



Determination of Engineering Faculty Students' Perceptions of Mathematical Model and Modelling through Metaphors

Hülya Sert Çelik¹ , Barış Demir² 

¹Ministry of Education, Türkiye

²Kocaeli University, Türkiye

ABSTRACT

The aim of this study is to determine engineering faculty students' perceptions of model and mathematical modelling through metaphors. For this purpose, a phenomenological design was used in the study. The study group of the research consists of 48 volunteer engineer candidates studying in the departments of automotive and biomedical engineering at a state university in the Marmara region. The engineer candidates participating in the study were asked to complete the sentences 'model/mathematical modelling is like; because ...'. The data obtained from the research were analyzed by content analysis method and categories were formed by combining similar metaphor codes. As a result of the analyses, it was revealed that the prospective engineers had very positive concepts about model and mathematical modelling. In addition, the positive attitudes of the candidates towards these concepts contribute to the shaping of their professional competencies and how these approaches can be integrated into the educational processes have been defined in detail. In the light of the results obtained, suggestions are presented for researchers who want to work in this field.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:10.09.2024

Received in revised form: 25.12.2024

Accepted: 25.12.2024

Available online: 28.12.2024

Article Type: Research Paper

Keywords: perception, metaphor, prospective engineers, mathematical modelling

© 2024 IJESIM. All rights reserved

1. Introduction

Mathematical modelling is the most characteristic expression of the application of mathematics in everyday life and enables the behavior of natural phenomena to be expressed in mathematical symbols. The concept of modelling is reflected in the main objectives of mathematics. Although there are differences in the details, mathematics programs at all levels serve four main objectives: to develop problem solving skills, to develop mathematical thinking, to develop the ability to use mathematics in communication, and to develop a sense of the value of mathematics (National Council of Teachers of Mathematics, 1989). Studies in the literature show that the use of metaphors in engineering education deepens students' conceptual understanding and improves their problem solving skills. In this context, understanding the perceptions of future engineers about mathematics and mathematical modelling is of great importance for the development of educational programs and teaching methods. The aim of this study is to examine the thoughts of prospective engineers about the concepts of model and mathematical modelling by using metaphor analysis methods and to reveal what these concepts mean to them.

2. Method

2.1. Model

This study was designed with a phenomenological design, one of the qualitative research designs. Phenomenology aims to describe events, experiences and situations in a multidimensional and holistic

¹Corresponding author's address: Ministry of Education, Türkiye
e-mail: hlyasert@gmail.com
DOI: <https://doi.org/10.17278/ijesim.1548078>

way and to reveal the meanings behind these experiences (Miles and Huberman, 1994).

2.2. Participants

The study group of the research consists of 48 volunteer engineer candidates who are studying in the first year of automotive and biomedical engineering departments at a state university in the Marmara region and have not taken any mathematical modelling course before. The sample was selected by typical case sampling, which is one of the purposive sampling methods.

2.3. Data Collection Tools

This study was conducted to determine the perceptions of engineering candidates towards the concepts of mathematical model and modelling. The participants were asked to produce metaphors for these concepts. Metaphors help to make sense of individuals' perceptions and to determine the relationships between objects by identifying similar and different aspects of two objects (Palmquist, 2002). The data were collected using a semi-structured questionnaire prepared by the researchers. In the form, a two-stage questionnaire with the sentences 'Model/Mathematical modelling is similar to because, ' was applied. Prospective engineers were asked to create only one metaphor. The questionnaire also included an explanation text about the purpose of the study and that participation was voluntary. The validity and reliability of the research was ensured by a detailed explanation of the process of collecting and analysing the information. Detailed reporting of the information and a clear explanation of how the researchers reached the results obtained are critical for the validity of the research (Yıldırım and Şimşek, 2018).

2.4. Data Analyzing

The data supported by the students' written statements were analysed by the researchers. The results of the analyses were compared, and the validity of the categories was checked by a different expert. The expert was asked to place the metaphors in the relevant category and then the groupings of the expert and the researchers were compared. The reliability of the research was evaluated according to the consensus and disagreement obtained as a result of the comparison. The reliability rate calculated according to Miles and Huberman's (1994) formula was found to be 91%. In this study, the metaphors created by prospective engineers about the concepts of 'model' and 'mathematical modelling' were examined. The researchers created 21 different metaphors for the concept of 'model' and 25 different metaphors for the concept of 'mathematical modelling'. Almost all of the metaphors created by the prospective engineers for these concepts are positive and show that the candidates have a positive attitude. Concretising abstract concepts such as 'model' and 'mathematical modelling' through metaphors, especially in technical fields such as engineering, allows students to better understand and develop positive attitudes. In this context, the findings of the studies in literature show the value of using metaphors in engineering education and how this approach can help students better understand mathematical and modelling concepts and are in parallel with the findings of our study (Black, 1962; Gentner and Grudin, 1985; Lakoff and Johnson, 1980; Leary and D. Schunk, 2016).

3. Findings and Discussion

The metaphors produced about the two concepts examined in the study were categorised by the researchers according to their characteristics. A total of five categories were created for the metaphors belonging to the concept of 'model': universal expressions, visual expressions, preparatory expressions, directive expressions and other, and it was seen that the metaphors produced were mostly in the 'universal expression' and 'preparatory expression' categories. In the study, the metaphors belonging to the concept of 'model' were divided into five categories: universal expressions, visual expressions, preparatory expressions, directive expressions and other. This categorisation shows the versatility of the concept of model and how it is perceived in different contexts. The fact that the categories of 'universal expressions' and 'preparatory expressions' contain the most metaphors shows that the concept of model has a wide range of applications and is frequently used for preparation, planning and understanding development. This finding is consistent with the literature supporting the use of models

as a common tool in education and scientific research (Gilbert and Boulter, 2000; Schön, 1983). Schön (1983) stated that models play a critical role especially in understanding and managing complex systems. Gilbert and Boulter (2000) emphasize that models help students to concrete abstract concepts in the context of science education.

