

CİHANNÜMA

TEKNOLOJİ, FEN ve MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ

AKADEMİ DERGİSİ

2023 EKİM CİLT 2 SAYI 2
www.cihannumaakademi.org

**Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik
Bilimleri Akademi Dergisi**
Journal of Cihannuma Technology, Engineering and
Natural Sciences Academy

ISSN: 2822-2342
E-ISSN: 2822-356X

Periyot / Period
Yılda iki sayı yayımlanır.
This journal is published biannually.

Cilt: 2 - Sayı: 2 - EKİM 2023
Volume: 2 - Issue: 2 - October 2023

www.cihannumaakademi.org/cfbad
www.cihannumaacademy.org

Ankara- TÜRKİYE
EYLÜL 2024

CİHANNÜMA

**TEKNOLOJİ, FEN
ve MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ**

AKADEMİ DERGİSİ

www.cihannumaakademi.org

Yayımcı / Publisher

Cihannüma Dayanışma ve
İşbirliği Derneği (Adına)

Av. Rıza YORULMAZ

On behalf of the Cihannuma Solidarity and
Cooperation Association

Att. Rıza YORULMAZ

Editör / Editor

Doç. Dr. Kadri
DOĞAN
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Assoc. Prof. Kadri
DOĞAN
Artvin Çoruh University, Türkiye

dogankadri@artvin.edu.tr

Editör Yardımcısı / Assistant Editor

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed
Çağrı AKSU
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Asst. Prof. Üyesi Muhammed
Çağrı AKSU
Artvin Çoruh University, Türkiye

cagriaksu@artvin.edu.tr

Alan Editörleri / Field Editors

Prof. Dr. Adnan ÇALIK
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Türkiye
Makine Mühendisliği

Prof. Dr. Adnan ÇALIK
Isparta University of Applied Sciences,
Türkiye
Mechanical Engineering

adnancalik@isparta.edu.tr

Prof. Dr. Bayram
Ali ERSOY
Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye
Matematik

Prof. Dr. Bayram
Ali ERSOY
Yıldız Technical University, Türkiye
Mathematics

ersoya@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. Burak YÖN
Munzur Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Burak YÖN
Munzur University, Türkiye

burakyon@munzur.edu.tr

Prof. Dr. Erol KAM
İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
Fizik

Prof. Dr. Erol KAM
İstanbul Technical University, Türkiye
Physics

kamerol@itu.edu.tr

Prof. Dr. Doğan
KARADAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye
Çevre Mühendisliği

Prof. Dr. Doğan
KARADAĞ
Yıldız Technical University, Türkiye
Environmental Engineering

dkaradag@yildiz.edu.tr

Doç. Dr. Abid
BALİN
İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Endüstri Mühendisliği

Assoc. Prof. Abid BALİN
İstanbul Univ., Türkiye
Industrial Engineering

abitbalin@istanbul.edu.tr

<p>Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Türkiye Jeoloji Mühendisliği</p>	<p>Assoc. Prof. Zeki Ünal YÜMÜN Tekirdağ Namık Kemal University, Türkiye Geological Engineering</p>
zyumun@nku.edu.tr	
<p>Doç. Dr. Yaşar KAHRAMAN Sakarya Üniversitesi, Türkiye Makine Mühendisliği</p>	<p>Assoc. Prof. Yaşar KAHRAMAN Sakarya University, Türkiye, Mechanical Engineering</p>
kahraman@sakarya.edu.tr	
<p>Doç. Dr. Mehmet Arif KAYA Yalova Üniversitesi, Türkiye Kimya Mühendisliği</p>	<p>Assoc. Prof. Mehmet Arif KAYA Yalova University, Türkiye Chemical Engineering</p>
marifkaya@yalova.edu.tr	
<p>Doç. Dr. Ümit GÜNEŞ Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye Gemi Mühendisliği</p>	<p>Assoc. Prof. Ümit GÜNEŞ Yıldız Technical University, Türkiye Naval Engineering</p>
ugunes@yildiz.edu.tr	

Yayın Kurulu / Editorial Board

<p>Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ Atatürk Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Aslan GÜLCÜ Atatürk University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Bayram Ali ERSOY Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Bayram Ali ERSOY Yıldız Technical University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Bayram ŞAHİN Ege Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Bayram ŞAHİN Ege University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Bijan Davvaz Yazd Üniversitesi, İran</p>	<p>Prof. Dr. Bijan Davvaz Yazd University, İran</p>
<p>Prof. Dr. Bünyamin AYDIN Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Bünyamin AYDIN Necmettin Erbakan University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ Uşak Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ Uşak University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Erol KAM İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Erol KAM İstanbul Technical University, Türkiye</p>
<p>Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye</p>	<p>Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye</p>

Prof. Dr. Fatih NURAY Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Fatih NURAY Afyon Kocatepe University, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye
Prof. Dr. Hasan GENÇ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Hasan GENÇ Van Yüzüncü Yıl University, Türkiye
Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. İsmail KÜÇÜK Istanbul Sebahattin Zaim University, Türkiye
Prof. Dr. Jintai DİNG Tsinhua Cincinnati Üniversitesi, Amerika Birleşik Devletleri	Prof. Dr. Jintai DING University of Cincinnati,, USA
Prof. Dr. Kostaq Hila Tiran Polytechnic Üniversitesi, Arnavutluk	Prof. Dr. Kostaq Hila Polytechnic University of Tirana, Albania
Prof. Dr. Lokman Hakan TECER Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Lokman Hakan TECER Tekirdağ Namık Kemal University, Türkiye
Prof. Dr. Lokman KUZU Karabük Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Lokman KUZU Karabük University, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet KARACA Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	Prof. Dr. Mehmet KARACA Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK Istanbul Technical University, Türkiye
Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ Marmara Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ Marmara University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA Yozgat Bozok Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mustafa BÖYÜKATA Yozgat Bozok University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Kasım KARAHOCAGİL Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Mustafa Kasım KARAHOCAGİL Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye
Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK Istanbul Ticaret University, Türkiye
Prof. Dr. Nevzat AYDIN Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Nevzat AYDIN Karamanoğlu Mehmet Bey University, Türkiye
Prof. Dr. Sophiana TAHAR Concordia University, Canada	Prof. Dr. Sophiana TAHAR Concordia University, Canada

Prof. Dr. Vatan KARAKAYA Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye	Prof. Dr. Vatan KARAKAYA Yıldız Technical University, Türkiye
Prof. Dr. Violeta Fotea Alexandru Ioan Cuza Üniversitesi, Romanya	Prof. Dr. Violeta Fotea Alexandru Ioan Cuza University, Romania
Prof. Dr. Salem Abdullah Abdul Wali Khan Üniversitesi Mardan, Pakistan	Prof. Dr. Salem Abdullah Abdul Wali Khan University Mardan, Pakistan
Dr. İbrahim Taşdemir Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye	Dr. İbrahim Taşdemir Ministry of Education, Türkiye,

**Dış Temsilciler Koordinatörü
General Coordinator of Foreign Editors**

Prof. Dr. Yakup CİVELEK
Ankara Hacı Bayram Veli
Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Yakup CİVELEK
Ankara Hacı Bayram Veli
University, Türkiye

**Dış Temsilciler/ Representative of Foreign
Country**

Levent Ali YILDIZ
ABD

Levent Ali YILDIZ
USA

Doç. Dr. Necati ANAZ
Kanada

Assoc. Prof. Necati ANAZ
Canada

Doç. Dr. Süleyman
ELİK
Korea

Assoc. Prof. Süleyman
ELİK
Korea

Dr. Öğr. Üyesi Recep
YÜRÜMEZ
Kırgızistan

Asst. Prof. Recep
YÜRÜMEZ
Kyrgyzstan

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah
TIRABZON
Bulgaristan

Asst. Prof. Abdullah
TIRABZON
Bulgaria

Amaç ve Kapsam

CİHANTEFMAD Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi, teknoloji, mühendislik ve doğa bilimlerindeki son gelişmeleri bilim insanlarına ve okuyucularına ulaştırmayı hedefler. Dergi, bu üç temel alandaki deneysel ve kuramsal çalışmalarını kendisine konu edinir.

CİHANTEFMAD Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri alanlarında yapılan özgün çalışmaları yayımlayan, mevcut bilimsel literatürü geliştirerek bilimsel çevrelere sunan, saygın, bilimsel bir dergi olarak Türkçe, İngilizce ve Arapça dillerinde yazılmış araştırma makalelerine ve eser tanıtma yazılarına yer veren, uluslararası hakemli bir dergidir.

Aim and Scope

JOCTENSA Journal of Cihannuma Technology, Natural Science and Engineering Academy aims to provide scientists and readers with the latest developments in technology, engineering and natural sciences. The journal focuses on experimental and theoretical studies in the abovementioned three main areas.

JOCTENSA is an international peer-reviewed journal that publishes authentic studies in the fields of Science, Technology and Engineering Sciences; expands the existing scientific literature and disseminates the studies within scientific circles. As a respected scientific journal, it includes research articles and work reviews written in Turkish, English and Arabic languages.

Dizinler / Indexing and Abstracting

Cihantefmad Akademi Dergisi aşağıdaki uluslararası indeksler tarafından taranmaktadır:

JOCTENSA is indexed and listed by the following international indexing services:

- Crossref
- Harward Library
- ESJI
- Google Scholar
- ROAD
- EuroPub
- Asos İndeks
- ASCI
- Academic Resource Index

Makale İşleme Ücreti / Article Processing Charge

Makaleler için makale işleme ücreti talep edilmez.
The journal does not charge an Article Processing Fee (APC).

Hakemlik/ Peer-review

Dergi çift taraflı kör hakemlik sistemi kullanır. Hakem listesi her yılın sonunda dergi web sayfasında yayımlanır.

The journal uses a double-sided blind review system. The referee list is published on the web page at the end of each year.

Açık Erişim / Open Access

Dergi açık erişimlidir (CC BY-NC).
The journal is an Open Access (CC BY-NC).

Adres / Executive Office

Hacı Bayram Mah. Haşimi (Kutlu) Sok. No: 12
Altındağ, Ankara, Türkiye
cihantefmad@gmail.com

Web siteleri / Websites

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/cihantefmad>
<https://www.cihannumaakademi.org/cfbad>
www.cihannumaacademy.org

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- Boudjemaa Roudane Ve Ali Kaya10-29**
Numerical Methodology for Detection and Analysis of Potential Cracks in an Existing Masonry Dam Structure
Mevcut Bir Yiğma Baraj Yapısındaki Potansiyel Çatlakların Tespiti ve Analizi için Sayısal Metodoloji
- Ferhat ŞAH30-37**
One Dimensional Cellular Automa Under Null Boundary Condition
Sfır Sınır Şartı Altında Bir Boyutlu Hücresel Dönüşümler
- Cavidan Gül Varış40-61**
Bıldırcın Beslenmesinde Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Fitojenik Yem Katkılarının Performansa ve Ürün Kalitesine Etkileri
The Effects of Medicinal Aromatic Plants and Phytogenic Feed Additives on Performance and Product Quality in Quail Nutrition
- Ferhat ŞAH62-73**
Ara Sınır Şartı Altında İki Boyutlu Hücresel Dönüşümler
Two Dimensional Cellular Automa Under Intermediate Boundary Condition



Numerical Methodology for Detection and Analysis of Potential Cracks in an Existing Masonry Dam Structure

Mevcut Bir Yığıma Baraj Yapısındaki Potansiyel Çatlakların Tespiti ve Analizi için Sayısal Metodoloji

Boudjemaa ROUDANE¹, Ali KAYA²

1) Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-4894-9931, rou.ingc@ktu.edu.tr

2) Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Artvin/TÜRKİYE

ORCID: 0000-0003-2200-6844, akaya@artvin.edu.tr

Geliş Tarihi 02/07/2024 – Kabul Tarihi 23/08/2024

DOI: 10.55205/joctensa.2220231509339

ATIF: Roudane, B. Kaya, A. (2024). Numerical Methodology for Detection and Analysis of Potential Cracks in an Existing Masonry Dam Structure. *Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 10-29.

Öz

Son zamanlarda yapılan çok sayıda çalışma toprak dolgu ve beton baraj yapılarının sismik analizlerine odaklanırken, yığıma barajlar üzerine yapılan araştırmalar sınırlı kalmıştır. Bu barajların sismik tepkisi öncelikle doğaları gereği süreksiz özelliklerinden etkilenmektedir. Bu nitelik, deprem olayları sırasında önemli reaksiyonlara neden olabilir. Bu makale, yığıma bir barajda depremin neden olduğu hasar modellerini tahmin etmeyi amaçlayan sayısal bir metodoloji sunmaktadır. Bu sonuçların sonlu elemanlar yazılımına aktarılması ve ardından barajın yapısal bütünlüğünü gözlemlenen hasarlarla ilişkili olarak değerlendirmek ve bu hasarların zaman içinde nasıl geliştiğini araştırmak için analitik tekniklerin kullanılması süreci özetlenmektedir. Genişletilmiş Sonlu Elemanlar Yöntemi (XFEM) kullanan bir Sonlu Elemanlar (FE) modeli kullanılarak 2 boyutlu bir kabuk modeli ele alınarak sayısal bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. FE modelleri doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan sonuçları literatürdeki mevcut verilerle karşılaştırmak

için bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme hem modal analizi hem de gerilme analizini kapsar ve yığma baraj içindeki çatlak ve hasar dağılımındaki değişimler de dahil olmak üzere birincil hasar mekanizmalarının incelenmesini içerir. Bu doğrulama adımı, simülasyonun gerçek hasar durumunu doğru bir şekilde temsil ettiğinden emin olmak için çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Yığma Baraj, Sismik Analizler, Sonlu Elemanlar, Hasar Örüntüleri.

Abstract

Many recent studies have focused on the seismic analysis of earthfill and concrete dam structures, while research on masonry dams remains limited. The seismic response of these dams is primarily influenced by their inherently discontinuous nature, which can lead to significant responses during earthquake events. This paper presents a numerical methodology aimed at predicting earthquake-induced damage patterns in a masonry dam. It outlines the process of importing these results into finite element software and then using analytical techniques to evaluate the structural integrity of the dam in relation to the observed damage, and to investigate how this damage evolves over time. A numerical simulation using a 2D shell model has been conducted using a Finite Element (FE) model with the Extended Finite Element Method (XFEM). The FE models have been developed using non-linear time history analysis. An evaluation will compare the calculated results with existing data from the literature, including both modal analysis and stress analysis. This evaluation involves investigating primary failure mechanisms, including variations in crack and damage distribution within the masonry dam. This verification step is crucial to ensure that the simulation accurately represents the real-world phenomenon.

Keywords: Masonry Dam, Seismic Analyses, Finite Element, Damage Patterns.



INTRODUCTION

Concrete dams are susceptible to significant risks when subjected to powerful earthquakes, particularly damage and potential failure of the dam structure (Mridha and Maity 2014). This concern has prompted considerable interest among dam engineering researchers, leading to the development of numerical models capable of predicting and capturing cracks in the dam. Two primary categories of approaches have emerged for addressing this issue. The first category encompasses continuum cracking methods, such as the smeared crack approach and the plastic-damage constitutive model (Valamanesh et al. 2011; Wang et al. 2021; Haghani et al. 2022; Ouzandja and Berrabah 2023). These approaches provide an effective framework for characterizing initial damage and incorporating internal failure parameters to represent the stiffness reduction in solid materials without altering the FEM topology. They are well-suited for addressing complex engineering challenges. In contrast, the second category, which includes the fracture mechanics approach and the XFEM, is classified as a discrete crack approach (Guanglun et al. 2000). These approaches are particularly useful for modelling the later stages of damage and are characterized by their ability to represent crack propagation.

A number of studies have examined the response to earthquakes and the collapse behaviour of typical dams using a variety of methods (Rezaiee-Pajand et al. 2024; Galván et al. 2022; Huang and Han 2023; Peramuna et al. 2024; Mirzabozorg 2024). Among these, the smeared crack model (SCM) and the discrete crack model (DCM) are two common FE models. Fenves and Vargas-Loli (1988) conducted a study investigating the seismic behavior of Pine Flat dam. Utilizing a smeared crack model and actual earthquake data, their findings suggested that dams could withstand earthquakes with low peak accelerations, underscoring their structural resilience. This research has had a significant impact on the development of fundamental dam safety guidelines, influencing engineering approaches and emergency preparedness in earthquake-prone regions. In their analysis of the seismic response of the Koyna dam, Ayari and Saouma (1990) employed the DCM model. Their research revealed the presence of cracks on both the upstream and downstream faces of the dam, particularly in the vicinity of a sharp change in downstream slope elevation. This discovery provides crucial insights into the stability of dams when subjected to seismic events. In a study conducted

by Omidi et al. (2012), a failure analysis of the Koyna dam was performed using a combination of the FE method and the nonlinear stress-strain curve. The results revealed that crack propagation within the dam initially showed minimal progression. However, as the analysis continued, cracks eventually propagated vertically. This type of analysis is significant as it assists researchers in predicting potential points of failure and enables the implementation of preventive measures before catastrophic failures can occur. In a study by Wang et al. (2015), the influence of initial crack location on damage propagation within a concrete gravity dam was examined. To conduct this research, the XFEM-based cohesive segment method was employed, which involved incorporating phantom nodes to replicate crack initiation and progression along arbitrary paths. This innovative approach offers valuable insights into the behavior of dam structures, contributing to a deeper comprehension of crack development processes. In a study by Haghani et al. (2022), a model that combines the XFEM with the α -method was developed. This model was applied to gravity dams to obtain dynamic fracture results. In this study, numerical analyses were conducted to identify the modal characteristics of the F dam. To validate the model, an investigation was performed using a model containing a single initial crack to assess the seismic crack propagation in a masonry dam. The study also examined the influence of crack length on crack propagation in the FE model subjected to seismic loading. The distribution of crack damage patterns was analyzed. The primary objective of this study was to develop and validate a FE modelling approach using ABAQUS (2017) software.

The aim of this study is to predict earthquake-induced damage patterns in masonry dams and to evaluate the effect of these damages on structural integrity. To this end, crack initiation and propagation are analyzed using different numerical modelling approaches and the results are compared with the existing literature. The study aims to develop and validate modelling methods to improve the seismic safety of masonry dams.

NUMERICAL CAMPAIGN

The masonry gravity dam situated in Seia, Portugal. It features an M-shaped plan, stands at a height of 28 meters from its foundation, has a crest elevation of 1600m, and spans a length of 1200m. An overall view of the dam model is depicted in Figure 1. Construction of the dam commenced in 1912 and reached a height of 6m by 1914. Subsequently, the structure underwent

multiple upgrades. The thickness of this concrete slab varies, ranging from 0.5m near the crest to 0.7m near the foundation. Additionally, above the original crest of the dam at 1597 meters elevation, a new concrete block with dimensions of 2m by 3m was added, and it is connected to the concrete slab Feitosa e Castro et al. (1994).

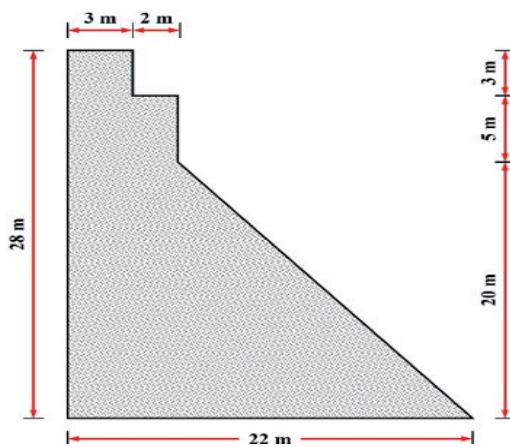


Figure 1. *Cross-section geometry*

Two distinct materials were employed to model the weight structures of concrete and masonry. These materials share a uniform density of 2500kg/m^3 and a Poisson ratio of 0.2. The modulus of elasticity, however, differs according to the material type: 30GPa for concrete and 11GPa for masonry. The compressive and tensile strengths of concrete are 3MPa and 0.3MPa, respectively, as referenced by Bretas et al. (2012). The hydrostatic pressure applied is 3.06MPa.

