



BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ BEYKENT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 15/2 Sayı/Number: 2 Yıl/Year: 2022 Güz/Fall

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
**FEN VE MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ**



**BEYKENT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING**

Sertifika No:

46286

Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 15/2 Sayı/Number: 2 Yıl/Year: 2022 Güz/Fall

www.beykent.edu.tr

Her hakkı saklıdır. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayımlanan, hakemli bir dergidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kişisel düşünceleri olup, hiçbir şekilde Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nin veya Beykent Üniversitesi'nin görüşlerini ifade etmez. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler iade edilmez.



SAHİBİ/PROPRIETOR

Prof. Dr. Ali Murat FERMAN

Beykent Üniversitesi adına / on behalf of Beykent University

EDİTÖR/EDITOR

Prof. Dr. Şahika Sena BAYAZİT

EDİTÖR YARDIMCILARI/ASSISTANT EDITORS

Dr. Öğr. Üyesi Ferda CİVAN ÇAVUŞOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZBEK

ALAN EDİTÖRLERİ/EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Adnan KAYPMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZBEK

Dr. Öğr. Üyesi Ferda CİVAN ÇAVUŞOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Ediz ŞAYKOL

Doç. Dr. Arzum ÖZGEN

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Orkun ÖZÜER

Dr. Öğr. Üyesi Ziya MÜDERRİSOĞLU

Doç. Dr. Emre DİL

Dr. Öğr. Üyesi Özlem Ayşe TOSYALI

YAYIN KURULU/PUBLISHING BOARD

Prof. Dr. Adnan KAYPMAZ

Prof. Dr. Ayşe Uğur TÜTENGİL

Prof. Dr. Kazım SARI

Prof. Dr. Şeyma AYDINOĞLU

Prof. Dr. Suat YILMAZ

Prof. Dr. Şah KIRBAŞLAR

Prof. Dr. Recep BURKAN

Dr. Alen Murat KUYUMCU

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÇETİN

Dr. Öğr. Üyesi Yücel Batu SALMAN

Doç. Dr. Özge KUYUMCU

DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Hüseyin CÖMERT

Prof. Dr. Ayla ANTEL

Prof. Dr. Argun KOCAMAN

Doç. Dr. Benoît CAGNON

Doç. Dr. Marius Sebastian SECULA

Dr. İrem FIRTINA ERTİŞ

Dr. Öğr. Üyesi İhsan KARAGÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin Kerem AYTULUN



Dr. Öğr. Üyesi Bilge YILDIRIM GÖNÜL

Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ

Prof. Dr. Başar ÖZTAYŞI

Prof. Dr. Ümit İŞIKDAĞ

Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU

Prof. Ayşe Nilay EVCİL

Prof. Dr. Gündüz HORASAN

Prof. Dr. Ali PINAR

Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU

Doç. Dr. Ömer OĞUZ

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI

Prof. Dr. Tanay Sıdkı UYAR

Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU

YAYINEVİ MÜDÜRÜ/PUBLISHING MANAGER

Can EKŞİ

DERGİ ASİSTANLARI/JOURNAL ASSISTANTS

Arş. Gör. Seda KILIÇER

Arş. Gör. Gülsüm ÖZÇELİK

YAYIN SEKRETERİ/PUBLISHING SECRETARY

Arş Gör. İrem ACET

TÜRKÇE DİL EDİTÖRÜ/TURKISH LANGUAGE EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Ali ŞEYLAN

İNGİLİZCE DİL EDİTÖRÜ/ENGLISH LANGUAGE EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Seval ARSLAN

TEKNİK EDİTÖR/TECHNICAL EDITOR

Arş. Gör. Yasemin KAPTAN

İNDEKS SORUMLULARI/INDEX RESPONSIBILITIES

Arş. Gör. Ayşe KALE

MİZANPAJ EDİTÖRLERİ/LAYOUT EDITORS

Arş. Gör. Gülsüm ÖZÇELİK

Arş. Gör. Yasemin KAPTAN

Arş. Gör. Seda KILIÇER



İÇİNDEKİLER

| | |
|---|---------|
| PERFORMANCE ANALYSIS APPLICATIONS OF SOME IMAGE ENCRYPTION TECHNIQUES Cihan TİKEN, Rüya ŞAMLI | 77-88 |
| 2-6 YAŞ GRUBU ÇOCUĞUN KONUTTAKİ OYUN VE MEKÂN TERCİHİ Beyza TEMUR, Merve Gizem BALTACI, Şengül YALÇINKAYA | 89-104 |
| EFFECTIVE SOLUTIONS FOR COMMON PROBLEMS OF ARTIFICIAL POTENTIAL FIELD BASED PATH PLANNING ALGORITHMS FOR MOBILE ROBOTS Muhammet Emre AKARSU, Ömer ÇETİN | 105-120 |



PERFORMANCE ANALYSIS APPLICATIONS OF SOME IMAGE ENCRYPTION TECHNIQUES

BAZI GÖRÜNTÜ ŞİFRELEME TEKNİKLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ UYGULAMALARI

<https://doi.org/10.20854/bujse.1114856>

Cihan Tiken^{1,*}, Rüya Şamlı²

Abstract

Data security is now the most vital and most important issue of governments, companies, and individuals in the technology age we live in. Among the data types, images have a special importance because of the important information they contain. Transferring or storing images requires extra security measures. In this study, the performances of image encryption methods were compared with each other by applying them to the most popular and most used images in the image processing area. Four different experiments were carried out. The performances of seven particular encryption methods were compared with each other, and the observations and measurements were presented.

Keywords: Cryptology, Data Security, Image Processing

Özet

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında very güvenliği artık hükümetlerin, şirketlerin ve bireylerin en hayati ve en önemli konusu haline gelmiştir. Veri türleri arasında görseller içerdikleri önemli bilgiler nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Görüntülerin aktarılması veya saklanması ekstra güvenlik önlemleri gerektirmektedir. Bu çalışmada, bazı görüntü şifreleme yöntemleri görüntü işleme alanında en popüler ve en çok kullanılan görüntülere uygulanarak performansları karşılaştırılmıştır. Dört farklı deney gerçekleştirilmiştir. Yedi farklı şifreleme yönteminin performansları birbirleri ile karşılaştırılarak yapılan ölçümler ve elde edilen gözlemler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kriptoloji, Veri Güvenliği, Görüntü İşleme

^{1,*} Corresponding Author: Harran University, Rectorate, ctiken@harran.edu.tr, orcid.org/0000-0001-7844-2579

² Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Computer Engineering, ruyasamli@iuc.edu.tr, orcid.org/0000-0002-8723-1228

1. INTRODUCTION

The techniques used in this study are the most well-known techniques in the field of image encryption and have been chosen intuitively, not upon any parameter. These techniques are briefly explained below in a simple way.

In similar performance analysis studies, generally Histogram Analysis, Adjacent Pixel Correlation Analysis, Mean Value Analysis, and PSNR-Peak Signal-to-Noise Ratio Analysis were performed by the authors. These analyses are the analysis methods used in the measurement of the distortions or differences that occur after the encoding and decoding of the images. However, the focus of the first three experiments in this study is encryption and decryption speeds. Only in the last experiment is the image encoded by two different methods visually compared with the original.

2. IMAGE ENCRYPTION TECHNIQUES

2.1. Chaos Based Methods

Chaos theory is very sensitive to the initial conditions and control parameters of a nonlinear system or a continuous system, so that it is mostly used in image encryption area to increase randomness of keys and algorithms. A chaotic system has basic properties such as unpredictable and non-linear, deterministic and random-disorder (Srividya & Nandakumar, 2011; Chai et al., 2018). Implementation manner of a chaotic map is very important. Chaotic maps produce an entropy, and this produced entropy should generate enough complexity and diffusion in order to use in cryptography (Zhang et al., 2018).

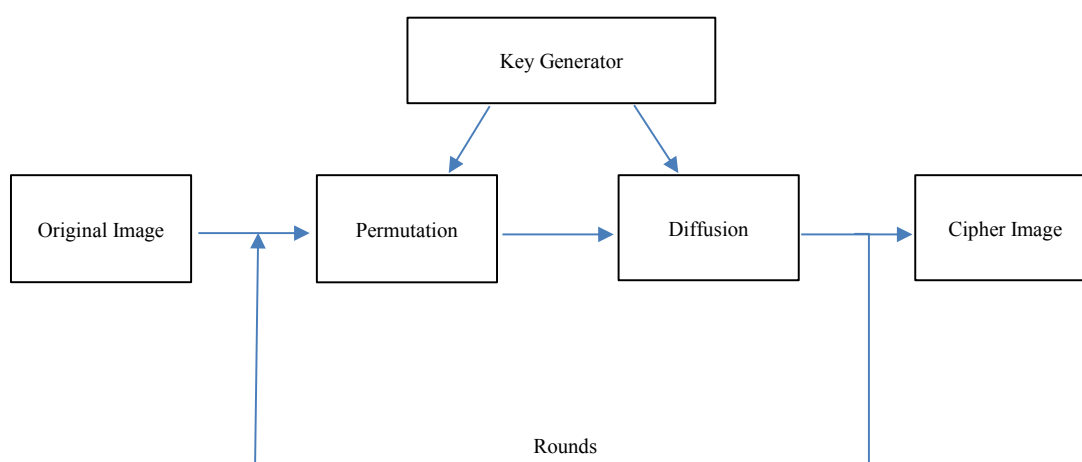


Figure 1: Block diagram of Chaotic encryption methods.

2.2. Least Significant Bit (LSB) Based Methods

LSB method is based on embedding important data or secret messages into a cover image's (carrier image) least significant bits. Cover image and message bits create stego-image. It is possible to increase message embedding capacity by using more than 1 LSBs, but this process causes certain changes which can be seen by human eyes in the view of cover image. This method is widely used in the image encryption area. Although the implementation of this method is simple, it is not safe from attacks (Jiang et al., 2016; Muhammad et al., 2015).

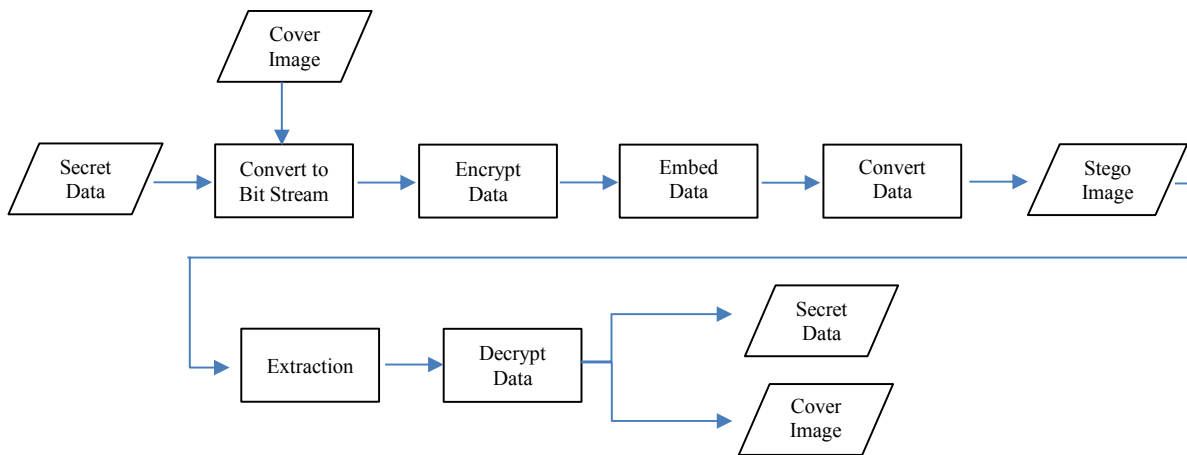


Figure 2: Block diagram of LSB based encryption methods.

2.3. Neural Network (NN) Based Methods

Neurons in the human nervous system combine thousands of temporal signals, thanks to their dendrites. The internal potential of these signals is complexly modified by the signals themselves. This change is based on the excitatory or restrictive nature of the synapses. A NN is a structure with a directed graph topology that represents a highly parallelized dynamic system. Interconnected groups of artificial neurons usually organized into layers, sublayers, or fields contain NNs. The behavior of such groups depends on changes in architectures as well as neuron signaling functions. Neurons are basic nonlinear computing elements; NNs are parallel networks of adaptive neurons. These neurons are designed to behave like a human neuron and perform some features of the human nervous system (Isac & Santhi, 2011).

2.4. Exclusive OR (XOR) Based Methods

In the XOR operation, there are two input grayscale images or binary images. These input images' pixel values must have the same number of bits; otherwise, some problems may occur. After implementing XOR operation on these two input images, an output image is generated. This output image consist of pixel values of first image and corresponding XORed pixel values from second image. (Gonzalez & Woods, 1993; Davies, 2012; Horn, 1986).

| x_1 | x_2 | $x_1 \text{ XOR } x_2$ |
|-------|-------|------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Figure 3: XOR truth table.

2.5. RSA Based Methods

RSA algorithm is one of the most popular authentication and encryption algorithms. It is generally used for data transmission in a secure way. It is a public key cryptosystem. Public key is used during encryption process, but decryption process is done by secret key. Image is encrypted by the RSA encrypt key; thus, image becomes cipher text and stored as a text file. Decryption method is the opposite of the encryption, and it is done by secret RSA key. Finally image is reobtained (Anandakumar, 2015).

2.6. DNA Based Methods

DNA is a nucleic acid that contains genetic codes of the living organism . It consists of four bases named adenine (A), cytosine(C), guanine (G), and thymine (T). The binary values 00, 01, 10, and 11 are used to denote these four bases. For example, a single pixel value of “187” is in between a range of 0-255; this means it must consist of eight bits. So, this single pixel value is equal to “10111011” in binary presentation. Therefore, according to R1 rule, 187 pixel value corresponds to “GTGT” in genetic coding (Xue et al., 2020; Mousa, 2016).

| Binary | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 00 | A | A | C | C | G | G | T | T |
| 01 | C | G | A | T | A | T | C | G |
| 10 | G | C | T | A | T | A | G | C |
| 11 | T | T | G | G | C | C | A | A |

Figure 4: Genetic coding rules.

2.7. DCT Based Methods

The discrete cosine transform (DCT) specifies an image as a total of sinusoids of varying frequencies and magnitudes. For a characteristic image, DCT has the property which is condensing most of the visually important data into a few DCT coefficients. That is why this method is generally used to compress an image. DCT is in the center of JPEG which is expressed as the international standard lossy image compression algorithm (Shaheen et al., 2019; Lian et al., 2004).

3. MATERIALS AND EXPERIMENTAL RESULTS

3.1. Materials

In this study, Tree, Splash, Sailboat, Peppers, Jelly Beans, House, Lena, Tiffany, Baboon, and Airplane images are used; all of these images are in “png” format and shown in between Figure 5 and Figure 14 respectively. These images are taken from a web site (SIPI Image Database, n.d.).

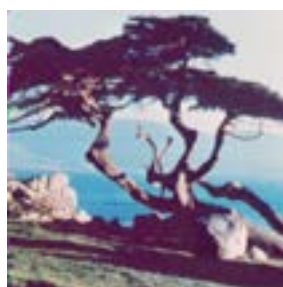


Figure 5: Tree.png



Figure 6: Splash.png



Figure 7: Sailboat.png



Figure 8: Peppers.png



Figure 9: Jelly Beans.png



Figure 10: House.png

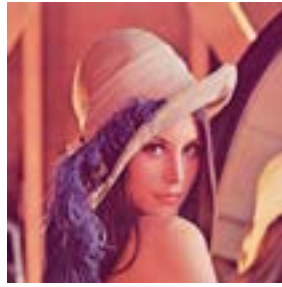


Figure 11: Lena.png



Figure 12: Tiffany.png



Figure 13: Baboon.png



Figure 14: Airplane.png

The results of the experiments are obtained on the Matlab R2015 environment which runs on a PC with a 64-bit Operating System, 1.99 GHz Intel i7 processor, and 8 GB of RAM.

3.2. Experiment I

In this experiment, the performance of some encryption methods was measured. Chaos Based Image Encryption, NN Based Image Encryption, LSB Based Image Encryption Methods were compared with each other in terms of the time it takes to encode the image. A gray scaled “Baboon.png” image with the size of 512x512 was used as the image to be encrypted in this experiment. The results of the experiment are shown in Table 1 below.