The metaphors related to the concept of 'mathematical modelling' were divided into six categories: symbolic expressions, vitality, immutability, artifact, form and other. This categorisation shows that the concept of mathematical modelling is perceived in a broad and diverse way. The fact that most of the metaphors were found in the 'other' category reveals that mathematical modelling is a multifaceted concept that does not fit into specific categories. This finding is consistent with the complexity and diversity of mathematical modelling (Lesh and Doerr, 2003; Niss, 1987). Niss (1987) stated that mathematical modelling is important not only for solving mathematical problems but also for understanding and solving real world problems. Lesh and Doerr (2003) emphasise that mathematical modelling is a critical tool in developing students' problem solving and analytical thinking skills in education.

4. Conclusion and Suggestions

As a result of the analyses, it was revealed that the engineer candidates had very positive concepts about models and mathematical modelling. In addition, it was concluded that the positive attitudes of the candidates towards these concepts contribute to the shaping of their professional competencies and that these approaches can be integrated into the educational processes.

For future studies, the analysis of the metaphors created by the students provides valuable reflections on how educators can apply teaching strategies through these metaphors. In addition, this study is also important in terms of showing how models and mathematical modelling can be used more effectively in engineering education through metaphors.

Mühendislik Fakültesi Öğrencilerinin Matematiksel Model ve Modellemeye Yönelik Algılarının Metaforlar Aracılığıyla Belirlenmesi

Hülya Sert Çelik¹, Barış Demir²

¹Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye

²Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, mühendislik fakültesi öğrencilerin model ve matematiksel modelleme algılarının metaforlar yoluyla belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada olgu bilim deseni kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu Marmara bölgesindeki bir devlet üniversitesinde otomotiv ve biyomedikal mühendisliği bölümünde öğrenim gören 48 gönüllü mühendis adayı oluşturmaktadır. Çalışmaya katılan mühendis adaylarından; "model/matematiksel modelleme gibidir; çünkü ..." cümlelerini tamamlamaları istenmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler içerik analiz yöntemiyle analiz edilmiş ve benzer metafor kodları bir araya getirilerek kategoriler oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, mühendis adaylarının model ve matematiksel modelleme hakkında oldukça olumlu kavramlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, adayların bu kavramlara yönelik olumlu tutumlarının mesleki yetkinliklerinin şekillenmesine nasıl katkı sağladığını ve bu yaklaşımların eğitim süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Elde edilmiş olan sonuçlar ışığında bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihiçesi:

Alındı:10.09.2024

Düzeltilmiş hali alındı: 25.12.2024

Kabul edildi:25.12.2024

Çevrimiçi yayınlandı: 28.12.2024

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: algı, metafor, mühendis adayları, matematiksel modelleme

© 2024 IJESIM. Tüm hakları saklıdır

1. Giriş

Matematiksel modelleme, matematiğin günlük yaşamdaki uygulamalarının en karakteristik ifadesidir ve doğal olayların davranışlarının matematiksel sembollerle ifade edilmesini sağlar (Blum ve Leiß, 2007; Lesh ve Doerr, 2003). Modelleme süreci tamamlandığında, bu modeller aracılığıyla olaylara yön vermek, yararlı sonuçlar elde etmek veya olası zararlardan korunmak mümkün hale gelir (Burghes ve Borrie, 1981). Matematiğin bu pratik gücü, birçok alanda önemli başarılar elde etmemizi sağlarken, matematiksel modellemeyi yeterince yapamadığımız alanlarda ise hala bazı sorunlar yaşamamıza neden olmaktadır (Niss vd., 2007; International Engineering Alliance, 2014).

Modelleme kavramı, matematiğin temel hedeflerine de yansımıştır. Ayrıntılarda farklılıklar olmakla birlikte, her seviyede matematik programları problem çözme becerisi kazandırma, matematiksel düşünmeyi geliştirme, matematiği iletişimde kullanma becerisi kazandırma ve matematiği değerli bulma duygusunu geliştirme gibi dört temel amaca hizmet eder (National Council of Teachers of Mathematics, 1989). Bu amaç ifadelerinin ilk üçü, bilginin pratiğe aktarılmasını içerirken, dördüncüsü olan "matematiği değerli bulma duygusunu geliştirme" yaşamsallıkla yakından ilişkilidir. Matematiği değerli bulma duygusu, öğretimde yaşamsal uygulamalara yer verme ve bu sayede matematiğin doğayı anlama ve yaşam kalitesini artırmadaki gücünü fark etme ile gelişir (Altun, 2020).

