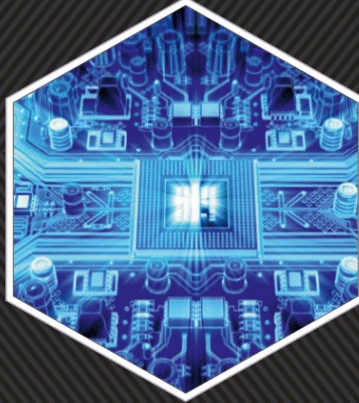




BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES



EDİTÖR: DOÇ. DR. Erdiñç AVAROĞLU
ISSN 2717 - 8579



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

CİLT 3, SAYI 1

ISSN: 2717-8579

HAZİRAN 2022



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

Dergi Hakkında

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak bilgisayar bilimleri ve teknolojileri alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

BIBTED Dergisi,

✚ Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinin amacı bilgisayar alanında yapılan özgün çalışmaları yayınlamaktır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinde **KÖR HAKEMLİK** uygulaması mevcuttur. Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayınlansın veya yayınlansın iade edilmez. Dergimizde yayımlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik vb.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe ve İngilizce olarak kabul edilmekte ancak Türkçe Kabul edilen makalenin özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

Aşağıdaki türlerdeki makaleler dergide yayına kabul edilmektedir:

- ✚ **Araştırma makalesi:** Özgün bir araştırmayı sonuçlarıyla birlikte sunan makale,
- ✚ **Derleme makale:** Bilgisayar Mühendisliği alanında belli bir konuda yeterli sayıda bilimsel makaleyi tarayıp, özetleyen, değerlendirme yapan ve bulguları yorumlayan makale,
- ✚ **Endüstriyel makale:** Bu alanda endüstride yapılan araştırma ve geliştirilen yeni ürün veya teknolojilerin açıklandığı makale,
- ✚ **Tez çalışması:** Lisansüstü düzeyde yapılan özgün bir tez çalışmasının genişletilmiş özetini içeren yazı,
- ✚ **Kitap yorumu:** Bilgisayar mühendisliği alanında yayınlanmış yeni bir kitabın tanıtılması ve değerlendirilmesi.
- ✚ **Kısa Bildiri:** Yapılan bir araştırmanın önemli bulgularını açıklayan yeni bir yöntem veya teknik tanımlayan yazılar.

Bütün yazıların Telif Hakkı Devri, yazarlarına bir form gönderilmek suretiyle alınır. Telif Hakkı Devir Formu göndermeyen yazarların yayımları işleme konmaz. Yayımlanmasına karar verilen yazılar üzerine yazarlarınca hiçbir eklenti yapılamaz.

Her yazı konusu ile ilgili en az iki hakeme gönderilerek şekil ve içerik bakımından incelettilir. Dergide yayımlanabilecek nitelikteki yazılar dizgisi yapıldıktan sonra, yazarlarına gönderilerek baskı öncesi gözden istenir. Makale içinde, dergide basıldığı haliyle gözükken hataların sorumluluğu yazarlarına aittir. Hata, editörlük ofisinden kaynaklandığı takdirde düzeltme yayımlanabilir.

Derginin Kapsamı;

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinin kapsamı, akıllı sistemler, algoritmalar, benzetim, bilgisayar ağları, bilgisayar grafiği, bilgisayarla görme, bilgisayar mimarisi, bilgiye erişim, bilimsel hesaplama, bilişim güvenliği, biyoformatik, kriptografi, paralel işleme, doğal dil işleme donanım, görüntü işleme, hesaplama kuramı, işaret işleme, işletim sistemleri, makine öğrenmesi, mobil sistemler, modelleme, tıbbi bilişim, veri madenciliği, veri tabanı sistemleri, yazılım mühendisliği, siber güvenlik, yapay zeka dahil olmak üzere bilgisayar bilimleri ve teknolojilerin tüm alanları içerir.

Yayımlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı

ISSN

2717-8579

WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bibted>

İletişim

eavaroglu@mersin.edu.tr / ttuncer@firat.edu.tr / kemaladem@gmail.com



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

EDİTÖR

Doç. Dr. Erdinç AVAROĞLU

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar Mühendisliği, Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI

Doç. Dr. Taner TUNCER

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar Mühendisliği, Elâzığ

Dr. Öğr. Üyesi. Kemal ADEM

Aksaray Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi / Yönetim Bilişim Sistemleri, Aksaray

EDİTÖR KURULU

- **Prof. Dr. Zeki YETKİN, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. İsmail KOYUNCU, AYFON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Murat TUNA, KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEWİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Erhan AKKAYA, İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Lutfiye KUŞAK, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Fatma Bünyal ÜNEL, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ACI, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Soner KIZILOLUK, TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Selman YAKUT, TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ**

DANIŞMA KURULU

- **Prof. Dr. Ahmet Bedri ÖZER, FIRAT ÜNİVERSİTESİ**
- **Prof. Dr. Murat YAKAR, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. Fatih ÖZKAYNAK, FIRAT ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ACI, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Murat TUNA, KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. İsmail KOYUNCU, AYFON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

DİL EDİTÖRLERİ

- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEWİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Erhan AKKAYA, İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**
- **Arş. Gör. Dr. Dilek SABANCI, GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

MİZANPAJ

- **Arş. Gör. Semih KAHVECİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Arş. Gör. Ramazan AKKURT, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

İçindekiler

Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ; RESEARCH ARTICLES;

S.No

-
- 10-16 *Siber Saldırı ve Savunmanın Matematiksel Modellemesi*
Mathematical Modeling of Cyber Attack and Defense
Muharrem Tuncay GENÇOĞLU
- 17-22 *Zaman Pencereci Evde Bakım/Beslenme Hizmeti Yönlendirme Problemi İçin Karınca Koloni Algoritması*
Ant Colony Algorithm For Household Care / Nutrition Service Direction Problem With Time Window And Fuzzy Demand
Burak CAN, Hamza EROL
- 30-37 *İndüstriyel Robot Kol Rijit Dinamik Analizi Kullanılarak Endüstriyel Robot Kol Rijit Dinamik Analizi*
Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Endüstriyel Robot Kol Rijit Dinamik Analizi
Oğuzhan ÇAKAR, Murat ALÇIN

DERLEME MAKALELERİ; REVIEW ARTICLES;

S.No

-
- 1-9 *Türkiye’de Robotik Süreç Otomasyonu*
Robotic Process Automation in Turkey
Hatice ÖZDEM, Muazzez Pınar BORA
- 23-29 *Bankacılık Sektöründe Yazılım Test Süreçlerinin Önemi ve Yöntemleri*
The Importance of Software Testing Processes and Methods in the Banking Sector
İsmail ÖZTÜRK



Derleme Makalesi

Türkiye’de Robotik Süreç Otomasyonu Hatice Özdem*¹, Muazzez Pınar Bora²

^{1,2}Fibabanka Ar-Ge Merkezi, Şişli, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Robotik Süreç
Otomasyonu,
Dijital Dönüşüm,
Otomasyon

ÖZ

Bu çalışma, dünyada gelişmekte olan teknolojik akımlardan biri olan Robotik Süreç Otomasyonunun ne olduğunun, geçmişten bugüne gelişiminin, bugün bulunduğu noktada getirilerinin ve gelecekte nelerin gerçekleşebileceğine yönelik öngörülerinin sunulduğu bir derleme çalışmasıdır.

Tekrar eden büyük hacimli ve kural tabanlı işleri, yazılımsal robotlar aracılığıyla, hataya yer bırakmadan, durmaksızın çalışarak, hem zaman hem de maliyet anlamında verim kazandıran teknolojik bir inovasyon olan Robotik Süreç Otomasyonu anlatılırken çeşitli çalışmalardan faydalanarak farklı ve vizyoner bir bakış açısı sunulmaya çalışılmıştır. Bu teknolojinin Türkiye’de geldiği noktaya ve sektörler tarafından ne oranda tercih edildiğine yönelik yapılan çalışma ve izlenimlere değinilerek geleceğe yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Robotic Process Automation in Turkey

Keywords:

Robotic Process
Automation,
Digital Transformation,
Automation

ABSTRACT

This study is a compilation study of Robotic Process Automation, which is one of the developing technological trends in the world, its definition, its development from past to present, its benefits at the point where it is today and its predictions about what can happen in the future.

While explaining Robotic Process Automation, which is a technological innovation that provides efficiency in terms of both time and cost by working without errors, non-stop, repetitive large-volume and rule-based works through software robots, a different and visionary perspective has been tried to be presented by making use of various studies. The studies and impressions about the point this technology has reached in Turkey and how much it is preferred by the sectors in Turkey are mentioned and suggestions for the future are made.

*Sorumlu Yazar

*(hatice.ozdem@fibabanka.com.tr) ORCID ID 0000 – 0002 – 6590 – 0793
(pinar.bora@fibabanka.com.tr) ORCID ID 0000 – 0001 – 6071 – 6295

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 11/10/2021; Kabul Tarihi: 06/12/2021

1. GİRİŞ

1.1. Robotik Süreç Otomasyonu Nedir?

Dijital teknolojilerin geçirdiği evrim ve günümüzde ulaştığı nokta gözlemlendiğinde her geçen gün yeni birçok teknolojinin yükselişe geçtiği görülmektedir. Farklı teknolojilerin ve sistemlerin gelişimine bağlı olarak yükselen teknolojilerden biri de Robotik Süreç Otomasyonu (Robotic Process Automation-RPA)'dur. Robotik Süreç Otomasyonu, Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management-CRM) ve Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning-ERP) sistemlerinin iş dünyasında başlattığı değişim ile birlikte günümüzün yükselen teknolojilerden birisidir.

Veri bilimi (Data Science), Makine Öğrenmesi (Machine Learning-ML) ve Yapay Zeka (Artificial Intelligence-AI) kavramlarının gelişmesiyle, iş ve teknoloji dünyasında hangi işlerin robotlar veya makineler tarafından otomasyona uğrayacağı sorusu sorulmaktadır. RPA ise bu noktada klasik "içten dışa" otomasyonun aksine "dıştan içe" otomasyon yaklaşımıyla insanların iş yapış biçimini değiştirmeyi amaçlamaktadır (van der Aalst vd., 2018). Bu otomasyonun asıl amacı sanayi endüstrisindeki otomasyona paralel olarak iş süreçlerini otomatize etmek ve masrafları azaltırken verimliliği artırmaktır.

Robot kavramı denilince endüstrinin birçok alanında gelişme gösteren ve araştırma konusu olan çeşitli robotlar akla gelebilir. Çalışma alanlarına, donanımsal-yazılımsal farklara veya çeşitli diğer etmenlere bağlı olarak farklılaşan robotlar ile ilgili Gürgöze ve Türkoğlu'nun (2019) yaptıkları çalışma kapsamlı bir bakış sunmaktadır. Ancak Robotik Süreç Otomasyonunda geçen robot kavramı ile fiziksel robotlar değil yazılımsal robotlar ifade edilmektedir (URL-1). Yani dijital çalışan olarak rutin ofis işlerini otomatize eden bir yazılımdan bahsedilmektedir. Temelde yazılım robotları ana cihaza bağlı olarak çalışan bir AI sistemidir. Ancak RPA sadece AI sistemlerinden ibaret bir teknoloji olarak algılanmamalıdır. RPA, farklı teknolojilerin becerilerini kendinde toplayarak önemli bir otomasyon imkanı sunan ve gelişimine devam eden bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır.

RPA sistemleri temel olarak bilgi girişi, veri kopyalama, veri ayrıştırma, uygulamaları açma, dokümanları tarama, formları doldurma gibi büyük hacimli, tekrar eden ve belirli kurallara bağlı işleri üstlenerek çalışanların zaman ve enerjilerini katma değerli ve bilgi birikimine dayanan işlere yönlendirmesi için ortaya çıkmış bir teknolojidir. Gartner'ın belirttiği ifadelerde ise robotların çalışma mantığı şu şekilde tanımlanmaktadır: "Robotik süreç otomasyonu araçları, tipik olarak kullanıcı arabirimi (User Interface-UI) etkileşimlerinin bir kombinasyonunu kullanarak veya istemci sunucularını, ana bilgisayarları veya Hiper Metin İşaretleme Dili (Hypertext Markup Language-HTML) kodunu yönlendirmek için Uygulama Programlama

Arayüz (Application Programming Interface-API)'lerine bağlanarak yapılandırılmış veriler üzerinde "if, then, else" ifadelerini gerçekleştirir." (URL-2). Robotlar çalışanlar tarafından gerçekleştirilen işleri daha hızlı ve düşük maliyetle yaparlar. Tekrar eden işlemleri asgari düzeyde kod gereksinimi ile Bilgi Teknolojileri (BT) sistemlerinde büyük bir değişiklik ihtiyacı olmadan gerçekleştirirler. Bu da BT önceliklerinin beklenmesine gerek kalmadan geliştirme imkanı sunan RPA'nın en önemli tercih sebeplerinden biridir. Arka planda yapay zeka, makine öğrenmesi, veri analizi gibi yaklaşımları kullanan RPA, bu teknolojilerin gelişmesiyle kendi gelişimini sürdürmeye devam etmektedir.

Bu araştırmada genel anlamda yazılımsal robotların iş süreçlerinde nasıl kullanıldığı, robotik süreç otomasyonunun ne anlama geldiği ve bu teknolojinin geçmişten geleceğe nasıl uzanabileceği yönünde bir derleme sunulmaktadır. Ayrıca dünyada gelişmeye devam eden bu teknolojinin Türkiye'deki bilinirliğine ve hangi sektörlerde kullanıldığına dair bilgiler ve izlenimler sunulmuştur.

2. RPA'NIN GELİŞİM SÜRECİ

2.1. Nasıl Gelişti ve Gelecekte Ne Öngörülüyor?

Yıllar içerisinde artan ihtiyaçlar ve paralelinde gelişen teknolojiyle büyüyen bir sektöre sahip olan RPA'nın gelişiminde birçok teknolojinin yanı sıra bazı öncül teknolojilerden söz edilebilir. Bunlar Makine Öğrenmesi (ML), Ekran Kazıma (Screen Scraping), İş Akışı Otomasyonu (Workflow Automation) ve Yapay Zeka (AI)'dir.

1959 yılında Arthur Samuel tarafından yapay zeka yaratmak amaçlı başlatılan çalışmalar sonucu icat edilen ML kavramının gelişmesi ile RPA kavramının temelleri oluşmaya başlamıştır (URL-3). ML algoritmalarını kullanan bilgisayarların metinler üzerinde yaptıkları denemeler, insan dilinin nasıl işleneceği konusunda yapılan araştırmaları tetiklemiş ve Doğal Dil İşlemenin (Natural Language Processing-NLP) geliştirilmesine katkı sunmuştur. NLP, yapay zekadan faydalanarak bilgisayarlar tarafından metin veya ses verilerinin işlenmesi ve anlaşılmasıyla insanlara benzer şekilde tepkiler oluşturmaya olanak tanıyan bir teknolojidir (URL-4). Bu teknolojinin ilerlemesi aynı zamanda yapay zekadaki gelişmeleri de etkilemiştir. Bu gelişmeler RPA'nın gelişiminde ileriye dönük temelleri oluşturan adımlardır.

1990'lı yılların başında oluşan ve otomasyon anlamında önemli gelişmelerden ilki Ekran Kazıma teknolojisidir. Ekran Kazıma, otomasyonun veri girişi, veri taşıma ve entegrasyon adımlarının önemli bir parçasıdır (URL-5). Bu teknoloji; gerekli veriyi başka bir belge, yazılım, ekran, web sitesi veya uygulamanın çıktısından elde etme temeline dayanmaktadır. Bir diğer teknolojik gelişme olan İş Akışı Otomasyonu ile insan görevlerini azaltmak için

otomatikleştirilmiş yönetim araçları kullanılır. Bunlar tekrar eden ve kuralları belirli görevleri manuel olmaktan kurtarmaya yönelik çalışan sistemlerdir. Bu gelişmeler 2000'li yılların başında RPA'nın ortaya çıkmasını desteklemekle kalmayıp bazı farklılıklarla şu anki çalışma sistematığında de yer almaktadır.

Yapay zekanın ise bilgisayarların ve robotların insana ait temel bilişsel fonksiyonları öğrenmesi ve uygulaması ile Robotik Süreç Otomasyonu kavramı güçlenmiştir. Güçlenen bu kavram aracılığıyla birçok sektöre uzanan bir otomasyon teknolojisi olarak konumlanmasına katkı sunulmuştur.

Bu teknolojik gelişmelerle birlikte büyük hacimli operasyonlarını yürüten firmalar, RPA teknolojisini kullanmakta hatta gelişimi ve devamlılığı için bir nevi öncülük yapmaktadır. Teknolojik altyapılarıyla her geçen gün manuel süreçlerden uzaklaşarak dijitalleşme yolculuğunda olan birçok sektör, RPA'nın getirmiş olduğu verimlilik potansiyelinden faydalanmaktadır. Firmalar, olabildiğince çok sayıda ve katma değeri düşük operasyonel süreci robotlara vererek yeni iş yapış modellerine ve müşteri kazanımına odaklanmayı tercih etmektedir.

Gartner'ın 2020'nin Eylül ayında yayınladığı RPA pazar payı araştırmasında küresel ölçekte 2019'un bir önceki yılına kıyasla %62.93 büyüme gerçekleştiği görülmektedir (bkz. Tablo 1). Tablo 1'de 2019 yılına ait veriler gerçek verileri yansıtırken, 2020 ve 2021 yılları öngörülen verileri yansıtmaktadır. Araştırmada COVID-19 krizinin yarattığı pazar baskısına rağmen RPA'nın çift haneli rakamlarda büyümesini sürdürdüğünü ve 2024'e kadar da bu şekilde devam edeceği beklentisinin altı çiziliyor.

Tablo 1. Küresel Ölçekte RPA Yazılım Geliri Tahminleri

	2019	2020	2021
GELİR (\$M)	1,411.1	1,579.5	1,888.1
BÜYÜME (%)	62.93	11.94	19.53

Kaynak: (Gartner, 2020)

2016-2028 yılları arasında RPA yazılımlarının ve servislerinin büyüme oranlarını öngören bir araştırma, 2021 yılının Nisan ayında Grand View Research tarafından yayınlanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda elde edilen veriler Gartner araştırmasını desteklemektedir. Araştırma sonuçlarına göre 2020'de 1,57 milyar dolar olan pazar büyüklüğünün 2028 yılına kadar %32.8 büyümesi beklenmektedir (bkz. Şekil 1). Çalışma 2021 yılında gerçekleştiği için 2022-2028 yılları arasındaki veriler tahmini verilerdir. 2021 yılında RPA pazar geliri 1.89 milyar dolar iken 2028 yılında 13.74 milyar dolar olması beklenmektedir.



Şekil 1. Yazılım ve Servis Bazında RPA Pazar Payı Büyüklükleri (Grand View Research, 2021)

Pandemi döneminde değişen alışkanlıklar ve iş yaşamı düşünüldüğünde otomasyona yönelimin artacağı, işletmelerin daha az maliyet, zaman kaybı ve insan gücü ile olan bu çalışma modelini tercih etmesi beklenmektedir. Sektörlerin dijitalleşmesi ve teknolojinin de gelişmesiyle RPA kendine yeni uygulama alanları yaratırken mevcut uygulama alanlarını da genişletmiştir. RPA'nın küresel ölçekte uygulama alanlarına bağlı dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu uygulama alanları ve sektörlerden bazıları şu şekildedir:

- Bankacılık ve finans,
- Sigortacılık,
- Sağlık ve ilaç,
- Bilgi teknolojileri,
- Haberleşme ve telekomünikasyon,
- Perakende,
- İnsan kaynakları,
- Kamu hizmetleri,
- Gayrimenkul,
- Ulaşım ve lojistik,
- İmalat,
- Enerji sektörleri.



Şekil 2. RPA'nın Küresel Ölçekte Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı (Grand View Research, 2021)

2.2. Neden RPA?

- RPA, mevcut BT sistemlerine göre daha az zaman, sermaye ve altyapı ile uyarlanabilir
- Operasyonel görev ve süreçlerin çevikliğini, verimliliğini, düzenlemelere ve standartlara uygunluğunu artırır
- Hata ve risk payını minimuma indirir

- 7/24 çalışabilir
- Özellikle büyük hacimli işlerde kayda değer şekilde maliyet ve iş gücü tasarrufu sağlar
- Kaynakların katma değerli işlere ayrılmasına olanak tanır ve verimlilik artışı sağlar
- Uygun olan süreçlerde operasyonel maliyeti %20 ile %75 oranları arasında düşürebilir
- Diğer yazılım geliştirme aşamalarına göre iş süreçlerinin otomasyonunu kolaylıkla sağlar
- Daha iyi müşteri hizmeti için süreçlerde katkı sunar
- Kullanıcının tecrübeye ve bilgi birikimine dayalı işlerde deneyimini artırır
- Operasyonel süreçlerde pozitif yönlü ivme kazandırır
- Kurumsal sistemlerde kesintisiz entegrasyon sağlar
- Hızlı karar vermede kolaylık sağlar
- Denetim kolaylığı sağlar

Şekil 3'te RPA'nın başlıca faydaları görülmektedir.