For the numerical analysis, Rayleigh damping coefficients were established by referencing the first and fourth vibration modes of the dam, aiming for a critical damping ratio of 5%. An artificial acceleration record, created in accordance with EC8 (2010) recommendations, was employed for the analysis. This record had a peak ground acceleration of 0.15g and a duration of 20 s, as illustrated in Figure 2.

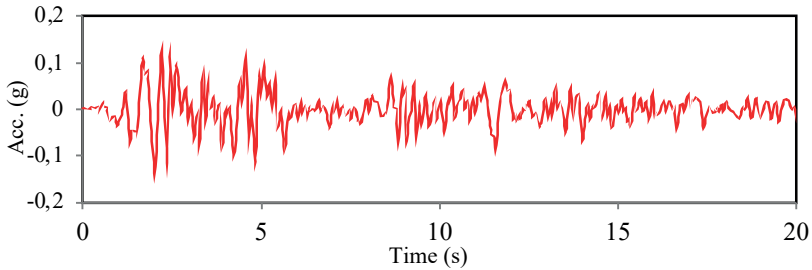


Figure 2. *Processed acceleration history of ground motion*

In the dynamic analysis of FE dam model, three distinct loads were taken into consideration. Firstly, the dead load represents the dam's own weight. Secondly, a hydrostatic water pressure load of 3.06 MPa was applied to the upstream face and dynamic implicit method-based solver was used. The applied loadings are visualized in Figure 3a. The concrete dam is discretized using hourglass control and 2-dimensional shell element (CPE4R). In the modeling, the dam body is represented as a continuous mesh. The FE mesh used in the analysis of the FE model consists of 4989 nodes and 4816 elements. The mesh generation was gradually refined to achieve convergence. The appropriate mesh size in this study was found to be 0.25m. The FE model of the dam is given in Figure 3b.

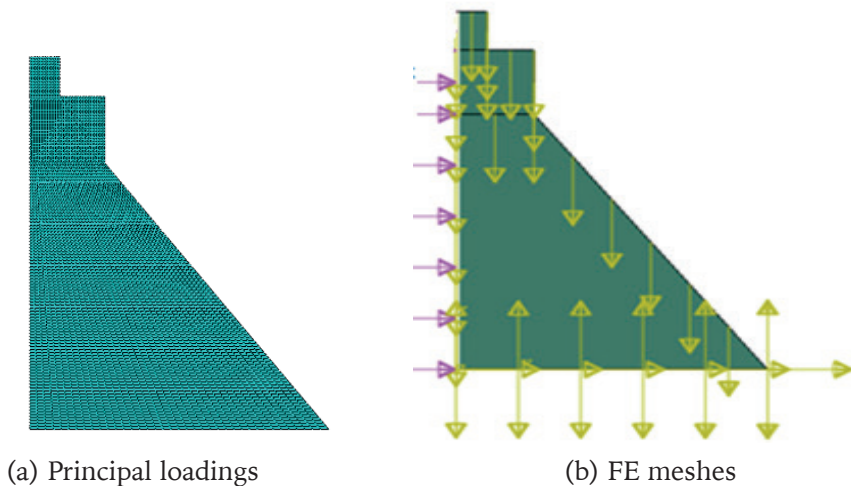


Figure 3. *FE model of the Lagoa Comprida gravity dam*

Results

Modal analysis was applied as the first step. The aim is to obtain the natural frequency values and mode shapes of the FE modelled dam model. The comparison of the mode shapes obtained in ABAQUS (2017) software with the results from the discrete element method (DEM) obtained by Bretas et al. (2015) is presented in Figure 4.

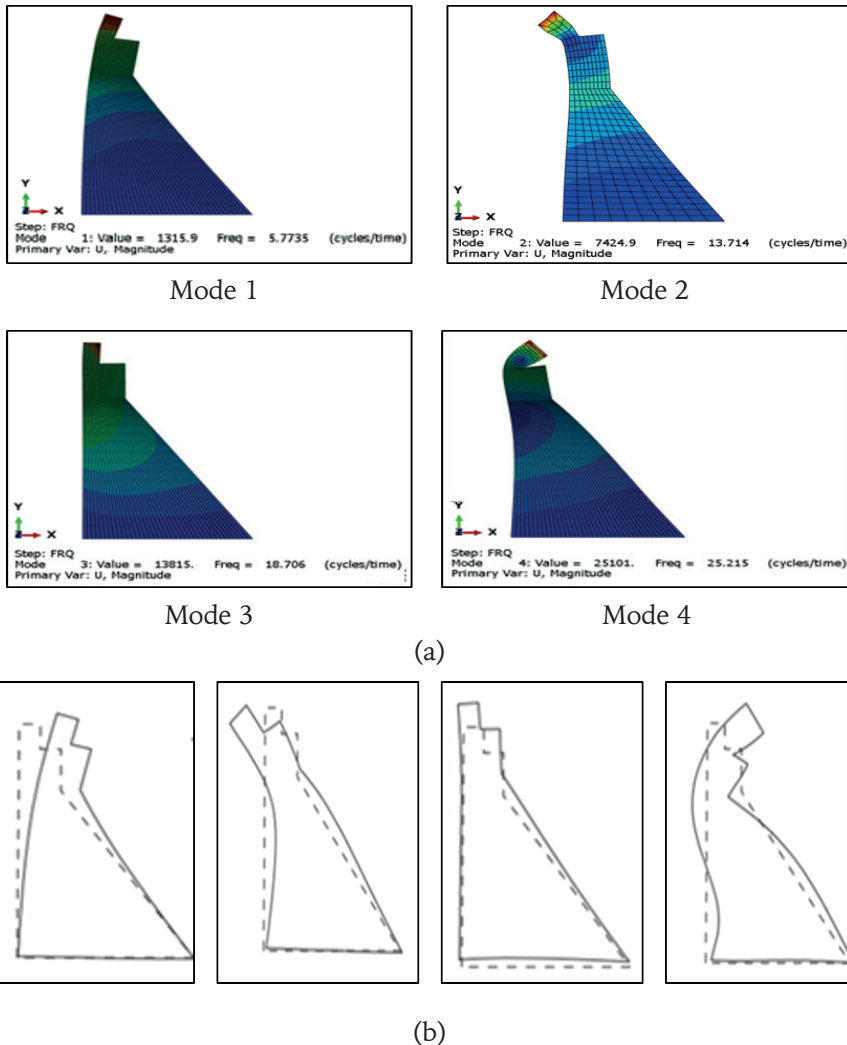


Figure 4. Comparison of the mode shape results (a) FE model and (b) DEM model (Bretas et al. 2015)

The comparison of the numerical and DEM model of the first four natural frequency values obtained from Lagoa Comprida dam is given in Table 1.

Table 1. Comparison of natural vibration frequencies results

Mode	Natural Frequencies (Hz)		Error Rate (%)
	DEM model	FEM model	
1	5.70	5.77	1.21
2	13.3	12.93	2.65
3	18.9	18.71	1.02
4	24.5	25.21	2.81

As shown in Table 1, the largest calculated difference between numerical and experimental natural frequency values is 2.81%. Since this difference is less than 5%, The FE model does not need to update. Also, it is seen that mode shapes obtained from the numerical FE model and DEM model are compatible (Figure 4). In order to determine the initial crack location in the dam body, the earthquake analysis of the dam was performed first. The maximum principal stress contour diagrams obtained from the nonlinear time history analysis of the model dam are given in Figure 5.

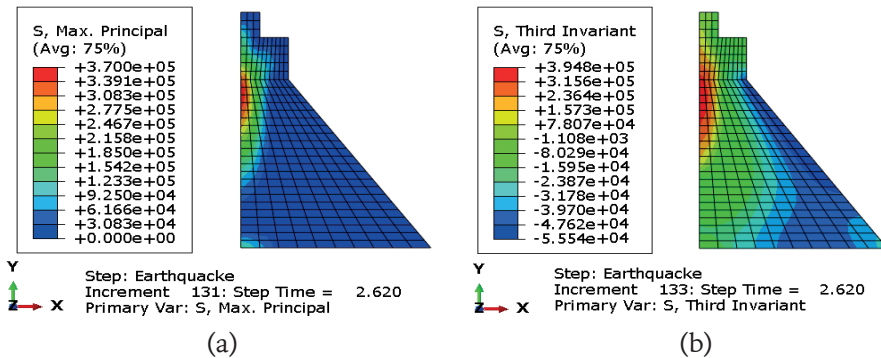


Figure 5. (a) Tensile stress and (b) Third stress invariant (I3)

The highest stress regions were determined after dynamic analysis using a nonlinear time history analysis. The presence of cracks increases the stress locally. On the other hand, the stress distribution around the fractures cau-

ses crack propagation (Wang et al., 2021). Predicting the crack propagation path of a model is extremely difficult because stress and damage are highly interdependent.

As shown in Figure 5, the tensile stress and the third stress invariant (I3) occur around 0.37MPa and 0.39MPa at the upstream face of the FE dam, respectively. Stress distribution is also considered for the two-dimensional model. In order to determine the height position of the maximum tensile stress concentration node on the upstream surface, which can be the crack initiation, ABAQUS (2017) software determines the maximum value using the contour limits options. The principal stress contours show the value at the node in the FE dam in Figure 6.

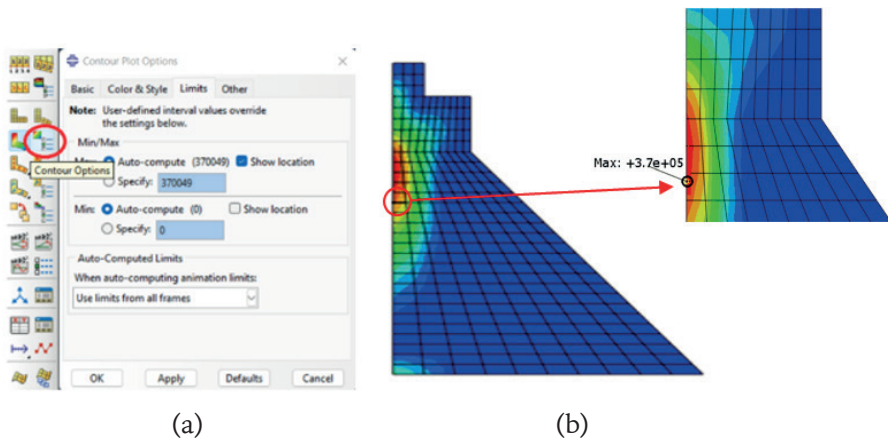


Figure 6. Determination of the nodal point of the maximum tensile stress value (Unit: Pascal)

As shown in Figure 6a, the contour command option was used to determine the point of greatest tensile stress value. Cracks in the upstream face of the dam started between 14m and 22m from the heel, where the tensile stress intensity was high, as shown in Figure 6b. The tensile stress in this critical zone is typically represented by the red color. In the DEM study, the crack started to propagate at a height of 15m at 1587m above the heel of the dam. Also, in the FE model, the largest tensile stress value on the upstream surface of the dam was located at 15.1m at the nodal point (Figure 6b).

By comparing the DEM and FE model studies, the difference between the heights of the crack locations was approximately 1%. In this case, the value

of the maximum tensile stress of the dam after the earthquake was found to be about 23% higher than the value of 0.3MPa (tensile strength). Therefore, cracks may occur in different critical zones on the dam body above the upstream surface, and significant damage may occur at these locations. The present study focuses on semi-brittle materials. Therefore, the failure criterion was chosen according to the third stress invariant, I_3 . Papadopoulos (1987) concluded that fracture will occur when the determinant of the stress tensor in his study reaches a critical value. As shown in Figure 7, a model with a horizontal initial crack length named (a) was built on the nodal point located on the upstream surface. XFEM discretization is shown in Figure 7.

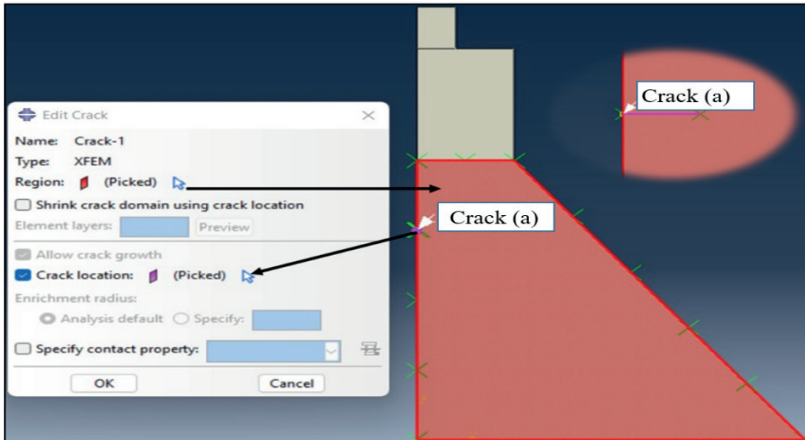


Figure 7. Initial embedded crack location of FE dam

The FE model based on the XFEM method with initial cracks in the upstream face at a height of 15.1m above the heel is investigated with four values: 0.2m, 0.8m, 1.4m, and 2.0m. named as M1-Scenario, M1-Scenario, M1-Scenario and M1-Scenario. Figure 8, Figure 10, Figure 12, and Figure 14 illustrate the time evolution of different crack propagation paths. The ABAQUS (2017) software provided the functionality of crack surface visualization (PHILSM). This parameter was used to define and/or show the location of the crack within the enriched model part and is non-zero only for the enriched model part. STATUSXFEM is a scalar parameter indicating the degree of damage or “cracking” in the enrichment zone of the model part. For a completely cracked model part, the value of this parameter is 1. Likewise, a model part with no cracks in it has a value of 0. Values between 0 and 1

indicate partial damage or cracking in the enrichment zone of the model. The final crack propagation paths depending on the length of the crack in the FE dam body (Figure 9, Figure 11, Figure 13, and Figure 15).

M1-Scenario

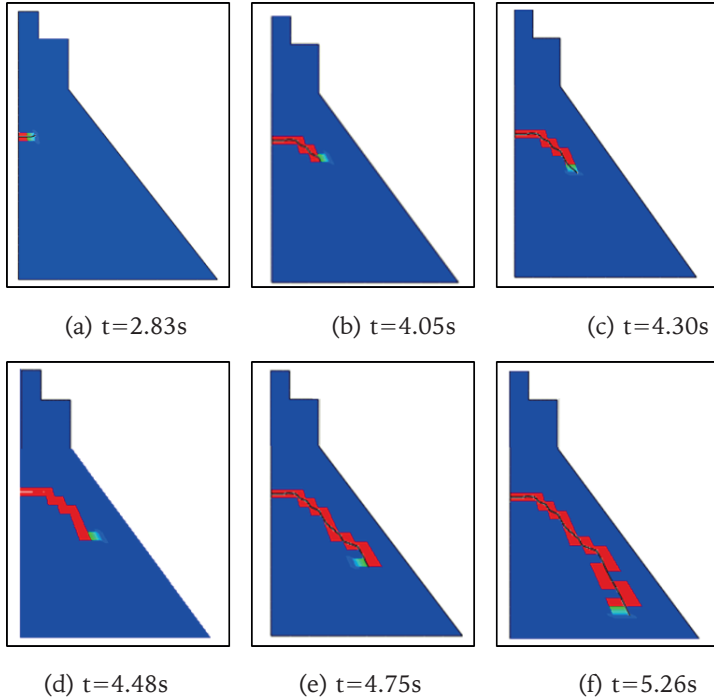


Figure 8. Crack propagation of M1-Scenario ($a=0.2\text{ m}$)

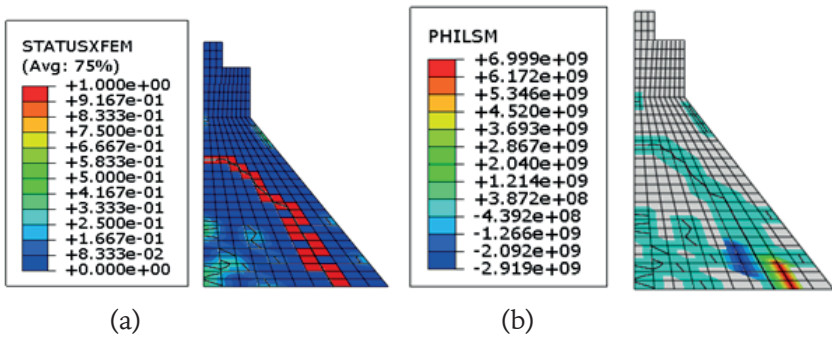


Figure 9. XFEM damage contour of M1-Scenario (a) STATUSXFEM and (b) PHILSM ($t=10\text{ s}$)

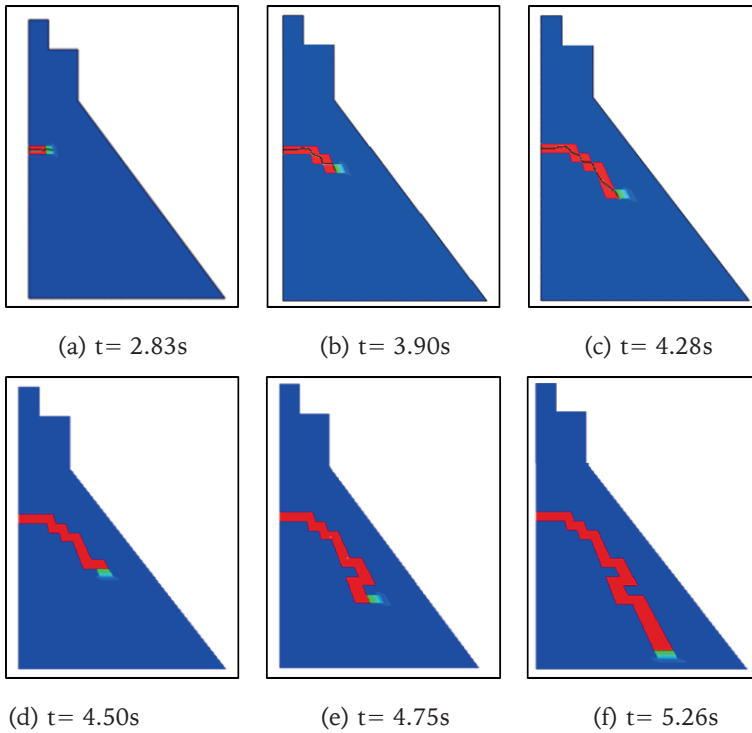
M2-Scenario

Figure 10. Crack propagation of M2-Scenario ($a=0.8\text{ m}$)

