi için firma bünyesinde bulunan gezer köprülü tavan vincinin kullanımına müsaade eden KOREKSEN 3D Baskı ve Robotik firmasına teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Ayaz, S., "Asansör kumanda sistemlerinde CANopen haberleşme protokolü", *Asansör Sempozyumu*, İzmir, 281 – 287, 25-27 Eylül 2014.
- Bosch, R., 1991, "CAN Specification Version 2.0", Stuttgart.
- Cena G., Valenzano A., 2003, "A protocol for automatic node discovery in CANopen networks," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 50, no. 3, 419 – 430.
- CiA, 2002, "DS301, Version 4.02, CANopen Application Layer and Communication Profile".
- CiA, 2002, "DSP305, Version 1.1," Layer Setting Services and Protocol (LSS).
- Kalaycı, O., 2015, "PLC ve CAN-Bus haberleşme protokolü ile bina enerji yönetimi uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kara, İ., 2009, "CAN haberleşme protokolünün incelenmesi ve bir sıcaklık kontrol sistemine uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- <https://srs-cert.com/kopru-vinc>, ziyaret tarihi Eylül 25, 2021.
- The Basics of CANopen, 2013, "<http://www.ni.com/white-paper/14162/en/>".
- Özer, T., Kıvrak, S., Oğuz, Y., Kelek, M.M., 2020, "STM32f103C8 Mikroişlemcisi kullanılarak CAN haberleşme Protokolü tabanlı veri toplama sistemi uygulaması", *Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, Vol3(1), 27 – 31.
- Yavuz E., Sarıca S., Artuç E., 2018, "Kontrol Alan Ağları İçin Optimum Mesaj Zamanlaması", *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(3), 532 – 540.
- Thames L., Schaefer D., 2016, "Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0", *Procedia CIRP*, 52, 12 – 17.
- Görçün Ö. F., 2016, "Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0", *Beta Basım Yayıncılık*, İstanbul, 142.



- Schwab K., 2017, "Dördüncü Sanayi Devrimi", *Optimist Yayıncılık*, İstanbul, 18.
- Anwar K., Khan Z.A., "Dynamic Priority Based Message Scheduling on Controller Area Network", *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering (ICEE'07)*, Lahor, Pakistan, 1-6, Nisan 2007.
- Mazran E., Amat A. B., Siva K. S., 2009, "Controller Area Network (CAN) Application in Security System", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59.
- Özdemir, A., 2004, "Endüstriyel ağlar (CANbus üzerine bir uygulama: CANUP)", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mısır, O., 2015, "Kontrol alan ağı protokollü sensör ağı ile silo kontrol dolum sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



## DIGITAL TRANSFORMATION NEED ANALYSIS: A RESEARCH ON MANUFACTURING BUSINESSES IN KONYA AND KARAMAN (TR 52) PROVINCES

<sup>1</sup>Oğuzhan AY TAR , <sup>2</sup>Hakkı SOY , <sup>3</sup>Fatih Mehmet BOTSALI 

<sup>1</sup> [oguzhanaytar@kmu.edu.tr](mailto:oguzhanaytar@kmu.edu.tr), <sup>2</sup> [hakkisoy@erbakan.edu.tr](mailto:hakkisoy@erbakan.edu.tr), <sup>3</sup> [fmboatsali@ktun.edu.tr](mailto:fmboatsali@ktun.edu.tr)

<sup>1</sup>Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Karaman, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, TÜRKİYE

(Geliş/Received: 10.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 07.07.2022)

**ABSTRACT:** Successful digital transformation of businesses requires; organizational competency and some resources and conditions related to the ecosystem in which they are located. Therefore, the success of enterprises in realizing digital transformation is closely related to the existence of these requirements. The aim of this study is to determine the current situation of the manufacturing industries in Konya and Karaman provinces with regards to digital transformation, the difficulties they face in digital transformation process and their needs for an efficient and effective digital transformation. Primary data collected by using three different data collection tools; surveys, interviews and focus group meetings are used in the current situation and needs analysis studies. Collected data were evaluated using SPSS software. The findings and results are presented in the form of graphics and tables. By interpreting the results obtained; the significance of the study and the validity of the methodology used were evaluated. It is expected that the results obtained in this study will contribute to the planning and policy development activities on the digital transformation of manufacturing industries in Konya and Karaman provinces.

**Keywords:** Digital Transformation, Manufacturing Industries, Konya, Karaman

### Dijital Dönüşüm İhtiyaç Analizi: Konya ve Karaman (TR 52) İllerindeki Üretim İşletmeleri Üzerine Bir Araştırma

**ÖZ:** İşletmelerin dijital dönüşümü başarıyla gerçekleştirmeleri; kurumsal kapasiteleri ve buldukları ekosistem ile ilgili birçok imkân ve şartların varlığını gerektirmektedir. Dolayısıyla, işletmelerin dijital dönüşümü gerçekleştirmedeki başarısı bu imkân ve şartların sağlanması ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmanın amacı, anket, mülakat ve odak grup toplantısı şeklinde üç farklı bilgi toplama aracını kullanarak Konya ve Karaman illerindeki üretim işletmelerinin dijital dönüşüm alanındaki mevcut durumun, dijital dönüşüm konusunda karşılaştıkları zorlukların ve dijital dönüşüm sürecinin etkin ve verimli olarak gerçekleştirilmesi için ihtiyaçların belirlenmesidir. Bu çalışma kapsamında yürütülen mevcut durum ve ihtiyaç belirleme çalışmasında birincil verilerden yararlanılmış, elde edilen veriler SPSS yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş, elde edilen bulgu ve sonuçlar grafikler ve tablolar biçiminde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak sonuçların anlamlılığı ve kullanılan metodolojinin geçerliliği değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen sonuçların, Konya ve Karaman

illerindeki işletmelerin dijital dönüşümü konusundaki planlama ve politika geliştirme çalışmalarına katkı sağlaması beklenilmektedir.

*Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, Üretim İşletmeleri, Konya, Karaman*

## 1. INTRODUCTION

Manufacturing can be defined as the creation of a new product by changing the geometry, properties, and/or appearance of a particular material by applying physical and/or chemical processes with the help of machines and manpower, or by combining more than one part (Groover, 2019). Since the early 1990s, the use of computers and electronics in industrial manufacturing has provided significant improvements in process automation and optimization. When industrial automation applications found widespread use in every field, flexible manufacturing systems began to be used in order to respond more quickly to changing customer demands and product lead times. At the beginning of the 21st century, various problems have emerged in the field of industrial manufacturing, especially in developed countries, due to the increase in labor costs, bottlenecks caused by the lack of qualified workforce, and the shift of capital to the service sector (Özkan *et al.*, 2018). The fourth industrial revolution in manufacturing, also known as Industry 4.0, was born in Germany at the Hannover Fair held in 2011. It aims to enable smart machines, smart production systems, and also smart factories, which are capable of making decisions without the need for human interaction (Grenacher, 2018). Beyond that, it allows end-to-end digitization of the production chain and the integration of every stage of manufacturing, from design to shipping. Thus, data collected from manufacturing processes can be turned into useful inferences and competitive advantages (Szoza, 2018).

Smart manufacturing describes the use of digital technologies to manage and control manufacturing operations in industrial process chains. Digitalization in production makes the machines can share tasks with the machines they are connected to. For this reason, smart manufacturing offers more efficiency than traditional manufacturing based on pure automation (Kusiak, 2018). On the other hand, a smart factory refers to a new generation of a factory that can optimize performance by itself, adapt to changing conditions in real-time, and handle manufacturing processes by itself (Hozdić, 2015). Thanks to their advanced communication infrastructures, smart factories are suitable for integrating field devices (sensors, actuators, controllers, etc.), machines as well as products with information systems. So, decentralized decision-making mechanisms can be established for flexible and agile production, especially thanks to machine-to-machine (M2M) communication applications and artificial intelligence support (Wang, 2016).

Smart factories are built on the integration of modern technologies (i.e., Internet of Things, Artificial Intelligence, Big Data) used to dynamically control the complex processes required for digitized production, based on digital data streams over entire production lines. The implementation of smart factories, first of all, requires connectivity for end-to-end data transfer at every stage of the manufacturing process. Internet of Things (IoT) is a large-scale communication infrastructure used to connect embedded devices equipped with various sensors, actuators, and communication modules (called "things") to the Internet for remote monitoring and control. The industrial IoT (I-IoT) provides an opportunity to collect data from processes and supply chains with the help of networked sensors and smart devices (gateway, router, etc.). It is also used to connect machines distributed within the factory to the Internet and to each other (Lampropoulos *et al.*, 2019).

Industry 4.0 requires data collection from each stage of industrial processes. In parallel with the increase in the number of IoT-enabled sensors, the amount of data collected from the manufacturing lines increases significantly. As a result, an emerged large collection of unstructured data clusters is collectively known as big data (Shahbazi and Byun, 2021). In order to provide timely decisions to help in improving the processes and products, data analytic techniques are used to uncover hidden patterns, unknown correlations, market trends, customer preferences, and other useful information within big data

repositories. But, traditional data analytics usually do not handle such a large quantity of data (Singh, 2014). Artificial Intelligence (AI) is a key tool for the digitalization of the manufacturing process. It allows to learn from large data sets, solve problems, and continuously adapt to new data without human intervention. Clearly, AI is a concept that refers to a set of technologies to combine data, algorithms, and computing. It can also accelerate the data analytics that offers supplemental insights for decision-making (Kinzel, 2017; Rahmani *et al.*, 2021).

The concepts of digitization, digitalization, and digital transformation have an important place in the realization of new trends such as smart production and smart factory that emerged with Industry 4.0 (Sjödín *et al.*, 2018; Tutkunca, 2020). Digitization refers to the conversion of processes from analog to digital form without any change in content. Digitalization is the re-establishment of business models, industries, and even societies based on digital data in the light of developing information and communication technologies. The main triggering factor for digitalization in manufacturing is the rapidly changing market conditions and the effort to develop the ability to respond to customer demands. Digitalization offers the opportunity to change existing business models and generate new revenues by incorporating modern technologies into business models. Digital transformation is the use of information and communication technologies in all stages of manufacturing, starting from the raw material supply, especially the production lines, in order to improve processes and eliminate existing inefficiencies (Bloomberg, 2018).

Digital transformation requires a radical change in the cultural, organizational, and administrative aspects of the enterprises. Understanding, accepting, and effectively managing this change is the starting point for the transition from traditional to smart manufacturing systems and smart factories. The main target of activities for digital transformation is to reveal fully digital and connected manufacturing environments. It should be emphasized that the digital transformation in the industry is not the revision of automation systems on existing processes using new technologies, but the redesign of existing processes and products to offer innovative solutions and services. Continuing digital transformation in parallel with technological developments brings many new opportunities for manufacturing companies. In order to take advantage of these opportunities, the right business model, appropriate technologies as well as necessary organizational and cultural changes should be determined. In this context, the authorized institutions and governments around the world continue their work to inform all their stakeholders, especially small and medium-sized enterprises (SMEs), which are the heart of the economy and society, about digital transformation (Rupeika-Apoga, 2022).

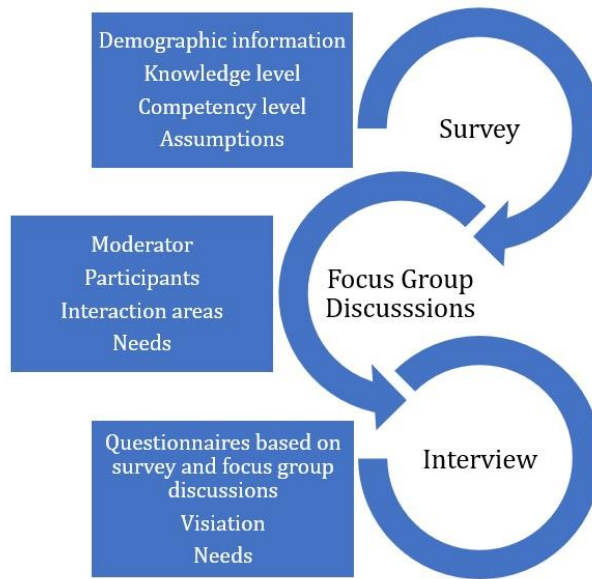
In order to determine where the digital transformation activities of enterprises should focus on and to plan how they will follow in this process, first of all, it is necessary to understand their requirements and know what level of digital maturity they have in the current situation. Managers must have a strategic awareness of the path they will take to implement digital transformation, the techniques they will use, and how they will assess the state of the company (Sağlam, 2021). In this paper, we present the results of the need analysis study that investigates the digital transformation of the manufacturing industry in the Konya and Karaman provinces. The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 explains the material and method that cover the need analysis study. Section 3 presents the key findings of our research. Finally, Section 4 concludes the study with reflections and future directions.

## 2. MATERIAL AND METHOD

The survey focus group discussion, and interview techniques were combined in this study to strengthen the general validity and reliability of the digital transformation need analysis. The findings achieved can be compared and complement each other when the defined techniques are used together. Thus, it is planned to get more objective and rational results by getting rid of the constraints and assumptions of only one technique. In the abstract, the study's model is represented in detail in Figure 1.

The sample was chosen based on the extent of terminological necessary infrastructure for digital transformation. To ensure that the study managed to produce healthy results, a semi-structured interview technique was used to examine the content of the concepts of digital transformation, digital industry, and

industry 4.0 in the Karaman-Konya region, as well as the knowledge, competence, and opinions of businesses with a higher level of terminological knowledge than the average. Therefore, the study preferred the purposive sampling strategy. Although 65 firms were identified and their opinions solicited as part of the study, the data of 42 of these enterprises was judged to be appropriate for examination and analysis. In the survey conducted in the first stage, the responses provided by the participants to the structured questions were quantitatively assessed using the SPSS Statistics 22.0 program.