Table 1: Encryption times of the methods used.

| | CAOS | NN | LSB |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1. Encryption | 0.35706 | 0.47459 | 0.21578 |
| 2. Encryption | 0.37179 | 0.49557 | 0.21289 |
| 3. Encryption | 0.36219 | 0.47195 | 0.23236 |
| 4. Encryption | 0.35018 | 0.44983 | 0.22234 |
| 5. Encryption | 0.37368 | 0.48632 | 0.24240 |
| 6. Encryption | 0.36831 | 0.46814 | 0.22271 |
| 7. Encryption | 0.36443 | 0.47226 | 0.23415 |
| 8. Encryption | 0.34747 | 0.47917 | 0.21954 |
| 9. Encryption | 0.37149 | 0.45637 | 0.22586 |
| 10. Encryption | 0.39475 | 0.46587 | 0.25378 |
| Average Time(sec.) | 0.3661395 | 0.4720098 | 0.2281847 |

In order to obtain an average time value, each encryption method was run 10 times, and the data obtained are shown in the table above. When the data in the table is evaluated, the fastest average image encryption time among the methods used belongs to the LSB-based method with 0.2281847 seconds. The slowest encryption method also belongs to the NN-based image encryption method.

3.3. Experiment II

In the second experiment, it was observed whether the image features would affect the encryption method used. For this purpose, DCT-based and DNA-based methods were applied to all 512x512 sized images, and then application times were determined. The performance analysis of the DNA-based method is given in Table 2, and the performance analysis of the DCT-based method is given in Table 3.

Table 2: Performance of DNA-based method.

| Image | Encryption Time (sec.) | Decryption Time (sec.) |
|-------------|------------------------|------------------------|
| Airplane | 0.978 | 1.756 |
| Lena | 0.984 | 1.777 |
| Baboon | 0.982 | 1.808 |
| House | 0.950 | 1.761 |
| Jelly Beans | 1.008 | 1.753 |
| Peppers | 1.270 | 1.794 |
| Sailboat | 0.966 | 1.760 |
| Splash | 0.990 | 1.738 |
| Tiffany | 1.034 | 1.702 |
| Tree | 1.008 | 1.842 |

In this process, DNA image encryption technique was applied to 10 images selected from the most known images in the image processing field, and the measurement values obtained from the encryption and decryption processes are given in terms of seconds. Encryption and decryption were applied to each image 15 times, and the average of these values are shown in the table above. The most important factor for users in encryption and decryption processes is to perform the desired operation in the shortest time and in the most secure way. The image that reached the shortest encoding and decoding time obtained by summing the encoding and decoding times in DNA-based encoded images was “House.png”, and the longest time

consuming image was “Peppers.png”. But the other images gave approximate results; there is not a remarkable difference between them.

Table 3: Performance of DCT-based method.

| Image | Encryption Time (sec.) | Decryption Time (sec.) |
|-------------|------------------------|------------------------|
| Airplane | 1.967 | 2.991 |
| Lena | 1.944 | 2.927 |
| Baboon | 2.008 | 2.945 |
| House | 1.934 | 2.989 |
| Jelly Beans | 2.039 | 3.062 |
| Peppers | 2.117 | 3.135 |
| Sailboat | 2.026 | 3.118 |
| Splash | 2.025 | 3.106 |
| Tiffany | 2.088 | 3.090 |
| Tree | 2.102 | 3.058 |

The mean values were obtained by applying DCT-based image coding to all samples 15 times, and the image that achieved the total shortest encoding and decoding times in all images was “Lena.png.” The longest encoding and decoding values belong to “Peppers.png” image. Except these two images, the other images have approximate results. In this context, DNA-based image encryption method was the fastest method among the two methods discussed. The total time taken for encoding and decoding is 2.75 seconds on average for all images for the DNA method and 5.67 seconds for the DCT method. The DCT-based encoding method takes slightly more than twice the average time of the DNA-based image coding method.

3.4. Experiment III

As a third experiment, XOR-based and RSA-based methods were applied to all images, and encryption and decryption times were determined. The performance analysis of the XOR-based method is given in Table 4, and the performance analysis of the RSA-based method is given in Table 5.

Table 4: Performance of XOR-based method.

| Image | Encryption Time (sec.) | Decryption Time (sec.) |
|-------------|------------------------|------------------------|
| Airplane | 0.53 | 0.60 |
| Lena | 0.51 | 0.57 |
| Baboon | 0.52 | 0.58 |
| House | 0.53 | 0.58 |
| Jelly Beans | 0.52 | 0.59 |
| Peppers | 0.53 | 0.60 |
| Sailboat | 0.54 | 0.59 |
| Splash | 0.53 | 0.60 |
| Tiffany | 0.56 | 0.63 |
| Tree | 0.53 | 0.59 |

In this process, XOR image encryption technique was applied to 10 images selected from the most known images in the image processing field. The images used were 512x512, and the measurement values obtained from the encryption and decryption processes are specified. Encryption and decryption were applied to each image 10 times, and the average of these

values is shown in the table above. Although the image that achieves the shortest encryption and decryption times in XOR-encrypted images is the “Lena.png” image. There is no significant time difference between “Lena.png” image and other images, it has almost approximate results.

Table 5: Performance of RSA-based method.

| Image | Encryption Time (sec.) | Decryption Time (sec.) |
|-------------|------------------------|------------------------|
| Airplane | 0.17 | 1.15 |
| Lena | 0.14 | 1.09 |
| Baboon | 0.15 | 1.11 |
| House | 0.14 | 1.13 |
| Jelly Beans | 0.13 | 1.09 |
| Peppers | 0.14 | 1.10 |
| Sailboat | 0.14 | 1.12 |
| Splash | 0.14 | 1.05 |
| Tiffany | 0.15 | 1.15 |
| Tree | 0.15 | 1.10 |

“JellyBeans.png” image had the shortest encryption and decryption times while RSA-based encryption was applied. There was a small time difference with the rest of the images as in XOR-based encryption method. While applying each method, the hardware used and the images processed were the same. Consequently, the RSA-based method was the fastest method among these two methods considered; the encryption time of each image was approximately 1/6th of a sec.

3.5. Experiment IV

Although performance analysis is a very important issue for an encryption method, the change ratio in visual of the encrypted image is another very important issue. In this application, the “JellyBeans.png” image which is one of the images that emerged as a result of the two encryption methods whose performance analyses were performed in the previous application were examined and their differences with the original image are observed. Figures are shown below.



Figure 15: Original image.

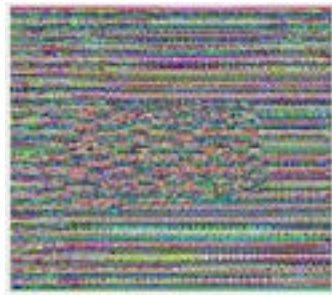


Figure 16: XOR-based encrypted image.

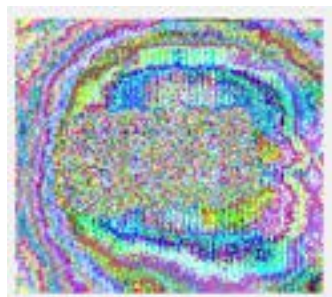


Figure 17: RSA-based encrypted image.

Although RSA-based method is faster than XOR-based method in terms of encryption and decryption times, when the encrypted images are examined, it is seen that the faster encryption method gives some idea at least about the edge boundaries of the original image. Accordingly, it seems a logical approach to use RSA-based methods in studies where time is important and XOR-based methods in studies where visual unpredictability is important.

4. CONCLUSIONS

There are important considerations in encrypting image data. One of these is the time spent on encryption and decryption, and the other one is that the content of the encrypted image must not be understandable by third parties. In this paper, the performances of various image encryption techniques have been analyzed and the observations obtained are presented for each particular experiment. In the first experiment, LSB-based is the fastest of the three methods evaluated. In the second experiment, the DNA-based method is about 2 times faster than the DCT-based method. In the third experiment, the encryption time of both methods took less than one second. In the last experiment, the XOR-based method was visually better encrypted and hard to predict according to the other method. All these used methods and some other methods all together can be observed and analyzed in a single experiment as a future work.

REFERENCES

- Anandakumar, S. (2015). *Image Cryptography Using RSA Algorithm in Network Security*.
- Chai, X., Zheng, X., Gan, Z., Han, D., & Chen, Y. (2018). An image encryption algorithm based on chaotic system and compressive sensing. *Signal Processing*, 148, 124–144.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.02.007>
- Davies, E. R. (Ed.). (2012). Front-matter. In *Computer and Machine Vision (Fourth Edition)* (Fourth Edition, pp. i–iii). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386908-1.00028-8>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (1993). *Instructor's manual for digital image processing*. Addison-Wesley. <https://books.google.com.tr/books?id=W51PPwAACAAJ>
- Horn, B. K. P. (1986). *Robot Vision*. MIT Press.
<https://books.google.com.tr/books?id=13a2vAEACAAJ>
- Isac, B., & Santhi, V. (2011). A Study on Digital Image and Video Watermarking Schemes using Neural Networks. *International Journal of Computer Applications*, 12(9), 1–6.
<https://doi.org/10.5120/1715-2299>
- Jiang, N., Zhao, N., & Wang, L. (2016). LSB Based Quantum Image Steganography Algorithm. *International Journal of Theoretical Physics*, 55(1), 107–123.
<https://doi.org/10.1007/s10773-015-2640-0>
- Lian, S., Sun, J., & Wang, Z. (2004). A novel image encryption scheme based-on JPEG encoding. *Proceedings. Eighth International Conference on Information Visualisation, 2004. IV 2004.*, 217–220. <https://doi.org/10.1109/IV.2004.1320147>
- Mousa, H. M. (2016). DNA-Genetic Encryption Technique. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 8, 1–9.
- Muhammad, K., Ahmad, J., Farman, H., & Zubair, M. (2015). A Novel Image Steganographic Approach for Hiding Text in Color Images using HSI Color Model. 1–11.
<https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.22.05.21946>
- Shaheen, A. M., Sheltami, T. R., Al-Kharoubi, T. M., & Shakshuki, E. (2019). Digital image encryption techniques for wireless sensor networks using image transformation methods: DCT and DWT. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(12), 4733–4750. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0850-z>
- SIPi Image Database*. (n.d.). <https://sipi.usc.edu/database/>
- Srividya, G., & Nandakumar, P. (2011). A Triple-Key chaotic image encryption method. *2011 International Conference on Communications and Signal Processing*, 266–270.
<https://doi.org/10.1109/ICCSP.2011.5739316>
- Xue, X., Zhou, D., & Zhou, C. (2020). New insights into the existing image encryption algorithms based on DNA coding. *PloS One*, 15(10), e0241184.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241184>
- Zhang, Y., Li, Y., & Su, J. (2018). Iterative learning control for image feature extraction with multiple-image blends. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(1), 100.
<https://doi.org/10.1186/s13640-018-0336-0>



2-6 YAŞ GRUBU ÇOCUĞUN KONUTTAKİ OYUN VE MEKÂN TERCİHİ

GAMES AND SPACES PREFERENCE IN RESIDENCES FOR CHILDREN AGED 2-6

<https://doi.org/10.20854/bujse.1144480> Beyza Temur¹, Merve Gizem Baltacı², Şengül Yalçinkaya^{3,*}

Özet

Çocuğun hayatı algılamaya başladığı ilk andan itibaren çevresindeki tüm koşullar gelişim sürecine etki eder. Özellikle çocuğun fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik olarak çok yönlü olarak gelişimini destekleyen ve çocukluk döneminde karşılaşılan ilk mekân olan konut, yoğun ve etkin kullanılması nedeni ile ayrı bir öneme sahiptir. Çalışmada, 2-6 yaş dönemindeki çocukların konutu oyun için nasıl kullandığının ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bunun için çocukların oyun türleri ile ilgili mekân tercihleri araştırılmıştır. Araştırmada kapsam, çocuğun konutu genel kullanımı, oyun türüne bağlı konuttaki mekânların kullanımı ve konutun yeterliliği çerçevesinde ele alınmıştır. 2-6 yaş arası çocuk sahibi olan ve Trabzon ilinde yaşayan 94 ebeveyne uygulanan anket ile veri toplanmıştır. SPSS programı ile verilerin genel yüzde dağılımları için frekans analizi ve karşılaştırmalar için ki-kare testi kullanılmıştır. Çocuğun evin her mekânını farklı oyun türleri için kullandığı; fakat özel odaya sahip olanların öz gelişimleri için daha kaliteli faaliyetlerde bulunabildikleri, konuttaki oyun tercihini cinsiyet, yaş, özel oda varlığı, oda kullanım süresi ve biçiminin etkilediği, konutun oyun için yeterliliğinde oda sayısı ve gürültü konusunun ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak konut tasarımında, kullanıcı olan çocuğun gereksinimleri ve beklentileri öncelikli belirleyiciler arasında yer almalıdır.

Abstract

Residences play a key role in children's lives because they are the first spaces that children encounter and support their physiological, psychological, and sociological development in many ways. This study aimed to determine how children aged 2-6 used residences to play games. This study focused on what residential spaces children preferred to play games in. The scope was how children used houses in general and residential spaces to play games and whether the spaces were sufficient for their games. Data were collected using a questionnaire. The sample consisted of 94 parents of children aged 2-6 living in Trabzon. The data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Frequency analysis was used for percentage distributions. The chi-square test was used for comparisons. Children use each space to play different types of games. Children with private rooms engage in better quality activities for their self-development. What games children play depends on the gender, age, presence of a privateroom, and duration and form of use of the room. Whether residences area dequate for children's games depends on the number of rooms and the presence of noise. Architects should consider the needs and expectations of children when designing residences.

Anahtar Kelimeler: Çocuk Gelişimi, Çocuk Kullanıcı, Konut, Mekân Tercih, Oyun Türü

Keywords: Child Development, Child User, Residence, Space Preference, Game Type

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, beyzaatemurr@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0030-9465

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, mervegizembaltaci@gmail.com, orcid.org/0000-0003-0563-104X

^{3,*} Sorumlu Yazar: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, sengulyalcinkaya@ktu.edu.tr, orcid.org/0000-0003-1629-6443

1. ÇOCUK, MEKÂN VE KONUT

Çocuk, hayatı tanımaya başladığı ilk andan itibaren fiziksel ve sosyal bir çevre içinde yaşamaktadır. Piaget, çocuğun gelişim sürecinde çevresinden gelen iletileri aldığını ve dünyada bilgiyi özümsemede pasif alıcı rolünde değil, aktif alıcı rolünde olduğunu vurgular (Öztürk, 2009). Bu nedenle çocuk, gelişim süreci boyunca içinde bulunduğu veya gözlemleme şansı olduğu çevreden etkilenmektedir. Çocukların, potansiyellerini keşfedebilmek ve geliştirebilmek için zengin bir çevre etkileşimine ihtiyaç vardır (Güroğlu, 2016; Sanoff, 1995). Çocukların konut ve yakın çevresi, okul, park gibi mekânlar ilk fiziksel çevrelerini oluşturmaktadır. Konut, sahip olduğu özelliklerle diğer mekânlara göre daha yoğun ve çeşitli alanlarda çocuğu desteklemektedir.

Konut, çocukların ilk karşılarına çıkan ve özellikle erken dönemde uzun saatler geçirdikleri bir mekândır. Dünya ile bağının kurulduğu ilk yer olan konut, çocuğun gelişim dönemleri ile ilişkili sosyal, psiko-motor ve bilişsel gelişimlerini destekleyen bir öğrenme mekânı olarak karşısına çıkmaktadır. Öztürk (2009), çocuğun çevre ile ilişkisi belirli bir döneme kadar konut ile kısıtlı kaldığını vurgulamakta, çocuğun benlik bilincini kazanmaya başladığı ilk yer olarak konutu işaret etmektedir. Genel olarak konutlar, çocuğun duygusal bağ kurdukları, kendilerini özgür hissettikleri ve psikolojik olarak tatmin oldukları alanlardır. Konutun içerisindeki tüm nesnelere, çocuk için potansiyel birer oyuncak ve tüm bireyler de potansiyel bir oyun arkadaşı olabileceği gibi tüm mekânlar da sağladıkları olanaklar ile birer oyun alanlarıdır. Çocuklar, konut içerisinde herhangi bir alanda kendilerine has oyunlar kurabilir, oyuncak olarak nitelendirdikleri herhangi bir nesneyi mevcut yerinden ayırıp yeniden konumlandırabilir. Kendine oyun alanı oluşturabilme becerisine sahip olan çocuk, böylece eğlenmenin yanında yaşadığı kültürü, kuralları öğrenir ve araştırma duygusunu kazanır (Alga, 2005; Kurak Açıcı & Bal, 2020). Konut mekânları, sahip oldukları tüm bu özelliklerle oyun esnasındaki özgürlüğü çocuğa sunan ortamı oluşturur.