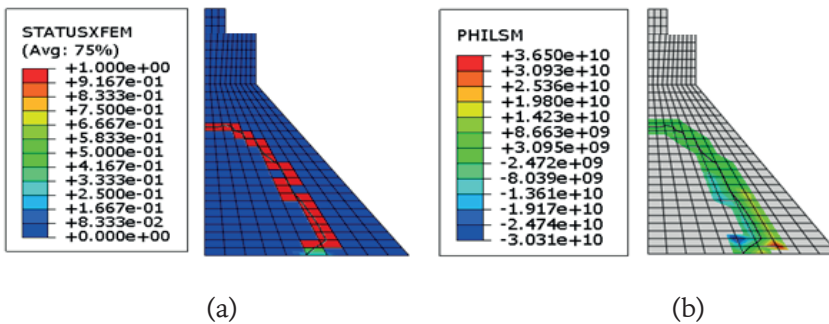


Figure 11. XFEM damage contour of M2-Scenario case (a) STATUSXFEM and (b) PHILSM

M3-Scenario

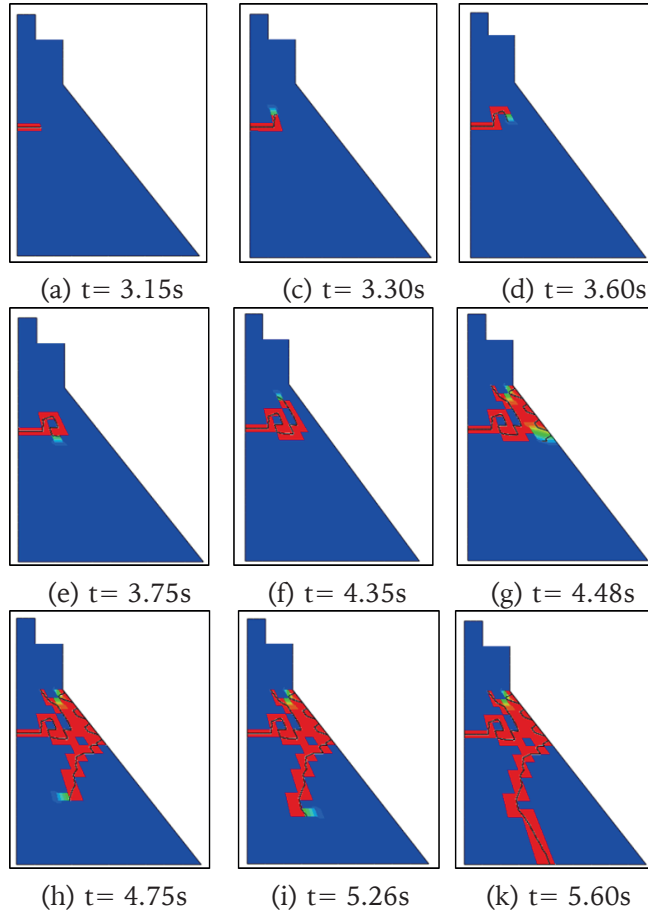


Figure 12. Crack propagation of M3-Scenario case ($a=1.2$ m)

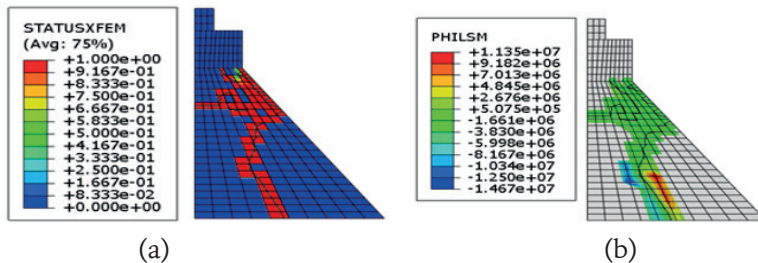
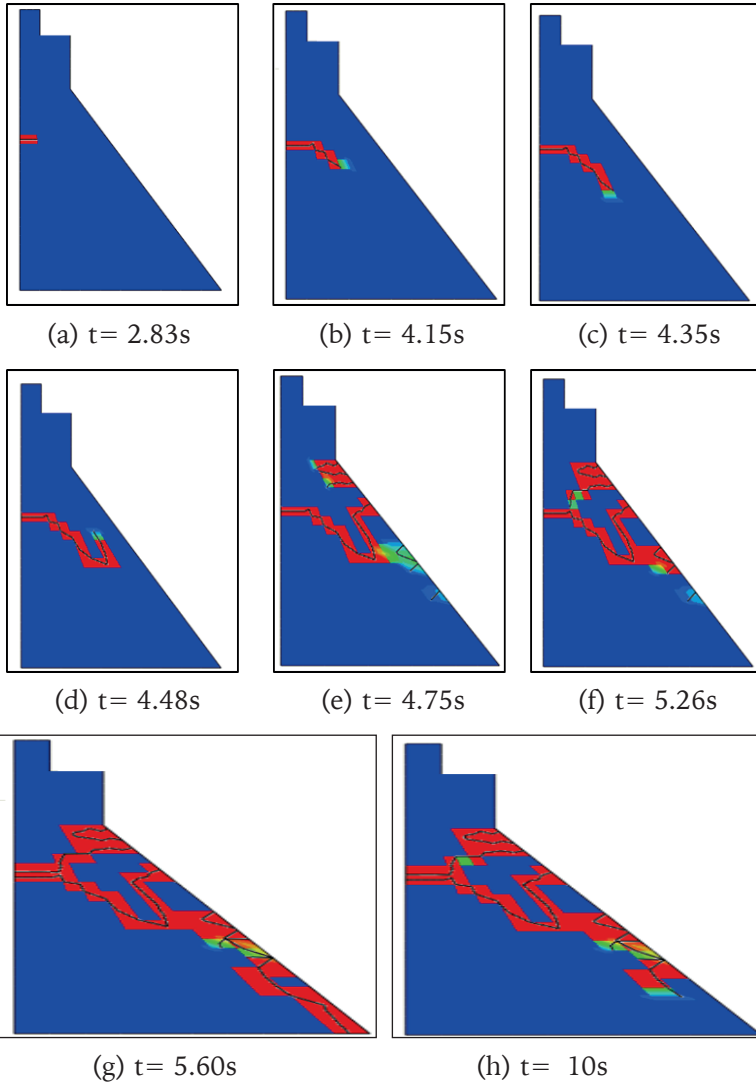


Figure 13. XFEM damage contour of M3-Scenario case (a) STATUSXFEM and (b) PHILSM

M4-Scenario**Figure 14.** Crack propagation of M4-Scenario ($a=2\text{ m}$)

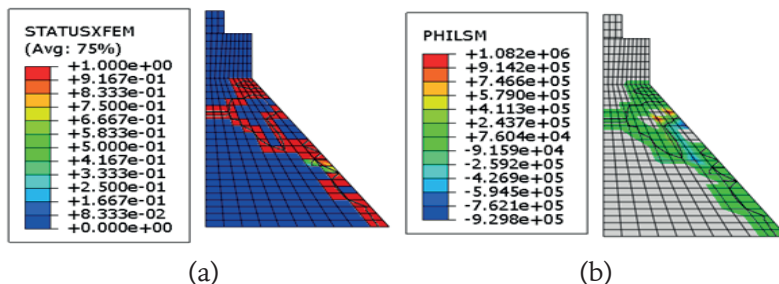


Figure 15. XFEM damage contour of M4-Scenario (a) STATUSXFEM and (b) PHILSM

Discussion

This section illustrates the crack propagation in the Lagoa Comprida dam during the earthquake at different initial crack length. As seen in the figures, distribution of tensile damage variable (DAMAGET) damage limits in the contour diagrams use red and blue colors to represent the damaged and undamaged regions of the dam models, respectively.

The final damage-crack propagations of the FE model with four scenarios are illustrated in Figures 8–15. The effect of crack lengths on the damage-crack propagation trajectory can be examined by comparing Figure 8, Figure 10, Figure 12, and Figure 14. It can be observed that the initial length of the crack has a certain impact on the propagation of crack intensities. Whenever the initial cracking lengths at the upstream face are 0.2m and 0.4m, the upstream crack does not extend to the downstream face. There are no penetrating cracks on the downstream face. With the rise in initial crack length to 1.2m, the upstream crack penetrates completely to the downstream face, penetrating the whole body of the dam. However, with 2 m crack lengths, there are significant cracks on different parts of the downstream face and toe region, as illustrated in Figure 15.

The state of Model-C1, Model-C2, and Model-C3 at 4 seconds and 4.75 seconds shows that the crack path in the dam body changes and progresses vertically towards the center of the dam base, eventually reaching the surface. For Model-C4, significant damage occurs in the dam body compared to the other models. Damage extends from the downstream face to the dam's toe. In all these cases, no new damage is observed after 5.60 seconds, and the damaged gravity dam remains the same until the end of the analysis. The final damaged dam models for Model-C1, Model-C2, and Model-C3 are

similar. In different scenarios, the crack distribution in its final form leads to significant damage or failure in the dam body. Therefore, it can be observed that the crack propagation consists of one main damage zone at the upstream face of the dam. It is noted that the red-colored damaged regions have caused a reduction in stiffness. This crack distribution and damage model align with existing results in the literature (Feltrin et al. 1992; Bhattacharjee and Leger 1993; Wang et al. 2015; Wang et al. 2021; Parvathi et al. 2022).

Considering the FE model results presented in Figure 16, similar results were obtained for the crack patterns predicted by the DEM model. It can be seen that the XFEM method can effectively capture the crack propagation patterns and trajectories in the M1-Scenario (0.2m). For this scenario, it is assumed that the proposed XFEM model can simulate the expected damage-crack patterns in the dam structure. The final crack patterns in these different cases ultimately lead to the partial destruction or complete collapse of the dam. Nevertheless, some cracks exist in the XFEM model but do not exist in the DEM model. These might be due to different factors, like material properties (damage parameters, tensile strength value), or mesh size.

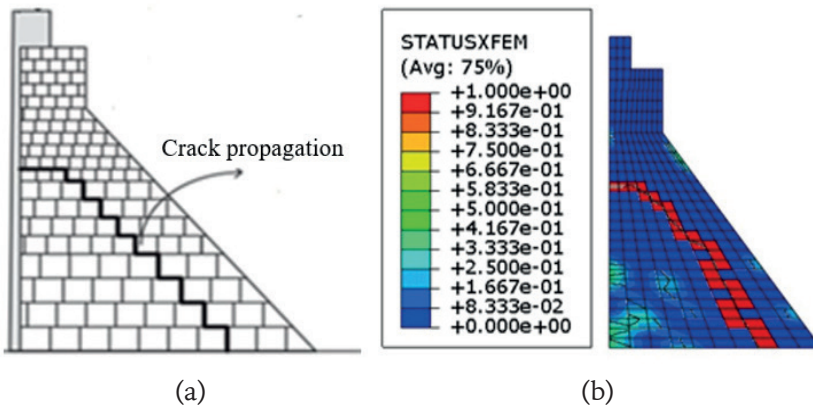


Figure 16. Comparison between the final crack propagation in (a) the DEM model (adopted from Bretas et al. 2015) and (b) the FE model

Conclusion

This paper presents a comprehensive numerical methodology for assessing the seismic response and predicting earthquake-induced damage patterns in masonry dams. The research addresses a critical gap in the literature,



where the focus has predominantly been on masonry dam structures. The inherent discontinuous characteristics of masonry dams contribute significantly to their seismic vulnerability, and understanding their response is crucial for ensuring their structural integrity in earthquake-prone regions.

The proposed numerical methodology involves a 2D shell model utilizing the Extended Finite Element Method (XFEM) for a detailed analysis of earthquake-induced damage. The process includes importing results into finite element software, conducting nonlinear time-history analyses, and employing numerical analysis to evaluate the observed damages. Modal analysis and stress analysis are carried out to comprehensively assess the structural behavior of the masonry dam.

The effect of the initial cracks with varying lengths at the upstream face is also investigated. The results indicate that the M1-Scenario with a 0.2m length of crack has trajectories comparatively comparable to those of the damaged dam depicted by the DEM model.

In conclusion, the presented results demonstrate the XFEM method's capability in predicting damage-crack patterns in masonry dams under different scenarios. The insights gained from this analysis contribute to a better understanding of the relationship between initial crack lengths and the ultimate structural response, guiding future efforts in dam engineering and seismic risk assessment.

Experimental validation, such as shake table tests, is essential for ensuring the accuracy of numerical models like the Extended Finite Element Method (XFEM) used to analyze masonry dams. These models rely on assumptions, so validation against real-world data is crucial. Shake table tests use scaled models to simulate earthquake forces, allowing observation of damage patterns and crack formation. Comparing these results with XFEM simulations helps refine the models, improving their predictive capabilities. This process enhances confidence in the reliability of numerical methods, ensuring they can accurately assess seismic risk and guide safer dam design in earthquake-prone areas. These additions would guide future research efforts in improving the seismic resilience of masonry dams.

References

- Mridha, S. and Maity, D. (2014). "Experimental investigation on nonlinear dynamic response of concrete gravity dam-reservoir system", *Engineering Structures*, 80,289-297. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.09.017>
- Valamanesh, V., Estekanchi, H.E., Vafai, A. and Ghaemian, M. (2011). "Application of the endurance time method in seismic analysis of concrete gravity dams", *Scientia Iranica*, 18(3),326-37.
- Wang, G., Lu, W. and Zhang, S. (2021). "Comparative analysis of nonlinear seismic response of concrete gravity dams using XFEM and CDP model", *Springer, Seismic Performance Analysis of Concrete Gravity Dams*,
- Ouzandja, D. and Berrabah, A.T. (2023). "Deterministic seismic damage analysis for concrete gravity dams: a case study of Oued Fodda Dam", *Acta Mechanica et Automatica*, 17(3), 347-356. DOI: <https://doi.org/10.2478/ama-2023-0039>
- Guanglun, W., Pekau, O. A., Chuhan, Z. and Shaomin, W. (2000). "Seismic fracture analysis of concrete gravity dams based on nonlinear fracture mechanics", *Engineering Fracture Mechanics*, 65(1), 67-87.
- Peramuna, P.D.PO., Neluwala, N.G.P.B., Wijesundara, K.K., Venkatesan, S., De Silva, S. and Dissanayake, P.B.R. (2024). "Novel approach to the derivation of dam breach parameters in 2D hydrodynamic modeling of earthquake induced dam failures", *Science of The Total Environment*, 927,171505. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171505>
- Galván, J.C., Padrón, L.A., Aznárez, J.J. and Maeso, O. (2022). "Boundary element model for the analysis of the dynamic response of the Soria arch dam and experimental validation from ambient vibration tests", *Engineering Analysis with Boundary Elements*,144, 67-80.
- Huang, Z. and Han, Z. (2023). "A novel meshfree method for investigating the impact of transverse joints quality on Xiaowan arch dam model", *Structures*, 53,447-459.
- Mirzabozorg, H. (2024). "Investigating the significance of fluid load effects on wet surfaces in concrete dam analysis: an examination of structural behavior and performance using the pine flat dam as a case study", *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-08993-9>
- Rezaiee-Pajand, M., Kazemiyan, M.S. and Aftabi Sani, A. (2021). "A literature review on dynamic analysis of concrete gravity and arch dams", *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28, 4357-4372. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09564-z>
- Fenves, G. and Vargas-Loli, L. M. (1988). "Nonlinear dynamic analysis of fluid-structure systems", *Journal of Engineering Mechanics*, 114(2), 219-240.
- Ayari, M. L. and Saouma, V. E. A. (1990). "Fracture mechanics based seismic analysis



- of concrete gravity dams using discrete cracks”, *Engineering Fracture Mechanics*, 35(1-3), 587-598.
- Omidi, O., Lotfi, V. and Valliappan, S. (2012). “Plastic-damage analysis of Koyna dam in different damping mechanisms with dam–water interaction”, In 15th world conference on earthquake engineering, WCEE ,pp. 24-28.
- Wang, G., Wang, Y., Lu, W., Zhou, C., Chen, M. and Yan, P. (2015). “XFEM based seismic potential failure mode analysis of concrete gravity dam–water–foundation systems through incremental dynamic analysis”, *Engineering Structures*, 98, 81-94.
- Haghani, M., Neya, B. N., Ahmadi, M. T. and Amiri, J. V. (2022). “A new numerical approach in the seismic failure analysis of concrete gravity dams using extended finite element method”, *Engineering Failure Analysis*, 132,105835.
- Feitosa e Castro, R. M., Cunha, S. P. D., Feitosa e Castro, P. S. A., Pina Neto, J. M. D., Ramos, E. S. and Bailão, L. A. (1994). “Diagnóstico pré-natal de gêmeos unidos”, *Rev. bras. ginecol. obstet*, 16(3/4),141-3.
- Bretas, E. M., Lemos, J. V. and Lourenço, P. B. (2012). “Masonry dams: analysis of the historical profiles of Sazilly, Delocre, and Rankine”, *International Journal of Architectural Heritage*, 6(1), 19–45.
- CEN (2005) European standard EN1998-3. Eurocode 8: design provisions for earthquake resistance of structures – Part 3: assessment and retrofitting of buildings. European Committee for Standardisation, Brussels.
- Bretas, E. M., Lemos, J. V. and Lourenço, P. B. (2015). “Seismic analysis of masonry gravity dams using the discrete element method: Implementation and application”, *Journal of Earthquake Engineering*, 20(2), 157-184.
- ABAQUS (2017), Dassault Systemes Simulia Corporation, Providence, Rhode Island.
- Papadopoulos, C. A. and Dimarogonas, A. D. (1987). “Coupled longitudinal and bending vibrations of a rotating shaft with an open crack”, *Journal of sound and vibration*, 117(1), 81-93.
- Bhattacharjee, S.S., and Leger, P, 1993. “Seismic Cracking and Energy Dissipation in Concrete Gravity Dams”, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 22(11), 991–1007.
- Feltrin, G., Galli, M., and Bachmann, H., 1992. “Influence of Cracking on the Earthquake Response of Concrete Gravity Dams with Reservoir”, *Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, Spain, Vol. 8, pp. 4627–4632.
- Parvathi, I. S., Mahesh, M., and Kamal, D. R. (2022). “XFEM Method for Crack Propagation in Concrete Gravity Dams”, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 103(2), 677-687.

Author Contributions

All authors conceived the idea and were responsible for the literature review. The methodology was planned collaboratively. Boudjamaa Roudane conducted the numerical analyses, while Ali Kaya interpreted the results. Boudjamaa Roudane and Ali Kaya wrote the manuscript. All authors discussed the findings, provided critical feedback, and contributed to the final version of the paper.

Conflict of Interest

The Authors declare that there is no conflict of interest.

Funding

No funding has been received.

Ethical Statement

Ethics committee permission is not required for the study.



One Dimensional Cellular Automa Under Null Boundary Condition

Sıfır Sınır Şartı Altında Bir Boyutlu Hücresel Dönüşümler

Ferhat ŞAH¹

1) Adıyaman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü,
Adıyaman/TÜRKİYE

ORCID: 0000-0003-4847-9180, fsah@adiyaman.edu.tr
Mathematics Subject Classification: 37B15; 67Q80

Geliş Tarihi 10/08/2024 – Kabul Tarihi 26/08/2024

DOI: 10.55205/joctensa.2220231531373

ATIF: Şah. F. (2024). One Dimensional Cellular Automa Under Null Boundary Condition. *Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 30-39

Öz

Bu çalışmada sıfır sınır şartı altında, bir boyutlu hücresel dönüşümleri inceliyoruz. Her hücrenin durumunu, yerel kural yardımıyla temsil eden bir matris oluşturulur. Bu matris, her hücrenin durum geçişlerini tanımlayan katsayılar içerir. Temsili matris sistemin durumunu bir vektör olarak temsil eder ve dönüşüm kuralları matris çarpımlarıyla uygulanır. Bu yöntem, sistemin zamanla nasıl evrildiğini incelemeyi sağlar. Sonlu cisimler üzerindeki hesaplamalar yapılırken matris cebirlerinden faydalanıyoruz. İlk önce bir boyutlu hücresel dönüşümlerin tanımını veriyoruz. Daha sonra yerel kuralımızı tanımlıyoruz. Tanımladığımız yerel kural ve matris cebirlerini kullanarak temsili matrisimizi elde ediyoruz. Temsili matrisi elde ederken doğal tabanlardan faydalanıyoruz. Bundan önceki çalışmalarda genellikle yarıçap 1 alınarak temsili matrisler elde edildi. Diğer çalışmalardan farklı olarak yarıçapı 2 alıyoruz. Yarıçap 2 alınarak elde edeceğimiz tüm sonuçlar diğer çalışmalara göre farklılık gösterecektir. Bu şart altında elde edilen temsili matrisimiz çok daha orijinal olacaktır. Ayrıca elde edilen temsili matrisimizin, alt matrislerini de elde ediyoruz. Son olarak, matrisimizin en genel halini elde ediyoruz.