**Figure 1.** Model of the study.

A focus group discussion were conducted as part of the Needs Analysis Study's second stage. The purpose of the focus group interview is not to collect data from several people at the same time, but to benefit from the interaction results by discussing structured or unstructured agenda questions related to the topic of interest of the researchers and participants (Lune and Berg, 2017). The number of participants in focus group discussions varies depending on the agenda issue, the region where the conversation will occur, and the problem or difficulty (Bal, 2013; Mishra, 2016). Information about the focus group discussions was distributed seven days before to the meeting through the Karaman and Konya Provincial Directorates for Technology and Industry, InnoPark Konya, and relevant platforms and organizations, as well as an invitation call. Due to COVID precautions, the meeting was held via an internet platform moderated by an expert. The meeting's schedule included presenting the survey study's findings, along with recording the participants' perspectives on digital transformation through a series of unstructured questions. The thoughts, expectations, requests, ideas, and complaints of representatives from companies and institutions about digital transformation were examined within the scope of the study as a consequence of the focus group discussions.

Interviews with company representatives were planned based on the results of the survey and focus group discussions. Especially in the field of social sciences, the interview method is accepted as an effective data collection method. It is used as a basic data collection tool to reveal the organizational culture and symbolic concepts in organizational studies (Yıldırım ve Şimşek, 2016). The interview technique is used for a predetermined purpose, different from ordinary daily conversation. In this context, companies that are aware of digital transformation were asked to schedule an appointment according to a previously established calendar by communicating about the interview framework. During the interview process, representatives from companies that are authorized and experienced in digital transformation were interviewed. Five primary interaction issues based on the digital transformation subject were determined

at a focus group discussion moderated by an expert. In order to examine these issues in more detail on a representative basis, interviews were held within the scope of company visits. In this perspective, representatives from 10 manufacturing businesses operating in the Konya - Karaman Region were interviewed. The data collected during the interviews were organized and examined, and some conclusions have been drawn.

### 3. STUDY FINDINGS

In a more rational and objective framework, a survey, focus group discussions, and interview methodologies were utilized combined to identify the need for digital transformation in manufacturing businesses in the Konya and Karaman provinces. These selected methods are scientifically complementary to each other.

#### 3.1. Findings of the survey

This part contains the demographic findings, Chi-Square analysis, and analysis of attitude difference, as well as the findings obtained within the scope of the survey study.

##### 3.1.1. Demographic Findings

It has been shown that the business representative whose opinions were obtained operate in ten different sectors. When the sectoral distribution of these businesses is examined, it is discovered that there are at most 13 machinery/equipment firms, 8 electric/electronic/automation company, 6 chemical/plastic/petroleum companies, 4 building materials companies, and 3 food companies. Medium-sized firms account for 45 percent of the businesses questioned; small businesses account for 36 percent; big businesses account for 12 percent, and micro-scale businesses account for 7%. Small and medium-sized firms (SMEs) account for 88 percent of the businesses polled on digital transformation. Table 1 shows the total number of employees from companies in the Konya-Karaman region who have a high level of awareness regarding digital transformation and whose opinions have been studied.

It was discovered that while 62 percent of the businesses whose opinions were gathered in the Karaman region's digital transformation requirements determination survey have an R&D unit and conduct R&D activities, only 8 of these businesses, or 43 percent, have a ministry-approved R&D unit. Only 38% of these companies that are aware of digital transformation haven't any R&D department.

**Table 1.** Demographic Findings

<b>Sector</b>	<b>n</b>	<b>Firm Scale</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Energy	2	Micro	3	7
Food	3	Small	15	36
Construction	4	Middle	19	45
Wood materials	1	Big	5	12
Pharmaceuticals/Cosmetics	1			
Chemistry/Petroleum	6	<b>Employees</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Electrical/Electronic/ Automation	8	0-9	9	21,5
Metallurgy	2	10-49	17	40,5
Metalware	2	50-249	13	31
Machinery/Equipment	13	250-499	3	7

For a particular region, an export item is a sort of activity that is strategically important in terms of earning foreign currency and providing financial depth to the country. While 28 of the companies that are aware of digital transformation and have expressed their perspectives said they export, 14 said they do not. 67 percent of the businesses answered said they have the expertise and knowledge to export.



**Table 2.** Company Competencies

<i>Research and development unit</i>		
Yes		No
Ministry-approved R&D unit	R&D unit	There is no R&D unit
19%	%43	38%
<i>Export competence</i>		
Available		No export
67%		33%
<i>Digitization of products</i>		
Available		No Digitization
43%		57%

The level of digitization was forecasted in terms of product variability, and the participant firms were questioned if it was possible to digitize the items produced. While 57% of participating firms claimed that digitizing items is not possible, 43% of these companies stated that digitizing products is manageable.

### 3.1.2. Chi-Square Analysis

The study's objective was to determine if there is a statistically significant relationship between export competence and R&D activities. While 8 exporting companies have Ministry-approved R&D units, 13 have private R&D units; seven companies haven't R&D studies.

H1: There is a statistically significant relationship between the export competence of firms and their R&D activities.

The statistical analysis of these two independent variables revealed a significant relationship between export competence and R&D activities. It is projected that digital transformation and the associated R&D activities would greatly increase companies' export potential.

**Table 3.** Export - R&D Relation

Export competence	R&D activities			Total
	Ministry-approved R&D unit	R & D unit	There is no R&D unit	
Available	N	8	13	28
	%	29	46	67
No export	N	0	5	14
	%	0	36	33
Total	N	8	18	42
	%	19	42,9	38,1

**P = 0,018 < 0,05**

While 13 of the 28 exporting firms that are aware of digitization and whose opinions were explored as part of the research believe that digitizing their products is available, 15 companies responded that

digitizing their products is not possible. While five out of fourteen non-exporting enterprises claimed that digitizing their products is available, nine stated that it is not practicable.

H2: There is a statistically significant relationship between the export competence of firms and their digitization of products.

The relation between the export competences of participating firms and their attitudes toward product digitalization was examined, and no positive relation between these two independent categories was discovered. As a result, it was discovered that there is no strong relation between the positive and negative attitudes toward digitization of products held by exporting and non-exporting companies.

**Table 4.** Export - Digitization Relation

Export competence	Digitization of products			Total
	Available	No Digitization		
Available	N	13	15	28
	%	46	54	67
No export	N	5	9	14
	%	36	64	33
Total	N	18	24	42
	%	43	57	100

**P = 0,508 > 0,05**

As a **result**, it was discovered that there is no strong relation between the positive and negative attitudes toward digitization of products held by exporting and non-exporting companies.

### 3.1.3. Usage level of Digital Industry Tools

The research questioned the companies whose opinions were gathered about which technologies they use and to what extent in the digital industry. The scale was designed in the range of “(0) Not Used, (1) About to begin using, (2) Used in partially, (3) Used in fully”. The firms whose opinions were evaluated generally concentrate on process modeling and computer simulation (Avg. 1,38), information and data sharing (Avg. 1.28), and ERP systems (Avg. 1.16) technologies, and they employ these technologies the most seen. It has been discovered that the level of use of technologies contained in the concept of digital industry by these companies is quite low. It can be seen that the digital twin (Avg. 0.09), autonomous/intelligent processes (Avg. 0.16), and virtual reality (Avg. 0.28) technologies are among the technologies within the scope of the digital industry of companies that have the lowest averages.

**Table 5.** Digital Tools of Highest Usage Level

	Process Modeling & Computer Simulation		Information & Data Sharing		ERP	
	N	%	N	%	N	%
Not used (0)	15	35,7	16	38,1	17	40,5
About to begin using (1)	3	7,1	6	14,3	6	14,3
Used in partially (2)	17	40,5	12	28,6	14	33,3
Used in fully (3)	7	16,7	8	19,0	5	11,9
Total	42	100	42	100	42	100

64.3 percent of the companies questioned were aware of process modeling and computer simulation, 61.9 percent were aware of information and data sharing, and 59.5 percent were aware of ERP utilization technology. Infrastructure studies have been completed for these technologies, and they have been partially and fully integrated.

**Table 6.** Digital Tools of Lowest Usage Level

	Digital Twin		Autonomous & Intelligent Processes		Virtual Reality	
	N	%	N	%	N	%
Not used (0)	39	92,9	39	92,9	36	85,7
About to begin using (1)	2	4,8	2	4,8	2	4,8
Used in partially (2)	1	2,4	1	2,4	2	4,8
Used in fully (3)	0	0	0	0	2	4,8
Total	42	100	42	100	42	100

At a rate of 92.9 percent for digital twin and autonomous/intelligent processes, where the level of awareness of the companies from which data was collected about digital twin, autonomous/intelligent processes, and virtual reality technologies are extremely low; 85.7 percent for virtual reality technology was never used.

#### 3.1.4. Digitization Level of Business Processes

The study examined the level of digitization of the business processes of the companies whose opinions were asked. The scale was designed in the range of “(0) No digitization, (1) During the initial phase, (2) Used in partially, (3) Used in fully”. It is noticeable that the organizations questioned emphasize digitization in their purchasing (Avg. 1.78), internal communication (Avg. 1.69), and sales, advertising, quality control, and document management procedures (Avg. 1.61) processes, respectively. The level of digitization of the processes mentioned in these companies has been assessed to be initial or partial. Using averages, it has been shown that the level of digitalization is lowest in energy management (Avg. 0.52), predictive maintenance (Avg. 0.76), and waste management (Avg. 0.95) processes.

**Table 7.** Highest Level of Digitization Processes

	Purchasing		Internal communication		Sales (E-commerce, ERP, customer feedback)	
	N	%	N	%	N	%
Not digitization (0)	4	9,5	4	9,5	6	14,3
During the initial phase (1)	8	19	11	26,2	9	21,4
Used in partially (2)	23	54,8	21	50	22	52,4
Used in fully (3)	7	16,7	6	14,3	5	11,9
Total	42	100	42	100	42	100

90.5 percent of purchasing procedures, 90.5 percent of internal communication, and 85.7 percent of sales processes (E-commerce, ERP, customer feedback) began digitization in the companies from which

data was acquired for the study. Infrastructure studies for digitization certain processes have been completed, and the studies are in the early stages of implementation, or the digitization has been partially or fully implemented.

**Table 8.** Lowest Level of Digitization Processes

	Energy management		Predictive maintenance		Waste management	
	N	%	N	%	N	%
Not digitization (0)	27	64,3	23	54,8	22	52,4
During the initial phase (1)	8	19	8	19	6	14,3
Used in partially (2)	7	16,7	9	21,4	8	19
Used in fully (3)	0	0	2	4,8	6	14,3
Total	42	100	42	100	42	100

When the general trends are taken into account, it has been discovered that the digitization processes of energy management, predictive maintenance, and waste management processes of the companies that were informed within the scope of the research are insufficient, and these processes have the lowest averages. The fact that 64% of companies have no plans to move to digitization on a critical subject like energy management stands out as a significant failure. The insufficiency of struggles on digitization in waste management, which is an essential issue in terms of sustainability and the environment, has been documented as a notable outcome in recent years.

### 3.1.5. Analysis of Attitude Differences

The general response averages for the Likert-type questions on digital transformation asked of the companies whose opinions were sought were determined. Businesses exhibit the highest participation in the potential of digital transformation to provide a competitive advantage. The appearance of such a result might be noted as a positive development in terms of exhibiting businesses' awareness of digital transformation as a competitive tool. The approaches of companies in the Konya-Karaman region that are aware of digital transformation were examined using several variable categories. Non-parametric tests are used when different tests are unable to generalize to the entire population. Only tests that were valid on the sample were used in this case.

**Table 9.** Attitude difference in terms of independent groups

<b>Mann-Whitney U</b>		Export competence
Averages of knowledge, competence, and judgment expressions	Asymp. Sig. (2-tailed)	0,304
	ExactSig. [2*(1-tailed Sig.)]	<b>0,308</b>
<b>P=0,308 &gt; 0,05</b>		
<b>Kruskal Wallis</b>		Firm scale
Averages of knowledge, competence, and judgment expressions	Asymp. Sig.	<b>0,988</b>
<b>P=0,988 &gt; 0,05</b>		
<b>Kruskal Wallis</b>		Sector
Averages of knowledge, competence, and judgment expressions	Asymp. Sig.	<b>0,062</b>
<b>P=0,062 &gt; 0,05</b>		
<b>Kruskal Wallis</b>		R&D activities
Averages of knowledge, competence, and judgment expressions	Asymp. Sig.	<b>0,009</b>
<b>P=0,009 &lt; 0,05* Significant difference</b>		
Ministry-approved R&D unit	R&D unit	* There is no R&D unit

When the views of exporting and non-exporting enterprises on digital transformation are compared, it is determined that the average of these two independent groups' views on digital transformation is not significantly different ( $P = 0,308 > 0,05$ ). In terms of firm scale, the businesses whose opinions were sought were divided into four groups. More than two group variables were used to assess the responses of these firm scale groups to the Likert-type questions about digitalization. As a result, it has been determined that there is no significant difference between the average views of the company groups on digital transformation ( $P = 0,988 > 0,05$ ). The knowledge, competency, and judgment expressions of sector representatives who are aware of digital transformation in the Konya-Karaman region and participated in the needs analysis study do not differ significantly ( $P = 0,062 > 0,05$ ). The relation between R&D activities and digital transformation is foreseen. R&D activities are systematically carried out by participating companies, expressing the transformation of knowledge into innovative product and process design. Companies' perspectives on digital transformation differ depending on whether or not they conduct R&D or own an R&D unit ( $P = 0,009 < 0,05$ ). Post Hoc tests were used to determine which groups the difference in a tendency among the participating companies were. As a result of this analysis, it was discovered that there is a statistically significant difference between the perspectives of companies that conduct R&D activities and those that do not. It can be claimed that companies with R&D units have a better level of awareness of digital transformation, and there is a favorable association between R&D projects and digital transformation.