Bu çalışmada, çocuğun ilk mekânı olan konutta oyun ve mekân tercihlerine vurgu yapılmakta ve konutta çocuklara sağlanan gereksinimlerin öneminin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Çocuk gelişiminin ve benliğin biçimlenmesinde dış etkilerin daha az olduğu 2-6 yaş grubundaki çocuklara sahip ebeveynler ile yapılan anket çalışmasında, çocukların konutlarında oyun ve mekân tercihleri ebeveyn bakış açısıyla irdelenmektedir. Konutta oyun eylemi ile mekân kullanımını arasındaki ilişkiye dair çıkarımlarda bulunmaktadır.

2. ÇOCUK GELİŞİMİ, OYUN VE KONUT

Oyun kavramı; geçmişten günümüze kadar bazen temel bir ihtiyaç, bazen sosyalleşmek için bir araç, bazen de içgüdüsel bir etkinlik olarak tanımlanmıştır. Çocuk, çevresini tanımada oyunu kullanır. Oyunlar, çocukların hayal gücünü, yaratıcılığını geliştirerek kişisel becerilerini ön plana çıkarır ve sosyal gelişimine katkı sağlar (Yalçınkaya, 2015). Oyun, çocuk gelişiminin tüm alanlarında hayata doğrudan veya dolaylı olarak katkısı olan; amaçlı ya da amaçsız olan kurallı veya kuralsız, materyalle ya da materyalsiz uygulanan, gerçek ya da model niteliği taşıyan her türlü ortam ve sürede gerçekleştirilebilecek eğlencenin dâhil olduğu öğrenme ve yaşama biçimi olarak tanımlanmaktadır (Bardak & Topaç, 2019).

Çocukların çevreyi algılama biçimleri, her yaş grubundaki zihin gelişimlerine göre farklılık gösterir. Zihin gelişimini ana dört dönemle isimlendiren Piaget' e göre dönemler, duyuşal-devinimsel (0-2 yaş), işlem öncesi (2-6), somut işlemler (6-12) ve formel işlemler (12+ yaş)

olarak tanımlanmakta ve çocuğun çevresini algılamasında önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında ele alınan, 2-6 yaş çocuk grubudur. İşlem öncesi olarak ele alınan dönemde, sözü edilen işlem ise çocuğun duyuşal-devinimsel dönemden tecrübe edindiği eylem ya da davranışları zihninde yeniden canlandırması, yeniden üretmesidir (Akarsu, 1984). Çocuk, çevresinde algıladığı konutu zihninde canlandırır, ona türlü biçimler verir, mekân ile oynar ve onunla iletişim kurar. Çocuğun gelişimine katkı sağlayan bu durum, onun sağlıklı bir birey olması adına önemli bir etken olarak oyuna dikkat çekmektedir.

Oyun için, bireysel-grup olması, kurallı-kuralsız olması, araç kullanımının olup olmaması, oynandığı yer, gelişimi destekleme durumu gibi farklı yönleri ile ele alınan sınıflamalara rastlanmaktadır (Aksu, 2022; Hughes, 2012). Oyun sınıflamasındaki çeşitliliğe karşın Miller ve Almon'un oluşturduğu sınıflandırma, kapsayıcılığı ve mevcut oyun teorilerini desteklemesi açısından oyun konusunu genel bir çerçevede sunmaktadır. Çalışmada, konut mekânı için çocukların oyun tercihini belirlemede destekleyici parametreler sunması nedeniyle bu sınıflandırma kullanılmıştır. Miller ve Almon'a göre oyun türlerine Tablo 1'de yer verilmiş ve ayrıca günümüzde yaygın olarak kullanılan teknolojik oyun maddesi eklenmiştir (Miller & Almon, 2009).

Tablo 1: Oyun türleri.

| Oyun Türü | Açıklaması |
|---------------------------|--|
| Büyük Kas Gelişimi Oyunu | Zıplama, ip atlama, top oynama, tırmanma, dans etme vb. |
| Küçük Kas Gelişimi Oyunu | Boncuk dizmek, yapboz, domino, resim eşleştirme vb. |
| Ustalık Oyunu | Sallanan at, denge oyunları, sihirbazlık numaraları, vb. |
| Yapı-İnşa Oyunu | Ahşap bloklar, jenga, lego, maket ev-gemi vb. |
| Kurallara Dayalı oyun | Saklambaç, birdirbir, körebe vb. |
| Rol Yapma Oyunu | Kendinden büyükleri veya yaşitlarını taklit etme, yetişkin işlerine katılma, evcilik, askercilik gibi hayali oyunlar vb. |
| Sembolik Oyun | Ev eşyaları, mutfak araç-gereçleri ile oyun kurma |
| Dil Oyunu | Tekerleme, bilmece, sessiz sinema, şarkı söyleme vb. |
| Sanatla Oyun | Çalgı aleti çalma, kukla oyunları yazma, çizme, boyama vb. |
| Duyusal Oyun | Kil, çamur, su, oyun hamuru vb. |
| İtiş Kakiş Oyunu | Kovalama, güreşme, etrafta yuvarlanma vb. |
| Risk Alma Oyunu | Scooter sürmek, yüksekten atlamak vb. |
| Dijital / Teknoloji Oyunu | Bilgisayar, tablet, telefon |

Çocuklar, her an her yerde oyun oynayabilmektedir. Çocuklar için oyun kadar, oynadıkları mekân da büyük önem taşır. Oynanan alanın biçimi, niteliği ve çeşitliliği oyunu her anlamda etkilemektedir (Stine, 1997; Tuncer Kır, 2019). Bu noktada mekânın ona sağladığı olanaklar, tercih ettiği oyun türünü, oyun arkadaşını, süresini, oyun ekipmanını ve eşya tercihlerini etkileyecektir. Bu durumda oyun ve ona eşlik eden mekânın olanaklılığı da çocuğun gelişimine katkı verecektir.

Konutta, yaş grubuna ve cinsiyete bağlı olarak çocukların kullandıkları mekânlarda farklılıklara rastlanabilmektedir. Yalnızca 9 yaşına kadar çocuklar, ebeveynlerinin yakın çevresinde olmak koşuluyla evin tüm alanları kullanmaktadırlar (Bozkaya, 1992). Ebeveynleri ile birlikte oynayan çocuğun ona sağlanan olanaklarla birlikte konutun her alanını güvenli bir şekilde kullanması, gereksinimlerinin karşılanarak gelişimine olumlu yönde etki etmesini sağlamaktadır. Konutun

çocuktaki sosyal ve bilişsel gelişimlere ek olarak psiko-motor gelişimlerini de destekleyecek düzenlemeleri içermesi gerekmektedir. Zamanının çoğunu konutta geçiren 3-7 yaş grubu çocuklar için koşma, atlama, zıplama, sekme gibi eylemler için alanlar oluşturulmalıdır (Erten & Çiftçi, 2020). Konutta bu hareketleri güvenli bir şekilde yapacakları koşulların oluşturulması önemlidir.

Konutta çocuğa ayrılan odanın öncelikle fiziksel konfor koşullarını sağlaması; büyüklük, güvenlik, ısı ve gün ışığı noktasında sağlıklı bir ortamın oluşturulması temel bir koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Çocuğun uyuma, dinlenme, depolama vb. gereksinimlerinin yanında, odasında farklı oyun türlerini oynama olanağını bulduğu koşullar oluşturulmalıdır. Yaş grubuna bağlı olarak ebeveyn ilişki düzeyinin istenilen düzeyde sağlanıyor olması da yine önemli bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır.

3. 2-6 YAŞ GRUBU ÇOCUKLARIN OYUN TÜRLERİNE BAĞLI KONUTTA MEKÂN TERCİHLERİNİN ARAŞTIRMASI

3.1. Araştırmanın Planlanması ve Tasarımı

Çocuğun dünya ile ilişkisinin kurulmaya başlandığı ilk yer olarak konut, çocuk gelişimi üzerindeki etkisiyle önemli bir rol üstlenmektedir. Çocuk ile ilgili birçok alanda araştırmaya konu edinilen konut, mimarlık alanında ağırlıklı olarak çocuk odaları ile ilgilidir. Tavşan (1995) çalışmasında, çocuk odasının yaş grupları ile ilişkili donatı özelliklerine değinmiştir. Yalcin vd. (2015), çocukların mekânsal ihtiyaç ve tercihlerinin neler olduğunu araştırmıştır. Erten ve Çiftçi (2020), çocuk odalarının tasarımını etkileyen durumların analizini yapmıştır. Çakmakçı ve Yıldız (2022), çocuğun gelişimsel isteklerine cevap verebilen esnek mekânlar oluşturulmasına, çocuğun birey bilinci ve gelişimine etki eden mekân esnekliğinin destekleyici ve özgürleştirici etkilerine yer vermiştir. Konut ile ilgili araştırmalarda ise Aydoğan (2006), çocuğun yaşadığı ev ortamının ebeveynlerin denetimi doğrultusunda, çocuğa uygun olan özelliklere göre düzenlenmesi gerektiğinin önemini vurgulamıştır. Bu düzenlemeler yapılırken çocuğun özgür alanının genişletilmesine ve çocuğun gelişiminin ev ortamının uyarıcıları ile desteklenmesi gerektiğinin önemini belirtmiştir. Öymen Gür (2013), çocukluğun her bir evresindeki konut kullanımını, beğenisini ve terminolojisini incelediği çalışmasında, çocukların yetişkinlerden çok farklı kriterleri olduğunu ve içinde buldukları yaş grubunun etkisini ortaya koymuştur. Bu çalışmada ise çocukların konut mekânlarındaki oyun tercihleri ve konutun bu konudaki yeterliliği araştırılmıştır. Okul öncesi dönemde, zamanlarının büyük bir kısmını konutta geçiren çocuklar için konuttaki oyun gelişiminin desteklenmesi gerekmektedir. Bu noktada konutta çocuğun fiziksel, bilişsel ve sosyal gelişimi dikkate alınarak gereksinim ve beklentilerinin karşılandığı bir ortamın nasıl olması gerektiği önem kazanmaktadır.

Çalışma kapsamında 2-6 yaş grubu çocuğun, oyun türleri ile ilişkili konutta hangi mekânları kullandığı ele alınmıştır. Bu yaş grubu çocuk, okul dönemine başlamamış olmasından dolayı zamanının büyük bir kısmını konut içerisinde ve birlikte yaşadığı kişilerle geçirdiğinden dolayı çalışma evreni olarak seçilmiştir. Trabzon ili kapsamında 2-6 yaş aralığında çocuk sahibi olan ebeveynler ile anket uygulaması yapılmıştır. Ebeveynlerin cevaplandığı anket iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm ebeveynin kişisel özellikleri, konutun özellikleri ve aile yapısı ile ilgili sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölüm ise 2-6 yaş grubunda yer alan çocuk için konutun oyun amaçlı nasıl kullanıldığına dair tespit sorularından oluşmaktadır. Anketi 94 kişi yanıtlamıştır. Örneklemde yer alan katılımcı bilgilerine Tablo 2’de ve konutlara ait bilgilere Tablo 3’te yer verilmiştir. Cevaplar betimsel ve ilişki analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada

frekans ve ki-kare testi uygulanmış, çapraz tablolar yorumlanmıştır. Ki-kare testinin uygulaması aşamasında hücrelerin %20'den fazlasında 5'ten küçük değer olması durumunda Olasılık oran testi (Likelihood Ratio) ve Fisher'in kesin testi (Fisher's Exact) kullanılmıştır. İlişkisel analizlerinde farkın nedeni çapraz tabloda yer alan Düzeltilmiş hata değerinin (Adjusted Residual) 2'den büyük olduğu hücreler üzerinden yorumlanmıştır (Öymen Gür & Yalçınkaya, 2013). Çalışmada hata düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

Tablo 2: Katılımcı profiline ait bilgiler.

| Örneklemin Özellikleri | Grup | % |
|---------------------------------------|------------------|------|
| Cinsiyet | Kadın | 80,9 |
| | Erkek | 19,1 |
| Medeni durum | Evli | 98,9 |
| | Bekâr | 1,1 |
| Yaş | 30 yaş ve altı | 30,9 |
| | 31-37 yaş | 39,4 |
| | 38 yaş ve üzeri | 29,8 |
| Eğitim düzeyi durumu | Okur-yazar | 2,1 |
| | Lise | 10,6 |
| | Lisans | 60,6 |
| | Lisansüstü | 26,6 |
| Çalışma durumu | Evet | 76,6 |
| | Hayır | 23,4 |
| Meslek grubu | Kamu | 60,6 |
| | Özel Sektör | 19,1 |
| | Ev hanımı | 20,2 |
| Gelir durumu | Alt gelir | 3,2 |
| | Orta gelir | 72,3 |
| | Orta üst gelir | 22,3 |
| | Yüksek gelir | 2,1 |
| Çocuk sahiplilik durumu | 1 çocuk | 41,5 |
| | 2 çocuk | 42,6 |
| | 3 çocuk ve üzeri | 16,0 |
| 2-6 yaş arası çocuk sahiplilik durumu | 1 çocuk | 84,0 |
| | 2 çocuk | 13,8 |
| | 3 çocuk | 2,1 |

Tablo 3: Katılımcını konutuna ait özellikler.

| Konutun Özellikleri | Grup | % |
|--------------------------|--|------|
| Konutun büyüklüğü | 120 m ² ve altı | 18,1 |
| | 120 m ² -150 m ² arası | 24,5 |
| | 120 m ² -200 m ² arası | 44,7 |
| | 200 m ² ve üzeri | 12,8 |
| Oda sayısı (Salon dâhil) | 3 odalı | 8,5 |
| | 4 odalı | 69,1 |
| | 5 odalı ve üzeri | 22,3 |
| Aile tipi | Çekirdek aile | 94,7 |
| | Geniş aile | 5,3 |
| Evde yaşayan sayısı | 3 kişi ve daha az | 40,4 |
| | 4 kişi | 43,6 |
| | 5 kişi ve üzeri | 16,0 |

Çalışmanın son bölümünde ankette cevaplandırılacak soruların, 2-6 yaş grubu çocukları olan ebeveynlerden bir çocuğa göre cevaplandırmalar yapmaları istenmiş, anket bilgilerinin doldurulduğu çocuk özelliklerine göre saptamalara yer verilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Verilerin ait olduğu çocuğa ait özellikleri.

| Çocuğa ait özellikler | Grup | % |
|-----------------------|----------------|------|
| Çocuk yaş durumu | 2-4 yaş arası | 47,1 |
| | 4 yaş ve üzeri | 52,9 |
| Cinsiyet | Kız | 45,1 |
| | Erkek | 54,9 |

3.2. Genel Bulgular

Çalışmada veriler üç grupta ele alınmıştır;

- Konutta çocuk odası ve kullanımı

Araştırmadaki 2-6 yaş grubu çocukların %81,9'unun bir odası olduğu ve odası olanların %64,9'u odayı tek başına kullandıkları, odayı kullanım sürelerinin farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Tablo 5). Çocuklar, aile yaşamında daha fazla merkezde yer almakta dolayısıyla konutun örgütlenmesinde etkili olmaktadır. Çocuk aileye katıldığı andan itibaren çocuk odası oluşturulmaktadır. Diğer taraftan, Gökmen (2006), çalışmasında çocuk odası için kolay vazgeçilen ve konutun en küçük odası olduğu konusunu vurgulamaktadır.

Çocukların odasında aktivite olarak öncelikle "oyun oynama", "etkinlik yapma" ve "kitap dinleme-okuma" belirtilmiştir (Tablo 6).

Tablo 5: Çocuk ve odası.

| Oda Durumu | Grup | % |
|--------------------------------------|--------------|------|
| Oda mevcudiyeti | Var | 81,9 |
| | Yok | 18,9 |
| Odayı paylaşımı | Tek | 64,9 |
| | Kardeşi ile | 24,5 |
| | Yetişkin ile | 10,6 |
| Odayı kullanma saati (Uyku hariç) | 1,5 ve altı | 35,1 |
| | 2 ve 3 | 38,3 |
| | 4 ve üzeri | 26,6 |

Tablo 6: Çocuğun odasında gerçekleştirdiği etkinlikler.

| Çocuk ve Odası | Grup | Puan |
|-------------------------|---------------------|------|
| Odayı kullanım önceliği | Yemek yeme | 42 |
| | Oyun oynama | 192 |
| | Kitap dinleme-okuma | 93 |
| | Ders çalışma | 24 |
| | Etkinlik yapma | 107 |
| | Diğer | 22 |

Ailenin sosyo-ekonomik durumu çocuğun odayı kullanımı üzerinde etkili oldu görülmektedir (Tablo 7).