Anahtar Kelimeler: Hücresel Dönüşümler, Terslenebilirlik, Temsili Matris.

Abstract

In this study, we examine one-dimensional cellular automata under the null boundary condition. A matrix is created to represent the state of each cell using a local rule. This matrix contains coefficients that define the state transitions of each cell. The representative matrix depicts the system's state as a vector and transformation rules are applied through matrix multiplications. This method allows us to analyze how the system evolves over time. When performing calculations over finite fields, we utilize matrix algebra. First, we define one-dimensional cellular automata. Then, we define our local rule. Using the local rule and matrix algebra, we obtain our representative matrix. While obtaining the representative matrix, we utilize natural bases. In previous studies, representative matrices were generally obtained by taking the radius as 1. Unlike other studies, we take the radius as 2. By taking the radius as 2, all the results we obtain will differ from those in other studies. Under this condition, our representative matrix will be much more original. Additionally, we obtain the submatrices of our representative matrix. Finally, we derive the most general form of our matrix.

Keywords: Cellular Automata, Reversibility, Representative Matrice.

INTRODUCTION

Cellular Automata (CAs) have been a subject of significant research since the 1940s when John von Neumann initiated the foundational studies in this field. According to von Neumann, a CA is a discrete model consisting of a grid of cells, each in one of a finite number of states, that evolves over discrete time steps according to a set of rules based on the states of neighboring cells. Von Neumann's pioneering work demonstrated the potential of CAs to model self-reproducing systems, laying the groundwork for extensive research into their application for modeling complex system behavior (von Neumann, 1966). Stephen Wolfram and colleagues, in the 1980s, made substantial contributions to the understanding of one-dimensional CAs. Wolfram used polynomial algebra to analyze these systems, characterizing them within the framework of statistical mechanics using elementary mathematical models. This approach provided a robust method for studying the dynamic behavior of CAs (Wolfram, 1983).

Further advancements were made by Das et al., who employed matrix algebra to characterize one-dimensional CAs. Their innovative techniques included the development of methods to examine linear CAs and a novel exploration of CA structures using polynomial algebra. In their work, they paid particular attention to hybrid CAs and provided an algorithm to determine the invertibility of the CA representation matrices, thereby addressing a critical aspect of CA behavior (Das and Chaudhuri, 1993).



The reversibility of one-dimensional finite linear CAs has been a focal point of research due to its implications in various scientific fields. A CA is considered reversible if its evolution can be uniquely reversed, meaning that each state has a unique predecessor. The reversibility of a linear CA can be analyzed by constructing a rule(representative) matrix that depends on the local rule of the CA and the length of the initial vector. If this rule matrix is invertible, then the CA is reversible.

Akin et al. have contributed significantly to this area by investigating the conditions under which linear CAs are reversible. They constructed rule matrices for linear CAs defined over finite fields and finite rings, considering different boundary conditions such as null boundary, periodic boundary, and reflective boundary. Their work has provided deeper insights into the reversibility of CAs under various constraints (Akin et al., 2011,2012,2014,2017).

In this study, we aim to further this research by constructing the rule matrix for a one-dimensional finite linear CA under the null boundary condition. This construction will depend on a 2-radius local rule, which will be defined in the subsequent sections. By focusing on this specific boundary condition, we aim to contribute to the understanding of the conditions that determine the reversibility of linear CAs.

MATERIAL AND METHOD

Let $\mathbb{Z}_p = \{0, 1, \dots, p-1\}$. Assume that $x = (x_n)_{n=-\infty}^{n=\infty}$ an infinite sequence with two sides. It represents $\mathbb{Z}_p^{\mathbb{Z}}$. Let f be the local rule and r be the radius. Thus, the local rule is defined as follows:

$$f: \mathbb{Z}_p^{r+1} \rightarrow \mathbb{Z}_p, \quad f(x_{-r}, \dots, x_r) = \left(\sum_{i=-r}^{i=r} k_i x_i \right) \pmod{p} \quad (1).$$

where $k_i \in \mathbb{Z}_p$. This local rule generates the function $F: \mathbb{Z}_p^{\mathbb{Z}} \rightarrow \mathbb{Z}_p^{\mathbb{Z}}$. Thus, it is known as 1D additive CA. The definition of this transformation is as follows:

$$Fx = (y_n)_{n=-\infty}^{n=\infty}, \quad y_n = f(x_{-r}, \dots, x_r) = \left(\sum_{i=-r}^{i=r} k_i x_{n+i} \right) \pmod{p} \quad (2).$$

A dimensional CA structure defined over the field \mathbb{Z}_2 can be regarded as a grid of cells or blocks that take the value of each cell as 0 or 1. If $r=2$ is taken, then the next transition state of the cell can be obtained depending on itself and its other four neighbors.. Cells can only evaluation in separate time stages according to certain local neighborhood rules.

In terms of mathematics, the current states of the $(i)th$, $(i-1)th$ and $(i+1)th$ cells can be used to describe the next state change of the $(i)th$ cell:

$$\wp_i(t+1) = f(\wp_i(t), \wp_{i+1}(t), \wp_{i-1}(t))$$

where ϕ is known as the rule of a CA (Khan et. al.,1993).
Now, we give some important definitions.

Definition 1. In a cellular automata, the time step always consists of a sequence of geometric shapes of the same kind. Each of these sequences is called the configuration at the time.

Definition 2. In a cellular automata, the function that converts a configuration of the time step t to another configuration in the time step $t + m$ is called the global transition function and is shown by f . Here n is the number of cells in the starting sequence and $f_i, i = 1, 2, \dots, n$ are global transition functions.

Definition 3. In the finite 1D CA configuration, the CA is said to as single or regular if the same rule is applied to every cell.

Definition 4. CA is referred to be a hybrid CA, if various rules are applied to distinct cells within the CA.

The value of the next state of a cell may not depend on all neighbors. Limiting a local relationship requires a precise interpretation of the rules on the edge of the cells. It is possible to observe the neighborhood problem of the cells on the edge. There are no neighbors at the ends of the edge cells.

There are some well-known approaches to solving this situation. Why, when working with cellular automata, should we restrict the extreme cells of the lattice? We impose different boundary conditions on the extreme cells to get better results. In this work, we employ null boundary conditions, on the contrary other types. Here, let's give you the definition of the null boundary condition, which is one of them.

Definition 5. A CA is defined null boundary condition if both the left and right of CA are connected to 0.

Example 1. A table is given related to a null boundary condition for a finite one-dimensional cellular automata named f, e, r, h, a, and t as follows. Since we take the radius as 2, we add 2 zeros to the far right and far left of the sequence.

0	0	f	e	r	h	a	t	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



FINDINGS AND DISCUSSION

$C^t = [x_1^t, x_2^t, \dots, x_n^t]$ is a configuration of a one-dimensional cellular automata in t time. Let C^0 be initial configuration. There are various neighborhoods for one-dimensional cellular automata. The study used the closest neighborhood model with the greatest range of application. In this study, the representative matrix of one-dimensional cellular automata was taken as radius 2. A well-defined local rule under addition and multiplication can be given as follows for $m \geq 3$. We define the local rule as follows:

$$x_i^{t+1} = \begin{cases} k_3x_1^t + k_4x_2^t + k_5x_3^t ; & \text{mod } m, \text{ for } i = 1 \\ k_2x_1^t + k_3x_2^t + k_4x_3^t + k_5x_4^t; & \text{mod } m, \text{ for } i = 2 \\ k_1x_{i-2}^t + k_2x_{i-1}^t + k_3x_i^t + k_4x_{i+1}^t + k_5x_{i+2}^t; & \text{mod } m, \text{ for } 3 \leq i \leq n-2 \\ k_1x_{n-3}^t + k_2x_{n-2}^t + k_3x_{n-1}^t + k_4x_n^t; & \text{mod } m, \text{ for } i = n-1 \\ k_1x_{n-2}^t + k_2x_{n-1}^t + k_3x_n^t ; & \text{mod } m, \text{ for } i = n \end{cases} \quad (3)$$

where $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 \in Z_m - \{0\}$. The variable x_i^t represents the cell's condition at time t . The number of cells is finite.

Let's define the 1D-CA representation matrix T using null boundary condition. (Shortly; NBC).

$$00[x_1^t, x_2^t, \dots, x_n^t]00 \xrightarrow{T} [x_1^{t+1}, x_2^{t+1}, \dots, x_n^{t+1}] \quad (4)$$

To find the most general state of the representative matrix with the help of local rule, we obtain some specific cases for values n .

Example 2. Let, $n = 4$. Then we get the rule matrix T of order 4. We investigate a configuration of size 1×4 with null boundary conditions.

$$00[x_1^t \ x_2^t \ x_3^t \ x_4^t]00$$

This configuration is represented by the information matrix shown below:

$$[X]_{1 \times 4}^t = [x_1^t \ x_2^t \ x_3^t \ x_4^t]$$

If we apply the local rule to whole cells of the vector $[X]_{1 \times 4}^t$, we get a new information matrix $[X]_{1 \times 4}^{t+1}$ containing the following entries.

$$\begin{aligned} &k_3x_1 + k_4x_2 + k_5x_3 \\ &k_2x_1 + k_3x_2 + k_4x_3 + k_5x_4 \\ &k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_4 \\ &k_1x_2 + k_2x_3 + k_3x_4 \end{aligned}$$

To obtain the rule matrix T_4 using basis vectors, you typically follow these steps:

1. **Identify Basis Vectors:** Determine the set of basis vectors for the vector space in which the transformation or rule is applied. Basis vectors are linearly independent vectors that span the vector space.

2. **Apply Transformation to Basis Vectors:** Apply the given transformation (rule) to each of the basis vectors. This involves taking each basis vector and seeing where it maps to under the transformation.

3. **Express Transformed Vectors in Terms of Basis:** Write the resulting transformed vectors as linear combinations of the original basis vectors. This step helps to identify the coefficients needed to construct the rule matrix.

4. **Construct the Rule (Representative) Matrix:** Form the rule matrix by using the coefficients obtained from the previous step. Each column of the matrix represents the image of a basis vector under the transformation, expressed in terms of the basis vector

$$\begin{aligned} T \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} k_3 \\ k_2 \\ k_1 \\ 0 \end{pmatrix}, & T \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} k_4 \\ k_3 \\ k_2 \\ k_1 \end{pmatrix}, \\ T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} k_5 \\ k_4 \\ k_3 \\ 0 \end{pmatrix}, & T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 0 \\ k_5 \\ k_4 \\ k_3 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$



Here, each basis vector and its representation under transformation can be seen. The rule matrix T_{NBC} of order 4 is then formed by using these transformed basis vectors as the columns of T_{NBC} :

$$T_{NBC} = \begin{pmatrix} k_3 & k_4 & k_5 & 0 \\ k_2 & k_3 & k_4 & k_5 \\ k_1 & k_2 & k_3 & k_4 \\ 0 & k_1 & k_2 & k_3 \end{pmatrix}_{4 \times 4}$$

Example3. Let, $n = 7$. Then we get the rule matrix T of order 7. We investigate a configuration of size 1×7 with null boundary conditions.

$$00[x_1^t \ x_2^t \ x_3^t \ x_4^t \ x_5^t \ x_6^t \ x_7^t]00$$

This configuration is represented by the information matrix shown below:

$$[X]_{1 \times 7}^t = [x_1^t \ x_2^t \ x_3^t \ x_4^t \ x_5^t \ x_6^t \ x_7^t]$$

If we apply the local rule to whole cells of the vector $[X]_{1 \times 7}^t$, we get a new information matrix $[X]_{1 \times 7}^t$ containing the following entries.

$$k_3x_1 + k_4x_2 + k_5x_3$$

$$k_2x_1 + k_3x_2 + k_4x_3 + k_5x_4$$

$$k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + k_4x_4 + k_5x_5$$

$$k_1x_2 + k_2x_3 + k_3x_4 + k_4x_5 + k_5x_6$$

$$k_1x_3 + k_2x_4 + k_3x_5 + k_4x_6 + k_5x_7$$

$$k_1x_4 + k_2x_5 + k_3x_6 + k_4x_7$$

$$k_1x_5 + k_2x_6 + k_3x_7$$

$$T \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_3 \\ k_2 \\ k_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_4 \\ k_3 \\ k_2 \\ k_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_5 \\ k_4 \\ k_3 \\ k_2 \\ k_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ k_5 \\ k_4 \\ k_3 \\ k_2 \\ k_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ k_5 \\ k_4 \\ k_3 \\ k_2 \\ k_1 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ k_5 \\ k_4 \\ k_3 \\ k_2 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ k_5 \\ k_4 \\ k_3 \end{pmatrix}.$$

Here, each column corresponds to the transformation of a respective basis vector. The rule matrix T_{NBC} of order 7 is then formed by using these transformed basis vectors as the columns of T_{NBC} :

$$T_{NBC} = \begin{pmatrix} k_3 & k_4 & k_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & 0 & 0 & 0 \\ k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & 0 & 0 \\ 0 & k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & 0 \\ 0 & 0 & k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 \\ 0 & 0 & 0 & k_1 & k_2 & k_3 & k_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_1 & k_2 & k_3 \end{pmatrix}_{7 \times 7}$$

For, $n \geq 3$ ($n \in \mathbb{Z}^+$) the general form of the rule (representation) matrix T_{NBC} of order $n \times n$ is as follows:



$$T_{NBC} = \begin{pmatrix} k_3 & k_4 & k_5 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_1 & k_2 & k_3 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_1 & k_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & k_3 & k_4 & k_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & k_2 & k_3 & k_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & k_1 & k_2 & k_3 \end{pmatrix}_{n \times n}$$

Conclusion

In this study, the definition of one-dimensional cellular automata was given by taking the radius as 2 under null boundary conditions. A local rule was defined to find the representative (rule) matrix of one-dimensional cellular automata under NBC. With the help of the defined local rule, the representation (rule) matrix of one-dimensional cellular automatas was found NBC. Considering the obtained results, the invertibility of the representation (rule) matrices obtained in this study is being examined as an open problem by the author.

References

Von, N.J. (1966). “ The theory of self-reproducing automata (Edited by A.W. Burks)”, Univ. of Illinois Press, Urbana.

Wolfram, S. (1983). “Statistical mechanics of cellular automata”, Rev. Mod. Phys. 55:3 601-644.

Das, A.K. and Chaudhuri, PP, (1993). “Vector space theoretic analysis of additive cellular automata and its applications for pseudo exhaustive test pattern generation”, IEEE Trans. On Computers 42 (3): 340–35

Cinkir, Z. Akın, H. and Siap, I. (2011). “Reversibility of 1D cellular automata with periodic boundary over finite fields Z_p ”, J. Stat. Phys. 143, no.4, 807–823

Akın, H., Sah, F. and Siap, I. (2012). “On 1D reversible cellular automata with reflective boundary over the prime field of order p”, Internat. J. Modern Phys. C 23, 1250004.

Akın, H., Siap, I. and Uguz. S. (2014). “One-dimensional cellular automata with reflective boundary conditions and radius three”, Acta Physica Polonica Series

a 125 405–407.

Chang, C.H., Su, J. Y., Akın, H. and Sah, F. (2017). “Reversibility problem of multidimensional finite cellular automata”, J. Stat. Phys. 168, 208–231.

Khan, A.R., Choudhury, P.P., Dihidar, K., Mitra, S. and Sarkar, P. (1997). “VLSI architecture of a cellular automata machine”, Computers and Mathematics with Applications, 33, (5) 79–94.

Author Contributions

The entire study was performed by the corresponding author.

Conflict of Interest

No conflict of interest is reported by the author(s).

Funding

No funding support was received.

Ethical Statement

Ethics committee permission is not required for the study.,



Bıldırcın Beslenmesinde Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Fitojenik Yem Katkılarının Performansa ve Ürün Kalitesine Etkileri

The Effects of Medicinal Aromatic Plants and Phytogetic Feed Additives on Performance and Product Quality in Quail Nutrition

Cavidan Gül Varış¹

¹ Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Adıyaman, Türkiye,

ORCID: 0000-0002-4713-9718, cgul@adiyaman.edu.tr

Geliş Tarihi 06/08/2024 – Kabul Tarihi 26/08/2024

DOI: 10.55205/joctensa.2220231528124

ATIF: Gül Varış, C. (2024). Bıldırcın Beslenmesinde Tıbbi Aromatik Bitkiler ve Fitojenik Yem Katkılarının Performansa ve Ürün Kalitesine Etkileri. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 40-61

Öz

Bu çalışmanın amacı, Japon bıldırcınlarının yemlerine eklenen tıbbi aromatik bitki ve bazı fitojenik yem katkı maddelerinin besi performansı, ürün miktarı ve kalitesine olan etkilerini incelemektir. Dünya nüfusunun hızla artması, gıda ihtiyacını karşılamada zorlukları gündeme getirmiştir. İnsan sağlığı için yeterli miktarda hayvansal protein alımı önemlidir ve kanatlı hayvanlar bu proteinin önemli bir kaynağıdır. Bıldırcınlar, küçük alanlarda kolay yetiştirilmeleri, hastalıklara dirençleri ve yüksek verimlilikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak, hayvansal ürünlerdeki ilaç kalıntılarının insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2006 yılında hayvan yemlerine antibiyotik katılmasını yasaklamıştır. Bu nedenle, bıldırcınların performansını artırmak ve sağlığını korumak için alternatif yem katkılarına ihtiyaç duyulmuştur. Son yıllarda, zararsız olduğu düşünülen fitojenik, tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen katkı maddeleri yemlere eklenmiştir. Bu makalede, kekik, lavanta, nane, kimyon, çörekotu, sarımsak, meyan kökü, ardıç yağı, portakal ve nar kabuğu gibi katkıların bıldırcınların performansını artırıcı, bağışıklılığını güçlendirici, sindirimi ve besin emilimini kolaylaştırıcı etkileri ele alınmıştır. Bu araştırma materyalleri Science Direct, Google Scholar, Taylor & Francis Online, Mendeley, ResearchGate, SpringerLink, Oxford Academic, PubMed, Scopus, Web of Science gibi akademik veri tabanlarından ilgili literatürler taranarak elde edilmiştir. İncelemeler sonucunda, bu bitkilerin olumlu etkileri nedeniyle kanatlı beslenmesinde kulla-

nımının yaygınlaştırılabileceği ve fizyolojik etkilerini belirleyecek daha detaylı çalışmalara ilham olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bildircin besleme, tıbbi aromatik bitki, fitojenik katkı madesi, antioksidatif.