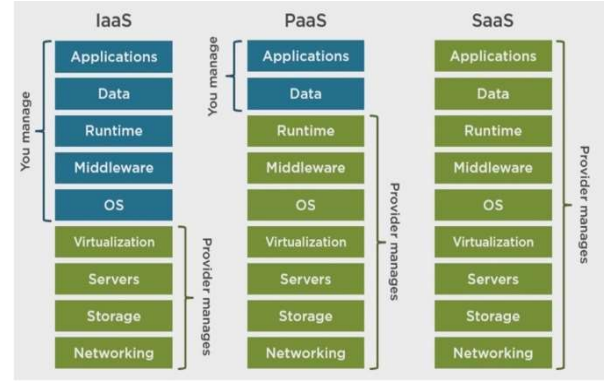


Şekil 3. RPA'nın Faydaları

3. RPA SİSTEMİ

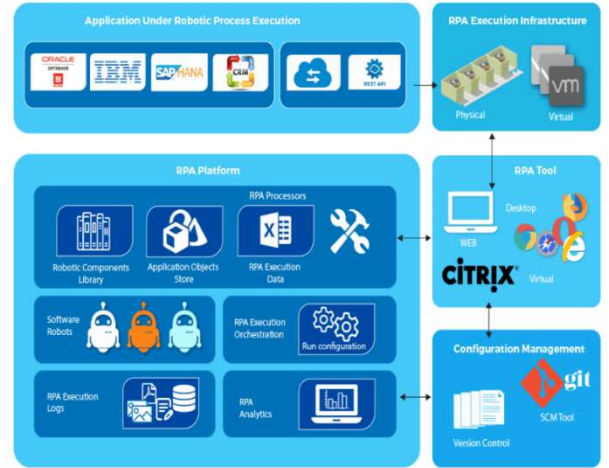
3.1. RPA Mimarisi Nedir?

Uygulamalarda veri tabanı ile bağlantılı çalışan sistemlerde işlemler yapılırken veriye erişim, verinin nasıl kullanılacağı ve kullanıcı tarafından nasıl görüntüleneceği yönünde mimarilerden yararlanılmaktadır (URL-6). Ölçeklenebilen, esnek ve çevik bir iş modeli oluşturmak ve iş akışını optimize etmek için ise masaüstü uygulamaların yanı sıra bulut mimari tercih edilmektedir (URL-7). Yaygın olarak kullanılan genel bulut servis modelleri (public cloud services) ise şunlardır: Servis Olarak Altyapı (Infrastructure As A Service - IaaS), Servis Olarak Platform (Platform As A Service - PaaS), Servis Olarak Yazılım (Software As A Service - SaaS) (URL-8). Bu sistemlere ilişkin açıklayıcı görsel Şekil 4'de gösterilmektedir.



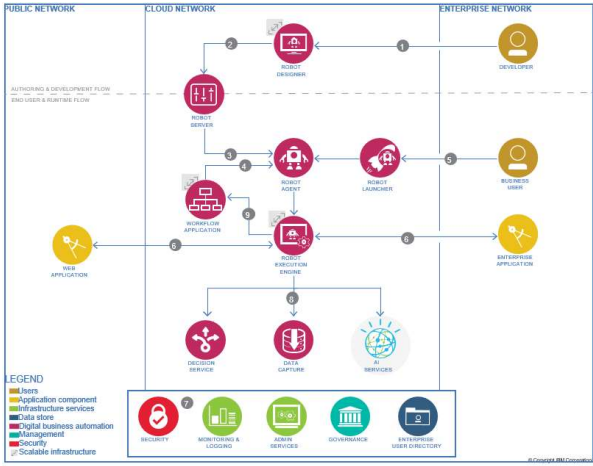
Şekil 4. Genel Bulut Servis Modelleri Gösterimi (URL-8)

Tetikleyici ve kural tabanlı bir otomasyon hizmeti olan Robotik Süreç Otomasyonu ise masaüstü ve bulut tabanlı (URL-9) çalışabilen bir yazılım robotudur. RPA mimarisi farklı bileşenler, araçlar ve platformların birlikte çalışmasıyla iş akışı otomasyonunu sağlayan teknoloji bütünüdür. Çeşitli uygulama katmanları ve araçların kullanıldığı bir RPA çözümüne ait mimari görseli Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. RPA çözüm mimarisi (URL-10)

Bu mimari ile içeriğe anında erişim, iş uygulamalarıyla bağlantı, yönetim ve uyumluluğun sağlanması konusunda kolaylıklar sağlanmaktadır. RPA mimarisinde yaygın olarak SaaS kullanılsa da ihtiyaçlara göre kullanım tercihleri hibrit olarak güncellenebilmektedir. Örnek bir RPA sürecine ait mimari Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Referans RPA Mimarisi (URL-11)

RPA mimarisi üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler bir sonraki başlıkta anlatılmaktadır.

3.2. RPA Nasıl Çalışır?

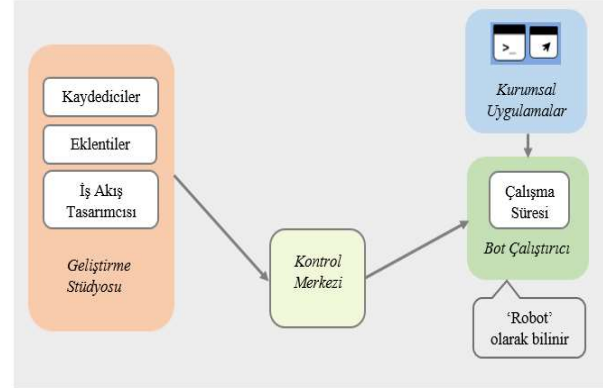
RPA yazılımları genellikle iş süreçlerinin oluşturulduğu bir geliştirme ortamı, o işleri gerçekleştiren sanal işçiler yani robotlar ve bu işlerin kontrol edildiği bir kontrol panelinden oluşur.

Geliştirme ortamı, iş süreçlerini adım adım oluşturmaya ve ölçeklenebilir düzeyde görevleri tanımlamaya izin verir. Masaüstü / bulut tabanlı çalışır ve robotik süreçleri kodlamak için kullanılır.

Robotlar, önceden tanımlanmış görevleri yerine getirmek için uygulamalarla entegre olarak çalışan ve geliştirme ortamında oluşturulan bot'ların çalıştırıldığı uygulamadır. Bot'lar görev yürütmenin her adımında kapsamlı günlükler (log kayıtları) tutar. Bunlar denetleme ve izleme gibi analiz çalışmalarında yardımcı olur. Robotlar, Attended (İnsan Müdahaleli), Unattended (İnsan Müdahalesi Olmayan) ve Hibrit olmak üzere üç çeşittir (URL-12). Attended robotlar küçük hacimli ve tekrarlayan ön ofis (front office) işlerinde bireysel kullanıcıya yardımcı olan ve kullanıcıyla etkileşimli çalışan robotlardır. Unattended robotlar kullanıcının etkileşimine ihtiyaç duymadan genellikle arka ofis (back office) gibi uzun süreçlerin otomasyonunda kullanılan robotlardır. Bir süreci baştan sona çalıştırabilecek şekilde kodlanmışlardır. Hibrit robotlar ise yapay zeka aracılığıyla tek bir çözümde attended ve unattended robotların kullanıldığı robot türüdür.

Kontrol paneli, kontrol odası veya orkestratör / bot denetleyicisi (orchestrator / bot controller) gibi farklı adlandırmalara sahip ve tüm sistemin kontrol merkezi olan yapıdır. Bot türleri, sürüm versiyonları, uygulamaların ve sunucuların kimlik bilgileri gibi çeşitli bilgileri tutan bir depo görevi görmektedir. Ayrıca bot kodlarının yönetildiği ve aktivitelerinin denetlenip analiz sonuçlarının gösterildiği paneldir. Geliştirme ortamında oluşturulan robot komut dosyaları, doğruluğu kontrol edildikten sonra robot

sunucusu üzerinde tutulur. İş gerçekleştiren birim veya geliştirici tarafından robot tetiklendiğinde çalışmaya başlar. RPA bileşenlerini gösteren şema ise Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. RPA Bileşenleri (URL-13)

3.3. RPA Sürecinin İşleyişi

3.3.1. Sürecin Uygunluk Kriterleri

RPA sürecinin başlayabilmesi için öncelikle sürecin otomasyona uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. RPA kural tabanlı ve tekrar eden işlerin otomasyonunda verimli çalışmaktadır ancak bu her işin robotlar tarafından yapılabileceği anlamına gelmemektedir. Bu sebeple yapılan çalışmalar sonucunda hangi süreçlerin otomasyona uygun olduğunu tespit edebilmek için aşağıdaki soruları içeren bir uygunluk matrisi ile sorgulama yapılmasına karar verilmiştir. Burada örnek bir banka kuruluşunda yer alan RPA Uzmanlık Merkezi çalışanlarının belirlediği kriterlere yer verilmiştir. Sürece dair planlamalar uygunluğun verilmesinin ardından müşteri veya ilgili birimler ile görüşülerek detaylıca analiz edilir ve uygulama aşamaları sırasıyla uygulanır.

- Süreç adı
- Erişilen sistemler ve ekranlar
- Süreç adımları
- Aylık işlem adedi
- İşlem süresi
- Sürecin tamamı dijital ortamda tamamlanıyor mu?
- Kural tabanlı mı?
- Mevcutta işleyen bir süreç mi?
- Sürecin işleyişinde birden fazla sistem kullanılıyor mu?
- Süreçte kullanılan verinin tamamı yapılandırılmış ve temizlenmiş mi veya potansiyel içeriyor mu?
- Süreçte captcha'lar veya "ben robot değilim" kontrolleri var mı?
- Süreçteki sistemlerin tamamı bir sonraki çeyrekte değiştirilmeden kalacak mı?

3.3.2. Sürecin Uygulanma Aşamaları

RPA sürecinin işleyişinde dört temel adımdan söz edilebilir. İlk adım, otomasyon amaç ve hedeflerinin belirlendiği, gerekliliklerin çıkarıldığı, çalışmanın süresinin ve kazanımlarının hesaplandığı aşamaları içeren planlama aşamasıdır. İkinci olarak mevcut otomasyon seviyelerinin, işin karmaşıklığının belirlendiği, sektör / fonksiyon / süreç önceliklendirmesinin yapıldığı, maliyet analizinin hesaplandığı ve otomasyonun işe olan etkilerinin değerlendirildiği hesaplama ve uygunluk aşaması bulunmaktadır. Ardından servis sağlayıcıların kapasitelerinin değerlendirildiği, uygulama programı üzerinde kararın verildiği uygulama modelinin seçilmesi aşaması gelmektedir. Son aşamada ise ön analiz (Proof of Concept-PoC) inisiyatifinin belirlendiği, devam eden süreçte PoC başarı oranlarının gözlemlendiği, operasyonel verimliliğin ve kazanımların Tam Zamanlı Eşdeğer cinsinden (FTE-Full-Time Equivalent) hesaplandığı canlıya geçiş süreci bulunmaktadır. Bu aşamalar sonrası tüm adımlar uygunsa otomasyon süreci başarılı bir şekilde hayata geçirilmiş olmaktadır. Ortalama bir RPA sürecinin geliştirilme aşamasında PoC süresi yaklaşık 2-4 hafta arasında olurken tüm sürecin uygulanmaya konulması 6-8 hafta aralığında gerçekleşmektedir (URL-14).

3.4. RPA Roller ve Sorumlulukları

Otomasyon süreçlerinin doğru ve verimli şekilde yürütülebilmesi adına bazı rol ve sorumluluklar atanmıştır. Bu roller temelde süreç tasarımcısı (process designer), otomasyon mimarı (automation architect) ve ürün yöneticisi (production manager) olmak üzere üç tanedir. Ancak otomasyonun başarılı bir şekilde uygulanması ve yönetilebilmesi için kapsamlı bir ekip oluşturulması önerilmektedir. İşin kapsamına göre proje yöneticisi, iş ve süreç analisti, süreç denetleyicisi, çözüm geliştiricisi, danışman gibi birçok rol otomasyon ekibine dahil edilebilir.

Süreç tasarımcısı mevcut süreci gerçekleştiren kişilerle iletişime geçerek süreci doğru şekilde anlayan kişidir. Süreç tasarımcısının süreci kurumsallaştırma ve bu sürece dair hesap verebilme sorumlulukları bulunmaktadır.

Otomasyon mimarı RPA araçlarını kullanarak otomasyon sürecini tasarlayan kişidir. Geliştirici düzeyinde deneyimin bulunması ise bu role sahip kişilerde avantaj sağlamaktadır.

Ürün yöneticisi ise test edilip hayata geçirilen sürecin işleyişinin sorumluluğunu yürüten kişidir. Süreçlerin doğru zamanlarda çalıştırılıp çalıştırılmadığını kontrol eder ve varsa hataların bildirimini sağlar. Sürece dair iyileştirme önerilerini ise süreç tasarımcısına iletir. Sürece dair roller ve sorumluluklara ait görseller Şekil 8'de gösterilmektedir.



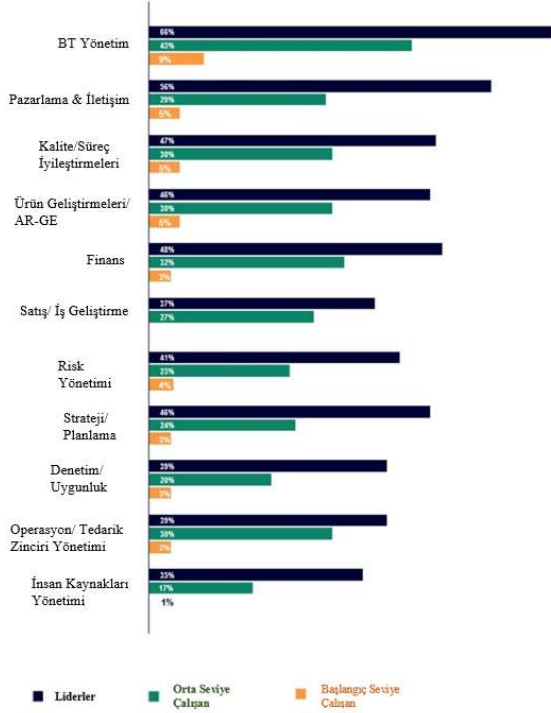
Şekil 8. Çekirdek bir RPA ekibine ait roller ve başlıca sorumluluklar (URL-15)

4. SEKTÖRLERDE RPA UYGULAMALARI NELERDİR?

RPA; yazılım robotlarını kullanarak web, masaüstü veya sanal (citrix) ortamlarda kural veya yazılım tabanlı görevleri gerçekleştirebilir. Bu görevlere örnek olarak aşağıdaki işlemler verilebilir:

- Excel tablolarından veri alıp işleme veya işlenen verileri excel formatında sunma
- PDF veya metin belgelerinden veri alma
- E-postaları ve eklerini açma, oluşturma, yönetme
- FTP (File Transfer Protocol-Dosya Transfer Protokolü) bağlantıları üzerinden dosya transferleri
- API yardımı ile uygulamalar ve sistemler arasında bağlantı kurma
- Periyodik raporlama
- İstatistikleri tutma, hesaplamalar yapma
- Klasör oluşturma, dosyaları kopyalayıp yapıştırma
- Arşivleme
- Uygulamaları başlatma, kullanıcı girişi yapma, formları doldurma
- İnternet ve veri tabanı aracılığı ile çeşitli işlemleri gerçekleştirme

Birçok sektör yukarıda sadece bir kısmı bahsedilen uygulamaları ve daha fazlasını RPA kullanarak otomatize etmekte ve yüksek verimlilik sağlamaktadır. Bu sektörlerin neler olduğu ve yönetici, orta seviye işte çalışan ve yeni başlayan pozisyonlarının temel alındığı kullanıcı seviyelerinde ne oranda RPA'den faydalandığını gösteren bilgiler Şekil 9'da gösterilmektedir.



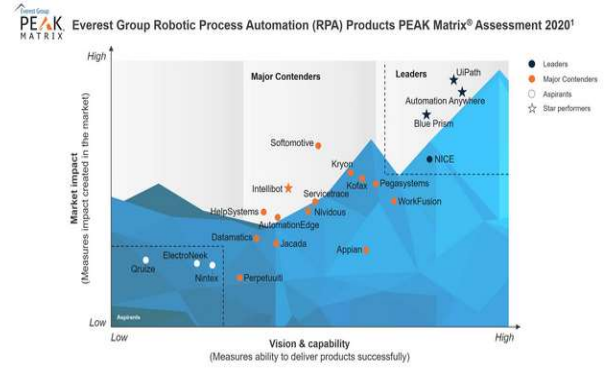
Şekil 9. RPA'nın sektörel kullanım ve kullanıcı seviyesi oranları (URL-16)

Kullanılan sektöre göre çeşitlilik kazanan fonksiyonlara sahip RPA için bazı sektörler ve belirli uygulamaları Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Farklı sektörlere ait RPA uygulama alanları (URL-17)

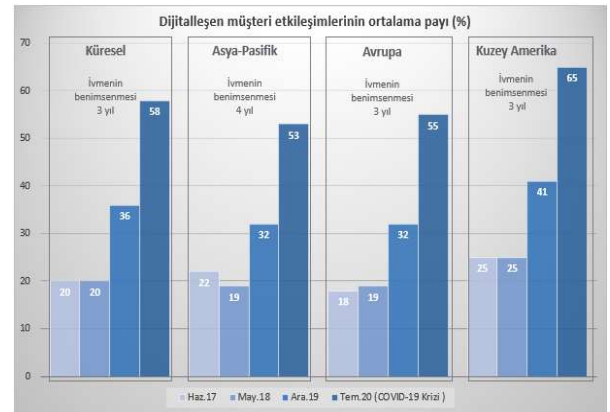
Tüm bu özelliklere sahip olan RPA yazılım ve servislerinin sektörde ilk tedarikçisi 2001 yılında kurulan Blue Prism şirkettir. Ardından 2003 yılında şirketler için uçtan uca otomasyon sunacağını söyleyen Automation Anywhere şirketi sektöre giriş yapmıştır. Kısa bir süre sonra, 2005 yılında kurulan ve mevcut şirket altyapısıyla kolay entegre edilebilen platformlar sunan UiPath şirketi hızlı bir büyüme yakalamıştır. Gelişen yenilikler ve pazarın büyümesiyle küresel ve yerel ölçekte birçok RPA şirketi kurulmuş veya RPA servisi sağlanmaya başlanmıştır. Everest Group araştırmasında RPA tedarikçilerinin ürünlerini teslim etmelerine ve pazardaki etkilerine bakarak şirketleri sıraladığı araştırma Şekil 11'de görüldüğü gibidir.



Şekil 11. RPA Şirketleri Pazar Payı Araştırması (URL- 18)

5. COVID-19 KRİZİ VE RPA

2020 yılı başlarında patlak veren salgının iş dünyasında ve süregelen çalışma alışkanlıklarında köklü değişikliklere yol açtığı ve birçok sektörün ciddi şekilde etkilendiği çeşitli araştırmalarda görülmektedir. Küresel anlamda yaşanan pandeminin etkilerine odaklanan bir araştırma McKinsey & Company tarafından Kasım 2020'de yayınlanmıştır. Yapılan araştırma, hem müşterilerin hem de şirketlerin çarpıcı şekilde dijital kanallara yönelmesi ile COVID-19 krizinin Şekil 12'de de görüleceği üzere dijitalleşmeyi 3-4 yıl arasında hızlandırdığını göstermektedir. 2020 yılında pandemi ile birlikte 2017-2019 yıllarına kıyasla artan dijitalleşme oranları tespit edilmiştir.



Şekil 12. Dijitalleşen müşteri etkileşimlerinin ortalama payı (%) (Mckinsey & Company, 2020)

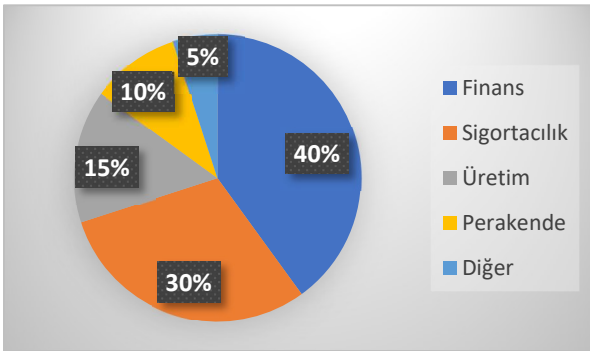
Salgının artan seyriyle mecburi uzaktan çalışmaya geçen şirketler, pandeminin getirdiği teknolojik ve finansal zorluklar, küresel kısıtlamalar gibi olumsuz koşullarla karşı karşıya kalmıştır. Şirketler hızlı aksiyon alabilecekleri, insanların iş yükünü azaltabilecekleri, yönetilebilir ve sürdürülebilir teknolojik yeniliklere yönelirlerken uzaktan çalışma altyapısına yapılan yatırımlar artmaktadır. Bu yatırımlardan biri de RPA teknolojisidir. Siderska (2021) tarafından yapılan ve 110 Polonya hizmet şirketini kapsayan anket çalışmasında, çalışanların %60'ı RPA çalışmaları sayesinde iş süreçlerinin sağlıklı bir şekilde devam

ettiğini iletmiştir. Yine ankete katılanların yaklaşık yarısı RPA araçları kullanımı sayesinde gerçekleştirilen sipariş ve işlem sayılarındaki artışı ifade etmişlerdir. Çalışmada RPA teknolojisinin kullanılabilirliğine yönelik özellikler ile işletmeler ve şirketler tarafından benimsenmesinin arttığı da ortaya konan unsurlardandır. Böylelikle Kregel'in RPA'nın zamanla benimsenmesinin artışı ile teknolojik olgunluğa ulaşacağı iddiası desteklenmektedir (Siderska, 2021).

