
MATEMATİKTE İLERİ ARAŞTIRMALAR

Editör: Doç.Dr. Gülistan KAYA GÖK

Matematikte İleri Araştırmalar

Editör

Doç. Dr. Gülistan KAYA GÖK

yaz
yayınları

2024

Matematikte İleri Araştırmalar

Editör: Doç. Dr. Gülistan KAYA GÖK

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-6171-38-1

Aralık 2024 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Ölçülebilir Fonksiyonlar ve Latis Değerli Egoroff Teoremi	1
--	----------

Ali KARAKUŞ

Muş İlinde Görev Yapan Sınıf Öğretmenleri İle Aday Öğretmenlerin Stem'in Okullarda Uygulanabilirliği ve Geliştirilebilirliği Hakkındaki Görüşleri	13
--	-----------

Cumali TURAL, Kenan YILDIRIM

New Developments And Definitions In Ideal Topological Spaces Via Convergence	49
---	-----------

Hürmet Fulya AKIZ

Grafen Yapısıyla Estrada İndeks.....	55
---	-----------

Ercan ÖZATAK, Gülistan KAYA GÖK

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

ÖLÇÜLEBİLİR FONKSİYONLAR VE LATİS DEĞERLİ EGOROFF TEOREMİ¹

Ali KARAKUŞ²

1. GİRİŞ

Ölçüm, temel olarak bir ipin uzunluğu, bir tarlanın alanı ve bir evin hacminin hesaplanması, ihtiyacından doğmuştur ve insan yaşamına kolaylıklar getirmiştir. Bu duruma paralel olarak ölçüm kavramının hayatımıza girişi çok eskilere dayanmaktadır. Ölçüm ilk olarak, insanlar tarafından kendi sayılarını veya hayvanlarının sayılarını belirlemek için, ardından bir çubuğun veya bir ipin reel düzlemdeki uzunluğunun ölçümünün belirlenmesi için, daha sonraları tarımın gelişmesi ve yerleşik hayata geçiş ile birlikte bir tarlanın alanını hesaplamak ve bir evin hacmini hesaplamak için basit anlamdaki ölçümleri temsil etmektedir. Ancak bu basit anlamdaki ölçümler daha karmaşık ölçümler için yetersiz kalmıştır.

Örneğin bir ağacın hacminin hesaplanmasında veya bir yaprağın yüzey alanının hesaplanmasında birçok problemle karşılaşmıştır. İşte bu noktada basit anlamda ölçümün yetersizliği ortaya çıkmıştır. Buna paralel olarak daha kompleks şekil, cisim veya kümelerin ölçümü için bilimin ve özellikle de matematiğin gelişmesiyle birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin; A.L. Cauchy (1789-1857), integrali bir toplamın limiti olarak tanımlayan ilk matematikçi oldu. Daha sonra Riemann (1826-1865), Cauchy'nin çalışmalarını sürdürmüştür. Ayrıca G. Cantor (1845-1918) integral ile ölçüm arasındaki ilişkiyi sezinlemiştir. Yapılan çalışmalar arasında özellikle de Fransız matematikçiler Emile Borel (1871-1956) ve Henri Lebesgue (1875-1941) in yapmış olduğu çalışmalar bugünkü klasik ölçüm teorisinin temelini oluşturmaktadır. Daha sonra ise birçok bilim insanı ölçüm konusunu çalışmıştır [1,4,7]. Klasik ölçüm teorisindeki toplamsallık özelliğinden dolayı bu ölçüme toplamsal ölçüm de denilmektedir.

¹ Bu kitap bölümü, yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² Dr. Öğr. Üyesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü, alikarakus@kilis.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8483-0137.

2. BULANIK ÖLÇÜM UZAYLARINDA ÖLÇÜLEBİLİR FONKSİYONLAR

2.1. Ölçülebilir Fonksiyonlar

Bu bölümde, $(X, \mathcal{F})$ ölçülebilir uzay $\mu: F \rightarrow [0, \infty]$ fuzzy ölçümü (veya yarı sürekli fuzzy ölçümü) ve $\mathcal{B} \subset (-\infty, \infty)$ üzerinde Borel cisim olsun.

Tanım 2.1.1 Herhangi bir $B \in \mathcal{B}$ Borel kümesi için;

$$f^{-1}(B) = \{x: f(x) \in \mathcal{B}\} \in \mathcal{F}$$

ise X üzerinde bir gerçel değerli $f: X \rightarrow (-\infty, \infty)$ fonksiyonu $\mathcal{F}$ - ölçülebilirdir denir (ya da kısaca ölçülebilir). [3]

Teorem 2.1.1 Eğer $f: X \rightarrow (-\infty, \infty)$ fonksiyonu gerçel değerli bir fonksiyon ise aşağıdaki ifadeler denktir. [2]

- (1) f ölçülebilirdir.
- (2) Herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için; $\{x: f(x) \geq \alpha\} \in \mathcal{F}$
- (3) Herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için; $\{x: f(x) > \alpha\} \in \mathcal{F}$
- (4) Herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için; $\{x: f(x) \leq \alpha\} \in \mathcal{F}$
- (5) Herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için $\{x: f(x) < \alpha\} \in \mathcal{F}$ dir.

İspat:

(1) $\Rightarrow$ (2) : $\{x: f(x) \geq \alpha\} = f^{-1}(\alpha, \infty)$ ve α, ∞ bir Borel kümesidir.

(2) $\Rightarrow$ (1) : Herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için $\{x: f(x) \geq \alpha\} \in \mathcal{F}$ ise herhangi bir $B \in \{\alpha, \infty): \alpha \in (-\infty, \infty)\}$ için $f^{-1}(B) \in \mathcal{F}$ 'dir.

$A = \{B: f^{-1}(B) \in \mathcal{F}\}$ ve $L = \{\alpha, \infty): \alpha \in (-\infty, \infty)\}$ ile belirtirsek $A \supset L$ olduğunu görürüz. Bazı $B \in A$ verilsin. $f^{-1}(\overline{B}) = \overline{f^{-1}(B)} \in \mathcal{F}$ olduğunda $\overline{B} \in A$ dır, yani A tümleyen oluşumu altında kapalıdır. Benzer şekilde, bazı $\{B_n\} \subset A$ verilsin. $f^{-1}(\bigcup_{n=1}^{\infty} B_n) = \bigcup_{n=1}^{\infty} f^{-1}(B_n) \in \mathcal{F}$ olduğunda $\bigcup_{n=1}^{\infty} B_n \in A$ olur, yani A sayılabilir birleşim oluşumu altında kapalıdır. Bu yüzden, A bir σ -cebiridir ve dolayısıyla $A \supset \mathcal{F}(L) = B$ dir. Bu da bize, f fonksiyonunun ölçülebilir bir fonksiyon olduğunu gösterir.

Kalanlar da benzer şekilde ispatlanır.

Sonuç 2.1.1 f ölçülebilir bir fonksiyon ise herhangi bir $\alpha \in (-\infty, \infty)$ için $\{x: f(x) = \alpha\} \in \mathcal{F}$ 'dir. [5]

Tanım 2.1.2 $R = (-\infty, \infty), R^n = R \times R \times R \times \dots \times R$ n -boyutlu çarpım uzayı olsun. Şimdi

$$L^{(n)} = \{\prod_{i=1}^n a_i, b_i): -\infty < a_i \leq b_i < \infty, i = 1, 2, \dots, n\}$$

$A - E_k f_n \{f_n\} \subset \mathcal{F} E f \in A \Leftrightarrow \mu \lim_k \mu(A - E_k) = \mu(A) 0$ alalım. $B^{(n)} = \mathcal{F}(L^{(n)})$ σ -cebirine R^n üzerinde Borel cisim denir ve $B^{(n)}$ içindeki kümeler (n -boyutlu) Borel kümeleri olarak adlandırılırlar. $f: R^n \rightarrow R$ fonksiyonu $(R^{(n)}, B^{(n)})$ ölçülebilir uzayında ölçülebilir bir fonksiyonsa bu fonksiyona (n -ary) Borel fonksiyonu denir. [6]

Teorem 2.1.2 $f_1, f_2, \dots, f_n$ fonksiyonları ölçülebilir fonksiyonlar olsunlar. Eğer $g: R^n \rightarrow R$ bir Borel fonksiyon ise $g(f_1, f_2, \dots, f_n)$ ölçülebilir bir fonksiyondur. [8]

Teorem 2.1.3 Herhangi bir $x \in X$ için, $\{f_n\}$ ölçülebilir fonksiyonların bir dizisi ve

$h(x) = \sup_n \{f_n(x)\}$ ve $g(x) = \inf_n \{f_n(x)\}$ ise h ve g ölçülebilirdir. [9]

Sonuç 2.1.2 $\{f_n\}$ ölçülebilir fonksiyonların bir dizisi ve

$\bar{f}(x) = \overline{\lim}_n f_n(x)$ ve $\underline{f}(x) = \underline{\lim}_n f_n(x)$ ise, $\bar{f}$ ve $\underline{f}$ ölçülebilirdir. Ayrıca $\lim_n f_n$ varsa o da ölçülebilirdir. [10]

Bundan sonra sadece negatif olmayan ölçülebilir fonksiyonları inceleyeceğiz ve $f, f_1, f_2, \dots, f_n$ sembollerini negatif olmayan ölçülebilir fonksiyonları göstermek için kullanacağız. Bütün negatif olmayan ölçülebilir fonksiyonlar sınıfı $\mathcal{F}$ ile gösterildi. Bundan sonraki birçok sonuç için genelleme yapılırsa, herhangi bir güçlük olmaksızın, ölçülebilir fonksiyonlar, gerçel değerli olarak genişletilebilir.

2.2. “Hemen Hemen” ve “Pseudo-Hemen Hemen”

$(X, \mathcal{F}, \mu)$ fuzzy ölçüm (veya yarı-süreklı fuzzy ölçüm) uzayı üzerinde ölçülebilir fonksiyon tanımı, klasik ölçüm teorisiyle özdeştir, sonuç olarak bu μ küme fonksiyonuyla bağlantılı değildir, fakat ölçülebilir fonksiyonların özellikleri söz konusu olduğunda küme fonksiyonu görüşleri incelenmelidir. Örneğin, eğer f fonksiyonu sonlu fuzzy ölçüm uzayında ölçülebilir bir fonksiyon ise, “ f hemen hemen her yerde sıfıra eşittir” ifadesinin anlamı nedir?

Olasılık teoreminde “rasgele bir değişken $\zeta, 1$ olasılık ile 0’a eşittir” ifadesi “rasgele bir değişken $\zeta, 0$ olasılıkla 0’a eşit değildir” ifadesine denktir, çünkü olasılık ölçümleri

toplanabilirlik özelliğine sahiptir. Şöyle ki, eğer ρ olasılık ölçümü ise herhangi bir E olayı için,

$$\rho(E) + \rho(\overline{E}) = \rho(E \cup \overline{E}) = 1$$

dir. Fuzzy ölçümlerinde genellikle toplanabilirlik özelliği kaybolduğu için, aşağıdaki tanımda belirtildiği gibi “hemen hemen her yerde” ifadesi “hemen hemen her yerde” ve “pseudo hemen hemen her yerde” diye ikiye ayrılmaktadır.

Tanım 2.2.1 $A \in \mathcal{F}$ olsun ve P, A nın içindeki noktalara göre bir önerme olsun. $P, A - E$ üzerinde doğru olacak şekilde $E \in \mathcal{F}$ ve $\mu(E) = 0$ varsa, “ P , hemen hemen her yerde A üzerinde doğrudur” deriz. $P, A - F$ üzerinde doğru olacak şekilde $F \in \mathcal{F}$ ve $\mu(A - F) = \mu(A)$ varsa, “ P , pseudo hemen hemen her yerde A üzerinde doğrudur” deriz.

“Hemen hemen her yerde” ve “pseudo-hemen hemen her yerde” ifadelerini sırasıyla “h.h.h.” ve “p.h.h.h.” ile göstereceğiz ve “ $\{f_n\}$ h.h.h. f ” e yakınsar (veya “ $\{f_n\}$ p.h.h.h. f ” e yakınsar”) ifadelerini de sırasıyla “ $f_n \xrightarrow{h.h.h.} f$ ” (veya “ $f_n \xrightarrow{p.h.h.h.} f$ ”) ile göstereceğiz. [11]

Örnek 2.2.1 Herhangi bir $E \in \mathcal{F}$ için, $X = \{0,1\}$, $\mathcal{F} = P(X)$ ve

$$\mu(E) = \begin{cases} 1; & E = X \\ 0; & E \neq X \end{cases} \text{ olsun.}$$

Verilen bu ölçülebilir fonksiyon dizisi için $f_n \xrightarrow{h.h.h.} 0$ ve $f_n \xrightarrow{h.h.h.} 1$ olur, fakat asla $f_n \xrightarrow{p.h.h.h.} 0$ veya $f_n \xrightarrow{p.h.h.h.} 1$ olamaz.

Örnekten de anlaşılacağı gibi, bu durumun klasik ölçüm teorisinden çok farklı olduğunu görüyoruz. Eğer $f_n \xrightarrow{h.h.h.} f$ ve $f_n \xrightarrow{h.h.h.} f'$ her ikisi de gerçekleşiyorsa, h.h.h. $f = f'$ dır. [12]

Şunu da belirtelim ki, “h.h.h.” ve “p.h.h.h.” durumları tamamen birbirine simetrik durumlar değildir. Gerçekte, eğer P önermesi $A \in \mathcal{F}$ üzerinde h.h.h. doğru ise o zaman bu önerme A nın $\mathcal{F}$ ’ye bağlı herhangi bir alt kümesi içinde doğrudur; fakat burada “h.h.h.” yerine “p.h.h.h.” olsaydı bu ifademiz doğru olmayacaktı. Bu durum aşağıdaki örnekte açıklanmıştır.

Örnek 2.2.2 Herhangi bir $E \in \mathcal{F}$ için, $X = \{a, b, c\}$, $\mathcal{F} = P(X)$ olsun. μ ise aşağıdaki gibi tanımlansın.

$$\mu(E) = \begin{cases} |E|; E \neq \{a, b\} & \text{ise} \\ 3; E = \{a, b\} & \text{ise} \end{cases} \quad \text{ve}$$

$$f(x) = \begin{cases} 0; x \in \{a, b\} & \text{ise} \\ 1; x = c & \text{ise} \end{cases}$$

olsun. μ nün fuzzy ölçüm olduğu ve

$$\mu(\{x: f(x) = 0, x \in X\}) = \mu(\{a, b\}) = 3 = \mu(X)$$

olduğu kolayca ispatlanabilir. Böylece, X üzerinde p.h.h.h. $f = 0$ dır. Fakat

$$\mu(\{x: f(x) = 0, x \in \{a, c\}\}) = \mu(\{a\}) = 1 \neq \mu(\{a, c\}) = 2$$

dir. Sonuç olarak “ $\{a, c\}$ üzerinde “p.h.h.h. $f = 0$ ” ifadesi doğru değildir. [13]

Bu konuyla ilgili “hemen hemen düzgün yakınsama” ve “ölçümde yakınsama” kavramları ölçülebilir fonksiyon dizileri içindir ve fuzzy ölçüm uzayı (ya da yarı-süreklili fuzzy ölçüm uzayı) üzerine dağılırlar.

Tanım 2.2.2 $A \in \mathcal{F}, f \in \mathcal{F}, \{f_n\} \subset \mathcal{F}$ olsun. Herhangi bir $k = 1, 2, \dots$ sabiti için $\{f_n\}, A - E_k$ üzerinde f e düzgün yakınsayacak şekilde $\lim_k \mu(E_k) = 0$ ile $\{E_k\} \subset \mathcal{F}$ varsa, $\{f_n\}, A$ üzerinde f ye hemen hemen düzgün yakınsar deriz $f_n \xrightarrow{h.h.d} f$ ile gösteririz.

Herhangi $k = 1, 2, \dots$ sabiti için, $\{f_n\}$, $A - F_k$ üzerinde f e düzgün yakınsayacak şekilde $\lim_k \mu(A - F_k)$ ile $\{F_k\} \subset \mathcal{F}$ varsa, $\{f_n\}$, A üzerinde f e pseudo-hemen hemen düzgün yakınsar deriz ve $f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$ ile gösteririz. [14]

Tanım 2.2.3 $A \in \mathcal{F}$, $f \in \mathcal{F}$ ve $\{f_n\} \subset \mathcal{F}$ olsun. Verilen herhangi bir $\varepsilon > 0$ için,

$$\lim_n \mu(\{x: |f_n(x) - f(x)| \geq \varepsilon\} \cap A) = 0$$

ise $\{f_n\}, \mu$ içinde, A üzerinde f e yakınsar (veya ölçüm içinde yakınsar, eğer bir karışıklık yoksa) deriz ve A üzerinde $f_n \xrightarrow{\mu} f$ ile gösteririz. Verilen herhangi bir $\varepsilon > 0$ için,

$$\lim_n \mu(\{x: |f_n(x) - f(x)| < \varepsilon\} \cap A) = \mu(A)$$

ise $\{f_n\}, \mu$ içinde, A üzerinde f e pseudo-yakınsar (veya ölçüm içinde pseudo-yakınsar) deriz ve A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.\mu} f$ ile gösteririz. [15]

Örnek 2.2.3 $X = [0, \infty)$, $\mathcal{F} = \mathcal{B}$ ve μ Lebesgue ölçümü olsun, öyleki, $[0, \infty)$ içindeki bütün Borel kümelerinden oluşan sınıfı temsil etsin. Herhangi bir $x \in X$ için

$$f_n(x) = \frac{x}{n}, n = 1, 2, \dots \text{ ve } f(x) = 0$$

alırsak,

$$f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$$

elde ederiz. Fakat $\{f_n\}$, X üzerinde f e hemen hemen düzgün yakınsamaz. Hatta, $f_n \xrightarrow{p.\mu} f$ olur, fakat $\{f_n\}, \mu$ içinde X üzerinde f e yakınsamaz. [15]

3. BÖLÜM

3.1. Ölçülebilir Fonksiyon Dizilerinin Yakınsamaları Arasındaki İlişki

Bu kısımda klasik analizde önemli bir yere sahip olan fonksiyon yakınsamalarının, bulanık ölçüm uzayı üzerinde ne anlama geldiği hakkında bilgi verilecektir.

Teorem 3.3.1 Herhangi bir $A \in \mathcal{F}$ ve A içindeki noktalara göre herhangi bir P önermesi için P, A üzerinde hemen hemen doğruysa P, A üzerinde p.h.h.h. doğrudur $\Leftrightarrow \mu$ sıfır-toplamsaldır. [13]

İspat: Yeterlilik: μ sıfır-toplamsal olsun. Eğer P, A üzerinde h.h.h. doğruysa, herhangi bir $x \in A - E$ için $P(x)$ doğru olacak şekilde $E \in \mathcal{F}$ ile $\mu(E) = 0$ vardır. Sıfır-toplamsallığı kullanarak $\mu(A - E) = \mu(A)$ elde ederiz. Böylece P, A üzerinde p.h.h.h. doğrudur.

Gereklilik: Herhangi bir $A \in \mathcal{F}, E \in \mathcal{F}$ ile $\mu(E) = 0$ için, $P(x)$ önermesini $x \in A - E$ olarak alalım. Açıkça görülmektedir ki, P, A üzerinde h.h.h. doğrudur. Eğer bu P nin A üzerinde p.h.h.h. doğru olduğunu gösteriyorsa, herhangi bir $x \in A - F$ için $P(x)$ doğru olacak şekilde $F \in \mathcal{F}$ ile $\mu(A - F) = \mu(A)$ vardır. Yani $x \in A - F$ iken $x \in A - E$ dir. Bu yüzden

$A - E \supset A - F$ dir. μ nün monotonluğunu kullanarak

$$\mu(A - E) = \mu(A)$$

elde ederiz.

Sonuç 3.3.1 $A \in \mathcal{F}, f \in \mathcal{F}$ ve $\{f_n\} \subset \mathcal{F}$ ve μ sıfır toplamsal olsun. Eğer A üzerinde $f_n \xrightarrow{h.h.h} f$ ise, A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.h.h.h} f$ olur. [13]

Teorem 3.3.2 $A \in \mathcal{F}$, $f \in \mathcal{F}$ ve $\{f_n\} \subset \mathcal{F}$ ve μ alttan otosürekli olsun. Eğer A üzerinde $f_n \xrightarrow{h.h.d} f$ ise, A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$ olur.

