



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLİŞSEL SİNİRBİLİM VE MATEMATİK EĞİTİMİ
ÜZERİNE BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

EFE OKYAY

İzmir
2021

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLİŞSEL SİNİRBİLİM VE MATEMATİK EĞİTİMİ
ÜZERİNE BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

EFE OKYAY

DANIŞMAN
PROF. DR. ESRA BUKOVA GÜZEL

İzmir
2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Bilişsel Sinirbilim ve Matematik Eğitimi Üzerine Bir Sistematiik Derleme Çalışması” adlı çalışmanın içerdiği fikri izinsiz başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında ve bölümlerinin yazımında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve *intihal içermediğini* beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

27/12/2021

EFE OKYAY



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU



Tarih: 17/01/2022

Tez Başlığı:

Bilişsel Sinirbilim Ve Matematik Eğitimi Üzerine Bir Sistematik Derleme Çalışması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 105 sayfalık kısmına ilişkin, 17/01/2022. tarihinde **tez danışmanım tarafından** Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'nın sağladığı İntihal Tespit Programından (**Turnitin-Tez İntihal Analiz Programı**) aşağıda belirtilen **filtreleme tiplerinden biri** (uygun olanı işaretleyiniz) uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin **benzerlik oranı % 15 dir.**

- <http://www.kutuphane.deu.edu.tr/tr/turnitin-tez-intihal-analiz-programi/> adresindeki Tez İntihal Analiz

Programı Kullanım Kılavuzunu okudum ☒

Filtreleme Tipi 1(Maksimum %15) ☐

Filtreleme Tipi 2(Maksimum %30) ☒

☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☐ Kaynakça hariç, ☐ Alıntılar dâhil, ☐ Altı (6) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.	☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☒ Kaynakça dâhil, ☒ Alıntılar dâhil.
EK 1- İntihal Tespit Programı Raporu İLK SAYFA Çıktısı. ☒	
EK 2- İntihal Tespit Programı Raporu (Tümü) Cd İçinde. ☐	

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve yukarıda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Efe OKYAY
Öğrenci No : 2018950123
Anabilim Dalı : Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Programı : Matematik Öğretmenliği Yüksek Lisans Programı
Statüsü : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐

ÖĞRENCİ

Efe OKYAY

17/01/2022

DANIŞMAN

Prof.Dr. Esra BUKOVA GÜZEL

17/01/2022

Açıklamalar

1: Bu formu teslim etmeden önce sizden istenen bilgileri uygun kutucuğu (□) işaretleyerek doldurunuz.

Kullanıcı şifre vb. konusunda sorun yaşanması durumunda Üniversitemiz Merkez Kütüphanesinde bulunan Turnitin yetkilisine (Ali Taş Tel: +90 (232) 3018026 veya ali.tas@deu.edu.tr) başvurunuz.

2: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu" formu tezin citilenmiş ve elektronik nüshalarının içerisinde ekler kısmında yer alır.

3: Tez savunmasında düzeltme alınması durumunda bu form güncellenerek yeniden hazırlanır.

4: Turnitin-Tez İntihal Analiz Programına yükleme yapılırken Dosya Başlığı (document title) olarak **tez başlığının tamamı**, Yazar Adı (author's first name) olarak **öğrencinin adı**, Yazar Soyadı (author's last name) olarak **öğrencinin soyadı** bilgisini yazınız.

TEŞEKKÜR

Bu yola girmemin en büyük sebebi, hem lisans hem de lisansüstü eğitimim boyunca benden yardımlarını, samimiyetini esirgemeyen çok kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Esra BUKOVA GÜZEL'e saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Bütün üniversite hayatımın her döneminde aldığım dersleri sayesinde akademik gelişim sürecime katkı sağlayan, mesleki hayatımda da bana verdikleri değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm saygıdeğer hocalarım Doç.Dr. Ayten ERDURAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Hasibe Sevgi MORALI'ya teşekkür ederim.

Tez aşamamda bilgilerini, ilgilerini esirgemedi her türlü desteği bana sağladıkları için Doç.Dr. Semiha KULA ÜNVER ve Doç. Dr. Melike YİĞİT KOYUNKAYA hocalarıma teşekkür ediyorum.

Bugünlere gelmemde maddi manevi büyük emekleri olan sevgili annem Şenay OKYAY'a, babam Turgay OKYAY'a en içten dileklerle teşekkürlerimi sunuyorum.

Dört yaşımdan beri yanımda olan, hayatta ailemin bana en değerli mirası kardeşim Ece OKYAY'a çok teşekkür ederim.

Hayatımdaki her zorlukta yanımda olan, biricik destekçim, hayat arkadaşım Zeynep Kübra OKYAY'a bu çalışma süresince bana göstermiş olduğu sabır ve ilgiden dolayı sonsuz sevgi ve en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak bir babanın en değerlisi evladım İpek Ela OKYAY'a şimdiden her şey için çok teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	x
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Amaç ve Önem	2
1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri.....	5
1.4. Sınırlılıklar.....	6
1.5. Varsayımlar.....	7
1.6. Tanımlar ve Kısaltmalar	7
BÖLÜM II.....	9
İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	9
2.1. Alan Yazın	9
2.1.1. Biliş ve Üstbiliş.....	9
2.1.3. Matematiksel biliş	12
2.1.4. Matematiksel otomatiklik.....	15
2.1.5. Matematiksel akıcılık	16
2.1.6. Matematik öğreniminde bilişsel geri getirme stratejileri	17
2.1.7. Matematiksel beceri kazanma	19
2.1.8. Sinirbilim	20
2.1.8.1. Hücre düzeyinde sinirbilim	20
2.1.8.2. Yapısal düzeyde sinirbilim	22
2.1.9. Bilişsel sinirbilim	24
2.1.10. Bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi	25

BÖLÜM III	29
YÖNTEM.....	29
3.1. Araştırmanın Deseni.....	29
3.2. Evren ve Örneklem	31
3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları	32
3.4. Tasarım, Geliştirme, Uygulama Süreci	35
3.5. Verilerin Analizi.....	37
3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği.....	39
BÖLÜM IV	41
BULGULAR	41
4.1. Makalelerin Betimsel Analizi	41
4.1.1. Makalelerin temalara göre dağılımı	42
4.1.2. Makalelerin yayınlanma yılları	43
4.1.3. Makalelerin yayımlandıkları ülkeler	44
4.1.4. Makalelerin anahtar kelimeleri yoğunluğu hakkındaki bulgular	45
4.1.5. Makalelerin örneklem büyüklükleri hakkındaki bulgular.....	46
4.1.6. Makalelerin örneklemelerinin yaş grubu hakkındaki bulgular	48
4.1.7. Makalelerin örneklemelerinin öğrenim düzeyleri hakkındaki bulgular.....	49
4.1.8. Makalelerin araştırma desenleri hakkındaki bulgular	51
4.2. Makalelerin İçerik Analizi	52
4.2.1. Sinirbilim Çalışmalarının Matematik Öğreniminin Bilişsel ve Duyuşsal Temellerinde İncelenmesi	52
4.2.2. Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında var olan çalışmaların incelenmesi	58
4.2.3. Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler özelinde incelenmesi	63
BÖLÜM V	69

TARTIşMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
5.1. Tartışma ve Sonuç.....	69
5.2. Öneriler	74
KAYNAKÇA.....	76
EK 1. Araştırmada İncelenen Çalışmalar.....	84
EK 2. Öğrencinin Akademik Özgeçmişi.....	88



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 <i>Biliş ve bilişle ilgili kavramlar</i>	10
Tablo 2 <i>Yenilenmiş bilişsel alan kazanımları (Komisyon, 2020)</i>	12
Tablo 3 <i>Çalışmanın Evren ve Örneklem Dağılımı</i>	31
Tablo 4 <i>Birinci tema için seçilen makalelerin betimsel analizi</i>	42
Tablo 5 <i>İkinci tema için seçilen makalelerin betimsel analizi</i>	42
Tablo 6 <i>Üçüncü tema için seçilen makalelerin betimsel analizi</i>	43
Tablo 7 <i>Örneklem büyüklükleri</i>	46
Tablo 8 <i>Örneklemelerin belirlenen yaş ortalamaları</i>	48
Tablo 9 <i>Örneklem grubunun eğitim durumu</i>	49
Tablo 10 <i>Makalelerin araştırma desenleri</i>	51
Tablo 11 <i>Makalelerin temalara göre dağılımı</i>	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil 1.</i> Sinir hücreleri (Looi ve diğerleri, 2016, s.7).....	22
<i>Şekil 2.</i> Beynin yapısal bölümleri (Looi ve diğerleri, 2016)	23
<i>Şekil 3.</i> PRISMA protokolüne uygun hazırlanan çalışma adımlar.....	30
<i>Şekil 4.</i> Oluşturulan örnek Excel tablosu	33
<i>Şekil 5.</i> Oluşturulan örnek Word dosyası tablosu	34
<i>Şekil 6.</i> PRISMA protokolü karar kriteri tablosu.....	36
<i>Şekil 7.</i> MAXQDA 2020 programıyla verilerin kodlanması örneği	38
<i>Şekil 8.</i> Makalelerin yayınlanma yıllarına göre dağılımları	44
<i>Şekil 9.</i> Makalelerin yayımlandıkları ülkelere göre dağılımı	44
<i>Şekil 10.</i> Makalelerin anahtar kelime yoğunluğuna göre görseli	45
<i>Şekil 11.</i> Makalelerde geçen anahtar kelimelerin tekrar sayıları.....	46
<i>Şekil 12.</i> Makalelerin örneklem sayıları.....	47
<i>Şekil 13.</i> Örneklemelerin ortalama yaşlara göre dağılımları.....	49
<i>Şekil 14.</i> Örneklemelerin eğitim düzeyleri	50

ÖZET

BİLİŞSEL SİNİRBİLİM VE MATEMATİK EĞİTİMİ ÜZERİNE BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

Bu çalışmada matematik eğitimi ve bilişsel sinirbilim konusunda uluslararası düzeyde Ocak 2010 ve Mart 2020 yılları arasında yayımlanmış olan akademik çalışmaların sistematik olarak incelenerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sistematik derleme yöntemiyle yapılan bu çalışmanın örneklem grubunu uluslararası düzeyde ve yayım dili olarak Türkçe veya İngilizce olarak yayımlanmış makaleler oluşturmaktadır. Çalışma süresince PRISMA protokolüne sadık kalınarak tarama yapılmıştır. Eğitim bilimleri alanında en çok tercih edilen dört arama motorunda tarama gerçekleştirilmiştir. Bunlar; Google Scholar, Eric, Scopus, PubMed ve Web of Science'dir. Veri tabanları aracılığıyla 2610 adet tarama sonucu bulunmuş, bunlardan erişime kapalı olanlara ulaşılmaya çalışılmış, ulaşılamayanlar ve farklı veri tabanlarından elde edilenler (duplikasyonlar) elimine edilerek 895 adet çalışmayla araştırmaya devam edilmiştir. Çalışmada belirlenen 895 makalenin her biri incelenmiş ve uzman görüşüyle, ortak olarak ön eleme/dâhil etme kriterleri belirlenmiştir. Araştırmaya çalışmaları dâhil etme/hariç tutma kriterleri şu şekildedir:

1. Seçilen çalışmalar sadece belirlenen tarih aralıklarında alınmıştır.
2. Çalışmaların öz/özet kısmının olması ve bu kısımda çalışma problemiyle doğrudan paralellik gösteren çalışmalar dâhil edilmiştir.
3. Anadilde okuryazarlık, parmak hesabı, matematiksel zorluk gibi kavramlar içeren çalışmalar hariç tutulmuştur.
4. Öğrenme güçlükleri, diskalkuli-disleksi, hiperaktivite gibi örnekleme sahip çalışmalar hariç tutulmuştur.
5. Kitap bölümleri, yüksek lisans ve doktora düzeyindeki tezler hariç tutulmuş ama bu tip akademik çalışmalardan oluşturulan makaleler dâhil edilmiştir.
6. Dâhil edilecek çalışmaların metot/yöntem kısmının olmasına dikkat edilmiştir. Yöntem kısmı, alt başlık olarak verilmeyen çalışmalar hariç tutulmuştur.

Belirtilen eleme kriterleri çerçevesinde 64 makaleyle araştırmanın kodlama ve kategorilendirme aşamasına geçilmiştir. Kodlama aşamasında 64 makalenin bütüncül

okumaları yapılmıştır. Bu aşamada çalışmaların, bulgular, tartışma ve sonuç kısımlarına odaklanılmıştır. Kodlamalardan kategorilere geçişte 4 alt kategori belirlenmiştir. Bunlar;

1. Matematiksel Aktarım Özelinde Fizyolojik Bağdaşım
2. Matematik Eğitimi Ve Sinirbilim Açısından Uygulanabilir Eğitim Metotları
3. Beyin Görüntüleme Ve Matematiksel Olarak Nörobilişsel Mekanizmalar
4. Sinirbilim Çalışmalarının Matematik Öğreniminin Duyuşsal Temellerinde İncelenmesidir.

Kategorilerden temalara çalışmalar dâhil edilirken, tartışma ve sonuç kısımlarında matematik eğitimi alanının dışında ve bu alandan bağımsız bulgulara ulaşan çalışmalarla, aynı yazarın daha önceki makalesinin süreç içinde karşılaştırması olan makaleler analiz aşamasına alınmamışlardır. Bu aşamadaki elemelerden sonra 24 çalışmayla araştırmaya devam edilmiştir. Veri elemeleri aşamasından sonra belirlenen kategorilerin ışığında temalar oluşturulmuş, bu aşamada uzman görüşü alınmıştır. Bu temalar;

1. Sinirbilim çalışmalarının matematik öğreniminin bilişsel ve duyuşsal temellerinde incelenmesi
2. Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında varolan çalışmaların incelenmesi
3. Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler özelinde incelenmesi'dir.