Mühendislikteki problemlerin matematiksel olarak modellenmesi, mühendislik mezunlarından istenen temel becerilerden biridir (International Engineering Alliance – IEA, Uluslararası Mühendislik Birliği, 2014). Benzer şekilde Avrupa Mühendislik Eğitimi Akreditasyon Ağı (2018) mühendislik mezunlarının matematiksel bilgiyi karmaşık mühendislik problemlerine akıcı bir şekilde uygulayabilmeleri gerektiğini belirtmiştir. Matematiksel modelleme, mühendislik öğrencilerine mühendislik tasarım teorilerini, bilimsel sorgulamayı, teknolojik okuryazarlığı ve matematiksel düşünmeyi daha geniş mühendislik topluluğu tarafından kullanıldığı şekliyle kullanan özgün deneyimler sağlamada önemli bir rol oynar (Kelley ve Knowles 2016). Modelleme becerileri, teknolojik okuryazarlığı giderek artan bir iş piyasası için olduğu kadar, çözümleri küresel sonuçlar doğuran toplumsal sorunlar ve günümüz

öğrencilerinin çözmekle ilgilendiği sorunlar için de son derece önemlidir (Su vd. 2009; Eccles ve Wang 2016). Ayrıca, mühendislik öğrencileri öğrendikleri matematiği gerçek dünya uygulamalarıyla bütünleştiren eğitime de değer vermektedir (Güner, 2013).

Son yıllarda özellikle teknolojiyi etkilemesinde dolayı modelleme sürecinde disiplinler arası çalışmalar artmaktadır (Banks ve Barlex, 2014; Heilio, 2011; Michelsen, 2006). Farklı disiplinleri bir araya getiren ve disiplinler arası çalışmaya imkan veren eğitim yaklaşımları biri de STEM eğitim yaklaşımıdır. STEM eğitimi fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının entegre bir şekilde verildiği eğitim yaklaşımıdır. Mühendislik eğitiminde matematiğin yeri ve önemi kabul edilmekle birlikte, mühendislik öğrencilerine matematiğin nasıl ve ne kadar öğretilmesi gerektiği yıllardır tartışılmaktadır. Yapılan araştırmalar, üniversiteye yeni başlayan mühendislik fakültesi öğrencilerinin yeterli matematik bilgisine sahip olmadıklarını göstermektedir (Broadbridge ve Henderson, 2008; Engineering Council - Mühendislik Konseyi, 2000; Kent ve Noss, 2003). Matematik bilgisinin eksikliği, mühendislik öğrencilerinin ürün ortaya çıkarmasında zorluk yaratmaktadır. Bir ürünün ortaya çıkmasında, mühendislik eğitimi ile matematiksel bilgi ve bu bilgiye dayalı olarak oluşturulan matematiksel modellemeye yer verilmelidir. Matematiğin ekonomi, mühendislik ve diğer alanlardaki günlük hayat uygulamaları düşünüldüğünde, mühendisler için matematiksel modelleme yapabilme becerilerinin, bilgiyi farklı boyutlarıyla mesleki olarak alanlarına entegre etmeleri ve matematiği kullanabilmeleri açısından son derece önemli olduğu görülmektedir (Demir, 2022).

Alanyazında yer alan çalışmalar, mühendislik eğitiminde metafor kullanımının öğrencilerin kavramsal anlayışlarını derinleştirdiğini ve problem çözme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir. Örneğin, Frejd (2013) tarafından yapılan bir literatür incelemesi, modelleme becerilerinin değerlendirilmesinde kullanılan farklı yöntemleri ortaya koymaktadır. Ayrıca, Hallström ve Schönborn (2019) tarafından yapılan bir araştırma, modeller ve modellemenin STEM eğitiminde otantik öğrenme deneyimlerini nasıl desteklediğini vurgulamaktadır. Faulkner ve arkadaşları (2019), mühendislik fakültelerindeki öğretim üyeleriyle yaptıkları görüşmeler sonucunda, matematiksel modelleme becerilerinin mühendislik öğrencileri için ne kadar önemli olduğunu belirtmişlerdir. Geisinger ve Rajraman (2013), mühendislik bölümlerindeki öğrenci kayıplarının nedenlerini anlamaya çalışmış ve matematiksel yetersizliklerin bu kayıpların önemli bir nedeni olduğunu ortaya koymuşlardır. Ülkemizde ise matematiksel modellemeye yönelik çalışmalar genellikle öğretmen adayları üzerinde yoğunlaşmıştır (Arı vd., 2023; Aydoğan Yenmez, 2017; Bukova Güzel vd., 2022; Hıdıroğlu, 2012; Kertil, 2008; Saka ve Çelik, 2018). Kuzu (2021) tarafından yapılan çalışmada ise mühendislik fakültesi öğrencilerinin matematik algıları metaforlar kullanılarak incelenmiştir.

Alanyazındaki çalışmalar incelendiğinde ülkemizde mühendislik öğrencilerinin matematik ve matematiksel modelleme hakkındaki düşüncelerini ele alan çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir (Demir, 2022; Kuzu, 2021). Çalışmalar matematiksel modellemeye maruz kalan öğrencilerin öz yeterlilikleri ve matematiksel bilgilerinin sağlamlığı açısından olumlu kazanımlar elde ettiklerini göstermektedir (Czoher 2017; Czoher vd., 2019; Lesh vd., 2000; Rasmussen ve Kwon 2007; Sokolowski 2015). Bu bağlamda, geleceğin mühendislerinin matematik ve matematiksel modelleme konusundaki algılarını anlamak, eğitim programlarının ve öğretim yöntemlerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmanın amacı, mühendis adaylarının model ve matematiksel modelleme kavramlarına ilişkin düşüncelerini metafor analizi yöntemi ile incelemek ve bu kavramların onlar için ne anlama geldiğini ortaya koymaktır. Bu şekilde, mühendislik eğitiminde matematiksel düşüncenin daha etkin bir şekilde kazandırılmasına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu amaçla aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

1. Mühendislik adaylarının model kavramı ile ilgili oluşturdukları metaforlar ve bu metaforlara ait kavramsal kategoriler nelerdir?
2. Mühendislik adaylarının matematiksel modelleme kavramı ile ilgili oluşturdukları metaforlar ve bu metaforlara ait kavramsal kategoriler nelerdir?