Tablo 7: Ailenin sosyo-ekonomik yapısı ile çocuğun oda kullanımı arasındaki ilişki.

| Oda sayısı | Gelir durumu | Alt gelir | | Orta gelir | | Orta üst gelir | | Yüksek gelir | | LR | df | p |
|---------------|--------------|-----------|------|------------|------|----------------|------|--------------|------|--------|----|------|
| | | % | DH. | % | DH. | % | DH. | % | DH. | | | |
| 3 | | ,0 | -,5 | 6,4 | ,2 | 2,1 | ,2 | ,0 | -,4 | 15,062 | 2 | ,020 |
| 4 | | 2,1 | ,0 | 56,4 | 3,0 | 10,6 | -2,4 | ,0 | -2,1 | | | |
| 5 ve üzeri | | 1,1 | ,5 | 9,6 | -3,4 | 9,6 | 2,6 | 2,1 | 2,7 | | | |
| Oda paylaşımı | Gelir durumu | Alt gelir | | Orta gelir | | Orta üst gelir | | Yüksek gelir | | LR | df | p |
| | | % | DH. | % | DH. | % | DH. | % | DH. | | | |
| Tek | | ,0 | -2,4 | 43,6 | -1,5 | 19,1 | 2,3 | 2,1 | 1,1 | 15,548 | 6 | ,016 |
| Kardeşi ile | | 3,2 | 3,1 | 19,1 | ,7 | 2,1 | -1,8 | ,0 | -,8 | | | |
| Yetişkin ile | | ,0 | -,6 | 9,6 | 1,3 | 1,1 | -1,0 | ,0 | -,5 | | | |

Ailenin gelir durumu ile sahip olduğu evin oda sayısı arasındaki ilişkiye bakıldığında, uygulanan Olasılık oran testi (LR) sonucunda (LR: 15,062, df: 2, p: ,020, p<0,05) gelir durumu ile evdeki oda sayısı arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. Farkın kaynağı orta gelir durumuna sahip (%56,4) katılımcıları 4 odalı eve sahip olduğunu belirtirken, orta üst gelir (%9,6) ve yüksek gelir grubundaki (%2,1) katılımcılar 5 ve üzeri odası olduğunu belirtmiştir. Bu durum çocuğa evde daha geniş mekân ve farklı mekânlarda oyun oynama imkânı sunmaktadır.

Diğer taraftan gelir durumu ile çocuğun odayı paylaşımı arasında ilişkiye bakılmıştır. Uygulanan Olasılık oran testinin (LR) sonucuna göre (LR: 15,548, df: 6, p: ,016, p<0,05), farkın kaynağı alt gelir grubu katılımcıların çocuklarının kardeşleri ile odasını paylaştığını (%3,2), orta üst gelir grubu katılımcıların yalnız kullandığını belirtmesinden (%19,1) kaynaklanmaktadır. Ailenin gelir durumuna göre çocuğun odayı biri ile paylaşma durumunu etkilemektedir.

Aile büyüklüğünü oluşturan kişi sayısı, çocuğun oda kullanımını etkileyen diğer bir faktördür (Tablo 8).

Tablo 8: Ailenin büyüklüğünün ile çocuğun oda kullanımı arasındaki ilişki.

| Oda paylaşımı | Evde yaşayan kişi sayısı | 2-3 | | 4 | | 5 ve üzeri | | LR | df | p |
|---------------|--------------------------|------|------|------|------|------------|------|----------------|----|------|
| | | % | DH. | % | DH. | % | DH. | | | |
| Tek | | 37,2 | 4,6 | 25,5 | -1,1 | 2,1 | -4,6 | 42,161 | 4 | ,000 |
| Kardeşi ile | | ,0 | -4,5 | 12,8 | 1,0 | 11,7 | 4,8 | | | |
| Yetişkin ile | | 3,2 | -,7 | 5,3 | ,4 | 2,1 | ,4 | | | |
| Oda varlığı | Evde yaşayan kişi sayısı | 2-3 | | 4 | | 5 ve üzeri | | X ² | df | p |
| | | % | DH. | % | DH. | % | DH. | | | |
| Evet | | 38,3 | 2,7 | 35,1 | -,3 | 8,5 | -3,1 | 12,545 | 2 | ,002 |
| Hayır | | 2,1 | -2,7 | 8,5 | ,3 | 7,4 | 3,1 | | | |

Evde yaşayan kişi sayısı ile çocuğun odayı paylaşımı arasındaki ilişkiye bakıldığında uygulanan Olasılık oran testine göre fark ortaya çıkmıştır (LR: 15,548, df: 6, p: ,016, p<0,05). Farkın kaynağı 2-3 kişilik ailelerde çocuk tek başına odada kalırken (%37,2), 5 ve üzeri kişinin yer aldığı ailelerde çocuğun odasını kardeşiyle paylaştığını (%11,7) söylemesidir.

Evde yaşayan kişi sayısı ile çocuğun odasının olup olmama durumu arasındaki ilişkiye bakıldığında uygulanan Ki-kare testine göre fark ortaya çıkmıştır (χ^2 : 12,545, df: 2, p:0,002, $p<0,05$). Farkın kaynağı 2-3 kişilik ailelerde çocuğun odasının olduğunu söyleyenler ile (%38,3), 5 ve üzeri kişilik ailelerde çocuğun odasının olmadığını belirtmesidir (%7,4). Ailenin sahip olduğu sosyo-ekonomik durum çocuğun evdeki durumunu etkilemekte, dolayısıyla konut mekânının kullanımı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

- Çocuğun oyun ve konutta mekân tercihleri

Çocuğun konutta oyun için öncelikle salon ve çocuk odasını, nadir olarak banyo ve çalışma odasını tercih ettiği belirtilmiştir (Tablo 9; Şekil 1). Çocukların evdeki tüm mekânları kullanması ile diğer bireylerle olan iletişiminin; kendi odasında olmayı tercih ettiği durumlarda da yalnız kalabilmesinin önü açılır (Çakmakçı & Yıldız, 2018). Çocuklara konutta sosyalleşme ve mahremiyet olanağı tanımak gerekmektedir.

Tablo 9: Çocuğun oyun için konutta tercih ettiği mekân.

| Mekânlar | Puan |
|------------------|------|
| Salon | 173 |
| Mutfak | 46 |
| Yatak odası | 15 |
| Çocuk odası | 171 |
| Oturma odası | 64 |
| Koridor | 21 |
| Balkon | 21 |
| Banyo | 3 |
| Oyun odası | 19 |
| Kardeşinin odası | 9 |
| Çalışma odası | 2 |



Şekil 1: Konut ortamında çocuk ve oyun eylemi.

Çocuğun konutta oyun oynamasında mekânsal olarak bir sınırlama getirilip getirilmediği sorgulandığında %55,3'ü herhangi bir sınırlandırma yapmadığını ifade etmiştir. Hangi mekânlarda sınır getirildiğine bakıldığında katılımcılar tarafından en çok mutfak, salon ve yatak odası vurgusu yapılmıştır. Konut kullanımında ebeveyn sahip olduğu özellikler (yaş, medeni durumu, eğitim durumu, mesleği, çalışma durumu, gelir durumu) ile çocuğa mekân kullanımı konusunda sınır getirme arasında bir ilişki olup olmadığı bakıldığında, bu durumun istatistiksel olarak belirleyici olmadığı görülmüştür. Barre (1984), evin tamamının çocukların kullanımına açılmasını, mutfakta etkinlik yapmasına, banyoyu deney alanına çevirmesine, oturma odasında oyun oynamasına ve ortaya çıkabilecek dağınıklığa, sese, koşmaya, kirletmeye izin verilirse konut mekânlarının etkin kullanılabilceğini vurgulamaktadır. Aileler, konutta

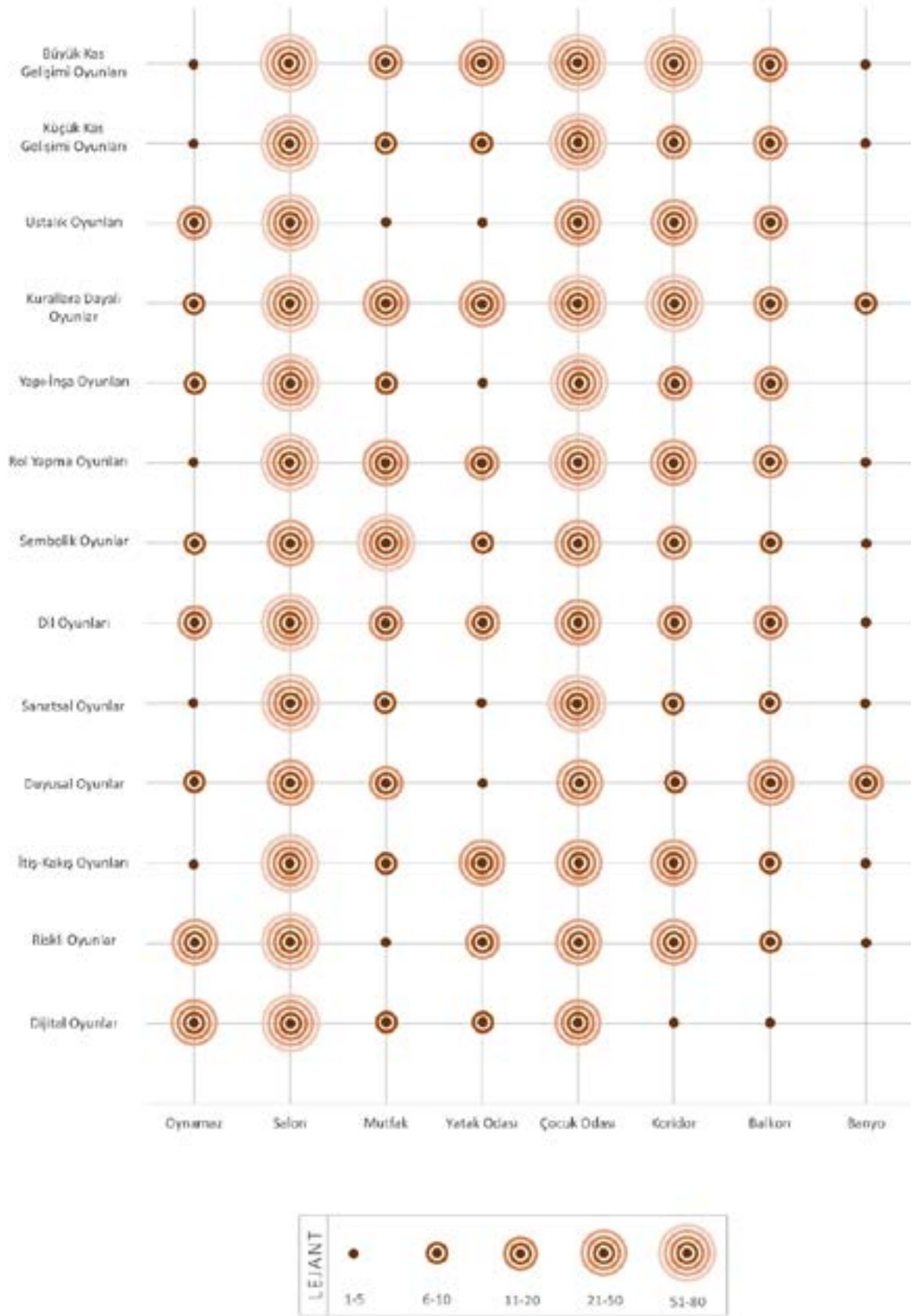
çocuğun gereksinimlerini sadece çocuk odası ile sınırlamadığı durumda konut büyüklüğünden bağımsız olarak çocuğun gereksinimleri rahatlıkla karşılayabilecektir.

Çalışmanın bu kısmında çocukların oynadığı oyunlar 13 başlıkta kategorize edilmiş, konut içerisindeki 7 mekân ile ilişkisi ortaya konulmuştur (Şekil 2);

- 13 oyun grubunun da yoğun oynandığı mekân olarak ilk sırada salon, ikinci sırada çocuk odası yer almaktadır. Oyunlar için en düşük yoğunlukta tercih edilen mekân ise banyodur. Çocukların odalarının yetersiz büyüklükte olması, yoğun eşya ile dolu olması, sosyalleşme ve aile bireyleriyle birlikte oynama isteği, yaş grubu itibarıyla çocuğu ebeveynleriyle görsel ve işitsel olarak denetimde olacağı mekânda olması ve güvenlik gereksinimi gibi nedenlerden dolayı evin en büyük mekânı ve ortak kullanım alanı olan salon, çocuğun oyun için en yoğun kullandığı alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Çocuk odası ise daha çok etrafın dağılmaması, oyun esnasında ortaya çıkabilecek gürültü gibi sorunların önüne geçilmesi ve çocuğun daha özgür hareket edeceği mekân olması nedeni ile öncelikli mekânlar arasında yer almaktadır. Genel olarak bu yaş grubu çocuklar, anneleri ile yakınlığını devam ettirmekte ve onların varlığını hissetmek istemektedirler. Anneler ise görsel ve işitsel olarak denetimi sağlamayı isterler (Bozkaya, 1992). Bu nedenle konutta gündüz bölümü olarak değerlendirilebileceğimiz mutfak, koridor, salon ve çocuk odası oyun mekânı olarak ön plana çıkmaktadır.
- 2-6 yaş grubu için konut içerisinde en çok oynanan oyunlar büyük-küçük kas gelişimi oyunları, rol yapma oyunları, sanatsal oyunlar ve itiş-kakış oyunları olarak belirlenirken, en az oynanan oyunların ise riskli oyunlar ve dijital oyunlar oldukları belirtilmiştir. 2-6 yaş grubu çocuğun ağırlıklı olarak ebeveyn denetiminde oyun oynadığı bir dönem olması nedeni ile riskli oyunların güvenlik gerekçesi ile tercih edilmediği görülmektedir. Bilişim çağında yaşadığımız bugünlerde, çocuklar dijital oyunlar ile erken yaşta karşılaşmakta ve zamanının önemli bir bölümünü ekran karşısında geçirmektedir. Bu oyunların araştırmada en az oynanan oyunlar arasında yer alması, yaş grubunun küçük olması ile ilişkilendirilebilir. Özellikle 12-18 yaş grubundaki çocuklarda, dijital oyun daha yaygın olarak görülmektedir (Açıkgöz & Yalman, 2018).
- Oyunların çocuğun oynayıp-oynamama durumu ile çocuğun özellikleri arasındaki ilişkiye bakıldığında, dijital/teknoloji oyunlarını oynayıp-oynamama durumu ile çocuğun yaşı arasındaki ilişkiyi görmek için uygulanan Ki-kare testine göre anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (χ^2 : 13,387, df: 3, p: ,004, p<0,05). Farkın kaynağını 5 yaş ve üzeri çocukların dijital oyun oynarken (%30,6), 2 yaş grubundaki çocukların oynamaması (%10,6) oluşturmaktadır (Tablo 10). Çocukların oyun tercihlerinin yaş grubuna göre değiştiği bilinmektedir. Dijital oyunlar genel olarak yaş ilerledikçe çocuklar tarafından daha çok tercih edilen oyunlar arasındadır.

Tablo 10: Çocukların özelliği ile oyun türünün oynama durumu arasındaki ilişki.

| Dijital/teknoloji Oyunları (Elektronik oyuncaklar, bilgisayar oyunları vb.) | Yaş grupları | Oynar | | Oynamaz | | χ^2 | df | p |
|---|----------------|-------|------|---------|------|----------|----|------|
| | | % | DH. | % | DH. | | | |
| | 2 yaş | 4,7 | -2,8 | 10,6 | 2,8 | 13,387 | 3 | ,004 |
| | 3 yaş | 16 | 18,8 | 11 | 12,9 | | | |
| | 4 yaş | 10,6 | -,4 | 7,1 | ,4 | | | |
| | 5 yaş ve üzeri | 30,6 | 3,1 | 4,7 | -3,1 | | | |



Şekil 2: 2-6 yaş grubu çocukların oyun türleri ve konut mekânları.