Veri analiz yöntemi olarak betimsel analiz ve içerik analizi yöntemi tercih edilmiş olup veriler derinlemesine incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda öne çıkan bulgular ise şöyledir; seçilen veriler en çok 2019 yılında yayımlanmış (tarama 2020 mart ayına kadar yapılmış lakin 2020 yılındaki veriler çalışmanın kriterlerini karşılayamadığından veri setine dahil edilememişlerdir) , anahtar kelime yoğunluğu bakımından en fazla 'arithmetic' kelimesi geçmiş, yayımlanan ülkeler olarak bakıldığında en fazla çalışma Amerika Birleşik Devletleri'nden elde edilmiş, çalışmaların örneklem büyüklükleri açısından 8 ile 246 katılımcıyla çalışılmış, katılımcı yaş grupları olarak en küçük 8 en büyük ise 29 olarak görülmüştür. Çalışmaya alınan makalelerin 23 tanesi İngilizce 1 tanesi Türkçe'dir. Çalışmalarda yoğun olarak ortaokul ve lisans öğrencileri örneklem grubu olarak tercih edilmiştir. Çalışmalarda yoğun olarak nicel araştırma yöntemi en sık tercih edilen araştırma

yöntemi olmuştur. Araştırma desenlerinden ise deneysel yöntem araştırmacıların yoğun olarak tercih ettiği araştırma deseni olmuştur.

Matematik eğitimi ve Bilişsel sinirbilim alanında yapılan bu çalışmalarda genellikle matematiksel bilgiyi öğrenme sırasında veya öğrenilen bilgiyi kullanma ve geri getirme bağlamında beyin fonksiyonları incelenmiştir. Alan yazıma katkı sağlayacak bu çalışmada eğitim bilimcilere ve bu alana ilgi duyanlara alternatif eğitim yollarından olan bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimiyle ilgili uluslararası alanda disiplinlerarası çalışmaların bir derlemesi sunulacaktır. Bu araştırmanın ışığında bilişsel sinirbilim ve nöro-eğitim çalışmalarına ülkemizde ağırlık verilerek, özellikle klinik düzeyindeki araştırmalara önem verilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematik eğitimi, eğitsel sinirbilim, sistematik derleme.

ABSTRACT

A SYSTEMATIC REVIEW STUDY ON COGNITIVE NEUROSCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION

In this study, it is aimed to systematically examine and evaluate the academic studies published internationally between January 2010 and March 2020 on mathematics education and cognitive neuroscience . The sample group of this study, which was carried out with the method of systematic compilation, consists of articles published at an international level and in Turkish or English as the publication language. During the study, scanning was carried out by adhering to the PRISMA protocol. A search was carried out on the four most preferred search engines in the field of educational sciences. These; They are Google Scholar, Eric, Scopus, PubMed and Web of Science. Through the databases, 2610 scan results were found, the ones that were not accessible were tried to be reached, the unreachable ones and the ones obtained from different databases (duplications) were eliminated and the research continued with 895 studies. Each of the 895 articles identified in the study were examined and pre-selection/inclusion criteria were determined jointly with expert opinion. The criteria for inclusion/exclusion of studies in the research are as follows:

1. Selected studies were taken only within the specified date ranges.
2. The fact that the studies have a summary part and that directly parallels the study problem are included in this part.
3. Studies involving concepts such as literacy in the mother tongue, finger counting, and mathematical difficulty were excluded.
4. Studies with examples such as learning difficulties, dyscalculia-dyslexia, and hyperactivity were excluded.
5. Book chapters, master's and doctoral dissertations are excluded, but articles created from such academic studies are included.
6. Care was taken to include the method/method part of the studies to be included. Studies that are not included in the method part as subtitles are excluded.

Within the framework of the specified screening criteria, the coding and categorization phase of the research was started with 64 articles. During the coding phase, holistic readings of 64 articles were made. At this stage, the focus is on the findings,

discussion and conclusion parts of the studies. In the transition from coding to categories, 4 sub-categories were determined. These;

1. Physiological Cohesion in the Specific of Mathematical Transference
2. Applicable Education Methods for Mathematics Education and Neuroscience
3. Brain Imaging And Mathematically Neurocognitive Mechanisms
4. An Investigation of Neuroscience Studies on the Affective Bases of Mathematics Learning.

While studies were included in the themes from the categories, in the discussion and conclusion sections, the studies that reached findings outside the field of mathematics education and independent of this field and the articles that compared the previous article of the same author in the process were not included in the analysis stage. After the elimination at this stage, the research continued with 24 studies. After the data screening stage, themes were created in the light of the determined categories, and expert opinion was taken at this stage. These themes are;

1. Examination of neuroscience studies on the cognitive and affective bases of mathematics learning
2. Examination of existing studies in the context of mathematical automaticity, fluency, and retrieval strategies
3. It is the examination of neuroscience and mathematics education studies in terms of gaining mathematical skills and developmental changes.

Descriptive analysis and content analysis methods were preferred as data analysis methods, and the data were examined in depth. The prominent findings as a result of the analyzes are as follows; The selected data were mostly published in 2019 (the search was carried out until March 2020, but the data in 2020 could not be included in the data set because they did not meet the criteria of the study), the word 'arithmetic' was the highest in terms of keyword density, and the most published countries were the United States of America. In terms of sample sizes of the studies, 8 to 246 participants were studied, and the youngest 8 and the oldest 29 were seen as participant age groups. 23 of the articles included in the study are in English and 1 in Turkish. Studies intense as secondary and undergraduate students were chosen as the sample group. Quantitative research method has been the most frequently preferred research method in studies. Among the research designs, the experimental method has been the research design preferred by the researchers.

In these studies conducted in the field of mathematics education and cognitive neuroscience, brain functions are generally examined in the context of learning mathematical knowledge or in the context of using and retrieval of learned knowledge. In this study, which will contribute to the literature, a compilation of international interdisciplinary studies on cognitive neuroscience and mathematics education, which are alternative education paths, will be presented to educational scientists and those who are interested in this field. In the light of this research, it is suggested that cognitive neuroscience and neuro-education studies should be emphasized in our country, and that clinical studies should be given importance.

Keywords: Mathematics education, educational neuroscience, systematic review.



BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde sırayla, araştırma ile ilgili hangi neden ve ihtiyaç kapsamında yapıldığını gösteren problem durumu, çalışmanın amacı ve önemi, problem cümlesi ve alt problemleri, sınırlılıkları, varsayımlar, tanımlar ve kısaltmalar yer almaktadır.

1.1. Problem Durumu

Eğitim; kendisini oluşturan bileşenler açısından canlı, sürekli değişken, aşamalı ve yönlendirici bir süreçtir. Bu sürecin bileşenleri birbirleriyle çeşitli iletişim kanallarını kullanarak etkileşimi dinamik tutmalıdırlar. Sürecin en önemli bileşeni ve merkezindeki bileşen ise insandır. İnsana dair olan her şey eğitimden bağımsız da değildir.

İnsan, biyolojik, fizyolojik, psikolojik vb. özellikleriyle kendine ait bir sosyal çevrede diğer canlı-cansız organizmalarla etkileşim içinde bulunan bir varlıktır (Burcu, 1998). Böyle kompleks bir canlının hayatta kalması ve türünü devam ettirebilmesi var olan özelliklerini korumasına, geliştirmesine ve belki de en önemlisi alt nesline aktarmasına bağlıdır. İnsan kendisini ve neslini farklı konularda eğitebilmektedir. Kendi yaşadığı sosyal çevreyi, üzerinde yaşadığı coğrafyayı ve dünyayı, dünyasının çevresindeki diğer gezegenler vs. hakkındaki bilgi birikimini nesline aktarmaktadır. Ancak kendini eğitebileceği en önemli alan nasıl eğitileceğine dair oluşturacağı bilgi birikiminde saklıdır. Eğitimin ve bu alandaki tekniklerin birbiri üzerine yenilenecek değiştiği ve geliştiği düşüncesi bu alanda çalışan kişilerce kabul gören bir gerçektir. Öğrenen değiştiğçe, öğretene ve öğretme metotlarının aynı kalması düşünülemez. Öğrenenin ve öğretme metotlarının değişmeyeceğini savunan düşünceye sahip öğretene, hem öğrenene hem yaşadığı topluma hem de geleceğe karşı sorumluluğunu tam anlamıyla yerine getiremediği düşünülür. Öğrenenin fizyolojisinin tanınması ve öğrenme sürecinde organizmanın nelerle karşılaştığını bilmek öğrenme metodolojisini oluşturmada ve geliştirmede öğreticinin yolunu aydınlatacaktır. Örneğin birçok ülkede, müfredat reformları matematik öğretiminin doğasının yeniden değerlendirilmesini başlatmış, matematiksel içeriğin seçiminde ve düzenlenmesinde değişikliklere yol açmış ve matematiksel düşünme süreçleri, uygulamaları ve çalışma yolları üzerindeki vurgunun artmasına yol açmıştır (Koch, 2017).

UNESCO'nun 19 Kasım (1974) tarihli genel kurulundaki uluslararası anlayış, işbirliği ve barış eğitimi ve insan hakları ve temel özgürlüklerle ilgili eğitim açısından tavsiye kararı şu şekildedir:

“Öğrenme, eğitim, bilgi ve faaliyetleri birleştiren uluslararası eğitim, birey için gerekli entelektüel ve duygusal gelişimini daha da geliştirmelidir.”

Bu açıdan bakıldığında eğitimin ulusal ve uluslararası düzeyde nitelikli nesiller yetiştirmesi önemlidir. Yeni nesillerin var olan potansiyellerini belirleme, bu potansiyellerini açığa çıkarma ve insan yararına kullanılmasını sağlayarak sisteme entegre etme süreçlerinin her birinde eğitim bilimleri ve farklı öğrenme disiplinlerinin öğretim programları etkin olmalıdır.

Bu sebeple insan fizyolojisinin bilinmesi, öğrenen sinirbiliminin incelenmesi gerek eğitimcilere gerekse bireyin kendisine olan inancını arttırabilir. Öğrencilerin alan kazanımları hakkındaki bilişsel potansiyellerini bilmek, eğitimin her bileşeni için bireyden beklenen düzeyi gerçekçi tutmayı sağlayacaktır. Bireyden beklenen performans düzeyi ne kadar realist olur ve rasyonel zeminde kendisine sunulursa bireyin beklentileri karşılamaya olan inancı da olabilir, kendisine olan güveni de artabilir. Kişide bu durum özdenetim ve öz motivasyon süreçlerinin işlemesine yardımcı olabilir.

Bunun üzerine literatüre bakıldığında; biliş, üst biliş, bilişsel süreçler, bilişsel eğitim, eğitsel sinirbilim kavramları eğitim bilimleri alanında çalışanların ilgilendikleri alanları oluşturmaktadır (Bruning, Schraw ve Norby, 2014). Bu kavramları desteklemesi bakımından alan yazında sinirbilim çalışmalarına bakmak, araştırmacılara matematik eğitimi hakkında somut veriler sağlayacaktır. Bu veriler yeni araştırmaları şekillendirecek ve alanı genişleterek yeni araştırma sorularına olanak verecektir.

Gelişen teknolojiyle birlikte etkili öğrenmenin nasıl olduğuyla ilgili çalışmaların yapılabilmesi için var olan çalışmaların incelenmesi alana katkı bakımından mühimdir. Bu sebeple çalışma alanları ne olursa olsun farklı alan uzmanlarının kendi alanları doğrultusunda ortaya çıkmış çalışmaları ele almaları işbirlikli gelişimin önünü açacaktır. Bundan dolayı bu tip disiplinler arası çalışmalara ve disiplinler arası çalışmaların alan uzmanlarının veya araştırmacılarının konuyla ilgili çalışmalar hakkında fikir edinebilmelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma, bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi alanlarını kapsayan disiplinler arası çalışmaları inceleyen bir sistematik derleme çalışmadır.

1.2. Amaç ve Önem

Araştırmada; eğitim bilimleri araştırmalarına farklı bir bakış açısı sağlayacak sinirbilim çalışmaları incelenmiştir. Sinirbilim çalışmaları, öğrenenin öğrenme fizyolojisi üzerine deneysel çalışma örneklerinin yanı sıra eğitim bilimleri araştırmacılarına, bu tip çalışmalarda eğitim bilimleri araştırmalarından farklı yürütülen araştırma yöntemlerini

inceleme fırsatı sunacaktır. İncelenen sinirbilim araştırmaları modellenirken kullanılan matematiksel beceri ölçme araçlarının seçiminde, bireyde matematik eğitimi kazanımlarının nasıl oluşturulduğu, alan çalışmacıları tarafından açıklanmıştır. Ancak bu kazanımların belirlenmesi ve öğretim programlarına genelleştirilebilmesi eğitim bilimcilerin alanı olduğundan, bu çalışmalar oluşturulurken matematik eğitimcileri de araştırmanın bir paydaşı olması düşünülmelidir. Bu çalışma, matematik eğitimi alanında çalışan kişilere bu alanın tanıtılması ve uluslararası düzeydeki çalışmaların incelenmesi adına alana katkı sağlayacaktır (Koyuncu, 2017; Wolfe, 2007). Bu çalışmada; farklı disiplinlerin araştırma soruları doğrultusunda araştırmacıların, matematik alanı özelinde veya araştırmalarının bir kısmında matematik eğitimi ve matematik öğretimi çalışan araştırmacıların sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmaları hakkında son yıllardaki çalışmalar dikkate alınarak konu hakkında bilgi edinmek ve var olan araştırmaların belirlenen kriterler çerçevesinde sistematik derlenmesi amaçlanmıştır.

Literatüre bakıldığında, çalışmacıların nörobilim ve eğitim ilişkisine açıklık getirmek için birçok farklı ve bir o kadar da ilişkili çalışma alanlarını kullandıkları görölmüştür (Keleş ve Çepni, 2006). Oluşturulan bu yeni ve karmaşık çalışma alanı isimlendirilirken literatürde farklı başlıklarla karşılaşılabilir. Bunlardan bazılarına örnek olarak; bilişsel sinirbilim, eğitsel sinirbilim, sinirbilim ve eğitim, nöro-öğrenme, nöro-eğitim ve beyin tabanlı öğrenme gibi çalışma alanları verilebilir (Rose, 2008).

Beynin çalışma biçimi, farklı bakış açılarıyla bütüncül olarak ele alınması gereken aşamalı bir dizi işlemi içermektedir. Beynin çalışma prensipleri günlük hayat göz önüne bulundurularak fiziksel ve zihinsel süreçler içerisinde ele alınabilir. Beynin bu iki temel işlevi çoğunlukla karşılıklı etkileşim içerisinde. Bu aktiviteler birbirini destekler ve beynin işlevsel ve bilişsel düzeyine çoğu zaman olumlu-olumsuz katkı sağlamaktadırlar. Bazı durumlarda beynin fiziksel aktivitelerle eğitimi zihinsel düşünme ve öğrenme süreçlerini bazı durumlarda ise zihinsel süreçler beyinde fizyolojik ve anatomik değişikleri meydana getirmektedir (Merzenich, Van Vleet ve Nahum, 2014).