Abstract

The purpose of this study is to examine the effects of medicinal aromatic plants and certain phytogetic feed additives on the growth performance, product yield, and quality in Japanese quails. The rapid increase in the world population has raised challenges in meeting the growing demand for food. Adequate intake of animal protein is crucial for human health, and poultry is a significant source of this protein. Quails are preferred due to their ease of rearing in small spaces, resistance to diseases, and high productivity. However, concerns over the negative impacts of drug residues in animal products on human health led the World Health Organization (WHO) to ban the use of antibiotics in animal feed in 2006. Consequently, there is a need for alternative feed additives to enhance quail performance and maintain their health. In recent years, additives derived from phytogetic, medicinal, and aromatic plants, considered harmless, have been incorporated into feeds. This paper discusses the performance-enhancing, immune-boosting, and digestion-facilitating effects of additives such as thyme, lavender, mint, cumin, black cumin, garlic, licorice root, juniper oil, orange, and pomegranate peels on quails. The research materials were gathered from relevant literature available in academic databases such as Science Direct, Google Scholar, Taylor & Francis Online, Mendeley, ResearchGate, SpringerLink, Oxford Academic, PubMed, Scopus, and Web of Science. The study concluded that the positive effects of these plants could encourage their widespread use in poultry nutrition and inspire more detailed studies to determine their physiological impacts.

Keywords: Quail feeding, medicinal aromatic plant, phytogetic additive, antioxidant.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 8 milyarı, Türkiye nüfusunun 86 milyonu aştığı günümüzde (Population Today, 2024), küresel ısınma ve iklim değişikliğinin tarımsal üretime olumsuz etkileri, gıda ihtiyaçlarını karşılamayı zorlaştırmaktadır. Hayvansal protein kaynakları, yüksek maliyetleri nedeniyle alternatif protein arayışını artırmıştır. Bu bağlamda, kümes hayvancılığı, düşük maliyetli ve verimli bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır.

Bıldırcın yetiştiriciliği, son yıllarda kümes hayvancılığında popüler hale gelen alternatif bir seçenektir. Bıldırcınlar, düşük yem tüketimi, yüksek karkas randımanı, yumurta verimi ve canlı ağırlık artışı nedeniyle ekonomik açıdan oldukça verimlidir (Çağlayan & Şeker, 2015). Küçük vücut yapıları, birim alanda yüksek verim kapasiteleri, üretim ve barınma birimlerinin kolay kurulumu ve düşük donanım maliyetleri gibi özellikler, bıldırcın yetiştiriciliğini cazip kılan faktörler arasındadır (TEBGE, 2022). Ayrıca, bu türün generasyonlar arası süresinin kısa olması ve hastalıklara karşı diğer çiftlik hayvanlarına göre daha dayanıklı olması, yetiştiricilikte önemli avantajlar sunmaktadır. Bıldırcın karkasının %76'sı et, %14'ü deri ve %10'u kemikten oluşmaktadır. Derisinin inceliği, etinin düşük yağ ve kolesterol içeriği, bıldırcın etini diyet yemeklerinde ideal bir seçenek haline getirir. Bıldırcın yumurtası ise tavuk yumurtasına oranla daha zengin karbonhidrat, potasyum, magnezyum ve kalsiyum içeriğine sahiptir, bu da onu besleyici bir alternatif yapar (TEBGE, 2022).

Bıldırcın yetiştiriciliği, ayrıca kırsal kalkınmayı desteklemesi, işsizliğin önlenmesi ve köyden kente göçün engellenmesi gibi sosyoekonomik faydalar da sağlar (TEBGE, 2022). Ancak, dünya genelinde bıldırcın eti üretiminin ticari payı oldukça sınırlıdır. Türkiye'de ise 2022 yılında 80 ton bıldırcın eti üretilmiştir (TUİK, 2022). Hayvanların besi performanslarını iyileştirmek, ürün kalitelerini artırmak, hastalıklara karşı koruma sağlamak ve bağışıklık sistemini güçlendirmek amacıyla kullanılan antibiyotikler, hayvansal ürünlerde kalıntı bırakabilmektedir. Bu kalıntılar, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceğinden, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2006 yılında hayvan yemlerine antibiyotik katılmasını yasaklamıştır.

Bu bağlamda, antibiyotik ve diğer yasaklanmış yem katkı maddelerine alternatif olarak, hayvan sağlığına zarar vermeyen ve bağışıklık sistemini güçlendiren tıbbi aromatik bitkilerin kullanımı önem kazanmıştır (Çetin, 2016). Bu bitkiler, ekstrakt, un, toz, çözelti gibi çeşitli formlarda yem katkı maddesi

olarak kullanıldığı gibi, aynı zamanda genel olarak güvenli kabul edilmeleri nedeniyle gıda sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır (Abdel-Wareth & Lohakare, 2014). Wang vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada ise, bitki kaynaklı yem katkı maddelerinin, hayvan sağlığı ve üretiminde doğal antibiyotik alternatifi olarak kullanılma potansiyeli ve sürdürülebilir, güvenli alternatiflerin geliştirilmesindeki zorluklar vurgulanmıştır. Bu çalışma, bıldırcın yetiştiriciliğinde tıbbi aromatik bitkilerin kullanımı üzerine mevcut literatüre önemli katkılar sunmaktadır.

Bıldırcın beslenmesinde kullanılan fitojenik yem katkı maddeleri, bitkisel kökenli doğal bileşenlerden elde edilir ve genellikle bitkilerin uçucu yağları, baharatları ve diğer bitkisel ekstraktlarını içerir. Bu katkılar, antimikrobiyal, antioksidan, sindirimi teşvik edici ve bağışıklık sistemini destekleyici özellikleriyle dikkat çeker (Windisch, 2008). Aynı zamanda, hayvanların büyüme performansını artırmak ve yem dönüşüm oranını iyileştirmek amacıyla kullanılır (Hashemi & Davoodi, 2011; Doğan Daş vd. 2020). Fitojenik maddeler, antibiyotiklerin yerine geçebilecek potansiyele sahip olduklarından, hayvan sağlığı ve verimliliğini artırmak için tercih edilmektedir (Franz ve ark., 2010).

Fitojenik maddelerin etkileri, içerdiği biyoaktif bileşenlere, uygulama şekline ve hayvan türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Genel olarak, bu katkılar çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilir (Brenes & Roura, 2010). Antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri, bağışıklık sistemini güçlendirmeleri, sindirimi ve emilimi kolaylaştırmaları, yem lezzetini artırmaları ve besi performansını iyileştirmeleri, bu maddelerin bilinen genel etkilerindedir. Ancak, bu katkı maddelerinin etki mekanizmalarının tam olarak anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Franz vd. 2010). Özellikle kümes hayvanlarının paraziter enfeksiyonlarının tedavisinde bitkisel ilaçların potansiyel etkilerini belirlemek amacıyla yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Jamil, 2022).

Bu şekilde, fitojenik yem katkı maddelerinin hayvan beslenmesinde sürdürülebilir ve güvenli bir alternatif olarak daha geniş bir alanda kullanımı desteklenebilir.

Kanatlı hayvan besleme denemelerinde çoğunlukla japon bıldırcınının (*Coturnix coturnix japonica*) tercih edilme nedeni ise; küçük vücut yapıları, 6 ile 7 haftada cinsel olgunluğa ulaşmaları, yüksek üreme oranı, yılda 3 ile 4 nesil üretebilme kabiliyetleri ve koloniyi sürdürme kolaylığı nedeniyle önemli bir laboratuvar hayvanı olmasıdır (Shim ve Vohra 1984). Bıldırcın besleme denemelerine ait birçok alternatif yem katkı maddesi ve fitojenik maddeler



kullanılmaktadır. Bu yem katkı maddelerinden bazıları ise; kekik, nane, biberiye, tarçın, kimyon, çörekotu, lavanta, meyan kökü, timol, kenevir, ardıç yağı, soğan, sarımsak, portakal ve nar kabuğudur.

Bu çalışmada, bıldırcın beslenmesinde tıbbi aromatik bitkiler ve fitojenik katkı maddelerinin kullanımına yönelik literatür kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle nane (Çağlayan ve Erdoğan, 2015; Doğan Daş vd. 2020; Durna Aydın, 2020; Çetin, 2016; Ragab vd. 2007; Özyiğit, 2022), kekik (Yesilbag vd. 2013), biberiye (Durna Aydın, 2020; Yesilbag vd. 2013), lavanta (Özbilgin ve Kara, 2023), zencefil (Habibi vd. 2022; Nemati vd. 2021), çörekotu (Tahan ve Bayram, 2012), kimyon (Kumar ve Patra, 2017) ve keten tohumu (Mirshekar vd. 2021) gibi bitkisel katkı maddelerinin etkileri ele alınmıştır.

Bu çalışmalar, genellikle fitojenik katkıların bıldırcınların büyüme performansı, bağışıklık sistemi, yumurta verimliliği ve genel sağlık üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır. Örneğin, nane ve kekik gibi bitkilerin, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve yemden yararlanma oranını artırdığı bildirilmiştir (Çağlayan ve Erdoğan, 2015; Yesilbag vd. 2013). Biberiye ve lavanta ise hem büyüme performansını iyileştirici etkileri hem de stres faktörlerine karşı direnç sağladığı için dikkat çekmektedir (Durna Aydın, 2020; Özbilgin ve Kara, 2023). Zencefil ve çörekotu gibi bitkisel katkılar ise, bağışıklık sistemi üzerinde güçlendirici etkilere sahip olup, bıldırcınların genel sağlık durumunu iyileştirme potansiyeli göstermektedir (Habibi vd. 2022; Tahan ve Bayram, 2012).

Bu makale, bıldırcın beslenmesinde kullanılan bu tür tıbbi aromatik ve fitojenik katkı maddelerinin, antibiyotiklere karşı alternatif olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve hayvan sağlığını destekleyici etkileri nedeniyle bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmanın materyali, Science Direct, Google Scholar, Taylor & Francis Online, Mendeley, ResearchGate, SpringerLink, Oxford Academic, PubMed, Scopus ve Web of Science gibi önde gelen akademik veri tabanlarından elde edilmiştir. Çalışma kapsamında, “bıldırcın beslenmesinde tıbbi aromatik bitkiler ve fitojenik katkı maddeleri” konusunu ele alan literatürler titizlikle taranmış ve incelenmiştir.

Araştırma sürecinde, özellikle bıldırcın beslenmesinde kullanılan tıbbi

bi aromatik bitkileri içeren çalışmalar tercih edilmiştir. Veri tabanlarından belirlenen anahtar kelimeler kullanılarak, bıldırcın beslenmesinde standart yemlere ek olarak en yaygın şekilde kullanılan tıbbi aromatik ve fitojenik yem katkı maddeleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, yaygın olarak kullanılan katkı maddelerinin kekik, lavanta, nane, kimyon, çörekotu, sarımsak, meyan kökü, ardiç yağı, portakal ve nar kabuğu gibi bitkisel bileşenler olduğu saptanmıştır.

İncelenen literatürler, bu katkı maddelerinin genellikle antimikrobiyal, antioksidatif, bakteriostatik ve bakterisit özellikler sergilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu katkıların bıldırcınların performansını artırdığı, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, sindirim ve besin emilimini kolaylaştırdığı, yem lezzetini artırdığı ve daha birçok olumlu etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, literatürde yer alan ilgili araştırmaların temel bulguları genel başlıklar altında özetlenmiştir. İlk olarak, bıldırcınların beslenme deneylerinde yaygın olarak kullanılan tıbbi aromatik bitkiler ve bunların fitojenik etkileri aşağıda sıralanmıştır.

Fitojenik yem katkılarının hayvan beslenmesindeki genel etkileri şunlardır (Franz vd. 2010):

Antimikrobiyal Özellikler: Fitojenik maddeler, zararlı mikroorganizmalarla mücadele ederek hayvanların bağırsak sağlığını korur ve patojenlerin çoğalmasını engeller.

Antioksidan Özellikler: Bu katkıları, hayvanların vücudundaki serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltır. Bu, hücre hasarını önler ve genel sağlık durumunu iyileştirir.

Sindirim ve Besin Emilimini Artırma: Fitojenik maddeler, sindirim enzimlerinin aktivitesini artırarak yemden alınan besin maddelerinin daha iyi emilmesini sağlar. Bu da yem dönüşüm oranını iyileştirir ve hayvanların büyüme performansını artırır.

Bağışıklık Sistemini Güçlendirme: Doğal bileşenler, hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirerek hastalıklara karşı dirençlerini artırır.

Yemin Lezzetini Artırma: Fitojenik katkıları, yemin lezzetini artırarak hayvanların yem tüketimini teşvik eder.

Büyüme Performansı: Bu katkıları, antibiyotik büyüme destekleyicilerine alternatif olarak hayvanların büyüme performansını destekler.

Tablo 1’de yem katkı maddesi olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin hangi kısımlarının kullanıldığı, aktif bileşenleri ve işlevleri yer almaktadır. Bu bitkiler, özellikle antioksidan özellikleri sayesinde kümes hayvancılığında kullanıldığında hem et hem de yumurta kalitesini olumlu yönde etkilemektedir (Özyiğit, 2022).

Tablo1

Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılan Kısımları, Aktif Bileşenleri ve Fonksiyonları

Bitki	Kullanılan Kısım	Aktif Bileşen	Fonksiyonlar
Tarçın	Kabuk	Simentaldehit	İştah ve sindirim uyarıcı, antiseptik
Karanfil	Tomurcuk	Eugenol	İştah ve sindirim uyarıcı, antiseptik
Kakule	Tohum	Cineol	İştah ve sindirim uyarıcı
Kişniş	Yaprak, tohum	Linalol	Sindirim uyarıcı
Kimyon	Tohum	Kuminaldehit	Sindirim, gaz giderici, süt artırıcı
Anason	Meyve	Anethol	Sindirim uyarıcı, süt artırıcı
Kereviz	Meyve, yaprak	Ftalid	İştah ve sindirim uyarıcı
Çemen	Tohum	Trigonellin	İştah uyarıcı
Biber (Capsicum)	Meyve	Kapsaisin	Sindirim uyarıcı
Karabiber	Meyve	Piperin	Sindirim uyarıcı
Hardal	Tohum	Allil izotiyosiyanat	Sindirim uyarıcı
Zencefil	Rizom (köksap)	Zingeron	Mide uyarıcı
Sarımsak	Soğan (bulb)	Alkin	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Biberiye	Yaprak	Cineol	Sindirim uyarıcı, antiseptik
Kekik	Tüm bitki	Timol	Sindirim uyarıcı, antiseptik, antioksidan
Nane	Yaprak	Mentol	İştah ve sindirim uyarıcı, antiseptik

Not: Kaynak: Özyiğit, Y. (2022).

1-Performans Üzerindeki Etkileriyle ilgili Araştırmalar

Kanatlı hayvanlarda performans parametreleri; canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yemden yararlanma oranı ve karkas parametreleridir. Karkas parametreleri ise; kesim canlı ağırlığı, sıcak ve soğuk karkas ağırlığı ve et kompozisyonunu kapsamaktadır. Bildiricilerde ve diğer kanatlı hayvan besleme denemelerinde spesifik bir konu üzerinde araştırma yapılsa bile çoğunlukla performans değerlerine de bakılmaktadır. Aşağıdaki çalışmaların çoğunda performans değerleri de incelenmiştir. Ancak bu çalışmalara yumurta kalitesi, bağışıklık ve benzeri spesifik konuları başlığı altında değinilmiştir.

Japon bildiricilerinin rasyonuna enzim takviyesi olmadan, sarı mısırın %16'sına kadarlık kısmının yerine maydanoz (*Petroselinium crispum*), nane (*Mentha peperita*) ve dereotu (*Anethum graveolens*) yan ürünlerinin eklenmesinin performansı artırması nedeniyle sırasıyla tercih edilebilmektedir (Ragab vd. 2007).

Japon bildiricilerinin büyüme performansı üzerinde farklı seviyelerde Maydanoz (*Petroselinium crispum*) kurutulmuş yaprakları ve yan ürünü (doğal biyolojik yem katkı maddesi olarak) ile kuru kemzyme (KD) enzimi takviyesi ve takviyesiz gruplarda etkilerini araştırmak amacıyla yapılan denemede toplam 10 günlük yaştaki 480 bildiricın 10 farklı gruba (her grup 48 bildiricın) ayrılmıştır. Her bir grup 16 bildiricından oluşan 3 tekerrür içermektedir. İlk gruba kontrol olacak şekilde sadece standart yem verilmiş, ikinci gruba da standart yeme ek olarak %0,1 oranında kuru kemzyme eklenmiştir. Diğer 4 gruba da sırasıyla standart yeme ek olarak iki farklı oranda maydanoz (M) (%0,25 ve %0,5) ve iki farklı oranda da maydanoz yan ürünü (MYÜ) (%0,5 ve %1) içeren toplam 4 grup oluşturulmuş ve bu gruplara enzim takviyesi yapılmamıştır. Ayrıca bu 4 grubun her birine de %0,1 oranında kuru kemzyme (KD) enzimi eklenerek 4 grup (%0,25 M + %0,1 KD; %0,5 M + %0,1 KD; + %0,5 MYÜ + %0,1 KD; %1 MYÜ + %0,1 KD) daha oluşturulmuştur. Denemede toplam 10 muamele grubu oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir: 10-38 günlük dönem boyunca canlı vücut ağırlığı, canlı vücut ağırlık artışı, yem dönüşüm oranı, büyüme hızı, performans indeksi, ham protein dönüşümü ve kalorik dönüşüm oranı açısından gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. 10-38 günlük dönemde Kontrol diyeti + %0,1 KD ile beslenen bildiricılar, daha yüksek YT değerine sahip olmuştur. Ancak, kontrol diyeti ile beslenen bildiricılar bu dönemde düşük YT değeri-

ne sahip olmuştur. Farklı seviyelerde M ve MYÜ ile enzim takviyeli veya takviyesiz besleme, Japon bildırcınlarının kesim parametrelerini anlamlı şekilde etkilememiştir. Kontrol yemi ile beslenen bildırcınlar, daha yüksek nem ve protein yüzdesine (dolayısıyla daha düşük yağ yüzdesine) sahip olmuştur. Ancak, kontrol yemi + %0,25 M + %0,1 KD ile beslenenler, daha yüksek yağ yüzdesine (ve dolayısıyla daha düşük nem ve protein yüzdesine) sahip olmuştur. Kontrol yemi + %0,5 MYÜ ile beslenen bildırcınlar, daha yüksek serum kalsiyum, kolesterol ve trigliserit seviyelerine; kontrol yemi + %0,5 M + %0,1 KD ile beslenen bildırcınlar, daha düşük kalsiyum seviyelerine; kontrol yemi ile beslenen bildırcınlar, daha düşük serum kolesterol seviyelerine; kontrol diyeti + %0,25 M + %0,1 KD ile beslenen bildırcınlar, daha düşük serum trigliserit seviyelerine sahip olmuştur. Kontrol yemi + %0,5 M ile beslenen bildırcınlarda ölüm oranı %2,08 iken, diğer deney gruplarında ölüm oranı sıfır olmuştur. Kontrol yemi + %1 MYÜ + %0,1 KD ile beslenen bildırcınlar, en iyi ekonomik ve göreceli verimlilik değerlerine sahip olmuş (%2,752 ve %103,3) ve bunu kontrol yemi + %1 MYÜ (%2,728 ve %102,4) ile beslenenler takip etmiştir (Bahnas vd. 2009).