2. Yöntem

Bu araştırma, nitel araştırma desenlerinden olgu bilim (fenomenoloji) deseniyle yürütülmüştür. Olgu bilim olaylar, deneyimler ve durumları çok yönlü ve bütüncül bir şekilde betimleyerek, bu deneyimlerin ardındaki anlamları ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır (Miles ve Huberman, 1994). Bu desen, belirli bir olgunun nasıl algılandığını ve tanımlandığını araştırmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Metaforlar, bireylerin tecrübelerine anlam yüklemeleri açısından "tecrübelerin dili" olarak tanımlanır ve düşünceleri yapılandıran güçlü zihinsel araçlardır (Miller, 1987). Bu çalışmada da üniversite öğrencilerinin model ve matematiksel modellemeyle ilgili belirtmiş oldukları olguları incelenmiştir.

2.1. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu Marmara bölgesindeki bir devlet üniversitesinde otomotiv ve biyomedikal mühendisliği bölümlerinde 1.sınıflarda öğrenim gören ve daha önce herhangi bir matematiksel modelleme dersi almamış 48 gönüllü mühendis adayı oluşturmaktadır. Örneklem, amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan tipik durum örnekleme ile seçilmiştir. Tipik durum örnekleme, nitel araştırmalarda örneklem grubunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve ortalama durumları inceleyerek belirli bir alan hakkında bilgi edinmeyi hedefler (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu çalışma, mühendislik öğrencilerini temsil ettiği varsayılan teknoloji fakültesinde, tipik durum örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

2.2. Verilerin Toplanması ve Analizi

Bu araştırma, mühendislik adaylarının matematiksel model ve modelleme kavramlarına yönelik algılarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan, bu kavramlara yönelik metaforlar üretmeleri istenmiştir. Metaforlar, bireylerin algılarının anlamlandırılmasında, iki nesnenin benzer ve farklı yönlerini belirleyerek nesnelere arasındaki ilişkileri tespit etmekte yardımcı olur (Palmquist, 2002). Veriler, araştırmacılar tarafından hazırlanan yarı yapılandırılmış soru formu kullanılarak toplanmıştır. Formda, "Model/Matematiksel modelleme benzerdir; çünkü" cümlelerinin yer aldığı iki aşamalı anket uygulanmıştır. Mühendis adaylarından yalnızca bir tane metafor oluşturmaları istenmiştir. Ankette, çalışmanın amacı ve katılımın gönüllülük esasına dayalı olduğu hakkında bir açıklama metni de yer almaktadır.

Asıl uygulamaya geçilmeden önce, formun anlaşılabilirliğini ve uygulamadaki aksaklıkları tespit etmek amacıyla farklı bir bölümde öğrenim gören iki mühendis adayı ile ön uygulama yapılmıştır. Gerekli düzeltmelerin ardından, araştırmanın çalışma grubunu oluşturan mühendis adaylarından veriler toplanmadan önce belirlenen bir kavrama ilişkin metafor çalışması örneği sunulmuştur. Metafor oluşturmaya yönelik bilgilendirmeden sonra uygulamaya geçilmiştir.

Mühendis adaylarının matematiksel model ve modelleme kavramlarına ilişkin oluşturdukları metaforlar, içerik analizi ile incelenmiştir. İçerik analizinin temel amacı, toplanan bilgilerin açıklanmasında kesin bir fikre ulaşmaktır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). İçerik analizindeki temel yöntem, belirli bir fikir ve konular çerçevesinde benzer bilgileri toplamak ve okuyucu tarafından anlaşılmasını sağlayacak bir yol bulmaktır. Bu süreç şu aşamaları içermektedir:

2.3. Verilerin Kodlanması ve Ayıklanması

Bu çalışmada öğrencilerin ürettikleri metaforlar, alfabetik sıraya göre geçici olarak sıralanmış ve metaforları açıkça belirtmeyen veya boş bırakılan formlar elenmiştir. Ayrıca, model ve matematiksel modelleme kavramları hakkında düşüncelerini paylaşmayan ya da geçerli bir mantıksal dayanak sunmayan öğrencilerin formları da kapsam dışı bırakılmıştır. Bu eleme sürecinin sonucunda, model kavramı ile ilgili 27 formdan 21'i; matematiksel modelleme kavramı ile ilgili 28 formdan 25'i değerlendirmeye alınmıştır.

2.4. Geçerli Metaforların İncelenmesi ve Kategorilere Ayrılması

Geçerli metaforlar, tekrar gözden geçirilerek alfabetik sıraya göre dizilmiş ve her bir metaforu temsil edecek örnek metafor ifadeleri seçilmiştir. Benzer metaforlar gruplandırılarak kategoriler oluşturulmuştur. Bu kategoriler, model ve matematiksel modelleme algılarının belirgin özellikleri bakımından geliştirilmiştir.