- Salon ve çocuk odasında 13 oyun grubunun da yoğun olduğu mutfakta kurallara dayalı oyun, rol yapma oyunu, sembolik oyunlar; yatak odasında itiş-kalkış ve kurallara dayalı oyun; koridorda büyük kas gelişimi oyunları ve kurallara dayalı oyun, ustalık, rol yapma, itiş-kalkış, riskli oyunlar ve rol yapma; banyoda ve balkonda duyuşsal oyunlar ön plana çıkmaktadır. Koridorlar genel olarak sahip oldukları en boy oranı, dikdörtgen formuyla ve eşya yoğunluğunun en az olduğu mekânlar olması nedeniyle özellikle büyük kas gelişim oyunları için uygun bir ortamı sunmaktadır. Banyo, su kullanımı ile çocuğa duyuşsal oyunlarda diğer mekânlardan farklı bir imkân sunması nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Mutfağın, annelerin konutta en yoğun kullandığı mekân olması (Yalçinkaya & Öymen Gür, 2015), çocuğun tek başına oynamadığı oyunları bu mekânda gerçekleştirmesinin arka planında yer alan neden olarak gösterilebilir.
- Çocuğun yetişkinlerden bir sınır gelmediği sürece, konutun tümünü oyun alanı olarak kullandığı verilere bakarak söylenebilir. Duyusal oyun ve büyük kas oyunları gibi birtakım mekânsal gereksinimlerin ortaya çıkması durumunda çocuğun, oyununa uygun mekân tercihinde bulunduğu görülmektedir.

Çocuğun oyunları oynayıp-oynama durumu ile odasına ait özellikleri arasındaki ilişkiye bakıldığında;

- Sanat oyunlarını oynayıp oynamama durumu ile çocuğun özel oda varlığı durumu arasındaki ilişkiyi görmek için uygulanan Fisher'ın kesin testine göre anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (p: 0,005, p<0,05). Farkın kaynağını özel odası olan çocukların sanat oyunlarını oynarken (%81,9), özel odası olmayan çocukların oynamaması (%3,2) oluşturmaktadır (Tablo 11).
- Sanat oyunlarını oynayıp oynamama durumu ile çocuğun odayı paylaşım durum arasındaki ilişkiyi görmek için uygulanan Olasılık oran testine (LR) göre anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (LR: 6,479, p: 0,005, p<0,05) Farkın kaynağını odasını tek başına kullanan çocukların sanat oyunlarını oynaması (%64,9) oluşturmaktadır.
- Çocuğun odasının olması veya tek başına kullanıyor olması sanatsal oyunları oynaması üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Sanatsal oyunların tercihinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Çocuğun yetenekli olması, bu becerinin desteklenecek ekonomik güce sahip olma gibi temel faktörlerin yanında konutta çocuğa sunulan özel oda bu oyunu oynamasında ve sürekliliğini sağlamada etkili olduğunu gösteren bir veri seti olarak değerlendirilebilir.

Tablo 11: Çocuğun oda varlığı/kullanım süresi ile oyun türlerini oynama durumu arasındaki ilişki.

| Sanatsal Oyunlar (enstrüman çalma, kukla oyunları yazma, çizme, boyama vb.) | Özel oda varlığı | Oynar | | Oynamaz | | Fisher'ın kesin testi | | |
|---|---------------------|-------|------|---------|------|-----------------------|----|------|
| | | % | DH. | % | DH. | | | |
| | Var | 81,9 | 3,7 | 0,0 | -3,7 | ,005 | | |
| | Yok | 14,9 | -3,7 | 3,2 | 3,7 | | | |
| Sanatsal Oyunlar (enstrüman çalma, kukla oyunları yazma, çizme, boyama vb.) | Oda kullanımı | Oynar | | Oynamaz | | LR | df | p |
| | | % | DH. | % | DH. | | | |
| | Tek | 64,9 | 2,4 | 0,0 | -2,4 | 6,479 | 2 | ,039 |
| | Kardeşi ile | 22,3 | -1,7 | 2,1 | 1,7 | | | |
| Yetişkin ile | 9,6 | -1,3 | 1,1 | 1,3 | | | | |

- Konutun oyun için yeterlilik durumu

Konutun çocuk oyunları için yeterlilik durumu incelendiğinde örneklemin %42,6'sı, yani yarıya yakın katılımcı konutunun bu konuda yeterli olduğunu, %28,7'si ise yetersiz olduğunu belirtmiştir (Tablo 11).

Tablo 12: Konutun oyun için yeterlik durumu (%).

| Çok Yetersiz | Yetersiz | Kararsızım | Yeterli | Çok Yeterli |
|--------------|----------|------------|---------|-------------|
| 4,3 | 28,7 | 9,6 | 42,6 | 14,9 |

2-6 yaş grubuna göre konutun oyun için yeterliliği konut/mekân büyüklüğü, mekân varlığı/yokluğu, alt kattın boş olması/ses yalıtımı olmaması ve kendi oyun odası olması/olmaması ve eşya yoğunluğu ile değerlendirilmiştir.

Oyun için konutun yeterli olduğu görüşünü belirten katılımcılar; konutunun yeterli büyüklüğüne, mekân özelinde salon, koridor ve balkonun büyük olmasına dikkat çekmiştir. Bahçesi ve çocuğun kendine ait odasının olması da yeterlilik konusunda olumlu bulunmuştur. Konut için görüş belirten katılımcılar alt katın boş olmasını da komşulara rahatsızlık yaratmama adına olumlu olarak belirtmiştir.

Yetersizlik noktasında ise olumlu olarak belirtilen faktörlerin bu defa eksik veya küçük olması vurgulanmıştır. Konutun ve mekânların küçük olması, ses yalıtımının olmaması nedeni ile komşuya verilen rahatsızlık, bahçe ve çocuğun kendine ait oyun odasının olmaması belirtilmiştir. Eşya yoğunluğunun yine konutta oyun oynamada bir engel olduğu belirtilmiştir.

4. SONUÇ

Çalışmada, 2-6 yaş çocuk grubu çocuğun oyun için konuttaki mekân tercihi ve yeterliliği araştırılmıştır. Elde edilen verilere bağlı olarak;

- Konutta çocuk odası ve kullanımı incelendiğinde ailenin sosyo-ekonomik durumunun çocuğun odaya sahip olması ya da odayı paylaşması ile ilişkili olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ailedeki birey sayısının artması çocuk odasının mevcudiyeti arasındaki ilişkiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Kalabalık ailelerin yaşadığı konutlardaki oda sayısı çocuğun tek başına kullanabileceği bir oda olabilmesi için yeterli gelmemektedir. Diğer taraftan az sayıda kişinin yaşayacağı konutlarda ise konut metrekarelerinde azalmalar meydana gelmiş; çocuk odası, giyinme odası, çalışma odası gibi ek faaliyet alanları oluşturulmasıyla ortaya çıkan mekân çeşitliliği ve parçalara bölünme konutta küçük metrekareli alanların oluşmasına neden olmuştur (Mutdoğan, 2014). Bu durum da çocuk odalarının konut içerisinde daha küçük metrekarelerde yer bulmasına neden olmaktadır. Çocuk odasının çocuk için önemine bakıldığında, çocukluk döneminin özellikle ilk yıllarının ev ortamında geçtiği düşünüldüğünde bu yaklaşımın olumsuz etkileri olacaktır.
- Çocuğun oyun ve konutta mekân tercihleri incelendiğinde oyunların yoğun olarak salonda oynandığı belirlenmiştir. Tarihî süreçte salonun konuttaki yerine bakıldığında 1950'lere kadar sofa olarak karşımıza çıkan, 1950 sonrası bir statü göstergesi olan ve çoğunlukla misafirlerin ağırlandığı mekân, 1980 sonrası neoliberal dönemde önemini kaybetmiş, günlük kullanıma dönüşmüştür (Mutdoğan, 2014). Çalışma bu durumu destekleyecek şekilde çocuklu aileler için salonun çocukların kullanımına açıldığını göstermektedir. Her

ne kadar salon, günümüzde çocukların kullanımı etkisinde olsa da mekânsal olarak oyun oynanmasında sınır getirilen mekân olmaktan tam olarak kurtulamamıştır. Geçmişte salon evin çevreye sunulduğu, özellikle ev kadınının başkaları tarafından sınındığı toplumsal ve fiziki bir mekân olarak görüldüğü için dağıtılmasına ve eskitilmesine karşı çıkmıştır (Ayata, 1988). Öyle ki aile bireylerinin bile kullanmasının yasak olduğu zaman zaman kapısının kilitlenmiş olduğu bilinmektedir. Sürekli temiz, düzenli ve dekorasyon anlamında eksikliği olmayan bir salon dışarıya o aile hakkında sağlam, sarsılmaz ve istikrar gibi kavramları çağrıştırır ve böylece salon aile hakkındaki en önemli mesajı veren mekân olmaktadır (Ayata, 1988). Bu düzen günümüzde kısmen kırılmış olsa da salona yüklenen anlam etkisini devam ettirmektedir. Çocuğun oyun amaçlı bu mekânı kullanımında ister istemez sınırlar (belli zamanlarda kullanma, oyuncak getirmeme, gürültü yapmama, dağıtmama ve kirtleme gibi) ortaya çıkarabilmektedir.

- Konut içerisinde en çok oynanan oyunlar ve en az oynanan oyunlar incelendiğinde çocukların buldukları yaş aralığı için bir yetişkin gözetiminde, risk düzeyi düşük oyunların tercih edildiği anlaşılmaktadır. Oyun için seçilen mekânlar ve oyun türü ebeveyn denetiminin sağlandığı, çocuğun ihtiyaç duyduğu bağın korunması yönünde bir yaklaşımın benimsendiği görülmektedir.
- Mekânların oyun türlerine göre tercih edilip edilmeme durumu incelendiğinde mekânın formunun, içerisinde yer alan eşya yoğunluğunun, o mekânı eş zamanlı kullanan başka bireylerin olup olmasının ve oynanacak oyun için imkânlarının yeterli olmasının mekân tercihinde etkisi olduğu görülmektedir.
- Konutun oyun için yeterlilik durumu incelendiğinde katılımcılarının yarıya yakınının konutu yeterli bulması çoğunlukla mekânsal büyüklük-genişlikle ilgili olmuştur. Çocukların genel olarak evin tümünü kullanımına izin verilmesi, sadece oda ile sınırlı tutulmaması farklı türdeki oyunları evde oynamasına imkân tanımaktadır. Çocuk odalarının sınırlı metre kareleri göz önüne alındığında, evin genelinin çocuk kullanımına açılması çocuk gelişimi açısından önemlidir. Çocuk böylece ev içinde istediği zaman sosyalleşebilmekte, istediği zaman ise odasında ebeveyn denetimi ile yalnız oyun oynama imkânı bulabilmektedir.

Sonuç olarak konut, çocuğun ilk karşılaştığı ve aile yaşamı içerisinde hayatı öğrenmeye başladığı alandır. Bu nedenle, alanın çocuğun her türlü gereksinimlerini karşılıyor olması gelişimi açısından önemlidir. Konutta çocuğa özel alan ayrılması ve bir odasının olması başta mahremiyetinin sağlanmasında ve aidiyet duygusunun gelişimi açısından önemlidir. Ama bu yeterli değildir. Konut kullanıcısı olarak çocuğun yaş grubuna bağlı olarak ihtiyaç duyduğu ortamın evin genelinde sağlanıyor olması diğer önemli noktadır. Bu durumda, tasarım sürecinde çocukların gereksinimleri de göz önüne alınarak esnek, güvenli ve sosyalleşmeye ve mahremiyete imkân veren düzenlemelere gidilmelidir. Böylece çocuk gelişimini destekleyen, sosyal ve psikolojik açıdan tatmin edici olan konut mekânları elde edilebilecektir.

YAZAR KATKISI VE ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYAN BİLGİSİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur. Her yazar aynı oranda katkı sağlamıştır.

BİLGİ NOTU

Çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Etik Kurulu'nun 31.01.2022 tarih ve E-26014373-050.01.04- 210077 sayılı kararı etik kurul izni ile alınmıştır.

Makale içinde yer alan çocuk fotoğrafları için veliden yazılı izni alınmıştır.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, F. Y., & Yalman, A. (2018). Dijital oyunların çocukların kişilik ve davranışları üzerinde etkisi: Gta 5 oyunu örneği. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (29. Özel Sayısı), 163-180. <https://doi.org/10.31123/akil.454283>
- Akarsu, F. (1984). Piaget'ye göre çocukta mekân kavramının gelişimi. *Mimarlık Dergisi*, 84(9), 31-33.
- Aksu, K. M. (2022). *İlköğretim yapılarında serbest zaman etkinliği ve iç mekân tasarımı* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Trabzon.
- Alga, R. (2005). *Yaşam döngüsüne bağlı olarak konut tasarımını etkileyen faktörler* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/7491cd2d-0735-43d1-971d-57fda3dd1f0c/content>
- Ayata, S. (1988). Kentsel orta sınıf ailelerde statü yarışması ve salon kullanımı. *Toplum ve Bilim*, 42, 5-25.
- Aydoğan, Y. (2006). Ev ortamının çocuğun gelişimine göre düzenlenmesi. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, Temmuz-Ağustos-Eylül 2006 Yıl:8 3(10), 27-33.
- Bardak, M., & Topaç, N. (2019). *Oyun ve oyun materyalleri*, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Çocuk Gelişimi Lisans Programı, 6-10.
- Barre, F. (1984). Çocuk ve mekân ya da yitirilmiş kent. (Çev: Güvenç, M), *Mimarlık Dergisi*, 22(9), 14- 17.
- Bozkaya, J. (1992). *Çocuğun oyun mekânları için olanakların araştırılması* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimlerin Enstitüsü]. Trabzon.
- Çakmakçı, M., & Yıldız, S. (2018, 10-11 Mayıs). *Çocuğun kente ilk katılım mekânları; Ev ve sokak*, İstanbul Konut Kurultayı-Güvenli Yaşam Alanları ve Erişilebilir Konut, Osmanlı Arşivi Kongre Merkezi, İstanbul.
- Çakmakçı, M., & Yıldız, S. (2022). Çocuğun odası ile ilişkisinin esneklik kavramı üzerinden incelenmesi. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*, 3(1), 42-54.
- Erten Bilgiç, D., & Çiftci, S. K. (2020). Türkiye kentleşmesinin sonucu olan toplu konutlarda çocuk odası tasarımı ve işlevsellik. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(7), 25-42.
- Gökmen, H. S. (2006). Konutta çocuk var mı? *Ege Mimarlık*, 2(57), 22-25.
- Güroğlu, M. (2016). *Farklı fiziksel çevrelerin çocuklarda oluşan oyun mekânı algısı üzerinde etkileri* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı], İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=KNCVD7235ZtLwowr80IEdA&no=8IYWxN2Ce3ARpgC0zYpz9Q>
- Kurak Açıcı, F., & Bal, H. B. (2020). Göstergibilimsel analiz üzerinden tasarımı anlamak: Sallanan at üzerine. *Art-Sanat*, 13, 293-312. <https://doi.org/10.26650/artsanat.2020.13.0012>

- Miller, E., & Almon, J. (2009). Crisis in the kindergarten: why children need to play in school, *Alliance For Childhood (NJ3a)*.
- Mutdoğan, S. (2014). Türkiye’de çok katlı konut oluşum sürecinin istanbul örneği üzerinden incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 1, 24.
- Öymen Gür, Ş. (2013). How children describe their houses: Present vs. ideal. *Child Indicators Research*, 6(3), 493-525. <https://doi.org/10.1007/s12187-013-9179-5>
- Öymen Gür, Ş., & Yalçinkaya, Ş. (2013). Ev: Kadın büyürken. *International Journal of Architecture and Planning*, 1(2), 101-131.
- Öztürk, Ö. (2009). *Ev kavramı ve çocuklarda konut çevresinin algılanması*. [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı], İstanbul. <https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/46019d22-07b6-4c62-946f-c40641af7617/content>
- Tavşan, F. (1995). *Trabzon konutları örneğinde çocuk odaları mekân ve donatı özellikleri üzerine bir araştırma*. [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı], Trabzon. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=nSZepevVejgPtu6ZscUHnA&n o=nSZepevVejgPtu6ZscUHnA>
- Tuncer Kır, T. (2019). *Yaratıcı, düşündüren, yenilikçi oyun alanları*. [Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı], İstanbul.
- Yalcin, M., Yıldırım, K., & Bozdayı, A. M. (2015). Developmental implications of children bedroom in the interior environment and implementations of adults preferences. *Megaron*, 10(3), 305-316. <https://doi.org/10.5505/megaron.2015.55798>
- Yalçinkaya, Ş. (2015). Modern Kentin Yeni Kamusal Alanında Çocuk, Alışveriş Merkezleri ve Serbest Zaman Etkinlikleri. *İdealkent*, 6(17), 80-105.
- Yalçinkaya, Ş., & Öymen Gür, Ş. (2015). Toplumsal cinsiyet rolleri ve ev. *Mimarist*, 80-85.