İspat. Eğer A üzerinde $f_n \xrightarrow{h.h.d} f$ ise, herhangi bir $k = 1, 2, \dots$ için $A - E_k$ üzerinde $\{f_n\}, f$ e yakınsak olacak şekilde $E_k \subset \mathcal{F}$ ile $\lim_k \mu(E_k) = 0$ vardır. μ alttan otosürekli olduğundan, $\lim_k \mu(A - E_k) = \mu(A)$ olur ve dolayısıyla A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$ olur.

Teorem 3.3.3 Herhangi bir $A \in \mathcal{F}$ ve herhangi bir $f \in \mathcal{F}$ ve $\{f_n\} \subset \mathcal{F}$ için, A üzerinde $f_n \xrightarrow{\mu} f$ olduğunda A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.\mu} f \Leftrightarrow \mu$ alttan otosürekli. [12]

Aşağıdaki teorem, Egoroff'un klasik ölçüm uzayından fuzzy ölçüm uzayına yaptığı genellemedir.

Teorem 3.3.4 (Egoroff teoremi) μ fuzzy ölçüm, $A \in \mathcal{F}$ ve $\mu(A) < \infty$ olsun. Eğer A nın her yerinde $f_n \rightarrow f$ ise, A üzerinde $f_n \xrightarrow{h.h.d} f$ ve $f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$ dir.

İspat: $A = X$ ve μ sonlu olsun demekle herhangi bir kaybımız olmayacaktır. Eğer herhangi bir $m = 1, 2, \dots$ için

$$E_n^m = \bigcap_{i=n}^{\infty} \left\{ x : |f_i(x) - f(x)| < \frac{1}{m} \right\}$$

şeklinde tanımlarsak, $E_1^m \subset E_2^m \subset \dots$ olur. $\{f_n(x)\}$ in $f(x)$ e

yakınsadığı bütün noktaların kümesi, $\bigcap_{m=1}^{\infty} \bigcup_{n=1}^{\infty} E_n^m$ dir. Eğer her

yerde $f_n \rightarrow f$ ise, herhangi bir $m = 1, 2, \dots$ için $\bigcup_{n=1}^{\infty} E_n^m = X$ dir.

Keyfi verilen herhangi bir $\varepsilon > 0$ için, üstten süreklilik ve μ nün

sonluluğu kullanılarak, $\mu\left(\overline{E_{n_1}^1}\right) < \frac{\varepsilon}{2}$ olacak şekilde n_1 bulunur;

bu n_1 için, $\mu\left(\overline{E_{n_1}^1} \cup \overline{E_{n_2}^2}\right) < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2^2} = \frac{3}{4}\varepsilon$ olacak şekilde n_2

bulunur.

$$\text{Genel olarak, } \mu\left(\bigcup_{i=1}^k \overline{E_{n_i}^i}\right) < \sum_{i=1}^k \frac{\varepsilon}{2^i} = \left(1 - \frac{1}{2^k}\right)\varepsilon < \varepsilon$$

olacak şekilde $n_1, n_2, \dots, n_k$ vardır. Buradan $\{n_i\}$ sayı dizisini ve $\{\overline{E_{n_i}^i}\}$ küme dizisini elde ederiz. μ nün alttan sürekliliğini kullanarak,

$$\mu\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} \overline{E_{n_i}^i}\right) \leq \varepsilon$$

buluruz. Şimdi $\bigcap_{i=1}^{\infty} \overline{E_{n_i}^i}$ üzerinde $\{f_n\}$ nin f ye düzgün

yakınsadığını göstermeliyiz. Verilen herhangi bir $\delta > 0$ için, $i_0 >$

$\frac{1}{\delta}$ alalım. Eğer $x \in \bigcap_{i=1}^{\infty} \overline{E_{n_i}^i}$ ise $x \in \overline{E_{n_{i_0}}^{i_0}}$ olduğundan, $i > n_{i_0}$

olduğunda

$$|f_i(x) - f(x)| < \frac{1}{i_0} < \delta$$

olur.

Buradan $f_n \xrightarrow{h.h.d} f$ olduğunu ispatlamış oluruz. Benzer yolla,

A üzerinde $f_n \xrightarrow{p.h.h.d} f$ olduğunu da ispatlayabiliriz.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, klasik ölçüm, bulanık ölçüm ve latis değerli ölçüm arasındaki ilişki ayrıntılı olarak ortaya konmuş ve klasik ölçümde yapılmış olan birçok tanım ve teorem, bulanık kümeler ve latis kümeleri yardımıyla bulanık ölçüm ve latis-değerli ölçüm (latis lm)'e taşınabilmiştir.

Ayrıca klasik analizde önemli bir yere sahip olan yakınsaklık, sürekli-lik, düzgün yakınsaklık gibi kavramlar bulanık ölçüm uzayı zerine Egoroff teoremi kullanılarak genelleştirilebilmiştir.

Bu durum gösteriyor ki; klasik analizdeki bazı kavramlar ve uygulamaları, bulanık ölçüm uzayı üzerine taşınabilir ve burada da kendine uygulama alanı bulabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Atanassov,K.T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. **20**, 87-96.
- [2] Atanassov,K.T. (1989). More on intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. **33**, 37-45.
- [3] Atanassov,K.T. (1994). New operations defined over the intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. **61**, 137-142.
- [4] Atanassov,K.T.,Gargov,G. (1989). Interval valued intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. **31**, 343-349
- [5] Birkhoff, G. (1967). Lattice Theory. 3rd ed.,(*AMS colloquim publications, providence, RI*)
- [6] Caratheodory, C. (1963), Algebraic Theory of Measure and Integration. New York, *Chelsea Publishing*
- [7] Delgado,M. and Moral,S. (1987). On the concept of possibility-probability consistency, *Fuzzy Sets and Systems* . **21**, 311-318
- [8] Dempster, A.P. (1967), Upper and lower probablities induced by multi-valued mapping . *Annals of Mathematical Stasistics*, **38**, 325-339
- [9] Dubois, D. and Prade, H. (1980), Groups Operating on Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, **120**, 543-548.
- [10] Dubois, D. and Prade, H. (1985), Evidence measures based on fuzzy information, *Automatica*, **21**, 547-562
- [11] Dubois, D. and Prade, H.(1988), Possibility Theory. New York : *Plenum Press*.
- [12] Dubois, D. and Prade, H. (1990), Constant apprximations of belief functions. *International Journal of Approximate Reasoning*, **4**, 419-449.
- [13] Dubois, D. and Prade, H. (1992), When upper probabilities are posibility measures. *Fuzzy Sets and Systems*, **49**, 65-74
- [14] Goguen, J.A. (1967), - Fuzzy Sets: *J. Math. Anal. Appl.*, **18**, 145-174.
- [15] Gratzner G. (1987), General Lattice Theory , *Academic Press*, London.

MUŞ İLİNDE GÖREV YAPAN SINIF ÖĞRETMENLERİ İLE ADAY ÖĞRETMENLERİN STEM'İN OKULLARDA UYGULANABİLİRLİĞİ VE GELİŞTİRİLEBİLİRLİĞİ HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİ

Cumali TURAL¹

Kenan YILDIRIM²

1. GİRİŞ

STEM; bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik olmak üzere dört disiplini bütünleştiren bir öğrenme, uygulama ve geliştirme yaklaşımıdır. Hızla gelişen teknoloji ile birlikte toplumun insan gücüne olan ihtiyacı farklılık arz ederek başka alanlara doğru yayılmaya başlamıştır. İçinde yaşadığımız bilgi çağında yaratıcı mühendislik uygulamaları ön plana çıkmaktadır. STEM eğitimi tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de araştırmacıların ve eğitimcilerin odak noktası haline gelmiş, çalışmalar işe koşulmuştur. Türkiye’de yayınlanan bazı raporlar, öğrencilerin STEM eğitimindeki bilgi ve becerilerinin artırılması ve ülkedeki STEM işgücünün geliştirilmesi gereğine vurgu yapmış ve bu ihtiyacı karşılamak için reform temelli eğitim politikalarına ihtiyaç duyulduğunu duyurmuştur. (Akgündüz vd., 2015; TUSİAD, 2017) En basit tanımıyla STEM eğitimi, bilim ve matematiğe kanalize edilmiş, teknoloji ve mühendislik entegrasyonu içeren bütüncül bir yaklaşımdır (Bybee, 2010). Ülkemizde son yıllarda etkisi giderek artan yeni becerilerin, yaratıcılığın ve yenilikçiliğın temini noktasında atılımlar sağlayan STEM eğitimi, meslekler arasında uyumu ve geçişi sağlamak için girişimcilik imkânı sunan önemli bir rol üstlenmiştir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB],2015).

STEM eğitiminin amaçlarından birinin de farklı yaş gruplarında özellikle küçük yaş gruplarda sunulacak olan STEM eğitimi sayesinde öğrencilerin bilgi ve ilgi seviyelerindeki artışların sağlanacağını söyleyebiliriz. Erken yaş grupları için STEM pedagojisine uygun olarak hazırlanacak öğrenme ortamı ve etkinlikler sayesinde fen, matematik, mühendislik ve teknolojik bağlantılar kurmak; disiplinler arası etkileşimi anlamalarına ve öğrendiklerini yaparak yaşayarak dünya görüşlerini geliştirmelerine yar-

1 Yüksek Lisans Öğrencisi, Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, STEM ABD, ORCID: 0009-0000-1488-0473

2 Prof. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, STEM ABD, k.yildirim@alparslan.edu.tr, ORCID: 0009-0000-1488-0473

dımcı olacaktır (MEB 2018). Diğer bir ifadeyle STEM eğitiminde hedeflenen gaye, akademik konuları günlük yaşamda karşılaşılan durumlarla, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematikle ilişkilendirmek; okullara, topluluklara, işletmelere vb. alanlara plan-program dâhilinde uygulamaktır. Bu sayede STEM eğitimiyle öğrencilerin problem çözme becerilerinin gelişmesindeki etki artarak, öğrencilerin var olan bilgilerini yeni durumlara daha kolay transfer edebilmeleri anlamında kazanımlar sağlayacaktır (Morrison, 2006). Sonuçlarına göre gereken değerlendirmelerin ardından uygulama safhasına alınarak küresel ekonomide etkin bir şekilde rekabet edebilen ileri bilim ve yenilikçi potansiyeller geliştirmek de bu alanda hedeflenen bir diğer beklentidir (Sanders, 2009). İşin özü olarak bu eğitim modeliyle sağlanmak istenen hedef davranış, ekonomik kalkınma başta olmak üzere bilim ve bilgi çağında özgünlüğe ve yaratıcılığa adım atmış bireyler kazandırmak ve gelişen dünyada çığır açacak liderler yetiştirmektir (Akgündüz vd., 2015). Bu bağlamda, mühendislik temelli etkinliklerin gözden geçirilmesi, öğretmenlerin anlamlı, öğrenci merkezli bilgileri ortaya çıkarmasına ve öğrencilerin matematik ve bilimi uygulamaları için tüm yaşam bağlamını oluşturmalarına olanak tanır. (Stohlmann, Roehrig, & Moore, 2014). Bu açıdan bakıldığında STEM modelinin mühendislik uygulamaları adı altında eğitim programlarına girmesinden önce bu konuda öğretmen yetiştirme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun için öncelikle çeşitli eğitim programları ile öğretmen adaylarına STEM becerileri kazandırılması, bunun için öğretmen adaylarının yetiştirilmesi ve son olarak da bu eğitim modelinin okullara getirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerin STEM modelini ne kadar iyi bildiklerine ve anladıklarına ilişkin tespit ve değerlendirmelerin olması gerekmektedir. Bu araştırma ile devlet okullarında görev yapan sınıf öğretmenlerinin ve aday öğretmenlerin STEM 'in okullarda uygulanabilirliği ve geliştirilmesi hakkındaki görüşleri üzerinden hareketle STEM modeline yeni bakış açılarını belirlemeyi amaçlanmaktadır. Elde edilen sonuçların öğretmen yetiştirme sistemine yön vermesi açısından önemli olduğu ve aday öğretmenlerin görevine başlamadan evvel iyi bir ön hazırlıkla donanımlı olmalarına imkân tanıyacağı düşünülmektedir. Buradan hareketle çalışmayı derinleştirecek, çeşitli araştırmalarla zenginleştirecek aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmaya çalışılmıştır:

➤ “Sınıf öğretmenleri ile aday öğretmenlerin STEM hakkındaki bilgileri nelerdir?

➤ Bu alanda yapılan çalışmalar takip ediliyor mu?

➤ STEM eğitim modeli, yeterli dersliği ve öğrencisi olan her eğitim merkezlerinde uygulanabilir mi?

- Sınıf öğretmenleri açısından STEM uygulaması hangi derslerde daha çok kullanılabilir?
- STEM 'i okullarda uygulayabilmek için okulun nasıl bir donanıma sahip olması gerekir?
- Öğretmen ve öğretmen adayları bu sürecin uygulaması sırasında nasıl bir tutum içerisindeyler?

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırma sürecinde literatür taranmış, Türkiye’de STEM alanında yapılan bir çok çalışma incelenmiştir. İlkokullarda verilen STEM eğitimleri hakkında araştırmalar yaparak ilkokullarda sınıf öğretmenleri tarafından STEM eğitimleri üzerine ayrıntılı bir çalışmanın hazırlanması doğrultusunda bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir.

2.1. Araştırmanın Problemi

Araştırmanın ana problemi; “Sınıf öğretmenleri ve aday öğretmenlerin okullarda STEM’ in uygulanabilirliği ve geliştirilebilirliği hakkındaki görüşleri nelerdir?” şeklinde kurulmuştur.

2.1.1. Araştırmanın Alt Problemleri

Ana problemin çözümü için şu alt problemlerin cevapları araştırılmalıdır:

2.1.1.1. “Sınıf öğretmenleri ile aday öğretmenlerin STEM hakkındaki bilgileri nelerdir?”

2.1.1.2. Bu alanda yapılan çalışmalar takip ediliyor mu?

2.1.1.3. STEM eğitim modeli, yeterli dersliği ve öğrencisi olan her eğitim merkezlerinde uygulanabilir mi?

2.1.1.4. Sınıf öğretmenleri açısından STEM uygulaması hangi derslerde daha çok kullanılabilir?

2.1.1.5. STEM 'i okullarda uygulayabilmek için okulun nasıl bir donanıma sahip olması gerekir?

2.1.1.6. Öğretmen ve öğretmen adayları bu sürecin uygulaması sırasında nasıl bir tutum içerisindeyler?

2.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma ile devlet okullarında görev yapan sınıf öğretmenlerinin ve aday öğretmenlerin STEM 'in okullarda uygulanabilirliği ve geliştirilmesi hakkındaki görüşleri üzerinden hareketle STEM modeline yeni bakış açıları belirlemek, Sınıf öğretmenlerinin STEM eğitimiyle ilgili bilgi ve becerilerin geliştirilmesine kaynak sunmaktır.

2.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Araştırma, 2022–2023 Eğitim-Öğretim yılı bahar yarıyılında Muş'ta bir köy ilkokulu ve merkezde iki ilkokul olarak sınırlı örnekleme yapılmıştır.

2. Araştırmada elde edilen veriler, araştırmada kullanılan ölçme araçlarının ölçme gücü ile sınırlıdır.

3. Araştırma, öğretmenlerin açık uçlu görüşme sorularına verdikleri cevaplar ile sınırlıdır.

4. Araştırma, uygulama süreci olan 3 hafta ile sınırlıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırma deseni, evren ve örneklem, uygulama süreci, veri toplama aracı, veri analizi, geçerlilik/güvenirlilik, bulgular yer almaktadır.

3.1. Araştırma Yöntemi ve Deseni

Bu çalışma Nitel araştırma yöntemlerinden fenomenolojik desen modeline göre yapılmıştır. Dolayısıyla fenomenoloji günlük olarak sıklıkla karşılaştığımız, tanıdığımız fakat tam anlamını kavrayamadığımız olguları araştırmayı amaçlayan çalışmalar için kullanılmakta ve uygun bir araştırma ortamına imkân sağlamaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2016, s. 69). Bu araştırmanın da amacı sınıf öğretmenleri ile aday öğretmenlerin STEM'in okullarda uygulanabilirliği ve geliştirilmesi hakkındaki görüşlerinin uygun zeminde araştırılmasıdır. Keza bu çalışmada yurt içi alan yazında STEM eğitime yönelik yürütülen öğretmen eğitimlerinden farklı olarak bağlamsal koşulların göz önünde bulundurulduğu özgün, sistematik ve ilkokullarda uygulanabilir STEM modeli ortaya konulmuştur. Bu bağlamda STEM yaklaşımı dersinde hedeflenen becerilerin uygulayıcılar

ve öğrenciler tarafından aktarımına ışık tutmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın ilkökul STEM programlarındaki olası sorunları tanımlaması ve olası çözüm önerilerini sunması, uygulamada araştırmacılara ve uygulayıcılara fayda sağlayacağı açısından da önemlidir. Son olarak eğitim alanında popüler bir yaklaşımın ürünü olan 21. yüzyıl becerilerine (sunum yapma, ekip çalışması, mühendislik becerileri, vb.) hitap eden bu çalışma, araştırma yöntemi ve tasarımı açısından alana katkı sağlayabilecek özelliklere sahiptir.

Çalışmada yer alan öğretmenler amaçlı örnekleme yöntemlerinden tipik durum örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Tipik durumlar, evrende yer alan birden fazla ortak yanları bulunan olay ve olguları genel olarak inceleyen, açıklayabilecek düzeyde bilgi içeren durumlardır (Patton, 2005). Çalışma, seçilen öğretmenlerden Muş ilinde görev yapan merkezde 2 sınıf öğretmeni, 1 aday sınıf öğretmeni ile köy okulunda görev yapan 6 sınıf öğretmeni olarak toplamda 9 kişi üzerinden yapılmıştır.

3.2. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

3.2.1. Araştırmanın Evreni

Araştırmanın evreni 2022-2023 Eğitim-Öğretim yılında Muş ili merkeze bağlı bir köy ilkokulu ile Muş merkezden 2 ilkökul olarak belirlenmiştir.

3.2.2. Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın örnekleme, köy okulunda görev yapan 6 sınıf öğretmeni ile il merkezinde bulunan iki ilkökoldan 2 sınıf öğretmeni ve 1 aday sınıf öğretmeni olarak toplamda 9 sınıf öğretmeninden oluşmuştur.

3.3. Veri Toplama Aracı

Sınıf öğretmenleri ve aday öğretmenlerin okullarda STEM' in uygulanabilirliği ve geliştirilebilirliği hakkındaki görüşlerini belirlemek için açık uçlu sorulardan oluşan görüşme formu hazırlanmıştır. Soruların amaca uygunluğu, kapsam genişliği, sınırlılıkları gibi kriterlere göre uzman görüşlerce incelenmesi yapılmış. Öğretmenlere ayrı zamanlarda ve bağımsız olarak sorular sorulmuş, yanıtlamaları için süre tanınmıştır. Verilen cevapları ses kayıt cihazıyla kaydedilerek içerik analizi yapılmıştır. Alanyazında benzer çalışmalarla karşılaştırarak verilerin anlamlılığı ve tutarlılığı hakkında genellemelere gidilmiştir.

3.4. Araştırmanın Uygulama Süreci

Evren ve örneklem seçimi yapıldıktan sonra araştırmada yer alacak öğretmenlerle gönüllülük esasına dayalı olacak olan bu çalışma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ancak araştırmanın içeriği hakkında detaylar verilmemiştir. Görüşme formu kullanılarak örneklemdaki 9 öğretmen grubunu kapsayacak şekilde görüşmeler yapılmıştır. Her görüşme yaklaşık 7-14 dakika sürmüştür. Görüşme öncesinde öğretmenlere STEM eğitimi hakkında herhangi bir bilgi verilmemiş, sadece STEM eğitimi hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları sorulmuştur. Ardından araştırma sürecine ışık tutacak görüşme soruları sorularak cevaplar alınmaya çalışılmıştır. Bunu yaparken de görüşmeler ses kayıt cihazı ile kaydedilmiş, daha sonra yazıya dökülmüş ve analiz için uyarlanmıştır.

Görüşme formunun hazırlanması aşamasında 2 uzman akademisyenin görüşü alınarak soruların anlamlılığı, anlaşılabilirliği ve kapsamı noktasında değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırmanın geçerlik ve güvenilirliğine ilişkin uzman görüşünden faydalanma, katılımcının izni ve onayı, doğrudan alıntı yapma, veri toplama araçları ile veri analiz sürecinin açıklanması, çalışma grubu seçim yönteminin açıklanması, örneklemin amacı gibi oluşumlar dikkate alınmıştır. Görüşme sırasında ses kaydı nedeniyle veri kaybı yaşanmaması için adımlar atılmıştır. Katılımcıların ifadeleri kaydedildikten sonra doğrulamaları istenmiş ve yanlış ifadeleri düzeltmeleri için kendilerine fırsat verilmiştir. İçeriklerin analizinden yola çıkarak veriler oluşturulmuştur. Görüşmede elde edilen yanıtlar analiz edilmiş, kodlar belirlenmiş ve benzer özelliklere sahip kodlar temalar halinde gruplanmıştır. Dış güvenilirliği sağlamak için veri toplama ve analiz yöntemleri dikkatlice tanımlanmıştır.