### 3.2. Findings of focus group discussion

The thoughts, expectations, requests, ideas, and complaints of representatives from companies and institutions about digital transformation were analyzed within the scope of the study at the end of the

discussion. Five basic interaction areas that formed within the context of the digital transformation agenda, in which representatives from companies and institutions as well as academicians expressed their opinions, were recognized under the moderator's guidance. These are the domain headers:

*First Detection: Priorities must have been determined strategically.*

It was stated that the participants were conscious about the digital transformation issue, but they did not have a comprehensive plan, policy or strategy for the realization of this transformation. Following the discussion on the subject, it was agreed that determining strategic priorities in digital transformation, focusing on topics that will provide competitive advantages in worldwide competitiveness, and exhibiting and promoting application examples would be very beneficial.

*Second Detection: Financial options should be increased and expanded.*

During the discussion, participants shared their experiences with the high costs of the digital transformation process. Even partial digital transformation costs, according to business leaders, have a negative impact on business owners' decisions. The main evidence for this viewpoint is that labor costs in Turkey are extremely low when compared to those in developed countries. As an alternative to a thorough digital transformation, business owners and managers prefer minimal labor costs in the short term. As a result of the discussions, enhancing digital transformation funding choices and providing more flexible usage options have already been added to the agenda.

*Third Detection: Human resources should be evaluated properly.*

Qualified human resources have been identified as the most important component in the digital transformation process, with opinions expressed. Representatives from company and the university developed a lot of constructive and valuable suggestions for the training and retraining of qualified human resources. The integration of students into the sector through application-oriented programs and agreements within the scope of University-Company cooperation is illustrated with examples as a solution to the problem of qualified human resources. Furthermore, it has been said that creating work settings that allow employees to develop as individuals is a strategy that can help solve the problem of qualified human resources.

*Fourth Detection: Inter-institutional cooperation and coordination should be developed.*

The representatives of the businesses brought up the fact that in terms of advanced technology, automation, and software, regional businesses are outsourcing to big cities, which is having a negative impact on the region's digital transformation process. Regional universities, technoparks, and innoparks were underlined, as well as the importance of regional businesses taking more initiative in establishing R&D and business solutions for the local needs. Opportunities for collaboration and coordination were reviewed, with an emphasis on the mutual benefit potential of regional institutions and corporations serving the digital needs of regional companies.

*Fifth Detection: Institutionalization must have cared.*

The subject of institutionalization has been highlighted as the most significant barrier to regional enterprises' survival in a global competitive environment. The meeting underlined the connection between institutionalization, which includes all subordinate units and begins with top management practices, and the digital transformation process. Institutionalization seems to have a positive impact on human resource training, employment, and retention. Business representatives claimed that the chances of success for digital transformation assistance programs are much higher if participants attend institutionalization training.



### 3.3. Findings from qualitative interviews

Interviews were conducted as part of company visits in order to examine the five interaction areas identified in the focus group meeting in significant detail on the basis of representatives. Open-ended questions were asked in a standardized order during the interview. The answers to these questions were grouped and evaluated, and the results were categorized under the following headings.

✓ Participant's awareness of Industry 4.0 and Digital Transformation is limited to the surface level has been discovered. Although all of the participants claimed to be familiar with industry 4.0 and digital transformation, it was discovered that they lacked technical knowledge of the depth of these concepts and the scope of interaction.

✓ It has been determined that the common subject expressed by the participants whose opinions were sought focuses on cost. The list consists of the benefits mentioned by the participants. The digital transformation and Industry 4.0 process in businesses:

- It has the potential to increase productivity.
- It has the potential to increase capacity utilization rates.
- It's possible that it will develop ergonomics at work.
- It is capable of assisting in the data collecting, analysis, and decision-making processes.

✓ When company managers' investment requirements for digital transformation were questioned, it was discovered that they focused on more general issues rather than defining a specific procedure. Additionally, it has been determined that managers generally describe a need for software in terms of investment needs. Five of the managers interviewed stated that they have no plans to invest in industry 4.0 or the digital transformation process, four others stated that they have invested in state-of-the-art machinery and equipment, and one manager stated that digitalization studies with automation solutions are currently in progress.

✓ Managers interviewed for their perspectives place a premium on improvements to the production line when considering the impact potential of digital transformation. Managers believe that if digital transformation occurs, their jobs will get easier; there is widespread agreement that data collecting, analysis, and decision-making processes will become significantly healthier. This perspective is seen to be based on rudimentary knowledge of digital transformation rather than a forecast of the future.

✓ Digital transformation, according to managers, is an extremely expensive process. As a result, the government has been asked to provide support programs in order to lower the expenses of this transformation. Machine, equipment, and software support are among the most commonly reported problems within the area of assistance by company representatives. Among the primary themes indicated by the managers within the scope of help are issues such as training, and employment of qualified human resources required by digital transformation. It is stated that the success of the digital transformation process is closely intertwined with a region's or area's infrastructure, human resources, and culture, so it is critical for businesses to create an interaction climate for digital transformation.

✓ In terms of business, it has been determined that the visited companies require experienced and skilled human resources in the digital transformation process. Companies are aware that the usage of structural elements required by the transformation process, as well as the integration and use of equipment and processes, is heavily reliant on qualified human resources.

✓ Managers claim that the digital transformation process cannot be completed entirely with existing business assets and resources, and that external assistance is required; however, they do not have a budget for this, so they ask for assistance in areas such as consulting, mentoring, and technological guidance. According to records, external institution support has been requested through public finance initiatives.

✓ The subject of digital transformation is accepted as a process that has the potential for change transformation and development in terms of public authorities, companies, employees, and society. The importance of obtaining and using reliable information about the process is critical. The managers frequently benefit from the internet environment in general, and they connect with organizations such as the Presidency Digital Transformation Office, TÜBİTAK Digital Academy, Ministry of Industry and

Technology, and TÜSAD, according to the interview process.

✓ The Company managers who came together for the interview noted that an organization that has completely accomplished digital transformation in practice and has seen the advantages of digital transformation in practice will inspire their efforts in this area. In this context, there is a need for a role model that fully integrates digital transformation into business processes with a publicly supported project.

#### 4. CONCLUSION

The level of digital transformation awareness among manufacturing businesses in Konya-Karaman region was evaluated in terms of different variables by using surveys. The awareness of the SMEs responding to the survey about digital transformation is a promising result for the future. According to the results of the survey, a positive relationship was determined between R&D activities and export competence. It is possible to conclude that the variable of R&D competence in manufacturing firms has a beneficial impact on digital transformation. Supporting the R&D potential in businesses will also contribute to the implementation of digital transformation. Needs for digital transformation was determined by Likert-type survey questions. Purposive sampling method is used in the surveys. As a result of the survey, it is observed that the utilization of digital industry tools in the businesses is quite low. Level of using digital industry tools (which are most significant components of digital transformation) should be increased. Integration of these digital industry tools to product/service realization processes is seen a critical success factor. Furthermore, the level of digitalization of business processes has been assessed to be low. It is expected that the amount of digitization of business processes should be better. Promoting the use of digital industry tools and digitalization of industrial processes will have a positive effect on digital transformation efforts.

The interaction areas on which the participants came to a consensus by discussing and listing their proposals were determined within the scope of the focus group discussion. The difficulties and areas of need highlighted in the focus group discussion were found to be in line with the survey study's findings, and a number of valid and consistent solution recommendations were also brought to the agenda. The digital transformation needs that have been brought to the agenda can be summarized under five topics. The first is to determine strategic priorities; the second is to provide assistance and funding for digital transformation; the third is to need qualified human resources; the fourth is to cooperate and coordinate, and the fifth is the need for institutionalization.

The interview forms were created using the results of the survey study and focus group discussions. The emphasis during the interview procedure was on predetermined question titles. The responses were carefully recorded and examined. The meeting will focus on the most intensive financing, machinery, equipment, and software support for company managers' digital transformation needs; it has been noted that support types such as consultancy, mentorship, and technological guidance support are on the agenda. The survey, focus group discussion, and interview technique findings employed within the scope of the study have been decided to support one another, and the survey findings collected in the general context define the interaction areas reached in the focus group discussion.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENT

This paper has been presented orally in the 2nd International Symposium on Implementations of Digital Industry and Management of Digital Transformation (ISIDIMDT'21). The author sincerely thanks the Mevlana Development Agency, Konya Provincial Directorate for Technology and Industry, and Innopark Konya for providing the necessary opportunities for this study.

#### 6. REFERENCES

Bal, H., 2013, *Nitel Araştırma Yöntemi*, Fakülte Kitabevi Isparta.

ISIDIMDT21 2. Uluslararası Dijital Endüstri Uygulamaları ve Dijital Dönüşümün Yönetimi Sempozyumunda sunulan bildiriler arasından seçilmiştir (10-11 Kasım 2021 Konya, TÜRKİYE).

- Bloomberg, J. (2018, April 29). Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/?sh=2aa960542f2c> adresinden alındı.
- Grenacher, M. (2018, April 11). Industry 4.0, The Smart Factory And Machines-As-A-Service. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/04/11/industry-4-0-the-smart-factory-and-machines-as-a-service/?sh=53664bc41dff>
- Groover, M. P., 2019. "Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems" 7th Edition, John Wiley & Sons.
- Hozdić, E., 2015. "Smart factory for industry 4.0: A review", *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), pp.28-35.
- Kinzel H. (2017). "Industry 4.0 - Where Does This Leave the Human Factor?", *Journal of Urban Culture Research*, 15, pp.70-83.
- Kusiak, A., 2018. "Smart manufacturing", *International Journal of Production Research*, 56(1-2), pp.508-517.
- Lampropoulos, G., Siakas, K. V., and Anastasiadis, T., 2019. "Internet of Things in the Context of Industry 4.0: An Overview", *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 7(1), pp.4-19.
- Lune, H., and Berg, B. L. 2017. Qualitative research methods for the social sciences, Pearson.Vivar.
- Mishra, L. 2016. "Focus group discussion in qualitative research", *Techno Learn*, 6(1), pp.1-5.
- Özkan, M., Al, A., and Yavuz, S., 2018. "Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye", *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-30.
- Rahmani, A. M., Azhir, E., Ali, S., Mohammadi, M., Ahmed, O. H., Ghafour, M. Y., Ahmed, S., H., and Hosseinzadeh, M., 2021. "Artificial intelligence (AI) and management analytics", *Journal of Management Analytics*, 6(4), pp.341-343.
- Rupeika-Apoga, R., Bule, L., and Petrovska, K., 2022. "Digital Transformation of Small and Medium Enterprises: Aspects of Public Support", *Journal of Risk and Financial Management*, 15(2), 1-21.
- Sağlam, M. 2021. "İşletmelerde geleceğin vizyonu olarak dijital dönüşümün gerçekleştirilmesi ve dijital dönüşüm ölçeğinin Türkçe uyarlaması", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(40), 395-420. doi: 10.46928/iticusbe.764373
- Shahbazi, Z., and Byun, Y.-C., 2021. "Smart Manufacturing Real-Time Analysis Based on Blockchain and Machine Learning Approaches", *Applied Sciences*, 11(8), pp.1-22.
- Singh, J., 2014. "Big Data Analytics and Mining with Machine Learning Algorithm", *International Journal of Information and Computation Technology*, 4(1), pp.33-40.
- Sjödin, D. R., Parida, V., Leksell, M., and Petrovic, A., 2018. "Smart Factory Implementation and Process Innovation", *Research-Technology Management*, 61(5), pp.22-31.
- Szozda, N., 2017. "Industry 4.0 and Its Impact on the Functioning of Supply Chains", *Scientific Journal of Logistics*, 13(4), pp.401-414.
- Tutkunca, T. 2020. "İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve İlgili Bileşenlerinin Analiz Edilmesi Üzerine Kavramsal Bir Araştırma", *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17 1), 65-75.
- Wang, S., Jiafu Wan, D. L., and Zhang, C., 2016. "Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, pp.1-10.
- Yıldırım, A. and Şimşek, H., 2016, *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.



## ACADEMIC TEXT CLUSTERING USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING

<sup>1</sup>Salimkan Fatma TAŞKIRAN , <sup>2</sup>Ersin KAYA 

*Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering,  
Konya, TÜRKİYE*

<sup>1</sup> [sftaskiran@ktun.edu.tr](mailto:sftaskiran@ktun.edu.tr), <sup>2</sup> [ekaya@ktun.edu.tr](mailto:ekaya@ktun.edu.tr)

(Geliş/Received: 01.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 16.11.2022)

**ABSTRACT:** Accessing data is very easy nowadays. However, to use these data in an efficient way, it is necessary to get the right information from them. Categorizing these data in order to reach the needed information in a short time provides great convenience. All the more, while doing research in the academic field, text-based data such as articles, papers, or thesis studies are generally used. Natural language processing and machine learning methods are used to get the right information we need from these text-based data. In this study, abstracts of academic papers are clustered. Text data from academic paper abstracts are preprocessed using natural language processing techniques. A vectorized word representation extracted from preprocessed data with Word2Vec and BERT word embeddings and representations are clustered with four clustering algorithms.

**Keywords:** *Natural Language Processing, Machine Learning, Text Representation*

### Doğal Dil İşleme ile Akademik Metin Kümeleme

**ÖZ:** Günümüzde verilere ulaşmak çok kolaylaşmıştır. Ancak bu verileri verimli bir şekilde kullanmak için onlardan doğru bilgileri çıkarmak gerekir. İhtiyaç duyulan bilgiye kısa sürede ulaşabilmek için bu verilerin kategorilere ayrılması büyük kolaylık sağlamaktadır. Akademik alanda araştırma yapılırken genellikle makale, bildiri veya tez çalışması gibi metin tabanlı veriler kullanılmaktadır. Bu metin tabanlı verilerden ihtiyacımız olan doğru bilgiyi elde etmek için doğal dil işleme ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada akademik makalelerin özetleri kümelenmiştir. Akademik makale özetlerinden alınan metin verileri, doğal dil işleme teknikleri kullanılarak önceden işlenir. Word2Vec ve BERT ile vektörize edilen kelime temsilleri, dört farklı kümeleme algoritması ile kümelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Doğal Dil İşleme, Makine Öğrenmesi, Metin Temsili*

## 1. INTRODUCTION

Thanks to developing technology and globalizing communication networks, it is very easy to access data. However, it is very difficult to select the desired data and perform a qualitative study on the processed data. The abundance and size of the data make it difficult to access the necessary information for the analysis or solution of problems. The processing and classification of data gain importance at this point. Extracting low-dimensional, good data representations from raw data makes it more suitable for use.