Eğitim bilimlerinde, insan davranışlarını gözlemleyerek öğrenme sürecini anlamlandıran teorilerden biri davranışçı teorilerdir. Davranışsal metotlarla gözlemlenen insan davranışları insanın öğrenme sürecini anlamaya olanak sağlamaktadır (Tweney ve Budzynski, 2000).

Davranışçı teoriler zaman içinde çeşitlenmiş ve araştırmacıların ismiyle literatürde yerini almıştır. Örneğin; Skinner'in operant koşullanma, Thorndike'in bağlantıcılık, Pavlov'un klasik koşullanma, Watson'ın davranışçılık, ve Guthrie'nin bitişik koşullanma

yaklaşımları ve kuramları davranışçı teorileri anlamlandırmanın bir bütünüdür denebilir (Schunk ve Pajares, 2009). Davranışçı teorisyenler beynin rolünün öğrenmede çok etkili olmadığını savunurlar. Davranışçılara göre insan davranışları uyaran, uyarıcı ve tepki sürecidir. Öğrenme, davranışçılara göre yeni bir davranış edinimi, yeni uyarıcılara oluşturulan tepkidir. Bu bakış açısıyla davranışçılar davranışların öğrenim sürecini klasik koşullanma, edimsel koşullanma ve gözlem yoluyla olmak üzere üç şekilde değerlendirmişlerdir (Çakıroğlu ve Kuruyer, 2016).

Bilişsel yaklaşımda ise biliş, bilişsel süreç, üst biliş, üst bilişsel düzenleme, hafıza ve kodlama gibi kavramlardan söz edilebilir. Bilişsel süreçler eğitim bilimleri ve öğrenme açısından birçok temel alt başlıkta incelenebilir. Bu alt başlıklar; bilginin duyuşal, kısa süreli ve işleyen belleğe kaydı, belleğin kapasitesi ve bilgiye erişim süresi, şemalar, uzun süreli bellekte sözel ve görsel temsillerin oluşumu, ağ modelleri, bağlantı modelleri, bilginin belleğe kodlanması, önceki bilgileri etkinleştirme, işlem seviyesi, kodlama özgünlüğü, üst biliş oluşturma, üst bilişsel işlemler ve üzerine yapılacak çalışmalar olarak söylenebilir (Bruning ve diğerleri, 2014). Bu çalışma çerçevesinde, beynin fizyolojik anlamlandırma süreciyle ilgili yapılan çalışmalar üzerinde daha fazla durulacaktır.

Bilgiler beynimizde çeşitli şekillerde depolanabildiği gibi geri çağırılma süreçlerinde de aynı uyarıcıya maruz kalması gerektiği çeşitli araştırmalarla görülmüştür (Bruer, 1997). Bir bilgiyi anlamlandırırken farklı duyularla bilgiyi depolamak geri çağırılma sürecini hızlandırdığı gibi diğer bilgilerle de daha rahat bağlantı kurulmasını sağlamaktadır. Öğrenme sürecinde organizmanın çeşitli maruziyetlere karşı açıklığı ve bunlara gösterdiği tepkiler yeni öğrenilen bilginin depolanmasını kolaylaştırabilir (Cüceloğlu, 2006; Korkmaz ve Mahiroğlu, 2007; Onan, 2010).

Beynin çalışma sistemi tam olarak açıklanamamasına rağmen sinirbilim araştırmacıları, alanda gelişen teknolojiler sayesinde çeşitli verilere ulaşabilmektedirler. Bilinenin aksine beynin öğrenen bir organ olarak kabul edilmesi çok eskiye dayanmamaktadır. Öğrenme organı olarak insanoğlu önce kalbi düşünmüştür. Beynin öğrenmenin temel organ olarak bilinmesinin ardından öğretme ve öğrenme beyinden ayrı düşünülmemiş ve araştırmacılar beynin fizyolojik karakteriyle öğrenme arasında anlamlı bir bağ kurmaya çalışmışlardır. Buradan yola çıkılarak, Wolfe (2007) yaptığı araştırmada beynin araştırma alanına eğitimcilerinde dâhil olduğunu söylemiştir. Öğrenmenin beyinde yaptığı değişiklikler bilişsel sinirbilimin alanı olarak eğitim bilimciler için yeni bir araştırma alanı olarak kendine yer bulmuştur (Keleş ve Çepni, 2006; Koyuncu, 2017; Rose, 2008).

Öğrenmeyi açıklayan kuramlar birbirini destekleyen ve bazı zamanlarda da birbirleriyle çelişen özelliktedirler. Sinirbilim alanında yapılan rasyonel ifadeli güncel kuramlarla, bu alana katkıda bulunan araştırmalar ve araştırmacılar insan fizyolojisinin öğrenmeye katkısının önemini bu alanda yapılan çalışmalarla göstermişlerdir. Bu çalışmalarda, öğrenmenin merkezinin çalışma sisteminin anlaşılmasına olanak sağlanmaktadır. Bu açıdan öğrenme ile ilgili ayakları yere basan veriler ve gelişime açık yeni araştırma alanları sunulmaktadır (Cüceloğlu, 2006; Mastropieri ve Scruggs, 1998).

Sonuç olarak öğrenme teorilerinin, öğretimin planlanması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında bilimsel verilerin farklı bakış açılarından faydalanarak eğitimcilere rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Bu teorilerin gelişen teknolojik ve bilimsel verilerin belirlenen çerçevelerde ele alınıp verilenin yorumlanması yeni akademik araştırma sorularına zemin hazırlamaktadır. Bu çalışmanın da en temel amacı bu çerçevede ele alınan problem cümlelerinin belirlenen kriterler doğrultusunda cevaplanmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi konusunda yapılan çalışmaların hangi yöntem ve teknikler takip edilerek yürütüldüğü, ulaşılan sonuçları, teknikler arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları gösterilerek araştırmacılara genel bir çerçeve sunulması amaçlanmıştır. Bu durumda bu çalışma, matematik eğitimi araştırma alanlarını genişleterek bu alanda çalışanlara yeni pencereler açmasını sağlayacaktır.

1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri

Eğitim bilimleri alanındaki araştırmacıların farklı ve yeni teknikler geliştirebilmeleri için farklı disiplinlerden de yararlanıyor olmaları gerekmektedir. Eğitimsel sinirbilim çalışmaları ile ilgili literatüre bakıldığında bu alanın özellikle son on yılda yoğunlaştığı, ülkemizde ise 5-6 yıldır konuyla ilgili çalışmaların ağırlık kazandığı görülmektedir (Koyuncu, 2017). Araştırmacıların matematik eğitiminde bilişsel sinirbilim alanındaki çalışmaları, öğrenen organizmanın fizyolojisi üzerinde potansiyeli belirleme ve iyileştirmeyi amaçlayan bir eğitim çalışması tekniğidir. Bu tez çalışmasında, bilişsel sinirbilim ve matematik eğitiminin hangi yöntem ve süreçler takip edilerek bu iki disiplinin birlikte incelendiğini, sonucunda bireylerde ortaya çıkan değişiklikleri, araştırmaya dâhil edilen çalışmalarda ortak olan ve olmayan yönleri araştırılarak bu alanda çalışan veya çalışmak isteyenlere farklı bakış açıları sağlamak amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi hakkında uluslararası düzeyde çalışmalar daha yakından takip edilip, literatürde var olan ve var olabilecek, bu yeni eğitim uygulamalarının nasıl olabileceği konusunda yeni araştırmalara alan açacak bir çalışma amaçlanmıştır.

Bu amaçlar çerçevesinde oluşturulan çalışmanın problemleri şu şekildedir:

- ✓ Ocak 2010- Mart 2020 tarihleri arasında bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi üzerine yapılmış kaç çalışma vardır?
- ✓ Bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi yaklaşımları üzerine incelenen çalışmalar hangi ülkelerde gerçekleşmiştir? Alanla ilgili yayım yapılan ülkelerin belli ortak özellikleri var mıdır?
- ✓ Seçilen çalışmaların anahtar kelime yoğunluklarıyla problem cümlesi arasında öngörülebilir düzeyde bir bağlantı var mıdır? Tespit edilen anahtar kelimeler araştırma çerçevesine uygunluk gösterecek midir?
- ✓ Bu çalışmaların örneklem büyüklükleri nasıldır? Bu örneklem büyüklüklerini çalışma desenleri mi belirlemiştir?
- ✓ Seçilen makalelerdeki örneklemelerin yaş grubu hakkındaki bulgular nelerdir? Çalışılan yaş gruplarının ölçülen matematiksel becerileri yaş düzeylerine uygun mudur?
- ✓ Çalışmalardaki örneklemelerin öğrenim düzeyleri nelerdir?
- ✓ Makalelerin araştırma desenleri hakkındaki bulgular nelerdir?

Araştırmaya dâhil edilen çalışmalar, kendi içlerinde içerik analizine tabii tutulmuştur. Seçilen çalışmaların içerik analizine dâhil edilmesinin sebebi bu alanda yürütülen çalışmaların hem yöntemsel hem de bulgular ve sonuç açısından ortak çıkarımlarını veya farklı sonuçlarını görebilmektir. Bunun üzerine, çalışmalar için içerik analizi aşamasında, belirlenen alt problemler veri setinin bütüncül okumasıyla ortaya çıkmış ve şekillenmiştir. Seçilen makalelerin kaba okunmasında göze çarpan, araştırmalarda üzerinde durulan konular, kelime grupları kodlanmış, benzer kodlar kategorilendirilmiş ve bu kategorilerden tematik alt problemler ortaya çıkmıştır. İçerik analizini de oluşturacak alt problemler şu şekildedir:

- ✓ Sinirbilim çalışmalarında matematik öğreniminin bilişsel ve duyuşsal temellerinde incelenirken ortak bir sonuca varılabilir mi?
- ✓ Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında sinirbilim çalışmalarının bulguları nelerdir?
- ✓ Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını, matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler üzerine bir etkisi görülmüş müdür?

1.4. Sınırlılıklar

Bu çalışma;

- Tarama yapılan 26.03.2020 tarihi ile sınırlandırılmıştır.
- Tarama yapılan Google Scholar, Eric, Scopus, PubMed ve Web of Science veri tabanlarından ulaşılan kaynaklar çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu veri tabanlarının özel olarak seçilmesinin nedeni eğitim bilimleri araştırmalarında en çok kullanılan veri tabanları olmasıdır.
- Bazı veri tabanlarının Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphanesiyle anlaşması olmaması ulaşılan çalışmaları kısıtlamıştır. Bir veri tabanından ulaşılamayan kaynaklar başka tabanlardan da sorgulanmıştır. Ulaşılamayan kaynaklar dahil edilememiştir.
- Tarama esnasında sadece İngilizce ve Türkçe tam metnine ulaşılan çalışmalar kullanıldığından farklı dillerde yapılan ve sunulan çalışmalar dâhil edilmemiştir.
- Çalışma disiplinler arası bir konu olduğundan tarama kriterlerine göre aramada farklı disiplinlerden birçok kaynağa ulaşılmıştır. Eleme yöntemi ile belirlenen çalışmalar farklı zaman dilimlerinde gözden geçirilmiştir. Bu tez çalışması eleme yöntemlerinde belirlenen kriterlerle sınırlandırılmıştır.

1.5. Varsayımlar

Taramada elde edilen ve eleme kriterlerine göre incelenen çalışmaların bu araştırmanın kapsamını oluşturması bakımından yeterli olduğu ve çalışmalardan sağlanan bilgilerin akademik araştırma etik ilkelerine göre hazırlandığı dolayısıyla bilgilerin doğru olduğu varsayılmaktadır.

1.6. Tanımlar ve Kısaltmalar

- Basit manyetik rezonans (MR): Güçlü bir manyetik alan ortamında radyofrekans dalgaları aracılığıyla görüntü oluşturma tekniğidir.
- Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI): beyin haritalaması ve bilişsel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan, beyindeki nöronal aktiviteyi saptamaya dayalı bir yöntemdir.
- Pozitron emisyon tomografisi (PET): damar yolu ile enjekte edilen metabolik radyoaktif ajanların biriktiği normal veya patolojik dokuları görüntüleyen bir görüntüleme tekniğidir.
- Fonksiyonel yakın kızılötesi ışın spektroskopisi (fNIRS): beyin ön kısmındaki kan akışında meydana gelen değişiklikleri ölçerek beyin aktivitesinin doğrudan veya dolaylı olarak ölçülmesine olanak tanıyan fonksiyonel görüntüleme yöntemidir.

- Transkranyal manyetik uyandırma (TMS): uyarıcı bir bobin aracılığı ile oluşan çok güçlü bir manyetik alan tarafından serebral kortekste küçük ve geçici elektrik akımı meydana getirilmesini hedefleyen bir tekniktir.
- Elektroensefalografi (EEG): Beyin çizgesi yöntemi olarak da bilinen, beyin dalgaları aktivitesinin elektriksel yöntemle izlenmesini ölçen yöntemdir.
- P300 beyin dalgası: Bir uyaran karşısında beynin o uyarana bir tepki olarak ürettiği ve uyarandan yaklaşık 300ms sonra oluşan fizyolojik bir sinyaldir.
- Manyetoensefalografi (MEG): Beynin nöron aktivitesi tarafından oluşturulan manyetik alanları ölçerek beyin aktivitesinin görüntülenmesini sağlayan nörofizyolojik bir tetkiktir.
- IFG/Sol IFG: Frontal girus/Sol frontal girus
- DL-PFC: Dorsolateral prefrontal korteks
- SG: Supramarjinal girus
- Angular girus/Açısal girus (AG): Dil, sayı işleme ve uzamsal biliş , hafızaya erişim, dikkat ve zihin teorisi ile ilgili bir dizi süreçte görev alır.
- STG: Superior temporal girus
- MTG: Middle temporal girus
- Brodmann alanları: Serebral korteksin bölümleridir. Bu beyin haritalamada beyin 52 farklı bölüme ayrılmış ve isimlendirilmiştir. Çalışmada BA6, BA8, BA46 bölgelerinden bahsedilmektedir. BA6, motor korteks, BA8, frontal göz merkezi, BA46 ise DL-PFC denilen bölümdür.
- Dört boyutlu beyin modeli: Nedd Hermann isimli gelişim uzmanının ortaya attığı beyin modelidir. Sağ-sol ikili beyin modeline alternatif olarak beyni 4 çeyreğe ayırmış ve bu bölümlere A, B, C, D diye isimlendirmiştir.
- Beyaz madde: Sinir sisteminde akson ve nöronların oluşturduğu topluluktur.
- Empirik Çalışma: Örneklem grubunu seçilen konuda daha önceki çalışmaların oluşturduğu, alanyazın taraması, içerik analizi, derleme gibi önceki çalışmalardan veri toplamaya dayalı yürütülen araştırmalardır.