Uzman görüşleriyle görüşme sorularının son kontrolleri yapılarak öğretmenlerle önceden planlanan gün ve saatte bir araya gelinmiş, araştırma süreci başlatılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Öğretmen ve aday öğretmenlerle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler analiz edilerek araştırma sorusuna göre elde edilen sonuçlarla beraber aşağıda sunulmuştur.

4.1. Bulgular

4.1.1. Görüşme Soruları ve Elde Edilen Veriler

Öğretmen ve öğretmen adaylarına sorulan bu araştırma sorusunda görüşlere göre 3 tema oluşturulmuştur. Bu temalar “Mevzuat, Eğitimlere katılım, Mesleki ilgi” şeklinde Tablo 1’de yazılmıştır.

1- STEM hakkında neler biliyorsunuz?

Tablo 1. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Temalar	Kodlar
Uygulanan Mevzuat	Ders ve Kazanımlar Yıllık Planlar
Eğitimlere Katılım	Hizmet içi seminerler Uzaktan/Yüz yüze toplantılar Eğitime katılma isteği
Mesleki İlgi	Güncellik Kendini Geliştirme İsteği Maddi İmkânlar

Öğretmenlerin MEB’in uygulamaya koyduğu mevzuat çerçevesinde ders kazanımlarında ve yıllık planlarda STEM eğitimi üzerine gerekli eklemeleri yaptıkları yapılan görüşmelerle ifade edildi. Ancak okulun fiziki şartları, araç-gereç ve laboratuvar açısından donanımsal koşullara bağlı eğitimlerin sunulması noktasında aksayışların olabildiğine ait görüşler dile getirildi. Ayrıca yıllık planda belirlenen gün ve saatlerin bu eğitim için yetersiz kaldığı, daha fazla süreye yayılması gerekli olduğuna dair önerilerde bulunuldu. Aynı zamanda STEM’ in bir disiplinler arasında bağ kurduğunu, gelişen teknolojiyle beraber eğitim kademelerinde yeni uygulanan bir süreç olduğu da öğretmenlerin görüşlerinden anlaşılmaktadır. Öğrencilere eleştirel bakış açısını kazandırılmasında, yaparak yaşayarak öğrenmeler sağlaması noktasında ve günlük hayatta karşılaşılan problem durumlarının çözümünde çok faydalı olduğu dile getirildi. STEM’ in Fen, Matematik ve mühendislik alanlarıyla bir bütün olduğu öğretmenlerin ifade ettikleri ortak görüşleri arasındadır diyebiliriz.

Çalışmada yer alan öğretmenlerin isimleri yerine AÖ, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4, SÖ5, SÖ6, SÖ7, SÖ8, şeklinde kodlar kullanılmıştır. 1.soruya ait vermiş oldukları cevaplar, yukarıdaki değerlendirmemize şu şekilde kaynak olarak sunulabilir:

SÖ1: *Hocam STEM bildiğim kadarıyla temelde 4 disiplinden oluşan bir siSTEM, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik temel disiplin-*

lerinin kullanılarak günlük hayattaki problemleri çözmek için yöntemler geliştirmek üzerine bir siSTEM olarak biliniyor.

SÖ2: Aslında STEM hakkında çok bir bilgi yok ama etraftan duyduğum kadarıyla mühendislik, teknoloji, matematik ve fenin pratik olarak yaşama aktarılması ve bunu önceleyen felsefe haline getiren bir eğitim anlayışı.

SÖ3: STEM'in ingilizce kelimelerin baş harflerinden oluştuğunu biliyorum. Bilim, matematik, teknoloji ve mühendislik derslerini kapsadığını biliyorum.

SÖ4: Hocam STEM günümüzde dünyanın gelişmesiyle okullarımızda biliyoruz ki çocuklar çocukların en önemli sosyal ortamı, okullar, okullarda bilimin fenin mühendisliğin, teknolojinin bir arada harmanlanarak entegre edilerek eğitime geçirilmesine STEM diyor. Bunu biliyorum.

SÖ5: STEM bir ingilizce kısaltma, bilim, teknoloji, matematik fen alanlarında yapılan çalışmaların ingilizce isimlerinin kısaltılması.

SÖ6: Eee, şöyle, STEM hakkında STEM hani bilimin teknolojinin Fenle matematikle birlikte olan hani birbiriyle etkileşim halinde olan bir çalışma olduğunu biliyorum. Çocukların öğrencilerin kazanımlarının veya derslerde öğrenmesi gereken konuların STEM sayesinde STEM çalışmalarını kullanarak hani sorgulayıcı, eleştirel bir bakış açısıyla ve çocukların yaratıcılığını kullanarak hani yapılan bir siSTEM. Aslında çok güzel bir siSTEM yani yeni yeni ortaya çıkmış çok da faydalı bir siSTEM.

SÖ7: İki sitem birçok farklı disiplinin bir araya gelip ortak oluşturduğu hani ortak bir ürün ortaya çıkarır. Bir çok disiplini birleştirip STEM diyor, Steam diyor, görseli de araya katarak o.a ekliyoruz. Yani farklı disiplinlerle ortak bir ürün ortaya çıkarma diyebiliriz.

SÖ8: STEM daha çok çocukları yani öğrencileri problem çözme, düşünmeye yani dersi ders olarak sadece öğrenmekten ziyade bunu hani günlük hayatında kullanabileceği, problemleri çözebileceği bir alanda yetiştirmek ve geliştirmek için yapılan uygulamalar diye biliyorum.

AÖ: Çağımız çok hızlı değişmekte. Bu da yeni bir yaklaşım. Bilgilerim bu kadar.

2-“STEM eğitimi ile ilgili katılmış olduğunuz herhangi bir çalışma, kurs faaliyeti oldu mu?”

Tablo 2. Araştırma Sorusuna Ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Mesleki Gelişim	- Seminerlere katılım sağlama - STEM faaliyetlerine programda yer verme

Öğretmen ve aday öğretmenler için bu soruda STEM’ in uygulanmasına yönelik çalışmalara katılma düzeyleri ve almış oldukları bilgilendirmeye dayalı çalışmaların olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. AÖ, SÖ2, SÖ3, SÖ4 ve SÖ6 öğretmenlerin daha önce herhangi bir kursa veya çalışmaya katılmamış oldukları görüşmedeki ifadeleriyle belirtilmiştir. Diğer öğretmenlerin de bu tür çalışmalara dahil oldukları kendi ifadeleriyle şu şekilde dile getirilmiştir:

SÖ1: Daha önce katılmıştım. Robotik kodlama eğitimine katılmıştım. Eee STEM merkezinde burada Muş’ta STEM merkezinde robotik kodlama eğitimi almıştım.

SÖ5: *Daha önce üniversitedeyken Aziz SANCAR’ ın kız çocuklarına yönelik bir çalışması vardı. Bir spor salonuna toplanı özellikle kız çocukları adına onlara bazı malzemeler verilip onlardan işte küçük robotlar tasarlamaları istenmişti*

SÖ7: *Kursa katılmıştım burada. Halk Eğitim bünyesinde de var.*

SÖ8: *Robotik kursuna katıldık orada hani bir kısmını bu şekilde STEM üzerine bize vermişlerdi ama çok detaylı bir eğitim almadım.*

Sınıf öğretmenleriyle yapılan görüşme neticesinde STEM alanıyla ilgili gerek Halk Eğitim bünyesinde gerekse bu alanı destekleyen diğer dallarda kısa süreli de olsa eğitime katılım sağlanmıştır. Bu tür çalışmada yer almamış öğretmenlerimizle yapılan görüşmede STEM’ in henüz okullarda tam anlamıyla yayılmamış olmasını, eğitim ve öğretim sürecinde yıllık planlarda etki alanı çok dar olduğundan kazanımlara yansımadığı şeklinde geri dönütler alınmıştır. Bundan dolayı bu tür etkinliklere katılma noktasında zaman ve fırsatlar oluşturamadıklarını ortaya koymuşlardır. Bu durum, mevzuatta STEM ile ilgili çalışmalara fazlaca yer verilmesi gerektiği, bakanlığın tüm öğretmenlere STEM ile ilgili bu tür çalışmaları seminerler şeklinde sunmasının faydalı bir çalışma olacağını ortaya çıkarmaktadır.

Bu alanla ilgili bir çalışmanın içerisinde aktif olmanın, sınıf öğretmenliği mesleğine olan etkileri üzerine SÖ1, SÖ2, SÖ5, SÖ7 kodlu öğretmenlerin ifadeleri şu şekilde olmuştur:

SÖ1: Şimdi hocam öğretmenlik mesleğinde siz de biliyorsunuz yani. Bu mesleği yapanların sürekli kendini geliştirmesi gerekiyor. Hani STEM bunun için bize bir fırsat sunuyor, işin aslı bende aldığım eğitimin faydalı olduğunu düşünüyorum bu anlamda.

SÖ2: Küçük yaştan itibaren çocukların yaparak ve yaşayarak öğrenmesi adına STEM'in çok faydalı olacağını düşünüyorum. Aslında uygulanabilir bir eğitime anlayışı var STEM'in.

SÖ5: Daha önce üniversitemde böyle bir şey duymamıştım. Ama o etkinliğe katılınca biraz araştırma şansım olmuştu. Aslında bizim daha önce ilkokulda yaptığımız teknoloji tasarım derslerinin biraz daha günümüze, bilime, teknolojiye daha fazla uyarlanmış hali bence. Bizim de 3. Sınıfta fen dersleri için, matematikte 3 boyutlu çalışmalar yapmak için faydalı olduğunu düşünüyorum.

SÖ7: Şöyle zaten hani bizde biliyoruz ki kazanımlar da birbirlerine uyumlu. Hani o yüzden bizim için biraz daha somutlaştırıcı bir örnek oldu.

Görüşmelere bakıldığında SÖ2, SÖ5, SÖ7 öğretmenlerin derste işledikleri konuların daha çok somutlaştırılmasında ve kazanımlarla uyumlu olduğu için uygulamalarda sıkıntı çekilmediğine vurgu yapmışlardır. SÖ1 ise bu alanla aktif olmanın mesleki anlamda yeniliğe açık oluşa ve mesleki gelişim becerilerine olan katkılarını dile getirmiştir.

3- Milli Eğitim Bakanlığı'nın eğitim alanındaki gelişmeleri üzerine aldığı güncel kararları takip ediyor musunuz?

Tablo 3. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Güncellik	- MEB kararlarını inceleme - Sosyal Medyadan takip - Diğer platformları kullanma

Yapılan görüşmede bu soru üzerine öğretmenler genel anlamda bakanlığın güncel kararlarını değişik platformlardan takip ettiklerini dile getirmişlerdir. Bazı öğretmenler ise kendilerini mesleki anlamda sürekli geliştirme eğiliminde olduklarını dile getirirken, eğitim üzerine alınan uluslararası kararları bile takip ettiklerini ifade etmişlerdir. SÖ6 koda sahip öğretmenin dışında katılım sağlayan diğer öğretmenlerin güncel kararları takip ettikleri kendi ifadeleriyle şu şekildedir:

AÖ: Evet, takip etmeye çalışıyorum.

SÖ1: Etmeye çalışıyorum diyelim.

SÖ2: Tabi elimden geldiğince sosyal medyadan ya da resmi makamlardan takip etmeye çalışıyorum.

SÖ3: Eee, edebildiğim kadarını ediyorum.

SÖ4: Çok takip ediyorum desem takip edebiliyorum ya da uygulayabiliyoruz desem yalan olur. Yine sosyal medyadan takip ettiğim kadarıyla bilgilendirdikleri kadarıyla biliyorum.

SÖ5: Sosyal medyada paylaşıldığı kadarıyla takip ediyorum. SÖ7: Genellikle takip edebilirim. Elimden geldiğince.

SÖ8: Evet, genel anlamda takip etmeye çalışıyorum elimden geldiğince.

Öğretmenlerin vermiş olduğu yanıtlara bakıldığında, MEB' in aldığı kararlar ve eğitime yönelik gelişmelerden isteyerek ve ilgi duyarak haberdar olmaları noktasında yetersiz kaldıkları anlaşılmaktadır.

3.1 Ülkemizde STEM eğitimi ile ilgili en güncel bilgilerden tüm eğitimcilerin haberdar olması için sizce nasıl bir yol izlenmesi gerekir?

Tablo 4. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Mesleki Gelişime Açık Olma	MEBBİS, ÖDA, EBA Kurumlar arası iletişim Kurslara, seminerlere katılım Elektronik iletişim kanalları kullanım

Alt soru olarak daha detaylı bilgiler elde etmek amacıyla öğretmenlere yönlendirilen bu soruda öğretmenlerin çoğunluğunun öncelikle mesleki gelişime açık olma gerekliliğini koşul olarak sunduğunu görüyoruz. Daha sonra bakanlık bünyesinde STEM alanında kurslar, seminerler, hizmet içi eğitimler vb. etkinlikler sunulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı öğretmenlerin de bu yıl yeni uygulamaya geçilmiş olan DYS hizmeti sayesinde çeşitli kanallardan daha hızlı haberdar oldukları ifade edilmiştir. Mebbis modüllerine STEM ile ilgili çalışmaların eklenmesiyle duyuruya aktarılan güncel bilgilerden tüm eğitim camiasının daha hızlı bir şekilde haberinin olacağı konusunda da öğretmenlerden görüşler alınmıştır. İfade edilen görüşlere yer vermek gerekirse;

AÖ: Bir seminer verilebilir, konferans verebilir. Daha etkili olacağını düşünüyorum.

SÖ1: Şimdi STEM aslında çok yeni bir uygulama. Birçok öğretmeni-mizin de şöyle alanda gördüğüm kadarıyla STEM hakkında yeterince bil-

gisi yok. Bu yüzden Milli Eğitim bir çalışma yapması gerekiyor. Normalde bazı merkezlerde kursiyer olarak seminerler, seminerlere katılan hocalarımıza eğitim verilir illerde okul okul gezerek arkadaşlara anlatabiliyorlar. STEM için de bu uygulanabilir aslında.

SÖ2: Şu anda aslında iletişimin yeterli olduğunu düşünüyorum. Yani biraz daha yaşı ilerlemiş öğretmenlere, öğretmenlerimizin bu konuda biraz daha muzdarip ama genç nesil öğretmenlerin bence hepsinin gelişim konusunda bir sıkıntısı yok.

SÖ3: Şu şekilde, belli zamanlarda öğretmenlere verilen bilgilendirme seminerleri olabilir. İdarecilerin bu konu hakkında takip ettiği kurumlardan veya bilgilendirme yazılarından takip edilebilir. Ve öğretmenlerin de sürekli aktif olması gerektiğini düşünüyorum.

SÖ4: *Bence bunun daha kapsamlı bir şekilde aktarılması gerekir. Yani Milli Eğitim, okullara, okullar, öğretmenlere, öğretmenler, öğrencilere şeklinde böyle bir prosedür şeklinde aktarılması gerekir ki, hepimiz daha kolay bilgiye sahip olalım. Çünkü bireysel olarak baktığımızda sadece öğretmenin kendi çabasıyla olarak kalıyor alıyor ama işin içerisine daha büyük kurumlar girerse hepimiz kolay ve daha güzel bir sahibi olabiliriz.*

SÖ5: *Daha önce hani nasıl ara dönemlerde uzaktan eğitim çalışmaları olur ya bu konu üzerine de bence şeyler kurslar verilebilir çünkü çok fazla bilinen bir alan değil bence. Dediğim gibi yani bizim çok eskidendi. O iş eğitimi, teknoloji tasarım derslerinden gelen bir alan ve şimdi yeni dünyaya uyarlanması için daha faydalı olabilir. Daha fazla tanıtılabilir bence öğretmenlere.*

SÖ6: *Yani şöyle ben STEM hakkında çok bilgi sahibi değilim sadece genel olarak biliyorum ama STEM ile ilgili bir çalışma kesinlikle yapmak isterim. Bunun için farklı bir platform oluşturulabilir, hani var mı onu da bilmiyorum. Hani bu konuda çok olumsuz yorum yapmış olmayayım. STEM hakkında farklı bir platform oluşturulabilir ya da Mebbis üzerinden bizim kullandığımız platform üzerinden farklı bir yer açılabilir, hani bu konuyla alakalı seminerler çalışmalar yapılabilir ,bütün öğretmenin öğretmenlerin dahil olabileceği şekilde çünkü gerçekten çok faydalı bir çalışma.*

SÖ7: *Yani açıklamalar arttırılabilir. Şu an yine bize DYS üzerinden her şey geliyor zaten. Mebbisten bu işler daha iyi oldu bu sene. Yani bize de geliyor eskiden yani galiba müdürlere geliyordu bildiğim kadarıyla. Şu an bence bilgi sahibi olduğumuzu düşünüyorum, açıklamalar da yapılıyor.*

SÖ8: *Birincisi, bununla ilgili eğitimler açıkçası yapılmalı. Yani STEM ile ilgili eğitimler yapılmalı ama bu eğitimlerin ben uygulamaya dönük yapılması gerektiğini düşünüyorum. Yani sadece bir video izlemek ya da bir slayt gösterisi şeklinde değil. Hani uygulayarak öğrenilmeli. Çünkü STEM*

gerçekten uygulamaya dayalı bir şey ve bunların da hani okul ortamına da açıkçası derslerini de buna yönelik olarak özellikle fendir matematiktir derslerinin hani bu şekilde işlenmesi gerektiğini düşünüyorum. Çocukların ne kadar küçük yaşta bu şekilde eğitime hazır başlarsa hani ilerisi için de hani hem yatırım olur hem de bu anlamda. Çünkü problem çözme yeteneği öyle bir anda oluşabilecek bir şey değil. Zemini hani en zeminden bu şekilde başlarsak daha sağlam gider. Bundan haberdar olmak için de açıkçası hani öğretmenlerin de bu anlamda kendini geliştirmek iSTEMesi lazım. İlgi alanına giriyor olması lazım. Ben mesela sayısal alanda bir tık daha mesela ilgi alanım vardır. Özellikle robotik kodlama çocuklarımı kendi çocuklarım ve öğrencilerimi de hani yönlendirmeye çalışıyorum? Özellikle velilerle olan iletişimin de bu noktada iyi olması gerekiyor. Bu şekilde artırılabilir diye düşünüyorum.

Özellikle SÖ4, SÖ8 kodlu öğretmenlerin verdiği cevaplara bakıldığında STEM ile ilgili gelişmeler üzerine öğretmenlere uygulamalı eğitimlerin verilmesi gerektiği, basit slayta dayalı sunumlarla değil de daha çok uygulamaların yapılarak, öğretmenlerin bizzat işin içinde olacağı şekilde çok daha faydalı olacağı sonucuna ulaşıldı. Aynı zamanda bunu sadece MEB kanalıyla değil, farklı kanallardaki büyük kurumların da işe koşulmasıyla daha net fırsatlara erişileceği ifade edildi.

3.2 STEM eğitimiyle ilgili hizmet içi seminerlerden haberiniz oluyor mu? Bu alanla ilgili düzenlenecek olan hizmet içi çalışmalara katılmak ister misiniz?

Tablo 5. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
STEM farkındalığı	- Hizmet içi eğitim ve kurslara katılma isteği

Görüşme yapılan öğretmenlerin tamamına yakını STEM eğitimiyle ilgili seminerlerden haberlerinin olmadığını belirtse de bazılarının da araştırarak, ilgilenererek bu tür etkinlikleri takip ettikleri anlaşılmıştır. Ayrıca STEM eğitimi içerikleri ile ilgili seminer çalışmaları olduğunda hepsinin katılmaya istekli olduğu kendi ifadeleriyle belirtilmiştir.

4- Sınıfınızda STEM ile ilgili uygulamasını yaptığınız çalışmalarınız oldu mu?