EFFECTIVE SOLUTIONS FOR COMMON PROBLEMS OF ARTIFICIAL POTENTIAL FIELD BASED PATH PLANNING ALGORITHMS FOR MOBILE ROBOTS

MOBİL ROBOTLAR İÇİN YAPAY POTANSİYEL ALAN TABANLI YOL PLANLAMA ALGORİTMALARININ ORTAK SORUNLARINA ETKİLİ ÇÖZÜMLER

<https://doi.org/10.20854/bujse.1214752>

Muhammet Emre Akarsu^{1,*}, Ömer Çetin²

Abstract

Autonomous Path Planning (APP) capability is one of the main factors determining the autonomous level of a mobile robot. Although different methods are used for APP in the literature, the path planning approach based on Artificial Potential Fields (APF) has a very common usage area with its modeling ease and computational performance. APF-based APP, which is a grid-based path planning approach, is usually performed by combining a repulsive and attractive component that models many basic motions with a certain equation and calculating the gradient of this potential field to obtain the vector field. In this study, the basic models used for APF-based APP are examined, and how they are realized and how the resultant potential field is produced are mentioned. Although APF-based APP approaches have advantages, they also have problems such as local minimum, obstacles positioned too close, oscillation, and targets positioned too close to obstacles. Within the scope of the study, these problems were defined one by one and the approaches suggested in the literature for the solution of these problems were mentioned in detail. As a result, it has been seen that to obtain an effective APF-based APP solution, it is necessary to generate a convolutional vector field, limit the fundamental potential fields with exponential functions, use virtual potential fields and perform models with harmonic functions.

Özet

Otonom Yol Planlaması (OYP) yeteneği, bir mobil robotun otonom seviyesini belirleyen başlıca faktörlerden birisidir. Literatürde her ne kadar farklı yöntemler otonom yol planlaması için kullanılıyor olsa dahi, Yapay Potansiyel Alanlara (YPA) dayalı yol planlaması yaklaşımı modelleme kolaylığı ve hesaplama performansı ile oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Grid tabanlı bir yol planlaması yaklaşımı olan YPA tabanlı OYP, genellikle çok sayıda temel hareketi modelleyen itici ve çekici yönde bileşenin belirli bir denklem ile bir araya getirilmesi ve bu potansiyel alanın gradientinin hesaplanarak vektör alanın elde edilmesi ile gerçekleştirilir. Bu çalışma kapsamında, YPA tabanlı OYP amacıyla kullanılan temel modeller incelenmiş, nasıl gerçekleştirildiğine değinilmiş ve bileşke potansiyel alanın nasıl üretildiğinden bahsedilmiştir. Her ne kadar YPA tabanlı OYP yaklaşımlarının avantajları olsa dahi, yerel minimum, çok yakın konumlandırılmış engeller, osilasyon ve engellere çok yakın konumlandırılmış hedef gibi problemleri de vardır. Çalışma kapsamında bu problemlerin teker teker tanımlamaları yapılmış ve literatürde bu problemlerin çözümü için önerilen yaklaşımlara detaylı olarak değinilmiştir. Sonuç olarak etkin bir YPA tabanlı OYP çözümü elde etmek için kıvrımsız vektör alanı üretilmesi, temel potansiyel alanların üssel fonksiyonlar ile sınırlandırılması, sanal potansiyel alanların kullanılması ve harmonik fonksiyonlar ile modellemelerin gerçekleştirilmesi gerektiği görülmüştür.

Keywords: Aeronautical Engineering, National Defense, Space

Anahtar Kelimeler: Otonom Sistemler, UAV, Yapay Potansiyel Alanlar, Yol Planlaması

^{1,*} Corresponding Author: National Defense University, Istanbul, Turkey, m.emreakarsu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2051-6330>

² National Defense University, Izmir, Turkey, ocerin@msu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5176-6338>

1. INTRODUCTION

Autonomous Path Planning (APP) ability is one of the major problems for autonomous mobile robots (Zhang et al., 2022; Rybus et al., 2022). Different kinds of robots can apply different levels of autonomy. APP capabilities are seen as an important component to determine the autonomous level of a mobile robot. APP can be defined as finding the optimal or feasible path for reaching to target point while avoiding static or dynamic obstacles in the robot environment. The basic concept of APP and obstacle avoidance strategy is as given in Figure 1.

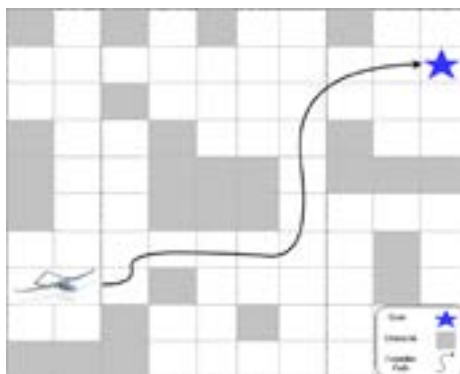


Figure 1: Problem definition scheme of Autonomous Path Planning.

As seen the Figure 1, in the 2D space APP has two major components which are the target point to achieve and obstacles to avoid. However, the figure is 2D, it is also very similar to 3D space and even though the given obstacles in the figure are static, they can be dynamic mobile in the same manner. These options are not changing the definition of APP for a mobile robot, but it affects the complexity of the solution. While there are many different approaches in the literature to implement the APP on a mobile robot, the most common ones are listed below:

- Geometric Algorithms Approach
- Evolutionary Algorithms Approach
- Grid-Based/Heuristic Approach (Klančar et al., 2022)
- Mixed Integer Linear Programming Approach
- Artificial Potential Fields
- Vector Field Histogram

Navigation characteristics and dynamic environment changes are obtained extensions of the approaches and their improvement versions as seen as an example of Rapidly Exploring Random Tree Star (RRT*) algorithm (Wang et al., 2022). Grid-based algorithms (Zammit & Kampen, 2022; Zhang & Wu et al., 2022) and their combinations with different APP approaches are common to find feasible path (Xiang et al., 2022). Especially in static environment, genetic algorithms (Lamini et al., 2018; Yuan et al., 2022) can be used to solve path planning problems like path optimization etc. Reinforcement learning method is also using to APP by mobile robots to find target point in both previously known and unknown environments (Xi et al., 2022; Wang et al., 2022; Zheng et al. 2022) Evolutionary algorithms and linear programming approaches are also other commonly using APP for autonomous systems (Chen et al., 2022; Yang et al., 2012). Evolutionary algorithms are one of the heuristic-

based approach. This approach has powerful characteristics of robustness for problem solving of complex optimization problem. Evolutionary algorithms have the ability for escaping from local minima. Creating the fitness function can be difficult. Also, it is important to find a good function that accurately represents the data. For this reason, using hybrid methods give better performance result.

Artificial Potential Field (APF) approach is one of the most common techniques in APP for mobile robots (Sabudin et al., 2021) because of collision and obstacle avoidance features are inherently a part of APP. With the collision and obstacle avoidance features, APP can be integrated in 2D environment easily for Unmanned Ground Vehicles (UGV) (Feng et al., 2021) and it is also suitable for the 3D environment, especially for Unmanned Aerial Vehicles (UAV) (Tang et al., 2019). Furthermore, these features revealed some advantages like fast response and low computational time, easy to implement in a real-time application (Szczepanski et al., 2021; Yan et al., 2021). In the APF-based path planning approach, different basic modeling approaches can be seen to model the target to be achieved and the static/dynamic obstacles to be avoided, and the production of straight, curved, spiral roads to reach the target. Combining multiple base models with a meaningful mathematical approach is enough to produce APP while avoiding obstacles and collisions.

Although APF-based path planning approaches are one of the widely used methods to obtain a high level of autonomy, especially with APP with obstacle/collision avoidance and easily adaptable for different kinds of environments, it is seen that many problems are encountered in the literature like the local minimum problem (Koren & Borenstein, 1991), the closely spaced obstacles problem (GE & Cui, 2000), and the oscillation problem (Duhé et al., 2021). The APP problems show similarities for wheeled, walking, and even flying robots, it should be considered as difficult to meet the need for 3D modeling within the framework of robots' mobility. UAV systems, the use of which has become widespread with increasing momentum in recent years, need the development of autonomous path planning approaches that can produce the optimum path that avoids static or moving obstacles and reaches the target, with the mobility capabilities of the six degrees of freedom (6DOF) in 3D space. In fact, within the path planning approach to be developed, it is necessary to find solutions that can prevent collision within a formation. By nature, 3D modeled YPA-based APP solutions are capable of meeting all these demands.

In this study, the definition of the basic models that are used for APF-based APP, the demonstration of how path planning is carried out by combining these basic APF models, the introduction of the different methods used in the literature to produce APF-Based APP, and the typical APF-based APP problems encountered during the application of common methods, in a comparative way. Also, it is aimed to explain which method overcomes these problems better. Although there are APF-based APP studies in the literature, the aim of this study is to contribute to the literature by presenting the complete solution of the basic APF problems to the reader.

The remainder of the article is organized as follows, in section 2, the APF-based path planning approach and its basic model representation is defined. Besides, potential field based major motion models for 2D and 3D environments that predict attractive, repulsive, and circular motion as examples are discussed in this section. It is mentioned how models realized using harmonic functions can offer a solution to APF-based APP probes. Section 3 describes commonly encountered problems of APF-based APP as types of defects like, the local minimum problem, the closely spaced of obstacles problem, the oscillation problem are

examined one by one. Chapter 4 explains which methods can be used to solve the traditional problems of artificial potential area-based path planning approaches. In the last part, the approaches required for the effective implementation of the YPA-based YPP problem will be evaluated together and the effectiveness of the methods will be revealed.

The motivation of this study is to explain to the reader how the artificial potential field-based path planning approach can be developed by examining the classical problems of artificial potential fields-based path planning approaches and the solution methods of these problems. In addition, it is to propose models and supports the production of algorithms in order to develop the most efficient APF-based autonomous path planning, which is abstracted from traditional problems.

2. ARTIFICIAL POTENTIAL FIELDS BASED PATH PLANNING

The APF was developed by Khatib (Khatib, 1985). During the evaluation of the basic algorithm, recently, the APF approach is commonly using for APP besides obstacle/collision avoidance for mobile robots (Li et al., 2010; Rezaee & Abdollahi, 2012)

The APF approach has two different forces and their potential fields which names are attractive force, repulsive force as defined in the basic definition of APP in Figure 1. Attractive potential field and repulsive potential fields represent the target point and obstacle in an orderly. Forces within the potential area are usually calculated based on the distance between the mobile robot position and the target/obstacle points. This distance can be converted to unit measures using grid-based spaces. The attractive force aims to move the mobile robot to the target. It is possible to define moving target points as well as dynamically define obstacles. This will cause the pulling forces to be recalculated only at certain intervals. The repulsive force is exerted by the obstacles to keep the mobile robot out of the obstacle position.

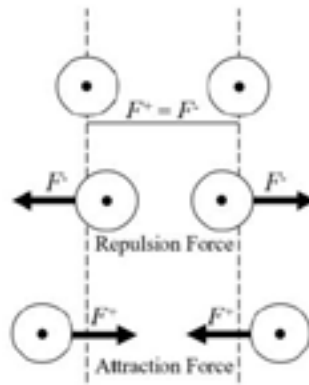


Figure 2: Basic structure of APF.

The Figure 2 shows these repulsive and attractive forces respectively. Attractive force represented by F^+ and repulsive force represented by F^- in the Figure 2. The artificial potential fields generated by U and total potential field formula is represented as in Equation (1).

$$U(p) = \sum_i U_{a_i}(p_i) + \sum_j U_{r_j}(p_j) \quad \text{Equation (1)}$$

The total potential field is represented by $U(p)$, attractive potential field is represented by $U_a(p)$ and repulsive potential field is represented by $U_r(p)$. The number of attractive forces

(i) and repulsive (j) can be increased due to the number of points in the total field. The potential fields obtained from the above equation and the basic repulsive and attractive models of the APF approach can be calculated as the sum of each component one by one for each cell of the grid-based total area where the movement will be planned, and a total potential field that can be applied for the entire area can be obtained. If we consider the moving robot as a point-charged particle in this area, the gradient of the potential field value of the cell in which the particle is located is accepted as the vector force acting on the particle instantaneously, thus representing the robot's ability to reach the target point in the most optimal way by avoiding obstacles. The directing force that is affecting mobile robot movement must be calculated again when one of the actors like the robot, target and obstacle change its position. However, the problem can be considered a bit more complex than it is in this basic definition. In the remainder of this section, sample modelling approaches are described on how to model the obstacles in the field for the creation of attractive vector and repulsive vector fields.

2.1. Attractive Force

The attractive potential field force generated by the U_a target can be described as in Equation (2).

$$U_{a_i}(p) = \frac{1}{2}k_a d(p, p_g)^2 \quad \text{Equation (2)}$$

In the equation, p point represents robot's current position, p_g point represent goal position. $d(p, p_g)^2$ is the calculation of the Euclidean distance of the robot and goal positions. k_a is a scaling factor. The attractive potential field is derived by computing the negative gradient of Equation (2) as seen from the Equation (3) as follows:

$$F_a = -\nabla U_a(p) \quad \text{Equation (3)}$$

The attractive vector force is generated by F_a in Equation (3) can be seen from the Figure 3 as an example.

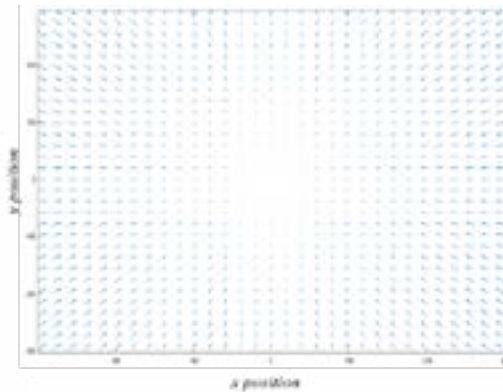


Figure 3: Basic attractive vector forces of APF.

Vector forces of the attractive field can be seen from Figure 4 for the attractive point in the APF. The attractive force strength is decreasing when robot getting closer to target.

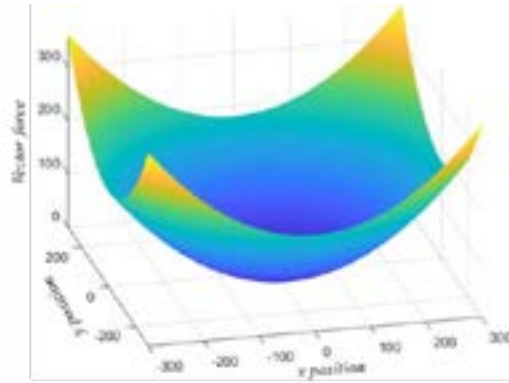


Figure 4: Basic attractive forces of APF.

2.2. Repulsive Force

The repulsive force keeps the robot away from obstacles. The repulsive potential field and force is result of total obstacle effects. So, it can be represented as in Equation (4) and each repulsive potential field can be represented as in Equation (5).

$$U_{r_j}(p) = \begin{cases} \frac{1}{2}k_{rj} \left(\frac{1}{d(p,p_{obs})} - \frac{1}{d_0} \right) & \text{if } d(p,p_{obs}) \leq d_0 \\ 0 & \text{if } d(p,p_0) \leq d_0 \end{cases} \quad \text{Equation (4)}$$

The repulsive potential field U_r is generated from obstacle locations p_{obs} . in Equation (4). k_{rj} is the repulsive field constant, p shows robot's current position and d_0 is the obstacle influence threshold. The gradient of the repulsive field is given by the Equation (5).

$$F_r = \nabla U_r(p) \quad \text{Equation (5)}$$

The repulsive force is represented by F_r in Equation (5) can be seen from the Figure 5 as an example.

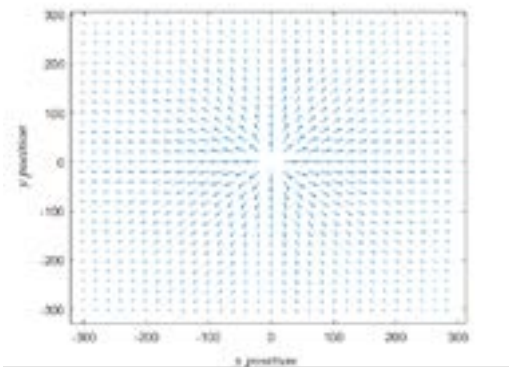


Figure 5: Basic repulsive vector forces of APF.

Vector forces of the repulsive field can be seen from Figure 6 for the attractive point in the APF. The repulsive force strength is increasing when robot getting closer to obstacle.

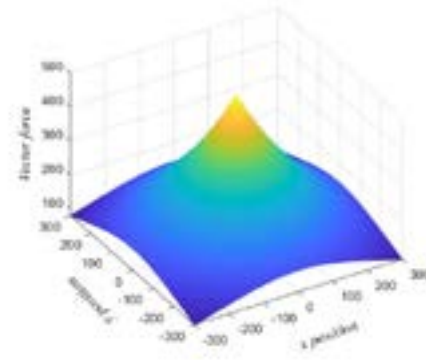


Figure 6: Basic repulsive forces of APF.