Text classification is the categorization of extracted features from texts using various methods. Access to data is extremely easy today, but it is almost impossible to use this data unless the data is in the desired order. For this reason, categorizing texts is a rather complex task, even if it is thought of as simple. Further which subjects are studied more, or which subjects are studied together is of great

importance for academic studies. In order to determine the most effective solution to the problems to be studied, it is very convenient to classify academic texts according to the subjects they contain. With the classification of academic texts, the desired results can be reached quickly in literature searches, and the most effective methods for solving the problem can be easily found.

Natural language processing can be defined as a joint field of linguistics, artificial intelligence, and computer science that deals with the interaction between the natural language used by humans and computers. In the context of this study, some of the natural language processing techniques are used for text preprocessing and representation. Different problems such as author-work matching (Amasyalı ve Diri, 2006), email classification, finding spam mails (Yang and Park, 2002), text subject determination (Bekkerman et al., 2003), sentiment analysis (Medhat et al., 2014) can be classified as text classification problems.

Creating meaningful representations from texts is of great importance in terms of classification and clustering success in such problems. Commonly used text representation methods in the literature can be shown as word or phrase frequencies, hidden meaning indexing, and information gain. With the popularity of artificial neural networks and these mentioned methods, word representation methods in which words are expressed with vectors have been put forward. Word2Vec (Mikolov, Sutskever, Chen, Corrado, & Dean, 2013), GloVe (Pennington, Socher, & Manning, 2014), FastText (Joulin, Grave, Bojanowski, & Mikolov, 2016), BERT (Joulin et al., 2016) are the most widely used ANN-based word representation methods. Also there are models available that can vectorize an entire sentence or paragraph. In addition to extracting the features that will best represent the data set, the preprocessing methods used to clean the unwanted parts of the texts are also important for classification success. There are many different preprocessing methods such as morphological analysis, correcting spelling mistakes, clearing texts from punctuation marks/numbers, removing foreign words or words that are not important for text representation from texts.

In literature text clustering is studied widely and finds its way in applications like customer segmentation, classification, collaborative filtering, visualization, document organization and indexing (Aggarwal & Zhai, 2012). Problems and the scope of the clustering may vary depending on the datasets used in studies. Clustering algorithms applied to multi-domain are various and widely studied (Premalatha & Natarajan, 2010). Also there are studies that explore multi-topic document clustering as in Romeo's thesis (Romeo, Greco, & Tagarelli, 2014). In Popova's (Popova, Danilova, & Egorov, 2014) and Pinto's (Pinto, Rosso, & Jiménez-Salazar, 2011) works clustering short documents with narrow subjects problem is studied. Short document clustering brings the sparsity problems with them. For such problems LDA (Blei, Ng, & Jordan, 2003) based solutions are proposed and used (Onan, Bulut, & Korukoglu, 2017; Tajbakhsh & Bagherzadeh, 2019). For academic texts, clustering is helpful for researchers to explore the subjects studied in the certain areas (Li et al., 2018). There are multiple works in this area for English (Alexandrov, Gelbukh, & Rosso, 2005; Makagonov, Alexandrov, & Gelbukh, 2004; Weißer, Saßmannshausen, Ohrndorf, Burggräf, & Wagner, 2020) but not as many in Turkish.

Although Turkish is not as advanced as Latin-based languages or Arabic, there are many studies in the field of natural language processing. For text classification, Amasyalı's (2006) study is the first text classification study in Turkish using n-grams (Amasyalı & Diri, 2006). In the author recognition study of Türkoğlu (2007) using various feature vectors such as author features, n-grams, and different combinations of these vectors, feature vectors were analyzed by comparing them with each other using different machine learning methods (Türkoğlu et al., 2007). Torunoğlu (Torunoğlu et al., 2011) and Uysal (Uysal & Gunal, 2014) studied how preprocessing techniques affect classification success in Turkish text classification. ITU Natural Language Processing Group, which works on Turkish natural language processing, also has essential studies outside the field of text classification. Works such as the morphological analyzer design (Erygit and Adali, 2003), the first statistical dependency parser for Turkish (Erygit and Oflazer, 2006), conditional random fields (CRF) based name entity work (Şeker and Erygit, 2012), and many more can be recognized as important studies by this group.

In this study, academic texts are divided into groups, and it is aimed to get academic texts sets with similar subjects easily. At the same time, it is aimed to extract the subjects studied together from the articles that contain more than one study area and fall into the same group. In this way, the subjects that need to be concentrated during the research can be determined more quickly and the time lost by examining irrelevant studies can be regained. For this purpose, a dataset of Turkish article prefaces was prepared. ANN based text representations were obtained from the created data set and clustering operations were performed using these text representations.

This paper is structured as follows. In the second chapter dataset, preprocessing steps, text representation and clustering methods used in study are described. In third section the results obtained by different clustering methods are presented. The quality of the clusters and the parameter values are discussed. In the last section, comments were made on the development of the study and the details that could be added to it were presented to the reader.

## 2. MATERIAL AND METHOD

The Turkish prefaces of the articles published in the Konya Journal of Engineering Sciences (KONJES) between 2011-2020 were used for this study's data set. Preface texts were taken directly from PDF files and converted into text files with txt extension.

**Table 1.** Total statistic of dataset

<b>Total Data</b>	213
<b>Total Word Count (before preprocessing)</b>	21794
<b>Total Word Count</b>	10350
<b>Total Unique Word Count</b>	3562

Statistical information of the data set created is given in Table 1 and Table 2. The unlabeled dataset is labeled by considering the title of the articles, their keywords, the subjects of the referenced articles, and the fields in which the article authors work. The labels of the data set and the number of documents belonging to each label are given in Table 2.

**Table 2.** Class labels

<b>Class</b>	<b>Document Number</b>
Bilgisayar	29
Elektronik	18
Endüstri	15
Harita	15
Jeoloji	12
Kimya	32
Maden	18
Makine	17
Malzeme	13
Ziraat	4
Çevre	14
İnşaat	26

### 2.1. Data Preprocessing

Preprocessing texts is an important part of natural language processing problems because the characters, words, and sentences defined at this stage are the basic units transferred to all subsequent



work stages, such as morphological analysis or word type tagging (Kannan and Gurusamy, 2014). Text data often includes numbers, dates, special characters, and commonly used words such as prepositions, conjunctions, and pronouns. These are units that have no importance or low importance in text representations. For this reason, it is appropriate to remove the data from the texts in the preprocessing stage in order to avoid problems in the later stages.

**Table 3.** Preprocessing stages

<b>Original Text</b>	Bu çalışmada, 9m çaplı ve 900m derinliğe ulaşan düşey bir kuyunun beton tahkimat kalınlıkları, iki boyutlu sayısal analizler ile belirlenmiştir.
<b>1. Stage</b>	bu çalışmada, 9m çaplı ve 900m derinliğe ulaşan düşey bir kuyunun beton tahkimat kalınlıkları, iki boyutlu sayısal analizler ile belirlenmiştir.
<b>2. Stage</b>	bu çalışmada m çaplı ve m derinliğe ulaşan düşey bir kuyunun beton tahkimat kalınlıkları iki boyutlu sayısal analizler ile belirlenmiştir
<b>3. Stage</b>	bu çalışmada çaplı ve derinliğe ulaşan düşey bir kuyunun beton tahkimat kalınlıkları iki boyutlu sayısal analizler ile belirlenmiştir
<b>5. Stage</b>	çalışmada çaplı derinliğe ulaşan düşey kuyunun beton tahkimat kalınlıkları boyutlu sayısal analizler belirlenmiştir

In this study, various preprocessing has been done to make the raw text data suitable for the problem. The preprocessing methods used in this work consist of the following stages:

1. Converting uppercase letters to lowercase letters,
2. Removal of numbers and punctuation marks from the text,
3. Removal of single-letter units that will not make sense for the text,
4. Separating texts into words,
5. Removal of Turkish stop words from texts,
6. Body and root analysis on words.

After the text cleaning stages, the last preprocessing stage is the stemming and lemmatizing stage. This stage is extremely critical for text representation. Some of the text's suffixed words mean the same, but they are perceived as different words by the machines due to the suffixes they take. This also means that machines will perceive the meanings of words differently. Since Turkish is an agglutinative language, there are many different rules and inconsistencies in adding and removing suffixes. The language structure of Turkish makes stemming and lemmatizing very difficult. As a result, automated algorithms do not always reach the same root from words with different suffixes with the same meaning.

In this study, morphological analysis is done by using stemming and lemmatization; two different methods for stemming and one method for lemmatizing. For casing, Snowball's Turkish casing and Turkish Stemmer casing developed by Osman Tuncelli and Burak Özdemir as open source for Python were used (Tuncelli and Özdemir, 2019). Although these two different algorithms give similar results, there may be differences in the reduction of some words to the root. For root analysis, Turkish Lemmatizer, which was developed by Abdullatif Köksal as open-source, was used (Abdullatif Köksal, 2018). Table 4 shows a sample of lemmatization and stemming results from the dataset.

**Table 4.** A sample of stemming and lemmatization result

<b>Original Text</b>	Hafif ve yüksek dayanımlı malzemelerden olan magnezyum alaşımları, yetersiz korozyon direnci ve düşük yüzey kalitesi nedeniyle bazı sınırlamalara sahiptir.
<b>After Preprocessing</b>	hafif yüksek dayanımlı malzemelerden olan magnezyum alaşımları yetersiz korozyon direnci düşük yüzey kalitesi nedeniyle sınırlamalara sahiptir
<b>Snowball</b>	hafif yük dayanımlı malzeme ola magnezy alaşım yetersiz korozyo direnci
<b>Stemmer</b>	düşük yüzey kalites neden sınırlama sahip
<b>Turkish Stemmer</b>	hafif yük dayanım malzeme olan magnezyum alaşım yeters korozyon direnç düşük yüzey kalite neden sınırlama sahip
<b>Turkish Lemmatizer</b>	hafif yüksek dayanım malzeme magnezyum alaşımıyla yetersiz korozyon direnç düşük yüzey kalite neden sınırla sahip

## 2.2. Text Representation (Feature Extraction)

After the text preprocessing, the stage of extracting the features that will represent this data from the data comes. Generally, there exists two basic methods for feature extraction:

- Traditional bag of words approach
- Neural network-based approach

In this study, neural network-based approaches known as ‘word embedding’ are chosen for text representation. ANN-based approaches are newer and generally more successful methods in text classification than the traditional bag of words approaches. Word embedding methods, which are based on representing words as a fixed-size vector, are widely used in natural language processing problems.

The most well-known and widely used word embedding method is the Word2Vec method developed by Mikolov (Mikolov, Chen, et al., 2013) in 2013. In this method, vectors are continuously updated with gradient descent and backpropagation methods for the texts given as input by using a single hidden layer ANN model. The method takes the word meanings into account while vectorizing the words; its power to represent texts insufficient context is higher than frequency-based methods.

To find word vector representations with Word2Vec, a model is first created using textual data. Word vectors are accessed using this model. Here, the data set used to create the model is of great importance. Because as the context increases, models that produce word vectors with better representation power will be created. Once the model is created, the vector representation of each word in the model's dictionary can be easily extracted.

By using the model created after these processes, the vector version of the preprocessed data set was obtained. For each document, the vector forms of the words in the document were found one by one. After this stage, we have documents in which each word is 400-dimensional vectors. To make a multidimensional dataset, each element of which is a list of vectors suitable for classification, a text representation must be extracted using these word vectors. There are various methods to do this. In this study, text representations created by summing and averaging vectors were used.

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) (Devlin, Chang, Lee, & Toutanova, 2018) is a transformer-based model for various NLP tasks. It is a method to designed to pre-train deep bidirectional representations from unlabeled text and these models can be either used to extract language features or can be fine-tuned for a specific task like classification, entity recognition, question answering, etc. It uses attention mechanism (Vaswani et al., 2017) and encoder-decoder architecture which is known as transformer model.

Both Word2Vec and BERT produce a vectorized form of words. The main difference between these word vectors is that the Word2Vec representations have fixed-length feature embeddings while BERT word representations are dynamically informed by the words around them. Which means when there

are synonymous word in different sentences, Word2Vec will produce same vector for all them. But BERT will produce different vectors depending on their meaning in that particular sentence.

BERT models are based on encoder-decoder pairs (transformer block) and attention mechanism. Depending on the number of transformer blocks and hidden layers the models can categorized as Basic BERT or Large BERT. In base models there are 12 transformer blocks and output from each of them can be used to get word embeddings. There are multiple ways to obtain these embeddings from transformer outputs (Devlin et al., 2018). Most used methods are:

- Sum of each blocks outputs,
- Sum from 2<sup>nd</sup> layer to last layer,
- Sum last four layer,
- Concatenate last four layer.

Here in this study, we used a fine-tuned pretrained base Turkish BERT model from Hugging Face repositories. Word embeddings are obtained as sum of last four layers of transformer blocks.

### 3. RESULT AND DISCUSSION

In this study K-Means, K-Medoids, Affinity Propagation, and OPTICS algorithms were used for clustering. They are compared using different preprocessing and text representation methods. The stemming and root analysis methods used in the preprocessing stage were changed, and their effects on the results were analyzed. For text-based clustering, Word2Vec and BERT text representations were extracted from word vectors by getting the average value of word vectors. In Table 5, clustering results for Word2Vec representations as the Silhouette index (SL), Davies-Bouldin index (DB), Calinski-Harabaz index (CH), and precision values are given for each algorithm.