2.5. Geçerlik ve Güvenirlik

Araştırmanın geçerlik ve güvenirliliği, bilgilerin toplanma ve analiz edilme sürecinin ayrıntılı bir şekilde açıklanması ile sağlanmıştır. Bilginin ayrıntılı raporlanması ve araştırmacıların elde edilen sonuçlara nasıl ulaştığına dair net bir açıklama, araştırmanın geçerliği açısından kritik bir öneme sahiptir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Öğrencilerin yazılı ifadeleriyle desteklenen veriler, araştırmacılar tarafından analiz edilmiştir. Analiz sonuçları karşılaştırılarak, farklı bir uzman tarafından kategorilerin geçerliliği kontrol edilmiştir. Uzmanın, metaforları ilgili kategoriye yerleştirilmesi istenmiş ve daha sonra uzmanın ve araştırmacıların gruplandırmaları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen fikir birliği ve ayrılıklarına göre araştırmanın güvenirliliği değerlendirilmiştir. Miles ve Huberman'ın (1994); $\Delta = C \div (C + \delta) \times 100$ formülüne göre hesaplanan güvenirlilik oranı %91 olarak bulunmuştur. Uzman, iki metaforu (kitap ve taş) araştırmacılarından farklı bir kategoriye yerleştirmiştir.

Sonuç olarak, toplam 37 metafor belirlenmiş ve bu metaforlar içeriklerine göre 5 kategoriye ayrılmıştır. Metaforlar ve tüm bilgiler Excel programına aktarılmış, katılımcıların metaforları ve kategorileri kapsayan metafor sayısı ve frekans hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Araştırmanın amacı doğrultusunda belirlenen alt problemlere ilişkin bulguların tablo halinde sunulduğu bu bölümde, incelenen kavramlara yönelik metaforlar ve bu metaforların ait oldukları kategoriler bir arada verilmiştir.

3.1. Model Kavramına Yönelik Bulgular

Araştırmanın ilk alt probleminin bulguları olarak, mühendis adaylarının "model" kavramına yönelik oluşturduğu metaforlar ve bunların ait olduğu kategoriler Tablo 1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 1'de, mühendis adaylarının "model" kavramına yönelik oluşturduğu metaforlar ve bu metaforların kategorileri yer almaktadır. Yapılan değerlendirme sonucunda, "model" kavramına yönelik üretilen 32 adet metaforun beş kategori altında toplandığı belirlenmiştir. Bu kategoriler; evrensel ifadeler (f:6), görsel ifadeler (f:5), hazırlayıcı ifadeler (f:10) ve yönlendirici ifadeler (f:4) şeklindedir. Araştırmacılar, "model" kavramına ait 4 metaforu herhangi bir tema etrafında birleştirememiştir.

Tablo 1. Mühendis adayların model kavramı ile ilgili ürettiği metaforlar ve kategorileri

Kategori	Metaforlar	Metafor sayısı	Frekans
Evrensel ifadeler	Güneş, insan(2), yıldız takımları, doğa, taş	5	6
Görsel ifadeler	Harita, şekil, çizim, üç boyutlu görüntü(2)	4	6
Hazırlayıcı ifadeler	Fragman, örnek(2), öngörünüm, taslak(2), tasarım(4)	5	10
Yönlendirici ifadeler	Kılavuz, kitap(2), tarif	3	4
Diğer	Sanat(3), hayat tarzı, gerçek, kapı	4	6
Toplam		21	32

Evrensel ifadeler kategorisine yönelik toplam 5 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; güneş, insan (2), yıldız takımları, doğa, taş şeklindedir. Evrensel ifadeler kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

"Model yıldız takımlarına benzer çünkü belirli noktalar birleştiklerinde farklı ve benzer şekillerini göze çarpıcı bir şekilde belli eder."

"Model taşa benzer çünkü taş somuttur."

“Model doğaya benzer çünkü yılların getirdiği değişimler en uyguna yakın modeldir.”

Görsel ifadeler kategorisine yönelik toplam 4 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; harita, şekil, çizim, üç boyutlu görüntü (2) şeklindedir. Görsel ifadeler kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Model haritaya benzer çünkü yol göstericidir.”

“Düşüncelerin kâğıtta şekil olarak gösterilmesidir. Çünkü insan kendini ifade edebilmek için modellemeye ihtiyaç duyar.”

Hazırlayıcı ifadeler kategorisine yönelik toplam 5 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; Fragman, örnek (2), öngörünüm, taslak (2), tasarım (4) şeklindedir. Hazırlayıcı ifadeler kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Ürünün bir öngörümüne benzer; çünkü üretmek istediğimiz bir şeyin masraf harcamadan görüntüsünü elde edip üzerinde değişiklik yapabiliriz.”

“Bir şeyin farklı özellikler eklemek yeni tasarımlar yapmaya benzer çünkü bir şey modelden modele farklılıkları ayırt edici özellikleri olabilir.”

Yönlendirici ifadeler kategorisine yönelik toplam 5 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; Kılavuz, kitap (2), tarif şeklindedir. Yönlendirici ifadeler kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Model benim için kitaba benzer çünkü ikisinin de ilk başta kapağını görüyoruz işlevi hakkında bir bilgimiz yok.”

“Tarife benzer çünkü o olmadan çözümler olmaz.”

Araştırmacılar tarafından herhangi bir temaya yerleştirilemeyen metaforlar 4 tanedir ve sanat (3), hayat tarzı, gerçek, kapı şeklindedir. Aşağıda bu metaforlardan bazıları örnek olarak verilmiştir:

“Sanata benzer çünkü tasarım gerektirir.”

“Sanata benzer çünkü bir insanın emeğiyle çıkar.”

“Gerçeğe benzer çünkü gerçekten esinlenilmiştir.”