2.3. Circular Model

However repulsive and attractive models are basic structures for the APF-based APP, they are not enough to model possible attributes of the mobile robot. Because of that additional models must be defined, for example, circular, linear, etc. In this paper circular model is selected as an example model, due to the similarity of the modelling of others. The repulsive force can be represented with different geometric model like point repulsion and circular repulsion model. For circular repulsion model, every vector field can turn clockwise (CW) or counter-clockwise (CCW). With these model, different environment situation can be modelled in APF for APP.

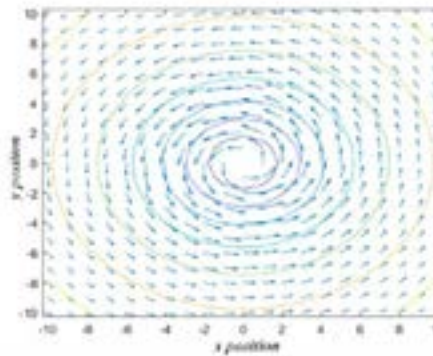


Figure 7: Basic repulsive vector forces of APF.

As seen from the Figure 7, CW/CCW attractive APF model can be obtained by using Equation (6), Equation (7) and Equation (8).

$$[g_x, g_y] = -\nabla F_{ri} \tag{Equation (6)}$$

$$g_{x_circ} = g_x * \cos\alpha - g_y * \sin\alpha \tag{Equation (7)}$$

$$g_{y_circ} = g_x * \sin\alpha + g_y * \cos\alpha \tag{Equation (8)}$$

Parameters g_x and g_y represents the gradient component of F_{r_i} and α is angle that is using for defining direction of vector. By changing sign of α CW and CCW model can be generated. g_{x_circ} and g_{y_circ} represents the new components of CW and CCW vector.

2.4. Combination of Basic Models

To produce the path in the field autonomously, different type of vector fields must be combined. However, all type of basic potential fields doesn't have to be exist in the field, usually a few types of them must be used together to obtain desired path autonomously. In this paper an attractive, repulsive, and circular basic models are used together as an example scenery.

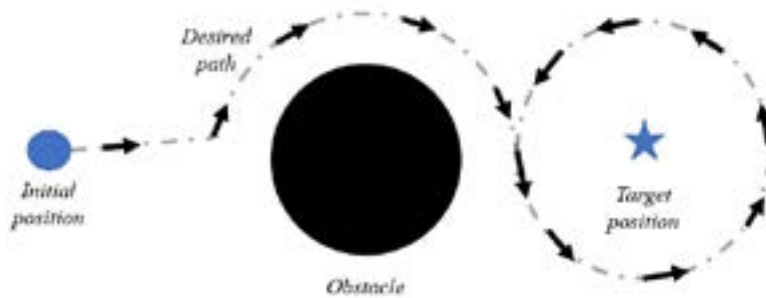


Figure 8: Desired APP result.

It can be described as a mobile robot will make a circle pattern around the target point while avoiding obstacle in the field as seen from Figure 8. It is possible to increase variety and number of basic APF models in a field.

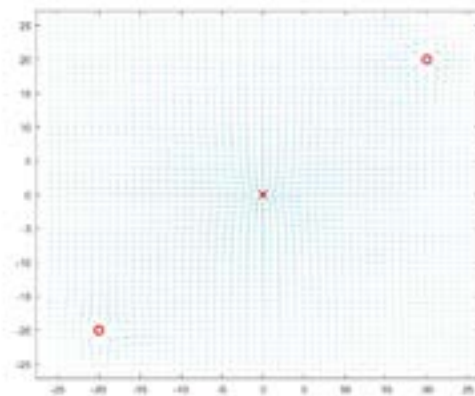


Figure 9: Combination of basic vector fields.

To achieve the path that is defined in the Figure 8, single attractive, repulsive, and circular basic APF models are generated and then combined by using Equation (1). As a result, the vector field that is shown in Figure 9 is obtained.

3. COMMON PROBLEMS OF APF BASED APP

However, APF based APP has lots of advantages and easy to implement as seen from the previous chapter it also has different defects. It is clear that grid resolution of the field, directly affect the optimum path that is generated by APF. Also, the number of obstacles, the number of models to define mobile robot behaviors and the definition of target/obstacle as static or dynamic directly affects the computation performance of the approach. But all the previously

mentioned issues are problem specific defects for the APF based APP. Furthermore, common defects can be listed as local minima, closely space of obstacle, oscillation problem and Goal Not Reachable when Obstacle are Nearby (GNRON) in the literature and they are handled in this chapter of work one by one.

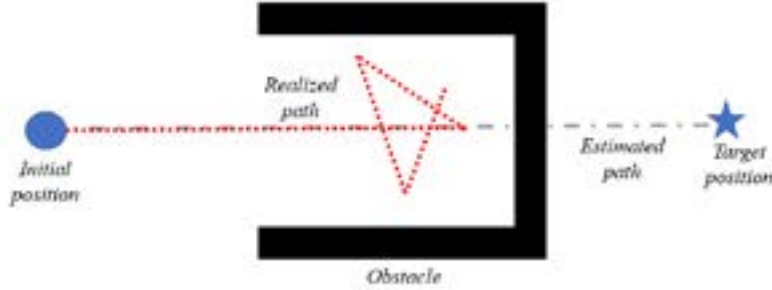


Figure 10: Local minimum problem of APF based APP.

Obstacles can be located such a point that their potential fields lead the moving robot into a dead end as seen from the Figure 10. This problem is called as local minimum problem for APF (Matoui et al., 2015). The local minimum problem usually occurs when the target point is located near and behind obstacles that are likely to create a local minimum. It occurs when the mobile robot under the attracting field effect is caught in a trap at the minimum point that occurs unintentionally due to the location of the obstacles.

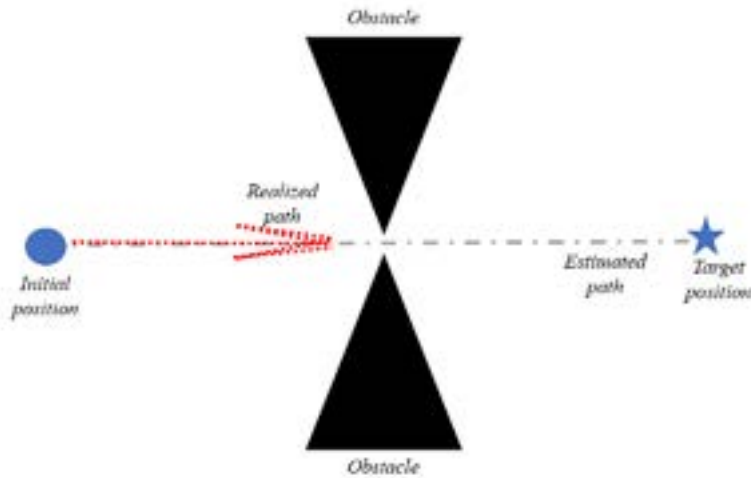


Figure 11: Closely space of obstacle problem of APF based APP.

When two or more obstacles are located close to each other, and the path that goes to target passed from this point as seen from the Figure 11, closely space of obstacle problem can be occurred (Tang et al., 2010). To reach the target point behind the obstacles, mobile robot must pass from this gab, but it is not possible under the affect of total repulsive force when the robot becomes to close the obstacles.

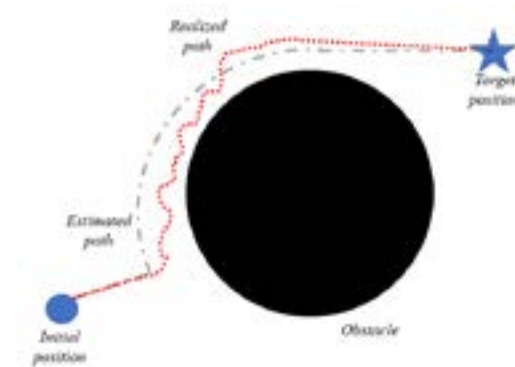


Figure 12: Oscillation problem of APF based APP.

Because of obstacle and target point position, robot makes same maneuvers in the same position as seen from the Figure 12. This problem is defined as oscillation problem in the literature (Li et al., 2021; Zheyi & Bing, 2021). This problem occurs mostly in areas defined as static. If target position and obstacle positions are dynamic, oscillation problem is not occurred. Oscillation problem can be solved by adding security margin. If robot reach the security margin, it will change its direction.

In addition, there is another problem in APF approach that is GNRON. When the goal position is near to obstacle, robot will not reach to the goal point because of attractive and repulsive force have same value.

4. A LITERATURE REVIEW FOR COMMON APF BASED APP PROBLEMS

Several methods have been suggested to solve typical common problems of APF based APP in the literature (Wang et al., 2022; Weerakoon et al., 2015; Heidari & Saska, 2021). In fact, most of the suggested methods have same manner that modification of APF or combination with different approach like fuzzy logic (Liu et al., 2021), artificial intelligent methods (Li et al., 2021, Matoui et al., 2015,) etc. In this work, we will discuss commonly used approaches to solve local minimum problem, the closely spaced obstacles problem, the oscillation problem and GNRON in traditional APF based APP approach. In fact, there are major points to achieve successful APP by using APF; first point is modelling basic components, second one can be listed as distance between components, and the last one is how to combine basic components.

To solve the local minima problem, Choi et al. (2020) developed the curl-free vector field to obstacle avoidance. They suggested to use curved based basic models instead of linear ones. The curl-free vector field is produced around an obstacle. The direction of the vector field is applied by angle differences between mobile robot position and relative position vector from the robot to the obstacle. As a result, it can prevent local minima problem but in some cases, solution can be different from optimum path.

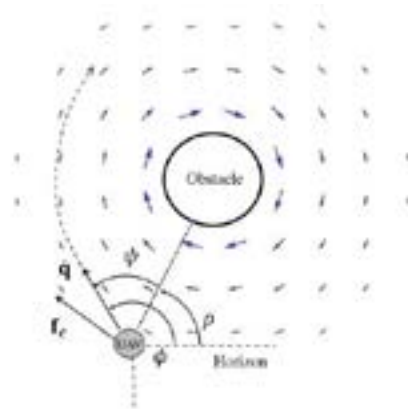


Figure 13: Concept of curl-free vector field (Choi et al., 2020).

In Figure 13, basic concept of curl-free vector field has given. The method is generated around an obstacle. ρ is the angle of relative position vector between robot and obstacle. The path angle of robot is represented by ϕ . The defined angle difference is represented by $\psi = \phi - \rho$. By using rotation matrix, vectors direction can be defined as CW or CCW. If there are many obstacles in the environment and their position is near to each other, the solution may not produce results. Furthermore, for the robots like UAVs in the 3D space, it may encounter many different types of obstacles. So, this method may not be compatible for 3D environment.

Iswanto, and colleagues were focused general problem of APF algorithm that is called local minima (Iswanto et al., 2019). The proposed a modification of the APF with adding virtual potentials to in front of the obstacle. With this approach local minima points will be eliminated by the modifying equation of the repulsive force of the APF. The Figure 14 and Figure 15 is shown effect of virtual potential field. With this effect robot avoids from obstacles. With virtual potential field approach, GNRON problem has solved.

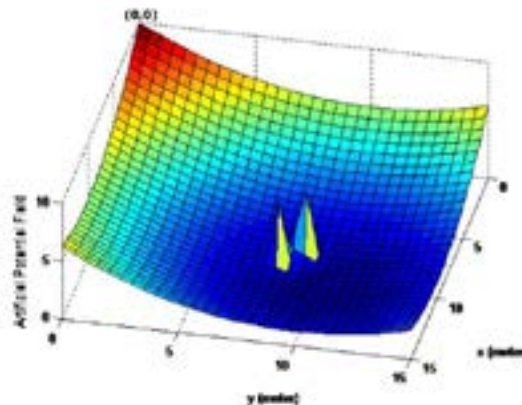


Figure 14: Khatib's potential in local minima environment (Iswanto et al., 2019).

As seen from the Figure 14, two obstacles are very closed to each other, and it is possible to reach local minimum point. Furthermore, if the goal is located closely and behind the obstacles, it is impossible to reach it by using natural form of APF based APP.

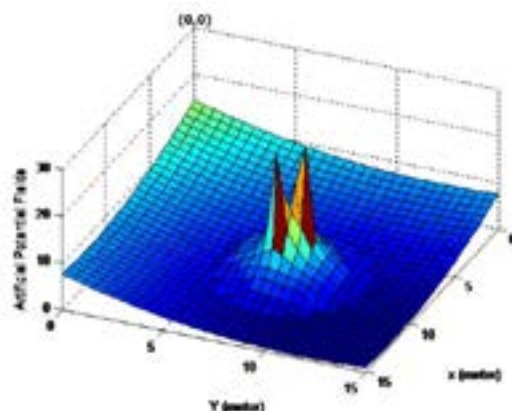


Figure 15: The proposed APF potential in local minima environment (Iswanto et al., 2019).

As seen from the Figure 15, additional virtual potential fields are added to the same field which is shown with Figure 15. By using virtual potential fields, it is impossible to reach local minimum point. Even this approach solves local minima and GNRON problem, it will increase complexity and computational time of algorithm. If robot has a unit which can be used for parallel computation like General Purpose Computing on Graphical Processing Units (GPGPU), it may use in real-time robotic applications.

Harmonic functions can be used for solution of local minima problem in APF approach. Faria, and his colleagues used harmonic functions to generate the APF and avoid obstacle without local minima problem (Faria et al., 2004). Harmonic functions to define basic components of potential field can be used as seen from Equation (9).

$$f(x, y) = -\log(\alpha(x - x_a)^2 + \gamma(y - y_a)^2) \tag{Equation (9)}$$

By using Equation (9) spherical symmetry form can be produced with changing γ variable's value. α is the magnitude factor of potential field. x_a, y_a parameters are definition of the center of the field. Thanks to low computational time and complexity of harmonic function based APF, it can be used for formation flight (Cetin & Yilmaz, 2014; Cetin & Yilmaz, 2016), dynamic/static obstacle environment, 2D and 3D space.



Figure 16: Limitation functions for basic APF components (Cetin, 2015).

Another solution for common APF based APP problems is using limitation functions, instead of combining basic components affecting all over the field. By limiting affect of the basic APF components, especially for obstacles, local minimum and GNRON problems can be solved. Different types of limit functions like rigid, linear and exponential that can be seen from Figure 16, are able to limit affect of potential field. By considering maneuver capabilities of mobile robot, usually exponential limit functions are suitable. Using linear limit functions may cause oscillation problem also in some cases.

5. CONCLUSION

In this paper, APF based APP approaches are defined in detail. As seen from the definition of APF based APP, it is easy to implement and modelling. However, besides its benefits, there are common problems like local minima, the closely spaced obstacles problem, the oscillation problem and GNRON as explained. Major drawbacks are solving the common problems together. Their limitations, chronic issues and solutions, usage areas and combination with other APP algorithms are discussed.

To achieve a real-time, in other words, it provides fast calculation opportunity, and effective path planning algorithm by using artificial potential fields, basic component of the APF must be modelling by using harmonic functions and they must be limited by using exponential functions. Besides, overcome problems such as local minima and simulation, curl-free vector fields and virtually supported potential fields must be calculated. By modeling APF with using harmonic functions while limiting basic models with exponential functions also using virtual potentials basic problems of the APF can be solved effectively.