. Siyah kimyon (*Nigella sativa* L) aromatik bir bitki olup, antimikrobiyal, antioksidan ve diğer farmakolojik özellikleri nedeniyle tohumlarının kümes hayvanları rasyonlarına eklenmesiyle büyüme performansı, yem tüketimi ve yem değerlendirme oranını, viral hastalıklara karşı antikor titrelerini, ette çoklu doymamış yağ asidi içeriğini ve antioksidan özelliklerini artırırken, bazı patojenik bakteri popülasyonu ve kandaki kolesterolü düşürmüştür (Kumar ve Patra 2017).

Başka bir çalışmada ise keten tohumu yağı takviyesinin farklı sürelerde uygulanmasının (kesimden 21, 35 ve 7 gün önce), bildırcınların büyüme performansı, karkas özellikleri, göğüs eti yağ asitleri profili ve etin işlevsel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Keten tohumu yağı takviyesi, bildırcınların canlı ağırlık artışı ve yem tüketimi üzerinde önemli bir etkiye neden olmamıştır. Ancak 35 günlük büyüme periyodu boyunca keten tohumu yağı takviyesinin yapılması karın yağ oranını önemli ölçüde azaltmıştır. Kesimden bir hafta önce keten tohumu yağı ilavesi bildırcınların göğüs kasında n-3 yağ asidi içeriğinde yaklaşık beş kat artış sağlamıştır. Bununla birlikte keten tohumu yağı, ayçiçek yağına göre delta-9-desaturaz aktivitesini düşürmüştür ve trombojenik indeksi azaltmıştır. Kesimden 21 ve 35 gün önce keten tohumu yağı takviyesi yapılan bildırcınların göğüs etindeki malondialdehit içeriği artmıştır, ancak uzun süreli besleme etin pH'ını etkilememiş, su tutma kapa-

sitesini azaltmıştır. Sonuç olarak, büyüme döneminin son haftasında keten tohumu yağı takviyesi, bıldırcın etinin yağ asidi profilini iyileştirmiş ve yem dönüşüm oranını olumlu yönde etkilemiştir, bu durum et kalite özelliklerinde minimum bozulma ile birlikte gerçekleşmiştir (Mirshekar vd. 2021).

2-Bağışıklık Sistemi ve Sağlık ile ilgili Araştırmalar

Aromatik bitkilerin bıldırcın bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri, özellikle antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin incelendiği çalışmalar ve bıldırcınlarda bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesi ve hastalıklara karşı direncin artırılması amacıyla bu bitkilerin kullanımıyla alakalı çalışmalar bu başlık altında özetlenmiştir. Bunun yanında diğer hayvanlar ile yapılan çalışmalar da irdelenmiştir.

Bıldırcınlarda nar kabuğu ekstraktı ile prebiyotiğin birlikte kullanılmasının besi performansı ve bazı kan parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmanın sonucunda bıldırcın rasyonlarına ilave edilen 17,5 mg/kg dozunda nar kabuğu ekstraktının; performans parametreleri, et kalitesi, kan serumunun toplam antioksidan kapasitesi ve karaciğer-bağırsak histomorfolojisini olumlu yönde etkilemektedir (Kubad ve Biricik, 2023).

Durna Aydın, (2020); damızlık bıldırcınların içme sularına Mintofarm (karışık bitki ekstraktı yağı; nane, ardıç, biberiye ve kekik yağı) ilave ettiği çalışmasında kan antioksidan parametrelerini anlamlı düzeyde etkilediğini ayrıca, oksidatif strese karşı da koruyucu etki gösterdiğini saptamıştır.

Başka bir çalışmada ise (Habibi vd. 2022), japon bıldırcınlarının rasyonuna çörek otu (*Trachyspermum copticum*) (TC), mercanköşk (*Majorana hortensis* Minch) (MH), dağ çayı (*Stachys lavandulifolia* Vahl) (SL) ve zencefil (*Zingiber officinale*) (ZO) bitkisel tozlarının eklenmesinin etkileri incelenmiştir. 675 bıldırcın, her biri üç tekrar içeren dokuz gruba ayrılmış ve kontrol grubu ve her bitki tozunun iki seviyesinden biriyle (%0,5 ve %2) takviye edilen rasyon ile beslenmiştir. Sonuçlar şu şekildedir:

- **TC %2:** Haugh biriminde (yumurta kalitesi ölçüsü) anlamlı bir artış sağlanmıştır.

- **Kabuk Ağırlığı ve Kalınlığı:** Tedavi gruplarında kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde artmıştır.

- **MH ve SL:** Tiyobarbiturik asit ve yumurta sarısı kolesterol düzeylerinde belirgin azalma gözlemlenmiştir.

• **Antikor Titreleeri:** TC %2, ZO %2 ve SL %2 rasyonları kuş gribine karşı antikor seviyelerini artırmıştır.

• **MH %2:** Newcastle hastalığına karşı antikor seviyelerini önemli ölçüde artırmıştır.

Bu sonuçlar, bu dört bitkisel tozunun Japon bildircinlarının yumurta kalitesi ve biyokimyasal faktörleri üzerinde olumlu etkileri olabileceğini ve bağırsıklık tepkilerini iyileştirebileceğini göstermiştir (Habibi vd. 2022).

Etlik piliç rasyonuna sarımsak (*Allium sativum* L.) takviyesinin piliçlerin besi performansına etkilerinin incelendiği (Puvača vd. 2015) çalışmada sarımsak içerisindeki aktif bileşiklerin (Allisin, alil metil tiyosülfonat, 1-propenil alil tiyosülfonat ve γ -L-glutamil-S-alkil-L-sistein) tavuklarda yem tüketimini, yemden yararlanmayı, vücut ağırlığını, kan lipit profillerini ve kolesterol seviyelerini etkilediği düşünülmüştür. Bu biyoaktif bileşiklere verilen biyolojik tepkiler, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser için risk faktörlerinde azalma, bağırsıklık fonksiyonunun uyarılması, yabancı bileşiklerin detoksifikasyonunun artması, hepatoproteksiyon, antimikrobiyal, antifungal, antiinflamatuvar ve antioksidan etkilere bağlanmıştır.

Acı kırmızı biberin (*Capsicum annum* L.) etlik piliçlerin rasyonuna eklenmesi ile, yem alımının uyarılması, antimikrobiyal, antioksidatif ve koksidiostat uyarımı, canlı ağırlık kazanımının artırılması, ölüm oranının düşürülmesi ve kan ile doku lipid profilinin iyileştirilmesi sağlanmıştır (Puvača vd. 2015).

Başka bir çalışmada ise; Japon bildircinlarında kenevir tohumunun (KT) performans, yumurta özellikleri, serum lipid profili ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada 120 adet sekiz haftalık bildircin, dört deney grubuna ayrılarak, farklı oranlarda KT içeren rasyonlarla beslenmiştir. Bulgular, kenevir tohumu içeren rasyonların bildircinların vücut ağırlığı, yem tüketimi ve yem dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Ancak, %10 keten tohumu (KT) içeren rasyonun yumurta ağırlığını ve özgül ağırlığını artırdığı tespit edilmiştir. Serum lipid profili açısından, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) konsantrasyonu, KT takviyeli gruplarda kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, antioksidan parametrelerden glutatyon peroksidaz (GSH-Px) konsantrasyonu, yüksek KT içeriği ile artış göstermiştir. Diyetteki KT miktarının artmasıyla birlikte yumurtalardaki omega-3 yağ asidi içeriğinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, kenevir tohumunun yumurtacı bildircinlar için doğal bir antioksidan olarak potansiyel bir yem katkısı olabileceğini göstermektedir (Konca vd. 2014).

Kurutulmuş bocaiuva posası, bocaiuva meyvesinin (*Acrocomia aculeata*) işlenmesi sonucu elde edilen yan üründür. Bocaiuva, Güney Amerika'da yetişen bir palmiye türüdür ve meyvesi genellikle yenilebilir. Posası ise meyvenin işlendikten sonra kalan kısmıdır. Bu posa, kurutularak hayvan yemi olarak kullanılabilir. İçeriğinde çeşitli besin maddeleri bulunur ve bu nedenle hayvanların beslenmesinde takviye edici bir bileşen olarak kullanılabilir. Aynı zamanda antioksidan özellikler gösterdiği de araştırmalarda belirtilmiştir. Kurutulmuş bocaiuva posası (KBP) içeren yem takviyesinin, yumurtacı bıldırcınların verim performansı, yumurta kalitesi ve lipid oksidasyonu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Toplam 120 bıldırcın, altı farklı uygulama grubuna (%0, %0,1, %0,2, %0,3, %0,4 ve %0,5 KBP) dağıtılmıştır. Yem tüketimi, tavuk-gün yumurta üretimi ve yem dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etkisi gözlenmezken ($p > 0,05$), özgül ağırlık üzerinde negatif doğrusal bir etki ($p < 0,05$) ve %0,5 KBP ile beslenen grupta yumurta kabuğu kalınlığında azalma ($p < 0,05$) tespit edilmiştir. KBP takviyeli yemler, yumurta sarısındaki lipid oksidasyonunu tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizine göre doğrusal olarak azaltmış ($p < 0,05$), ancak genel performans ve yumurta kalitesi üzerinde yararlı bir etki göstermemiştir. Sonuçlar, KBP'nin antioksidan etkiler sağlayabileceğini ancak performans ve kalite parametreleri üzerinde sınırlı fayda sağladığını göstermektedir (Nunes vd. 2019).

Japon bıldırcınlarının rasyonuna yağsız chia tohumu kekinden elde edilen polifenoller takviye edilerek bıldırcın performansı ve oksidatif durumu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kontrol (BASAL), düşük doz chia polifenoller (LDLCP), ve yüksek doz chia polifenoller (HDCLP) olmak üzere 36 dişi bıldırcın 3 gruba ayrılmıştır. Gruplar, 34 °C'lik sıcaklık stresine (SS) veya 24 °C'lik normal koşul stresine (NKS) maruz bırakılmıştır. Sonuçlar, sıcaklık stresinin bıldırcınlarda vücut sıcaklığını ve soluk soluğa geçirilen zamanı artırdığını, yumurtlama oranını ise azalttığını göstermiştir. Sıcaklık stresi ayrıca lipid peroksidasyonunu artırmış ve yumurta sarısında doymuş yağ asitlerini yükseltmiştir. Chia polifenoller ile takviye, lipid peroksidasyonunu azaltmış ve glutatyon peroksidaz aktivitesini düzenlemiştir. HDCLP ile takviye edilen bıldırcınlar, karaciğer ve yumurta sarısında en yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitleri göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, yağsız chia tohumu kekinden elde edilen polifenoller, sıcaklık stresinin etkilerini hafifletmek ve yumurta kalitesini iyileştirmek için sürdürülebilir bir strateji olabileceği ifade edilmiştir (Lucini Mas vd. 2023).

Bıldırcın rasyonuna kırmızı biber yağı (KBY) takviyesi yapılan bir çalışmada büyüyen bıldırcınların büyüme performansı, karkas ölçümleri, antioksidan durumu ve bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. 240 bıldırcın beş gruba ayrılmış ve farklı dozlarda KBY içeren yemlerle beslenmiştir (0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 g/kg yem). 5 haftalık denemenin sonunda, 0,8 g KBY/kg yemle beslenen bıldırcınlarda canlı vücut ağırlığında %12,14, canlı ağırlık artışında %14,4 ve yem dönüşüm oranında %15 iyileşme gözlemlenmiştir. 0,8 g KBY /kg yemle desteklenen bıldırcınlarda antioksidan enzim aktiviteleri ve plazma lipid profili iyileşmiştir. KBY içeren yemler bağırsak patojenlerinin (*Salmonella* spp., koliform ve *Escherichia coli*) azalmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, 0,8 g/kg KBY yem ile beslenen bıldırcınların karaciğer enzim aktiviteleri düşmüş ve plazma globulin düzeyleri azalmıştır. Sonuç olarak, KBY'nun (0,8 g/kg) yem takviyesi, Japon bıldırcınlarının performansını artırabileceği, antioksidan indekslerini iyileştirebileceği ve bağırsak patojenlerini azaltarak sağlık durumunu iyileştirebileceği önerilmiştir (Reda vd. 2020).

Ticari bir asitlendiricinin yemlere eklenmesinin yumurtacı Japon bıldırcınlarında yumurta üretimi ve ince bağırsak histolojisi üzerine etkisinin araştırılması amaçlandığı çalışmanın sonunda, yumurtacı bıldırcınlarda kg yeme 1 ve 2,6 g asitlendirici ilavesinin yumurta üretimi ve kalitesi, gastrointestinal sistem pH'ı ve ince bağırsak histolojisi üzerinde yararlı etkilere sahip olduğu bulunmuştur (Aliverdi-Nasab vd. 2023).

3-Yumurta Verimliliği ve Kalitesi ile İlgili Araştırmalar

Yumurtacı bıldırcınların rasyonuna eklenen tıbbi aromatik bitkiler ve bazı fitojenik maddelerin yumurta verimliliği ve kalitesi ile ilgili çalışmalar bu başlık altında yer almaktadır.

Tahan ve Bayram (2012), 5 farklı gruba ayırdıkları yumurtlayan bıldırcın rasyonlarına farklı oranlarda çörek otu (ÇO) (*nigella sativa*) ve kuru maydanoz (KM) (*petroselinum crispum*) ilavesinin (%1 ÇO; %1 KM; %1,5 ÇO; %1,5 KM; %0,5 ÇO+%0,5 KM; %0,75 ÇO+%0,75 KM) yumurta verimi, yumurta kalitesi ve kuluçka randımanı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada her iki yem katkısının birlikte kullanımının canlı ağırlık artışı, yumurta verimi ve kuluçka randımanı üzerinde sinerjik bir etkiye sahip olduğunu saptamışlardır.

Yumurtacı bıldırcınların standart rasyonlarına 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 g/kg porta-

kal kabuğu tozu ilavesinin performans, yumurta dış ve iç kalitesi ile yumurta antioksidan aktivitesi üzerine etkisi araştırılmış ve çalışmanın sonunda bıldırcınlarda performans ve yumurta kalitesi etkilenmemiş ancak yumurta sarısının antioksidan aktivitesinde artış gözlenmiştir. Bu nedenle rasyona portakal kabuğu tozu eklenebileceği önerilmiştir (Yıldız vd. 2023).

Özbilgin vd. (2021); bıldırcın karma yemlerine %0, %0,1 ve %0,2 oranında hesperidin (ticari ürün olup moleküler formülü C 28 H 34 O 15, CAS no.: 520-26-13) ilave edilmesiyle hesperidinin yumurtanın iç ve dış kalite parametreleri, yumurta sarısındaki yağ asidi ve besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda farklı oranda eklenen hesperidinin yumurtanın yağ asidi kompozisyonu ile iç ve dış kalite parametreleri üzerinde genel olarak olumlu etki gösterdiği ve yem katkı maddesi olarak kullanımının uygun olacağını bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada, 5 haftalık 100 dişi bıldırcın üzerinde lavanta esansiyel yağının performans, yumurta kalitesi, taze ve depolanmış (28 gün + 4°C'de) yumurtalardaki malondialdehit (MDA) konsantrasyonu ile yağ asitleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. 10 günlük alışma sürecinin ardından, 35 gün boyunca dört gruba ayrılan bıldırcınlara farklı dozlarda lavanta esansiyel yağı içeren yemler verilmiştir: (0, 125, 250, 500 gram lavanta esansiyel yağı/kg yem). Bu gruplar sırasıyla; Kontrol, Lav125, Lav250, Lav500 olarak adlandırılmıştır. Sonuçlara göre, Lav500 grubunda yem tüketimi, yumurta ağırlığı, yumurta verimi, yumurta akı yüksekliği ve Haugh Birimi (HB) en yüksek düzeyde bulunmuştur. Lavanta gruplarında, taze yumurtalarda MDA konsantrasyonu düşerken, Omega-3 yağ asitleri artmıştır ($p<0,05$). Omega-9 yağ asidi konsantrasyonu ise azalmıştır. Bu bulgular, lavanta esansiyel yağının diyete eklenmesinin, bıldırcınlarda yumurta kalitesi ve yağ asitleri açısından olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Özbilgin ve Kara, 2023).

Biberiye ve kekik uçucu yağ karışımının bıldırcın (Coturnix coturnix Pharaoh) rasyonuna ilavesi ile yumurtlama performansı, yumurta özellikleri ve yumurta malondialdehit (MDA) konsantrasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda gruplar (1. grup: 0 mg uçucu yağ/kg yem içeren kontrol grubu; 2. grup: 200 mg/kg biberiye uçucu yağı; 3. grup: 200 mg/kg kekik uçucu yağı; 4. grup: 40 mg/kg biberiye uçucu yağı+160 mg/kg kekik uçucu yağı (oran 20:80) ve 5. grup: 160 mg/kg biberiye uçucu yağı+40 mg/kg kekik uçucu yağı (oran 80:20)) arasında vücut ve yumurta ağırlığı, yumurta kütlesi, yumurta şekil indeksi, Haugh birimi, yumurta kabuğu kalınlığı veya yumurta kabuğu kırılma mukavemeti açısından önemli bir fark

görülmemiştir. Ayrıca biberiye uçucu yağı içeren rasyonlar (grup 2, 4 ve 5) yumurta verimini önemli ölçüde artırmıştır. Uçucu yağ karışımı içeren gruplar (grup 4 ve 5) yem tüketimini önemli ölçüde artırmıştır. 200 mg/kg biberiye uçucu yağının eklenmesi (grup 2) de yem verimliliğini iyileştirmiştir. Biberiye uçucu yağı içeren rasyon verilen gruplarda yumurta akı ve yumurta sarısı indeksi değerleri önemli artışlar göstermiştir. Biberiye ve kekik uçucu yağının eklenmesiyle yumurta sarısı rengi koyulaşmıştır. Uygulama grubunda yumurta sarısı MDA konsantrasyonu kontrol grubuna göre düşmüştür. Biberiye ve kekik uçucu yağının tek başına veya kombinasyon halinde bildircin yemlerinde ölçülen parametreler üzerinde olumsuz bir etki yaratmadan kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bildircin yemlerine biberiye ve kekik uçucu yağlarının eklenmesi yumurtanın antioksidan durumunu da artırmıştır (Yesilbag vd. 2013).

Japon bildircinlerinde (*Coturnix coturnix Japonica*) rasyona kenevir tohumu ilavesinin (0, %5, %10, %20 oranında) et kalite özelliklerine ve yumurta yağ asidi içeriğine olan etkilerini araştırmak için iki farklı deneme kurulmuştur. 5 hafta süren ilk deneme besi için, 6 hafta süren ikinci deneme ise yumurta yağ asidi bileşimini belirlemek için yapılmıştır. İlk deneme sonunda et örnekleri; et rengi, pH, pişirme ve çözülme kaybı ve yağ asidi bileşimi açısından analiz edilmiştir. Göğüs eti pişirme kaybı, but etinin kırmızılığında, linoleik ve linolenik yağ asit içeriklerinde artış görülürken, göğüs etinde palmitoleik ve oleik yağ asitleri azalmıştır. İkinci deney sonunda ise yumurta örneklerinin linoleik ve linolenik yağ asit içerikleri, yem kenevir tohumu oranının artmasıyla doğrusal olarak artmıştır ($p < 0.01$). Kenevir tohumu ilavesi bildircin yumurtalarında daha düşük palmitoleik ve oleik yağ asitleri sağlamıştır. Sonuç olarak, bildircin rasyonlarına kenevir tohumu takviyesi, bildircin eti kızarıklığı ile et ve yumurta sarısı omega-3 yağ asit içeriğini artırırken bildircin etlerinin pişirme kaybını azaltabileceği ifade edilmiştir (Yalcin vd. 2018).