Tablo 6. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
STEM eğitiminin katkıları	Proje grubunda kullanma Problem çözme konusunda Uygulama çalışmaları Basit elektrik devreleri konusunda Modellemede Sınıfta kullanma Geometrik cisimler konusunda Eğlendirme Somutlaştırma İlgi çekme Uygulanabilirlik

Kendilerine yöneltilen bu soru üzerine bazı öğretmenlerin STEM ile ilgili etkinliklerin müfredatta açıkça yer almaması nedeniyle kendi derslerinde buna pek yer veremediklerini dile getirdiklerini söylemek mümkün. Yine bazı öğretmenlerin ildeki STEM uygulama birimlerine öğrencileriyle gezi düzenledikleri ifade edilen diğer bir çalışmaya örnek teşkil ediyor. Genel itibarıyla verilen yanıtlara bakıldığında özellikle ders içi uygulamalarda konuları somutlaştırmada, el becerisi gerektiren küçük çaplı sınıf içi etkinlikleri esnasında uygulandığını söylemek mümkündür. Bu çalışmalar yapılırken öğretmenlerin kullandığı yöntemler ve uygulayış biçimleri bazı öğretmenlerin kendi anlatımlarıyla şöyledir:

AÖ: Şöyle, robotik kodlama kitabımız var. Onda çeşit etkinlikler var, sadece onu yapabildik.

SÖ3: Evet, aslında oldu. Aslında bunun STEM adı altında yapıldığını bilmeden yaptığımı düşünüyorum özellikle 3 ve 4. sınıfta fen bilimleri alanında da çok fazla daha çok Hani Proje tabanlı etkinlikler yaptım. En aklıma gelen de basit elektrik devresini aslında günlük hayata uyarlamak oldu ve günlük hayat tabanlı etkinliklerde basit elektrik devresini kurmak buna bir örnek olabilir. Matematikte de soyut kavramları somutlaştırmak adına daha çok kendi yaptığım materyaller ve çocukların yaptığı materyaller aslında, bu açıdan kullanmış oldum.

SÖ4: Eeee şöyle uygulamalar yapıyoruz: matematik dersinde daha hayata dönük konuları daha hayata geçirmeye çalışıyoruz. Mesela paralar konusunda sınıfımızda bir stand kuruyoruz. Ya da yuvarlamalar konusunu ben şahsen park olarak kullanmıştım işte çocuk parkta çıkıyor kayıyor ya da basit devre konusunu basit devreleri evlere, parklara monte edeceklerdi. Bu sene o konum var, öyle işliyorum.

SÖ5: Çok daha basit düzeyler oldu bence yani. Dördüncü sınıflarda elektrik konusunda işte bir elektrik devresi tasarlamak onu mesela daha önce burada öğrencilerimiz yapmıştı işte köprü tasarlama, ev içinde aydınlatmalarını yapması aslında öğrendiği fen bilgisini günlük hayatta sanatla birleştirmesi oluyor. Veya matematikte 3 boyutlu geometrik şekiller, koni ve cisimler konusunda işte oyun hamuru ile kenarlarını birleştirmek bile. Bence bu alanları birleştiren bir unsur bu çalışmalar.

SÖ6: Yani şöyle sınıfta genelde zaten çocukların soyut alanda çok öğrenme yapamadıkları için somut çalışmalar yaptık. Hani bu da STEM' i birazcık da olsa kullanmış gibi olduk. Yani çeşitli materyaller, çocuklara sorular, hani eleştirel düşüncelerle sorgulama, hani bunu kullanarak ve hani kazanımlarını öğrenmesi gereken konuları somutlaştırarak hani kullandım genelde.

SÖ7: Şimdi genelde STEM el becerisine dayandırırız biz. Biraz daha hani görseli geliştirmek adına yani şöyle tabi. Matematiği de kullandık çünkü ölçümler yapıyorsunuz. Mesela biz meyvelerle arabalar yapıp yarıştırmıştık. Meyve ve sebzelerle işte ne bileyim kabaktan gövdesini yaptık. Belli şeyleri verdik. Biraz da kısıt koyduk. Hani o kısıtlamalarla araba yarışı yaptırmıştık bence hani bir çok disipline de katkısı var.

SÖ8: Yani ders esnasında genellikle hani konulara göre biraz daha ilerliyoruz. Hani matematikte mesela bir konuyu öğrettik, çevre işte saptamalar ya da işte şey hesaplamadır. Öğrettiğimiz de hani bunu herhangi bir problem durumu oluşturup, hani çocuklara evet, çocuklar, hani bunu böyle bir problemimiz var? Bunu nasıl çözebiliriz? Yani daha çok fikir üretmek üzerine oluşturabiliyoruz. Bu noktada bir tık hani STEM' de materyal de gerekiyor. Bu anlamda velinin desteği ya da maddi imkanlar da bir tık devreye giriyor. Bu anlamda şu an hani okulda uygulayabildiğimiz daha çok fikir üretme, problem çözme, bunla hani daha çok fikir düzeyinde yapıyoruz ya da işte basit malzemeler falan gerekiyorsa onları uyguluyoruz sınıfta.

4.1 Uygulamaya geçmeden önce sınıfın fiziki ortamında nasıl bir düzenlemeye gittiniz?

Tablo 7. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Sınıf ortamı Etkinlikler	- Grup çalışması düzeni - Çalışma köşeleri oluşturma - Yarışmalar düzenleme - Veli destekli çalışmalar

Cevaplara bakıldığında bir kısım öğretmen sınıfta havalandırma, uygun sıra ve masa düzeni kurma gibi etkenler üzerinde düzenlemeye gittikleri görülmüş; bazılarının grup çalışmasına uygun planlamaya gittiği, bazı öğretmenlerin de sınıfının kalabalık olması nedeniyle zaman zaman veli desteğini alarak bu süreçte gerekli değişiklikleri yaptıkları anlaşılmıştır. SÖ2 kodlu öğretmen biraz daha farklı bir çalışma şekliyle sınıfta “köşe” düzenine göre hareket ettiğini belirtmiştir. Bazı görüşler şu şekildedir:

AÖ: Robotik kodlama grup çalışması şeklinde yapmak istediğim için sınıfı grup çalışmasına uygun hale getirdim.

SÖ2: Sınıftaki düzenleme şu şekilde olması gerekiyor mutlaka nasıl Türkçe köşesi, hayat bilgisi, köşesi varsa bir STEM için bir etkinlik köşesi mutlaka olması gerekiyor ve bunları materyallerinin de olması gerekiyor. O materyaller olmadan onları yapamazsınız. Yani herhangi bir STEM uygulamasını yapamayız. Daha önceden planlı çalışarak hazırlanarak yapılması gerekir.

SÖ3: İlk olarak yapacağım etkinlik üzerine araç ve gereçleri hazırlayıp çocukları bilgilendirip ortamı fiziki olarak düzenleyip daha sonra çocuklarla bilgilendirmeden sonra birlikte yapılan etkinlikler şeklinde düzenlemeler yaptım.

SÖ5: Biz aslında köy okulunda olduğumuz için aslında sınıf rahat öğrenci mevcudu çok rahat. Yani ortaya 1-2 sıra bile birleştirip masayı birleştirip çok daha konforlu bir alan sağlanabiliyor çocuklara rahat görmesi için.

SÖ6: Yapacağım çalışmayla alakalı hani sıra düzenlerini değiştirebilirim sınıfımı o ortama uygun haline getirebilirim. Mesela havalandırma gerekiyorsa pencereleri açarım ya da ıslıklandırma gerekiyorsa aynı şekilde hani ortamı sağlarım hani bu şekilde çalışmalar yaptım.

SÖ7: Şöyle, bizim okulumuzda zeka oyunları yeri var. Hani orada yaptık. Orası çok güzeldi zaten. Orada düzenleme yaptık işte. Yarıştıracığımız arabalar için masaları falan hani o şekilde onları gidebileceği şekilde ayarladık o şekilde yani.

SÖ8: Yani sınıfım genel anlamda hani biraz genişçe bir sınıf ama kalabalık bir öğrenci grubuna sahip olduğum için bu anlamda dezavantaj yaşıyorum. Çünkü uygulama düzeyindeki derslerde hani birebir uygulama yaptırmak gerekiyor öğrenciye. Hani bu da 41 kişilik bir sınıfta hani çok mümkün olmuyor birçok konuda. Sınıfta, arka tarafta okuma köşeleri, büyük sehpa var onları hani o şekilde düzenledik. Böyle bir etkinlik yapacağımız zaman çocuklar o bölgelerde toplayıp etkinlikleri o şekilde yapıyoruz. Ya da veli desteği hani bu noktada kullanıyoruz. Bu şekilde götürmeye çalışıyoruz açıkçası.

4.2 Eğitim sürecinde öğrencilerden bazılarını STEM destekli uygulamaların dışında tuttunuz mu? Tuttunuzsa nedenini açıklayabilir misiniz?

Tablo 8. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Bireysel Farklılıklar	Yetenekli öğrenciler Özel gereksinimli öğrenciler

Öğretmenlerden alınan yanıtlara bakıldığında öğrenciler STEM dışında tutulmamış sürece dahil edilmişlerdir. Ancak SÖ4 kodlu öğretmen, etkinliklerde diğerlerinden daha yetenekli olan öğrencileri biraz daha ön planda tuttuğunu ifade ederken aslında bu yöntem sayesinde o öğrencilerin derse karşı ilgilerinin daha da arttığını şöyle belirtiyor:

SÖ4: Yok dış tuttuğum olmuyor ama bu konuya daha yetenekli olan çocukları daha aktif görev aldıkları tabiki de oluyor. Yani yaptığı materyali daha istekli yapıyorlar. Biraz önce verdiğim örnekteki gibi hocam, basit elektrik devresi yapacağız mesela haftaya sunumumuz olacak Öğrenciler onu yaparken daha istekli olanlar daha şevkli olanlar, buna daha yatkın olanlar kendilerini tabi ki de hemen belli ediyor ama bir ayırım söz konusu değil.

Aslında böyle bir durum, arka perdede kalmış öğrenci grubunda derse katılmama, ilgisiz kalma gibi durumlara neden olabilir. En azından öğrencilerin bu durumu hissetmemesi gerekmektedir. SÖ6 kodlu öğretmen özel durumda olan öğrencisi olduğunda bu süreçte bazı değişiklikleri yapabileceğini belirtirken bunu da yine kendi arkadaşlarının akran desteğiyle zenginleştireceğini şu şekilde belirtti:

SÖ6: Yani çalışmayla alakalı eğer çocuğumun özel bir durumu varsa öğrencimin özel bir durumu varsa hani çok dışarıda demeyim de hani çok daha etmemeye çalıştım, arkadaşlarımdan destek alarak hani çalışmalarımı devam ettirmesini sağladım ama genel itibarıyla zaten öğrencilerimin çoğunu dahil ettim.

Derste ilgisiz ve sıkılgan öğrenciler olduğu zaman bazen onları geri planda bırakıp arkadaşlarını gözlemleyerek daha sonra kendi isteğiyle sürece katılması için fırsatlar oluşturma düşüncesiyle SÖ8 kodlu öğretmenin değerlendirmesini şu şekilde yapmıştır:

SÖ8: Yani özellikle dışında tutmuyoruz ama bazen hani biliyorsunuz ki ilgi alanına girmeyince çocuk hani cevaplar ya da işte geri dönüt alamadığımız zaman çocuk otomatikman hani kendine böyle bir geri plana çekiyor. Bu noktada hani zorlamaktan ziyade arkadaşlarını gözlemlemek ya da işte ya da bu sürecin STEM' in hani içeriğini tam olarak algılayabilmesi

için belli bir zaman gerekiyor açıkçası. Hani katılmak istediğinde yine teşvik ediyoruz ama hani böyle bir kendi isteği ile katılmasını bekliyoruz.

4. STEM eğitim modeli, yeterli dersliği ve öğrencisi olan her eğitim merkezlerinde uygulanabilir mi?

Tablo 9. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Donanımsal ihtiyaçlar	STEM araç- gereçleri Bilgisayar, internet Maddi imkanların yerinde oluşu STEM derslikleri
Bireysel İyi oluş hali	İlgi, istek, Motivasyon

Görüşmeye alınan tüm öğretmenlerin bu soruya verdikleri cevaplar “uygulanabilir” şeklinde ortak yanıtta birleşmiştir diyebiliriz. Yeterli donanımına sahip öğretmenlerin, yeterli malzemelerin olması gerektiği gibi hususlar da dile getirilirken maddi imkânların da elverişli olması üzerinde durulmuştur. SÖ2, SÖ4 ve SÖ6 yeteli malzeme ve uygulama yapılacak bina üzerine fikirlerini belirtirken şunlara değinmişlerdir:

SÖ2: Bence uygulanabilir ama dediğim gibi ilk önce materyaller, sınıf ortamı ya da herhangi bir iş eğitimi sınıfı ayrıca olabilir. Onları yapılırsa bence uygulanabilir. Yani ilkokul, ortaokul, lise hiç fark etmez, uygulanabilir.

SÖ4: Yeterli dersliği ve öğrencisi ve aynı zamanda yeterli malzemelerin ve donanımların da olması gerekir. Eğer böyle bir koşul sağlanırsa uygulanabilir, hatta güzel olur.

SÖ6: *Ya bence uygulanabilir ama şöyle de bir durum var STEM çalışmaları birazcık daha böyle çocukların hani teknolojiye bilime dayalı ve yaratıcılığı hani katarak yaptıkları bir çalışma olduğu için hani o ortamın biraz daha tek sınıf ya da o bina olmaması gerekiyor. Çeşitli materyallerin ona uygun ortamın oluşması gerekiyor ama bunlar tabii ki de çok maliyetli veya çok zor şeyler değil , her okulda bence oluşturulabilir.*

Maddi imkân boyutundan bahseden SÖ8, bu koşulu sağlama- da en önemli unsurun STEM eğitiminde görev alacak öğretmenin veya uygulayıcıların çok iyi bir mesleki bilgi ve donanımına sahip olması gerektiğini “*Yani uygulanabilir ama uygulanması içinde hani nasıl diyeyim gerçekten hani böyle sevmek, uygulamak istemek... Çünkü zaman alan emek isteyen bir çalışma öyle. Hani bir anda olabilecek bir şey değil. O materyallerdir, öğrenci grupları bu anlamda çok önemli. Dediğim gibi maddi imkanlar bu anlamda önemli. Hani biz bunu mesela okullarda Milli Eği-*

tim, hani okullarında bu şekilde destekleyemediğimiz için ben mesela kendi çocuğumu özel olarak hani okul dışındaki bir zaman diliminde böyle bir kursa göndermek zorunda kalıyorum. Bu anlamda hani işi de açıkçası eğitimini alan bilmiş kişiler tarafından yapılması hani verimliliği arttıracığı için dediğim gibi, yani bu anlamda eğer okullarda gerekli eğitimi almış, bu anlamda donanımlı olan eğitimci öğretmenler varsa uygulanabilir.” şeklinde belirtmiştir.

6- Derslerinizde hangi konularda daha çok STEM uygulamalarını kullanma şansınız oldu? Niçin?

SÖ1 kodlu öğretmen STEM uygulamalarının daha çok proje tabanlı öğrenmelere bir köprü kurduğunu belirterek fen ve matematik konularında daha çok kullandığını “Şimdi STEM temelde proje tabanlı öğrenmeye odaklandığı için özellikle fen ve teknoloji derslerinde kullanmayı çok tercih ediyorum. “ sözleriyle belirtmiştir.

SÖ2, müfredatlarda kullanıma sunulan STEM ile ilgili çalışmaların yeterince olmayışını gerekçe göstererek bu alan üzerine derslerini işleyemediğini belirtmiştir. Ancak STEM ile ilgili bilgi ve beceriler kazandıracak çalışmalara katılma anlayışıyla derslerdeki konulara STEM eğitimi entegre edebileceğini söyleyerek bu konuda bilinçlenmenin önemi üzerinde durmuştur. Bazı öğretmenler derslerini işlerken farkında olmadan zaten STEM’ i uyguladıklarını ifade ederken özellikle SÖ3’ ün belirtmiş olduğu uygulama bunu destekler niteliktedir: “Evet, aslında oldu. Aslında bunun STEM adı altında yapıldığını bilmeden yaptığımı düşünüyorum özellikle 3 ve 4. sınıfta fen bilimleri alanında da çok fazla daha çok Hani Proje tabanlı etkinlikler yaptım. En aklıma gelen de basit elektrik devresini aslında günlük hayata uyarlamak oldu ve günlük hayat tabanlı etkinliklerde basit elektrik devresini kurmak buna bir örnek olabilir. Matematikte de soyut kavramları somutlaştırmak adına daha çok kendi yaptığım materyaller ve çocukların yaptığı materyaller aslında, bu açıdan kullanmış oldum.” Diğer öğretmenler bu konuda şunlardan bahsetmişlerdir:

SÖ6: Yani şöyle sınıfta genelde zaten çocukların soyut alanda çok öğrenme yapamadıkları için somut çalışmalar yaptık. Hani bu da STEM’ i birazcık da olsa kullanmış gibi olduk. Yani çeşitli materyaller, çocuklara sorular, hani eleştirel düşüncelerle sorgulama, hani bunu kullanarak ve hani kazanımlarını öğrenmesi gereken konuları somutlaştırarak hani kullandım genelde.

SÖ7: Şimdi genelde STEM el becerisine dayandırırız biz. Biraz daha hani görseli geliştirmek adına yani şöyle tabi. Matematik de kullandık çünkü ölçümler yapıyorsunuz. Mesela biz meyvelerle arabalar yapıp yarıştırmıştık. Meyve ve sebzelerle işte ne bileyim kabaktan gövdesini yaptık.

Belli şeyleri verdik. Biraz da kısıt koyduk. Hani o kısıtlamalarla araba yarışı yaptırmıştık bence hani bir çok disipline de katkısı var.

SÖ8: Hani matematikte mesela bir konuyu öğrettik, çevre işte saplamalar ya da işte şey hesaplamadır. Öğrettiğimiz de hani bunu herhangi bir problem durumu oluşturup, hani çocuklara evet, çocuklar; hani bunu böyle bir problemi-miz var? Bunu nasıl çözebiliriz? Yani daha çok fikir üretmek üzerine oluştura-biliyoruz. Bu noktada bir tık hani STEM’de materyal de gerekiyor. Bu anlamda velinin desteği ya da maddi imkanlar da bir tık devreye giriyor. Bu anlamda şu an hani okulda uygulayabildiğimiz daha çok fikir üretme, problem çözme, bunla hani daha çok fikir düzeyinde yapıyoruz ya da işte basit malzemeler falan gerekiyorsa onları uyguluyoruz sınıfta.

Öğretmenlerin verdikleri yanıtlarla da anlaşılıyor ki STEM üzerine konuları somutlaştırmada, el becerisi ve koordinasyonu sağlamada, problem durumuyla karşı karşıya bulunduklarında alternatifler bulma gibi beceriler üzerine yapılan çalışmaları bulunmaktadır.

6.1 STEM eğitimini sınıfınızda gerekli koşulları sağlayarak uygulamanızda sizce mesleki birikimleriniz yeterli düzeyde midir?

Tablo 10. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Mesleki Yeterlik	Sınıf içi STEM çalışmaları
	Sürekli uygulama
	Üniversitede sunulan eğitimler
	Yeterli eğitim alma/alamama

Sınıf öğretmenlerin deneyimleri üzerine yaptığı değerlendirmelerine bakıldığında bu soru üzerinden “Mesleki Yeterlik” adlı temayla dört koda ulaşılmıştır. Aday öğretmenden alınan yanıtlara bakıldığında mesleki birikimleri ile uygulama sürecindeki işleyişler konusunda yetersizlik hissettiği görülmektedir. Ancak alınabilecek eğitimlerle ve sınıfta çokça yapılan uygulamalar sayesinde mesleki birikimlerin artacağı görüşündedirler. SÖ1, mesleği gelişime ve yeniliklere açık olduğunu belirterek ifadesini “*Yeterli düzeyde olduğunu düşünüyorum çünkü yeniliğe açık birisiyim. Sık sık farklı eğitimlere katılıyorum fırsat buldukça.*” şeklinde belirtmiştir.

Öğretmenliğe başlamadan önce üniversitelerde alınan eğitimlerde STEM alanında eğitimlerin sunulmamış olmasından yakınan SÖ3, öğretmenin kendini her koşulda geliştirmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca yerli ve yabancı eğitim camiasını takip edip yeniliklere her anlamda açık olma anlayışına uygun davrandığını da şu sözleriyle ortaya koymuştur: “*Ben yeterli düzeyde olduğunu düşünüyorum. Aynı şekilde gelişime*

açık bir insan olduğumu düşünüyorum. Çoğunlukla da yurt içi yurt dışı öğretmenleri de takip ederek bu konuda kendimi geliştirmeye çalışıyorum. Ancak ilk aldığımız eğitime bakarsak yani üniversite kısmında akademik kısmında yeterli olduğunu düşünmüyorum.” Bu düşünceleri destekleyen fakat bilgi ve birikim olarak yeterli olduklarını düşünmeyen diğer öğretmenlere ait görüşler şu şekildedir:

SÖ4: Mesleki birikimimi çok bu konuda çok yeterli olduğunu düşünmüyorum açıkçası.