Table 5. Experimental results for Word2Vec

Preprocessing Method	Clustering Method	Cluster Number	SL	DB	CH	Precision
Snowball Stemmer Preprocessing	K-Means	12	0.216	1.404	34.464	0.345
	K-Medoids	12	0.150	2.018	22.653	0.390
	OPTICS	<b>23</b>	<b>-0.024</b>	<b>1.863</b>	<b>3.756</b>	<b>0.525</b>
	Affinity Propagation	40	-0.021	4.15	3.752	0.544
Turkish Stemmer Preprocessing	K-Means	12	0.109	1.618	29.746	0.396
	K-Medoids	12	0.07	1.971	17.382	0.360
	OPTICS	<b>30</b>	<b>-0.19</b>	<b>1.713</b>	<b>3.801</b>	<b>0.651</b>
	Affinity Propagation	36	0.19	4.287	4.048	0.544
Turkish Lemmatizer Preprocessing	K-Means	12	0.119	1.613	27.716	0.381
	K-Medoids	12	0.108	1.925	17.382	0.366
	OPTICS	<b>32</b>	<b>-0.16</b>	<b>1.673</b>	<b>4.329</b>	<b>0.602</b>
	Affinity Propagation	43	-0.02	4.258	3.343	0.549

Table 5 shows the clustering results of Word2Vec text representation for the data set preprocessed with three different stemming and root analysis methods. Here, the data set given as input to the algorithms is the document vectors created by averaging the word vectors. Looking at table 5, it can be seen that the K-Means and K-Medoids algorithms give below-average precision and SL index values among the three preprocessing results. In the OPTICS and Affinity Propagation algorithms, which give higher precision, the SL score gives an average value close to zero, while the number of clusters is well above the real value. If a general comment is to be made for the whole table, it is expected that the preprocessing methods will have little effect on the results since Word2Vec creates the vectors by taking into account the meaning of the word.

**Table 6.** Experimental results for BERT

Clustering Method	Cluster Number	SL	DB	CH	Precision
K-Means	12	0.306	2.061	34.451	0.437
K-Medoids	12	0.300	2.050	35.120	0.440
OPTICS	15	0.260	1.507	48.756	0.730
Affinity Propagation	26	0.056	4.018	6.752	0.560

In table 6 experimental results for BERT representations are given. BERT vectors are obtained from raw data so none of the above morphologic processes are realized at this stage of the study. Here, it is seen that the OPTICS clustering algorithm gives better results than other algorithms. It has higher precision score and better cluster quality since its DB score is lower and CH score is higher than its other peers. K-Means and K-Medoids nearly gave identical results and Affinity Propagation method gave higher precision score but also has higher cluster number. If we compare Table 5 and Table 6 results, it can be seen that the BERT representations have better results than Word2Vec results. This situation can be interpreted as BERT models tokenize the words within themselves and create vectors by considering their different meanings.

**Table 7.** Word2Vec representations parameter results for K-Means and K-Medoids

Clustering Algorithm	Cluster Number	SL	DB	CH
K-Means	5	0.232	1.270	159.368
	<b>8</b>	<b>0.246</b>	<b>1.133</b>	<b>196.894</b>
	12	0.211	1.281	158.906
	15	0.178	1.336	132.749
	20	0.154	1.341	117.986
K - Medoids	5	0.189	1.459	156.110
	<b>8</b>	<b>0.210</b>	<b>1.323</b>	<b>190.667</b>
	12	0.163	1.498	77.444
	15	0.092	1.571	54.04
	20	0.089	1.481	48.229

In Table 6, 7 and 8, parameter analyzes and comparisons made for clustering algorithms used in the study are given. For K-Means and K-Medoids algorithms, the results obtained by changing the k parameter were compared. For the OPTICS algorithm, effects of the parameter changes within the algorithm were analyzed. Lemmatization with Word2Vec and BERT text representation were used for parameter analysis. While creating text representations from word vectors, the method of adding vectors was used.

**Table 8.** BERT representations parameter results for K-Means and K-Medoids

Clustering Algorithm	Cluster Number	SL	DB	CH
K-Means	5	0.232	2.454	30.440
	<b>8</b>	<b>0.357</b>	<b>1.600</b>	<b>40.678</b>
	12	0.306	2.061	34.451
	15	0.280	2.365	32.009
	20	0.198	3.084	28.505
K - Medoids	5	0.200	2.187	28.308
	<b>8</b>	<b>0.333</b>	<b>1.802</b>	<b>38.570</b>
	12	0.300	1.950	35.120
	15	0.205	2.185	28.78
	20	0.190	3.100	23.600

Clustering results obtained with different k parameters for the K-Means clustering algorithm are given in Table 6 and Table 7. In Table 6, for the SL clustering index, it can be seen that the parameter k = 8, which has the closest result to 1, gives the best result. It is seen that the highest in-cluster density, that is, the lowest DB index, is achieved when k takes the value of 5. In addition, it was observed that the highest value for the CH index, which is another index used in the measurement of clustering quality, was obtained when the k value was 8. Since higher CH values indicate higher in-cluster density and better cluster quality, it can be said that the best results for K-Means clustering are obtained when the cluster number is eight.

For the K-Medoids algorithm, it can be seen that the SL index has the highest value when k is 8. If we look at the DB index, it can be seen that the lowest value is obtained when k is 8, and the closest results are obtained for k = 5 and k = 12 values. As a result of the CH index, the best value was taken for k = 8.

Table 8 shows results of BERT representations for different K parameters. Here the best SL score is obtained when parameter k = 8 for both K-Means and K-Medoids algorithm. If we look at DB and CH indices both have their best value when k is chosen 8. For other k values, k = 12 gave close results to k = 8 but it has lower cluster quality scores. By looking at the table we can say that the clusters have poorer quality when k value increases too much.

**Table 9.** Parameter experiment results for OPTICS

Clustering Algorithm	Epsilon	Cluster Number	SL	DB	CH
OPTICS	30	18	-0.337	1.962	3.165
	35	22	-0.333	2.001	2.929
	40	27	-0.332	2.332	2.698
	45	30	-0.296	2.087	2.553

For the OPTICS algorithm, the epsilon (the maximum distance between the data to be evaluated as adjacent to each other) parameter analysis results are given in Table 9. While getting results for the parameter, the default value of the other parameters is used. The default value of the Epsilon parameter in the tools used is given as infinite (inf). Looking table 9, it can be seen that with the increase in the epsilon coefficient, the SL values approach to 0, which means the clustering quality increases, albeit slightly. However, even though the quality increased according to the SL parameter, the number of clusters are also increased. Looking at the DB index, it can be seen that more dense clusters are obtained in cases where the epsilon value is low. Finally, when we look at the CH index, it can be said that a low epsilon value indicates higher results, that is, better clustering results. When a general examination is

made for the OPTICS algorithm, it has been observed that the cluster verification indices give more or less close results, but the number of clusters increases as the epsilon parameter increases.

#### 4. CONCLUSION

In this study, a basic clustering problem was handled using natural language processing and machine learning methods. The data were passed through text cleaning using tokenization, lemmatization, stemming, and preprocessing methods, and Word2Vec word vector representations were extracted from the processed data. In addition to Word2Vec representations, BERT word vectors are obtained from raw data. These text representations were compared using K-Means, K-Medoids, OPTICS, and Affinity Propagation clustering methods. With these word representation methods, the classic preprocessing and feature extraction methods are tested against more recent transformer based pre trained models.

Considering all results BERT text representations produced better results than Word2Vec representations. Word2Vec text representation methods produced results below the expectations regardless of the preprocessing methods used. If the reasons for this situation are to be commented on, Word2Vec model was trained from scratch while BERT model was fine-tuned on a pretrained model. Also the writing style of the article prefaces can be another reason for results. Writing very specific prefaces to the article can make it difficult to find words to express the topics in general. In addition, working on more than one subject or solving problems using hybrid fields makes it difficult to classify articles on a single subject.

Another reason may be the inadequacy of the data set and the imbalance between the number of topics and articles. While there are more than twenty articles from the fields of Computer Engineering and Chemical Engineering in the data set, there are four articles related to the fields that have been little studied, such as Agricultural Engineering. The scarcity of data used also affected the forms of representation created. Although there have been successful text classification studies in Turkish before, natural language processing problems for newly created datasets still maintain their difficulty. How the data set is processed and represented is of great importance for the classification of texts. The agglutinative language structure of Turkish poses a challenge for frequency-based text representation methods. However, when there is sufficient context, there is no problem in producing robust text representations with artificial neural network-based methods.

To carry the study to the next level, developments should be carried out to increase and stabilize the data set, as well as to develop vector representations of documents. Because abstracts are relatively short texts the words have low frequency, and they are more sparse than normal documents. These reasons are also make clustering results unstable. Different solutions should be suggested for the classification of texts that may belong to more than one subject.

If productive results are obtained in the clustering of the texts, the study can continue as the next step, which is to find the subjects studied together and to shape the text classification accordingly. In addition, academic journals can be classified according to the year-based and the subjects they work on, and they can shed light on the subjects they want to work on for those who will do academic studies.

#### 5. ACKNOWLEDGE

This study has been presented in 2nd International Symposium on Implementations of Digital Industry and Management of Digital Transformation (ISIDIMDT'21), 10-11 November 2021, Konya/Turkey. It is an extended version of the work presented at the symposium, in line with the e-mail that states all submitted papers will be included in the evaluation process for publication in the Special Issue of Konya Journal of Engineering Sciences (KONJES).

## 6. REFERENCES

- Adalı, E. (2012). Doğal Dil İşleme. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 5(2).
- Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (2012). A survey of text clustering algorithms. In *Mining text data* (pp. 77-128): Springer.
- Alexandrov, M., Gelbukh, A., & Rosso, P. (2005). *An approach to clustering abstracts*. Paper presented at the International Conference on Application of Natural Language to Information Systems.
- Amasyalı, M. F., Balçıl, S., Mete, E., & Varlı, E. N. (2012). Türkçe Metinlerin Sınıflandırılmasında Metin Temsil Yöntemlerinin Performans Karşılaştırılması / A Comparison of Text Representation Methods for Turkish Text Classification.
- Amasyalı, M. F., & Diri, B. (2006). Automatic Turkish text categorization in terms of author, genre and gender. International Conference on Application of Natural Language to Information Systems,
- Ankerst, M., Breunig, M. M., Kriegel, H.-P., & Sander, J. (1999). OPTICS: Ordering points to identify the clustering structure. *ACM Sigmod record*, 28(2), 49-60.
- Arbelaitz, O., Gurrutxaga, I., Muguerza, J., Pérez, J. M., & Perona, I. (2013). An extensive comparative study of cluster validity indices. *Pattern Recognition*, 46(1), 243-256.
- Bekkerman, R., El-Yaniv, R., Tishby, N., & Winter, Y. (2003). Distributional Word Clusters vs. Words for Text Categorization. *J. Mach. Learn. Res.*, 3, 1183-1208.
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of machine Learning research*, 3(Jan), 993-1022.
- Conneau, A., Schwenk, H., Barrault, L., & Lecun, Y. (2016). Very deep convolutional networks for natural language processing. *arXiv preprint arXiv:1606.01781*, 2, 1.
- Çilden, E. K. (2006). Stemming Turkish Words Using Snowball. <https://snowballstem.org/>
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*.
- Dhar, A., Mukherjee, H., Dash, N. S., & Roy, K. (2021). Text categorization: past and present. *Artificial Intelligence Review*, 54(4), 3007-3054.
- Eryigit, G., & Adalı, E. (2003). AN AFFIX STRIPPING MORPHOLOGICAL ANALYZER FOR TURKISH.
- Eryigit, G., & Oflazer, K. (2006). Statistical Dependency Parsing for Turkish. EACL
- Joulin, A., Grave, E., Bojanowski, P., & Mikolov, T. (2016). Bag of tricks for efficient text classification. *arXiv preprint arXiv:1607.01759*.
- Kilinc, D., Özçift, A., Bozyigit, F., Yildirim, P., Yücalar, F., & Borandag, E. (2017). TTC-3600: A new benchmark dataset for Turkish text categorization. *Journal of Information Science*, 43, 174 - 185.
- Köksal, A. (2018). *Turkish Pre-trained Word2Vec Model*. <https://github.com/akoksal/Turkish-Word2Vec>
- Li, C., Lu, Y., Wu, J., Zhang, Y., Xia, Z., Wang, T., . . . Guo, J. (2018). *LDA meets Word2Vec: a novel model for academic abstract clustering*. Paper presented at the Companion proceedings of the the web conference 2018.
- Makagonov, P., Alexandrov, M., & Gelbukh, A. (2004). *Clustering abstracts instead of full texts*. Paper presented at the International Conference on Text, Speech and Dialogue.
- Medhat, W., Hassan, A., & Korashy, H. (2014). Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams engineering journal*, 5(4), 1093-1113.
- Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781*.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *arXiv preprint arXiv:1310.4546*.
- Onan, A., Bulut, H., & Korukoglu, S. (2017). An improved ant algorithm with LDA-based representation for text document clustering. *Journal of Information Science*, 43(2), 275-292.



- Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. (2014). *Glove: Global vectors for word representation*. Paper presented at the Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP).
- Pinto, D., Rosso, P., & Jiménez-Salazar, H. (2011). A self-enriching methodology for clustering narrow domain short texts. *The Computer Journal*, 54(7), 1148-1165.
- Popova, S., Danilova, V., & Egorov, A. (2014). *Clustering narrow-domain short texts using k-means, linguistic patterns and lsi*. Paper presented at the International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts.
- Premalatha, K., & Natarajan, A. (2010). A literature review on document clustering. *Information Technology Journal*, 9(5), 993-1002.
- Rodriguez, M. Z., Comin, C. H., Casanova, D., Bruno, O. M., Amancio, D. R., Costa, L. d. F., & Rodrigues, F. A. (2019). Clustering algorithms: A comparative approach. *PloS one*, 14(1), e0210236.
- Romeo, S., Greco, S., & Tagarelli, A. (2014). *Multi-topic and multilingual document clustering via tensor modeling*.
- Tajbakhsh, M. S., & Bagherzadeh, J. (2019). Semantic knowledge LDA with topic vector for recommending hashtags: Twitter use case. *Intelligent Data Analysis*, 23(3), 609-622.
- Torunoğlu, D., Çakirman, E., Ganiz, M. C., Akyokuş, S., & Gürbüz, M. Z. (2011). Analysis of preprocessing methods on classification of Turkish texts. 2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications
- Tuncelli, O., & Özdemir, B. (2019). *Turkish Stemmer for Python*. <https://github.com/otuncelli/turkish-stemmer-python>
- Uysal, A. K., & Gunal, S. (2014). The impact of preprocessing on text classification. *Information Processing & Management*, 50(1), 104-112.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., . . . Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- Weißer, T., Saßmannshausen, T., Ohrndorf, D., Burggräf, P., & Wagner, J. (2020). A clustering approach for topic filtering within systematic literature reviews. *MethodsX*, 7, 100831.
- Yang, J., & Park, S.-Y. (2002). Email categorization using fast machine learning algorithms. International Conference on Discovery Science



## NESNELERİN İNTERNETİ KAPSAMINDA KULLANILAN ARA KATMAN YAZILIMLARINA YÖNELİK AĞ BENZETİMİ

Alper KILIÇ

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya,  
TÜRKİYE  
[akilic@ktun.edu.tr](mailto:akilic@ktun.edu.tr)

(Geliş/Received: 21.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 11.11.2022)

**ÖZ:** Nesnelerin İnterneti (IoT) kapsamında çok sayıda veri üretici sistem belirli bir ağ üzerinde veri alışverişinde bulunurlar. Veri transferi için çeşitli avantajları bulunan DDS (Data Distribution Service) ara katman mimarisi veri merkezli ağ haberleşmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. Ölçeklendirme, yönetim ve izleme amaçlarına yönelik olarak kullanılan ara katman mimarisinin sağladığı birçok servis kalitesi (QoS) özelliği ile güvenilir veri aktarımı gerçekleştirilir. Bununla birlikte, olası ağ kesintileri, yavaşlama ya da veri kaybı oluşturabilecek senaryolar için yazılım geliştirme aşamasında ağ benzetimi yapılması, olası hataların erken tespiti ve düzeltilmesi maliyet ve zaman açısından faydalı olacaktır. Bu çalışmada DDS ara katman mimarisine yönelik ağ kesintisi, bant genişliği daralması, paket kaybı ve ağ topolojisine yönelik olası incelemeler için bir benzetim modeli ve yazılım mimarisi önerilmiştir. Buna göre, veri iletim ağının belirli noktalarının davranışı değiştirilerek ağ gecikmesi, paket kaybı ya da servis kesintisi durumlarında yazılım davranışlarının incelenebilmesi sağlanmıştır. Ağ benzetimi ve test sistemi için bir arayüz yazılımı geliştirilerek ağ bağlantısının farklı durumlar için benzetimi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nesnelerin İnterneti, Ara Katman Mimarileri, DDS, Ağ Benzetimi

### Network Simulation of Middleware Used for The Internet of Things

**ABSTRACT:** Within the scope of the Internet of Things (IoT), many data generating systems transfer data over the network. DDS (Data Distribution Service) middleware architecture, which has various advantages for data transfer, is frequently used for data-centered network communication. Reliable data transfer is achieved with many quality of service (QoS) features provided by the middleware architecture used for scaling, management and monitoring purposes. However, for scenarios that may cause potential network outages or data loss, network simulation, early detection and correction of potential errors will be beneficial in terms of cost and time. In this study, a simulation model and software architecture are proposed for possible investigations of network interruption, low bandwidth, packet loss and network topology for DDS middleware architecture. Accordingly, by changing the behavior of certain points of the data transmission network, it is possible to examine the software behavior in case of network delay, packet loss or service interruption. It is aimed to simulate network connection for different situations by developing a software for network simulation and test system.

**Keywords:** Internet of Things, Middleware, DDS, Network Simulation

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) kavramı ile temel olarak veri üreten sistemlerin birbirleri ile yoğun veri paylaşımında bulunan birçok nesnenin varlığı ifade edilmektedir (Huang et al. 2014). IoT

sistemleri sistemin davranışı bakımından algılama, iletim, hesaplama ve uygulama katmanları ile ayrıştırılmaktadır. Algılama ve hesaplama katmanları verinin üretimi için kullanılırken iletim ve uygulama katmanları verinin değerlendirilmesi, işlenmesi ve iletilmesi için kullanılmaktadır. Sistemlerin etkileşimi için oluşturulan ağların tasarlanması ve yönetilmesi oldukça kritik ve zaman alıcı faaliyetlerdir. Sistemi oluşturan bileşenler ve nesnelerin coğrafi konumları, iletişim ve ağ yetenekleri ve veri iletim performans gereksinimleri değişkenlik gösterecektir.

IoT sistemlerinde nesnelere belirli bir ağ topolojisinde veri transferini gerçekleştirirken sistemin iletişim gereksinimlerini de karşılaması beklenir (Wytrębowicz ve diğ., 2021). Bu kapsamda verinin iletilme garantisi ya da iletim hatalarının tespiti için farklı metodoloji ve protokoller geliştirilmiştir (Mısır ve Gökrem 2020). IoT verimliliğini arttırmak ve etkili, akıllı hizmetler oluşturmak için ağ ortamının ve heterojen yapısı nedeni ile olası senaryoların modellenmesi oldukça zordur (D'Angelo ve diğ., 2016). Bununla birlikte IoT sisteminin sahaya alınmadan ağına yapısına göre test edilmesi, nitel ve nicel yönlerden ağ simülasyonunun yapılması ve olası hataların erken tespit edilerek giderilmesi önemli olacaktır. Ayrıca ağ simülasyonu ile kapasite planlaması, durum analizi, proaktif yönetim ve güvenlik ile ilgili birçok değerlendirme yapılabilecektir (Aksoy ve diğ., 2011).

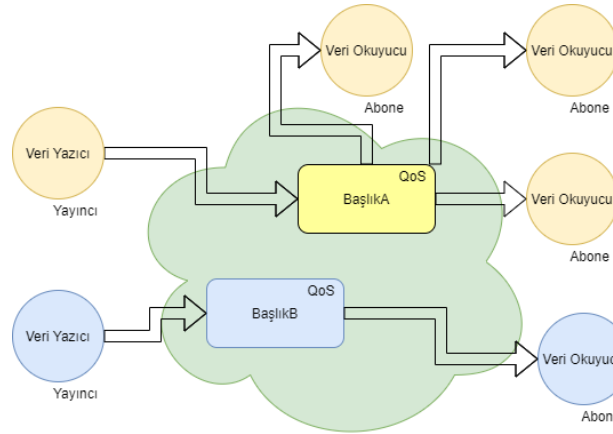
IoT sistemlerin veri alışverişi için farklı protokoller önerilmiş ve bu protokollere özgü birçok ara katman mimarisi geliştirilmiştir (Özdoğan ve Erdem 2020). İletim başarımını doğrudan etkileyebilecek bu protokollerin günümüzde en sık kullanılanları DDS, MQTT, XMPP, AMQP, CoAP ve hatta HTTP protokolleridir (Naik 2017). Standart ve gerçek zamanlı iletişim modeli için standart protokollerin kullanılması istense de son yıllarda değişen gereksinimlere göre bu protokoller artmakta, güncellenmektedir. Bununla birlikte IoT cihazlarının sistem kaynaklarının kısıtlı olması, gerçek zamanlı ve deterministik iletim gereksinimi bulunması nedenlerinden ötürü RTPS(*real-time publish subscribe protocol*) gibi bazı protokollerin kullanımı daha sınırlı olacaktır. OMG (Object Management Group) tarafından açık kaynaklı olarak sunulan veri dağıtım servisi, DDS, son yıllarda birçok farklı ölçek ve senaryo için kullanım alanı bulmuş, yüksek performanslı iletim kabiliyeti, ölçeklenebilirliği ve yönetim kolaylığı ile öne çıkmıştır (Baunthiyal 2021; David ve diğ., 2013; Kang ve diğ., 2020; Pardo-Castellote 2003).

Ağ iletim protokolleri kendilerine özgü trafik akış kontrolleri, iletim mekanizmaları barındırdıkları için uygulama geliştirme aşamasında protokollerin yanı sıra IoT sistemlerin cihaz özellikleri, ağ topolojisi, iletişim gereksinimleri ve kaynak planlaması göz önünde bulundurulmaktadır. IoT sistemlerinin bulunduğu ağlar geniş ölçekli oldukları için uygulamaya geçmeden önce test ve analiz için simülatör yazılımları kullanılır (Cuzme-Rodríguez ve diğ., 2019). GNS3, NS2, NS3, OMNET++, OPNET, Contiki-Cooja simülatör yazılımları ağ simülasyonu için sıklıkla kullanılmaktadır (Aksoy ve Das 2019; Emiliano ve Antunes 2015; Gil ve diğ., 2015; Gürtürk ve Daş 2017; Lal N ve diğ., 2016; Liu ve diğ., 2020; Varga 2010; Varga ve Hornig 2008). Bu simülasyon yazılımları kullanım amacına göre çeşitli avantajlar içermektedir. Örneğin GNS3 daha çok yönlendirici cihazların mevcut gömülü imajlarının sanallaştırılmasına odaklanmışken OMNET++ farklı algoritmaların ve protokollerin geliştirilmesine yönelik bağımsız bir alan dili (NED) vasıtası ile senaryo simülasyonuna ağırlık vermiştir. Benzer şekilde ns-3 ağ simülatör yazılımının oldukça güçlü özellikleri bulunmaktadır. Özellikle ağ bileşenlerinin ve katmanlarının modellenmesi için literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Daş ve Bitikçi 2020). Bununla birlikte ns-3 ayrık olay (discrete event) simülasyon metodolojisi kullandığından dolayı ağ yazılımlarının modellenmesi aşamasında performans kaybı oluşacaktır. ns-3 yazılımında sistem yazılımları ve çok iş parçacığı (multi-threads) içeren yazılımların modellenmesi için ayrıca önlemlerin alınması gerekmektedir, modelin yakın gerçek zamanlı çalışmayacağı göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

IoT sistemlerinin veri transferi sırasında olası ağ kesintileri, yavaşlama ya da veri kaybı oluşturabilecek senaryolar için yazılım geliştirme aşamasında ağ benzetimi yapılması, olası hataların erken tespiti ve düzeltilmesi maliyet ve zaman açısından faydalı olacaktır. Bu çalışmada DDS ara katman mimarisine yönelik ağ kesintisi, bant genişliği daralması, paket kaybı ve ağ topolojisine yönelik olası incelemeler için bir benzetim modeli ve yazılım mimarisi önerilmiştir. Buna göre, veri iletim ağının belirli noktalarının davranışı değiştirilerek ağ gecikmesi, paket kaybı ya da servis kesintisi durumlarında yazılım davranışlarının incelenebilmesi sağlanmıştır. Çalışmada ara katman yazılımlarının fiziksel olmayan

ağlarda test edilmesi, olası ağ problemleri senaryolarına karşı davranışlarının incelenmesi için bir yaklaşım ortaya konmuştur. Bunun için sanallaştırma teknolojisi kullanarak ağ bileşenlerinin yüksek başarılı benzetimini amaçlayan GNS3 yazılımının, ara katman yazılımlarının test edilmesi için oldukça güçlü bir alternatif olduğu söylenebilir. Bununla birlikte GNS3'te fiziksel katman modellenmesi ve olası ağ kesintileri ile performans kaybı senaryolarının test edilmesi oldukça zordur.

IoT sistemlerinde veri transferi için veri merkezli yaklaşımı, gerçek zamanlı veri aktarım kabiliyeti, ölçeklenebilirliğin yüksek olması ve performans gereksinimlerini karşılayabilecek farklı servis kalitesi sunması gibi sebeplerden ötürü DDS son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Kang ve diğ., 2020). Aktarılan verinin aktarım başarısıyla birlikte, veri bütünlüğü ve güvenilirliğinin sağlanmasına da yardımcı olan DDS ara katmanı Object Management Group (OMG) tarafından yayıncı-abone (publish-subscribe) metodolojisini merkeze alan ve birçok farklı servis kalitesi sunan bir standart mimari olarak sunulmuştur (Specification 2007). DDS ile uygulamalar veri merkezli olarak belirli başlıklar (topics) dahilinde aktarım yapabilir, ya da abone oldukları başlıklar içinde yayınlanmış verilere belirli bir servis kalitesi ile ulaşabilirler (Pardo-Castellote 2003). DDS ara katman mimarisinde yer alan nesnelere ve uygulamalar ağda serbest olarak ağ adresi, protokol, port numarası, kimlik doğrulaması ya da yetkilendirilmesi gibi alt seviye ağ yapılandırılması ile ilgili konulardan ayrıştırılabilirler. Şekil-1'de ağda bulunan nesnelere yerine, veri merkezli olarak abone rolündeki veri okuyucuları (data readers), yayıncı rolündeki veri yazıcıları (data writers) ile başlık (topic) ve servis kaliteleri şeması verilmiştir. DDS ara katmanı ile ağ bileşenleri arasındaki iletişim çok daha net ölçeklenebilmekte, izlenebilmekte ve yönetilebilmektedir.