3.2. Matematiksel Modelleme Kavramına Yönelik Bulgular

Mühendis adaylarının “matematiksel modelleme” kavramına yönelik metaforları araştırmanın ikinci alt problemi olup oluşturulan metaforlar ve kategorileri Tablo 2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 2’de mühendis adaylarının “matematiksel modelleme” kavramına ait oluşturduğu metaforlar ve metaforların kategorileri verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda “matematiksel modelleme” kavramına yönelik üretilen 25 adet metaforun altı kategori altında toplandığı bulgusu elde edilmiştir. Bu kategoriler; sembolik ifadeler (f:6), (f:4), değişmezlik (f:3), yapıt (f:2), biçim (f:3) şeklindedir. Araştırmacılar, “matematiksel modelleme” kavramına ait 7 metaforu herhangi bir tema etrafında birleştirememiştir.

Tablo 2. Mühendis adaylarının matematiksel modelleme kavramı ile ilgili ürettiği metaforlar ve kategorileri

Kategori	Metaforlar	Metafor sayısı	Frekans
Sembolik araçlar	Rakamlar, Sayılar (4), 3 boyutlu ve sayılarla işlem yapma, İşlemsel tasarım, Fonksiyon, Abaküs	6	9
Yaşamsal	Vücut organları, Ameliyat, Fiziksel kusursuzluk, Altın oran	4	4
Değişmezlik	Kesinlik, Gerçek, Yasa	3	3
Yapıt	Matrix filmi, Bilimsel sanat	2	2
Biçim	Şekiller (2), Model (2), Bilimsel görünüş	3	5
Diğer	Yaşam (2), Evrensel bir dil, İnsana, Çözümler, Tünel, Düşüm, Konum	7	8
Toplam		25	31

Sembolik araçlar kategorisine yönelik toplam 6 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; rakamlar, sayılar (4), 3 boyutlu ve sayılarla işlem yapmaya, işlemsel tasarım, fonksiyon, abaküs şeklindedir. Sembolik araçlar kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Öngösterimin rakamlardan oluşan ifadesidir; içinde matematik vardır.”

“Şekillerle 3 boyutlu ve sayılarla bişey yapmaya benzer çünkü bir şeyi ifade etmek için sayılar sekiler vb. Şeyler kullanılır.”

“Bana göre işlemsel tasarıma benzer, çünkü işimiz daha çok işlemler ve tasarımla alakalıdır.”

“Matematikselleştirme abaküse benzer çünkü görüntüyü canlandırma amacı güder.”

Yaşamsal kategorisine yönelik toplam 4 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; vücut organları, ameliyat, fiziksel kusursuzluk ve altın oran şeklindedir. Yaşamsal kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Ameliyata, hata kabul etmez.”

“Matematikselleştirme altın orana benzer kusursuz ölçüm modellerine sahiptir çünkü matematik fantastik bir bilim dalıdır herkesin ilgisini çekecek bir modellemeyle kendini cazip hale getirmelidir modellerken kusursuz ölçümlere sahip olmalıdır.”

“Matematikselleştirme fiziksel kusursuzluğa benzer çünkü matematikte hata payı olmaz.”

Değişmezlik kategorisine yönelik toplam 3 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; kesinlik, gerçek ve yasa şeklindedir. Değişmezlik kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Matematikselleştirme kesinliğe daha yakın matematiksel işlemler sayesinde ve daha önemlidir zaman açısından çünkü sonucu ne kadar yaklaşırsak istenilen modelleme o kadar çabuk elde edilir.”

Yapıt kategorisine yönelik toplam 2 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; matrix filmi, bilimsel sanat şeklindedir. Yapıt kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Matrix filmine; ortamdaki hareketli rakamlar ile düzenleme yapar.”

“Bilimsel sanata benzer çünkü sayılar işe girer.”

Biçim kategorisine yönelik toplam 3 metafor oluşturulmuştur. Bu kategoride yer alan metaforlar; şekiller (2), model (2), bilimsel görünüş şeklindedir. Biçim kategorisinde yer alan metaforların bazıları aşağıda verilmiştir:

“Şekil’dir çünkü şekil bana göre basitliktir ve herhangi bir şekil buna örnek olabilir.”

“Matematikselleştirme modelin tarifine benzer; çünkü fikrin tasarıma nasıl dönüşeceğini betimler.”

Araştırmacılar tarafından herhangi bir temaya yerleştirilemeyen metaforlar 7 tanedir ve yaşam (2), evrensel bir dil, insana, çözümler, tünel, düğüm, konum şeklindedir. Aşağıda bu metaforlardan bazıları örnek olarak verilmiştir:

“Evrensel bir dile benzer. Çünkü insan fark etmeksizin aynı şekilde kullanılır.”

“Matematikselleştirme çözümlere benzer çünkü belli bir oranda birleştiklerinde homojen bir şekilde çözünürlük matematikselleştirme de oranlarla ve belirli kuramlarıyla birleştiklerinde tek bir madde gibi dururlar.”

“Tünelere benzer çünkü modelleme çıkarmak zor bir yol olduğu için karanlık bir yol hayal ettim ama sonunda modellemeyi yapınca her şey daha basit olduğu için yolun sonu aydınlığa çıkıyor.”

“Matematikselleştirme düğüme benzer çünkü çözmesi her zaman teknik bilgi ister.”

“Konuma benzer. Çünkü herşey kesindir.”