Bildircinlerin rasyonuna ardıç yağı takviyesinin (0, 100, 200, 300 mg ardıç yağı/kg yem) yumurtlama performansı, yumurta özellikleri ve yumurta malondialdehit (MDA) konsantrasyonları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan 60 günlük deneme sonucunda vücut ağırlığı, yumurta ağırlığı, yumurta kütlesi, yumurta şekil indeksi, yumurta sarısı rengi, yumurta üretimi, yem tüketimi veya yem etkinliğinde önemli bir fark görülmemiştir. Fakat yumurta kabuğu kalınlığını ve kırılma mukavemetini iyileştirmiştir. Haugh birimi (200 ve 300 mg/kg) gruplarında artmıştır. Hasarlı yumurta

oranı kontrol grubuna kıyasla (300 mg/kg) önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca ardıç yağı katkısının artan konsantrasyonu (200 ve 300 mg/kg), 20°C'de 15 ve 30 günlük depolamadan sonra yumurta sarısı MDA konsantrasyonunda önemli bir azalmaya neden olmuştur. Sonuç olarak; ardıç yağının rasyona dahil edilmesinin, Haugh birimi, yumurta kabuğu kalınlığı ve kırılma mukavemeti açısından yumurta kalite özelliklerini iyileştirebileceği, dahası; bildircin rasyonlarına ardıç yağı takviyesinin, yumurtaların antioksidan durumunu artırabileceği ve en etkili dozların ise 200 ve 300 mg/kg olduğu belirtilmiştir (Cengiz vd. 2015).

Başka bir çalışmada standart yeme kurutulmuş soğan ve tarçın takviyesinin Japon bildircinlerinin yumurtlama performansı, yumurta kalitesi, serum lipid profili ve bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. 12 haftalık yaşta toplam 120 bildircin, rastgele beş gruba ayrılmıştır: kontrol (bazal rasyon), tilosin (100 mg/kg yem), soğan (800 mg/kg yem), tarçın (800 mg/kg yem) ve soğan + tarçın karışımı (400 mg soğan + 400 mg tarçın/kg yem). Tarçın ilavesi, kontrol grubuna kıyasla yumurtlama oranını, yumurta sayısını, yumurta kütlelerini ve yem dönüşüm oranını iyileştirmiştir. Soğan + tarçın karışımı, yumurta kabuğu yüzdesini artırırken ($P < 0,05$), serum toplam lipid, yumurta sarısı lipidleri ve yumurta sarısı kolesterol düzeylerini düşürmüştür ($P < 0,05$). Trigliserit ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) düzeyleri etkilenmemiştir. Ayrıca, rasyon takviyeleri serum malondialdehit düzeylerini azaltmıştır. Tarçın ve soğan + tarçın karışımı, immünoglobulin M (IgM) seviyelerini kontrol grubuna göre artırmıştır ($P < 0,05$). Sonuç olarak, kurutulmuş soğan ve tarçın takviyesi, yumurtlayan Japon bildircinlerinin performansını, yumurta kalitesini ve bağışıklığını artırmada etkili bulunmuştur (Dosoky vd. 2021).

Kümes hayvanı endüstrisinde giderek artan ilgi gören bir fitojenik katkı maddesi olan timolün bildircinlerde yumurta sarısı ve dışkılardaki etkilerinin incelendiği çalışmada, farklı dozlarda (2, 4 ve 6,25 g timol/kg yem) timol takviyesi yapılmış ve bu takviyenin bildircinlerin yumurta sarısındaki serbest timol konsantrasyonu ve yağ asitleri bileşimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, takviyenin kesilmesinden sonra ortaya çıkan değişikliklerin kalıcılığı da gözlemlenmiştir. Sonuçlar, yumurta sarısı ve dışkılarda timol konsantrasyonunun doza bağlı olarak arttığını ve takviyeden sonra azaldığını göstermiştir. Yumurta sarısındaki doymuş yağ asidi konsantrasyonlarının timol takviyesi ile azaldığı, çoklu doymamış yağ asitlerinin ise bazı dozlarda (2, 4 g timol/kg yem) arttığı tespit edilmiştir. Bu değişiklikler, yumurtaların

besin kalitesinin iyileştiğini göstermektedir. Ayrıca timolün doza ve takviye süresine bağlı olarak yumurta sarısı ve dışkılarıdaki etkilerinin takviyenin kesilmesinden sonra da devam ettiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, karaciğer histopatolojisinde ve bildircinlerin performansında herhangi bir olumsuz etki görülmemiştir. (Fernandez vd. 2019).

Zencefil kökü tozunun (GP) Japon bildircinlerinin performansı, yumurta kalitesi ve kan parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, 10 haftalık dişi bildircinler kullanılarak, zencefil kökü tozu içeren yemlerin etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları, zencefil tozu takviyesinin yumurta üretimi, yumurta kütle ağırlığı ve yumurta ağırlığı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, ancak yem tüketimi ve yem dönüşüm oranının kontrol grubuna göre önemli ölçüde düştüğünü göstermiştir. Ayrıca, zencefil takviyesinin yumurta kalite özellikleri üzerinde bazı olumlu etkileri olduğu, albümin yüksekliği, Haugh birimi ve albümin pH'ını önemli ölçüde artırdığı saptanmıştır. Kan trigliserit düzeylerini düşüren zencefil, toplam antioksidan kapasite ve malondialdehit üzerinde etkili olmamıştır. Sonuç olarak, zencefil kökü tozu Japon bildircinlerinin üretim performansını ve yumurta kalitesini artırabilmekte ancak bu etkilerin uzun vadeli değerlendirilmesi ve ticari kullanıma uygunluğunun araştırılması gerekmektedir (Nemati vd. 2021).

Başka bir çalışmada doğal bir antioksidan olan timolün, bildircin yumurtası sarısındaki çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), trigliseritler (TG), ve fosfolipitler (PL) üzerindeki etkilerini ve bu yağ asitlerinin embriyonik gelişim süresince değişimini incelemiştir. Çalışma kapsamında dişi Japon bildircinlerine bazal rasyon veya timol takviyeli rasyon verilmiş ve yumurtalar 0, 4 ve 16. embriyonik günlerde analiz edilmiştir. Sonuçlar, timol takviyeli rasyonteki yumurtalarda, embriyonik gelişimin başlangıcında (0. gün) yağ asitleri bileşiminde olumlu değişiklikler gözlemlendiğini göstermiştir. Özellikle α -linolenik asit, n-3 PUFA ve dokosaheksaenoik asit gibi sağlıklı yağ asitleri artarken doymuş yağ asitleri (SFA) azalmıştır. Ancak, embriyonik gelişim ilerledikçe (4. gün ve sonrasında), timol ve kontrol grubundaki yumurtaların yağ asidi profilleri benzer hale gelmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, timolün embriyoya gerekli PUFA'ları sağlayarak veya enerji üretimini destekleyerek faydalı olabileceği, ayrıca daha sağlıklı sofralık yumurta üretiminde kullanılabileceği bildirilmiştir (Fernandez vd. 2017).

Sonuç

Bıldırcın beslenmesinde tıbbi aromatik bitkiler ve fitojenik yem katkılarının performansa ve ürün kalitesine etkilerini konu alan bu çalışmada; besleme denemelerinde en yaygın olarak kullanılan tıbbi aromatik bitkiler ve yem katkıları ele alınmıştır. Bunlardan bazıları şunlardır; kekik, lavanta, nane, biberiye, kimyon, çörekotu, sarımsak, mercanköşkü, arıç yağı, portakal ve nar kabuğu, dağ çayı, zencefil, kenevir tohumu, acı kırmızı biber yağı, timol, kurutulmuş soğan ve tarçın ve yağsız chia tohumudur. Bu çalışmada yukarıda belirtilen katkı maddelerinin bıldırcın beslenmesinde kullanımının etkileri ortaya konulmuştur. Sonuçta; bu katkıların bıldırcın beslenmesinde genel olarak antimikrobiyal, antioksidatif, bakteriyostatik ve bakterisit özellik gösterdiği, bıldırcınların performansını artırıcı, yumurta verim ve kalitesini artırıcı, bağışıklığını güçlendirici, sindirim ve besin emilimini kolaylaştırıcı, yemin lezzetini artırıcı ve daha birçok olumlu etkiler gösterdiği saptanmıştır. Bu çalışmanın yeni çalışmaları teşvik etmesi umuduyla kümes hayvanlarının beslenmesinde daha detaylı araştırmaların yapılması ve böylece insan sağlığına yararlı, çevreye duyarlı, kaliteli protein açığının giderilmesinde hayvansal ürünlerin miktar ve kalitesinin artırılacağı yeni araştırmaların yapılmasının faydalı olacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Abdel-Wareth, A.A.A, Lohakare, J.D. (2014). Effect of dietary supplementation of peppermint on performance, egg quality, and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens during the late laying period. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 114-120.
- Aliverdi-Nasab, K., Zhandi, M., Yousefi, A. R., Zahedi, V., & Rafieian-Naeini, H. R. (2023). The effect of acidifier supplementation on egg production performance and intestinal histology of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), 263–271. <https://doi.org/10.1002/vms3.1043>
- Bahnas, M. S.; Ragab, M.S.; Asker, N. E. A. and Emam, R.M.S., (2009). Effects of using parsley or its by-product with or without enzyme supplementation on performance of growing Japanese quails. *Egypt. Poult. Sci.* (29) (1): (241-262).
- Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1-2), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.03.007>



- Cengiz, S. S., Yesilbag, D., Meral, Y., Cetin, I., & Biricik, H. (2015). Juniper oil improves oxidative stability and eggshell and albumin quality of quail eggs. *British Poultry Science*, 56(1), 58–65. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.988123>
- Çağlayan, T., Erdoğan, Ş. (2015). Dağ nanesinin (*Mentha caucasica*) japon bıldırcınlarının (*Coturnix coturnix japonica*) performans, bazı vücut ölçüleri ve canlı ağırlık arasındaki ilişkilerine etkisi. *Eurasian J Vet Sci*, 31(1): 33- 42.
- Çetin, M. (2016). Kümes hayvanlarının beslenmesinde antibiyotiklere alternatif olarak nane (*Mentha piperita* L.) kullanmanın etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3): 239-246.
- Doğan Daş, B., Daş, A., Koyuncu, İ., Bilal, O., vd. (2020). Bıldırcın rasyonlarına nane yağı ekinin besi performansı, et kalitesi, karkas kompozisyonu ve oksidatif stres belirleyicileri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 186-194. <https://doi.org/10.30910/turkjans.680061>
- Dosoky, W. M., Zeweil, H. S., Ahmed, M. H., Zahran, S. M., Shaalan, M. M., Abdelsalam, N. R., Abdel-Moneim, A. E., Taha, A. E., El-Tarabily, K. A., & Abd El-Hack, M. E. (2021). Impacts of onion and cinnamon supplementation as natural additives on the performance, egg quality, and immunity in laying Japanese quail. *Poultry Science*, 100(12), <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101482>
- Durna Aydın, Ö. (2020). Effect of drinking water supplementation of different aromatic plant essential oils on performance and some blood parameters in quail breeders (*Coturnix coturnix japonica*). *Eurasian J Vet Sci*, 2020, 36, 1, 16-21 DOI: 10.15312/EurasianJVetSci.2020.254
- Fernandez, M. E., Marin, R. H., Luna, A., Zunino, M. P., & Labaque, M. C. (2017). Thymol feed supplementation in quail alters the percentages of nutritionally relevant egg yolk fatty acids: effects throughout incubation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5233–5240. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8407>
- Fernandez, M. E., Kembro, J. M., Ballesteros, M. L., Caliva, J. M., Marin, R. H., & Labaque, M. C. (2019). Dynamics of thymol dietary supplementation in quail (*Coturnix japonica*): Linking bioavailability, effects on egg yolk total fatty acids and performance traits. *PLoS One*, 14(5), e0216623. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216623>
- Franz, C., Baser, K. H. C., & Windisch, W. (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding—a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 327-340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
- Habibi, H., Ghahtan, N., & Baghban, N. (2022). Effects of four herbs as a dietary on properties of egg and immune response against Newcastle and avian influenza vaccine in Japanese laying quail. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 38. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02984-w>

- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35(3), 169-180. <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9458-2>
- Jamil M, Aleem MT, Shaukat A, Khan A, Mohsin M, Rehman TU, Abbas RZ, Saleemi MK, Khatoon A, Babar W, Yan R, Li K. (2022). Medicinal plants as an alternative to control poultry parasitic diseases. *Life (basel)*. 2022 Mar 18;12(3):449. doi: 10.3390/life12030449. PMID: 35330200; PMCID: PMC8953102.
- Konca, Y., Yalcin, H., Karabacak, M., Kaliber, M., & Durmuscelebi, F. Z. (2014). Effect of hempseed (*Cannabis sativa L.*) on performance, egg traits and blood biochemical parameters and antioxidant activity in laying Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *British Poultry Science*, 55(6), 785–794. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.978264>
- Kubad, E., Biricik, H., (2023). Bildircinlarda nar kabuğu ekstraktı ile prebiyotiğin birlikte kullanılmasının besi performansı ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri”. *Bursa Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Ana Bilim Dalı Doktora Tezi*. Bursa
- Population Today. (2024). Dünya nüfusu. <http://populationtoday.com/tr>
- Kumar, P., & Patra, A. K. (2017). Beneficial uses of black cumin (*Nigella sativa L.*) seeds as a feed additive in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 872–885. doi:10.1017/S0043933917000848
- Lucini Mas, A., Bonansea, R. I., Fernandez, M. E., Kembro, J. M., Labaque, M. C., Wunderlin, D. A., & Baroni, M. V. (2023). Dietary supplementation with chia polyphenols alleviates oxidative stress and improves egg nutritional quality in Japanese quails under heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 111, 103421. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103421>
- Mirshekar, R., Dastar, B., & Shams Shargh, M. (2021). Supplementing flaxseed oil for long periods improved carcass quality and breast fatty acid profile in Japanese quail. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 15(2), 100104. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100104>
- Nemati, Z., Moradi, Z., Alirezalu, K., Besharati, M., & Raposo, A. (2021). Impact of ginger root powder dietary supplement on productive performance, egg quality, antioxidant status and blood parameters in laying japanese quails. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2995. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062995>
- Nunes, K. C., Eyng, C., Pintro, P. T. M., Garcia, R. G., Murakami, A. E., Vital, A. C. P., Nunes, R. V., & Nesello, P. O. (2019). Dietary inclusion of dehydrated bocaiuva pulp increases the antioxidant potential of quail eggs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(1), 64–71. <https://doi.org/10.1111/jpn.13003>
- Özbilgin, A., Kara, K., Gümüş, R., & Tekçe, E. (2021). Fatty acid compositions and



- quality of egg and performance in laying quails fed diet with hesperidin. *Tropical Animal Health and Production*, 53(6), 518. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02938-2>
- Özbilgin, A., & Kara, K. (2023). Effect of adding lavender oil to laying quail diets on performance, egg quality, oxidative status, and fatty acid profile. *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), 173. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03596-2>
- Özyiğit, Y. (2022) New developments on medicinal and aromatic plants-II 71-88. İksad Yayınevi, 2022. ISBN: 978-625-8213-33-1. Ankara
- Puvača, N., Ljubojević, D., Kostadinović, LJ. (2015). Spices and herbs in broilers nutrition: Effects of garlic (*Allium sativum* L.) on broiler chicken production. *World's Poultry Science Journal*, 71(3), 533–538. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002214>
- Reda, F. M., Alagawany, M., Mahmoud, H. K., Mahgoub, S. A., & Elnesr, S. S. (2020). Use of red pepper oil in quail diets and its effect on performance, carcass measurements, intestinal microbiota, antioxidant indices, immunity and blood constituents. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 14(5), 1025–1033. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002891>
- Ragab, M. S., Bahnas, M. S., Asker, N. E., & Emam, R. M. S. (2007). Effects of substituting yellow corn by by-products of some medicinal and aromatic plants with or without enzyme supplementation on growing Japanese quail performance. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development*. 21(2):165-187.
- Shim, K. F., & Vohra, P. (1984). A review of the nutrition of Japanese quail. *World's Poultry Science Journal*, 40(3), 261–274. doi:10.1079/WPS19840022
- Tahan, M., & Bayram, I., (2012). Effect of utilization of black cumin (*Nigella sativa*) and parsley (*Petroselinum crispum*) in laying quail diets on egg yield, egg quality and hatchability. *Archiva Zootechnica* 15:2, 23-28, 2012.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEBGE), (2022). Link: [https://arastirma.tarim.gov.tr/tepge? Bildircin-Ocak 2022 tarım ürünleri piyasa raporu](https://arastirma.tarim.gov.tr/tepge?Bildircin-Ocak%202022%20tarim%20urunleri%20piyasa%20raporu).
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2022). Erişim tarihi: 10.01.2022. <https://www.tuik.gov.tr/>
- Yalcin, H., Konca, Y., & Durmuscelebi, F. (2018). Effect of dietary supplementation of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) on meat quality and egg fatty acid composition of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), 131–141. <https://doi.org/10.1111/jpn.12670>
- Yesilbag, D., Gezen, S. S., Biricik, H., & Meral, Y. (2013). Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. *British Poultry Science*, 54(2), 231–237. <https://doi.org/10.108>

0/00071668.2013.778389

- Yıldız, A., Kılınç, G., Olgun, O., & Gül, E.T. (2023). Yumurtacı bildircinlerde rasyona portakal kabuğu tozu eklenmesinin performans, yumurta kalitesi ve yumurta sarısı antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *Türk Tarım- Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 11 (1), 151–155. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i1.151-155.5808>
- Wang J, Deng L, Chen M, Che Y, Li L, Zhu L, Chen G, Feng T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Anim Nutr.* 2024 Mar 22; 17:244-264. doi: 10.1016/j.aninu.2024.01.012. PMID: 38800730; PMCID: PMC11127233.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(E. Suppl.), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>

Yazar Katkıları

Makale tek bir yazar tarafından ele alınmıştır. Doğrudan başka bir yazar tarafından katkı sağlanmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar) tarafından çıkar çatışmasının olmadığı rapor edilmiştir.

Fonlama

Herhangi bir fon desteği alınmamıştır.

Etik Bildirim

Bu çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.

Ara Sınır Şartı Altında İki Boyutlu Hücresel Dönüşümler

Two Dimensional Cellular Automata Under Intermediate Boundary Condition

Ferhat ŞAH'

1) Adıyaman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü,
Adıyaman/TÜRKİYE

ORCID: 0000-0003-4847-9180, fsah@adiyaman.edu.tr
Mathematics Subject Classification: 37B15; 67Q80

Geliş Tarihi 05/08/2024 – Kabul Tarihi 14/08/2024

DOI: 10.55205/joctensa.2220231527972

ATIF: Şah, F. (2024). Ara Sınır Şartı Altında İki Boyutlu Hücresel Dönüşümler. *Cihannüma Teknoloji, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 62-73.