6. BULGULAR VE SONUÇ

Dünyada yapay zeka, makine öğrenmesi, veri analizi, bilgisayarların kapasitesi, donanımsal gelişimi, internet altyapısı gibi altyapıların ve teknolojilerin gelişmesiyle kendi gelişimini hızla sürdüren RPA teknolojisine sağladığı ve sağlayabileceği faydalar iş dünyasının birçok sektöründe ilgi çekici ve heyecan verici gelişmelerden biri olarak takip edilmektedir. Henüz teknolojik olgunluğunu tamamlamamış ancak bu amaçla ilerleyen RPA'nın çalışma kapsamında Türkiye'deki bilinirliğinin sorgulanması sonucu elde edilen izlenimler ise şöyledir:

RPA, kısa vadede sektörünün öncüsü olmayı planlayan büyük şirketlerin veya az maliyetle hızla kar etmeyi düşünen küçük-orta ölçekli işletmelerin veya dijital dönüşümün bir parçası olmak isteyen ve adından söz ettirmek isteyen yönetimlerin odağında olan bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Hangi sektörlerin ne oranda tercih ettiğine yönelik yapılan dar kapsamlı anket çalışmasında elde edilen sonuçlar ise Şekil 13'te görüldüğü gibidir.



Şekil 13. Türkiye'de RPA'nın Sektörel Kullanım Oranları (%)

RPA, geleceğe yönelik yapılan öngörülerde büyümesi beklenen teknolojilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu tarafından Ekim 2020'de yayınlanan İşlerin Geleceği Raporuna göre yapılan tahminlerde robot kullanımının artmasıyla 2025 yılında çalışan insan sayısı ile robot sayısı eşitlenecek denilmektedir (World Ekonomik Forum, 2020). Çalışan insanların ise yarısının uzaktan çalışmaya geçeceği öngörülmektedir. İnsanların gelecekte işlerini kaybedebileceği korkusuna da yanıt veren çalışma 2025 yılına kadar 85 milyon iş tanımının ortadan kalkarken 97 milyon

yeni iş tanımının ortaya çıkacağını belirtmektedir. Buradan anlaşılıyor ki robotlar ve otomasyon teknolojisi ile gelen teknolojik dönüşümde, insanların işlerini kaybetmek yerine artacak iş tanımlarına yönelik yeni yetkinlikler kazanarak kendilerini dönüştürmeleri beklenmektedir. Ortaya çıkacak yeni istihdam alanlarına hazırlanmak değişimin olumlu yönde gerçekleşmesine katkı sunacaktır. Sonuç olarak tüm bunlar gösteriyor ki doğru stratejiler ile geleceği daha inovatif, verimli ve insana değer veren teknolojilerle inşa etmek mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

Gartner (21 Eylül 2020). *Gartner Says Worldwide Robotic Process Automation Software Revenue to Reach Nearly \$2 Billion in 2021*. Mayıs 2021 tarihinde

<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-09-21-gartner-says-worldwide-robotic-process-automation-software-revenue-to-reach-nearly-2-billion-in-2021> adresinden erişildi.

Grand View Research (Nisan 2021). *Robotic Process Automation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type, By Service, By Application, By Deployment, By Organization, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028*. (Report ID: GVR-1-68038-145-0).

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/robotic-process-automation-rpa-market> adresinden erişildi.

Gürgöze, G. & Türkoğlu, İ. (2019). Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31 (1) , 53-66.

McKinsey & Company Anketi (5 Kasım 2020). *How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever> adresinden erişildi.

Siderska, J. (2021). The Adoption of Robotic Process Automation Technology to Ensure Business Processes during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 13, 8020. <https://doi.org/10.3390/su13148020>.

van der Aalst, W. M. P. , Bichler, M. & Heinzl, A. (2018). Robotic Process Automation. *Business & Information Systems Engineering*, 60, 269–272. <https://doi.org/10.1007/s12599-018-0542-4>

World Economic Forum. (Ekim 2020). *The Future of Jobs Report October 2020*. Eylül 2021 tarihinde http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf adresinden erişildi.

URL-1: KPMG Türkiye, (2018). *Robotik Süreç Otomasyonu*. Eylül 2021 tarihinde <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2018/11/robotik-surec-otomasyonu.pdf> adresinden erişildi.

URL-2: Information Technology Gartner Glossary. *Robotic Process Automation Software*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/robotic-process-automation-software> adresinden erişildi.

URL-3: Robomotion (04 Nisan 2021). *History of Robotic Process Automation (RPA)*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.robomotion.io/blog/history-of-rpa/> adresinden erişildi.

URL-4: IBM Cloud Education (02 Temmuz 2020). *Natural Language Processing (NLP)*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.ibm.com/cloud/learn/natural-language-processing> adresinden erişildi.

URL-5: UiPath. *Screen Scraping software for desktop and web*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.uipath.com/solutions/technology/screen-scraping> adresinden erişildi.

URL-6: İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı (08 Eylül 2013). *Çok Katmanlı Mimari*. Eylül 2021 tarihinde <https://bidb.itu.edu.tr/sevir-defteri/blog/2013/09/08/%C3%A7ok-katmanli%20B1-mimari> adresinden erişildi.

URL-7: Intel. *Bulut Mimarisi Tasarımına Giriş*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.intel.com.tr/content/www/tr/tr/cloud-computing/cloud-architecture.html> adresinden erişildi.

URL-8: Ünal, E. (31 Ocak 2018). *Bulut Mimarisinin Temelleri*. Eylül 2021 tarihinde <https://enginunal.medium.com/bulut-mimarisinin-temelleri-111489c61fd7> adresinden erişildi.

URL-9: Techslang. *What is RPA-as-a-Service?* Eylül 2021 tarihinde <https://www.techslang.com/definition/what-is-rpa-as-a-service/> adresinden erişildi.

URL-10: Naveen (güncellenme tarihi: 7 Haziran 2021). *RPA Architecture*. Eylül 2021 tarihinde [https://intellipaat.com/blog/tutorial/rpa-](https://intellipaat.com/blog/tutorial/rpa-tutorial/architecture-pattern-of-rpa/)

[tutorial/architecture-pattern-of-rpa/](https://intellipaat.com/blog/tutorial/rpa-tutorial/architecture-pattern-of-rpa/) adresinden erişildi.

URL-11: IBM Cloud Architecture. Mayıs 2021 tarihinde <https://www.ibm.com/cloud/architecture> adresinden erişildi.

URL-12: Şen, S., E. (17 Şubat 2020). *RPA Türleri: Attended, Unattended ve Hybrid RPA!* Eylül 2021 tarihinde <https://medium.com/@s.erdem/rpa-t%C3%BCrleri-attended-unattended-ve-hybrid-rpa-438908627d54> adresinden erişildi.

URL-13: Java T point. *Components of RPA*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.javatpoint.com> adresinden erişildi.

URL-14: Aydın B. (29 Haziran 2020). *RPA Nedir? Robotic Process Automation (RPA)*. Eylül 2021 tarihinde <https://trexakademi.com/rpa-nedir-robotic-process-automation-rpa/> adresinden erişildi.

URL-15: Joseph Mellwyn. *Integra Global Solutions. The People Who Deliver And Manage Your Bots And Botforce*. Ekim 2021 tarihinde <https://www.globalintegra.com/blog/?p=2239> adresinden erişildi.

URL-16: PRP Business Solutions. *RPA Hangi Departmanlarda Gelişiyor? RPA'in Departmansal Gelişimi*. Eylül 2021 tarihinde <https://prpbs.com/makaleler/rpa-hangi-departmanlarda-gelisiyor.html> adresinden erişildi.

URL-17: Quindazzi M. *42 Functions for RPA in the Future of Work*. Eylül 2021 tarihinde <https://twitter.com/mikequindazzi/status/1061847062671736832> adresinden erişildi.

URL-18: UiPath. *Everest Group Robotic Process Automation Products PEAK Matrix® Assessment 2021*. Eylül 2021 tarihinde <https://www.uipath.com/resources/automation-analyst-reports/everest-group-peak-matrix-rpa> adresinden erişildi.



Araştırma Makalesi

Mathematical Modeling of Cyber Attack and Defense Muharrem Tuncay Gençoğlu*¹

¹Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elazığ, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Game theory
Cyberdefense
Cyberattack
Cybersecurity

ABSTRACT

In this paper, a new game formulation is proposed that combines simulation and game-theoretical approaches to the application of security games in cyberspace. The model presented here builds upon a security economic approach that models the adversary and defender motives and goals in the context of empirically derived countermeasure efficacy metrics. The approach is based on a two-player strategic game to determine optimal strategy selection for both adversary and defender. Besides, not only the solution to the game but also a mathematical and graphical representation of “what if” scenarios in the context of the game.

In this study, it has been shown that game-theoretic calculations can serve as a useful tool for identifying effective strategies in cyberwar games. For scenarios that need to penetrate multiple layers in a defense-in-depth security configuration, the calculation of the attacker's and defensive costs and the probability of infiltration requires the presence of cost-benefit matrices and probability matrices. Inspection of the matrices allows players to deduce preferred strategies based on game-theoretical equilibrium solutions. The matrices also help in analyzing the anticipated effects of potential human-based choices of wargame strategies and counter-strategies. Also, a mathematical game-theoretical form has been defined. This paper shows how game-theoretical calculations can indeed provide a useful tool for effective decision-making during cyber wars.

Siber Saldırı ve Savunmanın Matematiksel Modellemesi

Keywords:

Oyun Teorisi
Siber Savunma
Siber Saldırı
Siber Güvenlik

ÖZ

Bu bildiride, siber uzayda güvenlik oyunlarının uygulanmasında simülasyon ve oyun-teorik yaklaşımları birleştiren yeni bir oyun formülasyonu önerilmiştir. Burada sunulan model, ampirik olarak türetilmiş karşı önlem etkinlik ölçütleri bağlamında rakip ve savunucu güdülerini ve hedeflerini modelleyen bir güvenlik ekonomik yaklaşımı üzerine kurulmuştur. Yaklaşım, hem rakip hem de savunma oyuncusu için en uygun strateji seçimini belirlemede iki oyunculu bir stratejik oyuna dayanmaktadır. Ayrıca, sadece oyunun çözümü değil, aynı zamanda oyun bağlamında “ya olsaydı” senaryolarının matematiksel ve grafiksel bir temsili de verilmiştir. Bu çalışmada, oyun teorik hesaplamalarının siber savaş oyunlarında etkili stratejilerin belirlenmesinde faydalı bir araç olarak hizmet edebileceği gösterilmiştir. Derinlemesine savunma güvenlik yapılandırmasında birden çok katmana nüfuz etmesi gereken senaryolar için, saldırganın ve savunma maliyetlerinin ve sızma olasılığının hesaplanması, maliyet-fayda matrislerinin ve olasılık matrislerinin varlığını gerektirir. Matrislerin incelenmesi, oyuncuların oyun-teorik denge çözümlerine dayalı olarak tercih edilen stratejileri çıkarmasına izin verir. Matrisler ayrıca, potansiyel insan temelli savaş oyunu stratejileri ve karşı strateji seçimlerinin beklenen etkilerinin analiz edilmesine de yardımcı olur. Ayrıca matematiksel oyun-teorik bir form tanımlanmıştır. Bu makale, oyun-teorik hesaplamaların, siber savaşlar sırasında etkili karar verme için gerçekten nasıl yararlı bir araç sağlayabileceğini göstermektedir.

*Sorumlu Yazar

*(mtgencoglu23@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-8784-9634

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 20/09/2021; Kabul Tarihi: 22/01/2022

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

1. INTRODUCTION

Today, the physical environment is rapidly leaving its place in cyberspace, so the dependence on time and space is greatly reduced. However, with the help of technology, people have become more dependent on cyberspace. This situation has led to an increase in the abuse of information systems for economic, social, political or ideological reasons. This situation, which is a very serious threat to the security of information, carries a risk that may cause loss of life and property and deterioration of the stability of the countries. It is important to analyze these risks and determine the measures that can be taken. Because cyberattacks are carried out against the critical infrastructures of the countries, it is vital to identify and implement the appropriate strategies by examining the strategies for the analysis of risks in determining defense methods (Eren vd., 2020).

An important element in the mathematical and scientific foundations for security is modeling the strategic use of information. In this modeling, game theory is very important as it has practical uses in determining optimal strategies (Kiekintveld vd., 2015). When we examine some theoretical game approaches that model the interaction between attacker and defender, we see that different games are used to examine the actions of the defender and the attacker (Do vd., 2017). One of the important elements in the scientific foundations of cybersecurity is the use of mathematical modeling in strategy determination.

The widespread use of information technology systems in the military field has changed the face of the battlefield and the nature of warfare. E.g.; It is possible to see the game between an attacker and a defender trying to gain remote access to computers and the strategic interaction in this area. There are many studies in the literature that game theory can be a solution to many problems in cyber defense. We even know that there is a lot of debate about how game theory can be applied in cyberspace (Sokri, 2019).

This study, where the sources of motivation are the issues mentioned above; is aimed to reveal the gains and losses by creating mathematical modeling over a cyberattack and defense scenario and determining the optimal strategies of the countries. For this purpose, game theory and some basic concepts will be explained in the second part of the study. In the third chapter, a scenario will be determined in which one of the two countries, A and B, expresses the offensive capabilities and the defense capabilities of the other and their strategies. Based on this scenario, a return matrix will be created by calculating the returns of countries with the help of a mathematical model. In the fourth part; By simplifying the calculated return matrix, the returns for the strategies of the countries in the scenario will be calculated and

optimal strategies will be determined. Then, these strategies will be sorted out and mixed optimal strategy/strategies will be determined.

In the conclusion part, a mathematical model that determines the maximum earnings and minimum losses of the countries in the scenario will be presented. With the help of this model, numerical results will be given for the attack and defense.

The approach put forward in this paper provides the following contributions:

1. The detection of security economic models for both the attacker and the defender.
2. The introduction of a simple two-person strategic game-theoretic model using the security economic models.
3. Determining and applying optimal strategies.

2. GAME THEORY AND FORMULATION

Any event that involves combat is the game. Game theory deals with the analysis of games (Guseinov, 2010). The game theory examines decision-making issues with multiple interacting decision-makers, including adversarial situations where two or more agents have opposite goals (Kiekintveld vd., 2015). Game theory is used as a framework to model situations where there is more than one decision-maker (player) in many disciplines (Osborne, 2004, Shoham vd., 2009).

Game theory involves formulating a decision-making problem as a game where two or more players make decisions so that one player's decisions affect the decision of the other (Sanjay, 2015). The game is defined as a set of strategies and wins for each player. Players are assumed to be rational and their goal is to maximize the returns (utility) they get from participating in the game. All players expect other players to be rational as well. Rationality in general assumes perfect and complete information among players about each other's strategies and payoffs. Perfect knowledge refers to the ability to observe the actions of other players, while complete information refers to the recognition of the identity of other players involved and the response to specific strategies. In the context of incomplete information in which players do not know the strategies of their opponents, a Bayesian game based on the probability distribution of actions in the strategy set can be modeled (Harsanyi, 1967).

There are three types of return functions: zero-sum; fixed sum and nonzero-sum. In zero-sum games, one player's wins are the opposite of the other's losses. Whatever one player wins, the other must lose. This assumes that the opponent's evaluation functions are inverted. In fixed-sum games, only one player will have a non-zero payoff at any given time, and no restrictions are applied to the structure of the result in non-zero-sum games (Aumann vd., 1995). He argues that zero-sum

assumptions in cyber warfare are not reasonable because state actors have different goals and priorities (Hamilton vd., 2002). He suggests that the non-zero-sum model is the most realistic in the context of such a knowledge war (Burke, 1999).

The goal of the game is to find a balanced solution, that is, to find the best result or payoff for players that take into account the decisions of all other players. In classic optimization terms, this is a locally optimal solution to the problem for a player. One of the most basic solutions for a game is the minimum solution that minimizes the maximum expected loss of a player. Nash Equilibrium is achieved when a unique, optimal strategy is available for each player corresponding to each opponent's move (Gibbons, 1992). If the probability of choosing a strategy for a particular scenario is 1, the strategy is said to be pure. But in most cases, opponents do not have complete knowledge or are undecided about the nature of the game and a pure strategy is not clear. In this case, a stochastic model called a mixed strategy is used, in which a probability associated with certain strategies is defined.

Games can and may not be collaborative. Collaborative games are often modeled when mechanisms are available to implement certain behavior sets (resources). If cooperative strategies can be undertaken in cyber warfare, non-cooperative games can be modeled. Based on the results obtained from non-cooperative models, policy recommendations can be made to reduce cyberwar problems. The perfect knowledge also includes the concept of perfect recall or the historical knowledge of the strategies chosen by each player. While the process of building trust and negotiation in cyber warfare is expected to be excellent, cyber warfare strategy games are expected to have offensive and defensive capabilities to lack knowledge. It is assumed that only perfect knowledge can be simplified in modeled situations.

Generally, games are either static or dynamic. In static games, the decisions of all players are made at the same time, without knowing the decisions made by the other players. Dynamic games include a series of games in which strategies can be reassessed based on previous choices made by the players involved. In the context of cyber warfare, dynamic games can exist when attack tactics involve multiple steps and trials. At the same time, defense mechanisms can allow recognition of previous attacks to protect systems and affect future behavior. Therefore, ranking over time is an important component of cyber warfare (Libicki, 1997). However, it is also reasonable to assume static games as many cyberattacks happen without the knowledge of the attack. We will use a static model for the scenario in this study. In the application of this model, the mathematical

formulation used in solving 2xn games will be used (Guseinov, 2010).

3. CYBER OFFENSIVE AND DEFENSE SCENARIO

Algorithms that enable the making of cybersecurity decisions based on solid foundations and game models that allocate cybersecurity resources to different tasks have been developed (Andrew vd., 2014). In this section, we will compute the payoff matrix by creating a different game scenario.

Let there be two countries like A and B. These two countries are at war with each other in cyberspace. Country A has two cyber weapons (any cyber-attack method) and its purpose is to damage the targets of country B, provided that country A attacks and country B is the defender. Four networks can be used for this purpose. A can send both cyber weapons to B's targets using the same or different networks. Country B has four cyber defense systems. Its purpose is to protect itself from A's attacks. Defense systems detect and prevent cyber weapons from using the network on which they are located. If one of the defense systems is placed on any possible network that will be attacked, the cyber weapon using this network will be blocked by the defense system. If this network uses two cyber weapons, the defense system on it can block one of the weapons (attackers) and the other will reach the target. If there are two defense systems on the network where the attack is made, it will be blocked in two attacks and the target will be protected.

If country A reaches the target, its gain will be accepted as 1, if not, it will be considered as 0. Possible strategies to be used by A and B countries should be determined as follows;

I₁: Attacks are made from different networks.

I₂: Attacks are made from the same networks.

II₁: A defense system is placed on each network.

II₂: Two defense systems are placed on two networks, while the other two networks remain exposed.

II₃: While two defense systems are placed on a network and one defense system is placed on the other two networks, a network remains exposed.

II₄: Three defense systems are placed in a network, one defense system is placed in a network, while the other two networks remain exposed.

II₅: Four defense systems are placed on a network; the other three networks remain exposed.

To reveal which of these strategies are necessary, to find the payoff matrix of the mentioned cyber warfare game;

Case I:

Let's calculate the returns, namely g_{ij} ($j=1,2,3,4,5$) when country A attacks with strategy I_1 .

Step 1:

If country A attacks with the I_1 strategy, it will send cyber weapons over different networks. So, since there are 4 networks in total, country A attacks using different networks;

$\binom{4}{2} = \frac{4!}{2!.2!} = 6$, it can be realized in 6 different ways.

Step 2:

If country B defends with the II_2 strategy since there will be 1 defense system on each network, 2 of the cyberweapons in each of the 6 options of country A will be blocked. So the target will be protected. In this case, country A payoff;

$$g_{11}^A = g^A(I_1II_1) = \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} = 0.$$

Step 4:

If country B defends with the II_3 strategy, there will be 2 defense systems on 1 network, one defense system on the other 2 networks, and 1 network will be open. Since each cyber-attack is carried out from different networks, the target will be achieved in 3 of the 6 options of country A, and the target will be protected in 3. Country A payoff;

$$g_{13}^A = g^A(I_1I_3) = \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2}.$$

5. Step:

If country B defends with the II_4 strategy, the other 2 networks will be open, 1 of which will have 3 defense systems, 1 over 1 defense system. Since cyber-attacks are carried out over different networks, the target is protected in only one of the 6 possible options of A, and the target is reached in each of the other 5 options. Country A payoff;

$$g_{14}^A = g^A(I_1I_4) = \frac{0}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{5}{6}.$$

Step 6:

If B defends with the II_5 strategy, there will be 4 defense systems on 1 network, while the other 3 networks will be open. Since each attack takes place over different networks, in each of the A's 6 options, the attack will reach the target. A payoff;

$$g_{15}^A = g^A(I_1I_5) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = 1.$$

Case II:

Let's calculate the returns, namely g_{2j} ($j=1,2,3,4,5$) when country A attacks with strategy I_2 .