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Matematiksel modelleme ve metafor ister matematikte ister bilimde ister beşeri bilimlerde olsun, karmaşık sistemleri ve kavramları temsil etmek ve anlamak için değerli araçlar olarak hizmet etmektedir. Farklı özelliklere ve uygulamalara sahip olmalarına rağmen, özellikle açıklık, soyutlama ve düşüncelerin iletilmesi önemli olduğunda birbirlerini tamamlayabilirler. Mühendislik öğrencileri için matematiksel modelleme, sadece özel bir konu olmanın ötesinde, gelecekteki mesleklerinde ihtiyaç duyacakları kritik bir bilgi birikimi olduğu için büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada mühendis adaylarının "model" ve "matematiksel modelleme" kavramlarıyla ilgili oluşturdukları metaforlar incelenmiştir. Araştırmacılar, "model" kavramına ait 21 adet ve "matematiksel modelleme" kavramına ait 25 adet farklı metafor oluşturmuştur. Mühendis adaylarının bu kavramlar için oluşturduğu metaforların tamamına yakını olumlu olup, adayların pozitif tutuma sahip olduğunu da göstermektedir. Özellikle mühendislik gibi teknik alanlarda, "model" ve "matematiksel modelleme" gibi soyut kavramların metaforlar aracılığıyla somutlaştırılması, öğrencilerin daha iyi anlamasına ve olumlu tutumlar geliştirmesine olanak tanır. Bu bağlamda literatürde yer alan çalışmaların bulguları mühendislik eğitiminde metafor kullanımının değerini ve bu yaklaşımın öğrencilerin matematiksel ve modelleme kavramlarını daha iyi kavramalarına nasıl yardımcı olabileceğini göstermekte olup çalışmamızın bulgularıyla paralellik göstermektedir (Black, 1962; Gentner ve Grudin, 1985; Lakoff ve Johnson, 1980; Leary ve D. Schunk, 2016).

Araştırmada incelenen iki kavramla ilgili üretilen metaforlar araştırmacılar tarafından özelliklerine göre kategorilendirilmiştir. "Model" kavramına ait metaforlar için evrensel ifadeler, görsel ifadeler, hazırlayıcı ifadeler, yönlendirici ifadeler ve diğer olmak üzere toplam beş adet kategori oluşturulmuştur ve üretilen metaforların en çok "evrensel ifade" ve "hazırlayıcı ifade" kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Araştırmada, "Model" kavramına ait metaforlar beş kategoriye ayrılmıştır: evrensel ifadeler, görsel ifadeler, hazırlayıcı ifadeler, yönlendirici ifadeler ve diğer. Bu kategorilendirme, model kavramının çok yönlülüğünü ve farklı bağlamlarda nasıl algılandığını göstermektedir. "Evrensel ifadeler" ve "hazırlayıcı ifadeler" kategorilerinin en çok metafor içermesi, model kavramının geniş bir uygulama alanına sahip olduğunu ve sıklıkla hazırlık, planlama ve anlayış geliştirme amacıyla kullanıldığını göstermektedir. Bu bulgu, modellerin eğitimde ve bilimsel araştırmalarda yaygın bir araç olarak kullanılmasını destekleyen literatürle uyumludur (Gilbert ve Boulter, 2000; Schön, 1983). Schön (1983), modellerin özellikle karmaşık sistemleri anlamada ve yönetmede kritik bir rol oynadığını belirtmiştir. Gilbert ve Boulter (2000), modellerin bilim eğitimi bağlamında öğrencilere soyut kavramları somutlaştırmada yardımcı olduğunu vurgulamaktadır.

"Matematiksel modelleme" kavramına ait metaforlar altı kategoriye ayrılmıştır: sembolik ifadeler, yaşamsal, değişmezlik, yapıt, biçim ve diğer kategori şeklindedir. Bu kategorilendirme, matematiksel modelleme kavramının geniş ve çeşitli bir şekilde algılandığını göstermektedir. Metaforların en çok "diğer" kategorisinde yer alması, matematiksel modellemenin çok yönlü ve spesifik kategorilere tam olarak sığmayan bir kavram olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, matematiksel modellemenin karmaşıklığı ve çeşitliliği ile uyumludur (Lesh ve Doerr, 2003; Niss, 1987). Niss (1987), matematiksel modellemenin sadece matematiksel problemleri çözmek için değil, aynı zamanda gerçek dünya problemlerini anlamak ve çözmek için de önemli olduğunu belirtmiştir. Lesh ve Doerr (2003) ise matematiksel modellemenin eğitimde öğrencilerin problem çözme ve analitik düşünme becerilerini geliştirmede kritik bir araç olduğunu vurgulamaktadır.