**Şekil 1.** DDS veri aktarım yaklaşımı şeması

*Figure 1. DDS Data Distribution Schema*

DDS ara katman standardı için ticari ya da açık kaynaklı olarak birçok yazılım geliştirilmiştir (Baunthiyal 2021; Kwon ve diğ., 2017). Bu yazılımlar DDS standardının sunduğu yönlendirme, yapılandırma, yönetim, kayıt ve yeniden oluşturma benzeri birçok ek özellik sunmaktadır. Farklı gerçekleştirimlerin özellikle veri filtreleme, yönlendirme ve günlük oluşturma performansları oldukça dikkat çekicidir (Baunthiyal 2021). İletim modeli ya da iletimin alt seviye gerçekleştiriminden ziyade verinin kendisine ve verinin semantik yapısına odaklanan DDS tabanlı iletişim yazılımlarında standart iletişim katmanlarından farklı olarak verinin anlamı ve değerine yönelik filtre ve kurallar uygulanabilmektedir. Böylece TCP, UDP ya da RTPS (Realtime Publish Subscribe) gibi transport standartlarına bağımlı olmayan veri merkezli bir yapı ortaya konabilmektedir. Semantik olarak verinin farklı başlıklar halinde gruplandığı IoT sistemlerinde standart güvenliğin yanı sıra DDS ara katmanı detaylı güvenlik önlemlerine izin verir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, DDS ara katman mimarisinin IoT için gerekli deterministik, hata toleransı yüksek, gerçek zamanlı dağıtık sistemlere yönelik avantajlarının bulunduğu, yazılım dilinden bağımsız ve düşük kaynaklı sistemler için önemli bir alternatif olduğu değerlendirilmiştir (Abels ve diğ., 2017).

DDS ara katmanı birçok farklı QoS sunar ve bunlar sistemlerin hataya dayanıklılık özelliğinin artmasına ve gerçek zamanlı aktarım ihtiyaçlarının karşılanmasına destek olur. Aşağıda sık kullanılan bazı QoS özellikleri listelenmiştir (Artaç ve diğ., 2018);

- Güvenilirlik (Reliability): Veri aktarımının garanti edilmesini sunan servis kalitesidir.
- Kalıcılık (Durability): Verinin daha sonra katılan diğer sistemlere aktarılmasını sağlayan servis kalitesidir.
- Yaşam Ömrü (Life Span): Verilerin geçerlilik süresini sınırlayan servis kalitesidir. Bu serviste geçerlilik süresi dolan verilere erişim sağlanamaz.
- Sahiplik (Ownership): Bir alt sistemin aynı anda birden fazla farklı alt sistemden veri örneği alıp alamayacağını tanımlayan servis kalitesidir.
- Geçmiş Bilgisi (History): Gönderilen verinin en son kaç örneğinin alt sistemler için erişilebilir olacağını tanımlayan servis kalitesidir.

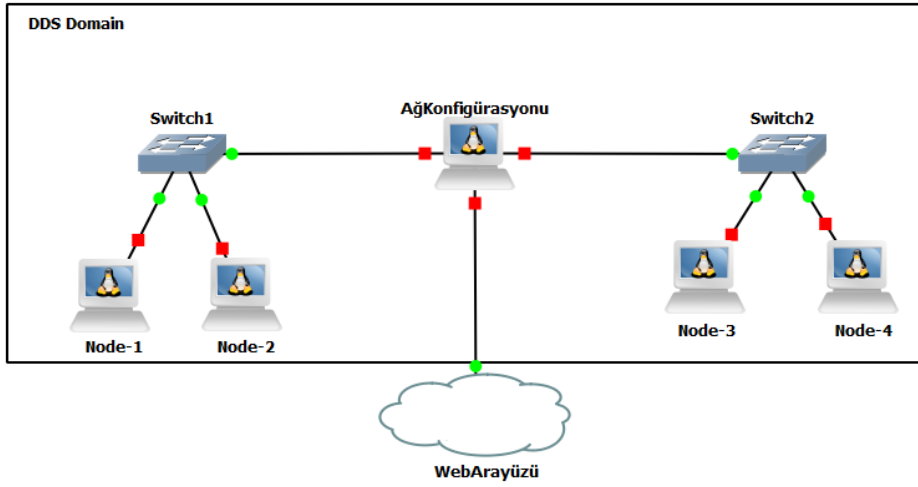
Sanallaştırma teknolojisinin gelişimi ile sistemlerin ve uygulamaların soyutlanması, izolasyonu ve kaynak paylaşımından başka yazılım tabanlı ağların oluşturulması gibi farklı uygulamalarda da yer bulmuştur (Emiliano ve Antunes 2015; Gil ve diğ., 2015; Gürtürk ve Daş 2017; Lal N ve diğ., 2016). GNS3 ağ sanallaştırma ve simülasyonu için ağ tasarımcısının ya da geliştiricisinin yeni ağ protokollerini doğrulamak ve test etmek üzere kullanabileceği bir alternatiftir. OPNET++, OMNET, NS2 ya da NS3 gibi alternatiflere nazaran GNS3 sanallaştırma özelliğini öne çıkararak farklı ağ sistem üreticilerinin cihazlarına ait gömülü imajlarının kullanımına destek vermektedir (Daş ve Bitikçi 2020). GNS3 sanal ve gerçek ağların simülasyonunu yapmak, yönlendiricileri ve diğer ağ bileşenlerini yapılandırmak, test etmek ve hata gidermek için kullanılmaktadır.

GNS3 Virtualbox, VmWare, Docker, Qemu ve HyperV sanallaştırma teknolojilerini desteklemektedir. Sanallaştırma hem işletim sistemi ve disk alanı için hem de macvlan ve ipvlan gibi farklı katmanlardaki ağ bileşenlerinin izolasyonu için kullanılabilir. GNS3 ağ simülasyonunun sağlanması için kendi sanal makinesini sunmaktadır. Ayrıca birçok ticari ya da açık kaynak ağ öncelikli işletim sistemi ya da cihaz gömülü sistem imajları için desteği bulunmaktadır. Başlangıçta Cisco ürünlerinin imajlarına odaklanmışken son yıllarda farklı cihazların da imajlarını desteklemeye başlamıştır. Bu kapsamda birçok işletim sistemi, router, switch ve diğer ağ bileşenlerini desteklemekte fakat gerçek kablosuz cihazların benzetimi yapılamamaktadır. Bununla birlikte GNS3 ağ topolojisi ve kablolu bağlantıların benzetimi için oldukça kullanışlıdır. Kablo bağlantıları üzerinde filtre, duraklatma ve paket kaybı senaryolarını doğrudan desteklemekte, ayrıca web ya da grafik ara yüzü ile kullanıcıların harici programlar ile yapılandırmasına olanak sağlamaktadır.

## MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

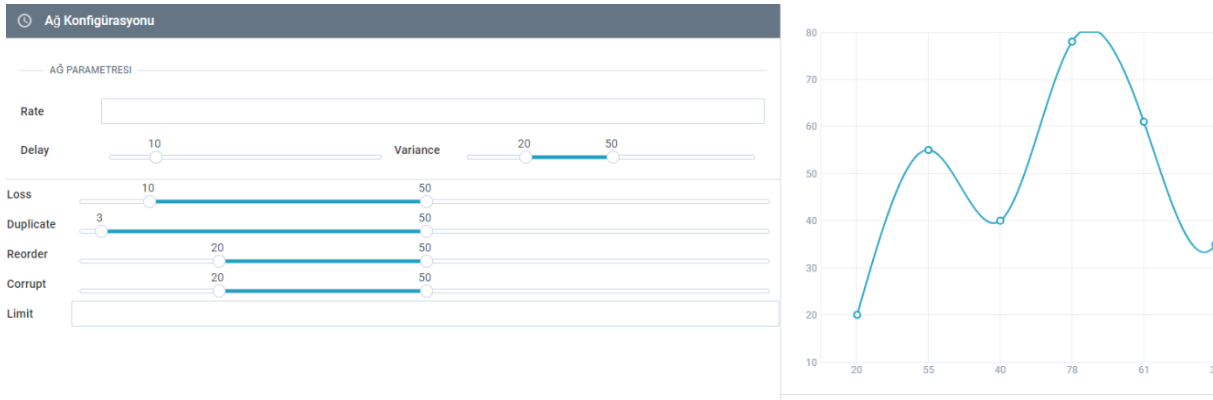
Bu çalışmada DDS ara katmanının sağladığı Reliability, Durability, Life Span ve History QoS yapılandırmaları için ağ fiziksel benzetimine yönelik sanallaştırma temelli bir metot önerilmiştir. Bu kapsamda IoT nesnelerini modellemek üzere GNS3 ağ benzetim yazılımı kullanılmıştır. Ağ benzetimi ile nesnelerin fiziksel olarak bulundurulmasına olan ihtiyaç kaldırılmıştır. GNS3 sanallaştırma yöntemi ile benzetim yaptığı için ağ bileşenlerinin kendi işletim sistemleri ve yazılımlarını muhafaza ederek ağ konfigürasyonunun ve nesne uygulama yazılımlarının tümleşik olarak benzetimi yapılabilir. Yazılım geliştirme aşamasında ağ benzetimi yapılması, olası hataların erken tespiti ve düzeltilmesi maliyet ve zaman açısından faydalı olacaktır. GNS3 kablosuz ağların modellenmesi ve benzetimi konusunda birçok dezavantaja sahiptir. Özellikle fiziksel katman süreçlerinin benzetimi için GNS3 yerine kablosuz ağların benzetimine odaklanmış diğer benzetim araçları kullanılmalıdır.

Bununla birlikte bu çalışmada nesnelerin veri aktarımı için kurulu ve konfigürasyonu tamamlanmış ağın bulunduğu, kablosuz ağlarda olası kalıcı ve geçici kesintilerin, yavaşlamanın ya da paket kayıplarının olabileceği değerlendirilerek fiziksel katmandan ziyade OSI modelinde veri bağlantı, Ağ ve üzeri katmanlar üzerinde durulmuştur. Bu da yazılım geliştirme aşamasında veri ve paket kayıplarının, ağ gecikmelerinin benzetimi için makul bir yaklaşımdır. Bu nedenle GNS3 aracının yeterli ve yetkin bir benzetim aracı olduğu değerlendirilmiştir.



**Şekil 2.** DDS QoS Ağ Benzetimi  
*Figure 2.* DDS QoS Network Simulation

IoT nesnelere kendi uygulama yazılımları dahilinde veri üretmek için ağı iletmektedir (Şekil-2). Bu aşamada yayınlanan veriler abone diğer nesnelere ulaşmaktadır. Bu sanallaştırılmış benzetim modeli doğrudan gerçek uygulama kullanıldığı için sahaya alındığında herhangi bir değişikliğe ihtiyaç kalmayacaktır. Bununla birlikte örneğin ağ kesintisi olduktan sonra kesinti giderildiğinde eski değerlerin de otomatik aktarımının yapılabilmesi için, ya da yeni eklenen nesnelere ağı dahil olduğu durumda verilerin ulaşmasını sağlayabilmek için farklı QoS yapılandırmaları bulunabilir. Bu senaryoların gerçekleştirilebilmesine yönelik olarak ağ kesintisinin sağlanması, yavaşlama ya da rastsal paket kaybı benzetimi için Şekil-3'te gösterilen web arayüzü geliştirilmiştir.



**Şekil 3.** Ağ Davranış Yapılandırma Web Arayüzü  
*Figure 3.* Network Behavior Configuration Web Interface

Bu kapsamda Ubuntu sanal makinesi üzerinde (Şekil-2, Ağ Konfigürasyonu, Ubuntu 20.04) tc (traffic control) programı kullanılmış, programa ait geniş parametre kullanımı için web arayüzü kullanılmıştır. tc komutu paketlerin bir yönlendirici üzerinde alındığı ve iletiği kuyruk sistemleri ve mekanizmaları için kullanılır. Bir ağ arabiriminin girişinde hangi paketlerin hangi hızda kabul edileceğine karar vermeyi ve çıkışında hangi paketlerin hangi sırayla hangi hızda iletileceğinin belirlendiği yapılandırma parametrelerini kullanır.

```
> tc qdisc add dev eth0 root netem delay 100ms
```

komutunun Şekil-2'deki "AğKonfigürasyonu" Linux bilgisayarında çalıştırılması ile her iki switch arasında 100ms'lik gecikme benzetimi yapılabilmektedir. Benzer şekilde ağın duraklatılması, bağlantının kaldırılması ve paket kaybı senaryoları da uygulanabilir.

```
> tc qdisc add dev eth0 root netem loss 20%
```

komutu ile %20 olasılıkla paket kaybı benzetimi sağlanabilmektedir. tc komutu haricinde GNS3 sanal sunucusu REST API desteği sağladığı için gerçekleştirilen ara yüz yazılımında hem tc komutu hem de REST istekleri oluşturan yapı geliştirilmiştir.

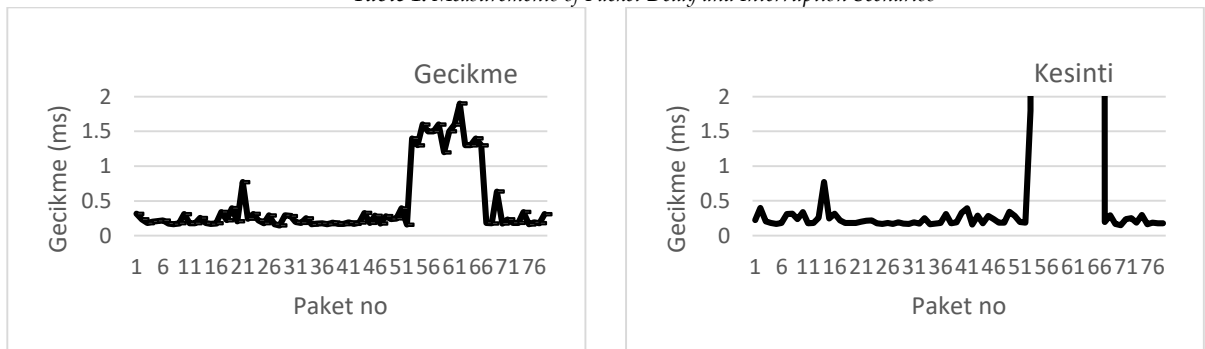
Node 1-4 DDS IoT nesnelere birbirleri arasında veri transferi gerçekleştirirken uygulama katmanından tamamen bağımsız olmak üzere, Layer2 ve Layer3'te ağ davranışı değiştirilebilmektedir. Bu çalışmada özellikle Reliability, Durability, History ve Life Span QoS'larına yönelik testlerde izole bir şekilde ağ senaryolarının gerçekleştirilebildiği gösterilmiştir.