Step 1:

If country A attacks with the I_2 strategy, since it will send both of the attack weapons from the same network and there are four networks, it can do cyber-attacks in four different ways,

$$\binom{4}{1} = \frac{4!}{3!.1!} = 4.$$

Step 2:

If country B defends with the II_1 strategy, it will reach the target in each of A's 4 options in both attacks, since there will be a defense system on each network. Payoff will be

$$g_{21}^A = g^A(I_2II_1) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 1.$$

Step 3:

If country B defends with the II_2 strategy, it reaches the target in 2 of the 4 options of A in 2 attacks and is blocked in 2. A payoff

$$g_{22}^A = g^A(I_2II_2) = \frac{0}{4} + \frac{0}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}.$$

Step 4: If B defends with II_3 strategy, 3 of A's 4 options reach the attack target and 1 is blocked. The payoff of A is

$$g_{23}^A = g^A(I_2II_3) = \frac{0}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}.$$

5. Step:

If B defends with II_4 strategy, attacks are blocked in 1 of the 4 options of A, and at least one of the attacks will reach the target in 3 of them. A payoff

$$g_{24}^A = g^A(I_2II_4) = \frac{0}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}.$$

Step 6:

If country B defends with the II_5 strategy, attacks in 1 of the 4 options of A are prevented, and at least one of the other 3 options will reach the target. A payoff

$$g_{25}^A = g^A(I_2II_5) = \frac{0}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}.$$

Thus, all the payoffs of this cyber warfare scenario $g_{ij}(i=1,2; j=1,2,3,4,5)$ will be calculated. Hence the payoff matrix of this game

It is written in the form of

$$G = \begin{matrix} & II_1 & II_2 & II_3 & II_4 & II_5 \\ \begin{matrix} I_1 \\ I_2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 5/6 & 1/2 & 5/6 & 1 \\ 1 & 1/2 & 3/4 & 3/4 & 3/4 \end{bmatrix} \end{matrix}_{2 \times 5}$$

3.1. Analysis of the Payoff Matrix

To simplify the payoff matrix

$$G = \begin{matrix} & II_1 & II_2 & II_3 & II_4 & II_5 \\ \begin{matrix} I_1 \\ I_2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 5/6 & 1/2 & 5/6 & 1 \\ 1 & 1/2 & 3/4 & 3/4 & 3/4 \end{bmatrix} \end{matrix}_{2 \times 5}$$

we will do this between the I_j strategies with the same value. Since $II_4 \geq II_5$, If extract II_5 strategy

G_1 is obtained;

$$G_1 = \begin{matrix} & II_1 & II_2 & II_3 & II_4 \\ I_1 & \begin{bmatrix} 0 & 5/6 & 1/2 & 5/6 \end{bmatrix} \\ I_2 & \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3/4 & 3/4 \end{bmatrix} \end{matrix}_{2 \times 4}$$

Since $II_3 \geq II_4$ in G_1 matrix, if strategy II_4 is omitted then

$$G_2 = \begin{matrix} & II_1 & II_2 & II_3 \\ I_1 & \begin{bmatrix} 0 & 5/6 & 1/2 \end{bmatrix} \\ I_2 & \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3/4 \end{bmatrix} \end{matrix}_{2 \times 3}$$

obtained. G_2 can no longer be simplified.

Now let's calculate the payoffs φ for country A's hybrid strategy $x = (x, 1-x) \in x_2, x \in [0,1]$ and country B's pure strategy $II_j (j=1,2,3)$ $\varphi_j(x) = g(x, II_j)$;

$$\begin{aligned} \varphi_1(x) &= g(x, II_1) = 0 \cdot x + 1 \cdot (1-x) = 1-x, \\ & \quad x \in [0,1] \\ \varphi_2(x) &= g(x, II_2) = \frac{5}{6} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot (1-x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}x, \\ & \quad x \in [0,1] \\ \varphi_3(x) &= g(x, II_3) = \frac{1}{2} \cdot x + \frac{3}{4} \cdot (1-x) = \frac{3}{4} - \frac{1}{4}x, \\ & \quad x \in [0,1]. \end{aligned}$$

Step 1:

Let's graph the functions $\varphi_j(\cdot): [0,1] \rightarrow R, j = 1,2,3$

$$\begin{aligned} \varphi_1: Y &= 1-x \\ \varphi_2: Y &= \frac{1}{2} + \frac{1}{3}x \\ \varphi_3: Y &= \frac{3}{4} - \frac{1}{4}x. \end{aligned}$$

The graph of their functions is given in figure 1.

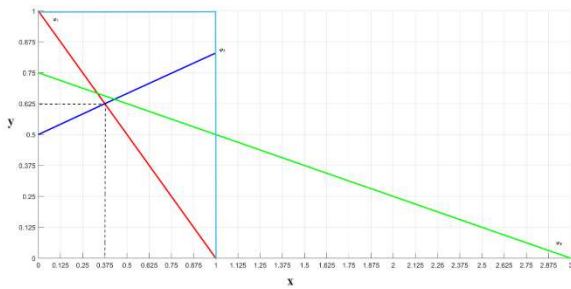


Figure 1. The graph of $\varphi_j(\cdot)$ functions

Step 2:

For $\forall x \in [0,1]$

Let's draw a graph of the function $\psi(\cdot): [0,1] \rightarrow R$ with $\psi(x) = \min_{j=1,2,3} \varphi_j(x)$.

$$\psi(x) = \begin{cases} \varphi_2(x), & x \in \left[0, \frac{3}{8}\right] \\ \varphi_1(x), & x \in \left[\frac{3}{8}, 1\right] \end{cases}$$

$$\psi(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} + \frac{1}{3}x, & x \leq \frac{3}{8} \\ 1-x, & x > \frac{3}{8} \end{cases}$$

the function is a polygonal line. The graph of this function is shown in figure 2.

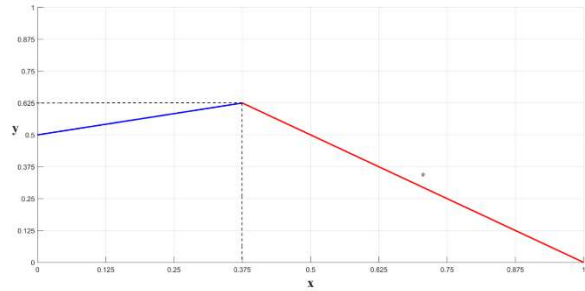


Figure 2. The graph of $\psi(x)$ function

Step 3:

$\psi(\cdot): [0,1] \rightarrow R$ Using the graph of the function (Figure 2), we can calculate the maximum of this function; so, let's find the value of

$$V = \max_{x \in [0,1]} \psi(x). \text{ This value is } y = \frac{5}{8} \text{ for } x = \frac{3}{8}.$$

Step 4:

Let's find the number $x^* \in [0,1]$ which gives the maximum value of $[0,1] \rightarrow R$ in $[0,1]$. This value is $x = \frac{3}{8}$. Thus, the optimal strategy of country A is its point $(\frac{3}{8}, \frac{5}{8})$, which is the peak of the ψ function.

$$X^* = \left(\frac{3}{8}, \frac{5}{8}\right)$$

5. Step:

The optimal strategies of country B are found as $g(x^*, II_1) = g(x^*, II_2) = \frac{5}{8}$ by making use of figure 2. So II_1, II_2 strategies will be considered as required strategies for B, while II_3 strategies will be considered as unnecessary strategies.

In this case, country B's hybrid optimal strategy is $Y^* = (y_*, 1-y_*, 0)$. Also, since A's optimal strategy is $X^* = \left(\frac{3}{8}, \frac{5}{8}\right) \in x_2$, A's required strategies are I_1 and I_2 .

$$\text{Since } V = \frac{5}{8}, g(I_1, y^*) = g(I_2, y^*) = \frac{5}{8}.$$

$$g(I_1, y^*) = 0 \cdot y_* + \frac{5}{6}(1-y_*) + \frac{1}{2} \cdot 0 = \frac{5}{6} - \frac{5}{6}y_*$$

$$\text{Since } g(I_2, y^*) = 1 \cdot y_* + \frac{1}{2}(1-y_*) + \frac{3}{4} \cdot 0 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}y_*$$

$$\frac{5}{6} - \frac{5}{6}y_* = \frac{5}{8}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2}y_* = \frac{5}{8}$$

From any of the above equations we find $y_* = \frac{1}{4}$. So, $Y^* = \left(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, 0\right)$ hybrid strategy becomes the optimal strategy of country B in the G_2 payoff matrix. Thus, the triple

$(X^*, Y^*, V) = (\frac{3}{8}, \frac{5}{8}), (\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, 0), \frac{5}{8}$ is obtained, which is expressed in the G_2 payoff matrix as the solution of the game. Hence, the solution of the G payoff matrix is also

$$(\frac{3}{8}, \frac{5}{8}), (\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, 0), \frac{5}{8}.$$

3.2. Explication

Country A will attack targets of country B 300 times with the I_1 strategy and 500 times with the I_2 strategy. In other words, it will send its cyber weapons over different networks in 300 out of 800 attacks and over the same network in 500. Country B will defend 200 times with the II_1 strategy and 600 times with the II_2 strategy. In other words, it will try to prevent attacks by placing a defense system on each network 200 times against 800 attacks, placing two defense systems on both networks 600 times and leaving the other two networks open. The countries and strategies for the 800 attacks are shown in Table 1.

Table 1. The countries and strategies

Strategies	I_1	I_2	II_1	II_2	II_3
Countries					
A	300	500			
B			200	600	

According to this table, the possible attack and defense pairs will be as follows;

$$\{(I_1, II_1), (I_1, II_2), (I_2, II_1), (I_2, II_2)\} \quad (1)$$

Case I:

When A attacks 300 times by sending cyber weapons from different networks, B blocks 200 times by placing a defense system on each network.

Case II:

When A attacks 300 times by sending cyber weapons from different networks, B defends 600 times by placing two defense systems on the two networks and leaving the two networks open.

Case III:

When A attacks 500 times by sending cyber weapons through the same networks, B defends 200 times by placing a defense system on each network.

Case IV:

When A attacks 500 times by sending cyber weapons from the same network, B places two defense systems on each of the two networks and blocks them 600 times, leaving the two networks open.

In the total of these cases, A was successful in 500 of the attacks, while B was successful in 300. In other words, while A reached the target 500 times, B blocked 300 times.

4. PROPOSED MATHEMATICAL MODEL FOR THE GAIN-LOSS RELATIONSHIP

A's hybrid strategy;

$$\varphi_1(x) = 1 - x, x \in [0,1] \quad (2)$$

B's hybrid strategy;

$$\varphi_2(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}x, x \in [0,1] \quad (3)$$

The equation expressing the gain of A and the loss of B, since it is expressed by the line equations (2) and (3); obtained from the product of equations $\varphi_1(x)$ and $\varphi_2(x)$

$$F(x, y) = 6y^2 - 2x^2 + 4xy - 9y - 3 \quad (4)$$

is a closed function.

In this case, $x \in [0,1], y \in [0,1]$ (4) is the model expressing the gain-loss relationship in which the gain of A is maximum and the loss of B is minimum. Let us determine which of the attack and defense pairs expressed by equation (1) will be optimal with (4) a mathematical model.

If we calculate the values of $\{F(1,1), F(1,2), F(2,1), F(2,2)$ in the function (4), we find the values of $F = \{-5, -8, 8, 7\}$.

$\max F = 8 \Rightarrow$ corresponding strategy (I_2, II_1)

$\min F = -5 \Rightarrow$ corresponding strategy (I_1, II_1) found that; It is concluded that the optimal strategies of this scenario are $\{(I_1, II_1), (I_2, II_1)\}$.

5. CONCLUSION

In the scenario we are dealing with, the gain-loss situations of the countries have been determined through the model we propose. This model has been constructed on a 2x5 type of return matrix as per our scenario and it is possible to generalize it. It can be generalized over a 2xn return matrix using the Python programming language. Therefore, we can say that the proposed gain-loss model can also be generalized.

Considering the results obtained with this modeling;

I. If the optimal hybrid strategy for countries (I_1, II_1) is, country A will send each of its two cyber weapons from a separate network, and country B will install a defense system on each network.

II. If there is an optimal hybrid strategy for countries (I_2, II_1) , country A will send both cyber weapons over the same network, while country B will install a defense system in each network.

In other words, case I, is an attack-defense strategy with a minimum win-loss relationship, whereas II. the situation is the strategy in which the gain-loss relationship is maximum. This proposed model will be useful in determining the optimal strategies in cases where there are n two sides. As a

result, the proposed model will speed up the decision-making process in a possible cyberwar and ensure that the gain is maximum and the loss is minimum.

KAYNAKÇA

- Eren, H. Gençoğlu, M. T. Yenal, S. (2020)Strateji ve Güvenlik Alanında Temel ve Güncel Yaklaşımlar “Siber Savaş”. Nobel Yayınları.
- Do, C. T. Tran, N. H. Hong, C. Kamhoua, C. A. Kwiat, K. A. Blasch, E. Ren, S. Pissinou, N. Iyengar, S. S. (2017) Game theory for cybersecurity and privacy. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(2), 30.
- Sokri, A. (2019) Game Theory and Cyber Defense. [Games in Management Science](#) (pp. 335-352). Springer.
- Guseinov, K.G. Akyar, E. Düzce, S.A. (2010) Oyun Teorisi. Seçkin yayınları.
- Kiekintveld, C. Lisy, V. Pibil, R. (2015) Game-theoretic foundations for the strategic use of honeypots in network security. In *Cyber warfare* (pp. 81–101). Springer.
- Osborne, M. J. (2004) An Introduction to Game Theory. Oxford University Press.
- Shoham Y.and Leyton-Brown. K. (2009) Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge University Press.
- Harsanyi, J. (1967) Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players, I-III, Part I, the Basic Model”, *Management Science*, Vol 14(3), pp. 159–182.
- Aumann, R. and Maschler M. (1995) Repeated Games with Incomplete Information, MIT Press.
- Hamilton, S. N. Miller, W. L. Ott, A. Saydjari, O. S. (2002) The role of game theory in information warfare. 4th Information survivability workshop (ISW-2001/2002). Vancouver, Canada.
- Burke, J. (1999) Robustness of Optimal Equilibrium Among Overlapping Generations, *Economic Theory*, Vol. 14, pp. 311–330.
- Gibbons, R. (1992) Game Theory for Applied Economists, Princeton University Press.
- Libicki, M. (1997) Defending Cyberspace, and Other Metaphors, National Defense University.
- Andrew, F. Emmanouil, P. Pasquale, M. Chris, H. Fabrizio, S. (2014) Game Theory Meets Information Security Management, [IFIP International Information Security Conference SEC 2014: ICT Systems Security and Privacy Protection](#)(pp.15-29).
- Sanjay, G. and Yuan, H. (2015) Cyber War Games: Strategic Jostling Among Traditional Adversaries. *Cyber Warfare, Advances in Information Security* 56.



Araştırma Makalesi

Zaman Pencere Evinde Bakım/Beslenme Hizmeti Yönlendirme Problemi İçin Karınca Koloni Algoritması

Burak CAN^{*1}, Hamza EROL²

¹Toros Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Mersin, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Evde Bakım
Optimizasyon
Araç Rotalama
Karınca Koloni Algoritması

Ülkemizde ve Dünya genelinde hızla artan yaşlı nüfus oranı dikkat çekmektedir. Yaşlanan bu nüfus ile birlikte de bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yaşlanan insanların vücut dirençlerinin düşmesi, metabolik reaksiyonlarının yavaşlaması, hareket kabiliyetlerinin zayıflaması, düşünüp karar verebilme yetilerinin azalması gibi birçok sebepten bu insanlar bakıma muhtaç hale gelmektedir. Ayrıca muhtaç olma durumu sadece yaşlı insanlarda değil fiziksel veya zihinsel anlamda doğuştan ya da sonradan engelli olan insanlarda da görülmektedir.

İnsanlar hasta, yaşlı veya engelli olmasalar dahi ameliyat, tedavi, muayene gibi sağlık hizmetlerinin arkasından sunulan sosyal bakım hizmetlerini evlerinde almak istemektedirler. Evde sunulan bu sağlık veya bakım hizmetleri ile ayrıca devletlerin sağlık kurumlarındaki mali giderler düşürülmekte ve bu kurum veya kuruluşlar fazladan iş yükünden de kurtulmaktadır.

Bu çalışma da evde sunulan bakım hizmetleri kapsamında yer alan beslenme veya üç öğün yemek dağıtımında araçların en kısa mesafe ve dolayısıyla zamanda yönlendirilmesi, mevcut maliyetleri düşürmek için meta sezgisel yöntemlerden Karınca Koloni Algoritması ile iyileştirmelerin yapılması sağlanarak ihtiyaç sahibi insanlara ulaştırılan hizmetin kalitesinin artırılmasına yardımcı olunmuştur. Bu yolla mobil hizmet sunan araç maliyetlerinin azaltılmasının yanı sıra hizmet veren ekibin tükenmişliği de azaltılarak hizmet veriminin artırılmasını hedeflenmiştir.

Ant Colony Algorithm For Household Care / Nutrition Service Direction Problem With Time Window And Fuzzy Demand

Keywords:

Household Care
Optimization
Vehicle Routing
Ant Colony Algorithm

ABSTRACT

The rapidly increasing rate of elderly population in the world and in our country draws attention. Some problems arise with this aging population. These people become in need of care for many reasons such as the decrease in body resistance of aging people, slowing down of their metabolic reactions, weakening of their mobility and their ability to think and make decisions. In addition, the state of neediness is not only seen in elderly people, but also in people who are congenital or later disabled physically or mentally.

Even if people are not sick, elderly or disabled, they want to receive social care services at home after health services such as surgery, treatment and examination. With these health or care services offered at home, the financial expenses of the health institutions of the governments are also reduced and these institutions or organizations get rid of the extra workload.

In this study, it has been helped to increase the quality of the service delivered to the people in need by making improvements with the Ant Colony Algorithm, which is one of the meta-heuristic methods to reduce the current costs, in the nutrition or three-course meal distribution within the scope of the home care services. In this way, it is aimed to increase service efficiency by reducing the cost of vehicles providing mobile services as well as reducing the burnout of the serving team.

*Sorumlu Yazar

*(burak.can@toros.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7419-5942
(herol@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-8983-4797

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 10/01/2022; Kabul Tarihi: 31/03/2022

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

1. GİRİŞ

Sağlık alanında sunulan hizmetlerin kalitesi gün geçtikçe daha da artırılmaya çalışılmaktadır. Bu da ortalama yaşam sürelerinin artması, daha sağlıklı yaşama ve kaliteli yaşlılık gibi faydaları ortaya çıkarmaktadır. Ortalama yaşam süresi artan insanlar ise yaşlılık dönemlerinde sağlık alanında daha iyi hizmet almayı istemektedirler. Bu sağlık hizmetlerinden biri de evde bakım hizmetleridir. Ülkelerin bu alanda yaptıkları çalışmalar artmakta, vatandaşlarına bu hizmeti daha hızlı, daha kaliteli ve daha az maliyetli sunmayı istemektedirler.

Evde bakım hizmetlerinin (EBH) sunulması sırasında maliyet parçaları incelendiğinde en büyük payın ulaştırmaya ait olduğu görülmektedir. Evde hizmet bekleyen yaşlı ve hastalara hizmeti götüren mobil sağlık ekibinin yönlendirilmesi ve araçların rotalanması maliyetler için oldukça önemlidir. Lojistik maliyetlerin yaklaşık olarak %50'sini ulaştırma maliyetleri oluşturmakta, yiyecek ve içecek gibi bazı özel alanlarda ise bu oran %70'e kadar çıkabilmektedir (De Backer, Furnon, Shaw, Kilby, & Prosser, 2000). Ortalama olarak bir ürünün toplam maliyetinin %20'si kadarını ulaştırma maliyetleri oluşturmaktadır (Reimann, Doerner, & Hartl, 2004).

Araç rotalama problemleri için en iyi çözüm, üretilecek olası rota kombinasyonlarından birisidir. Eğer tüm kombinasyonlar denenebilirse, en iyi çözüme ulaşmak mümkündür. Fakat büyük boyutlu problemlerin tüm kombinasyonlarının denenmesi ve optimal çözümün bulunması zaman açısından pratik değildir. Çözümlere ulaşmak için çok fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sonuçlara kabul edilebilir çözümler ile daha hızlı ulaşılması ihtiyacından dolayı sezgisel yöntemler geliştirilmiştir (Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, & Semet, 2002).

Önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacak olan evde bakım hizmetlerinin en yüksek maliyet basamağı araçların rastgele rotalanmasından kaynaklı yakıt maliyetidir. Bu çalışmanın amacı, bakım sunan mobil ekibe ait araçların rastgele olarak değil de Karınca Koloni Algoritması ile en kısa yoldan rotalandırılmasıdır. Bu sayede sunulan hizmete ait yakıt maliyetleri ve hizmet sunan mobil ekibin tükenmişliğinin de azaltılması hedeflenmektedir. Tükenmişliği azalan mobil ekibin sunduğu hizmet kalitesinin de artması beklenmektedir.

2. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Araç rotalama problemi (ARP), herhangi bir veya birden fazla merkezden belirli noktalara olan ürün, malzeme, hizmet vb. parçaların dağıtımı, toplanması veya hizmetin sunulması işlemlerinin tümünde kullanılan araçların optimizasyonudur. Müşterilere veya hizmet alan kişilere hizmetin hızlı,

güvenli ve doğru bir şekilde ulaştırılması oldukça önemlidir. Ayrıca bütün bu nedenlerin çözümü de maliyetleri artırmaktadır. Dağıtım ağında yer alan araçların optimum sürede optimum maliyetle hizmeti sunması istenmektedir.

ARP üzerinde yapılan çalışmalarda farklı özellikler veya kısıtlar göz önüne alınarak çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Farklı çözüm yöntemleri farklı problem türlerinin olduğunu ortaya koymaktadır. ARP rota, depo, teslimat, zaman gibi bazı özellikler baz alınarak farklı türlere ayrılmıştır.

ARP' nin temelinde yer alan yapılar yol ağı, depolar ve araçlardır. Bu temel yapılarla farklı bileşenler eklenerek başka alanlarda da başarı sağlanabilmektedir. ARP' nin başlıca türleri: kapasite kısıtlı (KARP), mesafe ve kapasite kısıtlı (MKARP), zaman pencereli (ZPARP), geri toplamalı (GTARP), dağıtım ve toplamalı (DTARP) araç rotalama ve bu varyantların birleşiminden oluşan diğer kombinasyonlardır.

2.1. Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi

Klasik araç rotalama problemlerinde birinci amaç araç sayısının, ikinci amaç ise toplam seyahat mesafesinin minimize edilmesidir. Ancak bu ikinci amaç çok yüksek bekleme zamanlarına, dolayısıyla yüksek maliyetlere yol açabilir (Oesterle & Bauernhansl, 2016).

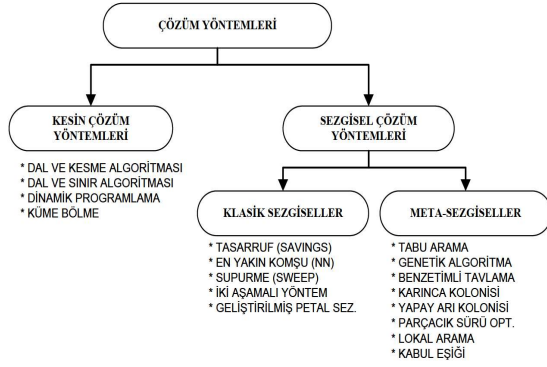
Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerindeki düğüm noktalarının her birine zaman kısıtları ekleyerek problem, zaman pencereli araç rotalama problemine dönüştürülür. Literatürde, a ile b kapalı aralığında tanımlanan zaman penceresinde, servise en erken başlama zamanı a_i , servise en geç başlama zamanı ise b_i ile gösterilmektedir. ZPARP' in amacı, servis zamanlarını ve araç kapasitelerini göz önüne alarak her bir aracı en uygun rotalara atamak ve ziyaret edilecek müşteri sırasını belirlemektir (Çetin & Gencer, 2010).

2.2. Araç Rotalama Problemi Çözüm Yöntemleri

Araç rotalama problemlerinin çözümü için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Çözüm yöntemlerinin farklılaşmasındaki sebep ise rotalanacak problem uzayına ait veri setlerinin büyümesidir. Başlangıçta küçük bir veri setine sahip problem uzayı Kesin Çözüm Yöntemleri (KÇY) ile çözülebilirken veri setlerinin büyümesiyle bu yöntemlerle çözümü zor bir hal almıştır. KÇY ile çözülemeyen problemlerin çözümü için Sezgisel Çözüm Yöntemleri (SÇY) geliştirilmiştir. Ardından KÇY ya da SÇY ile çözülemeyen veya çözümü uzun zaman/maliyet alan problemlerin çözümü için Meta Sezgisel Çözüm Yöntemleri geliştirilmiştir.

Şekil 1.'de rotalama problemlerinin çözümü için geliştirilen Kesin Çözüm Yöntemleri ve Sezgisel Çözüm Yöntemleri gösterilmiştir. Sezgisel Çözüm

Yöntemleri başlığı altında ise Klasik Sezgiseller ve Meta-Sezgiseller yer almaktadır.



Şekil 1. Metotlarına göre çok kullanılan çözüm yöntemleri

Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin çözümü için günümüze kadar birçok yöntem geliştirilmiştir. Optimal çözümü sağlayan yöntemler kesin çözüm yöntemi, optimale yakın sonuçlar veren yöntemler ise sezgisel çözüm yöntemi olarak sınıflandırılır. Literatür incelendiğinde kesin çözüm yöntemi olarak dal ve kesme, dal ve sınır algoritmaları ile dinamik programlama ve küme bölme algoritmalarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Nihai çözüm için de kullanılmakla birlikte, genellikle çözüm kurucu olarak tercih edilen tasarruf, en yakın komşu, iki aşamalı yöntem ve petal sezgisel, klasik sezgiseller içerisinde yer alır. Bunun yanı sıra, üçüncü ve son grupta ise tabu, genetik, benzetimli tavlama, karınca kolonisi, yapay arı kolonisi, parçacık sürüsü, lokal arama ve kabul eşiği gibi meta sezgiseller de yine kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin çözümü için kullanılan diğer yöntemlerdir (Şahin & Eroğlu, 2014).

2.2.1. Meta Sezgisel Çözüm Yöntemleri

Meta sezgisel yöntemler, kesin çözüm yöntemleri ile makul bir sürede çözülemeyen karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümü için genellikle doğadaki olaylardan esinlenerek tasarlanmış algoritmalarıdır. Arama prosesine rehberlik eden stratejiler kullanan meta sezgiseller, özellikle büyük boyutlu ve bütünlük yapıdaki gerçek yaşam problemlerinin çözümünde en pratik yol olarak kabul edilir. Bu yöntemlerin amacı, çözüm uzayını etkili bir şekilde araştırmak ve optimale yakın çözümleri hızlı bir şekilde sağlamaktır. Kolay anlaşılır ve uygulanabilir olması, farklı problem türlerinin çözümünde ufak değişikliklerle kullanılabilir olması gibi sebeplerden dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Meta sezgisel yöntemler, esin kaynağı (doğal veya yapay), kullandığı başlangıç çözümü (popülasyon veya tek çözüm), kullanılan amaç fonksiyonu (dinamik, statik), komşuluk yapısı (tekli, çoklu) ve hafıza durumu (hafızalı, hafızasız) gibi kriterlere sınıflandırmaya tabi tutulabilir (Blum & Roli, 2003).

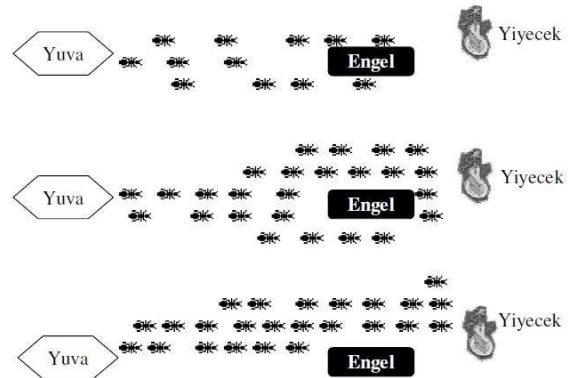
Çok fazla optimizasyon algoritması bulunmasına karşın literatürdeki çalışmalarda en çok kullanılan meta sezgisel algoritmalar, Benzetimli Tavlama (BT), Tabu Arama (TA), Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS), Genetik Algoritma (GA), Karınca Kolonisi Algoritması (KKA), Yapay Arı Kolonisi (YAK), Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması (PSO) olarak sayılabilir.

3. KARINCA KOLONİSİ OPTİMİZASYONU

Doğadaki bazı sosyal sistemler, sınırlı yetenekli basit bireyler tarafından oluşturulmalarına rağmen kolektif zeka davranışı sergilerler. Problemlere üretilen zeki çözümler, bu bireylerin kendi içerisindeki organizasyonları ve dolaylı iletişimlerinden ortaya çıkar. Karıncalar tek başlarına basit yeteneklere sahip olmalarına rağmen, koloninin bütünü yüksek bir yapıdadır. Kendilerinden çok büyük cisimleri taşımak, köprüler oluşturmak veya yuva ile yiyecek arasındaki en kısa yolu bulmak için çözüm üretirler. Zeki davranış doğal olarak karıncalar arasındaki organizasyon ve dolaylı iletişim sonucunda ortaya çıkar (Nabiyev, 2003).

Şekil 2.'de karıncaların yuvası ile yiyecek arasına engel konulmuş ve karıncaların yuvadan çıkıp yiyeceğe ulaşma için gösterdikleri davranış gözlemlenmiştir. Karıncaların engelle karşılaştıklarında başlangıçta rastgele salınım yaptıkları ancak bir süre sonra aynı zaman diliminde kısa olan yolda daha fazla feromon birikmesinden kaynaklı kısa yolu tercih ettikleri görülmektedir.

Karınca Kolonisi Optimizasyon (KKO) algoritması Dorigo tarafından 1996 yılında karıncaların yiyecek bulma mekanizmalarından ilham alınarak geliştirilen bir meta sezgisel yöntemdir. KKO tekniği genel olarak bir parametrelendirilmiş olasılıksal model olan feromon modeline dayanır. Çoğu uygulamada, karıncalar uygun bir çözüm oluşturmak için kullanılsa da, olasılıksal modelin bir sonucu olarak uygun olmayan çözümler de üretilebilmektedir (Blum & Roli, 2003).



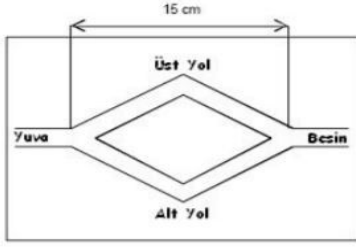
Şekil 2. Karıncaların En Kısa Yolu Bulma Yöntemi

Karıncaların bu yol seçim davranışları deneyler yapılarak incelenmiştir. Deneysel olarak feromon iz takibinin bir karınca koloni tarafından en kısa yolu gidebildiği gösterilmiştir. Bu konuda yapılan ilk deney tek köprü deneyidir (Deneubourg, Aron, Goss, & Pasteels, 1990).

Tek köprülü yol seçim deneyi Şekil 3.'de gösterilmiştir.

Bu deneyde, yuva ve besin kaynağı her yolu aynı uzunluğa sahip bir köprü ile birbirinden ayrılmıştır. Daha sonra karıncalar yuva ve besin arasında hareket etmeleri için serbest bırakılmıştır ve bu iki yoldan zamanla hangisini seçeceği gözlemlenmiştir. Sonuç; bazı salınımların gerçekleşebileceği geçici bir ilk aşamadan sonra karıncalar aynı yola yönelme eğilimi göstermişlerdir. Karıncaların bu davranışı gösterme sebebi yolda biriken ve karıncaların yol tercihlerinde etkili olan feromon maddesidir (Dorigo, Di Caro, & Gambardella, 1999).

Köprüyü oluşturan yollarının farklı uzunlukta ve köprü sayılarının birden fazla olduğu durumda feromon yayma mekanizması yüzünden en kısa yol seçildiği gözlemlenmiştir (Goss, Aron, Deneubourg, & Pasteels, 1989).



Şekil 3. Tek Köprülü Yol Seçim Deneyi

İlk başta yol tercih etmeleri gerektiğinde kısa yolu tercih eden karıncalar besine ilk ulaşırlar ve bu karıncalar geri dönüşe başladıkları zaman kısa olan yolda uzun olan yola göre daha fazla feromon bulunduğu için karıncalar kısa olan yolu seçmeleri için uyarılırlar. İleri doğru hareket eden karıncalar da bu feromon miktarından etkilenmiş olarak yol seçiminde bulunurlar. Sonuç itibarıyla karıncalar kısa yolu tercih etmiş olurlar. Böylelikle karıncaların ilk rast gele hareketlerinin önemi azalır ve karıncaların stokastik feromon iz takip davranışı ana mekanizma olur (Dorigo et al., 1999).

3.1. Yol Tercihinde Geçiş Kuralı

KKO' da yol tercihi belli bir olasılığa bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilir. İlk seçenek q_0 olasılıkla feromonun en yoğun olduğu yolun seçilmesidir. q_0 parametresi genellikle % 90 olarak belirlenir. $\tau(i, j)$ i ve j noktaları arasındaki feromon miktarı, seçilebilirlik parametresi $\eta(i, j)$, i ve j noktaları arasındaki mesafenin tersi $(1 / \delta(i, j))$, α ve β ayarlanabilir parametreler olmak üzere, i noktasında bulunan bir karıncanın gideceği nokta

şağıdaki gibi seçilmektedir (Keskintürk & Söyler, 2006):

$$j = \max_{u \in J_k(i)} \{[\tau(i, u)]^\alpha \times [\eta(i, u)]^\beta\} \text{ eğer } q \leq q_0 \quad (1)$$

İkinci seçenek ise gidilmesi mümkün olan yollar birini, yollardaki feromon izleriyle orantılı olarak seçmektir. Bu şekilde yol seçimi olasılığı $1 - q_0$ oranındadır. $J_k(i)$, i noktasındaki karıncanın gidebileceği noktalar yani ziyaret edilmemiş şehirleri temsil eder. Tüm şehirler için seçilme olasılıkları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Keskintürk & Söyler, 2006):

$$p_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i, j)]^\alpha \times [\eta(i, j)]^\beta}{\sum_{u \in J_k(i)} [\tau(i, u)]^\alpha \times [\eta(i, u)]^\beta} & \text{eğer } j \in J_k(i) \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2)$$

Bu olasılıklara bağlı olarak yol seçilmektedir. Feromonun yoğun olduğu yolların seçilme olasılığı yüksektir (Keskintürk & Söyler, 2006).

3.2. Feromon Güncellemesi

Feromon güncellemesi, çözüm uzayının taranması amacıyla yapılmaktadır. Güncelleme işlemi tüm karıncalar turlarını tamamladıktan sonra yapılır. Feromon güncellemesinin iki temel elemanı vardır:

1. Tüm yollardaki feromonların belirlenen oranda (buharlaştırma oranı) buharlaştırılması.
2. Karıncaların geçiş yapmış oldukları yollardaki feromon miktarlarının, o yolu kullanan karıncanın yol uzunluğuyla ters orantılı olarak artırılması (Stützle & Hoos, 2000).

Buharlaştırma oranı daha önceki çözümlerin önemini azaltılmasını sağlamaktadır. Yol uzunluğuyla ters orantılı olarak feromon artışı ise, iyi çözümlerin önemini artırılmasını temin eder (Dorigo & Gambardella, 1997).

4. UYGULAMA

Karıncalar davranışlarından yola çıkarak oluşturulan KKO ile araç rotalama problemi üzerinde çalışan bir sistem oluşturulmuştur. Öncelikle araçların rotaları için şehirler tanımlanmış ve bir matriste saklanmıştır. Bu matris Tablo 1.' de gösterilmiştir. Tanımlanan şehirler içerisinde karınca davranışı baz alınarak optimum rotaların oluşması beklenmiştir. Bu hesaplamaların yapılması içinde karınca sınıfı tanımlanmıştır. Karınca davranışı olarak iki şehir arasındaki en kısa yolun bulunması için karıncalar feromon adı verilen bir madde bırakmış ve bırakılan bu maddenin en

yoğun olduğu yol en kısa yol olarak kabul edilmiştir. Feromon miktarları da yine matriste saklanmıştır.

Tablo 1. Şehirler Matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
A	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
B	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0	10.0
C	10.0	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0	10.0
D	10.0	10.0	1.0	-1.0	1.0	10.0	10.0
E	10.0	10.0	10.0	1.0	-1.0	10.0	10.0
F	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-1.0	10.0
G	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-1.0

Şehirler arasında oluşan trafiğe bağlı olarak biriken feromon miktarlarının saklandığı matris Tablo 2.' de gösterilmiştir. Burada her iki şehrin keşişim noktalarında yer alan değerler o iki şehir arasındaki feromon miktarını göstermektedir.

Tablo 2. Feromon Matrisi

	A	B	C	D	E	F	G
A	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
B	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
C	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667
D	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667	0.166667
E	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667	0.166667
F	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000	0.166667
G	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.166667	0.000000

5. SONUÇLAR

Şehir seçimindeki olasılıkların hesaplanması için örnek iki şehir seçilmiştir. A şehrinden bu iki şehre olan mesafe ve A şehri ile bu iki şehir arasında biriken feromon miktarları hesaplanmıştır. Feromon miktarının mesafeye oranlanması ile tercih sonucu oluşturulmuştur. Ardından bu tercih sonucu toplam tercihe oranlanarak olasılık hesaplanmıştır. Şekil 4.' te A şehri ile B şehri ve A şehri ile C şehri arasındaki mesafe, feromon miktarı ve tercih edilme olasılığı gösterilmiştir.

```

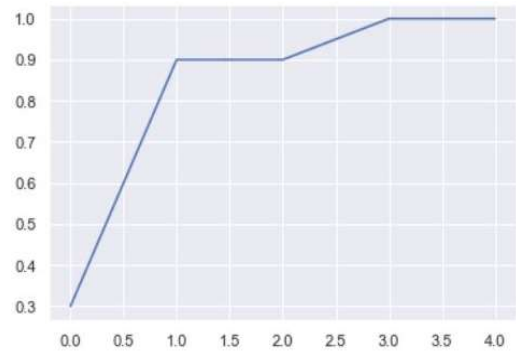
B    1.0
C   10.0
Name: A, dtype: float64
B    0.166667
C    0.166667
Name: A, dtype: float64
B    0.909091
C    0.090909
Name: A, dtype: float64

```

Şekil 4. A şehri ile B ve C şehirleri arasındaki değerler

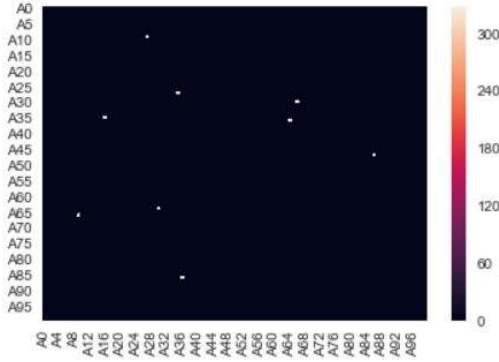
Tanımlanan karınca sınıfının yanı sıra karınca kolonisi sınıfı da tanımlanmıştır. Karınca kolonisi sınıfı içerisinde buharlaşan feromon miktarı, kolonide tanımlanan karınca sayıları, tanımlanan karıncaların dağıtılmış ve paralel hareketleri,

bağımsız hareketler sonucu biriken feromon miktarları gibi hem parametre tanımlaması hem de değer hesaplanması işlemleri yapılmıştır. Şekil 5.' te karınca koloni sürüsünün rota üzerindeki davranışı gösterilmiştir.



Şekil 5. Karınca koloni sürüsünün rotası

Şekil 6. da ise karınca koloni sürüsünün dağılımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Karınca koloni sürüsünün dağılımı

Araç rotalama problemleri için farklı farklı meta sezgisel optimizasyon algoritması çözümleri mevcuttur. Kesin çözüm yöntemleri basit verilerin çözümünde optimum sonuçlar verirken mevcut verilerin artması ile oluşan büyük verinin çözümünde sağlıklı sonuçlar vermemekte veya problemin çözümü oldukça uzun zaman almaktadır. Bu durumda 90' lı yıllardan sonra sezgisel çözüm yöntemleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Literatür taramasında sezgisel yöntemleri meta sezgisel yöntemler takip etmiştir. Meta sezgisel yöntemler gerek tek başına kullanılmış gerekse hibrit model şeklinde melezlenerek çözüm yöntemleri oluşturulmuştur. Bu çözüm yöntemleri de oldukça başarılı sonuçlar ortaya koymuştur.

Meta sezgisel yöntemlerin çalıştığı veri grupları büyüklüğü, içerikleri ve çalışma alanları birbirinden farklı olduğu için araç rotalama problemlerinin farklı optimizasyon algoritmaları ile çözüm sonuçlarını birbirleriyle karşılaştırmak doğru sonuçlar üretmeyecektir.

Bu çalışmada evde bakım/beslenme veya sağlık hizmeti veren araçların hizmet verdikleri noktalara en kısa sürede ulaşması ve rotayı en kısa mesafede tamamlamaları amaçlanmıştır. Bu sayede maliyetlerin azaltılmasının yanı sıra hizmet veren mobil ekibin tükenmişliği azaltılarak verimlerinin artırılması da sağlanmış olacaktır.

KAYNAKÇA

- Blum, C., & Roli, A. (2003). Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3), 268–308.
- Çetin, S., & Gencer, C. (2010). Kesin zaman pencereli - Eş zamanlı dağıtım toplama araç rotalama problemi: Matematiksel model. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25(3), 579–585.
- Cordeau, J. F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y., & Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research*

Society, 53(5), 512–522.