SÖ5: Bence STEM konusunda değil.

SÖ6: Ben yeterli düzeyde olduğunu düşünmüyorum çünkü bu konuyla alakalı bir seminer ya da bir herhangi bir eğitim almadım hani kendi araştırmamı veya kendi bildiklerim ya da hani etraftan arkadaşların yaptığı çalışmalarla öğrendiklerim var sadece.

SÖ7: Ben gelişime açık bir insanım. O yüzden hiçbir zaman yeterli olduğunu düşünüyorum diyemem. Her zaman bir yer vardır, bir gelişme yeri vardır yani. Çünkü güncelleniyoruz, teknoloji de durmuyor.

SÖ8: Yani STEM anlamında hani STEMi detaylı olarak böyle inceleyip baktığımız zaman hani genel mesleki anlamda aldığımız eğitimin yeterli olmadığını hepimiz görüyoruz. Bir de teknoloji çağındayız. Bilim sürekli gelişiyor, ilerliyor ve STEM aslında problem çözme dedik zaten. O yüzden günümüzdeki problemler , problemlerin içeriği de açıkçası her geçen gün farklı bir boyut alıyor. Bu anlamda hani sürekli kendimizi geliştirmek zorundayız. Yani bir bilgi sabit kaldığı ya da o anki süreçte yeterli olsa da bir sonraki yıl farklı bir durum gelişebiliyor. Bu anlamda ben her daim eğitimlerin olması ya da geliştirilmesi taraftarıyım. Yani sabit bir bilgiyle olacağını düşünmüyorum.

Öğretmenler ortak görüşte birleşerek genel manada mesleki gelişime açık oluş, araştırmacı ve teknolojik çağa adaptasyon sağlama hususunda daima güncel kalma anlayışıyla hareket etmeye çalıştıkları kendi ifadeleriyle zikredilmiştir.

7- Okul dışı unsurların STEM uygulamalarını daha sağlıklı yürütebilmeye olan etkileri üzerine düşünceleriniz nelerdir?

Tablo 11. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Okul	Kurumlar arası iletişim
Aile	TEM araç gereçlerinin temini
Sosyal Çevre	Okul ile iletişim
	Veli desteği
	Başarma
	Takdir etme / içsel motivasyon duygusu / güven

Bu soruya alınan cevaplara göre “okul, aile ve sosyal çevre “ adlı temaya ve altı ana koda ulaşılmıştır. Öğretmenler görüşmeleri sürecinde STEM ile ilgili kurum ve kuruluşlarla iletişim sağlanır, ziyaretler yapılırsa okul ve kurumlara bu etkilerin olumlu yansıtacağı kanısındalar. Öyle ki SÖ3, kendi düşüncesiyle “*Şu şekilde olabilir, STEM merkezlerinden çok sık okulları ziyaret edip öğretmenleri akademik olarak geliştirmek açısından bilgilendirme seminerleri veya katımlı, uygulamalı katılımlar için düzenlemeler yapılması gerektiğini düşünüyorum.*” bu husus hakkında değerlendirmede bulunmuştur. Veli desteğinin üzerinde ağırlıkla duran AÖ, konuşmasında “*Hepsi aslında bir bütün hani aile gerekli desteği verecek ki hani çocuk da ilerleme kaydedebilsin. Aile gerekli desteği verecek ki çünkü tabi ilerleme kaydedilebilen kesinlikle hepsi bir bütün. Bu eğitimde de öyle STEM uygulamasında da hepsinde öyle aslında geçerli.*” ifadesiyle velinin bu süreçteki önemine vurgu yaptı. Okul dışı unsurların en önemli etkilerinden aile kavramı üzerinde duran SÖ4 konuşmalarında şu ifadeleri kullandı: “*Okul dışı unsurlardan bence en önemlisi aile. Ailenin bu duruma tepkisi, katılımı, katkısı çok önemli. Yani sadece öğretmen ve öğrenciyle olacak bir iş değil; ailenin de bu konuda yeterli bilinç düzeyine sahip olması gerekir. Eğer aileyi yeterli bilince sahipse çocuğunu yönlendiriyor. Sahip değilse çocuk sadece burada gördüğüm kadarıyla yapmaya çalışıyor. Bir de biz köy okuluyuz. Köy okulundaki imkanlar da çok belli. O yüzden ailenin bizden daha teşvikli daha yeterli olması lazım ki çocuğunu yönlendirebilsin.* “

Bu düşünceleri destekleyen diğer bir öğretmen SÖ5 olmuştur. Değerlendirme yaparken “*Her konuda olduğu gibi ailenin burada desteği çok önemli .Biz zaten ilkokulda çalışan öğretmenleriz ve bazı dediğim gibi elektrikleri kullanmak, işte pilleri kullanmak konusunda ailenin yardımı olmalı. Küçük çocuklar çok bilgili ve farkındalığı olmayabilir bu konuda.* “ şeklinde cevaplar vermiştir

Yine aynı şekilde aile etkeni üzerinde açıklamaları olan SÖ7 okulda STEM faaliyetlerine yönelik yaptıkları çalışmalarda aile desteği ve etkisi üzerine yaşanan gelişmeleri *“Kesinlikle yani fayda sağladığını düşünüyorum ailenin bu konuda. Çünkü biz daha önce etwinning projesi de yaptık. Bu projede hani birçok deneyler falan gerçekleştirdik. Bunda STEM’i kesinlikle kullandık. Çünkü deney dediğiniz zaman bir çok disiplinli yine bir araya getiriyorsunuz. Ailenin çok katkısı olduğunu düşünüyorum ki aile ilgisi daha yüksek düzeyde olan çocuklarda daha iyi ürünler ortaya çıkabiliyor.”* şeklinde anlatmıştır. Buradan da anlaşılıyor ki başta STEM olmak üzere okulda uygulanan tüm etkinlik ve faaliyetlerde velilerin çok büyük katkıları vardır. Öğretmenlerin üzerinde durduğu bir diğer konu ise sosyal çevre olgusu. Bu olguya göre STEM zekasıyla hareket eden öğrencilerin ortaya sunmuş olduğu ürünler başta arkadaşları olmak üzere herkes tarafından takdir edildiği için öğrencilerde içsel motivasyonu artırmaya yönelik düşünceleri kapsamaktadır.

8- Özellikle ilkokullarda STEM uygulamalarında hedeflenen başarılarla ulaşmak için size göre dikkat edilmesi gereken en önemli kilit nokta nedir?

Tablo 12. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Öğretmen yeterlilikleri	- Mesleki bilgi ve beceriye sahip olma/olamama
Öğrenciye Görelik	- Güncelliği takip edebilme
	- Planlama
	- İlgi ve dikkat çekici anlatım yöntemi
	- Somutlaştırma

Bu soruya alınan cevaplarda “öğretmen yeterlilikleri ve öğrenciye görelik” adlı temaya ulaşılmıştır. Kodlara göre benzer ve farklı fikirler göze çarpmaktadır. SÖ1, öğrencilerin ileri düzey sentez becerilerini kullanabilmelerinde öğretmenlerin iyi bir yol gösterici konumda olması gerekliliğine değinirken konuşmasında *“Şimdi STEM eğitiminin temelinde eee çocuklara eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme gibi becerilerin verilmesi yatıyor. Özellikle çocukların düşünme becerileri konusunda özen gösterilmesi gerektiğini düşünüyorum. Çünkü bu siSTEM’ in temelinde yaratıcı düşünme bulunduğu için çocukları buna yönlendirmenin faydalı olacağını düşünüyorum.”* ifadelerine yer vermiştir. Diğer öğretmenlere ait görüşler şu şekildedir:

SÖ2: Yaş olarak biraz daha küçük çocukların eğitiminden mesulüz. O yüzden en kilit nokta sanırım öğrencilere gösterim, yani soyutu tekrar somuta çevirme üzerine olabilir. Yani biraz daha büyük olan çocuklarda bu

daha rahat olabilir ama küçük yaştaki çocuğun soyut bir kavram öğrenmesi çok zor oluyor. O yüzden en iyi kulağımda bence burası .

SÖ3: Bence en önemli nokta öğretmenin sürekli aktif ve takip edici olması. Yani bu konuları, güncel hayatı aynı şekilde bu paylaşılan etkinlikleri takip etmesi ve bunu kendi sınıfına kendi okuluna göre uyarlanması lazım.

SÖ4: Çocuğun ilgisi okullardaki malzeme durumunun yeterliliği ya da okullardaki öğretmenlerin bilgi düzeyi ve bir diğeri de bence ailenin de bu işe katkı sağlaması.

SÖ5: Öğretmenin bilinçlendirilmesi bence öğretmenin bilinçlendirip konuya bu konuda kazanımlara bu konuda uyarlamak.

SÖ6: Yani dediğim gibi ilkokulda dediğiniz gibi özellikle çocuklara somut nesneler somut bir şekilde anlatmamız gerekiyor konuları. Çünkü çocuklar o şekilde hani canlandırabilir o şekilde öğrenebiliyor konuları. Ve aynı şekilde yaparak ,yaşayarak STEM eğitimini de çocukların yaratıcılığı ön planda olduğu için çocukları hani bu eğitime dahil edip kendi yaptıkları kendi ürettikleri şeylerde daha kalıcı olacağını düşünüyorum ben.

SÖ7: Bence çok iyi bir plan yapılmalı ve çok iyi hazırlıklar yapılmalı bu konuyla ilgili. hani STEM yaptım oldu gibisinden değil de böyle biraz daha konuları oturtturarak ilerlemek gerektiğini düşünüyorum. En önemlisi plan.

SÖ8: Eee, birincisi çocuğun STEM kavramını yani sitenin içeriğini algılayabilmesi ve çocuklarda problem çözme nedir? Problem nedir yani çocuklar şu an ilkokul hangi sınıfa girersiniz, problem dediğinizde hemen toplama çıkarma çarpma aklına gelir. Ya da işte fende ki ortaokula bile girerseniz aynı şekilde. Çünkü STEM’ den bu anlamda öğrencilerin şu anda öğrenci düzeyinden haberdar olma çok kısıtlı. Hani öğretmen düzeyi bile tam oturmamış iken öğrenci düzeyine inme durumu çok söz konusu değil açıkçası. O yüzden çocuklara öncelik öncelikle hani belki dramalar belki tiyatrolarda ya da işte ne bileyim sınıfta yapacağımız herhangi böyle bir rol gibi uygulamalarla problem çözme kavramı tam olarak oturtulmalı. Bir de fikir üretimi bu anlamda bir de sınıf mevcutlarının buna uygun hale gelmiş olması çok önemli bir kriter. Bence bunlar oturduktan sonra da çocukların hani yaş ve bulundukları seviyeye itibarıyla çocukların seviyesine inilebilirse başarılı olabileceğini düşünüyorum. Ama üst perdeden anlatılırsa çocuk anlamayacaktır. O yüzden uygulamaya geçemeyecek ya da faydalı bir ürün ortaya koymayacaktır. Fikir üretme noktasında sıkıntı yaşayacaktır. Hani bunlar çocukların biraz da seviyesiyle ve imkanlarla alakalı.

9- Sınıfınızda STEM’ le ilgili uygulamalar yaparken branş öğretmenlerden yardım aldınız mı, alıyor musunuz?

Öğretmenlere sorulan bu soruda sınıf öğretmenlerinin STEM ile ilgili çalışmalarında genellikle branş öğretmenlerden yardım almadıkları veya ihtiyaç duymadıkları ortaya çıktı. Köy okullarında görevli öğretmenlerde bu durum daha baskınken, merkezde çalışan sınıf öğretmenleri zaman zaman branş öğretmenlerden yardım almıştır. Buna destek olarak SÖ8’ in görüşleri şu şekilde dayanak olarak sunulabilir:

“Branş öğretmenleri fen bilgisi özellikle fen alanlarında hani ihtiyaç duyuyoruz açıkçası. Bu alanlarda hani ne yapılabilir, nasıl yapılabilir ya da işte buna farklı bir bakış açısıyla nasıl bakabiliriz diye. Çünkü bazen normal bir soruda bile ben anlatırken tek yönlü anlatılması taraftarı değilim. Mesela onun kaç tane çözüm yolu varsa hepsini anlatmaya çalışırım ki hani her çocuğun öğrenme şekli ya da algılama şekli farklı olduğu için bu anlamda mesleki olarak da arkadaşlarından tabi ki tavsiye ve fikirlerini olmaya çalışıyorum. “

10- Size göre STEM uygulamasının çok iyi yapıldığı bir eğitim kurumu nasıl bir donanıma sahip olmalıdır?

Tablo 13. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Mekân özellikleri	- Araç gereç ve donanımsal malzemeler - Akıllı tahtalar
Öğretmen Yeterliği	- Dijital kodlamalar ve STEM laboratuvarları - Sınıf mevcutlarındaki durum - Gezi, gözlem ve inceleme alanları - Mesleki bilgi ve tecrübe

Araştırma sorusuna göre “Mekân Özellikleri ile Öğretmen Yeterliği” adlı tema oluşturuldu. Bu temayla ilgili altı kod belirlendi. Görüşmede bu konuyla ilgili öğretmenlerin STEM eğitimi için özellikle ayrılan farklı alanların, sınıfların, laboratuvarların olması gerektiği üzerinde hem fikir oldukları görülmektedir. Fiziki yapı anlamında öğrencilere çalışma ortamı sunmasının yanında araç-gereç ve materyallerle donanımlı olması gerektiği öğretmenlerin görüşleriyle ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda öğretmenlerin de yeterli donanıma sahip olması gerektiği üzerine AÖ konuşmasında “Şimdi fiziksel olarak da uygun olması gerekiyor hani. Tabii ki öğretmen bu konuda bilgi birikimi olacak ama çok fazla eksiği varken de bu uygulamayı yapmak zor. Fiziki olarak biraz donanımlı olması gerekiyor.” durumlarından söz etmiştir. Yeterli şartların ve materyallere ulaşılma durumu üzerine SÖ1 cümlelerini kurarken “Ya bir defa gerekli

materyallerin sağlanması gerekiyor. Ne yazık ki ülkemizde bu konuda çok eksikliğimiz var. Özellikle köy okullarımızda yani akıllı tahtalarımız bile yok. Yani bırakın gerekli materyallerin bulunmasını. Bu sebeple aslında STEM eğitimine çok olanak olmuyor diyebilirim. “ bu boyutun önemine işaret etmektedir. Görüşmeye dâhil olan diğer öğretmenlere ait verilen cevaplar şu şekildedir:

SÖ2: Hocam öncelikle hem teknolojik hem de amatör olarak hazır bir okul ortamının olması gerekiyor. Yani gerekirse bir iş eğitimi sınıflar açılacak, oradaki tüm malzemeler oraya konacak. Yani tüm aletler oraya konacak ve bunun kursu açılacak öğretmenler eğitim alacak ve daha sonra STEM uygulaması sadece o şekilde uygulanabilir hale gelir.

SÖ3: Öğrencilerin ve öğretmenlerin bütün materyalleri ve bütün fiziki ortamları kullanabileceği bir ortam olması lazım. Çünkü öğrencinin bu konuda rahat olması lazım. Bunu bulabilir miyim ya da buna ulaşabilir miyim, diye düşünmemesi lazım Aynı şekilde öğretmenin de özgürlüğünün kısıtlanmaması gerektiğini düşünüyorum.

SÖ4: Laboratuvarlar olmalıdır, matematik sınıfları olmalıdır ya da fen sınıfları olmalıdır. Çocukların ekstra oralara gidip bir şeyler yapabildikleri, çünkü sınıflarda beher glaslar onlar, bunlar yok çocuklar deney yapsınlar. O yüzden bu sınıfların tedarik edilmesi durumunda okul da gelişir, öğretmen de öğrenci de gelişebilir, yani malzemenin yeterli olması lazım.

SÖ5: Aslında fen laboratuvarları gibi dolaplarında her türlü malzemelerin olacağı işte geri dönüş malzemeleri de olabilir. Elektrik malzemeleri de olabilir, işte kesici aletlerin olabileceği bir ortam, sınıf olabilir.

SÖ6: Yani dediğim gibi onun uygun bir fiziksel ortamı olmalı kesinlikle ve STEM çalışmalarında kullanılabilecek materyallerin, malzemelerin de hani tam donanımlı olması gerekiyor.

SÖ8: Özellikle fizik, matematik gibi materyal anlamındaki imkanlara sahip olmalıdır ya da materyal üretmeye, problem çözmeye imkan sağlayabilecek şekilde maddi imkanlarının okulun maddi imkanlarının da yeterli olması gerekiyor. Sınıfların da özellikle bu anlamda hani sıra yapısının, masaların, düzenlemenin, hani onların da açıkçası bu şekilde düzenlenmesi gerekiyor. Öğretmenlerin de bu anlamda eğitime açık olması gerekiyor. STEM eğitimlerini alma noktasında, derslerinde uygulama noktasında... Belki derslerimizde hani buna yönelik müfredat içerisine eklenerek eklemeler yapılarak açıkçası böyle bir ders de oluşturulabilir. Onun dışında gezi gözlem yapma, çocukların bazı problemleri giderek yerinde görme gibi imkanlara sahip olması gerekiyor. Yani bu anlamda da okulun bir servisedir, güvenlik alanında çocukların bu gidiş gelişlerin sağlama noktasında bunların da önemli olduğunu düşünüyorum. Özellikle bu STEM

merkezleri ya da işte bazı şehirlerde büyük şehirlerde bilim merkezleri şeklinde düzenlenmesi ... Mesela Kayseri’de özellikle tatillerde gittiğimizde bulunduğumuz şehirde öyle yerler varsa çocukları gezip gösteriyorum. Bu anlamda yaşadığımız ve bulunduğumuz şehirlerde de bu tarz merkezlerin oluşturulması ve sayısının da artırılması gerektiğini düşünüyorum yani küçük çaplı değil de gerçekten böyle içine girdiğinde çocukların da böyle rahat bir şekilde gezilebileceği oradaki ilerden oradaki. Çalışanlardan gerekli bilgiyi alabileceği ortamlar oluşturulması gerektiğini düşünüyorum. Çünkü gerçekten çocukların bu anlamda bilime olan merakı ilgisi artıyor ya da o oluşumları merak etmeye başlıyor. Bu anlamda şehir olarak da buna biraz daha böyle bir düzenlemeye gidilmesi lazım. Yani sadece sınır ya da sadece okul düzeyinde değil. Ve veliler bu noktada bilinçlendirilebilir. Ben dediğim gibi velileri yaz tatiline girmeden önce her söylediğim şey, gittiğiniz şehirlerde mutlaka bu tarz yerler varsa buralara çocuklarınızı götürün gezip görsünler, buralar hakkında fikirleri olsun diyorum. Yani elimden geldiğince geniş bir çerçevede bakmaya çalışıyoruz.

Yukarıda anlatılan görüşlere dayanak olarak SÖ7 kodlu öğretmenin önerisini de eklersek, STEM eğitiminde olması hedeflenen koşulların büyük çoğunluğu sağlanmış olabilir. Şöyle ki:

- STEM bence robotiksiz olmaz. Hani sitem yapıyorsanız bir arduino olması lazım aynı zamanda. Çünkü farklı disiplinleri birleştiriyorsanız görsel açıdan biraz daha iyi olmalı. Yani bence hani ortamda robotiğin içerisinde verilmesi lazım ki yani Mblok tabanında da bir şey yapmak çok zor bir şey değil. Yani zaten kodlamaları falan da var. Bence bu donanımı ve kesinlikle Mblok derslerinin de verilmesi gerektiğini düşünüyorum.

10.1 Şu an görev yaptığınız kurumda STEM eğitimi için gerekli tüm koşullar sağlanmış mıdır?