Bu çalışma mühendislik eğitimi bağlamında model ve matematiksel modellemenin öğrenci kavrayışını nasıl şekillendirdiğini ve bu araçların eğitim süreçlerine nasıl entegre edilebileceğini daha iyi anlamak için önemli bir katkı sağlayabilir. Öğrencilerin oluşturduğu metaforların analizi, eğitimcilerin öğretim stratejilerini bu metaforlar üzerinden nasıl uygulanabileceğine dair değerli yansımalar sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışma, metaforlar aracılığıyla model ve matematiksel modellemenin mühendislik eğitiminde nasıl daha etkin kullanılabileceğini göstermesi açısından da önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Altun, M. (2020). *Matematik Okuryazarlığı El Kitabı*. Ankara: Aktüel Yayıncılık.
- Arı, A. A., Demir, B., ve Çakır, E. (2023). Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel model ve modellemeye ilişkin algıları: Bir metafor çalışması. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 6(1), 156-176. <https://doi.org/10.33400/kuje.1230424>
- Aydoğan Yenmez, A. (2017). Teknolojinin matematiksel modelleme sürecine etkileri. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (26), 602-646. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.306665>
- Banks, F., & Barlex, D. (2014). *Teaching STEM in the secondary school: How teachers and schools can meet the challenge*. Routledge.
- Black, M. (1962). *Models and Metaphors: Studies in Language and Philosophy*. Cornell University Press.
- Broadbridge, P., & Henderson, S. (2008). Mathematics education for 21st century engineering students. In *Mathematics: Traditions and [New] Practices*. Retrieved from <https://researchoutput.csu.edu.au/ws/portalfiles/portal/9310043>
- Bukova Güzel, E., Tekin Dede, A., Hidroğlu, Ç. N., Kula Ünver, S., ve Özaltun Çelik, A. (2018). Matematiksel modelleme problemleri. E. Bukova Güzel (Ed.), *Matematik eğitiminde matematiksel modelleme içinde* (s. 146). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Czocher, J. (2017). How can emphasizing mathematical modeling principles benefit students in a traditionally taught differential equations courses? *The Journal of Mathematics Behavior*, 45, 78–94.
- Czocher, J., Melhuish, K., & Kandasamy, S. S. (2019). Building mathematics self-efficacy of STEM undergraduates through mathematical modeling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1634223>
- Eccles, J. S., & Wang, M.-T. (2016). What motivates females and males to pursue careers in mathematics and science? *International Journal of Behavioral Development*, 40(2), 100–106
- Engineering Council. (2000). *Measuring the mathematics problem*. Retrieved from <https://www.engc.org.uk/>
- European Network for Accreditation of Engineering Education (2018). EUR-ACE framework standards and guidelines. <https://www.enaee.eu/eur-ace-system/standards-and-guidelines/#standards-and-guidelines-for-accreditation-of-engineering-programmes>.
- Faulkner, G., Earl, S. R., & Curran, T. (2019). The importance of mathematical modeling skills for engineering students. *Journal of Engineering Education*, 108(1), 91-112. <https://doi.org/10.1002/jee.20253>
- Frejd, P. (2013). Modes of modelling assessment—A literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 84(3), 413-438. <https://doi.org/10.1007/s10649-013-9491-5>
- Geisinger, B. N., & Rajraman, D. (2013). Why they leave: Understanding student attrition from engineering majors. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 914-925. Retrieved from <https://www.ijee.ie/>
- Gentner, D., & Grudin, J. (1985). The evolution of mental models. In *Proceedings of the International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*.
- Gilbert, J., & Boulter, C. (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer.
- Güner, N. (2013). Seniorengineering students' views on mathematics courses in engineering. *College Student Journal*, 47(3).

- Hallström, J., & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: Reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(22). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Heilio, M. (2011). Modelling and the educational challenge in industrial mathematics. In *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 479-488). Springer.
- Hidroğlu, Ç. N. (2012). *Teknoloji destekli ortamda matematiksel modelleme etkinliklerinin çözüm süreçlerinin analiz edilmesi: Yaklaşım ve düşünme süreçleri üzerine bir açıklama* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- International Engineering Alliance (2014). 25 years of the Washington accords. (pp. 1–25). Retrieved from <https://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/History/25YearsWashingtonAccord-A5booklet-FINAL.pdf>.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1–11.
- Kent, P., & Noss, R. (2003). Mathematics in the university education of engineers: A report to the OveArup Foundation. London: OveArup Foundation. Retrieved from <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10006676/>
- Kertil, M. (2008). *Matematik öğretmen adaylarının problem çözme becerilerinin modelleme sürecinde incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kuzu, Ç. İ. (2021). Mühendislik fakültesi öğrencilerinin matematik kavramına ilişkin metaforik algıları. *Eğitim ve Bilim*, 111.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press.
- Leary, M. R., & Schunk, D. H. (2016). *The Power of Metaphor: Examining Its Influence on Social Life*. American Psychological Association.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). *Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching*. Routledge.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Research design in mathematics and science education* (pp. 591–646). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc..
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science. *ZDM*, 38(3), 269-280.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded source book* (2nd ed.). Sage.
- Miller, S. (1987). Some comments on the utility of metaphors for educational theory and practice. *Educational Theory*, 37, 219-227. <https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.1987.00219.x>
- National Council of Teachers of Mathematics. (NCTM) (1989). *Curriculum and evaluation standards for school*. Reston, VA: NCTM.
- Niss, M. (1987). Applications and modelling in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 18(4), 401-419.
- Rasmussen, C., & Kwon, O. N. (2007). An inquiry oriented approach to undergraduate mathematics. *Journal of Mathematical Behavior*, 26, 189–194.
- Saban, A. (2008). İlköğretim I. kademe öğretmen ve öğrencilerinin bilgi kavramına ilişkin sahip oldukları zihinsel imgeler. *İlköğretim Online*, 7(2), 421-455.
- Saka, E., ve Çelik, D. (2016). Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme problemlerini çözme sürecinde teknolojinin rolü. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 8(2), 116-149.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.

- Sokolowski, A. (2015). The effect of math modeling on student's emerging understanding. *The IAFOR Journal of Education*, 3(3), 142–156.
- Su, R., Rounds, J., & Armstrong, P. I. (2009). Men and thinks, women and people: A meta-analysis of sex differences in interest. *Psychological Bulletin*, 1135(6), 859–884.
- Yıldırım, A., ve Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, B., ve Türk, C. (2018). STEM uygulamalarının kız öğrencilerin tutum ve mühendislik algılarına etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 30, 842-884. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.368452>.