- De Backer, B., Furnon, V., Shaw, P., Kilby, P., & Prosser, P. (2000). Solving vehicle routing problems using constraint programming and metaheuristics. *Journal of Heuristics*, 6(4), 501–523.
- Deneubourg, J. L., Aron, S., Goss, S., & Pasteels, J. M. (1990). The self-organizing exploratory pattern of the argentine ant. *Journal of Insect Behavior*, 3(2), 159–168.
- Dorigo, M., Di Caro, G., & Gambardella, L. M. (1999). Ant algorithms for discrete optimization. *Artificial Life*, 5(2), 137–172.
- Dorigo, M., & Gambardella, L. M. (1997). Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1(1), 53–66.
- Goss, S., Aron, S., Deneubourg, J. L., & Pasteels, J. M. (1989). Self-organized Shortcuts in the Argentine Ant. *Naturwissenschaften*, 76(1959), 579–581.
- Keskintürk, T., & Söyler, H. (2006). Global Karınca Kolonisi Optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 689–698.
- Nabiyev, V. (2003). *Yapay Zeka - Problemler, Yöntemler, Algoritmalar*. Seçkin Yayınevi.
- Oesterle, J., & Bauernhansl, T. (2016). Exact Method for the Vehicle Routing Problem with Mixed Linehaul and Backhaul Customers, Heterogeneous Fleet, time Window and Manufacturing Capacity. *Procedia CIRP*, 41, 573–578.
- Reimann, M., Doerner, K., & Hartl, R. F. (2004). D-ants: Savings based ants divide and conquer the vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 31(4), 563–591.
- Şahin, Y., & Eroğlu, A. (2014). KAPASITE KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ İÇİN METASEZGİSEL YÖNTEMLER: BİLİMSEL YAZIN TARAMASI. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(4), 337–355.
- Stützle, T., & Hoos, H. H. (2000). MAX-MIN Ant System. *Future Generation Computer Systems*, 16(8), 889–914.



Derleme Makalesi

Bankacılık Sektöründe Yazılım Test Süreçlerinin Önemi ve Yöntemleri

İsmail Öztürk*¹

¹Fibabanka Ar-Ge Merkezi, Şişli, İstanbul, Türkiye

Öz

Anahtar Kelimeler:

Performans testi
Test otomasyon
Manuel test
Bankacılık
Dijital banka

Günümüzde ekonomik büyümeyi finanse etmenin ve bunu sürekli hale getirmenin en etkili yolu finans sektörünün güçlü ve sağlıklı bir yapıya sahip olmasıdır. Tüketim, ticaret, yapım ve üretimin finanse edilmesinde, kurumlar ve bireyler için kredinin bulunabilirliği ve bunun devamlılığının sürdürülmesi hayati öneme sahiptir. Günümüzde finansal kurumların temel işlevi müşterilerinin ve ekonominin talep ettiği finansal hizmetleri sunmaktır. Sunduğu hizmetlerle mobil ödeme sisteminin doğru çalışmasını sağlamak olan finansal kurumlar ekonomik faaliyetin önemli bir parçasıdır. Bu kritik alanda kullanılan yazılım ürünlerinin kalitesi çok önemlidir. Yazılım ürünlerindeki hatalar maddi, manevi zararların oluşmasına, müşterilerde kuruma karşı güven ve sadakat olgularının yitirilmesine neden olarak finansal kurumların kimliğini zedeler. Günümüzde internetin kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte Mobil Bankacılık gibi alternatif uygulama kanalları müşteriler tarafından sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Uygulama kanallarının kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte uygulamalar eleştiriler almaya başlamış ve bu alanda bir rekabet ortamı oluşmuştur. Bu rekabet, kurumların müşteriye sundukları yazılım ürünlerindeki hataların en aza indirgenmesi için yeni metotlar arayışına girmelerine sebep olmuştur. Yazılım ürünleri için test süreci, yazılım yaşam döngüsünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir.

The Importance of Software Testing Processes and Methods in the Banking Sector

Keywords:

Performance testing
Test automation
Manual testing
Banking
Digital bank

ABSTRACT

The most effective way to finance and sustain economic growth is to have a strong and healthy financial sector. The availability and maintenance of credit is vital for institutions and individuals in financing consumption, trade, construction and production. Financial institutions, whose main functions are to provide financial services needed by their customers and the economy, and to ensure the functioning of the payment system, are an important part of economic activity. The quality of software products used in such a critical area is very important. Errors in software products damage the identity of financial institutions by causing material and moral damages, and loss of trust and loyalty in customers to the institution. Today, with the widespread use of the internet, alternative application channels such as Mobile Banking have started to be used frequently by customers. With the widespread use of application channels, applications have begun to receive criticism and a competitive environment has emerged in this field. This competition has caused institutions to seek new methods to minimize the errors in the software products they offer to the customers. The testing process for software products has become an indispensable part of the software lifecycle.

*Sorumlu Yazar

** (ismail.ozturk@fibabanka.com.tr) ORCID ID 0000-0002-2968-5221

1. GİRİŞ

Yazılım testi, gereksinimler doğrultusunda yazılımın kalitesinin ölçülmesi, yazılımdaki hata oranlarının gösterilmesini, yazılımdaki hataların en az seviyeye getirilmesini, yazılımdaki hataların erken bulunmasını ve bu sayede yazılım maliyetinin düşürülmesini, müşteri memnuniyetinin en üst seviyede tutulmasını hedefleyen süreçtir. (International Software Testing Qualifications Board, 2011).

Yazılım testi aşağıdaki maddelerin sağlanması için yapılmaktadır:

- Kodlanan yazılımın gerekliliklerini yerine getirebildiğini göstermek,
- Yazılımın planlanmış olduğu gibi ilerlemesini sağlamak,
- Projeye ayrılan bütçeyi aşmadan projeyi ilerletmek,
- Yazılımı daha kaliteli hale getirmek,
- Yazılımın en az hataya sahip olmasını sağlamak,
- Yazılımın sürdürülebilir olmasını sağlamak.

2. FİNANS SEKTÖRÜNDE YAZILIM TESTİNİN ÖNEMİ

Finans sektörü, sektörde meydana gelen birçok değişiklikten dolayı oldukça dinamik bir sektördür. Bu dinamik sektör test etme ve kalite güvencesi kontrolleri için sürekli bir zemin hazırlamaktadır. Sektörü dinamik hale getiren bu değişimlere örnek olarak müşterilerin bankacılık, sigorta ve finans sağlayıcılarıyla etkileşim biçimindeki değişiklikler, temassız ödemenin toplu olarak benimsenmesi ve rekabetçi bir ortam sağlamayı amaçlayan düzenleyici değişiklikler sayılabilir. Yazılım ve test sektörünün en karışık uygulamaları bankacılık uygulamaları olarak kabul edilir.

Bankacılık uygulamalarının en karışık uygulamalar olmasının sebebi ise eş zamanlı birçok kullanıcının sistemi aktif olarak kullanabilmesi için sistemin bir dizi çok katmanlı işlevsel yapı ile desteklenmesidir. Bankacılık uygulamaları sahip oldukları birçok çevrimiçi bağlantılardan dolayı sürekli bir iş akışına ve aynı anda yapılan toplu işlemler nedeniyle dakikada yapılan işlem sayısı birçok alandaki uygulamaya göre çok daha fazladır.

Bu kadar fazla toplu işlemin yapıldığı ve sürekli aktif olarak çalışan bu uygulamalarda güvenlik faktörü çok önem arz etmektedir. Sürekli raporlama sistemi olduğundan dolayı her zaman iç ve dış denetimden geçmelidir. Bankacılık uygulamaları her türlü olağandışı

durumda işlevlerini yerine getirmeye devam edecek bir alt yapıya sahiptir. Banka uygulamaları güvenlik bakımından risklerin göze alınamayacak kadar hassas olduğu uygulamalardır. (Karagöz ve Molu, 2017)

3. YAZILIM TESTİ SÜRECİ

Geliştirilen yazılımların minimum seviyede hata içermesi ve gereksinimleri en iyi seviyede karşılayabilmesi için yazılım test adımları, yazılım geliştirme sürecinin en başından yerini almalıdır. Yazılım dünyasındaki hata örnekleri incelendiğinde, çıkan hataların çoğunlukla analiz ve tasarım aşamasındaki hatalardan meydana geldiği görülmektedir. Analiz ve tasarım aşamasında bulunan hatalar projenin ilk safhalarında fark edilmediğinde, projenin sonraki fazlarında bu hataların düzeltilmesi için ekstra maliyet ve zaman harcanması gerekmektedir.

Yazılım testi, yazılım geliştirme süreci ile eş zamanlı devam eden aşamalardan oluşan bir süreçten meydana gelmektedir. Bu aşamalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Test Hazırlık Süreci
- Test Planlama, Gözetim ve Kontrol
- Test Analizi ve Tasarımı
- Test Uyarılama ve Koşma
- Çıkış Kriterlerini Değerlendirme ve Raporlama
- Test Kapanış Aktiviteleri

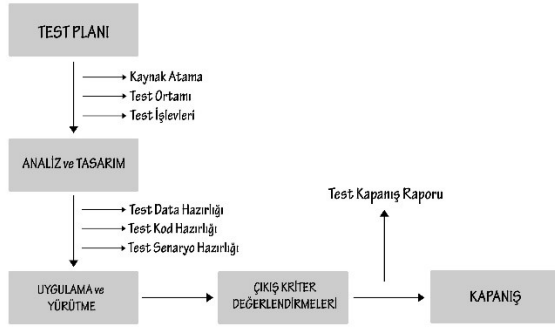
3.1. Test Hazırlık Süreci

Projeyi test edecek olan test mühendisi, öncelikle projeyi anlar ve öğrenir. Projedeki karmaşık ve risk teşkil eden kısımları tespit eder. Bu hazırlık sayesinde projede tespit edilen risklerin öncelik sırasını belirlemiş olur. Mühendisin önceden yoğunlaşacağı kısımları görmesi daha etkili çözümler yaratmasını sağlar.

3.2. Test Planlama, Gözetim ve Kontrol

Test planlama aşaması test süreci bitene kadar devam eder. Test gözetimi ve test kontrol aşamaları da aynı şekilde test süreci bitene kadar devam eder. Test süreci boyunca testin plana uygunluğu kontrol edilerek plandan sapmalar tespit edilirse nedenleri tespit edilerek yeni planlar oluşturulur. (Black R, Chapter 1,9)

İncelemelerden sonra roller ve sorumluluklar belirlenir, risk analizi yapılır. Test planlaması, aşağıdaki ana görevlerden oluşmaktadır.



Şekil 1. Test Planlaması Şeması

3.2.1. Risk Analizi

Ürünün risk analizi yapılır. Risk analizi, ürünün kullanılabilirliği, tüketilebilir olması, revize ve test edilebilirliği ile alakalıdır. Risk analizi, yapılacak testin süresi hakkında kritik bir girdi sağlar. Yapılan analiz sonucunda riskin fazla olduğu kısımlara daha fazla odaklanılır. Uygulanacak teknik belirlenir ve önceliğe göre sıralamalar yapılır. Testin en önemli amaçlarından biri risklerin en aza indirilip gerekli önlemlerin alınmasıdır. (Karagöz ve Molu, 2018)

3.2.2. Test Stratejisinin Planlanıp, Uygulanması ve Çıkış Kriterlerinin Belirlenmesi

Test stratejisinin doğruluğu ve tutarlılığı değerlendirilir ve süreç boyunca kontrol edilir. Teste başlamadan önce tüm planlamaların yapılması ve görevlerin belirlenmesi gerekmektedir. Planlamalar oluşabilecek risk ve hataları öngörülebilir hale getirebilmektedir, ayrıca bir risk durumunda planlama yeniden yapılmalıdır.

Projenin müşteriye ya da üretim ortamına sunulabilmesi için testlerin belirli bir seviyede tamamlanmış olması gerekir. Çıkış kriteri, testlerin tamamlandığının bilgisinin verilmesi için gereken kriterlerdir.

Yapılan test planlama aktiviteleri her ne kadar başarılı ve hatasız olarak yapılmış olsa bile yapılan plan ve aktiviteler sürekli olarak kontrol edilmelidir. Yapılan planlama ve gerçek ilerleme karşılaştırılmalı ve planda herhangi bir değişiklik veya sapma olması durumunda proje yöneticisi ve müşteriye mevcut test durumu hakkında bilgi verilmelidir. (Hancı, 2017)

Yapılan test durumları ve kontroller sayesinde projenin amaçlarını yerine getirmek için gerekli olan yerlerde önlem alınması

kolaylaşacaktır. Test kontrolleri aşağıdaki maddelere göre yapılmalıdır:

- Testler sırasında bulunan hataların sayısı, türü ve öneminin bilinmesi. Tüm test senaryolarından kaçının tamamlandığı ve kaçının başarısız olduğunun izlenmesi gerekir,
- Yazılım projesinin yöneticisi, müşteri ve diğer paydaşlara yazılım projesinin durumu hakkında çeşitli kararlar verebilmelerine yardımcı olacak düzenli raporlar vermelidir.

Bunların haricinde uygulamanın özelinde o projeye uygun kriterler belirlenir. Örneğin bir şube mobil uygulamasında hesap adı değiştirme gibi işlemler ile finansal işlemler aynı önemi, işlem yoğunluğunu ve riski taşımaz. Finansal işlemlerin düzgün çalışması bir şube mobil uygulama projesinin test çıkış kriterlerinden biri olarak gösterilebilir.

3.3. Test Analizi ve Tasarımı

Test analizi aşaması test esasları adı verilen proje gereksinimlerinin çıkarılabileceği belgelerin analiz edilebileceği aşamadır. Test koşulları göz önünde bulundurularak, test edilecek kısımlar belirlenir. Test koşullarının oluşturulması birçok etkene bağlıdır. Koşulların tanımlanma detayı her projenin kritikliğine göre değişiklik gösterebilir.

Proje gereklilikleri ayrıntılı bir biçimde incelenir, gereklilikler küçük bölümlere ayrılır ve bu bölümlere uygun test koşulları tanımlanır. Böylece yazılım projelendirilmeye başlandığında hata oluşma riski en aza indirilmiş olur. Özellikle finans sektöründe kullanılan karmaşık işlemler içeren uygulamalarda bu aşama oldukça önem arz eder.

Test tasarımı analiz ise sonucu tanımlanan veriler ve koşullar ile tasarım tekniğinin belirlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada yazılımın nasıl test edileceği hakkında senaryo oluşturulur.

Oluşturulan test senaryoları iki başlık altında sınıflandırılır. Bunlardan birincisi, somut olan test senaryolarıdır. Somut test senaryoları proje gerekliliklerinin açık bir şekilde tanımlandığı senaryolar olarak tanımlanır. İkincisi ise, mantık temelli test senaryolarıdır. Test süreci koşullanırken proje gerekliliklerinin kapsama alanı genişletilerek oluşturulan senaryolardır.

Oluşturulan test senaryoları açık ve anlaşılır olmalıdır. Test senaryoları risk kapsamının belirlenmesi aşamasında kritik önem taşır. (Black R, Chapter 1,11)

3.4. Test Uyarlama ve Koşma

Test uyarlama; test aşamalarının tam olarak belirlendiği ve test koşulunun gerçekleştirilmesi için gerekliliklerin sağlandığı aşamadır. Bu aşamada, test verileri oluşturulur ve test edilecek ortamın test koşumu için uygun olup olmadığı durumu kontrol edilir.

Test koşumu; test sürecinin hazırlıkları tamamlandıktan sonra test senaryolarının koşulduğu aşama olarak tanımlanır. Test koşumu sırasında karşılaşılan sonuçlarla test adımlarının gerçekleştirilmesi ile beklenen sonuçlar karşılaştırılır.

Kullanıcı ihtiyaçları, yazılım mimarisi, uygulama tasarımı, kullanıcı ara yüzleri, test verileri, test ortamı ve araçları göz önünde bulundurularak uygulanacak test teknikleri belirlenir. Projeye uygun test senaryoları hazırlanır ve projenin amaçlarına göre çeşitlendirilir. (Hancı, 2017)

3.5. Çıkış Kriterlerini Değerlendirme ve Raporlama

Test uyarlama ve koşumu aşaması tamamlandıktan sonra test sonuçlarının tespit edilip raporlandığı aşamadır. Test koşumu sonucunda elde edilen veriler ile başlangıçta öngörülen test hedeflerinin gerçekleşme oranı belirlenir ve karşılaştırılır. Test koşumu sırasında tespit edilen hatalar olursa bu hatalar önceliklerine ve önemlerine göre, bu aşamada sınıflandırılır.

Testlerin sonucunda raporlandırılan verilerden yola çıkılarak ürünün süreci hakkında kararlar verilir.

3.6. Test Kapanış Aktiviteleri

Test kapanış aşaması test süreci boyunca elde edilen çıktıların bir araya getirilerek arşivlendiği aşamadır. Arşivlenen test verileri gerektiğinde diğer benzer projelendirmelerde, mevcut projeye bakış açısı kazandırmak üzere muhafaza edilir.

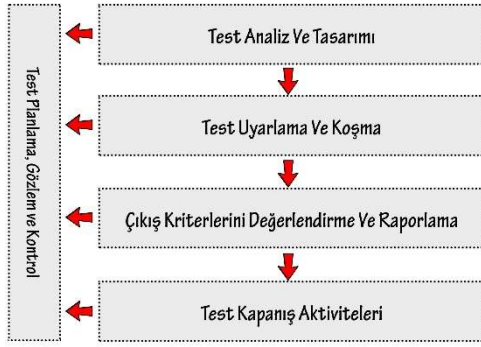
Uygulamanın belirlenen ihtiyaçları karşılayabilecek hale gelmesi, test sürecinde karşılaşılan hataların giderilmesi, kullanıcıya sunulduğunda risk oranının en az değerine indirilmesi halinde test çıkış kriterlerine uygunluğu irdelenerek “Test Kapanış Raporu” hazırlanır. Rapor hazırlandıktan sonra test sonlandırılır.

Testin süresi proje kapsamındaki karşılaşılan ve çözümlenen risklerin miktarına bağlı olarak değişmektedir. (Uzun, 2019)

Kodlamanın bitmesine yakın bir zamanda “Dinamik Test Süreci” başlar. Dinamik test süreci, uygulamada bulunan tüm hataların çözülmesini ve test sürecini sonlandırmak için ulaşılmaması gereken gereksinimlerin sağlanmasını hedefler. Dinamik test süreci içerisinde ve sonrasında genel olarak uygulanan bazı teknikler vardır. Bu teknikler şu şekilde sıralanır;

- **Birim Testi:** Dinamik test sürecinin ilk aşamasıdır. Bu aşama hataların tespit edilip düzeltilmesi açısından en önemli aşamadır.
- **Tümleyim Testi:** Uygulamadaki birbirinden farklı bileşenlerin bir arada uyum içerisinde çalışıp çalışmadığına bakılıp, test edildiği aşamadır.
- **Regresyon Testi:** Uygulamada gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra yeniden yapılan testlerdir. Böylelikle sistemde çözülen sorunların yeniden meydana gelip gelmediği test edilir.
- **Zorlanım - Performans Testi:** Bu test “Yük Testi” ile aynı anlamda kullanılabilir. Buradaki yük kavramı uygulamadaki çok yoğun sayısal işlemler, karmaşık sorgulamalar gibi yoğun işlemlerdir. Bu işlemler sırasında sistemin işlevselliğinin ölçüldüğü test olarak adlandırılabilir.
- **Kullanıcı Kabul Testi:** Müşteri veya son kullanıcı isteklerine dayanan son test işlemidir. Aynı zamanda uygulamanın sunulduğu kişilerin uygulamayı kabul etmeden önce, uygulamanın gereksinimlerini ne derecede karşıladıkları hakkında geri dönüşlerini de belirtebilecekleri testlerdir.

Yapılan tüm testlerin sonucunda tespit edilen hataların düzeltilmesinin ardından, test hazırlık süreci tekrardan kontrol edilir. Tüm kriterler istenen düzeyde sağlanırsa test sonlandırılır. Test sonlandırıldıktan sonra uygulama kullanıcıya sunulur. Kullanıcı uygulamada bulduğu hataları veya değiştirilmesini istediği noktaları belirtir (Kullanıcı Kabul Testi). Belirtilen kısımlar yazılım ekibi tarafından gözden geçirilir ve test ekibine kontrol amaçlı sunulur. Tekrarlanan kontroller sonucu uygulama projesi, ürün aşamasına geçerek tüm kullanıcılara sunulur. Kullanıcıya sunulan uygulamanın yazılım test süreci sona ermiş olur. Böylelikle yazılım geliştirme sürecinin son basamağına gelmiş olunur. (İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 2013)



Şekil 2. Yazılım Testi Süreçleri

4. YAZILIM TEST YÖNTEMLERİ VE TEST ÜRÜNLERİ

Yazılım testleri, yazılım ürünlerinin beklendiği gibi çalıştığını doğrulama işlemidir. Yazılım testini gerçekleştirmek için iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler, manuel veya bir otomasyon aracı kullanarak yazılımı test etmektir.

4.1. Manuel Test

Manuel test bir yazılımın kalite güvence analistleri tarafından manuel olarak test edilmesidir. Geliştirilmekte olan yazılımların hatalarını tanımlamaya yardımcı olur.