Öz

İki boyutlu hücresel dönüşümler, hücreler ve kurallar içeren sistemlerdir. Her hücre, belirli bir durumda (örneğin, "1" veya "0" gibi) bulunur ve zaman içinde bu durum, komşu hücrelerin durumlarına bağlı olarak değişir. Bu dönüşümler, basit başlangıç kurallarından karmaşık ve dinamik desenler üretebilir. İki boyutlu hücresel dönüşümlerde lokal kural yardımıyla temsili matrisler elde edilir. Bu matrisler bulunurken çeşitli sınır şartlarından faydalanılır. Bu çalışmada şimdiye kadar çok az çalışılan ara sınır şartı kullanılacaktır. Ara sınır şartı altında çeşitli örnekler yapılacak. En sonunda genelleme yapılacak ve temsili matrisin en genel hali sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: İki Boyutlu Hücresel Dönüşümler, Terslenebilirlik, Temsili Matris.

Abstract

Two-dimensional cellular automata are systems that involve cells and rules. Each cell is in a certain state (e.g., "1" or "0") and this state changes over time based on the states of neighboring cells. These transformations can produce complex and dynamic patterns from simple initial rules. In two-dimensional cellular automata, representative matrices are obtained using local rules. Various boundary conditions are utilized in determining these matrices. In this study, an intermediate boundary condition, which has been rarely studied so far, will

be used. Various examples will be made under the intermediate boundary condition. Finally, generalization will be made and the most general form of the representative matrix will be presented.

Keywords: Two Dimensional Cellular Automata, Reversibility, Representative Matrice

GİRİŞ

Hücresel dönüşümler (CA), davranışları tamamen belirlenmiş yerel kurallarla tanımlanan özel ayrık dinamik sistemlerdir. Bu sistemler, CA'nın çeşitli yönlerine ve türlerine odaklanarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. 1950'lerde von Neumann ve Ulam tarafından yapılan ilk araştırmalar ve Hedlund'un teorik keşifleri, CA araştırmalarının temelini atmıştır (von Neumann ve Ulam, 1966; Hedlund, 1969). Bir boyutlu (1D) CA'lar matematiksel olarak derinlemesine incelenmiş ve çok sayıda uygulama sergilenmiştir. Ancak, iki boyutlu hücresel dönüşümlere (2D CA) olan ilgi daha azdır.

Von Neumann, CA'nın birçok zarif özelliği nedeniyle son derece evrensel olabileceğini öne sürdü ancak kurallarının karmaşıklığı, o dönemde bilgisayar programlama dillerine uygulanmasını engelledi. 1980'lerde, S. Wolfram basit 1D uniform CA kurallarının özelliklerini araştırmaya başladı ve basit kuralların bile karmaşık ve kaotik davranışlar sergileyebileceğini keşfetti (Wolfram, 1983).

Matris lineer cebiri kullanarak, Z_2 cismi üzerinde, 2D lineer en yakın komşu uniform CA'nın null veya periyodik sınır koşullarıyla davranışlarını tanımlayan birleşik matematiksel CA modelleri literatürde başarılı bir şekilde çalışılmıştır (Choudry vd., 2005; Dihidar ve Choudry, 2004).

Son yıllarda uniform lineer hücresel dönüşümlere (CA) büyük ilgi gösterilmiştir (Akın vd., 2010; Siap vd., 2011, Sah, 2022). Yapısı ve zarif özellikleri sayesinde, CA birçok bilimsel hesaplama problemini modelleme, benzer model davranışlarını anlama ve bazen de doğalarını kolayca açıklama fırsatı sunar. Z_2 'deki durum değerlerine sahip hibrit ve uniform 2D CA'nın matematiksel analitik davranışları araştırılmıştır. (Choudry vd., 1999; Dihidar ve Choudry, 2004).

Araştırmacılar temel olarak uniform 1D ve 2D hücresel dönüşümlerin çeşitli sınır şartları altında karakterizasyonunu araştırmaktadır. Bu makalede, ara sınır şartı koşullara sahip özel bir 2D sonlu lineer hücresel dönüşüm ailesine odaklanıyoruz. Başka bir deyişle, belirli sabit koşullara sahip iki durumlu bir CA problemi incelenmiştir. CA'nın doğası gereği, bazı önemli matematiksel çalışmalara izin vermek ve dinamik sistemlerde kaosun çok karmaşık ve komp-

leks davranışlarını elde etmek oldukça basittir. Lineer CA'nın birçok farklı türde uygulamaya sahip olabileceğine inanılmaktadır. Çalışmada kural matrislerini kullanarak, sunulan sonuçlar bu 2D CA'nın cebirsel sonuçlarına dair daha fazla bilgi verir ve yazarların literatürde bulduğu bazı zarif uygulamalarla ilişkilidir (Choudry vd., 2005; Akın vd., 2010; Chou ve Reggia., 1997).

Bu çalışmada iki boyutlu hücresel dönüşümlerin temsili matrisi ara sınır şartı altında elde edeceğiz. Bu sınır şartı iki boyutlu hücresel dönüşümlerde çok az kullanılmıştır. Çalışma bu yönüyle diğer çalışmalardan farklıdır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, özel yerel kural kullanarak, asal bir sayı olan p ile sonlu alan F_p üzerinde 2D hücresel dönüşüm (CA) ailelerini tanıtıyoruz. İlk olarak, sonlu lineer hücresel dönüşümlerin tanımını hatırlayalım. 2D lineer hücre otomatu (LCA), $m \times n$ hücrelerden oluşur ve bu hücreler m satır ve n sütun halinde düzenlenir. Bu hücreler, sonlu alandan $0, 1, \dots, p-1$ değerlerinden birini alabilir ve $m \times n$ tipinde matris olarak düşünülebilir. Bir duruma sahip bir hücre kümesine konfigürasyon veya bilgi matrisi denir. Bir CA konfigürasyonu, tüm hücrelere durum ataması yapmaktadır. Her bir (lineer) CA konfigürasyonu, p modülü kullanarak, $t+1$ anındaki bir hücrenin durumu, t anındaki komşularının bazı durumlarına bağlı olacak şekilde yerel bir (lineer) geçiş kuralı aracılığıyla bir sonraki konfigürasyonu belirler. 2D CA'nın en yakın komşuları için, merkezde belirli bir hücre olan 3×3 matris halinde dokuz hücre düzenlenir ve klasik türde komşuluklar vardır, ancak bu çalışmada sadece bazı özel bitişik komşularla kendimizi sınırlandırıyoruz. Bu nedenle, (i, j) hücrenin $t+1$ anındaki durumunu şu şekilde tanımlarız:

$$\begin{aligned} x_{(i,j)}^{(t+1)} &= f \left(\begin{array}{cccccc} x_{(i,j)}^{(t)}, x_{(i+1,j)}^{(t)}, x_{(i+1,j-1)}^{(t)}, x_{(i,j-1)}^{(t)}, x_{(i-1,j-1)}^{(t)}, \\ x_{(i-1,j)}^{(t)}, x_{(i-1,j+1)}^{(t)}, x_{(i,j+1)}^{(t)}, x_{(i+1,j+1)}^{(t)} \end{array} \right) \\ &= a_0 x_{(i,j)}^{(t)} + a_1 x_{(i+1,j)}^{(t)} + a_2 x_{(i+1,j-1)}^{(t)} + a_3 x_{(i,j-1)}^{(t)} + a_4 x_{(i-1,j-1)}^{(t)} \\ &\quad + a_5 x_{(i-1,j)}^{(t)} + a_6 x_{(i-1,j+1)}^{(t)} + a_7 x_{(i,j+1)}^{(t)} + a_8 x_{(i+1,j+1)}^{(t)} \quad \text{mod } p \end{aligned}$$

Burada $a_0, a_1, a_2, \dots, a_8 \in F_p$.

Bir hücrenin bir sonraki durumunun değeri tüm dokuz komşuya bağlı olmayabilir. Yerel bir ilişkiyi kısıtlayarak, hücrelerin kenarındaki kuralların hassas bir yorumlanması gerekmektedir. Kenardaki hücrelerin komşuluk so-

rununu gözlemlemek mümkündür. Kenar hücrelerinin en uç noktalarında komşu bulunmamaktadır. Bu durumu çözmek için bazı iyi bilinen yaklaşımlar vardır. Burada, bunlardan biri olan ara sınır koşulunun tanımını verelim.

Ara sınır koşulunda, sol (sağ) sınırdaki hücrenin değeri, bir sonraki (önceki) hücredeki değeriyle aynı olacaktır. Yani, sol (sağ) sınırdaki bir hücrenin değeri, onun hemen yanındaki (bir önceki) hücrenin değerine eşit olacaktır. Bu şekilde, kenar hücrelerinin değerleri, sınırların hemen ötesindeki hücrelerin değerleriyle uyumlu hale getirilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde lokal kural yardımıyla ara sınır şartı altında elde edeceğimiz temsili matris incelenip, genelleme yapılacaktır. Şimdi lokal kuralı aşağıda verelim.

$$f(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{31}, x_{32}, x_{33}) = ax_{12} + bx_{21} + cx_{32} + dx_{23}$$

x_{11}	$a. x_{12}$	x_{13}
$b. x_{21}$	x_{22}	$d. x_{23}$
x_{31}	$c. x_{32}$	x_{33}

Tablo1. Lokal Kural

Lokal kural yardımıyla temsili matrisinin en genel halini bulmak için m ve n durumlarının bazı özel durumlarını inceleyelim:

Örnek 1. $m=3$ ve $n=3$ alarak lokal kurala karşılık gelen, T temsili matrisini bulalım. Bunun için ilk önce ara sınır şartı altında 3×3 tipinde hücrelerden oluşmuş 2D CA'nın konfigürasyonu yazılsın. Daha sonra bu hücrelere lokal kuralı uygulayalım.

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{21}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}



x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{21}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}

Eğer lokal kuralı uygularsak, T dönüşümü altında aşağıdaki gibi yeni bir konfigürasyon elde ederiz.

$$\begin{aligned}
 & ax_{31} + bx_{13} + cx_{21} + dx_{12} \\
 & ax_{32} + bx_{11} + cx_{22} + dx_{13} \\
 & ax_{33} + bx_{12} + cx_{23} + dx_{11}
 \end{aligned}$$

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{21}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}

$$\begin{aligned}
 & ax_{11} + bx_{23} + cx_{31} + dx_{22} \\
 & ax_{12} + bx_{21} + cx_{32} + dx_{23} \\
 & ax_{13} + bx_{22} + cx_{33} + dx_{21}
 \end{aligned}$$

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{21}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{31}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{11}

$$\begin{aligned}
 & ax_{21} + bx_{33} + cx_{11} + dx_{32} \\
 & ax_{22} + bx_{31} + cx_{12} + dx_{33} \\
 & ax_{23} + bx_{32} + cx_{13} + dx_{31}
 \end{aligned}$$

Lokal kuralımızı bütün hücelere uygulayarak, T matrisimizi oluşturacağız. Bunun için doğal tabanlarımızdan faydalanacağız.

$$T \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ b \\ d \\ a \\ 0 \\ 0 \\ c \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d \\ 0 \\ b \\ a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ c \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b \\ d \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ a \\ 0 \\ 0 \\ c \end{pmatrix},$$

$$T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ 0 \\ 0 \\ b \\ d \\ a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ c \\ 0 \\ d \\ 0 \\ b \\ a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c \\ b \\ d \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ a \end{pmatrix},$$



$$T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ c \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ b \\ d \\ 0 \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ a \\ 0 \\ c \\ 0 \\ d \\ 0 \\ 0 \\ b \end{pmatrix}, \quad T \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ c \\ b \\ d \end{pmatrix}.$$

Böylece 9. mertebeden kural matrisimiz aşağıdaki gibidir:

$$T = \begin{pmatrix} 0 & d & b & c & 0 & 0 & a & 0 & 0 \\ b & 0 & d & 0 & c & 0 & 0 & a & 0 \\ d & b & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & a \\ a & 0 & 0 & 0 & d & b & c & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & b & 0 & d & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & a & d & b & 0 & 0 & 0 & c \\ c & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & d & b \\ 0 & c & 0 & 0 & a & 0 & b & 0 & d \\ 0 & 0 & c & 0 & 0 & a & d & b & 0 \end{pmatrix}_{9 \times 9}$$

$$= \begin{pmatrix} S_3(b, d) & cI_3 & aI_3 \\ aI_3 & S_3(b, d) & cI_3 \\ cI_3 & aI_3 & S_3(b, d) \end{pmatrix}_{9 \times 9}$$

Burada, $S_3(b, d) = \begin{pmatrix} 0 & d & b \\ b & 0 & d \\ d & b & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$ alt matristir. cI_3, aI_3 alt birim matrislerdir.

Örnek 2. $m=4$ ve $m=4$ olarak lokal kurala karşılık gelen, 16. mertebeden T temsili matrisini bulalım. Bunun için ilk önce arasınır şartı altında 4×4 ti-pinde hücrelerden oluşmuş 2D CA'nın konfigürasyonu yazılsın. Daha sonra bu hücrelere lokal kuralı uygulayalım.

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{12}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{43}	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{42}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}

Eğer lokal kuralı uygularsak, T dönüşümü altında aşağıdaki gibi yeni bir konfigürasyon elde ederiz.

$$\begin{aligned}
 & ax_{31} + bx_{13} + cx_{21} + dx_{12} \\
 & ax_{32} + bx_{11} + cx_{22} + dx_{13} \\
 & ax_{33} + bx_{12} + cx_{23} + dx_{14} \\
 & ax_{34} + bx_{13} + cx_{24} + dx_{12}
 \end{aligned}$$

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{12}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{43}	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{42}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}

$$\begin{aligned}
 & ax_{11} + bx_{23} + cx_{31} + dx_{22} \\
 & ax_{12} + bx_{21} + cx_{32} + dx_{23} \\
 & ax_{13} + bx_{22} + cx_{33} + dx_{24} \\
 & ax_{14} + bx_{23} + cx_{34} + dx_{22}
 \end{aligned}$$



x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{12}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{43}	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{42}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}

$$\begin{aligned}
 &ax_{21} + bx_{33} + cx_{41} + dx_{32} \\
 &ax_{22} + bx_{31} + cx_{42} + dx_{33} \\
 &ax_{23} + bx_{32} + cx_{43} + dx_{34} \\
 &ax_{24} + bx_{33} + cx_{44} + dx_{32}
 \end{aligned}$$

x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{13}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{12}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}
x_{33}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{32}
x_{43}	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{42}
x_{23}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{22}

$$\begin{aligned}
 &ax_{31} + bx_{43} + cx_{21} + dx_{42} \\
 &ax_{32} + bx_{41} + cx_{22} + dx_{43} \\
 &ax_{33} + bx_{42} + cx_{23} + dx_{44} \\
 &ax_{34} + bx_{43} + cx_{24} + dx_{42}
 \end{aligned}$$

Böylece 16. mertebeden T kural matrisimiz aşağıdaki gibidir:

$$T = \begin{pmatrix} 0 & d & b & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b & 0 & d & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & d & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & d & b & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 \\ a & 0 & 0 & 0 & 0 & d & b & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 & b & 0 & d & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & 0 & 0 & b & 0 & d & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a & 0 & d & b & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & 0 & d & b & 0 & c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b & 0 & d & 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b & 0 & d & 0 & 0 & c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a & 0 & d & b & 0 & 0 & 0 & c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & 0 & d & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b & 0 & d \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & a & 0 & d & b \end{pmatrix}_{16 \times 16}$$

$$= \begin{pmatrix} S_4(b, d) & cI_4 & aI_4 & O_4 \\ aI_4 & S_4(b, d) & cI_4 & O_4 \\ O_4 & aI_4 & S_4(b, d) & cI_4 \\ O_4 & cI_4 & aI_4 & S_4(b, d) \end{pmatrix}_{16 \times 16}$$

Burada,

$$S_4(b, d) = \begin{pmatrix} 0 & d & b & 0 \\ b & 0 & d & 0 \\ 0 & b & 0 & d \\ 0 & d & b & 0 \end{pmatrix}_{4 \times 4}$$

alt matristir. cI_4 , aI_4 alt birim matrislerdir. O_4 ise alt sıfır matristir.

$n, m \geq 3$ $n, m \in \mathbb{Z}^+$ için $(T)_{mn \times mn}$ kural (temsili) matrisinin en genel hali aşağıdaki gibidir:

$$\begin{pmatrix} S(b,d) & cI & aI & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ aI & S(b,d) & cI & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & aI & S(b,d) & cI & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & aI & S(b,d) & cI & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & S(b,d) & cI & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & aI & S(b,d) & cI \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & cI & aI & S(b,d) \end{pmatrix}$$

cI, aI birim matrislerdir. 0 ise sıfır matristir. $S_{n \times n}(b,d)$, alt matrisinin en genel halini de aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$S_{n \times n}(b,d) = \begin{pmatrix} 0 & d & b & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ b & 0 & d & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 & d & 0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b & 0 & d & \dots & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & b & 0 & d \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & d & b & 0 \end{pmatrix}$$

Sonuç

Bu çalışmada yeni bir sınır şartı olan ara sınır şartı altında iki boyutlu hücresele dönüşümlerin tanımı verildi. İki boyutlu hücresele dönüşümlerin ara sınır şartı altında temsili(kural) matrisinin bulunması için lokal kural tanımlandı. Tanımlanan lokal kural yardımıyla iki boyutlu hücresele dönüşümlerin ara sınır şartı altında temsili(kural) matrisi bulundu. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, bu çalışmada elde edilen temsili(kural) matrislerin terslenebilirliğinin incelenmesi açık bir problem olarak yazar tarafından çalışılmaktadır.

Kaynaklar

- Von, N.J. (1966). "The theory of self-reproducing automata (Edited by A.W.Burks)", Univ. of Illinois Press, Urbana.
- Hedlund, G.A. (1969). "Endomorphisms and automorphisms of full shift dynamical system", Math. Syst. Theor. 3 320- 375.
- Wolfram, S. (1983). "Statistical mechanics of cellular automata", Rev. Mod. Phys. 55:3 601-644.
- Dihidar, K. ve Choudhury, P. P. (2004). "Matrix algebraic formulae concerning some exceptional rules of two dimensional cellular automata", Inf. Sci. 165:91-101.
- Choudhury, P.P., Nayak, B.K., Sahoo, S. ve Rath, S.P. (2005). "Theory and Applications of Two dimensional, Null-boundary, Nine-Neighborhood Cellular Automata Linear rules" arXiv:0804.2346 .
- Siap, I., Akın, H. ve Sah, F. (2010). "Garden of eden configurations for 2-D cellular automata with rule 2460N", Information Science. 180 (18), 3562-3571.
- Siap, I., Akın, H. ve Sah F. (2011). "Characterization of two dimensional cellular automata over ternary fields", Journal of the Franklin Institute, 348:7 1258-1275.
- Sah, F. (2022). "Bir Boyutlu Hücresel Dönüşümlerin Terslenebilirliği", Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(1), 505-513.
- Chattopadhyay, P., Choudhury P.P. ve Dihidar K. (1999). "Characterisation of a particular hybrid transformation of two-dimensional cellular automata", Computers Mathematics with Applications, 38:5-6 207-216.
- Chou H.H., Reggia J.A. (1997). "Emergence of self-replicating structures in a cellular automata space", Phys. D, 110, 252-276.

Yazar Katkıları

Makale tek bir yazar tarafından ele alınmıştır. Doğrudan başka bir yazar tarafından katkı sağlanmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından çıkar çatışmasının olmadığı rapor edilmiştir.

Fonlama

Herhangi bir fon desteği alınmamıştır.

Etik Bildirim

Bu çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.



CIHANNÜMA
**TEKNOLOJİ, FEN
ve MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ**
AKADEMİ DERGİSİ