Çalışmaya katkı sağlamış öğretmen gruplarımız farklı şartlara sahip eğitim alanlarda görev yapmaktadırlar. Bu sebeple köy ve şehir merkezinde şartlar çok farklı olabildiği için STEM alanında yapılacak her türlü çalışma da bu şartlara göre sınırlı kalabilmektedir. Sınıfların öğrenci mevcudu, ulaşım, donanım, araç-gereç temini vb. etkenler bölgeler arası farklılık arz edebilmektedir. Köy okulları ve il merkezinde bulunan okullarda STEM eğitimi için gerekli şartların ve donanımların tam anlamıyla yeterli olmadığı öğretmenlerin görüşleriyle ortaya çıkmaktadır. Bazı öğretmenler, şartlar için çok fazla malzemeye gerek olmadığını, öğretmenlerin üretici çabaları ve analitik yetilerini kullanarak özgün ürünler çıkarma noktasında öğrencilerine yetebileceklerini ifade ederken SÖ3 kodlu öğretmenin cevabını örnek olarak gösterebiliriz:” Açıkçası sağlandığını çok düşünmüyorum ama dediğim gibi basit bir materyal kulla-

narak bile bu eğitimi gerçekleştirebiliriz. Bu birazcık da hem öğretmene de bağlı öğrencilere de bağlı. Yani olanakları kendimiz de oluşturabiliriz.” Köy okulunda görev yapan öğretmenlerden SÖ4 bulunduğu koşulları anlatırken “Hayır, dediğim gibi biz bir köy okuluyuz. Maalesef köy okullarında öncelikli ihtiyaçlarımız farklı olduğu için bu daha sonraki bir ihtiyaç olarak geliyor. Oysa ki olsa çok daha iyi olur çünkü bizim öğrenci nüfusu-muz da az. Yapılsa çok verim alabileceğimiz uygulama aslında.” şeklinde ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden yola çıkarak öğretmenlerin STEMi uygulamalarına zemin oluşturacak gerekli koşulların okullarda yeterince sağlanmamış olduğu diğer öğretmenlerin görüşleriyle de ortaya çıkmıştır.

11- Üniversitede alanınıza ek olarak STEM’ le ilgili bilgi ve beceriler içeren herhangi bir eğitim sunuldu mu? Örneklendirebilir misiniz?

Öğretmenlere üniversite eğitimleri süresince STEM ile ilgili almış oldukları eğitimlerini araştırmak için sormuş olduğumuz bu soruda büyük çoğunluğundan “hayır, herhangi bir çalışma sunulmadı” şeklinde cevaplar alınmıştır. SÖ3 ve SÖ8 ifadelerinde o yıllarda materyal tasarımı derslerini gördüklerini, bunun da STEM için bir basamak oluşturduğuna ilişkin görüşleri şu şekildedir:

SÖ3: STEM adı altında sunulmadı ancak materyal tasarım dersleri bence STEM’ in alt yapısını oluşturabilir.

SÖ8: Yok. Yani o dönemde STEM üzerine herhangi bir eğitim yani sadece materyal geliştirme dersimiz vardı. O materyal geliştirmede hani artık o da derse giren öğretmenin ya da işte oradaki öğrenci şeyiyle ürete-bileceğimiz ya da geliştirebileceğimiz materyallerdi sadece.

Yapılan görüşmeler gösteriyor ki üniversite eğitiminden geçen öğretmenler STEM alanında gerekli donanıma sahip olmadan göreve başlamış oluyorlar.

11.1 Aday öğretmen olarak STEM alanında kendinizi nasıl geliştirebilirsiniz?

Sadece aday sınıf öğretmenine sorulan bu soruda öğretmenin görüşleri şu şekildedir:

-Hizmet içi eğitimi katkı sağlayacaktır ayrıca. Artık teknoloji çağın-dayız. Çok fazla bilgiye ulaşmak mümkün İnternet ortamında bu şekilde eğitim veren eğitimcileri takip ederek böyle bir destek alabilirim. Anlaşılacağı üzere aday öğretmen mesleki gelişimi üzerine çağın gereklerine uygun birikimlere ulaşmayı, teknolojiyi de yakından takip etme gerekliliğine

inandığını ve şuan ki bilgi ve birikiminin STEM uygulamasında yeterli olmadığını ifade etmiştir.

11.2 STEM’ in okullarda uygulanmasına ilişkin tutumunuz nedir?

Öğretmenlere STEM’ in okullarda uygulanmasına yönelik tutumlarını sordüğumuzda aday öğretmen kesinlikle olması gerektiğini, öğrencilerde kalıcı öğrenmelerde ve özellikle somut öğrenmelerin gerçekleşmesinde çok faydalı olacak bir uygulama olduğunu şu sözlerle ifade etti:

AÖ: Yani hayatımıza kesinlikle girmesi gereken bir konu. Çünkü çocuk hani tek boyutlu değil, birden fazla boyutta bir çok duyu organı ama hitap edeceği için daha kalıcı öğrenmeler sağlayacaktır. O anlamda mutlaka bence daha yaygınlaştırılmalı. Hani Türkiye’nin bir çok iline birçok okulda STEM’ in yaygınlaştırılması gerekiyor bence.

STEM’ in okullarda uygulanmasına ilişkin öğretmenlerin hepsi de olumlu ifadelerle desteklediler. Bazı öğretmenler eğitim konusunda sınıfta uygulayacak öğretmenlerin bu konuda deneyim elde etmesi için kurs ve seminer gibi çalışmalarına dahil edilmeleri gerektiğini ifade ettiler. SÖ7 “yapmak için yapmak” anlayışıyla değil de farklı ve özgün ürünler için yeni fikirler üretebilme üzerine bu uygulamaları yapma gerekliliğini şu sözlerle ifade etti: *“Kısaca bence okullarda uygulanması gereken bir şey, çünkü farklı disiplinleri birleştiriyorsunuz ama öyle hani geleneksel şeylerin dışına çıkmamız lazım. Hani sitem olsa mancınık yapayım, STEM oldu. Şunlardan şunu yapayım, geçeyim diye değil de böyle orijinal fikirlere yönelmeliyiz bence. Artık yani üst düzeye çıkmamız gerektiğini düşünüyorum.”* Okuldaki sınavlarla meşgul öğrenciler için artık yepyeni bir anlayışla o öğrencileri farklı bir dünyaya taşımanın gerekliliğine değinen SÖ8 kodlu öğretmen, özellikle öğrencilerin STEM uygulamaları ile günlük hayattaki problemleri çözmek için farklı bakış açıları kazanacaklarını şu sözleriyle desteklemiştir: *“Ben uygulanması gerektiğini düşünüyorum. Çünkü şu an sadece sınav odaklı eğitim alıyoruz ya da eğitim veriyoruz. Çocuklarımıza, denemede sınavdır. Sınava yönelik ama hayat işte mezun olduktan sonra hayat şekilde ilerlemiyor maalesef çocuk belki eğitime devam etmeyecek, edemeyecek bazı sebepler çıkacak. Hani bu noktada problem çözme yeteneği hayatın her aşamasında olması gereken bir durum. Yani eğitim alsa da okusa da okumasa da bu anlamda hani bunun öncelikli hale getirilmesi lazım. Eğitim sitemindeki dediğim gibi çocuk hayata atıldığında, bir anne baba olduğunda ya da bir birey olarak karşılaştığı problemlere çözüm bulabilsin. Psikolojik anlamda da kendini çaresiz hissetmemesi anlamında destek olsun. Sadece işte bir doktor, mühendis olarak değil de kendisi de bir probleme çözüm bularak, bir şeyler üreterek hayata katılabilsin.*

Bununla da bir yerlere gelebileceğini düşünüyorum açıkçası. Yani sadece üniversite eğitimi değil de dediğim gibi biraz üretmekle de alakalı.”

Diğer öğretmenler de bu anlamda okullarda STEM ile ilgili tüm çalışmaların yapılması gerektiğini destekleyici açıklamalar yapmışlardır.

12- STEM’ in okullarda uygulanabilirliği ve geliştirilebilirliğine ilişkin eklemek istediğiniz hususlar var mı?

Tablo 14. Araştırma sorusuna ait Temalar ve Kodları

Tema	Kodlar
Fırsatlar Oluşturma	STEM uygulaması için gerekli materyal desteği Köy okullarındaki öncelik durumların tespiti Yarışmalar düzenleme Donanımlı öğretmen yetiştirme çalışmaları Yeterli bütçe ayırma

Öğretmenlerin görüşleri doğrultusunda “Fırsatlar Oluşturma” adlı tema ve beş koddan oluşan yanıtlara göre genel olarak öğretmen yeterlilikleri, STEM eğitiminde kullanılacak araç-gereç ve malzeme imkânları, okula-aile-öğretmen bütünlüğü, STEM sınıflarının oluşturulması, fuarlar ve yarışma imkânları oluşturma, yeterli bütçenin ayrılması, köy okullarındaki öncelikler ve imkânlar... “ gibi etkenler üzerine değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Bu değerlendirmeleri kendi görüşleriyle şu şekilde ifade etmişlerdir.

AÖ: Yani dediğim gibi somutlaştıracak için hani hayatımıza daha uygun bir şekilde katarsak çocuklar daha kalıcı, daha hızlı öğrenmeyi gerçekleştirecektir. Çünkü artık çağımız sadece kitaptan oku yaz ya da test çözde şey değil hani.Biz de sınavlara hazırlandık kitaplar kapatılıyor ve bildikleri unutuluyor. Ama bu tarz STEM uygulamalarıyla hani çocuklar daha çok aktif halde olacakları için öğrenmeler de daha kalıcı ve hayat boyunca nasıl bir insan arabasına binip de öğrenip uygulama yaptıkça unutması imkansızlaşıyorsa bu STEM uygulamaları için de çocuk daha çok aktif olacağı için daha kalıcı öğrenmeler sağlanacaktır.

SÖ1: *Eee, bu bağlamda az önce de belirttiğimiz gibi öğretmenlerin yeterli eğitimi alması gerekiyor. Bunun yanında okullarda STEM ile ilgili gerekli materyallerin bulundurulması gerekiyor. Buna inanıyorum.*

SÖ2: *Şu ana kadar söylediklerimizin hepsi zaten bunları içeriyor aslında. Ama dediğim gibi ilk önce yönetimin daha sonra okulun ve ailenin mutlaka bu üç üçgenin içinde herkesin buna katkı sağlaması gerektiğine inanıyorum.*

SÖ3: Okullarda uygulanması için bence fiziki olarak okullar buna göre düzenlenmesi lazım. Aynı şekilde materyal desteği çok daha fazla sağlanması lazım ve öğretmenlerin de bu konuda daha çok bilgilendirilmesi lazım.

SÖ4: Köy okullarına bu konularda daha çok destek olsalar çok daha güzel olur. Çünkü bizim önceliklerimiz farklı oluyor köy okulu olduğumuz için. O yüzden hani çocukların bot, mont gibi ihtiyaçları oluyor hani. Hani bunlardan diğer kısma sıra gelmiyor maalesef ki. Bu kısım sağlanırsa diğer kısımda da çok daha büyük başarılar sağlanabilir.

SÖ5: Dediğim gibi bu STEM uygulaması aslında bir süredir var ama öğretmenler bu konuda hâlâ bence yeterli bir bilgi ve donanımına sahip değil. Bence bu bir eksiklik çünkü öğretmeni bilinçlendirebilirsek o da işlediği bir dersin kazanımlarına bunu daha iyi uygulayabilir.

SÖ6: Yani yine dediğim gibi okulların bu ortama STEM eğitimi-ne, STEM çalışmalarına uygun hale getirilmesi gerekiyor .Okulumuzdaki sınıflarımızın ya da hani herhangi bir sınıf, STEM çalışmaları yapabileceğimiz bir sınıf oluşturulması gerekiyor .çünkü daha birkaç senedir olan bir şey bu ve gerçekten de çok faydası görülen bir çalışma, yani her okulda bulunması gerektiğini düşünüyorum ben sadece.

SÖ7: Bence yarışmalar düzenlenebilir bu konuda. Yani öyle çok teknolofest düzeyinde bir şeyden bahsetmiyorum ama hani yöresel yarışmalar düzenlenebilir? O yöreye uygun. Oradaki şartlara uygun yarışmalar düzenlersek STEMi daha iyi tanıtabileceğimizi düşünüyorum.

SÖ8: Valla geliştirilebilir, dediğim gibi önce fiziki şartların oluşturulması lazım. Onun dışında gerekli eğitimlerin hem öğretmen hem öğrenci hem veli ayağı altında bu eğitimlerin alınması lazım. Daha sonrasında bunların müfredata, ders süresine eklenmesi lazım. Ve bunun dediğim gibi sadece okul boyutunda değil, şehir olarak da ülke olarak da bu anlamda har-cayacağımız bütçenin ya da yapacağımız projelerin de geliştirilmesi lazım. Ülke olarak da buna biraz bütçe ayırmak gerekiyor açıkçası geliştirmesi için bu uygulamaların. Bunlar yapılırsa ve uygulamaya başlarsa gerçekten verimli olacağını düşünüyorum.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırma bulgularına dayanarak elde edilen sonuçlara ve öneriler yer almaktadır.

5.1. Sonuçlar

Sınıf öğretmenleriyle yapılan bu çalışmada öğretmenlerin ifadelerine göre STEM eğitimi alan öğrencilerde analitik düşünme, problem çözme becerisi, eleştirel düşünme, çıkarsama yapma, matematik zekâ gibi yetiler elde etmiştir. Bulut (2019) STEM hakkında öğretmenlerin görüşlerini üzerine yaptığı araştırmasında öğretmenlerin STEM’ in üst düzey becerileri (yaratıcı düşünce, eleştirel düşünce, çok boyutlu düşünce) kazandırdığına yönelik bulgular elde etmiştir. Yapılan bu çalışma da bizim yaptığımız çalışmanın bulgularını destekler niteliktedir. Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre, öğretmenlerin STEM’ i hangi kaynaklardan öğrendikleri, eğitim hizmeti bakımından bakanlığın vermiş olduğu mesleki ve hizmet içi eğitimlerin nitelikleri ve uygunluğu, öğretmenlerin bu eğitim modeline ilişkin görüşleri, öğretmenlerin modeli kullanmaktaki endişeleri, karşılaşılan zorluklar ve ihtiyaçlar gibi konular, öğretmenlerle yapılan görüşmeler sonucu nitelik kazanmıştır. STEM için gerekli araçlar, yöneticilerin ilgisi, sınıf mevcudu, grup mevcudu, sınıf seviyesi, ders süresi, görev dağılımı gibi unsurlar da araştırma sürecinde öğretmenlerce dile getirilmiştir. STEM uygulamalarına ayrılan zamanın fazla olmaması nedeni ile istenilen uygulamaları yetiştiremedikleri, yetiştirmek için zorladıkları, bu durumun eğitimin kalitesini düşürdüğü ortaya çıkmıştır (Kınık Topalsan, 2022). Bazı öğretmenler teknolojik donanımı beklenen bir özellik olarak vurgularken, bazıları ise okullarda gerekli teknolojik donanım olmasa bile bunun STEM eğitimini etkilemediğini söylemektedirler. Nitekim Stohlmann, Moore ve Roehrig (2012) öğrencilerine deney yaptırırken iş için gerekli materyallerin kullanılabileceği gibi elektronik olmayan basit ve sıradan malzemelerle, tahta vb. araçlarla bile özgün ürünler geliştirilebileceğini belirtmiştir. Böylece güzel sonuçlara ulaşmaya örnek teşkil eden çalışma, araştırma bulgularımızla örtüşmektedir. Araştırmada STEM eğitiminde öğrencilerin ilgi, farkındalık, anlama becerileri, hazırbulunuşluk, görsel zeka ve paylaşım gibi özelliklerin öğrencilerde olması gereken özelliklerine vurgu yapılmıştır. STEM eğitimi ve mühendislik uygulamalarının öğrencilerin bilgilerini ve başarılarını artırmada etkili bir eğitim sürecidir (Yıldırım ve Altun, 2015). Bu sürecin zeka ve akademik başarıdan çok, öğrenci ilgiyle daha iyi yürütüldüğü sonucunu ortaya çıkmaktadır. STEM, diğer disiplinlerle ve günlük yaşamla ilişki içerisinde olan ve olaylara, durumlara karşı bakış açısını değiştirme yeteneğine sahip imkânlar sunar (Eroğlu ve Bektaş 2016). Araştırmada öğretmenler STEM konularını diğer konularla ve günlük hayatla bağlantılı olarak kullandıklarını ifade ederken STEM eğitiminin fikirleri değiştirme gücüne sahip olduğunu söylemektedirler. Dolayısıyla yaptığımız çalışmada edinilen bulgular ile Eroğlu ve Bektaş (2016) çalışmalarının benzer özelliklere sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

Araştırmaya katılan sınıf öğretmenlerinin verdiği cevaplara göre STEM alanında iyi bir başarı mesleki donanıma sahip olan, araştırmacı, güncelliği takip eden, alanındaki diğer meslektaşlarıyla iletişim içinde olan, sorumlu ve özverili anlayışa sahip bir öğretmen modeliyle mümkün olacağı düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

5.2. Öneriler

STEM' in okullarda beklenen düzeyde uygulanması için öğretmenlerin bilgi ve donanımları noktasında yeterli olmaları gereklidir. STEM alanında başarılar elde etmede özellikle küçük yaşlardan itibaren materyal destekli uygulama çeşitliliğine zemin oluşturan nitelikli öğretmenlerin yetiştirilmesi çok önemlidir (Hacıoğlu ve Başpınar, 2020). Bu sonuca göre öğretmenler çeşitli zamanlarda MEB' in ve diğer kurumların yapacağı hizmet içi seminerler ile kurs faaliyetlerinin sayısı artırılmalı, öğretmenler sürece vakit kaybetmeden dahil edilmelidir. Bu eğitimleri almış öğretmenler STEM' e yönelik çalışmalarını derslerinde kullanmaları teşvik edilmelidir. Öğretmenler, öğrencilerin STEM için sahip olması gereken en temel özelliğin ilgi olduğunu vurgulamışlardır. Bu noktada öğretmenlerin derste öğrenciler için STEM' e olan ilgiyi artıracak ve seviyelerini zora koşmayacak etkinlikler düzenleyerek öğrencilerde bu ilgiyi sürekli canlı tutmak bir gereklilik olmalıdır. STEM eğitiminin kullanımı giderek artmakta olduğu için MEB eğitim programlarına STEM eğitim ile ilgili çalışmalar entegre edilmelidir. Öğretmenler STEM eğitimi için okulda olması gereken özelliklere, teknolojik araç-gereç ve STEM için gerekli araçlar olarak görüş belirtmişlerdir. Bu anlamda devlet okullarında STEM için gerekli tüm donanımların temini için bir birim oluşturulmalıdır. Bu birimlerdeki malzemeler yapılandırmacı eğitim anlayışla öğrencilerin problemin çözümünü gerçekleştirebileceği ve öğrencileri sürece aktif olarak katacağı araç-gereçlerden oluşmalıdır. Okullarda STEM destekli çalışmalara yeni vizyonlar sağlamak üzere çalışmalar yapılmalı, kurumlar arası geziler düzenlenmeli, ulusal ve uluslararası STEM çalışmaları içeren faaliyetler MEB işbirliğiyle gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M.S., Öner, T. & Özdemir, S. (2015). STEM eğitimi Türkiye raporu: *Günün modası mı yoksa gereksinim mi?* İstanbul Aydın Üniversitesi, STEM Merkezi ve Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Bulut, M., (2019). *Bilim ve sanat merkezlerinde STEM uygulaması ve öğretmenlerin STEM uygulaması hakkındaki görüşlerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bybee, R.W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi- Journal of Qualitative Research in Education*, 4(3), 43-67.
- Hacıoğlu, Y., ve Başpınar, A. (2020). Bir sınıf öğretmeni ve öğrencilerinin ilk STEM eğitimi deneyimleri. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(22), 1-23
- MEB (2015). Millî Eğitim Bakanlığı 2015–2019 stratejik planı. Ankara
- MEB (2018). İlkokul ve Ortaokul Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7, ve 8. sınıf) öğretim programı. Ankara: MEB Yayinevi
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20, 2-7.
- Patton, M. Q. (2005). *Qualitative Research*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, Stemmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20- 26.
- Stohlmann, M. S., Roehrig, G. H., & Moore, T. J. (2014). The need for STEM teacher education development. *Stem Education How to train 21st Century Teachers* (s. 17-31).
- Stohlmann, M., Moore, T.J. & Roehrig, G.H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-college Engineering Education Research*, 2(1), 28-34.
- Topalsan, A. K., & Akkoyun, M. N. İlkokulda Fen Bilimleri Öğretimi Ve Stem Uygulamaları: Sınıf Öğretmenlerinin Genel Kaygı Durumları. *Milli Eğitim Dergisi*, 51(235), 2031-2060.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, B. & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 2(2), 28-40.

Ek 1- Görüşme Soruları Formu

(Aday sınıf öğretmeni ile kadrolu sınıf öğretmenlere ayrı ayrı sorulup cevaplar alınmıştır.)