Manuel test süreci, projelendirilen yazılımın hem görünür olan hem de gizli olan hatalarını bulabildiği için en temel test süreçlerinden biri olarak bilinmektedir. Otomasyon testi yapılmadan önce, yeni geliştirilen her bir yazılım projesi için manuel test zorunludur. Manuel testin başarılı olması için, bir testçinin öncelikle gereksinimleri, yani yazılımın nasıl çalışması gerektiğini bilmesi gerekir. (Arslan,2020)

4.1.1. Manuel Olarak Yapılabilecek Testler

- **Araştırma Testi:** Keşif testidir.
- **Kullanılabilirlik Testi:** Ürünü en son haliyle kullanan kullanıcılar üzerinden gerçekleştirilen test tekniğidir.
- **Geçici Test:** Test süreci boyunca gerçekleştirilen tüm testlerin sürelerinin belirlendiği test tekniğidir.
- **Beta Testi:** Uygulamanın oluşturulan ilk yazılım sürümü sırasında uygulanan test tekniğidir.
- **GUI Yazılım Testi:** Kullanıcı ara yüzünün ve uygulamanın kullanıcılara vadettiği olanakları sunup sunmadığının kontrol edildiği test tekniğidir.

4.2. Otomatik Test (Test Otomasyonu)

Otomatik test yazılım testinde, testlerin yürütülmesini kontrol etmek için özel yazılım araçlarını kullanan bir test yöntemidir. Aynı zamanda yapılan testlerin sonuçlarını, öngörülen sonuçlarla karşılaştıran bir test yöntemidir. Tüm bunlar otomatik olarak test mühendisinin müdahalesi çok az veya hiç olmadan yapılır.

Otomasyon, manuel olarak gerçekleştirilmesi çok zor olabilecek ek testler için kullanılır. Bazı yaygın otomatik test araçları Selenium, Appium ve Test Studio'dur. (Yener vd., 2019)

4.2.1. Bazı Yazılım Geliştirme Araçları

Appium, mobil cihazlarda bulunan mobil web ve melez(hibrit) uygulamalarında istenilen testlerin en uygun şekilde yapılmasını sağlayan açık kaynaklı bir pakettir.

Selenium, kullanılan web uygulamalarının birçok platform üzerinden istenilen testlerin uygun olarak yapılmasını sağlayan açık kaynaklı bir yazılımdır. Yazılım kodu ile web tarayıcıları arasında iletişim kurulabilmesini sağlar.

MF Unified Functional Testing (UFT), daha önce QuickTest Professional (QTP) olan MF Unified Functional Testing (UFT), fonksiyonel test otomasyonu için en sık kullanılan ticari araçtır. MF UFT, masaüstü, mobil ve web platformlarında otomatik test gereksinimlerini kapsamlı olarak karşılayabilecek özellikler dizisi sunar.

Cucumber, uygulama davranışlarını geliştirme sürecini benimseyen yazılımcılar tarafından kullanılan bir yazılım paketidir. İstenilen davranışların müşteriler tarafından anlaşılabilir bir biçimde oluşturulmasını sağlar.

Jmeter, performans testlerinde sık kullanılan bir araçtır. Kullanıcıların üretilen bir web uygulamasını kullanırken sunuculardan bekledikleri talepler (web istekleri) simüle edilir. jMeter ile birden fazla kullanıcı aynı anda aynı senaryoyu çalıştırmış gibi kurgulanarak sistemde istenen büyüklükte bir yükler oluşturulabilir ve bu şekilde sistem test edilebilir.

4.2.2. Otomatik Olarak Yapılabilecek Testler

- **Gerileme (Regression) Testi:** Uygulamada yapılan değişikliklerin kontrol edildiği test tekniğidir.
- **Mantık (Sanity) Testi:** Yazılım güncellemeleri sonrasında yapılan performans testidir.

- **Tekrarlanan Testler (Repeated):** Süreç boyunca devamlı olarak yapılan test tekniğidir.
- **Performans Testi:** Sistemdeki performans ve sistem bileşenlerinin uygunluğunun kontrol edildiği test tekniğidir.
- **Yük (Load) Testi:** Programın kapasite ölçümü için yapılan test tekniğidir.

4.3. Manuel ve Otomasyon Testinin Karşılaştırılması

Tablo 1. Otomasyon ve manuel testin özellikleri

	OTOMASYON	MANUEL
Maliyet	Kullanılan araçlar ve devamlı olarak bakım gerektirmesi dolayısıyla pahalı olabilir. Fakat açık kaynaklı araçlar kullanılır ise maliyet düşer.	İnsan gücüne başvurduğu için personel maliyeti doğurur.
Verimlilik	Tekrar eden testler için uygundur.	Tekrar eden testler için uygun değildir.
Raporlama	Çeşitli uygulamaları desteklediği için otomatik bir şekilde düzenli rapor tutulabilir.	Veriler testi yapan kişi tarafından kayıt edilmelidir.
Kapsam	Sadece kodlanan kısımları kontrol eder.	En küçük ayrıntı bile test edilebileceği için daha geniş kapsamlıdır.
Zaman	Hızlıdır.	Yavaştır.
Gözlem	Kullanıcı deneyimi sağlayamaz.	Kullanıcı deneyimi sağlar.
Güvenilirlik	İnsan kaynaklı hatalar görülmez.	Manuel testler hiçbir zaman tam olarak tekrar edilemez. İnsan hataları görülebilir.
Hata Bulma Oranı	Manuel teste göre daha	Otomasyon sonucu bulunan

	fazla hata bulunmasını sağlar.	bazı hatalar bulunamayabilir.
--	--------------------------------	-------------------------------

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşamımızın her alanında yazılıma olan ihtiyaç sürekli artmakta ve bu ihtiyaca paralel olarak yazılım proje sayıları da artmaktadır. Kaliteli yazılımların oluşturulabilmesi için projelerin iyi bir test sürecinden geçirilmesi gerekmektedir. Test sürecinden geçirilmeyen projelerin oluşturacağı risk ve sorunlar yüzünden piyasa içerisinde kaybolacağı görülmekte ve şirketler açısından saygınlık, para ve zaman kaybına sebep olacaktır. Projelerin iyi bir test sürecinden geçirilerek en az hata ile kullanıcılara sunulması için proje süresince oluşabilecek risklere karşı alınacak önlemlerde yol gösterici olacak zengin raporlamalar yapılmalıdır. Yazılım organizasyonları ar-ge çalışmalarını birlikte geliştirilerek yapılan işin kalitesi arttırılabilmektedir.

Gelişen teknoloji ve artan müşteri beklentileri, bankaların daha karmaşık ve daha fazla fonksiyonellik içeren ürünleri en hızlı şekilde üretilip piyasaya sürmesini gerektirmektedir. Sektörün gerektirdiği hızlı üretim, birçok riski de beraberinde getirmektedir. Bu riskleri azaltmak için test teknikleri hakkında detay bilgilere sahip olunmalı ve bu bilgiler projelerde titizlikle uygulanmalıdır.

Mobil uygulamaların ve platformların artışı, sektörel düzenlemeler, yasal uyumluluk hedefleri ve sürekli değişen müşteri ihtiyaçları göz önüne alındığında, finans kuruluşları test aktivitelerini gerçekleştirebilmek için bulut bilişim, test otomasyonu, ileri seviye test teknikleri ve test veri yönetimi gibi teknik alanlara ve hizmetlere yönelmelidirler.

KAYNAKÇA

Arslan, O., (2020) "Manuel Test Nedir?"

Black, R. vd., "ISTQB Advanced Level Syllabus Test Manager", ISTQB, Chapter 1, 9.

Black, R. vd., ISTQB Advanced Level Syllabus Test Manager, ISTQB, Chapter 1, 11.

Certified Tester Foundation Level Syllabus", International Software Testing Qualifications Board, (2011).

Hancı, A.K. vd., "Yazılım Testi Tasarım Tekniklerinin Matematiksel Model Yaklaşımı İle Analizi", 2017.

İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, (2013) *Yazılım Testi Ve Test Süreçleri*.

Karagöz, A.B, Test Otomasyonunda Kritik Başarı Faktörleri, 2017.

Karagöz, A.B, Yazılım Test Süreci, Finans Sektöründeki Önemi ,2018.

Uzun, Beytullah, (2019) *Yazılım Testi Süreç Yönetimi Ve Raporlama Sisteminin Geliştirilmesi*.

Yener, Halil Ahmet vd., (2019), “Productivity Increase with Software Development and Test Automation:General Mobile.”



Araştırma Makalesi

Industrial Robot Arm Rigid Dynamics Analysis Using Finite Element Method

Oğuzhan ÇAKAR*¹, Murat ALÇIN²

¹ Afyon Kocatepe University, Graduate School of Natural and Applied Sciences , Mechanical Engineering, Afyon, Turkey

² Afyon Kocatepe University, Faculty of Technology , Mechatronics Engineering, Afyon, Turkey

ABSTRACT

Keywords:

Manipulator
Polylactic Acid
Finite Element Method

In today's industry applications, robot and articulated manipulator systems are widely used because of their advantages in continuous operation, minimum cycle time and lowest error rate parameters. In this study, the Rigid Dynamic Analysis of the articulated manipulator, whose 2-D model was drawn, extracted with Polylactic Acid (PLA) raw material in a 3D printer and assembled in accordance with the tolerances, was carried out using the Finite Element Method (FEM) and the Angular Velocity parameter. As a result of the calculated analysis, Angular Velocity $\omega=0.1$ rad/s and Total Deformation applied to the manipulator were obtained as 3.933 N. As a result of the calculated analysis, Angular Velocity applied to the manipulator was obtained as $\omega=0.1$ rad/s, while Total Deformation was obtained as 3.933 N. According to the Rigid Dynamic Analysis results obtained from the study, the design was improved by using different raw materials in Ansys software. For different angular rotation parameters, the endpoint static displacements and the total deformation stresses on the manipulator when the industrial manipulator reaches different points in the three-dimensional working space are numerically calculated. As a result of using different raw materials, 1.5209 N was obtained for Aluminum.

Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Endüstriyel Robot Kol Rijit Dinamik Analizi

Anahtar Kelimeler:

Manipülator
Polilaktik asit
Sonlu Elemanlar Yöntemi

ÖZET

Günümüz endüstri uygulamalarında robot ve mafsallı manipülator sistemleri, sürekli çalışma, minimum çevrim süresi ve en düşük hata oranı parametreleri gibi avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 2 boyutlu modeli çizilen, Polilaktik Asit (PLA) hammaddesi ile 3 boyutlu yazıcıda ekstrakte edilen ve toleranslara uygun olarak montajı yapılan mafsallı manipülatorün Sonlu Elemanlar Metodu (Finite Element Method, FEM) ile ve açısal hız parametresini kullanarak, Rijit Dinamik Analizi (Rigid Dynamics Analysis) yapılmıştır. Hesaplanan analiz sonucunda manipülatöre uygulanan açısal hız $\omega=0.1$ rad/s iken toplam deformasyon 3.933 N olarak elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen Rijit Dinamik Analiz sonuçlarına göre Ansys yazılımında farklı hammaddeler kullanılarak tasarım iyileştirilmiştir. Farklı açısal dönme parametresi için, endüstriyel manipülatorün üç boyutlu çalışma uzayı içerisindeki farklı noktalara erişmesi durumundaki uç nokta statik yer değiştirmeleri ve manipülator üzerinde oluşan en büyük toplam deformasyon (Total Deformation) gerilmeleri sayısal olarak hesaplanmıştır. Farklı hammaddeler kullanımının sonucunda, Alüminyumda iken 1.5209 N olarak elde edilmiştir.

*Sorumlu Yazar

*(m.oguzhancakar@gmail.com) 0000-0001-7372-1368
(muratalcin@aku.edu.tr) 0000-0002-2874-7048

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 01/05/2022; Kabul Tarihi: 26/07/2022

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

1. INTRODUCTION

Robot and manipulator systems are systems that are frequently used in today's industrial applications based on automation such as production, assembly, welding, spot welding, packaging, stacking, transport and press feeding. Speed in production, high precision and increase in the quality of the work done are the advantages of robot and manipulator systems. Today's modern engineering tools are used instead of classical methods in the design of these systems with complex geometries. The development of numerical calculations that produce approximate solutions with computer problems provides convenience in solving engineering problems that take a long time to solve analytically. One of these approximate solutions is the Finite Element Method (FEM) (Karagöz, 2010).

Ansys is one of the finite element software types that has been used frequently in the analysis of complex problems in recent years. Its success, especially in solving static stress and dynamic problems, is at a remarkable level. Besides, Ansys software allows engineers to perform many analyzes such as strength, vibration, fluid mechanics, and heat transfer (Kocabicak, 2001). With all this information, Ansys 2019 software was preferred for the Rigid Dynamics Analysis to be performed in this study.

Components and products produced through 3D printers are increasingly used in the automotive, biomedical, textile and food industries. Understanding the mechanical properties of the materials produced by this method is important for the efficient use of these materials in applications (Özerinç, 2018).

Polylactic Acid (PLA), a thermoplastic polymer made from lactic acid, was chosen as the raw material of the manipulator because it is biocompatible and biodegradable and stands out with its low cost (Çelik, 2017). It is one of the most preferred thermoplastics in the food packaging industry, personal care industry, kitchenware and biomedical industry (Oksman, 2013).

The technical features of the filament are; printing temperature is between 180-230°C. Its melting temperature is between 160-190 °C. The brittleness temperature is between 60-65°C. It is the value at which the polymeric material loses its glass transition property and starts to show viscous properties in the fragility temperature range value (Aygin, 2019).

The reason for using PLA filaments is that they are the most commonly preferred filament types in three-dimensional printers that create the model with solid melt deposition technology. Another reason why this material is preferred is that it is easy to use because it can melt at low temperatures. The nozzle melting temperature is 180 °C. There is no need to use a heating plate. Polylactic acid is obtained from products containing starch (Çelik,

2015). Mechanical and thermal properties of PLA material are given in Table 1 (Evlen, 2017).

Table 1. Mechanical and Thermal Properties of Polylactic Acid (Evlen, 2017)

PLA Features	Unit	Value	Method
Intensity	g/cm ³	1,24	ISO 1183
Tensile Strength at Yield	MPa	70	ISO 527
Tensile Strength at Break	MPa	55-65	ISO 527
Melting point	°C	180	-
Flex Modulus	MPa	4500-5000	ISO 175

When the analyzes made by the Finite Element Method (FEM) and Analysis System (Ansys) software are examined in the literature, it is suggested that the raw material Polylactic Acid (PLA) be used in the components and products produced by 3D printers in the study by Kaygusuz. In this study, the effects of parameters such as nozzle temperature and filler density on the mechanical properties of structures produced with Polylactic acid, one of the commonly used 3D printer materials, were investigated. It was observed that the upper tensile strength increased as the nozzle temperature increased, while the strength and modulus of elasticity decreased gradually as the filler density decreased. As a result, nozzle temperature and filler density significantly affected the mechanical properties. As the nozzle temperature increased, the voids in the structure decreased and accordingly the tensile strength increased. It has been observed that both the yield strength and the modulus of elasticity decrease significantly when the filling density is reduced (Kaygusuz, 2018).

In his study, Evlen suggested that models modeled or scanned in 3D using computer aided design (CAM) can be produced from a 3D printer. In this study, it has been observed that factors such as fill rate, layer thickness, extruder temperature, ambient conditions have an effect on the part strength in the Melt Storage Modeling method, which is one of the parts printing methods with a 3D printer. As a result, the effect of fill rates on mechanical properties in 3D printers was investigated by tensile test and hardness measurement on the samples obtained in the open and closed conditions of the printer system. It has been observed that the hardness values of the samples printed in the closed system are lower than the samples printed in the open system, their tensile strength and % elongation are higher (Evlen, 2018).

In his study, Şık suggested using Ansys 14.0 software for simulation and fatigue analysis in virtual environment. In this study, it has been observed that surfaces operating under cyclic

stresses develop cracks as a result of certain number of repetitions depending on time. As a result, it has been observed that various parameters such as vertical load, material hardness, fatigue strength and material ductility affect the results of the study (Şık, 2015).

In the study, Kaya suggested using the finite element method on Ansys software to examine the continuous contact problem in a constant-height homogeneous layer rigidly supported from the top and loaded with a rigid block. In this study, all surfaces are assumed to be frictionless and the homogeneous layer is loaded by a rigid circular block with external load P . As a result, the contact distances and contact stresses between the rigid block and the elastic layer were determined by the finite element method (Kaya, 2017).

In his study, Kırac suggested the theoretical investigation of the dynamic behavior of composite linear rods under time-varying loads in Laplace space. In this study, the rod material is assumed to be homogeneous, linear elastic and anisotropic, and ordinary differential equations in scalar form obtained in Laplace space are numerically solved using complementary functions to calculate the dynamic stiffness matrix of the problem. As a result, a general purpose computer program was prepared in FORTRAN language to perform dynamic analysis of straight axis composite rods under time-varying loads, and it was observed that the results were in harmony with the results of the Ansys program (Kırac, 2008).

In the study presented by Sivri, the non-linear behavior of reinforced concrete frames under horizontal loading with partial reinforced concrete shear additions has been made with Ansys software using the finite element method and STA4CAD program. In this study, nonlinear inelastic analyzes of two-storey and two-span weak frames were made in Ansys package program and STA4CAD software. As a result, the data of some experiments performed for reinforced concrete frames with weak seismic strength, reinforced by adding shear walls, were questioned with the results of nonlinear discrete analyzes (Sivri, 2013).

In his study, Karagöz suggested the use of Ansys software for static, dynamic, rigid dynamic and drop analyzes of the movements of the robot cabin and the stresses caused by the cabin weight by determining the material selection, load and boundary conditions. In this study, a robot operator cabin, which can move in specified angles and directions, is designed in order to increase the operator's field of view from inside the cabin. As a result, the three-dimensional original design of the mobile operator's cabin was made and its analysis has been performed with the Ansys WorkBench package program, which works with the finite element method (Karagöz, 2010).

In his proposed study, Kant performed static and dynamic analyzes for an industrial robot manipulator and completed the analysis with the finite element method. In this study, the endpoint

static displacements and the maximum Von-Mises stresses on the manipulator when the robot manipulator reaches different points in the three-dimensional workspace for different workloads are numerically calculated. As a result, the endpoint displacement values for different positions and different working loads of an industrial robot in the workspace and the largest equivalent stress values on the manipulator were numerically obtained with a commercial software using the finite element method and the results were shown in the workspace (Kant, 2009).

In his study, Günel suggested Ansys software for the mechanical analysis of the robot arm mechanism, which includes six servo motors and one gripper. In this study, it is aimed to make analysis before the production of the building elements and to save cost and time by manufacturing according to the results of these analyzes. As a result, it includes the subjects of "design", "manufacturing-assembly" and "control". Robot arm mechanism consisting of 6 servo motors and 1 gripper claw; It was controlled by Atmega 328-P microcontroller card and by applying interface on Microsoft Visual C#. The design was made with SolidWorks and the mechanical analyzes were made using the Ansys program. As a result, the designed system was assembled and 6 servo motors were controlled on a platform (Günel, 2016).

In his study, Cengiz proposed the comparison and performance evaluation of bending, torsion and collision energy absorption capabilities of aluminum profile structures designed in different section geometries with the same cross-sectional area and external dimensions. In this study using Ansys LSDYNA software, geometries with the same contour dimensions have variable interior section designs with the same cross-sectional area amounts. The mechanical behavior of profile structures under different types of loads was investigated using the finite element method. As a result, undesirable situations may be inevitable if collision safety is not considered in designs to be made considering static loads or only bending and torsional loads. For this reason, the designer should refer to the collision analysis data as well as the bending and torsional loads, and even take into account natural frequency analyzes and system harmonics, which are the subject of future studies (Cengiz, 2017).

In this proposed study, Rigid Dynamic Analysis of the manipulator was performed using the Finite Element Method and Ansys WorkBench software. In the second part of the study, information about Finite Element Method and Rigid Dynamic Analysis in Ansys software is given. In the third chapter, the structure of Rigid Dynamic Analysis and the obtained graphs are presented. In the conclusion section of the study, the results obtained are interpreted.

When the analyzes made by the Finite Element Method (FEM) and Analysis System (Ansys) software are examined in the literature, it is suggested that the raw material Polylactic Acid

(PLA) be used in the components and products produced by 3D printers in the study by Kaygusuz. In this study, the effects of parameters such as nozzle temperature and filler density on the mechanical properties of structures produced with Polylactic acid, one of the commonly used 3D printer materials, were investigated. It was observed that the upper tensile strength increased as the nozzle temperature increased, while the strength and modulus of elasticity decreased gradually as the filler density decreased. As a result, nozzle temperature and filler density significantly affected the mechanical properties. As the nozzle temperature increased, the voids in the structure decreased and accordingly the tensile strength increased. It has been observed that both the yield strength and the modulus of elasticity decrease significantly when the filling density is reduced (Kaygusuz, 2018).

In his study, Evlen suggested that models modeled or scanned in 3D using computer aided design (CAM) can be produced from a 3D printer. In this study, it has been observed that factors such as fill rate, layer thickness, extruder temperature, ambient conditions have an effect on the part strength in the Melt Storage Modeling method, which is one of the parts printing methods with a 3D printer. As a result, the effect of fill rates on mechanical properties in 3D printers was investigated by tensile test and hardness measurement on the samples obtained in the open and closed conditions of the printer system. It has been observed that the hardness values of the samples printed in the closed system are lower than the samples printed in the open system, their tensile strength and % elongation are higher (Evlen, 2018).