BÖLÜM II

İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Araştırmanın bu bölümünde aşağıda belirtilen sırada, verilen kavramların alan yazında karşımıza çıkan ve araştırmanın içeriğini zenginleştirecek biçimde bilgiler verilecektir. Bu alt başlıklar oluşturulurken çalışmanın adında geçen ifadeler, bu ifadeleri anlamlandırabilmek için kavrama ulaştıracak alt tanımlamalar literatür destekli sunulmaya çalışılacaktır. Sunulacak bu başlıkların seçilmesinin amacı çalışmanın analiz kısımlarında sözü edilecek kavramların hangi bakış açısıyla kullanıldığının açıklığa kavuşmasını sağlamaktır. Kavram sıralaması kendi içerisinde birbirlerine göre anlam bütünlüğü oluşacak şekilde verilmeye çalışılmıştır.

- 2.1.1. Biliş ve üst biliş
- 2.1.2. Matematiksel biliş
- 2.1.3. Matematiksel otomatiklik
- 2.1.4. Matematiksel akıcılık
- 2.1.5. Matematik öğreniminde geri getirme stratejileri
- 2.1.6. Matematiksel beceri kazanma
- 2.1.7. Sinirbilim
 - 2.1.7.1. Hücre düzeyinde sinirbilim
 - 2.1.7.2. Yapısal düzeyde sinirbilim
- 2.1.8. Bilişsel sinirbilim
- 2.1.9. Bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi

2.1. Alan Yazın

2.1.1. Biliş ve Üstbiliş

Kelime olarak “biliş” *“bir şeye vakıf olma, öğrenmiş olma, anlamış olma, kendi kendine öğrenme, söz konusu bilgiyi işleme ve bu işlemleri gerçekleştirme süreci”* şeklinde tanımlanabilir (Akpınar, 2011). Kavramsal anlamda çok geniş anlamlara sahip olan biliş çalışma alanlarına göre farklı tanımlamalar içerebilir. Kant’a göre nesnel varlıkların bize görünüşünün algısı olarak tanımlarken, Wittgenstein’ göre, dil yoluyla büyülemeye karşı savaş olarak ele almıştır. Öğrenme başlığı altında bilişe bakılacak olursa, sosyal öğrenme kuramının kurucusu Vygotsky’e göre öğrenme sosyal ortamda gerçekleşir ve birey ulaşması gereken bilişe çevreyle etkileşiminde kendi başına ulaşır. Bilişsel öğrenme kuramının temsilcisi olan Piaget’e göre ise bilgi sadece zihinsel süreçlerin bir ürünüdür ve insan dış

dünyadaki nesneleri bilişsel yapılarıyla kavrar. Bu düşünceye göre, insanın biliş sürecinde bireyin sahip olduğu zihinsel yapıların daha fazla işlevsel olduğu söylenebilir. Bu görüş eğitsel sinirbilim veya bilişsel sinirbilim çalışmalarında temelinde olan bir düşüncedir. Piaget ve ekolden gelen diğer araştırmacıların çalışmalarını destekleyecek sinirbilim verileri mevcuttur. Bu veriler ışığında Jackendoff'un da belirttiği gibi zihin biyolojik bilgi işletim sistemidir. Bu ifade bilişsel (yapılandırmacı) öğrenme kuramını destekler nitelikte bir sav sunmuştur (Koyuncu, 2017).

Bilişi üst bilişten ayıran temel fark, bilişte algılama, anlamlandırma, hatırlama gibi eylemler zihinsel süreçlerken üst bilişte bunlar insanın kendi algılaması kendi hatırlaması ve kendi anlamlandırmasıdır (Garner ve Alexander, 1989). Üst biliş kavramı son yıllarda eğitim bilimleri alanında yapılan çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan bir kavramdır. Kavramı eğitim bilimleri literatüründe kullanan ilk kişi 1970'lerin sonlarında Flavell'dir. Daha sonraları Flavell üst bilişi; üst bilişsel bilgiler (metacognitive knowledge) ve üst bilişsel deneyimler olarak belirlerken, Brown da biliş bilgisi (knowledge of cognition) ve bilişin düzenlenmesi (regulation of cognition) alt başlıklarını belirlemiştir (Cemiloğlu ve Ogur, 2016).

Yeni yayınlanan araştırmalarda üst biliş genel anlamda, üç aşamada ele alınmaktadır. Bunlar:

1. Üst bilişsel bilgi (metacognitive knowledge),
2. Üst bilişsel izleme (metacognitive monitoring)
3. Üst bilişsel denetleme (metacognitive control)'dir (Dunlosky ve Metcalfe, 2009).

Bu kavramlar, üst biliş kavramının alt basamaklarını oluşturduğu gibi üst bilişle biliş kavramının arasındaki farkı belirleyebilmek adına önemlidir. Biliş, üst biliş, üst bilişsel bilgi, üst bilişsel izleme ve üst bilişsel denetleme kavramlarının farkını daha iyi anlayabilmek adına Tablo 1'de bu kavramlarla ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

Tablo 1

Biliş ve bilişle ilgili kavramlar

Kavram	Açıklama
Biliş	Sembolik zihinsel etkinlikler ve zihinsel temsiller
Üst Biliş	Diğer bilişler hakkındaki bilişler
Üst Bilişsel Bilgi	Bilişler hakkındaki bilgiler
Üst Bilişsel İzleme	Bir bilişsel etkinliğin mevcut halinin değerlendirilmesi
Üst Bilişsel Denetleme	Bilişsel etkinliğin çeşitli yönlerinin düzenlenmesi

Not. Dunlosky ve Metcalfe'den (2009) uyarlanmıştır (Karakelle ve Saraç, 2010).

Tablo 1’den de görüldüğü üzere biliş kavramı zihinsel etkinlikler olarak ele alınırken, üst biliş kavramında ise kişinin diğer bütün bilişleri olarak daha genel bir ifade kullanılmıştır. Bu tabloya göre üst bilişsel alan, bilişin daha öznel hali olarak değerlendirilmiştir.

İngilizce literatürde kavramın karşılığı olarak *meta-cognition* kelimesi kullanılırken, Türkçe araştırmalarda kavrama üst biliş, biliş ötesi, biliş üstü vs. gibi farklı isimler verilmektedir. Üst biliş; kişinin öğrendiklerinin farkına varması ve kendine dönüt verebilmesidir (Cemiloğlu ve Ogur, 2016). Nelson (1999)’da ki çalışmasında üst biliş, biliş kavramının içinde kişiye özel bilişler olarak tanımlamıştır. Flavell ise bu kavramı, kişinin hem kendi bilişsel süreçlerini bilmesi hem de bu bilişlerini denetleyebilen bir üst mekanizma olarak düşünür. Doğan (2015)’e göre üst biliş, bireyin bilişsel süreçlerini tanıyarak bu bilgiyle bilişsel süreçlerini yönetmesi olarak tanımlamaktadır. Bu kapsamla aynı doğrultuda olan bilişsel kuramda öğrencinin bilgiyi yapılandığı ve kendi oluşturduğu bir süreç olarak ele alır. Bilişsel öğrenme kuramından da bilindiği üzere öğrencinin kendini tanıması, öğrenmeyi öğrenmesi ve bilgiyi yapılandırması öğrencinin içsel yapısıyla ilgilidir. Bu düşüncenin hâkim olduğu araştırmalarda öğrencinin motivasyonu, öğrenme dinamikleri, zihinsel ve fiziksel yeterlilikleri gibi alana yeni çalışma alanları kazandırmış bu alanda literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Akpınar, 2011). Üst biliş kavramının öğrenme sürecinde haklı olarak bu kadar önemsenmesinin sebebi öğrenciyi öğrenme sürecinden bağımsız düşünemeyeceğimiz gibi kendi kendine öğrenme yetisi kazandırma olduğu varsayılabilir.

Her eğitim alanındaki çalışmada kullanılabilen biliş ve üst biliş kavramı matematik eğitimi alanında yapılan çalışmalarda da sıklıkla kullanılmış ve alana hem kavramın çerçevelerinin belirlenmesi hem de matematik eğitimi alanında özel farklı bir dalda öğretim strateji ve yöntem olarak bakış açısı sunmuştur. Disiplinler arası yapılan çalışmalarla da alan uzmanlarının kendi çalışma disiplinleri içerisinde kavrama netlik ve sürerlilik kazandırılmaktadır. Üst biliş kavramı son yıllarda ortaya çıkan eğitim kuramlarının alt yapısını oluşturmaktadır. Üst bilişsel modellemeler, öğrenme alanında ki farklılıkları, öğrenme süreçlerini ve kişinin bireysel özelliklerini daha net bir şekilde açıkladığı için alanın bu konularda zenginleşmesine olanak tanımaktadır (Karakelle ve Saraç, 2010).

Bu duruma göre üst bilişsel alanların kontrolü için bireyin bu alanlarını etkileyen fiziksel özelliklerini belirlemek önemlidir. Sinirbilim alanındaki verilerde bu alanı destekleyecek ve eğitim bilimlerinin çalışma alanlarından olan biliş, üst biliş kavramlarına açıklık getirecektir.

2.1.3. Matematiksel biliş

21. yüzyıl dünyasında toplumlar yetiştirecekleri insan gücünün, bilgiye ulaşabilecekleri her kaynaktan ulaşarak işe yarar olanları elemelerini, farklı çoklu disiplinlerle veya disiplinler arası ilişkileri kurabilmelerini, bilgiyi yeniden keşfederek içselleştirmelerini bekler. Yeni düzen toplumlarda komplike bilgilerin sade, kullanılabilir ve düzenli hale getirilmesi önemli bir alandır. 20. yüzyılın son on yıllarından itibaren ortaya çıkan bilişsel öğrenme kuramında, öğrencilerin kendi bilgilerine ulaşmasını ve bilgileri yapılandıran eğitim modellerini eğitim sistemine dâhil eden anlayışlar çoğalmaktadır (Perkins, 1999). Öğrenmeyi bilen bireyler, hem kendi öğrenme süreçlerini hem de bilgi edinme kaynaklarını iyi değerlendirerek, hem kendi bilgisinin hem de dış dünyadaki bilginin denetleyicisi konumunda olmaktadır. Öğrenme zorlukları, güçlükleri, zayıflıkları birey için artık bir engel değil alternatif yollar aramak için bir sebep gibi görünmektedir. Böyle bir bakış açısı, bireylerin her türlü öğrenme faaliyetinde tabiri caizse ipleri elinde bulunduran sorumluluk sahibi karakterlere dönüşmesine ortam hazırlamaktadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Buna göre hazırlanan öğretim programları, yapılan ulusal ve uluslararası sınavlar, bu sınavların sonuçları ve sonrasında yayımlanan raporları, raporların üzerine yapılan literatür kaynaklı veya saha çalışmaları bizlere bazı güncel verileri sunabilmektedir.

Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığının yayımlamış olduğu Matematik dersi öğretmen rehber kitapçığında oluşturulan öğretim programının temelde üç alana hizmet ettiği vurgulanır. Bunlar öncelikle öğrenin bilişsel, duyuşsal ve devinişsel alanlarıdır. Sözü geçen rehber kitapçıkta Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin bilişsel boyut düzeyinde altı aşaması vardır. Bloom Taksonomisinin aşamaları; hatırlama, anlama, uygulama, çözümleme, değerlendirme ve yaratma'dır. Bu seviyeler Tablo 2'de, her bir seviye için kullanılabilecek örnek eylemler ve öğretim programında karşılığı olan örnek kazanımlar verilmiştir.

Tablo 2

Yenilenmiş bilişsel alan kazanımları (Komisyon, 2020)

Yenilenmiş Bloom Taksonomisi	Kazanım fiilleri	Öğretim programı kazanımlarından örnekler (MEB, 2018)
Hatırlama	İlgili bilgiyi uzun süreli bellekten geri getirme.	M.5.1.6.1. Paydası 100 olan kesirleri yüzde sembolü (%) ile gösterir.
Anlama	Öğretimsel mesajdan sözel, yazılı ya da grafiksel bir	M.5.2.2.2. Açılarına ve kenarlarına göre üçgenler oluşturur, oluşturulmuş farklı üçgenleri kenar ve açı özelliklerine göre sınıflandırır.

	iletişim olarak anlam oluşturma.	
Uygulama	Verilen bir durumda işlemi uygulama ya da kullanma.	M.7.3.3.2. Çemberin ve çember parçasının uzunluğunu hesaplar.
Çözümleme (Analiz etme)	Materyali bileşenlerine ayırma ve parçaların birbiriyle/bütünle nasıl bir ilişki içinde olduğunu tespit etme.	M.5.3.1.2. Araştırma sorularına ilişkin verileri toplar, sıklık tablosu ve sütun grafiğiyle gösterir
Değerlendirme	Ölçütlere ve standartlara dayalı yargıya varma.	Tek bir kazanım odaklı düşünmek yerine, belirli bir konuda, öğrencilerin problem çözerken uygun çözüm yöntemine karar vermesi.
Yaratma	Ögeleri tutarlı ya da işlevsel bir yapıda bir araya getirme, ögeleri yeni bir örüntü ya da yapı içerisinde yeniden düzenleme.	M.8.2.2.5. Doğrusal ilişki içeren gerçek hayat durumlarına ait denklem, tablo ve grafiği oluşturur ve yorumlar.

Tablo 2'e göre öğretim programında da yer alan bilişsel alan kazanımları örneklerle verilmiştir. Buna göre kişinin bilişsel alanı özelinde hatırlama basamağında, bellekten geri getirme anlama basamağında, öğretilen bilgiliyi anlamlaştırma uygulama basamağında, var olan bilgileri geri getirerek kullanma çözümlerede, bilgileri bilişsel düzeyde analiz etme değerlendirme aşamasında, kontrol etme ve yaratma adımıında ise bilgileri sentezleme ve oluşturma açıklamalarında bulunulmuştur.