1. STEM hakkında neler biliyorsunuz?

2. STEMeğitimi ile ilgili katılmış olduğunuz herhangi bir çalışma, kurs faaliyeti oldu mu?
 - Katılım sağladığınız çalışma varsa nerede veya hangi kurum(lar)da olduğunuzu paylaşabilir misiniz?
 - Bu alanla ilgili bir çalışmanın içerisinde aktif olmanız, sınıf öğretmenliği mesleğine ne gibi etkiler sunar?
3. MEM ‘in eğitim alanındaki gelişmeleri üzerine aldığı güncel kararları takip ediyor musunuz?
 - Ülkemizde STEMeğitimi ile ilgili en güncel bilgilerden tüm eğitimcilerin haberdar olması için sizce nasıl bir yol izlenmesi gerekir?
 - STEMeğitimiyle ilgili hizmet içi seminerlerden haberiniz oluyor mu? Bu alanla ilgili düzenlenecek olan hizmet içi çalışmalara katılmak ister misiniz?
4. Sınıfınızda STEMe ile ilgili uygulamasını yaptığınız çalışmalarınız oldu mu?
 - Uygulamaya geçmeden önce sınıfın fiziki ortamında nasıl bir düzenlemeye gittiniz?
 - Eğitim sürecinde öğrencilerden bazılarını STEM destekli uygulamaların dışında tuttunuz mu? Tuttunuzsa nedenini açıklayabilir misiniz?
5. STEMe eğitim modeli, yeterli dersliği ve öğrencisi olan her eğitim merkezlerinde uygulanabilir mi?
6. Derslerinizde hangi konularda daha çok STEMe uygulamalarını kullanma şansınız oldu? Niçin?
 - Stemeğitimi sınıfınızda gerekli koşulları sağlayarak uygulamanızda sizce mesleki birikimleriniz yeterli düzeyde midir?
7. Okul dışı unsurların STEMe uygulamalarını daha sağlıklı yürütebilmeye olan etkileri üzerine düşünceleriniz nelerdir?
8. Özellikle ilkokullarda STEMe uygulamalarında hedeflenen başarılarla ulaşmak için size göre dikkat edilmesi gereken en önemli kilit nokta nedir?
 - Derslerdeki uygulamalarınızda sizin önem verdiğiniz noktalar nelerdir?
9. Sınıfınızda STEMe’ le ilgili uygulamalar yaparken branş öğretmenlerden yardım aldınız mı, alıyor musunuz?
10. Size göre STEMe uygulamasının çok iyi yapıldığı bir eğitim kurumu nasıl bir donanıma sahip olmalıdır?
 - Şu an görev yaptığınız kurumda STEMeğitimi için gerekli tüm koşullar sağlanmış mıdır? 11.Üniversitede alanınıza ek olarak STEMe’ le ilgili bilgi ve beceriler içeren herhangi bir eğitim sunuldu mu? Örneklendirebilir misiniz?
 - Aday öğretmen olarak STEMe alanında kendinizi nasıl geliştirebilirsiniz?
 - STEMe’ in okullarda uygulanmasına ilişkin tutumunuz nedir?
11. STEMe’ in okullarda uygulanabilirliği ve geliştirilebilirliğine ilişkin eklemek istediğiniz hususlar var mıdır?

NEW DEVELOPMENTS AND DEFINITIONS IN IDEAL TOPOLOGICAL SPACES VIA CONVERGENCE

Hürmet Fulya AKIZ¹

1. INTRODUCTION

In (Levine, 1963; Levine, 1970) the notion of a semi-open set was defined. Expanding on Levine's groundbreaking research, numerous topologists have examined closed sets from different perspectives. Building upon Levine's foundational work, various topologists have sought to explore closed sets from diverse perspectives (Al-Zoubi, 2005; Arya, 1990; Boonpok, 2011; Davi, 1995; Hatır, 2005). A key aspect of this study is the utilization of topological ideals as a foundation for defining topological concepts, a topic that has attracted significant interest in recent years. [Jankovic, 1990; Jankovic, 1990; Jankovic, 1990]. It is worth recalling that an ideal on a topological space (X, τ) is defined as a non-empty collection of subsets of X that satisfies the hereditary property (i.e., if $G \in I$ and $H \subset G$, then $H \in I$ and finite additivity (i.e if $G \in I$ and $H \in I$, then $G \cup H \in I$).

İbrahim (İbrahim, 2013) introduced the topological concepts of γ -semi-open sets and γ -semi-continuity. In addition, the idea of pre- γ - I -open sets was also presented by (İbrahim, 2013). Jankovic and Hamlett (Jankovic and Hamlett, 1990)

¹ (Assoc. Prof.), Yozgat Bozok University, Faculty of Art and Science, Department of Mathematics, Yozgat-Türkiye E-mail: hfulya@gmail.com ORCID: 0000-0002-8547-2175

developed the notion of I -open sets in the context of topological spaces through the use of ideals.

In this paper, by the light of (Granados, 2020) and using definitions given by (Akız and Özcan, 2022) and (Akız and Bacaksız, 2022), the concept of sequentially continuous maps in ideal topological spaces will be introduced using γ -semi- I -open sets. We first discuss certain types of functions in ideal topological spaces. Subsequently, a convergence concept compatible with sets will be introduced. Using this concept, a new set structure constructed alongside the definition of convergence and functions compatible with this set will be examined. Furthermore, the properties of this structure in Hausdorff spaces are also addressed.

Unless otherwise stated, $(X, \tau, I) = X$ will be considered as an ideal topological space and γ will be taken as an operation on X .

2. PRELIMINARIES

Definition 2.1 (Jankovic, 1983; Ogata, 1995) A subset A of X is called γ -closed, if $cl_\gamma(A) \subseteq A$. Note that $cl_\gamma(A)$ is contained in every γ -closed superset of A .

Definition 2.2 (Ahmad and Hussain, 2005) A point $x \in A \subseteq X$ is said to be a γ -interior point of A iff there exists an open nbd N of x such that $\gamma(N) \subseteq A$. The set of all γ -interior points of A is denoted by $int_\gamma(A)$. Thus

$$int_\gamma(A) = \{x \in A \mid x \in N \in \tau \text{ and } \gamma(N) \subseteq A\} \subseteq A$$

Note that

(1) A is γ -open iff $A = int_\gamma(A)$

(2) If $A \subseteq B$ then $int_\gamma(A) \subseteq int_\gamma(B)$ and $cl_\gamma(A) \subseteq cl_\gamma(B)$.

Definition 2.3 (Jankovic and Hamlett, 1992) [16] Let $A \subseteq X$. If $A \subseteq \text{int}(A^*)$, then A is called an I -open set.

The Kuratowski closure operator is defined $\text{Cl}_\gamma^*(.)$ via γ operation as follows:

Definition 2.4 (Özcan, 2022) For $A \subseteq X$, the γ -local function of A concerning γ and I is defined by $A_\gamma^*(I, \tau) := \{x \in X: U \cap A \notin I, \text{ for each } \gamma\text{-neighborhood } U \text{ of } x\}$.

The local function $A_\gamma^*(I, \tau)$ is denoted by A_γ^* , for brevity. Moreover, the Kuratowski closure operator $\text{Cl}_\gamma^*(.)$ is defined by $cl_\gamma^*(A) := A \cup A_\gamma^*$.

Theorem 2.5. (Özcan, 2022) Let (X, τ, I) be an ideal topological space, $\gamma \in \Omega(X)$, and $A, B \subseteq X$. Then,

i. if $A \subseteq B$, then $A_\gamma^* \subseteq B_\gamma^*$

ii. $(A_\gamma^*)_\gamma^* = A_\gamma^*$

iii. $(A \cup B)_\gamma^* = A_\gamma^* \cup B_\gamma^*$

iv. $(A \cap B)_\gamma^* = A_\gamma^* \cap B_\gamma^*$.

3-semi- I -open sets

Via the closure operators given in (Kuratowski, 1966) and (Özcan, 2022), here, we propose the following notion:

Definition 3.1. Let (X, τ, I) be an ideal topological space, $\gamma \in \Omega(X)$, and $A \subseteq X$. A is called a γ -semi- I -open set, if there exists a γ - I -open set O such that $O \subseteq A \subseteq cl_\gamma^*(O)$.

Example 3.2. Let $X = \{a, b, c, d\}$, $\tau = \{\emptyset, X, \{a, b\}, \{c\}, \{a, b, c\}\}$ be a topology on X , and $I = \{\emptyset, \{b, c\}\}$. Moreover, let an operation $\gamma : \tau \rightarrow P(X)$ define as follows:

$$\gamma(A) = \begin{cases} A, & c \in A \\ cl(A), & c \notin A \end{cases}$$

$A = \{a, b\}$ is a γ -semi- I -open set, for $O = \{a\}$. We obtain that $O^* = \{a, b, d\}$ and $cl_\gamma^*(O) = \{a, b, d\}$, then $O \subseteq A \subseteq cl_\gamma^*(O)$.

Definition 3.3. Let $A \subseteq X$. If A^c is a γ -semi- I -open set, then A is called a γ -semi- I -closed set.

Proposition 3.4. Let $A \subseteq X$. If A is a γ -semi- I -closed set, then there exists a γ - I -closed set F such that $int_\gamma(F) \subseteq A \subseteq F$.

Theorem 3.5. Let $A \subseteq X$. Then, A is a γ -semi- I -closed set if and only if $int_\gamma(cl_\gamma^*(A)) \subseteq A$.

Proof: Let A be a γ -semi- I -closed set. Then, there exists a γ - I -closed set F such that $int_\gamma(F) \subseteq A \subseteq F$. Since F is a γ - I -closed set, then $cl_\gamma^*(F) = F$. Thus, $int_\gamma(cl_\gamma^*(A)) \subseteq int_\gamma(cl_\gamma^*(F)) = int_\gamma(F) \subseteq A$. Hence, $int_\gamma(cl_\gamma^*(A)) \subseteq A$.

On the other hand, let $int_\gamma(cl_\gamma^*(A)) \subseteq A$. If we choose as $cl_\gamma^*(A) = F$, then $int_\gamma(F) \subseteq A \subseteq cl_\gamma^*(A) = F$. Thus, A is a γ -semi- I -closed set.

3. MAIN RESULTS

Definition 4.1. Let $f : (X, \tau, I) \rightarrow (Y, \sigma)$ be a function, and let $\gamma : \tau \rightarrow P(X)$ and $\beta : \sigma \rightarrow P(Y)$ be operations on τ and σ , respectively. If, for every β -open set in Y , its pre-image in X is γ -semi- I -open, then f is called a (γ, β) -semi- I -continuous function.

Definition 4.2 If, for every β -b- J -open set in Y , its pre-image in X is γ -semi- I -open, then f is called a (γ, β) -semi- (I, J) -irresolute continuous function.

Definition 4.3. Let $A \subseteq X$, and $x \in X$. If there exists a γ -semi-open set B such that $x \in B^\gamma \subseteq A$, then A is called the γ -semi-neighborhood of x .

4. CONCLUSION

This study focused on discussing new sets and function types derived from the notion of convergence within ideal topological spaces. Convergence, being a crucial concept in topology, plays a key role in this exploration. By utilizing the framework of convergence in ideal topological spaces, it becomes possible to reinterpret various topics previously studied in classical topological spaces. Furthermore, the uniqueness of the convergence point in Hausdorff spaces has been highlighted. Such studies pave the way for revisiting and extending numerous topics in topology, offering fresh insights. Additionally, different forms of convergence can support the parallel advancement of this approach, broadening its scope and applications.

REFERENCES

- Al-Zoubi, K. (2005). On generalized ω -closed sets. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, 2005(13), 2011–2021.
- Arya, S. P., & Nour, T. M. (1990). Characterization of s-normal spaces. *Indian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 21(8), 717–719.
- Boonpok, C. (2011). Generalized closed sets in isotonic spaces. *International Journal of Mathematical Analysis*, 5, 241–256.
- Bacaksız B. and Akız, H.F. (2022). *An Approach to Continuity and Convergence in Ideal Topological Spaces*, 8TH IFS and Contemporary Mathematics, Abstract Book.
- Davi, R., Balachandran, K., & Maki, H. (1995). Semi-generalized homeomorphisms and generalized semi-homeomorphisms in topological spaces. *Indian Journal of Pure and Applied Mathematics*, 26(3), 271–284.
- Hatir, E., & Noiri, T. (2005). On semi-I-open sets and semi-I-continuous functions. *Acta Mathematica Hungarica*, 107(4), 345–353.
- Jafari, S., & Rajesh, N. (2011). Generalized closed sets with respect to ideals. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 4(2), 147–151.
- Jankovic, D., & Hamlett, T. R. (1990). Ideals in topology and applications. *Lecture Notes in Pure and Applied Mathematics*, 115–125.
- Jankovic, D., & Hamlett, T. R. (1990). Ideals in topology and the set operator. *Bollettino della Unione Matematica Italiana*, 7, 863–894.
- Jankovic, D., & Hamlett, T. R. (1990). New topologies from old via ideals. *American Mathematical Monthly*, 97, 295–310.
- Kuratowski, K. (1966). *Topology*, Volume I, Academic Press, New York.
- Levine, N. (1963). Semi-open sets and semi-continuity in topological spaces. *American Mathematical Monthly*, 70, 36–41.
- Levine, N. (1970). Generalized closed sets in topology. *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 19, 89–96.
- Ibrahim, H. Z. (2013). γ -semi-open sets and γ -semi-functions. *Journal of Advanced Studies in Topology*, 4(1), 55–65.
- Ibrahim, H. Z. (2013). On pre- γ -I-open sets in ideal topological spaces. *Journal of University of Zakho (JUOZ)*, 1(A)(1), 349–353.
- Granados, C. (2020). A new notion of convergence on ideal topological spaces. *Sellecciones Matematicas, Universidad Nacional de Trujillo*, 7(2), 250–256.
- Özcan, M., Akız, H. F. (2022). *Some properties of generalized open sets in ideal topological spaces*. 8th International Conference on Intuitionistic Fuzzy Sets and Contemporary Mathematics, Mersin, Turkey, 155.

GRAFEN YAPISIYLA ESTRADA İNDEKS

Ercan ÖZATAK¹, Gülistan KAYA GÖK²

1. GİRİŞ

Grafen Van Der Wall kuvvetleri tarafından tutulan grafitin tek katmanlı yapısıdır. Grafitin bol miktarda bulunan bir mineral olması ve altıgen şeklinde düzenlenmiş karbon (C) atomlarından oluşan bir karbon allotropu olması grafenin şaşırtıcı özelliklerinden sadece bir kaçıdır. Grafit karbon atomlarının dizilişi nedeniyle koyu gri ile siyah renkli, opak ve çok yumuşaktır. Ayrıca yüksek bir erime noktasına sahip olduğundan uygulama alanı yüksek ısı direnci gerektiren bir maddedir. Son 10 yıldır grafenin özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Grafen yapısı, sadece kimyagerlerin değil matematikçilerin de ilgisini çekmeyi başarmıştır. Graf teori teknikleri kullanılarak grafen yapısı da dahil olmak üzere çeşitli kimyasal bileşiklerin yapısı incelenmiştir. Birçok araştırmacı, yüksek topolojik karmaşıklık (grafen gibi) sunan sistemlerin fizikokimyasal özelliklerini, örneğin merkezlik ölçüsünü tanımlamak için farklı türlerde topolojik analizler önermiştir. Bu topolojik analizler ağ verilerine dayalı olarak kullanılan indeksler olarak ifade edilir. Bunlardan biri de Estrada indeksidir.

Estrada indeksi, 2020 yılında E. Estrada tarafından bulunmuştur [3]. Estrada indeksi grafin 2D versiyonu olan grafen yapısının öz değerlerini e-nin kuvvetlerinin toplamı olarak ifade eder. Karbon atomlarının kararlı bir atomik katmanı, grafenin iki boyutlu (2D) versiyonu olduğundan karbonun bilinen kristal yapıları arasında anlaşılması zor olmuştur. Estrada indeksi bu yapının anlaşılmasını kolaylaştırmıştır. Ayrıca, bu indeks karmaşık ağların (iletişim, sosyal, metabolik vb.) merkezliğinin bir ölçüsünü ifade etmesinin yanında, moleküler grafin iskeletiyle ilgili çalışmalara da odaklanır.

Bu çalışmada, grafların spektral teorisiyle grafen tabakasının ayrıklaştırılması ve bu yapı için Estrada indeksi kullanılarak alt sınırlar oluşturması amaçlanmıştır.

1 Y. Lisans Öğr., Hakkari Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, 231411003@hakkari.edu.tr, 0009-0002-8745-5106.

2 Doç. Dr., Hakkari Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, gulistankayagok@hakkari.edu.tr, 0000-0001-9059-1606.

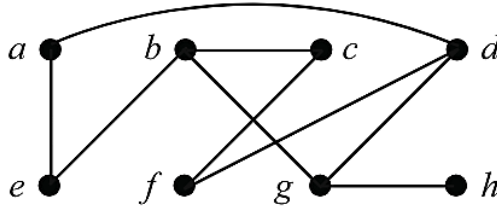
2. TANIMLAR

2.1. Graf

Bir graf V ve E gibi iki sonlu kümeden oluşur. V 'nin her bir elemanına bir köşe denir. E 'nin kenarlar olarak adlandırılan elemanları ise sırasız köşe çiftleridir.

Örnek 2.1

V kümesi $\{a,b,c,d,e,f,g,h\}$ ve E kümesi $\{\{a,d\}, \{a,e\}, \{b,c\}, \{b,e\}, \{b,g\}, \{c,f\}, \{d,f\}, \{d,g\}, \{g,h\}\}$ olan $G(V,E)$ grafi aşağıdaki şekilde çizilebilir [5]:



Şekil 1.1

Şekil 1.1'e dikkat edilirse V 'nin her bir elemanının küçük bir daire ile ve E 'nin her elemanının V 'ye karşılık gelen iki elemanı arasına çizilen bir çizgi ile temsil edildiği görülür.

2.2. Grafın Köşe Kümesinin ve Kenar Kümesinin Eleman Sayısı

Bir G grafinin köşe kümesi $V(G)$, kenar kümesi $E(G)$ ile gösterilir. Belirli bir graftan bahsediyorsak bu kümeler basitçe $G = (V, E)$ olarak adlandırılır. Gösterim kolaylığı açısından, bir kenarı $\{u, v\}$ ile göstermek yerine uv olarak gösterilir. Bir G grafinin nokta kümesinin eleman sayısı $|V(G)|$, kenar kümesinin eleman sayısı $|E(G)|$ ile gösterilir.

Örnek 2.2

Şekil 1.1'de verilen grafta $|V(G)| = 8$ ve $|E(G)| = 9$ 'dur.

2.3. Komşuluk

Belirli bir grafa ait u ve v gibi iki köşe verildiğinde; eğer $uv \in E$ ise u ve v 'nin komşu olduğu ifade edilir. Bu durumda u ve v 'nin uv kenarının uç noktaları olduğunu görülür. Eğer $uv \notin E$ ise u ve v komşu değildir.

$N(v)$ ile gösterilen bir v köşesinin komşuluğu (veya açık komşuluğu), v 'ye komşu noktaların kümesidir, yani: $N(v) = \{x \in V | vx \in E\}$.

Örnek 2.3

Şekil 1.1'de verilen grafa g noktasının komşulukları incelenirse, $N(g) = \{b, d, h \in V | gb, gd, gh \in E\}$ 'dir.

2.4. Bir Noktanın Derecesi

$d(v)$ ile gösterilen v noktasının derecesi, v ile kesişen kenarların sayısını gösterir. Basit graflarda bu, v 'nin açık komşuluğunun eleman sayısı ile aynıdır. Bir G grafının maksimum derecesi;

$$\Delta(G) = \max\{d(v) \mid v \in V(G)\}$$

ve minimum derecesi;

$$\delta(G) = \min\{d(v) \mid v \in V(G)\}$$

ile gösterilir.

Örnek 2.4

Şekil 1.1'de verilen grafa $\Delta(G) = 3$, $\delta(G) = 1$ ve grafın derece dizisinin 3,3,3,2,2,2,2,1 olduğu açıktır.

Teorem 2.1 Bir G grafında köşelerin derecelerinin toplamı kenar sayısının 2 katıdır.

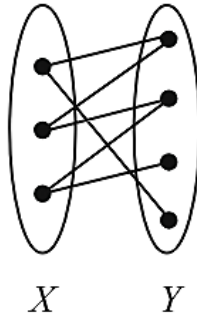
Sonuç 2.1 Derecesi tek olan nokta sayısı çifttir.

2.5. Bazı Özel Graf Türleri

2.5.1. İki Parçalı Graf

Bir grafın noktalar kümesi, her bir noktası aynı kümedeki diğer noktalarla komşu olmayacak şekilde X ve Y gibi iki ayrık kümeye ayrılabilirse grafa iki parçalı graf denir. İki parçalı graf $X \cap Y = \emptyset$ ve $X \cup Y = V$ olmak üzere $G = (X, Y, E)$ şeklinde gösterilir.

Örnek 2.5.1



Şekil 1.2

Şekil 1.2 ile verilen $G = (X, Y, E)$ grafı, $|X| = 3$, $|Y| = 4$ olan iki parçalı bir graftır.