In his study, Şık suggested using Ansys 14.0 software for simulation and fatigue analysis in virtual environment. In this study, it has been observed that surfaces operating under cyclic stresses develop cracks as a result of certain number of repetitions depending on time. As a result, it has been observed that various parameters such as vertical load, material hardness, fatigue strength and material ductility affect the results of the study (Şık, 2015).

In his study, two solid models were created from an industrial robot arm with three degrees of freedom whose solid modeling was designed (the model in which the drives are transmitted with the help of a belt pulley and the drives with the help of a screw shaft) are driven from different regions. These models suggested using rigid dynamic analysis separately for each model with the help of Ansys workbench interface (Şani,2021).

In the study, Kaya suggested using the finite element method on Ansys software to examine the continuous contact problem in a constant-height homogeneous layer rigidly supported from the top and loaded with a rigid block. In this study, all surfaces are assumed to be frictionless and the homogeneous layer is loaded by a rigid circular block with external load P . As a result, the contact

distances and contact stresses between the rigid block and the elastic layer were determined by the finite element method (Kaya, 2017).

In his study, Kırac suggested the theoretical investigation of the dynamic behavior of composite linear rods under time-varying loads in Laplace space. In this study, the rod material is assumed to be homogeneous, linear elastic and anisotropic, and ordinary differential equations in scalar form obtained in Laplace space are numerically solved using complementary functions to calculate the dynamic stiffness matrix of the problem. As a result, a general purpose computer program was prepared in FORTRAN language to perform dynamic analysis of straight axis composite rods under time-varying loads, and it was observed that the results were in harmony with the results of the Ansys program (Kırac, 2008).

In the study presented by Sivri, the non-linear behavior of reinforced concrete frames under horizontal loading with partial reinforced concrete shear additions has been made with Ansys software using the finite element method and STA4CAD program. In this study, nonlinear inelastic analyzes of two-storey and two-span weak frames were made in Ansys package program and STA4CAD software. As a result, the data of some experiments performed for reinforced concrete frames with weak seismic strength, reinforced by adding shear walls, were questioned with the results of nonlinear discrete analyzes (Sivri, 2013).

In his study, Karagöz suggested the use of Ansys software for static, dynamic, rigid dynamic and drop analyzes of the movements of the robot cabin and the stresses caused by the cabin weight by determining the material selection, load and boundary conditions. In this study, a robot operator cabin, which can move in specified angles and directions, is designed in order to increase the operator's field of view from inside the cabin. As a result, the three-dimensional original design of the mobile operator's cabin was made and its analysis has been performed with the Ansys WorkBench package program, which works with the finite element method (Karagöz, 2010).

In his proposed study, Kant performed static and dynamic analyzes for an industrial robot manipulator and completed the analysis with the finite element method. In this study, the endpoint static displacements and the maximum Von-Mises stresses on the manipulator when the robot manipulator reaches different points in the three-dimensional workspace for different workloads are numerically calculated. As a result, the endpoint displacement values for different positions and different working loads of an industrial robot in the workspace and the largest equivalent stress values on the manipulator were numerically obtained with a commercial software using the finite element method and the results were shown in the workspace (Kant, 2009).

In his study, Günel suggested Ansys software for the mechanical analysis of the robot arm mechanism,

which includes six servo motors and one gripper. In this study, it is aimed to make analysis before the production of the building elements and to save cost and time by manufacturing according to the results of these analyzes. As a result, it includes the subjects of "design", "manufacturing-assembly" and "control". Robot arm mechanism consisting of 6 servo motors and 1 gripper claw; It was controlled by Atmega 328-P microcontroller card and by applying interface on Microsoft Visual C#. The design was made with SolidWorks and the mechanical analyzes were made using the Ansys program. As a result, the designed system was assembled and 6 servo motors were controlled on a platform (Günel, 2016).

In his study, Cengiz proposed the comparison and performance evaluation of bending, torsion and collision energy absorption capabilities of aluminum profile structures designed in different section geometries with the same cross-sectional area and external dimensions. In this study using Ansys LSDYNA software, geometries with the same contour dimensions have variable interior section designs with the same cross-sectional area amounts. The mechanical behavior of profile structures under different types of loads was investigated using the finite element method. As a result, undesirable situations may be inevitable if collision safety is not considered in designs to be made considering static loads or only bending and torsional loads. For this reason, the designer should refer to the collision analysis data as well as the bending and torsional loads, and even take into account natural frequency analyzes and system harmonics, which are the subject of future studies (Cengiz, 2017).

In this proposed study, Rigid Dynamic Analysis of the manipulator was performed using the Finite Element Method and Ansys WorkBench software. In the second part of the study, information about Finite Element Method and Rigid Dynamic Analysis in Ansys software is given. In the third chapter, the structure of Rigid Dynamic Analysis and the obtained graphs are presented. In the conclusion section of the study, the results obtained are interpreted.

2. METHOD

2.1. Finite Element Method

Developed and developing countries want high quality, low cost and minimum cycle time parameters for products produced with developing industrial technology (Karataş et al., 2021, Koyuncu et al., 2021). For this reason, the power of robot and manipulator systems is preferred instead of human power for many industrial applications.

The finite element method is used in the analysis of engineering problems that have no solution or are difficult to solve with normal methods in practice. The finite element method was first developed in 1956 for the analysis of airframes, and in the next decade it began to be used in solving

applied science and engineering problems. In the following years, this method and solution techniques were developed rapidly and today it has become one of the best methods used for the solution of many engineering problems.

In this study, the manipulator (Çakar, 2020), whose 2D model is designed in the computer aided drawing program, is called to the Ansys software environment and analyzed. First of all, the model made in the computer aided drawing program was saved as .x_t extension suitable for Ansys software. Ansys WorkBench platform was opened and Rigid Dynamic Analysis parameter was dragged from toolbox and left to project schematic to perform Rigid Dynamic Analysis of the designed manipulator.

PLA raw material, which is the raw material of the designed manipulator, was selected from the Engineering Data button. In order for the Rigid Dynamic Analysis results to be obtained correctly, raw materials were selected. According to the analysis results, improvements were made in the design. After the raw material selection, the 2D manipulator design saved as .x_t extension was called from the geometry button to the project diagram section. The view of the imported 3D Manipulator is given in Figure 1.

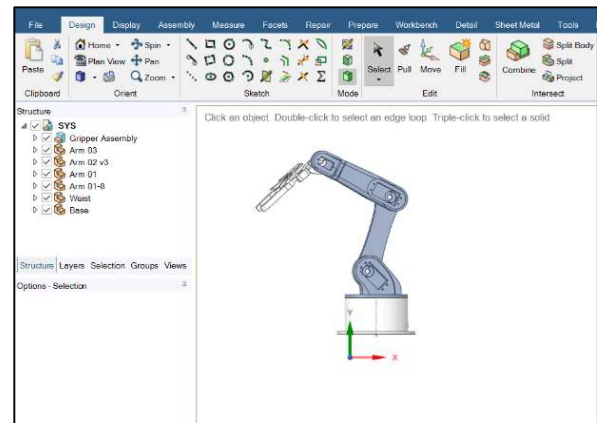


Figure 1. The view of the imported 3D Manipulator

Axis-axis connections are made from the connection parameter of the imported 2D manipulator design. The reason for making the axis-axis connection is to determine the mounting locations in the Ansys software and to enable the analysis to be performed according to the mounting locations. A total of 12 connections were made for the manipulator with a 2D design. One of the 12 connections is Fixed-Ground connection, the rest is Revolute-Axes connection. Since the plinth is fixed to the floor from its lowest point in the experimental study, the ground is fixed from the lowest point in Ansys software. Base fixed floor connection is illustrated in Figure 2.

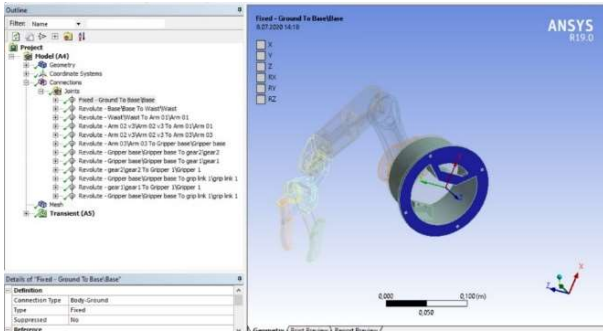


Figure 2. Base fixed floor connection

Rotary axis connection is selected from axis-axis connection parameter in model section. The reference point (Reference-Body) was selected as base and the 1st axis was selected as mobile and its connection was completed by connecting the axes with each other in such a way that the rotation direction was the Z axis.

2.2. Rigid Dynamic Analysis

Rigid Dynamic Analysis is a type of analysis performed by assuming that all the elements of the designed structure are rigid. Therefore, as a result of the analysis, no stress or strain can be obtained in the structure, only the total deformation can be obtained. As a result of parameters such as angular rotation and force applied to the manipulator, it was carried out to determine the angular rotation analysis values that are planned to come to the connection points of the manipulator.

In this study, the rigid dynamic analysis of the manipulator was carried out with the angular rotation parameter. The manipulator, produced with traditional methods, was modeled in the SolidWorks 2018 program. The prototypical manipulator has been jointed and has 5 axes. The designed manipulator was printed using PLA filament, with the 3D printer closed. The analyzes were made after the printed manipulator parts were assembled in accordance with their tolerances and meticulously.

An angular velocity of $\omega=0.1$ rad/s was given to all connection points of the manipulator in the counterclockwise direction, and the analysis was carried out for 60 s and a full rotation was achieved. An analysis time of 60 s is required for the manipulator, which has an angular velocity of $\omega=0.1$ rad/s, to provide one full turn (2π radian). Equations proving that the time required for the manipulator to produce 2π radian rotations is 60 s, are shown in Eq. (1), Eq. (2), Eq. (3) and Eq. (4).

$$\theta = \omega \cdot t \quad (1)$$

$$2\pi = \omega \cdot t \quad (2)$$

$$\omega = 2\pi/t \quad (3)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (4)$$

The forces acting on the 1st axis of the manipulator whose Rigid Dynamic Analysis is performed are shown in Figure 3.

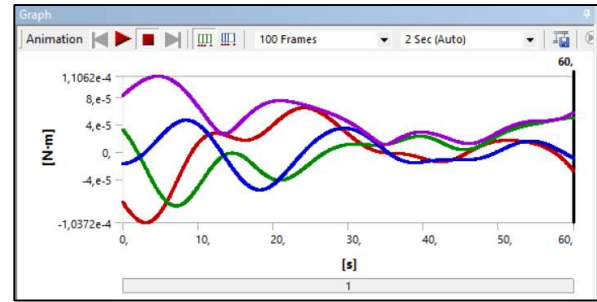


Figure 3. Total forces acting on the 1st axis of the manipulator

Red represents the force applied on the X axis, green represents the force applied on the Y axis, blue represents the force applied on the Z axis and purple represents the total force applied on all axes. According to Figure 3, the highest force value is the total force shown in purple, with a value of 1.1062 N.

Figure 4. presents the forces acting on the 2nd axis of the manipulator whose Rigid Dynamic Analysis is performed. According to Figure 4, the highest force value is the total force shown in purple, with a value of 9,3776 N.

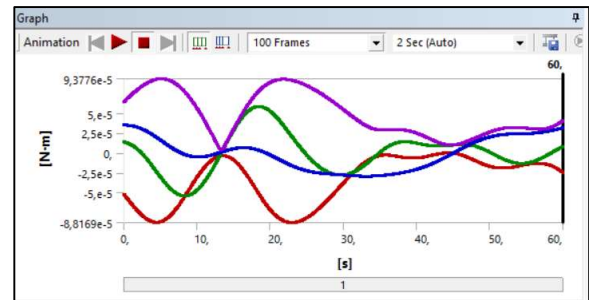


Figure 4. Total forces acting on the 2nd axis of the manipulator

Figure 5. gives the forces acting on the 3rd axis of the manipulator whose Rigid Dynamic Analysis is performed. According to Figure 5, the highest force value is the total force shown in purple, with a value of 4,6699 N.

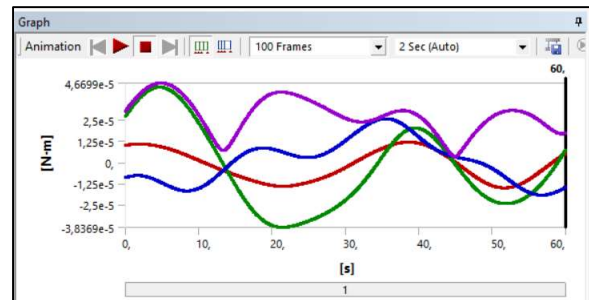


Figure 5. Total forces acting on the 3rd axis of the manipulator

Figure 6. shows the forces acting on the 3rd axis of the manipulator whose Rigid Dynamic Analysis is performed. According to Figure 6, the highest force value is the total force shown in purple, with a value of 1,4661 N.

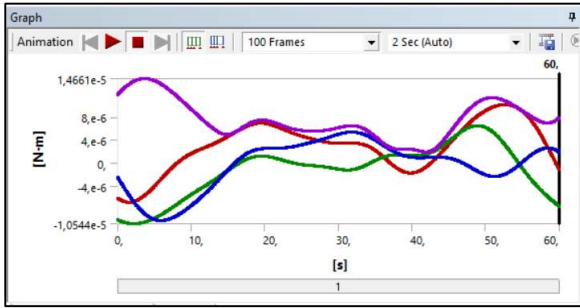


Figure 6. Total forces acting on the 4th axis of the manipulator

Figure 7. shows the forces acting on the 5th axis of the manipulator whose Rigid Dynamic Analysis is performed. According to Figure 7, the highest force value is the total force shown in purple, with a value of 1,3521 N.

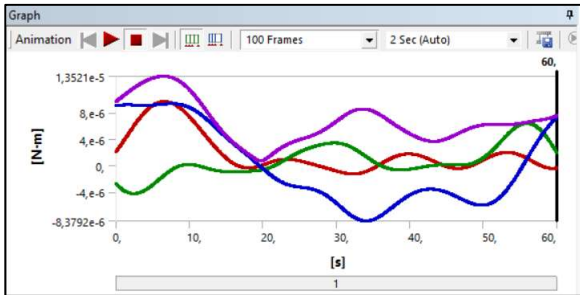


Figure 7. Total forces acting on the 5th axis of the manipulator

The forces acting on the 1st gear group of the holder are shown in Figure 8. The highest force value is the total force shown in purple, with a value of 3.7565 N.

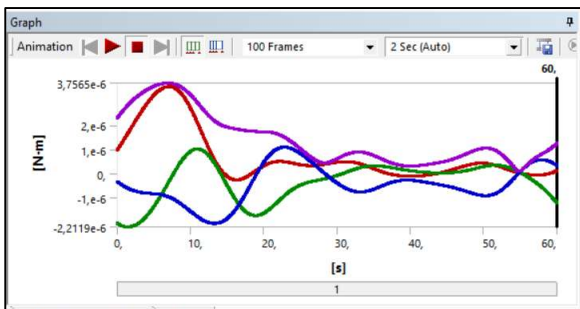


Figure 8. Total forces acting on the 1st gear group of the gripper (gearbox)

The forces acting on the 2nd gear group of the holder are shown in Figure 9. The highest force value is the total force shown in purple, with a value of 3.1535 N.

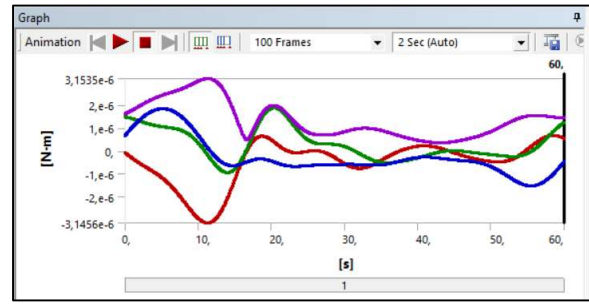


Figure 9. Total forces acting on the 2nd gear group of the gripper (gearbox)

3. FINDINGS

In the analysis made within the scope of the study, the Rigid Dynamic Analysis differences made using polylactic acid and aluminum raw materials are shown in Table 2.

Table 2. Acquired Rigid Dynamic Analysis Results

Axes	Unit	PLA Value	Aluminum Value
1	N	1,106	3,131
2	N	9,377	2,654
3	N	4,669	1,321
4	N	1,466	4,149
5	N	1,352	3,827
1st gear group	N	3,756	1,062
2nd gear group	N	3,153	1,251

As a result of the analysis, when aluminum is used in the engineering data, it has been observed that the 2nd and 3rd axis total moment values, where the most deformation is experienced, decrease.

4. CONCLUSION

One of the most important features of package programs that analyze using the finite element method is that they can be displayed with curves and colors showing the analysis values obtained.

Basic elements such as high speed, precision, repeatability and low energy consumption required in today's industrial applications are the basic elements that should be considered and provided in the design of robot and manipulator systems. Providing the desired performance values of robot and manipulator systems with complex geometries and high operating speeds is a goal that is difficult to reach with classical design methods. In order to eliminate this difficulty and to obtain a suitable manipulator that will meet the expectations of the industry, it has been designed with the help of Computer Aided Design (CAD) programs, and Rigid Dynamic Analysis has been performed in Ansys software by printing it in a 3D printer, which is one of the modern production methods.

In this study, different angular rotation values of an industrial manipulator in the working space and the maximum equivalent stress values on the manipulator were obtained numerically in the finite element method and the results were shown in the working space. While Ansys was performing the analyses, the designed manipulator was accepted as rigid and no flexibility definition was made. It has been shown that the results found are in agreement with both the literature and the Ansys results. In the rigid dynamic analysis performed, the forces on the motors and axes during the motion of the manipulator were obtained in Newton meters.

The maximum force value occurring in the X, Y and Z axes from the rotational forces realized in the manipulator joints is given in the Table 2 in the findings section of the performed rigid dynamic analysis. Thus, a rigid dynamic analysis was obtained with two different force values for both raw materials.

REFERENCES

- Aygın, M., Yıldırım, F., Çantı, E., "Farklı Yazdırma Parametrelerinde Pla Filamentin İşlem Performansının İncelenmesi", International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry, 3:2, 102-115, 2019.
- Cengiz A., "Statik ve Dinamik Yük Altındaki Çekme Alüminyum Profillerde Kesit Alan Tasarımının Mekanik Davranışa Etkisi", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 264-273, 2017.
- Çakar O., Alçın M., Koyuncu İ., Tuna M., "Endüstriye Tabanlı Yeni Bir Robot Kol Tasarımı", 4. Uluslararası Asya Çağdaş Bilimler Kongresi, 578-589, 2020.
- Evlen H., Erel G., ve Yılmaz E., "Açık ve kapalı sistemlerde doluluk oranının parça mukavemetine etkisinin incelenmesi", Politeknik Dergisi, 21(3): 615-662, 2018.
- Günel A., "6 Eksenli Robot Kol Tasarımı ve Kontrolü", Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, 2016.
- Kant Y., "Bir Robot Manipülâtörün Bilgisayar Destekli Mühendislik Araçları ile Çalışma Uzayı Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- Karagöz M., "Mobil Vinç Robot Kabinin Tasarımı ve Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- Karataş F., Koyuncu İ., Tuna M., Alçın M., Avcioglu E., Akgul A. (2021), "Design and implementation of arrhythmic ECG signals for biomedical engineering applications on FPGA, Eur. Phys. J. Spec. Top., 181 1-16, <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-021-00334-3>.
- Kaya Y., "Rijit Olarak Mesnetlenmiş Homojen Tabakada Sürekli Temas Probleminin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi", International Conference on Advanced Engineering Technologies, 2017.
- Kaygusuz, B., "3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen PLA Bazlı Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 2018.
- Kıraç M., Çalım F. F., "Doğru Eksenli Kompozit Çubukların Dinamik Analizi", Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Dergisi, 23(1), 2008.
- Koyuncu İ., Rajagopal, K., Alcin M., Karthikeyan A., Tuna M., Varan M., Karagöz M. (2021), "Control, synchronization with linear quadratic regulator method and FFANN-based PRNG application on FPGA of a novel chaotic system", Eur. Phys. J. Spec. Top., 230 (7), 1915-1931. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-021-00178-x>.
- Koyuncu İ., Rajagopal K., Alcin M., Karthikeyan A., Tuna M., Varan M., "Control, synchronization with linear quadratic regulator method and FFANN-based PRNG application on FPGA of a novel chaotic system", The European Physical Journal Special Topics, 230-7, 1915-1931.
- Oksman K., Skrifvars M., Selin J.-F., "Natural fibres as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites", Composites Science and Technology Issue 63, 1317-1324, 2003.
- Sivri M., "Perde Duvar ile Güçlendirilen Betonarme Çerçevenin Ansys ve STA4CAD Analiz sonuçlarının Karşılaştırılması", Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, 3(2), 26-34, 2013
- Şani İ., "Endüstriyel Bir Robotun Farklı Tahriklerde Oluşan Titreşimlerin Ölçülmesi ve Karşılaştırılması", Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2021.
- Şık A., Önder M., Korkmaz S., "Taşıt Jantlarının Yapısal Analiz ile Yorulma Dayanımının Belirlenmesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3:3, 565-574(2015).