TIMMS 2019 Türkiye ön raporunda bilişsel alanı üç alt başlığa ayırmıştır. Bu alt alanlar bilme, uygulama ve akıl yürütmedir. Alt alanlardan ilki olan bilme adımı öğrencilerin kazanması istenen kavramları, bu kavramları kazanırken ki süreçlerini ele alır. Bilişsel alt alanlardan ikincisi olan uygulama alanı, öğrencilerin problem çözme becerilerine ve bu süreçteki bilgileri kullanma durumlarını inceler. Son olarak üçüncü alt alan olan akıl yürütme ise daha önce karşılaşmadığı problem durumlarına önceki problemlerdeki çözümü aktarabilmesi ve farklı rutin olmayan durumlarda karşısına çıkabilecek çözümlere ulaşmasını ifade eder. Öğrenciler problem çözme adımlarında, problemin yoğunluğuna ve kendi kapasitesine göre bu üç dereceden herhangi birini kullanabilirler.

Bilme basamağında bir öğrenci matematiksel bir probleminde uygulama ve akıl yürütme derecesinde çözebilmesi için belli matematiksel kavramlara aşına olması gerekir.

Kavramlardan ve sembollerden uzak, matematik dilini tanımadan matematik problemini çözmek öğrenci için imkansız olabilir. Verilen bilgiler arasında bağlantı kurmak verileri sıralamak, istenen şeye odaklanarak çözüm aşamalarını planlamak öğrencinin problemi çözmesini kolaylaştıran stratejilerdendir. Matematiksel akıcılık için belli başlı matematiksel formülleri ve işlemleri hatırlamaları problemin çözümü açısından verimli olacaktır (Mullis ve Martin, 2017).

Uygulama basamağında, öğrencilerin temel bilgilerinin uygulama becerisine aktarabildiğine odaklanılır. Öğrenciler alana özgü kavram ve tekrar edilmiş problem çözme yöntemlerindeki becerileri yeni problemler üzerinde de kullanmalıdırlar. Bu beceri problem çözme becerisinin en önemli noktasıdır. (Mullis ve Martin, 2017).

Akıl yürütme becerisi öğrencinin üst bilişsel alana ne kadar hâkim olduğuyla alakalıdır. Bu alanda öğrenci yeni ve rutin olmayan problem durumlarıyla karşılaştığında bile problemin çözümüne ulaşabilmek için yöntemini mantıklı ve sistematik bir şekilde belirlemeli ve yöntemini aynı doğrultuda uygulamaya koyabilmelidir. Bu yeteneği ölçmek için öğrenciye gerçekçi matematik durumlarından yola çıkılarak hazırlanmış problem durumları sunulabilir. Freudental'ın de bahsettiği gibi öğrenci *matematikleştirmeyi* yapabilirse doğru uygulama adımıyla birlikte problemin sonucuna ulaşabilir. Akıl yürütme becerisi tek başına kullanılacak bir beceriden ziyade birçok alt beceriyle beraber çalışan bir sistemdir. Matematiksel düşünme açısından da önemli olan birçok alanı beraber düşünme becerisi akıl yürütme becerisi kazandırmanın öğrenciyi üst bilişsel düzeye çekmenin bir yoludur (MEB, 2020).

Matematiksel biliş kavramı çok geniş olmakla birlikte her yaşta ve her düzeyde kişi kendi potansiyelinin farkına vararak matematiksel bilişini ileriye taşıyabilir. Bazı araştırmalara göre insan ilk doğduğu andan itibaren birtakım matematiksel bilişle dünyaya gelir. Bu araştırmalardan biri olan Spelke ve Kinzler (2007)'de sayı-çekirdek bilgisi olarak adlandırdıkları sayı yetisi kavramıdır. Carey (2001) ve Feigenson (2004)'e göre sayı-çekirdek bilgisi iki alt sistemden oluşmaktadır. Bunlardan biri yaklaşık sayma sistemi diğeri tam sayma sistemidir. Yaklaşık sayma sistemi çoklukların yaklaşık sayısını belirlemeyi sağlarken tam sayma sistemi çoklukların kesin sayısını belirlemeyi sağlar. Tam sayma sisteminin diğeri bir adı nesne takip sistemidir (Izard, Pica, Spelke ve Dehaene, 2008; Karagiannakis, Baccaglini-Frank ve Papadatos, 2014). Bu açıdan matematiksel biliş daha iyi anlayabilmek için bu alana özgü kavramlar incelenebilir. Matematiksel bilişe özgü

kavramlardan bazılarına örnek olarak sayı duyarlılığı, sanbil yetisi, üçlü kodlama vb. gibi ifadeler verilebilir (Mutlu ve Akgün, 2017).

2.1.4. Matematiksel otomatiklik

Matematiksel otomatiklik kavramının tanımına OECD (2016)'da yayımlanan raporun Türkçe çevirinde rastlanılmıştır. Ayrıca çalışmanın içerik analizi aşamasında bazı makalelerde bu kavramdan söz edilmektedir. Otomatiklik kavramını matematik özelinde, işlem sonuçlarının hafızada tutulup ihtiyaç halinde geri çağıran bilişsel bir mekanizma olarak tanımlanmıştır (Looi ve diğerleri, 2016).

Otomatiklik kavramı eğitim bilimleri literatüründe geniş alanlarda kullanılan bir kavram değildir. Alan yazın tarandığında otomatiklik kelimesiyle ilk defa LaBerge ve Samuels (1974)'de Otomatiklik Teorisi adıyla karşılaşmıştır. Bunun öncesinde otomatik işlemler kavramı yani otomatiklik kavramını ilk kullanan Neisser (1967) 'dır (Posner, Bourke ve Neisser, 1992). Bu teoriye göre otomatiklik; öğrenilecek olan olgunun kişi tarafından üstün bir performans göstermeden, doğru ve hızlı bir şekilde davranışa dönüştürülmesidir (Uysal, 2021). Bu tanımlama ne kadar genel olsa da aslında kavram okuma eğitimindeki araştırmalarda kendine yer bulabilmektedir. Zaten LaBerge ve Samuels (1974)'teki çalışmasında otomatiklik kavramını doğru ve zahmetsiz hızlı kelime tanıma olarak tanımlamaktadır. Young ve Rasinski (2009)' da otomatiklik teorisinin okuma eğitiminde önemli bir yere sahip olduğunu akıcı okumanın okuyucuyu kelimeyi tanımakla harcayacakları zihinsel faaliyeti metni anlamaya odaklayabildikleri ve bilişsel kaynaklarını daha verimli kullandığını iddia etmişlerdir. Otomatikleşmenin okuma düzeyinde olabilmesi için alan araştırmacıları tekrarlı çok okuma yapmanın faydalarından bahsetmişler ve akıcı okumanın gelişmesi için otomatiklik teorisinin kazandırılması gereken bir bilişsel beceri olduğu fikrinde görüş çoğunluğuna ulaşmışlardır (Kanık Uysal, 2021). Bu fikri ilk olarak Samuels (1979)'da kişinin otomatikliği kazanmasında tekrarlı okumanın öneminde bahsetmiştir. Otomatiklik becerisinin gelişmemesi okuma eğitimi alanında çalışan insanların araştırdığı bir konudur. Bu becerinin gelişmemesi öğrencide bir takım işlevsel yetersizliklerin oluşmasında rol oynar. Fawcett ve Nicholson (1994)'nın bu konu üzerinde okuma güçlüğü çeken çocuklarla yapmış oldukları çalışmada, verilen herhangi bir metindeki kelime tanımama yani otomatik okuyamamalarını akıcı okuma yapamadıklarını iddia etmektedir. Otomatiklik kavramı, başlangıçta yoğun bir performans göstererek ortaya çıkan ürünü daha sonraları daha az dikkat ile sergilemektir (Baştuğ, 2012).

Bu alanın dışında matematiksel otomatiklik kavramına örnek olarak verilebilecek en güzel matematiksel beceri çarpım tablosudur. Okuma üzerine yapılan çalışmalarda akıcı okumayı desteklemesi bakımından otomatiklik teorisini kullanmak gibi öğrencide matematiksel otomatikliğe ulaşılabilmesi için bazı işlemsel bilgilerin bilişsel beceri düzeyinde akıcılık kazanılması gerekir. Matematik gibi üst bilişsel alana hizmet eden çalışmalar yapılırken her problemin sonucunun ezberlenmesi hem gereksiz hem de imkansız bir olaydır. Bunun yerine problem çözerken uygulama basamağındaki işlem adımlarında öğrenciyi problemde istenen sonuçtan uzaklaştıran eylemlerin (denklem çözerken kenarda basit çarpma işlemine odaklanma vs. gibi) zihinsel faaliyetlerini diğer bilişsel alanlara aktarmaları öğrencinin problem üzerinde matematiksel düşünme sürecini geliştirebilir. Öğrencilerin matematiksel becerilerini gösterecekleri şekilde hazırlanan, süre odaklı sınavlarda, öğrencilerin sorulan sorulara karşı reaksiyon süresinin azalması nöro-bilişsel eğitimin çalışma alanını oluşturacaktır. Bu sebeple matematiksel otomatiklik bilişsel sinirbilim çalışmalarında da ölçüt olan bir kavramdır.

2.1.5. Matematiksel akıcılık

Öğretim programlarında belirlenen hedeflerden olan öğrenciye kazandırılacak becerilerin kalıcı olmasının yanı sıra öğrencinin edindiği becerileri genelleyeabilmesi, karşılaştığı yeni problem durumlarında uygulayabilmesi de bulunmaktadır. Temel becerilerin bir araya gelerek karmaşık becerilerin çözümünü elde etme işi kişinin üst bilişsel düzeydeki yetkinliğiyle doğru orantılı olarak kabul edilebilir. Basit işlemlerde zorlanmayan öğrenciler karmaşık işlemlerde daha az bilişsel çaba sarf ederek sonuca ulaşırlar (Skinner, Fletcher ve Henington, 1996).

Matematikte temel hesaplama becerileri toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini (5+4, 3-2, 4x6, 9:3, 30:5 gibi) içerir (Baykul, 2006; Bliss ve diğ., 2010; McCallum ve Schmitt, 2011; Stein, Kinder, Silbert ve Carnine, 2006; Yıkılmış ve Kot, 2017 Akt:(Alptekin, 2019)). Alptekin (2019) ‘da matematiğin hiyerarşik bir beceri olduğu alanda elde edilen her öğrenmenin diğer bir beceri üzerine yığıldığını söylemiştir. Öğretim programında da bahsedilen matematiğin hiyerarşisinde matematiğin ve bu alanda kazandırılacak her becerinin temelinde belli başlı basit düzey hesaplama becerileri yatmaktadır. Basit hesaplama becerileri öğrenme düzeyleri ne olursa olsun her bireye kazandırılması gereken becerilerdir.

Matematiği dünya dili olarak kabul edeceksek bunun alfabesi olan sayılarla oluşturulan basit kelimeleri her insanın belli düzeyde tanıyabilmesi gereklidir. Ancak

yazılabilen her kelimenin anlamlı olması beklenmez, anlamlı kelimeler bile her zaman bir araya gelerek anlamsal bir bütünlük içeren cümle oluşturmayabilir hatta ve hatta kendi içerisinde anlamsal bütünlüğü olan cümleler bir araya gelse bile anlamlı bir metin elde edilmeyebilir. Harfleri kelimelere dönüştürmek, kelimelerle cümle kurabilmek, bu cümlelerle paragraflar oluşturabilmek kendi içerisinde artan bir zorluk içerir. Matematiksel işlemleri de böyle bir metaforla düşünecek olursak üst düzey anlamsal bir metin oluşturabilmek için sadece sözcükleri tanımak yeterli olmaz. Matematikte de üst düzey becerilerin kazanılması için temel becerilerin edinilmiş olması yeterli değildir, bu becerilerin doğru ve akılcı bir şekilde sergilenmesi de önemlidir (Griffin, 2003; Stein, Kinder, Silbert ve Carnine, 2006 Akt:(Alptekin, Vural ve Aksoy, 2016)).

2.1.6. Matematik öğreniminde bilişsel geri getirme stratejileri

Bellek, biliş ve öğretim stratejileri bilginin kullanıcıya işlevsel düzeyde geri gelmesi üzerinde etkilidir. Öğrencinin bilgiyi belleğinde depolama sürecinin önemli olması gibi bilginin doğru zamanda bellekten çağırılması da, bilginin davranışa dönüştüğünün bir göstergesidir. Öğrenmenin tamamlanması için ise bilginin davranışta görülmesi tanımı gereği esastır. Bu açıdan bakıldığında bilgiyi geri getirmek bilişsel öğretim modelinin dışında da her türlü öğrenme modelinin bir basamağı sayılabilir. İşlevsel bilgi edinimi uzun süreli bellekte depolamayı gerektirirken, bilgiye erişme kadar bilginin bilince taşınması süreçleri de bilginin kodlanması ve depolanmasından daha önemlidir (Bruning ve diğerleri, 2014, s. 90).

Bu açıdan bakıldığında belleğin bilgiyi alması depolaması ve ihtiyaç durumunda işlevsel düzeye çıkarması için bellek destekleyiciler olarak isimlendirilen bazı teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler destekleyicilerin zihni geliştirirken uygulanan sistemli adımlardır. Bu yöntemlerin öğrenme esnasında kullanımı yeni bilginin hatırlanma düzeyini arttıracak şekilde öğrenmeye olanak sağlamaktadır. Bazı çalışmalarda sadece tekrar etmenin bilgiyi hatırlamada yeterli olmadığını göstermiştir. Bilginin öğrenen için anlamlı hale getirilmesi ve öğrenme esnasında daha önceki şemalarıyla bağlantı kurması öğrencinin çeşitli kodlama tekniklerini kullandığının göstergesi olabilir. Özet olarak bilginin; belleğe yerleştirilmesine kodlama, bellekteki başka şemalarla anlamlandırılmasına ise örgütleme denilebilir (K. Ü. Açıkgöz ve Güngör, 2006). Bellek destekleyici stratejilerin (uluslararası literatürde geçen kavramsal adıyla mnemonic strategies) temel amacı bilginin uzun süreli hafızalarındaki bilgilerle anlamsal ilişkiler kurmasını sağlamaktır. Öğrenci için öğrendikleri

ne kadar anlamlıysa, kişi öğrendiklerini zihninde uzun süreli depolayabilir (Mastropieri ve Scruggs, 1998).