## PERFORMANS ANALİZİ (PERFORMANCE ANALYSIS)

Bu çalışmada IoT nesnelerinin yazılımları değiştirilmeden olası ağ kesinti, yavaşlama ya da veri kaybı senaryolarındaki davranışlarının incelenmesine yönelik bir metot önerilmiştir. IoT veri aktarımı için özellikle DDS ara katman mimarisinin birçok avantajı bulunduğu literatürde yer almaktadır değerlendirilmiştir (Abels ve diğ., 2017; Baunthiyal, 2021; Kwon ve diğ., 2017). Ara katman mimarilerinin en önemli avantajı ağ merkezli yazılım geliştirme yaklaşımı yerine veri merkezli geliştirme modelinin uygulanabilmesidir. Böylece geliştirici karmaşık ağ yapısına bağımlılığı olmayan ve ağ konfigürasyonundan izole edilmiş bir yapı kullanarak yazılım geliştirebilecektir. Bununla birlikte bu durumda da ağın fiziksel koşullarındaki testler için farklı araçlara ihtiyaç duyacaktır. Varga 2010, Omnet++/ INET ayrık zaman simülasyon aracı ile ağı modelleyerek karmaşık senaryolardaki test işlemlerinin yöntemini sunmuştur. Bununla birlikte -diğer benzer çalışmalarda da olduğu gibi- ağ testleri için oldukça zaman alıcı modelleme ve yazılım geliştirme faaliyetleri tamamlanmalıdır. Bu çalışmada ise yazılım değişikliğine ihtiyaç duyulmadan dağıtık mimarideki nesnelerin kendi aralarındaki veri aktarımının deterministik test koşullarında ve tekrar edilebilen deney tasarımları ile test edilebilmesi sağlanmıştır. Çizelge 1'de aynı olay zamanı içerisinde (51-65. Paketler arası) sırasıyla 1ms gecikme durumu ya da geçici kesinti durumundaki ölçümler verilmiştir. Tekrarlanabilir deney tasarımı ile uç noktalarda çalışan yazılımlara ve ağ konfigürasyonuna müdahale edilmeden testlerin yapılabilmesi sağlanmıştır.

**Çizelge 1. Paket Gecikme ve Kesinti Senaryolarına Ait Ölçümler**

*Table 1. Measurements of Packet Delay and Interruption Scenarios*



## SONUÇ (CONCLUSION)

IoT sistemlerinin birbirleri arasındaki veri transferi için birçok avantajı bulunan DDS ara katman mimarisi ölçeklendirme, yönetim ve izleme gereksinimlerinin sağlanması ve gerçek zamanlı transfer ve farklı servis kalitesi (QoS) özellikleri ile son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. DDS kullanan uygulama yazılımları ise olası ağ kesintileri, yavaşlama ya da veri kaybı oluşturabilecek senaryolar için test edilmesi

ISIDIMDT21 2. Uluslararası Dijital Endüstri Uygulamaları ve Dijital Dönüşümün Yönetimi Sempozyumunda sunulan bildiriler arasından seçilmiştir (10-11 Kasım 2021 Konya, TÜRKİYE).



önemli olacaktır. Yazılım geliştirme aşamasında ağ benzetimi yapılması, olası hataların erken tespiti ve düzeltilmesi maliyet ve zaman açısından faydalı olduğu açıktır. Bu çalışmada DDS ara katman mimarisine yönelik ağ kesintisi, bant genişliği daralması, paket kaybı ve ağ topolojisine yönelik olası incelemeler için bir benzetim modeli ve yazılım mimarisi önerilmiştir. Buna göre, veri iletim ağının belirli noktalarının davranışı değiştirilerek ağ gecikmesi, paket kaybı ya da servis kesintisi durumlarında yazılım davranışlarının incelenebilmesi sağlanmıştır. Ağ benzetimi ve test sistemi için bir web ara yüz yazılımı geliştirilerek ağ bağlantısının farklı durumlar için benzetimi amaçlanmıştır. Sonuç olarak önerilen yaklaşımın son günlerde artan ara katman yazılımları kullanan IoT sistemlerinin testleri için oldukça faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Benzer şekilde MQTT, AMQ ve diğer protokollerin de farklı ağ durum senaryolarında nasıl reaksiyon göstereceğinin test edilmesi için önerilen yaklaşım kullanılabilir.

Literatürde ağ benzetimi için ns-3, omnet++, opnet, netsim vb. ayrıık olay simülatörleri kullanılmaktadır. Bu ve benzeri simülatörlerin oldukça kapsamlı modelleme yeteneklerinin bulunması ile fiziksel katman dahil olmak üzere ağ haberleşme sistemlerinin birçok alt sistemi modellenenmektedir. Bununla birlikte ayrıık olay çevriminin getirdiği performans kaybı nedeni ile bu tür simülatör yazılımlarına farklı proseslerde çalışan gerçek ağ yazılımların modele dahil edilmesi oldukça zordur. Bu çalışmada sanallaştırma teknolojisi kullanarak yazılım içeren ağ bileşenlerinin gerçek imajlarının kullanılabilirdiği araçlar kullanılarak ara katman yazılımlarının test edilebilmesine yönelik yeni bir yaklaşım uygulanmış, sonuçları verilmiştir.

Günümüzde IoT ya da yüksek performanslı veri haberleşmesi için birçok avantajı bulunan ve farklı problemler için çeşitli çözüm önerileri sunan ara katman teknolojileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu teknolojilere kısaca yer verilmiştir. Ara katman mimarileri en düşük OSI-Layer-4 (Taşıma: *Transport*) katmanında çalışmakta ve ağın tam ve kesintisiz olduğunu varsaymakta, fakat ağda kısmi ve geçici kesintilerin olması senaryolarına karşılık farklı yöntemler geliştirerek farklı QoS gereksinimlerini karşılamak üzere çözümler geliştirmiştir. Bu çalışmada ara katman mimarileri kullanan yazılımların kısmi ya da geçici ağ kesintisi, yavaşlama vb. senaryolardaki davranış ve çalışma şekillerinin test edilebilmesine yönelik sanal ve gerçek ağ bileşenlerinin birlikte bulunabilirdiği ve asgari kaynak kullanımı ile hızlı devreye alınabilecek bir test ve simülasyon metodolojisi önerilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen uygulama yazılımında değişiklik yapılmadan farklı ağ senaryolarında test edilebilmeleri mümkün olmaktadır. Çalışmada ağ benzetim yazılımları (Omnet, ns-3, GNS3 vb.) karşılaştırılmış, ara katman yazılımları kullanılarak geliştirilen ağ yazılımları üzerinde değişiklik yapılmaması gereksinimini karşılamak üzere GNS-3 yazılımı kullanan oldukça etkin bir yöntem sunulmuştur.

Gelecek çalışmalarda kablosuz ağların davranışlarının da benzetimi hedeflenerek mobil nesnelerin kapsama alanı dışına çıkması ya da aralarındaki mesafeye bağlı olarak modülasyon şemasının dinamik olarak değişebildiği yeni nesil kablosuz sistemlerde uygulama yazılım davranışının modellenmesi yapılabilir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGE)

Bu çalışmanın özeti 2nd International Symposium on Implementations of Digital Industry and Management of Digital Transformation (ISIDIMDT'21), 10-11 November 2021, Konya/Türkiye sempozyumunda sunulmuştur.

A short and summarized version of this study has been presented in 2nd International Symposium on Implementations of Digital Industry and Management of Digital Transformation (ISIDIMDT'21), 10-11 November 2021, Konya/Turkey.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

Abels, Tim, Rahul Khanna, Kevin Midkiff. 2017. "Future Proof IoT: Composable Semantics, Security, QoS and Reliability." *Proceedings - 2017 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks, WiSNet 2017* 1-4. doi: 10.1109/WISNET.2017.7878740.

- Aksoy, Ekrem, Selçuk Canbek, Nihat Adar. 2011. "Dds-Based Heterogeneous Robots Communication Middleware." *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 3(1):95–100.
- Aksoy, Faruk, Resul Das. 2019. "Yazılım Tanımlı Ağlar İçin OMNeT++ Platformunda OpenFlow Protokolünün Benzetimi." *2019 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing Symposium, IDAP 2019*. doi: 10.1109/IDAP.2019.8875878.
- Artaç, Saniye Asena, İlker Koyuncu, Aylin Hatip İpek. 2018. "Veri Dağıtım Servisi Tabanlı Dağıtık Sistem Test Yaklaşımı." in *12th Turkish National Software Engineering Symposium, UYMS 2018*.
- Baunthiyal, Aditya. 2021. "Criteria Set for Evaluation of Different DDS Distributions." *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* 9(1):119–28. doi: 10.22214/ijraset.2021.29243.
- Cuzme-Rodríguez, Fabián, Ana Umaquina-Criollo, Luis Suárez-Zambrano, Henry Farinango-Endara, Hernán Domínguez-Limaico, Mario Mediavilla-Valverde. 2019. "Simulation Tools for Solving Engineering Problems. Case Study." *Communications in Computer and Information Science* 1193 CCIS:271–85. doi: 10.1007/978-3-030-42517-3\_21.
- D'Angelo, Gabriele, Stefano Ferretti, Vittorio Ghini. 2016. "Simulation of the Internet of Things." *2016 International Conference on High Performance Computing and Simulation, HPCS 2016* 1–8. doi: 10.1109/HPCSIM.2016.7568309.
- DAŞ, Resul, Burak BİTİKÇİ. 2020. "Analysis of Different Types of Network Attacks on the GNS3 Platform." *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences* 3(3):210–30. doi: 10.35377/saucis.03.03.721364.
- David, Lincoln, Rafael Vasconcelos, Lucas Alves, Rafael André, Markus Endler. 2013. "A DDS-Based Middleware for Scalable Tracking, Communication and Collaboration of Mobile Nodes." *Journal of Internet Services and Applications*. doi: 10.1186/1869-0238-4-16.
- Emiliano, Rodrigo, Mário Antunes. 2015. "Automatic Network Configuration in Virtualized Environment Using GNS3." *10th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2015* 25–30. doi: 10.1109/ICCSE.2015.7250212.
- Gil, Pablo, Gabriel J. Garcia, Angel Delgado, Rosa M. Medina, Antonio Calderon, and Patricia Marti. 2015. "Computer Networks Virtualization with GNS3: Evaluating a Solution to Optimize Resources and Achieve a Distance Learning." *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE 2015-February*(February). doi: 10.1109/FIE.2014.7044343.
- Gürtürk, Uğur, Resul Daş. 2017. "A Review of Network Simulation and Modeling Tools." *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering* 17(2):516–36. doi: 10.5578/fmbd.59691.
- Huang, Jun, Yu Meng, Xuehong Gong, Yanbing Liu, Qiang Duan. 2014. "A Novel Deployment Scheme for Green Internet of Things." *IEEE Internet of Things Journal* 1(2):196–205. doi: 10.1109/JIOT.2014.2301819.
- Kang, Zhuangwei, Robert Canady, Abhishek Dubey, Aniruddha Gokhale, Shashank Shekhar, Matous Sedlacek. 2020. "A Study of Publish/Subscribe Middleware under Different Iot Traffic Conditions." Pp. 7–12 in *M4IoT 2020 - Proceedings of the 2020 International Workshop on Middleware and Applications for the Internet of Things, Part of Middleware 2020 Conference*.
- Kwon, Giil, Jinseop Park, Gu Lee, Taehyun Tak, Woongryol Lee, Jaesic Hong. 2017. "Development of Real-Time Data Publish and Subscribe System Based on Fast RTPS for Image Data Transmission." doi: 10.18429/JACoW-ICALEPCS2017-TUPHA040.
- Lal N, Dayan, Ghorbani, Benham. 2016. "A Survey on the Use of Gns3 for Virtualizing Computer
- ISIDIMDT21 2. Uluslararası Dijital Endüstri Uygulamaları ve Dijital Dönüşümün Yönetimi Sempozyumunda sunulan bildiriler arasından seçilmiştir (10-11 Kasım 2021 Konya, TÜRKİYE).

- Networks.” *International Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE)* 5(1):49–58.
- Liu, Jinxin, Burak Kantarci, Carlisle Adams. 2020. “Machine Learning-Driven Intrusion Detection for Contiki-NG-Based IoT Networks Exposed to NSL-KDD Dataset.” *WiseML 2020 - Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Wireless Security and Machine Learning* 25–30. doi: 10.1145/3395352.3402621.
- Mısır, Oğuz, Levent Gökrem. 2020. “Nesnelerin İnterneti İçin MQTT İle Hiyerarşik Haberleşme.” *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences* (12):1–11.
- Naik, Nitin. 2017. “Choice of Effective Messaging Protocols for IoT Systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP.” *2017 IEEE International Symposium on Systems Engineering, ISSE 2017 - Proceedings*. doi: 10.1109/SYSENG.2017.8088251.
- Özdoğan, Erdal, O. Ayhan Erdem. 2020. “Nesnelerin İnterneti İçin Hibrit Uygulama Katmanı Protokol Tasarımı.” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 8(1):285–304.
- Pardo-Castellote, G. 2003. “OMG Data-Distribution Service: Architectural Overview.” in *Proceedings - 23rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, ICDCSW 2003*.
- Specification, O. M. G. Available. 2007. “Data Distribution Service for Real-Time Systems Version 1.2.” *Manual of Object Management Group* 1.
- Varga, Andras. 2010. “OMNeT++.” *Modeling and Tools for Network Simulation* 35–59. doi: 10.1007/978-3-642-12331-3\_3.
- Varga, András, Rudolf Hornig. 2008. “An Overview of the OMNeT++ Simulation Environment.” in *SIMUTools 2008 - 1st International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks and Systems*.
- Wytrębowicz, J., Cabaj, K., Krawiec, J. (2021). Messaging protocols for IoT systems—A pragmatic comparison.