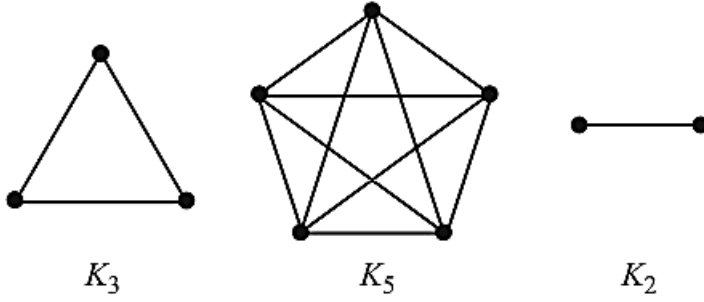
Teorem 2.5.1 En az iki köşesi olan bir graf iki parçalıdır ancak ve ancak tek döngü içermez.

2.5.2. Tam Graf

Basit bir grafın herhangi iki noktası arasında bir kenar bulunuyorsa, yani her bir nokta çifti bağlantılıysa bu graf tam graf olarak adlandırılır ve n noktalı bir tam graf K_n ile gösterilir.

Örnek 2.5.2

Şekil 1.3'te K_3 , K_5 ve K_2 'ye örnek verilmiştir.



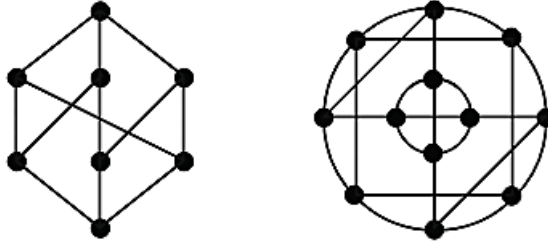
Şekil 1.3

2.5.3. Regüler Graf

Her bir noktası aynı dereceye sahip olan bir grafa regüler graf denir. Özel olarak her bir noktası r dereceye sahip olan r -dereceli reguler graf r - denir.

Örnek 2.5.3

Şekil 1.4'te verilen graflar regüler graflara iki örnektir.



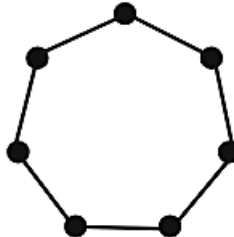
Şekil 1.4

2.5.4. Döngü Graf

C_n ile gösterilen döngü graf, basitçe n köşe üzerinde bir döngüdür.

Örnek 2.5.4

Şekil 1.5'te C_7 döngü grafi verilmiştir.



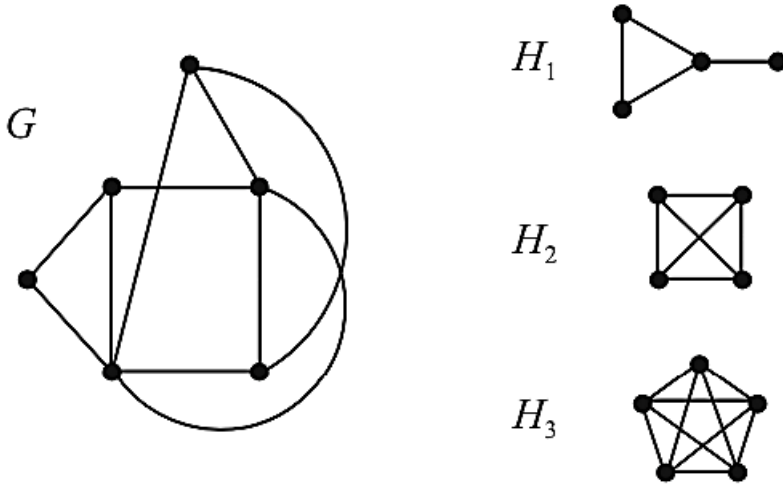
Şekil 1.5

2.5.5. Alt Graf

$G = (V; E)$ grafi için $V' \subseteq V, E' \subseteq E$ olmak üzere $H = (V', E')$ grafına G 'nin bir alt grafi denir. $V(H) \subseteq V(G), E(H) \subseteq E(G)$ ve I_H, I_G 'nin kısıtlanması olmak üzere $H(V(H), E(H), I_H)$ grafına G 'nin bir alt grafi denir. H, G 'nin bir alt grafi ise G' 'ye H 'nin süper grafi denir. $V(H) \neq V(G)$ veya $E(H) \neq E(G)$ ise H alt grafına G 'nin öz alt grafi denir.

Örnek 2.5.5

Şekil 1.6'da H_1 ve H_2, G 'nin alt grafları iken; H_3, G 'nin alt grafi değildir.



Şekil 1.6

3. GRAF TEORİSİ İLE İLGİLİ BAZI KAVRAMLAR

3.1. Komşuluk Matrisi

G , n noktalı basit bir graf olsun. G 'nin komşuluk matrisi $A(G) = (a_{ij})_{n \times n}$ ile gösterilir ve elemanları,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & i \sim j \\ 0, & \text{aksi durumlarda} \end{cases}$$

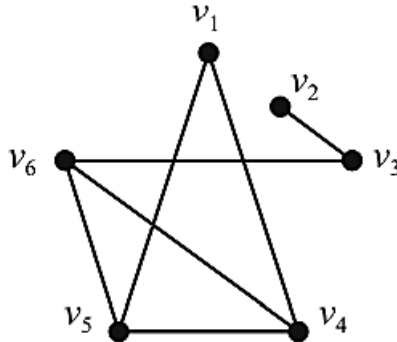
şeklinde tanımlanır.

Komşuluk matrisi reel, simetrik bir matris olduğundan tüm öz değerleri reeldir. Bu matrisin $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ özdeğerleri için $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ eşitsizliği vardır. Burada λ_1 değerine, en büyük özdeğer ve $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere en büyük $|\lambda_1|$ değerine de spektral yarıçap denir. Ayrıca komşuluk matrisinin her bir sütun ve satırındaki elemanların toplamı o sütun ve satıra karşılık gelen noktanın derecesini verir.

Örnek 3.1.1.

Şekil 1.7'de verilen 6 noktaya sahip G grafının komşuluk matrisi A olmak üzere, aşağıdaki gibidir:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$



Şekil 1.7

3.2. Graf Özdeğerleri

Bir G grafinın öz değeri, G 'nin komşuluk matrisinin öz değerleridir. Bir G grafinın bütün özdeğerlerinin toplamı 0'dır. Ayrıca, bir G grafinın iki parçalı graf olması için gerek ve yeter şart öz değerlerinin (spektrumun) orijine göre simetrik olmasıdır.

Teorem 3.1 [1] Bağlantılı bir G grafinın iki parçalı olması için gerek ve yeter şart

$$\lambda_{\min(G)} = -\lambda_{\max(G)}$$

olmasıdır.

Teorem 3.2 [1] Komşuluk matrisinin en büyük öz değeri olan λ_1 , G 'nin noktalarının ortalama derecelerinin en küçüğü ile G 'nin noktalarının derecelerinin en büyüğü kadardır. Yani,

$$\min m_i \leq \lambda_1 \leq \max d_i.$$

Teorem 3.3 [8] En büyük öz değeri $\lambda_1(M)$ olan ve negatif değerler almayan bir M matrisi için aşağıdaki eşitsizlik sağlanır:

$$\min\{R_i(M)\} \leq \lambda_1(M) \leq \max\{R_i(M)\}.$$

Burada $R_i(M)$, M matrisinin satır toplamıdır. Eşitlik ise ancak ve ancak tüm satır toplamlarının eşit olması durumunda geçerlidir.

Lemma 3.1 [4] G , λ_1 en büyük özdeğerine sahip herhangi bir basit graf ve G grafinın köşelerinin dereceleri $d_1 \leq \dots \leq d_n$ olmak üzere,

$$\lambda_1(G) \geq \sqrt{d_1}$$

eşitsizliği vardır.

3.3. Spektral Moment

G grafinın tüm öz değerlerinin k . kuvvetinin toplamı G nin k . spektral momentini verir ve M_k ile gösterilir. Yani,

$$M_k = \sum_{i=1}^n (\lambda_i)^k.$$

3.4. Graf Enerjisi

Bir G grafinin enerjisi öz değerlerinin mutlak değerlerinin toplamıdır. Yani, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ değerleri n -mertebeden bir G grafinin öz değerleri olmak üzere, G grafinin enerjisi $E(G)$ ile gösterilirse graf enerjisi,

$$E(G) = \sum_{i=1}^n |\lambda_i|$$

olarak tanımlıdır.

3.5. Estrada İndeksi

Bir G grafi için Estrada indeksi,

$$EE(G) = \sum_{i=1}^n e^{\lambda_i}$$

olarak tanımlıdır. Bu nicelik 2000 yılında E. Estrada tarafından bulunmuştur [3]. Uzun zincirli proteinlerin katlanma derecesinin ölçülmesi dahil olmak üzere birçok fiziksel ve kimyasal uygulamada kolaylık sağlamıştır. Estrada indeksi ile spektral moment arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

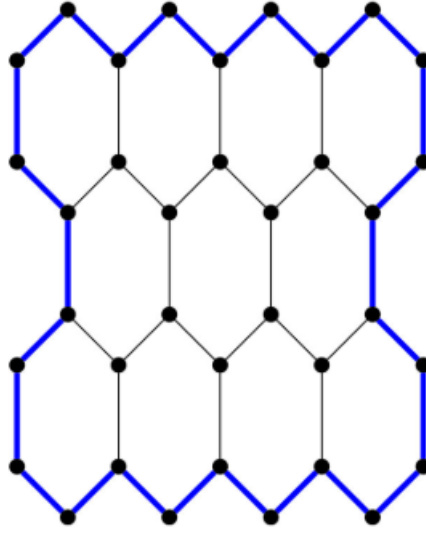
$$EE(G) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{M_k}{k!}.$$

4. GRAFEN LEVHA VE ESTRADA İNDEKSİ

Estrada indeksini çalışmanın önemi, moleküllerin 3-boyutlu özelliklerinin tespit edilip karşılaştırılabilmesine olanak sağlamasıdır. Estrada indeksi grafen levhanın atomik katmanları göz önüne alındığında buradaki komşuluk matrislerinden ve köşelerden çıkarılabilecek bilgiler arasındaki bağlantıyı titizlikle göstermek için kullanılır.

Örnek 4.1.

Şekil 1.8'de 36 noktalı ($n = 36$) ve 26 döngüye sahip ($p = 26, C_p$) bir grafen levha graf örneği verilmiştir.



Şekil 1.8

Teorem 3.3'ün doğrudan bir sonucu olarak, grafen levhanın komşuluk matrisinin satır toplamının 2 veya 3 olabileceği dikkate alındığında aşağıdaki sonuç geçerlidir.

Sonuç 4.1 [6] G, n köşeye sahip bir grafen levha ve λ_1, G 'nin komşuluk matrisi $A(G)$ 'nin en büyük özdeğeri olmak üzere,

$$2 \leq \lambda_1 \leq 3$$

eşitsizliği vardır.

Sonuç 4.2 [6] G, n köşeye sahip bir grafen levha olmak üzere köşelerin dereceleri arasında

$$2 = d_1 \leq d_2 = 3$$

bağıntısı varsa ve $\lambda_1, A(G)$ komşuluk matrisinin en büyük öz değeri ise $\lambda_1 \geq \sqrt{2}$ 'dir.

Sonuç 4.3 [7] $G(V, E), n$ köşeye ve m kenara sahip bir grafen levha olmak üzere,

$$EE^2(G) \geq n + 4m$$

dir.

Sonuç 4.4 [6] $G(V, E)$, n köşeye ve m kenara sahip bir grafen levha olmak üzere, derecesi 2 olan köşe sayısı p , derecesi 3 olan köşe sayısı q olmak üzere,

$$m = \frac{3q + 2p}{2}$$

eşitliği vardır.

Teorem 4.1 G , bir grafen yapı üzerinde n köşeli m kenarlı bir graf olsun. G grafının Estrada indeksi $EE(G)$ olmak üzere,

$$EE(G) \geq \sqrt{n^2 + 4nm - n^2 \cdot \cos^2 h(\sqrt{2})}$$

eşitsizliği vardır.

İspat: G 'nin komşuluk matrisinin özdeğerleri $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ olmak üzere Özeki eşitsizliğinden, $m_1 = \min_{1 \leq i \leq n} a_i$, $m_2 = \min_{1 \leq i \leq n} b_i$, $M_1 = \max_{1 \leq i \leq n} a_i$ ve $M_2 = \max_{1 \leq i \leq n} b_i$ tanımlamaları ile, $a_i = e^{\lambda_i}$, $b_i = 1$, $i = 1, 2, \dots, n$ olup $m_1 = e^{-\lambda_1}$, $m_2 = 1$, $M_1 = e^{\lambda_1}$ ve $M_2 = 1$ şeklinde seçilir. Buna göre,

$$\sum_{i=1}^n (e^{\lambda_i})^2 \sum_{i=1}^n 1^2 - \left(\sum_{i=1}^n e^{\lambda_i} \cdot 1 \right)^2 \leq \frac{n^2}{4} (e^{\lambda_1} - e^{-\lambda_1})^2$$

eşitsizliği elde edilir. Buradan, Estrada indeksinin tanımıyla

$$n \sum_{i=1}^n e^{2\lambda_i} - EE^2(G) \leq \frac{n^2}{4} (e^{\lambda_1} - e^{-\lambda_1})^2$$

$$n \sum_{i=1}^n e^{2\lambda_i} - \frac{n^2}{4} (e^{\lambda_1} - e^{-\lambda_1})^2 \leq EE^2(G)$$

elde edilir. Eşitsizlik düzenlenirse,

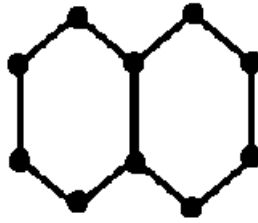
$$n \sum_{i=1}^n e^{2\lambda_i} - \frac{n^2}{4} (2\cosh(\lambda_1))^2 \leq EE^2(G)$$

$$n \sum_{i=1}^n e^{2\lambda_i} - n^2 \cosh^2(\lambda_1) \leq EE^2(G)$$

olur. Ayrıca, Sonuç 4.2 ve Sonuç 4.3 son eşitsizlikte kullanılarak ispat tamamlanır. O halde,

$$EE^2(G) \geq n(n + 4m) - n^2 \cdot \cos^2 h(\sqrt{2}) \quad \blacksquare$$

Örnek 4.2 Şekil.1.9’da verilen 10 noktalı ($n = 10$) grafen yapı için



Şekil.1.9

$A(g)$ komşuluk matrisi,

$$A(G) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

olarak bulunur. Buradan, $\lambda_1 \cong 2.30277$, $\lambda_2 \cong 1.61803$, $\lambda_3 \cong 1.30277$, $\lambda_4 = 1$, $\lambda_5 \cong 0.61803$, $\lambda_6 \cong -0.61803$, $\lambda_7 = -1$, $\lambda_8 \cong -1.30277$, $\lambda_9 \cong -1.61803$, $\lambda_{10} \cong -2.30277$ olacak şekilde öz değerler bulunur. Estrada indeksi hesaplanırsa,

$$EE(G) = \sum_{i=1}^{10} e^{\lambda_i} \cong 24.77505$$

elde edilir. Şimdi Teorem 4.1 uygulanırsa, $EE(G) \geq 8.09641$ olduğu kolaylıkla görülebilir. Nokta sayısı artıkça değer büyüyeceğinden sınır daha yakın olur. Örneğin, $n = 36$ için; $EE(G) \cong 42,154$ olup Estrada indeksi yaklaşık 101,825 elde edilir. Bu daha önce bulunan sınırlara göre daha keskindir.

Şimdi, Das ve Gutman'ın n noktalı m kenarlı graflar için daha önce ispatladığı aşağıdaki eşitsizlik göz önüne alınsın [2].

$$E(G) \geq \sqrt{2m + n(n-1)|\det A|^{\frac{2}{n}} + \frac{4}{(n+1)(n-2)} \left[\sqrt{\frac{2m}{n}} - \left(\frac{2m}{n}\right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}$$

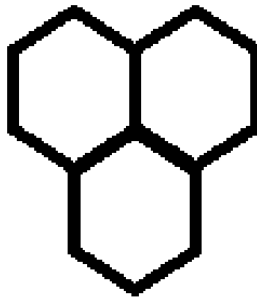
Bu eşitsizlik kullanılarak aşağıdaki sonuç elde edilir.

Sonuç 4.5 G , tek sayıda köşe üzerinde olan bir grafen levha ve $A(G)$, G 'nin komşuluk matrisi olmak üzere G 'nin enerjisi için

$$E(G) \geq \sqrt{2m + \frac{4}{(n+1)(n-2)} \left[\sqrt{\frac{2m}{n}} - \left(\frac{2m}{n}\right)^{\frac{1}{4}} \right]^2}$$

eşitsizliği vardır. Tek sayıda nokta içeren grafen yapısının determinanı sıfır olduğundan eşitsizlik sağlanır.

Örnek 4.3 Şekil 1.10'daki $n = 13, m = 15$ olan grafen yapının enerjisi $E(G)$ olmak üzere,



Şekil 1.10

$$E(G) = \sum_{i=1}^{10} |\lambda_i| = 3|1| + 3|-1| + 2|\sqrt{3}| + 2|-\sqrt{3}| + |\sqrt{6}| + |-\sqrt{6}| \\ \cong 17.8271.$$

Burada, $\det|A| = 0$ olduğu göz önünde bulundurularak Sonuç 4.5 uygulanırsa:

$$E(G) \geq \sqrt{2.15 + \frac{4}{(13+1)(13-2)} \left[\sqrt{\frac{2.15}{13}} - \left(\frac{2.15}{13} \right)^{\frac{1}{4}} \right]^2} \\ E(G) \geq 5,4774$$

eşitsizliği sonucu destekler niteliktedir.

Teorem 4.2 [9] G bir (n, m) – graf ve $k_0 \geq 2$ olmak üzere

$$EE(G) \leq n - 1 - \sqrt{2m} + \sum_{k=2}^{k_0} \frac{M_k(G) - (\sqrt{2m})^k}{k!} + e^{\sqrt{2m}}$$

eşitsizliği vardır.

Sonuç 4.6 G bir (n, m) grafen levha olmak üzere Teorem 4.2 ve Sonuç 4.4'den

$$EE(G) \leq n - 1 - \sqrt{3q + 2p} + \sum_{k=2}^{k_0} \frac{M_k(G) - (\sqrt{3q + 2p})^k}{k!} + e^{\sqrt{3q + 2p}}$$

elde edilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, karbon atomlarının 2 boyutlu versiyonu olan grafen tabakası incelenmiş, grafların spektral teorisi kullanılarak Estrada indeksi için alt sınırlar oluşturulmuştur. Moleküllerin 3 boyutlu özelliklerinin incelenmesine, tespit edilmesine ve karşılaştırılabilmesine olanak tanıyan Estrada indeksi için yukarıdaki çalışmalardan yararlanılarak farklı alt sınırlar bulunabilir ve en kullanışlı alt sınırlara ulaşılabilir. Ayrıca, bu çalış-

malar ile grafen yapısının farklı matematiksel modellemelerine ulaşılabilir ve gerçek hayatta yapının kullanım alanlarına katkı sunulabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Büyükköse, Ş. ,Kaya Gök, G. ,Özkan Kızılırmak, G. , ve Eren S. . (2021). *Graf Teori*. Ankara: Nobel Akademi.
- [2] Das, K.C. , ve Gutman, I. (2016). Bounds for the energy of graphs. *Hacettepe J. Math. Stat* 45(3), 695-703.
- [3] Estrada, E. (2000). Characterization of 3D molecular structure. *Chemical Physics Letters*, 713-8.
- [4] Favoran, O.,Maheo, M. , ve Sacle J.F. (1993). Some eigenvalue properties in graphs conjectures of GraQti.II. *Discrete Mathematics III*, 197-220.
- [5] Harris, J.M. ,Hirst J.L. , ve Mossinghoff M.J. (2008). *Combinatorics and Graphs Theory*. New York: Springer Science+Business.
- [6] Pantaz, J. , ve Rodriguez, J. (2023). On the estrada index of graphene graph. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 1888-1897.
- [7] Pena J. ,Gutman I. , ve Rada J. (2007). Estimating the estrada index. *Linear Algebra and its Applications*, 70-76.
- [8] Stevanović, D. (2014). *Spectral radius of graphs*. Waltham: Academic Press.
- [9] Zhou, B. (2008). On the Estrada index. *Communications in Mathematical and in Computer Chemistry*, 485-492.

MATEMATİKTE İLERİ ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com