Korkmaz ve Mahiroğlu (2007)'deki makalesinde bellek destekleyici strateji olarak kullanılabilen altı teknikten bahsetmiştir. Bunlar:

- Bağlama (Link) Tekniği
- Anahtar Kelime (Keyword) Tekniği
- Yerleşim (Loci) Tekniği
- Kelime Asma (Pegword) Tekniği
- Harf (Fonetik) Tekniği
- Öykü Tekniği

Bu teknikler özel bir alan öğretiminden ziyade bilginin çeşidine ve öğrencinin bilişsel kalıbına uygun biçimde kullanılabilir. Bilgiyi geri getirmek için bilginin kodlanma aşaması kritik aşamadır. Kodlamada da öğrenmede olduğu gibi bireysel farklılıklar vardır. Tulving ve Osier (1968)'deki çalışmasında kodlama özgünlüğünü ortaya koymuşlardır. Farklı bireylerde aynı bilginin aynı şekilde kodlanması durumunda geri getirme süreçleri arasında farklılıklar olabilir bu durumda bilginin geri getirilme sürecini bireyler arasında dengeleyebilmek için bireyler bilgiyi öğrenme stillerine özgü bir biçimde kodlama özgünlüğüne sahiptir.

Bruning, Schraw ve Norby (2014)'de de bilgiyi geri getirmeyi daha etkili duruma geri getirebilme yöntemlerinin kullanımına ilişkin çıkarımları şu şekilde özetlenmiştir:

1. *Kodlama ve geri getirme bağlantılıdır.*
2. *Öğrenme her zaman kodlama ve geri getirmeyi etkileyen özgün bir bağlamda gerçekleşir.*
3. *Geri getirme duruma bağlıdır.*
4. *Anı yeniden oluşturulabilir.*
5. *Öğrenciler kendi anlam bağlamlarını oluşturduklarında öğrenme artar.*
6. *Hatırlama ve tanıma aynı değildir.*
7. *Geri getirme hatasız değildir.*
8. *Aralıklı çalışma yoğun çalışmadan daha verimlidir.*

2.1.7. Matematiksel beceri kazanma

Matematik öğrenimi birçok alt kazanımı ihtiva eden, kendi içinde bilgi yığılması gereken bir süreçtir. Öğrenciler belli başlı matematiksel problem çözmek için stratejik tekniklere vakıf olabilirler bunlarla zaman içinde hem sınıf içinde hem de sınıf dışında karşılaşabilirler. Ancak belli kalıp problemleri çözmek demek matematiksel olgunluğa erişmek anlamına gelmeyebilir. Bu açıdan belli kalıp soru tipleriyle matematiksel işlem becerilerini kullanarak belli düzey akademik başarılar elde etmek öğrenciye başarı duygusunu tattırabilir ama kişiye hayatında karşılaşacağı esnek problem çözme becerisi kazanmasından uzaklaştırır.

Matematik öğretim programı (2018, s. 6)'da programda 8 ana yetkinlik belirlenmiştir. Bunların 3. maddesi “*Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler*” dir. Bu başlığa göre;

Matematiksel yetkinlik, günlük hayatta karşılaşılan bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulamadır. Sağlam bir aritmetik becerisi üzerine inşa edilen süreç, faaliyet ve bilgiye vurgu yapılmaktadır. Matematiksel yetkinlik, düşünme (mantıksal ve uzamsal düşünme) ve sunmanın (formüller, modeller, kurgular, grafikler ve tablolar) matematiksel modlarını farklı derecelerde kullanma beceri ve isteğini içermektedir.

Programda bahsedilen ve öğrencilere kazandırılması amaçlanan yetkinliklerden biri olan matematiksel yetkinlik kısmı incelendiğinde, öğrencinin verileri yorumlaması matematiği günlük hayatta kullanabilmesi istenmiştir. Matematik öğretiminin bu şekilde kurgulanmış bilişsel halinde öğrenciler varsayımlar üzerinden modellemeler, formüller ve desenler keşfederek kalıplaşmış soru tipleri dışında esnek bir problem çözücü olmaları amaçlanmıştır. Öğrencilerin problem çözmesi kendi içinde bir amaç gibi görünürken aslında belli başlı bir amaca da hizmet etmektedir. Bu amaç; öğrencilerin yöntem ve formülleri sadece ezberlemekten ziyade kendi çözümlerini keşfetmeleri (bilişsel süreçlerden geçmeleri) ve problem kümelerini tekrar tekrar çözerek geliştirirken matematiksel bilgi birikimlerine katkı sağlayacakları alanlar oluşturmaktır (Bruning ve diğerleri, 2014).

Matematik öğretimi için güncel bilişsel yaklaşımlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Matematik, problem çözme temelinde öğretilmelidir.
2. Öğrencilerin genel bilgi birikimleri arttırılmalıdır.
3. Öğretmen, problem çözmek için gerekli örnekleri sağlamalıdır.

4. Öğrencilerin problem çözümündeki işlem adımlarını anlatmalarına ve belleklerinde canlandırmalarına destek olunmalıdır.
5. Öğrenci kendi hatalarını yeni bilgileri doğru bir şekilde oluşturmak için kullanmalıdır.
6. Rutin olmayan problemler temin edilmelidir.
7. Öğrenciye matematiksel olarak olumlu tutum geliştirecekleri öğretim yöntemleriyle öğretim yapılmalıdır.
8. Öğretmenler alanlarına uygun matematiksel beceri düzeylerinde olmalıdır (Bruning ve diğerleri, 2014, s. 331).

2.1.8. Sinirbilim

2.1.8.1. Hücre düzeyinde sinirbilim

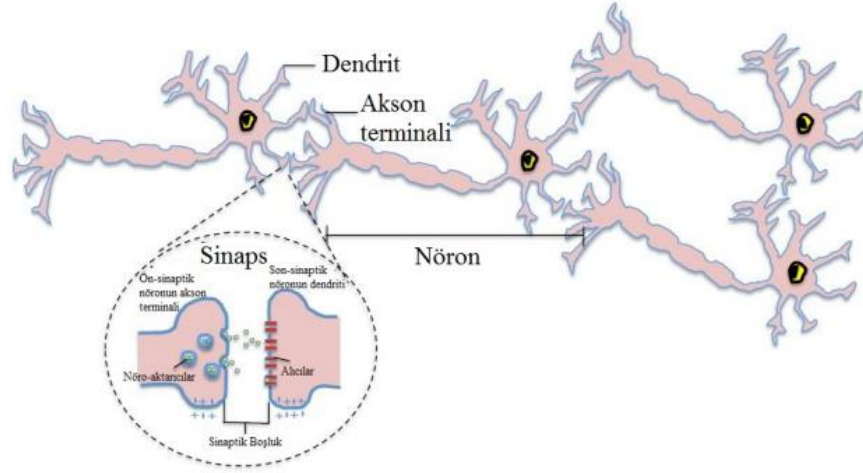
Sinir hücresi de her hücrenin kendi birimindeki işlevi gibi beyindeki temel işlevselliğin fizyolojik birimidir (Cüceloğlu, 2006, s. 54). Sağlıklı bir bireyin beyinde bu hücrelerden yüz ile yüz elli milyar arasında bulunur. Her bir sinir hücresi diğer 10,000 sinir hücresine bağlanır. Bu bağlanmalar dallar ve akson adı verilen yapılarla sağlanır. Bireylerde hücrelerin yerlerinin çeşitlenmesi sayılarının artması veya azalması birbirleriyle bağlanma biçimleri kişinin beyinin fizyolojik durumunu belirler. Bu durum beyin plastisitesiyle açıklanır.

Plastisite kavramı kelime anlamı bakımından yoğurulabilirlik, uyum sağlama olarak çevrilmiştir. Beyin plastisitesi üzerine birçok insan ve hayvan deneyleri mevcuttur (N. Açıkgöz ve Madi, 1997). Örneğin; Charles Darwin 1874'te, iki farklı ortamda yaşayan tavşanın beyin hacimlerini karşılaştırmıştır bunlardan biri evcil ortamda diğeri yabani ortamda yaşamaktadır. Evcil ortamda yaşayan tavşanın beyin hacminde zamanla azalma gözlemlemiştir. Bu durumun sebebini; yabani tavşanların evcil olanlara göre bellek, duygu ve iç güdülerini daha aktif olarak kullandıklarına bağlamıştır (Akıllıoğlu, Kocahan, Babar Melik ve Melik, 2009). Ayrıca 1949'da sinirplastisite aracılığıyla öğrenmeyi açıklayan bir teoriyi Donald Hebb ortaya atmıştır. Bu öğrenme teorisi beyin düzeyinde "bileşik öğrenmeyi" açıklayan bir teoridir. Bu teori çevresel ve fizyolojik düzeydeki değişikliklere göre sinir hücrelerinin değişimlerini belirtmek için (Looi, Thompson, Krause ve Cohen Kadosh, 2016, s. 6).

Nöroplastisite alanında çalışan ve alan uzmanları tarafından saygıyla tanınan uzmanlardan biri olan Michael Merzenich'tir. Genellikle beyin haritalama üzerine çalışan Merzenich bu alanda beynin bazı lokal bölgelerini mikroelettrotlarla gözlemlemiştir.

Merzenich'in en önemli çalışmalarından biri elden ve parmaklardan gelen duyumunu işleyen beyin alanının haritasını çıkarmak olmuştur. (Merzenich ve diğerleri, 2014) Bunun için bir denek maymununun kafatasındaki duyu korteksi üzerindeki bulunan duyu nöronunun yanına mikroelettrot yerleştirdi daha sonra bu nöronun hangi parmakla bağlantılı olduğunu bulmak için çeşitli parmaklara dokunarak hangi temasın elektrotu ateşlediğini belirledi. Böylece beyin vücut haritalandırılması başlamış oldu. Mikroelettrotun yeri değiştikçe nöronu ateşleyecek yani uyarıyı dış dünyadan toplayacak olan uzvunda yeri değişiyordu. Böylelikle tüm parmakların beyin haritasındaki yerleri tespit edilmiş oldu. Deneyin bundan sonraki kısmı plastisite alanına daha çok hizmet ediyor. Parmaklarını ihtiyaç durumuna göre farklı kullanan bir maymunun her parmağının temasında ateşlenen nöral bölge farklıdır. İşte sinirbilimin en önemli sorusu olan “Beyin değişir mi?” ye bu aşamada cevap aranıyor. Orta iki parmağının beynin duyu korteksinde farklı bölgelerde temsil edilmesinin tespitinden sonra iki parmak birbirine dikiliyor. Bu parmakların artık birbirinden bağımsız hareket etmemesi sağlanıyor belli bir süre böyle yaşayan günlük rutinlerinde bu iki parmağı birbirinden bağımsız kullanamayan maymuna tekrar teste alındığında beyinde daha önceden işaretlenmiş bu parmakları temsil eden bölgelerin kaybolduğu yerine yeni ve tek bir bölgenin oluştuğu görülüyor. İki farklı bölgeyle beyinde temsil edilen alan yerini farklı bir alana bırakmış oluyor. Bu beynin nöral düzeyde değişiklik gösterdiği uyum sağladığının en önemli göstergesidir. Merzenich'in beyin plastisitesiyle ilgili şu yorumu çalışma alanının sonuçlarını en güzel şekilde özetler: “*Beyin yalnızca öğrenmez, nasıl öğrenileceğini de öğrenir.*” (Doidge, 2019, s. 50).

Sinir hücreleri temelde üç bölümden oluşur bunlar: çekirdek, dallar ve aksondur. Sinir hücrelerinin birbirlerine aksonlar aracılığıyla bağlandığı düşünülse de aksonlar arasında belli bir boşluk vardır bu boşluğa sinaps adı verilir. Birbirlerine gelen ve giden iletileri elektrokimyasal düzeyde gerçekleştirirler. Sinir hücrelerinin merkezi kabul edilen çekirdeğe gelen bilgileri düzenleyen kimyasallara asetilkolin ve dopamin adı verilir. Bu kimyasallar aktarıcılarının alımını ve salınımını düzenler. Sinir çekirdeğine bağlı dallar üçlü hücre yapısını diğer hücre yapılarına bağlar ve elektrokimyasalların çekirdekle olan ilişkisinde görev alır. Sinir hücresindeki dallanma arttıkça hücrenin işlevsel özelliğinin fazla olduğu ve beyin etkinliğinde önemli bir durumda olduğu söylenebilir. Bu dallara bilgileri sağlayan aksonlardır birbirleriyle bilgi alışverişini elektrokimyasal düzeyde salınım ve toplama yapan sinir hücresinin bileşenine akson adı verilir (Cacioppo ve Freberg, 2017, s. 102). Şekil 1'den sinir hücresi görseline ulaşılabilir.

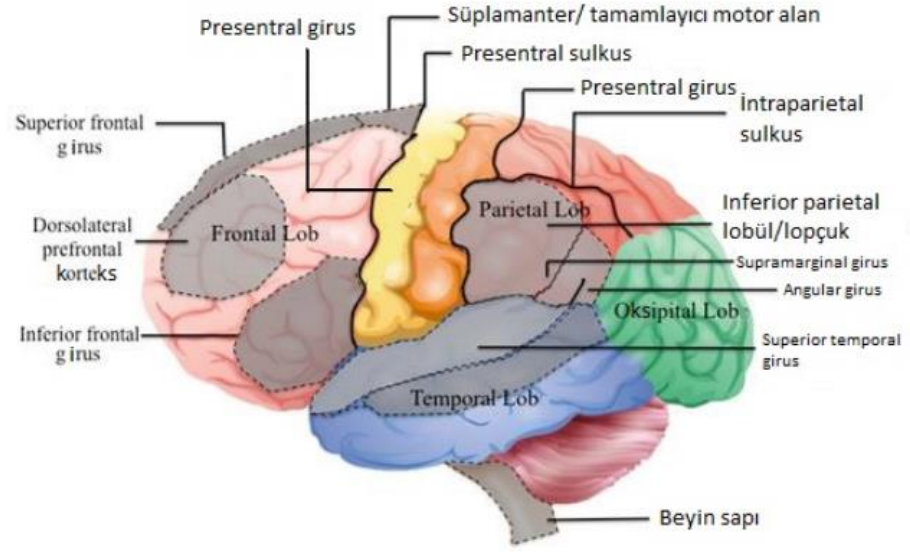


Şekil 1. Sinir hücreleri (Looi ve diğerleri, 2016, s. 7)

Şekil 1’den de görüldüğü üzere sinir hücreleri arasında sinaptik boşluklar mevcuttur bu boşluklarda elektrokimyasal düzeyde alışveriş meydana gelir. Elektrokimyasal sinyaller bu boşluklarda karşı karşıya geldiği aksona ulaşır. Sinyalin gücü ne kadar yüksekse hücrenin eyleme geçme potansiyeli de o kadar artar (Ward, 2006). Bu sinyali sağlayan önemli kimyasallardan bazıları asetilkolin (öğrenme ve belleği etkiler), dopamin (planlama ve hareketi etkiler), serotonin (ruh halini etkiler) ve nöropinefrin (uyarılma ve tetikte olmayı etkiler)’dir (Koyuncu, 2017).