REFERENCES

- Cetin, O. (2015). Parallel programming based path planning for multi autonomous unmanned vehicles. [Doctoral dissertation, Turkish Air Force Academy]. Dissertation ID: 397130. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Cetin, O., & Yilmaz, G. (2014). GPGPU accelerated real-time potential field based formation control for Unmanned Aerial Vehicles. 2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2014, 103-114. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2014.6842245>
- Cetin, O., & Yilmaz, G. (2016). Real-time Autonomous UAV Formation Flight with Collision and Obstacle Avoidance in Unknown Environment. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 84, 415–433. <https://doi.org/10.1007/s10846-015-0318-8>
- Chen, J., Ling, F., Zhang, Y., You, T., Liu, Y., & Du, X. (2022). Coverage path planning of heterogeneous unmanned aerial vehicles based on ant colony system. *Swarm and Evolutionary Computation*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2021.101005>
- Choi, D., Lee, K., & Kim, D. (2020). Enhanced Potential Field-Based Collision Avoidance for Unmanned Aerial Vehicles in a Dynamic Environment. *AIAA Scitech 2020 Forum, Detect and Avoid Technologies for UAS*. <https://doi.org/10.2514/6.2020-0487>
- Dai, J., Qiu, J., Yu, H., Zhang, C., Wu, Z., & Gao, Q. (2022). Robot Static Path Planning Method Based on Deterministic Annealing. *Machines* 2022, 10 (8), 600. <https://doi.org/10.3390/machines10080600>
- Duhé, JF., Victor, S., & Melchior, P. (2021). Contributions on Artificial Potential Field Method for Effective Obstacle Avoidance. *Fractional Calculus and Applied Analysis*, 24, 421–446. <https://doi.org/10.1515/fca-2021-0019>
- Faria, G., Romero, R. A. F., Prestes, E., & Idiart, M. A. P. (2004). Comparing harmonic functions and potential fields in the trajectory control of mobile robots. *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, 2004, 2, 762-767. <https://doi.org/10.1109/RAMECH.2004.1438014>

- Feng, S., Qian, Y., & Wang, Y. (2021). Collision avoidance method of autonomous vehicle based on improved artificial potential field algorithm. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 235 (14), 3416-3430. <https://doi.org/10.1177/09544070211014319>
- GE, S. S., & Cui, Y. J. (2000). New potential functions for mobile robot path planning. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 16 (5), 615-620. <https://doi.org/10.1109/70.880813>
- Heidari, H., & Saska, M. (2021). Collision-free trajectory planning of multi-rotor UAVs in a wind condition based on modified potential field. *Mechanism and Machine Theory*, 156, 104140 <https://doi.org/10.1109/STA.2015.7505223>
- Iswanto, I., Ma'arif, A., Wahyunggoro, O., & Cahyadi, A. I. (2019). Artificial Potential Field Algorithm Implementation for Quadrotor Path Planning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 2018, 10 (8). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100876>
- Khatib, O. (1985). Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. *Proceedings. 1985 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 500-505, <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1985.1087247>.
- Klančar, G., Zdešar, A., & Krishnan, M. (2022). Robot Navigation Based on Potential Field and Gradient Obtained by Bilinear Interpolation and a Grid-Based Search. *Sensors* 2022, 22 (9), 3295. <https://doi.org/10.3390/s22093295>
- Koren, Y., & Borenstein, J. (1991). Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation. *Proceedings. 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2, 1398-1404. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1991.131810>
- Lamini, C., Benhlila, S., & Elbekri, Ali. (2018). Genetic Algorithm Based Approach for Autonomous Mobile Robot Path Planning. *Procedia Computer Science*, 127, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.113>
- Li, C., Cui, G., & Lu, H. (2010). The design of an obstacle avoiding trajectory in unknown environment using potential fields. *The 2010 IEEE International Conference on Information and Automation*, 2010, 2050-2054, <https://doi.org/10.1109/ICINFA.2010.5512513>.
- Li, G., Yamashita, A., Asama, H., & Tamura, Y. (2012). An efficient improved artificial potential field based regression search method for robot path planning. *2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 2012, 1227-1232 <https://doi.org/10.1109/ICMA.2012.6283526>.
- Li, H., Gong, D., & Yu, J. (2021). An obstacles avoidance method for serial manipulator based on reinforcement learning and Artificial Potential Field. *Int J Intell Robot Appl*, 5, 186-202. <https://doi.org/10.1007/s41315-021-00172-5>
- Liu, G., Du, Y., Li, X., & Dou, S. (2021). Research on Path Planning of Logistics Storage Robot Based on Fuzzy Improved Artificial Potential Field Method. In: Liu, S., Bohács, G., Shi, X., Shang, X., Huang, A. (eds) *LISS 2020*, 265. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4359-7_19
- Matoui, F., Boussaid, B., & Abdelkrim, M. N. (2015). Local minimum solution for the potential field method in multiple robot motion planning task. *2015 16th International*

- Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA), 452-457. <https://doi.org/10.1109/STA.2015.7505223>
- Rezaee, H., & Abdollahi, F. (2012). Adaptive artificial potential field approach for obstacle avoidance of unmanned aircrafts. 2012 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2012, 1-6. <https://10.1109/AIM.2012.6305268>.
- Rybus, T., Wojtunik, M., & Basmadji, F. L. (2022). Optimal collision-free path planning of a free-floating space robot using spline-based trajectories. *Acta Astronautica*, 190, 395-408. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.10.012>
- Sabudin, E. N., Omar, R., Debnath, S. K., & Sulong, M. S. (2021). Efficient robotic path planning algorithm based on artificial potential field. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11 (6), 4840-4849. <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i6.pp4840-4849>
- Szczepanski, R., Bereit, A., & Tarczewski, T. (2021). Efficient Local Path Planning Algorithm Using Artificial Potential Field Supported by Augmented Reality. *Energies* 2021, 14 (20), 6642. <https://doi.org/10.3390/en14206642>
- Tang, J., Sun, J., Lu, C., & Lao, S. (2019). Optimized artificial potential field algorithm to multi-unmanned aerial vehicle coordinated trajectory planning and collision avoidance in three-dimensional environment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 233 (16), 6032-6043. <https://doi.org/10.1177/095441001984443>
- Tang, L., Dian, S., Gu, G., Zhou, K., Wang, S., & Feng, X. (2010). A novel potential field method for obstacle avoidance and path planning of mobile robot. 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology, 2010, 633-637. <https://10.1109/ICCSIT.2010.5565069>.
- Wang, H., Li, G., Hou, J., Chen, L., & Hu, N. (2022). A Path Planning Method for Underground Intelligent Vehicles Based on an Improved RRT* Algorithm. *Electronics* 2022, 11 (3), 294. <https://doi.org/10.3390/electronics11030294>
- Wang, S., Lin, F., Wang, T., Zhao, Y., Zang, L., & Deng, Y. (2022). Autonomous Vehicle Path Planning Based on Driver Characteristics Identification and Improved Artificial Potential Field. *Actuators* 2022, 11 (2), 52. <https://doi.org/10.3390/act11020052>
- Wang, W., Wu, Z., Lou, H., & Zhang, B. (2022). Path Planning Method of Mobile Robot Using Improved Deep Reinforcement Learning. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2022, Article ID: 5433988. <https://doi.org/10.1155/2022/5433988>
- Weerakoon, T., Ishii, K., & Nassiraei, A. A. F. (2015). An Artificial Potential Field Based Mobile Robot Navigation Method to Prevent from Deadlock. *JAISCR*, 2015, 5 (3), 189-203. <https://doi.org/10.1515/jaiscr-2015-0028>
- Xi, M., Yang, J., Wen, J., Liu, H., Li, Y., & Song, H. H. (2022). Comprehensive Ocean Information-Enabled AUV Path Planning Via Reinforcement Learning. *IEEE Internet of Things Journal*, 9, 18, 17440-17451. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3155697>

- Xiang, D., Lin, H., Ouyang, J., & Huang, D. (2022). Combined improved A* and greedy algorithm for path planning of multi-objective mobile robot. *Scientific Reports*, 12 (1), 13273. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17684-0>
- Yan, X., Jiang, D., Miao, R., & Li, Y. (2021). Formation Control and Obstacle Avoidance Algorithm of a Multi-USV System Based on Virtual Structure and Artificial Potential Field. *J. Mar. Sci. Eng* 2021, 9 (2), 161. <https://doi.org/10.3390/jmse9020161>
- Yang, L., Qi, J., & Han, J. (2012). "Path planning methods for mobile robots with linear programming" in *Proceedings of 2012 International Conference on Modelling, Identification and Control, ICMIC 2012* (pp. 641–646).
- Yuan, J., Liu, Z., Lian, Y., Chen, L., An, Q., Wang, L., & Ma, B. (2022). Global Optimization of UAV Area Coverage Path Planning Based on Good Print Set and Genetic Algorithm. *Aerospace* 2022, 9 (2), 86. <https://doi.org/10.3390/aerospace9020086>
- Zammit, C., & Kampen, E. J. V. (2022). Comparison Between A* and RRT Algorithms for 3D UAV Path Planning. *Unmanned Systems*, 10 (2), 129-146. <https://doi.org/10.1142/S2301385022500078>
- Zhang, T.W., Xu, G.H., Zhan, X. S., & Han, T. (2022). A new hybrid algorithm for path planning of mobile robot. *The Journal of Supercomputing*, 78, 4158-4181. <https://doi.org/10.1007/s11227-021-04031-9>
- Zhang, Z., Wu, J., Dai, J., & He, C. (2022). Optimal path planning with modified A-Star algorithm for stealth unmanned aerial vehicles in 3D network radar environment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 236 (1), 72-81. <https://doi.org/10.1177/0954410021100738>
- Zheng, J., Mao, S., Wu, Z., Kong, P., & Qiang, H. (2022). Improved Path Planning for Indoor Patrol Robot Based on Deep Reinforcement Learning. *Symmetry* 2022, 14 (1), 132. <https://doi.org/10.3390/sym14010132>
- Zheyi, C. & Bing, X. (2021). AGV Path Planning Based on Improved Artificial Potential Field Method, *IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Application (ICPECA 2021)*, 32-37, <https://10.1109/ICPECA51329.2021.9362519>



YAYIN KURALLARI

(<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bujse/writing-rules>)

Yazarlara Not: TÜBİTAK-ULAKBİM Fen Bilimler Veri Tabanı Komitesi, bu yayın kurallarına %100 uyulmasını istemektedir. Lütfen makaleleri bu kurallara uygun olarak hazırlayıp gönderiniz.

Beypkent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda İki kez (altı ayda bir) yayınlanır.

Hakemli ve özgün çalışmaları amaçlayan bir dergidir. Makalelerin, hakem değerlendirilmesine girmek üzere, yayın kurulu sekreterliğine yazar adı, e-postası, cep /telefonu ile gönderilmesi gerekmektedir. Yazarlar makalelerinde hakemlerin de değerlendirmelerinde dikkate alacağı aşağıdaki kriterleri de gözden uzak tutmamalıdır:

- Makalelerindeki eksenini, dayandığı temel fikri, ikincil kaynak incelemesi ve bunlara göre yeniliği, Fen ve Mühendislik Bilimleri ve uygulama alanına katkısını,
- Araştırmalarının makalenin ana eksenine katkısını, hipotez ve metodolojisi, istatistiksel analiz tekniğinin yeterliliğini,
- Makalenin mantıksal bütünlüğü ve kendilerini tatmin edip etmediğini,
- Makalenin başlığa uygunluğu ve anahtar kelimelerin makaleyi yansıtabilmesini,
- İyi kalitede bir model, şekil, tablo vb. ile öğretime katkı seviyesini değerlendirmelidirler.

Tüm makale türleri için MS Office Word şablonu mevcuttur ve yazarların makaleleri gönderilmek üzere hazırlarken MS Office Word şablonunu kullanmaları önerilir. Makalenin toplam uzunluğu 25 sayfayı geçmemelidir. Makale, MS Office Word dosyası (MS DOC, MS DOCX) olarak yüklenmelidir. Farklı formatlarda yüklenmiş dosyalar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Genel olarak, makaledeki bölümlerin sırası aşağıda belirtilen şekilde olmalıdır.

Başlık – Yazar(lar) – Yazar Bilgileri – Anahtar Sözcükler – Özet — Ana Metin [Şekiller ve Tablolar dahil] – Teşekkür – Kaynakça

Başlık: Calibri (14 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılmalı ve bütün harfler büyük yazılmalıdır (Mikroorganizma, bitki ve hayvan türleri için Latince adları gibi küçük olması gereken kelimeler hariç). Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Başlık toplamda 25 kelimeyi geçmemelidir.

Yazar(lar): Yazar bilgileri başlık sayfasında, makale metninden ayrı bir şekilde yazılmalıdır. Calibri (14 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

Yazar Bilgileri: Bütün yazarların bağlı buldukları güncel kurum bilgileri başlık sayfasında verilmelidir. Yazar bilgileri “Kurum Adı, Fakülte/Yüksekokul/MYO Adı, Bölüm Adı, E-mail, ORCID” bilgilerini içerecek şekilde olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Sorumlu yazar için bir e-posta adresi verilmelidir.

Anahtar Sözcükler: Anahtar kelime sayısı en az 3, en fazla 5 olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

Öz/Abstract: Öz ve Abstract metinleri en fazla 300 kelime olmak üzere hazırlanmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Öz ve Abstract başlıkları kalın (bold) olmalıdır. Öz ve Abstract metinlerinde, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk, satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf başında girinti kullanılmamalı ve metinler tek paragraf olarak yazılmalıdır. Öz/Abstract, araştırmanın amacı, yöntemi, bulguları, sınırlılıkları ve özgün değerini ifade edecek şekilde yazılmalıdır.

Ana Metin: Ana metin yazıları Calibri (12 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Yunanca harfler ve matematiksel karakterler simge olarak metne eklenmelidir. Denklemler ardışık sayılarla etiketlenmeli ve metin içinde atf yapılmalıdır (Örn: Denklem (1)). Denklemler düzenlenebilir formatta verilmeli, resim olarak eklenmemelidir.



Üst, alt ve sol ve sağ kenar boşlukları 2,5 cm olarak ayarlanmalıdır. Kaynaklar dahil tüm sayfalar ardışık olarak numaralandırılmalıdır.

Ana metin Giriş, Materyal & Metot (gerekli ise) ve Sonuç bölümlerinden oluşmalıdır. Tüm birincil başlıklar Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak bütün harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. İkincil başlıklar, (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Üçüncül başlıklar, Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak sadece ilk harf büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır.

Ana metin içerisinde gerektiği yerlerde tablo ve şekiller kullanılmalıdır.

Tablolar ile birlikte tablonun üst kısmında başlık ve kısa bir açıklama metni verilmelidir. Yalnızca bir veya iki sütunlu tablolardan ve yalnızca bir veya iki girişli sütunlardan kaçınılmalıdır. Tablo açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Tablolardaki dipnotların numaralandırılmasında üst indis Latin harfleri kullanılmalıdır. Dipnotlar Calibri (8 punto, Normal yazı tipi) ile yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Tüm tablolar metinde atıfta bulunulan sıraya göre Arap rakamları ile numaralandırılmalıdır (Örn: Tablo 1, Tablo 2, vb.). Metin içinde tablolara atıfta bulunulurken kısaltma yapılmadan "Tablo" sözcüğü kullanılmalıdır.

Makalede kullanılan şekil ve şemanın açıklayıcı bir başlığı olmalı ve şekil ve şema başlıklarına şeklin alt kısmında yer verilmelidir. Tüm şekiller ve şemalar metin içinde numara sırasına göre belirtilmelidir ve Arap rakamları kullanılmalıdır (Örn: Şekil 1, Şekil 2, vb.). Şekil ve şema açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 6 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. Şekillere atıfta bulunulurken, makalenin tüm bölümlerinde "Şekil" kelimesinin tamamı kullanılmalıdır.

Teşekkür: Raporlanan çalışma ile ilgili tüm finansman kaynakları, hibe numaraları ve finansman kuruluşlarının adları da dahil olmak üzere Teşekkür başlığı altında belirtilmelidir. Yazarlık kriterlerini karşılamayan herkesin katkıları, katkıda bulunanın izniyle Teşekkür bölümünde listelenmelidir. "Teşekkür" başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.

Kaynakça: Makalede kullanılan kaynaklar, kaynakça başlığı altında listelenmelidir. Ana metin içinde atıf yapılmayan kaynaklar Kaynakça listesinde yer almamalıdır. Yararlanılan kaynaklar nitelik (tez, kitap, makale, rapor vb.) ayrımı yapılmaksızın alfabetik olarak sıralanmalıdır. Kaynaklar APA 7 stiline göre yazılmalıdır. Kaynakça düzenlenirken Mendeley, EndNote veya Zotero benzeri yazılımların kullanılması önerilir. Kaynakça başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.



İLETİŞİM

Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sıraselviler Cd, 34437 Beyoğlu-İstanbul

Tel: 0212 444 1997

Faks: 0212 867 51 72

bujse@beykent.edu.tr



BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

Ayazağa - Maslak Yerleşkesi

Ayazağa - Sarıyer / İST. **Faks:** 0212 289 64 90

Beylikdüzü Yerleşkesi

Beykent - Büyükçekmece / İST. **Faks:** 0212 872 28 30

Hadımköy Yerleşkesi

Akçaburgaz Mevkii - Esenyurt / İST

Taksim Yerleşkesi

Sıraselviler - Beyoğlu / İST. **Faks:** 0212 243 02 78

Beykent Üniversitesi Çağrı Merkezi

beykent.edu.tr - info@beykent.edu.tr

444 1997