2.1.8.2. Yapısal düzeyde sinirbilim

Beyin; frontal, temporal, parietal ve oksipital lobları içeren dört ana işlevsel bölgeyi içerir. Bu bölümler Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Beynin yapısal bölümleri (Looi ve diğerleri, 2016)

Şekil 2’de beynin yapısal bölümleri gösterilmiştir. Frontal lob, beyin zarında alın bölgesinin hemen arkasındadır. Bu alan öğrenmenin gerçekleşmesi, düzenlenmesi ve uzun süreli belleğin işlevselliğiyle ilişkilidir. Frontal lob bellekte tutulan bilgilerin işlevsel düzeyde koordinasyonunda etkilidir. Bu bölgede oluşacak hasarlar, duygu ve biliş işlemlerine önemli oranda zarar verir. Ayrıca frontal lob, kişinin motor hareketleri ve koordinasyonunu düzenleyen ana motor korteksini ve seslerle ilgili işlemlerini kontrol eden ana işitsel korteksi içerir.

Temporal lob, korteksin alt kısmında beynin orta bölümünde yer alır. Bu bölge, bilginin bellekler arası geçişini sağlar. Bilgiler önce kısa süreli bellekte depolanır ardından uzun süreli belleğe aktarılır. Ayrıca temporal lob, bellek işlemlerinin düzenlenmesine de yardımcı olur. Ayrıca temporal lob, otobiyografik bellekle de ilişkilidir. Bellek için önemli diğer bir beyin yapısı da temporal lobun yanında bulunan fakat aslında beyin zarının değil, beyinin limbik sisteminin bir parçası olan hipokampüstür. Hipokampus, bu işlevler farklı işlemlerden faydalanyormuş gibi görünse de hem görsel hem de uzamsal bilgilerin hatırlanmasında rol oynar. Ayrıca hipokampus, kodlama ve bilginin uzun süreli bellekten geri getirilmesinin düzenlenmesine yardımcı olur.

Parietal lob, başın arka üst kısmında yer alır ve işleyen bellekteki görsel ve uzamsal akıl yürütme ve zihinsel görüntü ve uzamsal haritaların oluşturulması ile ilişkilidir. Parietal lob, vücut sıcaklığını ve dokunma ve acı hissini de içeren hisleri kontrol etmeye yardımcı olan ana somatosensori korteksi içerir.

Oksipital lob, beyinin arka kısmında yer almaktadır ve duyuşsal kayıta gerçekleşen her türlü algısal işlemdede rolü vardır. Ayrıca genel görsel bilgileri düzenlememizi ve anlamlandırmamızı sağlayan ana görsel korteksi de içerir (Cacioppo ve Freberg, 2017; Cüceloğlu, 2006; Doidge, 2019; Korkmaz ve Mahiroğlu, 2007; Koyuncu, 2017).

Beyin araştırmalarına, MR denilen basit manyetik rezonans ile beyin görüntüleme işlemlerine başlanmıştır. Görüntüleme teknolojileri daha sonra, beyin bağlantılarını işlevsel olarak görüntülemeye yarayan, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI)'den, pozitron emisyon tomografisi (PET), fonksiyonel yakın kızılötesi ışın spektroskopisi (fNIRS), transkranyal manyetik uyurım (TMS), elektroensefalografi (EEG), manyetoensefalografi (MEG) gibi birçok farklı boyutlarda gelişme göstermiştir (Harris, Ciorciari ve Gountas, 2018). Çeşitli beyin görüntüleme tekniklerinin gelişmesiyle, alan çalışmacılarının hem beyin fonksiyonu hakkındaki bilgilerini arttırdığı, hem de bu durumun eğitsel sinirbilim konusunda öğrenmenin oluşumuna ilişkin genel bakış açısına katkıda bulunduğı söylenebilir. Beyin görüntüleme teknikleriyle ulaşılan verilerin yorumlanmasıyla insan üzerindeki öğrenmenin fizyolojik boyutlarının kişinin bütünsel yapısıyla alakalı olduğı ve bu konuda daha detaylı araştırma ve incelemelere olanak sağladığı söylenebilir (Koyuncu, 2017).

2.1.9. Bilişsel sinirbilim

20. yüzyılın başlarında sistemli bir şekilde başladığı kabul edilen sinirbilim temelli çalışmalar bilişsel/zihinsel sürece yönelik öğrenmeye ilişkin farklı bakış açıları geliştirmeyi sağladığı söylenebilir (Kozan, 2010). Bilişsel sinirbilim kendini farklı disiplin dallarından sentezleyerek oluşturmuş bir alandır bunlardan biri olan bilişsel psikoloji son 30 yıldır kendini araştırma alanı olarak geliştirmiştir. 70'li yıllara kadar olan bilişle ilgili çalışmalar kendini işleyen bellek ve kodlama gibi alt alanlarla sınırlandırmışlardır. Bu dönemden sonra soğuk savaşın sonuna kadar olan dönemde, farklı uzmanlık alanlarındaki bilim insanları bilişsel alanda iş birliği içinde çalışmışlardır (Bruning ve diğerleri, 2014, s. 29). Bilişsel sinirbilim çalışmalarının özel bir alan olarak alan çalışmalarına katkı sağlaması bu alana ilgi duyan bilim insanlarıyla olmuştur (Freberg, 2018, böl.13).

Bilişsel sinirbilimciler ve bilişsel alanda çalışan bilim adamlarının bu alanda çalışma odakları farklıdır. Sinirbilimciler genel anlamda beyin fizyolojik yapısı ve işlevleriyle ilgilenir. Öte yandan diğer bilişsel bilim alan çalışanları beyin fonksiyonel anlamda yapı ve işlevlerine odaklanmıştır. Bu açıdan düşünüldüğünde bilişsel sinirbilimciler, beyin ve zihin arasındaki bağlantıyı hem fizyolojik hem de fonksiyonel boyutta açıklayabilirler. Sinirbilim alanının psikolojiyle ilişkilendirilmeye başlamasının gecikmesinin sebebi bu iki alanın

bulgularının sürekliliği ve çalışmalardaki verilerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesinin zorluğu olduğu söylenebilir. Ayrıca bu iki alanda çalışan araştırmacıların kendi özel alanlarında detaylandırılması gereken konuların ilişkilendirilme sürecinin detaylı bir uzmanlaşmış eğitim sürecinden geçmesi gerekmektedir (Rose, 2008).

2.1.10. Bilişsel sinirbilim ve matematik eğitimi

Alana özgü akademik çalışmalarda sinirbilim ve eğitim kavramları birçok farklı şekilde kullanılır. “Sinirbilim (nörobilim) ve eğitim”, “Eğitsel sinirbilim-nörobilim”, “bilişsel sinir(nöro)bilim” ve “beyin tabanlı eğitim” vb. şeklinde alan yazında karşılaşılabilmektedir (Mutlu ve Akgün, 2017). Bilişsel sinirbilim ve eğitim çalışmaları öğrenme, öğretme ve eğitim gibi süreçlerin beyin ve genetik temelli sebep-sonuçlarını fizyolojik, psikolojik ve gelişimsel olarak bir araya getiren yeni bir çalışma alanıdır (Fischer, Goswami ve Geake, 2010).

Bilişsel sinirbilim ve eğitim çalışmalarının genel anlamda alanı, öğrenci ve öğretmenlerin var olan potansiyellerinin çerçevelerini belirlemek ve bu potansiyellere nasıl ulaşabileceklerine dair yöntem geliştirmektir. Mutlu ve Akgün (2017) yılında yaptıkları çalışmada bahsettiğine göre bilişsel sinirbilim ve eğitim üzerine yapılan çalışmalar temelde iki soruya cevap ararlar. Bunlar:

1. *Öğrenmede bireysel farklılıkların kaynakları nelerdir?*
2. *Öğrenci için en uygun bağlamlar nelerdir?*

Beyin görüntüleme ile elde edilen bulguların işlevsel olarak öğretim bilimlerindeki teknikleri oluşturması, geliştirmesi ve uygulanabilmesi eğitsel sinirbilimin alanıdır (Varma, McCandliss ve Schwartz, 2008). Eğitsel sinirbilim, eğitim ve sinirbilim araştırmalarının ortak olarak ilerlediği, disiplinlerarası bir çalışma alanıdır.

Eğitsel sinirbilim;

- Alışılmışın dışındaki matematiksel gelişim alanına açıklık getirerek
- Alanda davranışsal deneylerin önünü açarak
- Çalışma alanına özgü araştırma bulgularının tek başına yorumlanmasında, öğrenme ve öğretme hakkında yeni bulgular üreterek eğitim bilimleri araştırmalarına destek verebilir (De Smedt ve diğerleri, 2011).

Son yıllarda öğretim programlarındaki değişikliklerle, sorgulayan öğrenci profiline uygun, matematiği anlayarak yaptığı işlem adımlarında ne yaptığını bilerek öğretme anlayışı ön plana çıkıyor. Yenilmez ve Duman (2008)’e göre, öğrencinin bu anlayışla eğitilmesi onun problem çözerken bilişsel düzeyde gelişimini daha fazla desteklemektedir. Bu açıdan

bakıldığında var olan matematik problemlerini çözenin yanında problemi analiz edebilen hatta duruma uygun yeni matematik problemleri oluşturabilen öğrenciler matematik eğitiminde üst bilişsel seviyeye ulaşmış kabul ediliyor. Doğru soru sorabilen öğrenci yetiştirmek, karşılaştığı her problem durumunda öğrencinin çözümü araması için motivasyonel dinamiklerini tetikliyor.

Matematik eğitimi, formal eğitimin içinde veya dışında insanın tüm yaşamında matematiksel her durumda karşısına çıkar. Günümüzdeki eğitim sistemlerinin de, öğrencilere salt bilgi vermenin dışında bilgiye ulaşma yollarını kazandırdığı söylenebilir (İpek, Işık ve Albayrak, 2005). Bilgiye ulaşma yollarını öğrenen bireyin matematiksel ilişkilendirme aşamasını rahatlıkla problem durumlarına adapte edebilir. Bu çerçeveden bakıldığında Milli eğitim bakanlığınca oluşturulan eğitim-öğretim programları, sınıf içi ve dışı öğrenme ortamları, eğitim materyalleri, her tip ders dışı organizasyonlar, yazışmalar vs. eğitim sisteminin parçası kabul edilir ve her bileşeni tüm paydaşlarla büyük bir titizlikle oluşturulur. Öğretim programlarında da milli ve manevi anlayış ve değerlerimiz, ayrıca öğrenme alanı ders veya konu olarak görülmemiştir. Eğitim programında temel değerlerimiz bu sürecin en önemli amacı olarak belirlenmiş, öğretim programlarının her birinde ve çeşitli zamanlarda verilme amacı yer almıştır. Matematik Eğitimi, matematik öğretim ve öğrenim sürecindeki faaliyetler olarak tanımlanabilir. Bu tanımlamalar ışığında matematik eğitiminin amaçlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Çağın ihtiyaçlarına uygun matematik öğretim hedefleri belirleyip bunları zamanın ruhuna uyarlamak
2. Her seviyede matematik öğrenimini öğretimini kalıcı ve rahat kılmak matematik öğretimi hakkında araştırmalar yapmak ve olası durumlar hakkında tedbirler almak
3. Matematik eğitimi verebilecek kadroyu hem alan hem de pedagoji bilgisi alanında yeterli ve donanımlı kılmak
4. Matematik eğitiminin tüm paydaşlarının kendi alanlarında matematik eğitimine katkı sunacak ortam yaratmak günceli takip etmelerini ve öğretim programını canlı tutmalarını sağlamak
5. Eğitim sürecinin tüm unsurlarını (öğretmen, öğrenci, veli, okul idaresi vs.) matematik hakkındaki tutum ve düşüncelerini pozitif tutmak alanla ilgili eksiklikleri bu unsurlarla belirlemek

6. Matematik eğitiminin eğitim-öğretim programındaki amaçlarına erişmek için araştırmalar yapmak ve bu araştırmaları bilimsel savlarla destekleyerek sunmak (Aydın, 1990).

Bunun sonucu olarak matematik eğitimde belirlenen amaçlara ve hedeflere göre matematik öğretim programı şekillenir ve eğitimciler tarafından uygulanır. Matematik öğretimi matematik öğretim programının kendine çizdiği sınırlarda öğrencileri belli kazanımlara ulaştırma işidir. Eğitim sisteminin çıktısı olan öğrenci matematik eğitiminden, genel ve özel hedefler doğrultusunda hem kendi beklentilerini karşılamalı hem de sistemdeki ölçme değerlendirme süreçlerini asgari düzeyde tamamlamalıdır. Aksi durumda matematik öğretim programının hedeflerini karşılayamamıştır denilebilir. Öğrencileri eğitim hedeflerine ulaştırma eğitim sisteminin ve paydaşlarının en önemli işidir. Matematik dersi öğretimi programında öğrencilerin;

1. Farklı bakış açıları geliştirerek problem çözme becerilerini geliştirmeleri
2. Matematiksel düşünme ve uygulama becerilerini kazanmaları
3. Matematiksel yeteneklerini doğru, etkili ve faydalı kullanmaları
4. Matematik öğrenmeye ve matematiğe önem vermeleri
5. Matematiğin bugünkü haline gelmesindeki süreci ve bu sürecin parçası olan insanları tanımaları
6. Günlük yaşantılarındaki sorunların problem olup olmadıklarını belirleyip, bunlar hakkında bakış açısı sağlamaları amaçlanmıştır (MEB, 2018).

Bu amaçların oluşturulması ve gerçekleşmesinde öğrenme öğretme yaklaşımları önemli bir yer tutar. Öğrencilerin matematiğe karşı tutumlarını iyileştirmek, öğreneceği konu ve kazanımları içselleştirmesi öğrenim yaklaşımlarının doğru uygulanmasıyla sağlanabilir. Matematik eğitiminin amaçlarından da olan doğru öğretim modelini oluşturma eğitim sisteminin her zaman tartışılan konularından biri olmuştur. MEB 2023 eğitim vizyonu felsefesinde eğitim-öğretim müfredatından beklenen çıktıları şu şekilde ele almıştır:

“İnsanın düşünce, duygu ve eylem bütünlüğü aslında beyin yapısı ve katmanlarında kendini göstermektedir. Karmaşık bir sistem olan beynin lineer olmayan işleyişi, bölümlere ve lokalizasyon çalışmaları üzerinden yorumlanamaz. Ancak biliş korteksle, duygular ise limbik sistemle ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla müfredatın; eğitim öğretim uygulamalarının ve hatta karnenin, beyin katmanlarını yansıtmaları beklenir. Ne var ki 21. yüzyıl becerilerini ölçme iddiasındaki PISA gibi uluslararası çalışmalar dahi sadece eleştirel düşünce, akıl

yürütme gibi bilişsel içeriklere yönelmekte, kısacası tek kanatla uçmaya yeltenmektedirler.”
(Milli Eğitim Bakanlığı, 2018).

Milli Eğitim Bakanlığı 2023 vizyon belgesinde de yer alan bu tanımlamaya bakıldığında, öğrenmenin sinirbilimsel boyutunun artık öğretim programlarının bir parçası olduğudur. Öğrenciyi tanılama, müfredat oluşturma'nın bir gerçeğini yansıtmaktadır. Bu açıdan yeni eğitim-öğretim modellerini oluşturmada eğitim bilimleri alanlarında çalışanların, sinirbilim çalışmalarına vakıf olmaları, uygulamaya alınacak öğretim programlarının daha işlevsel olmasını sağlayacaktır.



BÖLÜM III

YÖNTEM

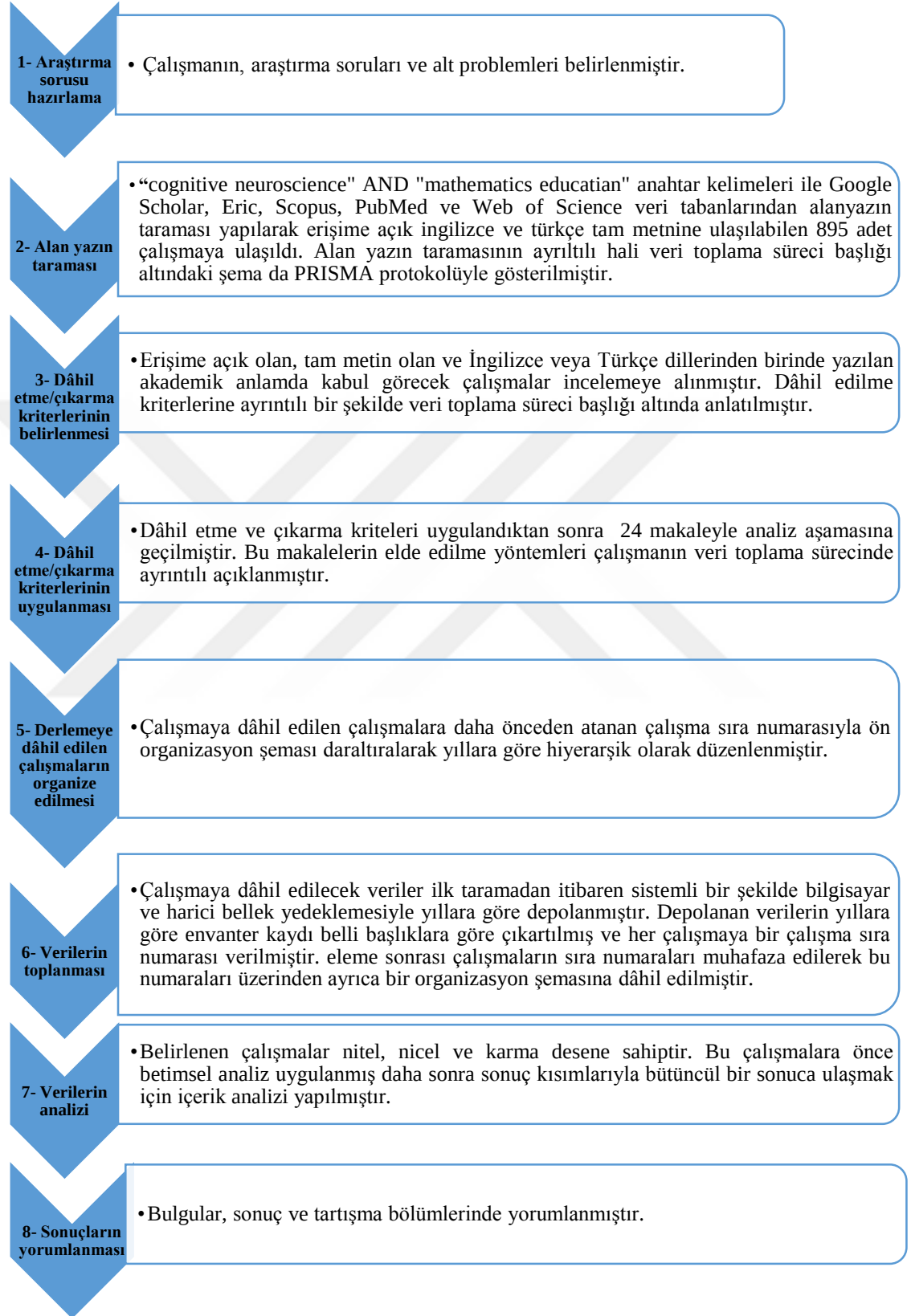
Bu bölümde araştırmanın modeli, çalışmanın evreni ve örnekleme, veri toplama araçları, verilerin toplanma süreci, tasarım geliştirme ve uygulama süreci, verilerin analizi, araştırmanın geçerliliği ve güvenilirliği ve araştırmacının rolü kısmı yer almaktadır. Yöntem kısmında, çalışmanın tüm aşamaları alt başlıklarda verilen sıralamayla bölümler halinde, süreçler ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. Araştırmanın Deseni

Araştırma, bilişsel sinirbilim ve matematik eğitime yönelik bir sistematik derleme çalışmasıdır. “Bilişsel Sinirbilim” ve “Matematik Eğitimi” konusunda uluslararası düzeyde yayımlanan bütün akademik çalışmaları incelemek, araştırmayı belli bir düzen içerisinde ve amaca yönelik süreci her basamağını kontrollü bir şekilde ilerletebilmek amacıyla bütüncül bir inceleme fırsatı sunan araştırma yöntemlerinden biri olan, sistematik derleme deseni tercih edilmiştir. Sistematik derlemelerde nitel ve nicel analizler yapılabilir. Bu analizler için ayrıntılı literatür taraması yapılır (Green, Johnson ve Adams, 2006). Bu araştırmada da sistematik derleme deseniyle birlikte incelenen çalışmaların hem nicel hem de nitel olarak analizleri sunulmuştur. Sistematik derleme; herhangi bir araştırma sorusuna yanıt bulmak, son durumunu belirlemek, o alanda yayımlanmış tüm çalışmaların çeşitli eleme veya araştırmada tutulma kriterleri belirlenecek biçimde kapsamlı bir şekilde taranarak, ne tür çalışmaların derlemeye alınacağını, çalışmacı ve uzman görüşüyle belirlenmesi, araştırmaya alınan yayınların bulgularının sentez edilmesidir (Karaçam, 2013).

Yapılan bu sistematik derleme çalışmasının bazı adımları PRISMA protokolüne uygun bir şekilde yürütülmüştür. Analiz aşamasına başlamadan önce taramada elde edilen bütün çalışmalardan sağıltım yapılmıştır. PRISMA, sistematik derlemelerin alan yazın taraması aşamalarının raporlanmasına ilişkin belli bir ölçütle hareket eden, taramaların sayısal veri sonuçlarının sunumunda şeffaflık sunan bir rehberdir (Moher, Liberati, Tetzlaff ve Altman, 2009). Bu protokolle çalışmak, araştırmanın verilerini elde etme aşamasından, bulguların yorumlanmasına kadar olan kısmına kadar araştırmacıya planlı çalışma imkânı sunmuştur.

Çalışmanın basamakları ve PRISMA protokolüne uygun hazırlanan çalışma adımları Şekil 3’te belirtildiği şekliyle şöyledir:



Şekil 3. PRISMA protokolüne uygun hazırlanan çalışma adımlar

Şekil 3'ten de görüldüğü üzere PRISMA protokolüne göre hazırlanan çalışma basamaklarına göre araştırmada neler yapıldığı özetlenmiştir. Bu adımlar çalışmanın yöntem bölümünün alt başlıklarında ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

3.2. Evren ve Örneklem

Çalışmanın evrenini, ulusal ve uluslararası düzeyde “Bilişsel sinirbilim” ve “Matematik eğitimi” ile ilgili yapılmış Ocak 2010- Mart 2020 tarihleri arasında yayımlanmış akademik çalışmalar oluşturmaktadır. Araştırmanın veri grubunu Google Scholar, Eric, Scopus, PubMed ve Web of Science veri tabanında belirli anahtar kelimeler ile taranan makaleler oluşturmaktadır. Bu veri tabanlarının seçilmesinin sebebi eğitim bilimleri alanında en geniş arşive sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Nitel araştırmalarda farklı örnekleme çeşitleri bulunsa da çalışmanın araştırma problemi doğrultusunda açıklanmasını sağlayacak ve alan literatürüne katkı sunacak örnekleme ulaşılmaya çalışılır (Baltacı, 2018). Bu nedenle araştırma problemi ve alt problemleri doğrultusunda elde edilen dokümanların sağaltımıyla çalışmanın örneklemini uluslararası hakemli dergilerde 2010-2020 yılları arasında yayımlanmış makaleler oluşturmaktadır. Çalışmada veri tabanlarıyla ilk tarama sonucunda 2610 çalışmaya ulaşılmış olmasına karşın her çalışmaya ulaşılamamış veya bazılarının duplikasyonlu veriler olduğu görülmüştür. Ulaşılamayan çalışmalara farklı veri tabanlarından ulaşılmaya çalışılmış, ulaşılan bütün çalışmalar 895 adet olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın evreni olarak bu kadar çalışma olduğu kabul edilmiştir. Evren ve örneklem dağılımı Tablo 3'te aşağıdaki şekliyle verilmiştir.

Tablo 3

Çalışmanın Evren ve Örneklem Dağılımı

Evren	<i>f</i>
Akademik çalışmalar (Kitap bölümleri, Tezler ve Makaleler vb.)	895
Örneklem	<i>f</i>
Eleme kriterlerinden sonra kalan makaleler	24

Tablo 3’de görüldüğü gibi eleme ölçütlerinden sonra çalışmanın örneklem boyutunda 24 makale dâhil edilmiş ve analiz aşamasına geçilmiştir. Çalışmadaki eleme ölçütlerinden, uygulama süreci bölümünde ayrıntılı şekilde bahsedilmiştir.

3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları

Veri toplama araçları olarak kullanılan veri tabanlarının kullanım sırası, bu veri tabanlarından tarama yöntemi araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Veri toplama tekniği doküman incelemesidir. Nitel araştırma desenlerinin verileri arasında var olan çalışmaların sistematik incelenmesi de nitel araştırmalarda veri olarak kullanılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Veri tabanlarından ulaşılan çalışmalara anahtar kelimelerle ulaşılabilir. Bu yüzden doküman incelemesinde anahtar kelimeler önemli bir rol oynar. Bir veri tabanında anahtar kelimeler ile yapılan arama sonucu çok sayıda olabildiği gibi taramada elde edilen kaynakların tek tek taranması araştırmacı için yorucu ve uzun bir süreçtir. Bulunan bu sonuçların çoğunun araştırmada belirlenen problemle ilgili olduğu beklenmez (Köroğlu, 2015).

Alan yazın taramasında izlenen yol şu şekildedir:

- Adım 1: Anahtar kelimelerin belirlenmesi

Çalışmanın anahtar kelimeleri, bilişsel sinirbilim ve matematik eğitiminin İngilizce karşılıklarıdır. Bundan dolayı anahtar kelimeler “cognitive neuroscience” AND “mathematics education” olarak belirlenmiştir. Böyle bir arama yapılmasının sebebi uluslararası düzeyde yayınlara ulaşabilmektir. “AND” bağlacının kullanılmasındaki amaç ise bu iki kavramın çalışmalarda birlikte bulunması istemidir. Tarama, aynı anahtar kelimelerle yukarıda gösterilen yazım sırası ve şekliyle yapılmıştır.

- Adım 2: Veri tabanı sonuçlarının elde edilmesi

Çalışmada, eğitim bilimleri alanında en çok dokümana sahip beş veri tabanı olan Google Scholar, Eric, Scopus, PubMed ve Web of Science veri tabanında ilgili anahtar kelimelerle bulunan çalışmalar yıllara göre dosyalanmıştır. Herhangi bir eleme ilk taramada yapılmamış aksine belirlenen anahtar kelimelerle ilgili çıkan, ulaşılabilen, ulaşılabilenlerin başka arama motorlarından edinimi sağlanabilen verilerin, bütün sonuçlarının topluca yıllara göre tasnifi sağlanmıştır. Ulaşılan 895 çalışma, ilgili yıllarına ait dosyalara çalışmalarının ismiyle kaydedilmiştir.

- Adım 3: Sonuçların işlenmesi

Tüm ulaşılan çalışmaların özet (abstract) kısımları incelenmiş ve konuyla alakalı olmayan makaleler ön elemeyi geçememişlerdir. Ön elemeyi geçen makaleler elde edilen çalışmalar yıllarına göre tekrar dosyalanmıştır. Ulaşılan bütün veri dosyaları Microsoft excel belgesine tablo şeklinde işlenmiştir. Bu sayede her veri tabanı kaydına tek bir hesap tablosundan ulaşılabilmektedir. Ön elemeyi geçen yani özet kısmı araştırmayla alakalı çalışma sayısı 121 olarak bulunmuş ve listelenmiştir. Bu aşamadan sonra 121 çalışma yıllarına göre azalan şekilde Şekil 4'teki gibi listelenmiştir.

Makale numarası	Yayın yılı	Yazım türü	Makale ismi	Yazarı	Konusu	Anahtar kelimeler
1	2020	Makale	What Neuropsychology Says about Mathematical Word Problem Solving Contribution of Executive Function in Educational Setting	Nani Restati Siregar	Nöropsikolojinin matematiksel kelime öğrenme süreci	neuropsychology, executive function, mathematical word problem solving, metacognitive, explicit instruction
2	2020	Tez	Embodiment, Modalities and Mathematical Affordances	Laurie Edwards	Matematikte somutlaştırmanın ve çok modlu olmanın doğası	Neural Multimodality

Şekil 4. Oluşturulan örnek Excel tablosu

Şekil 4'te de örnek olarak verilen şekilde, oluşturulan tablodan da görüldüğü gibi her makalenin yayın yılı, yazım türü (makale, tez (doktora, yüksek lisans), kitap), çalışmanın ismi, yazar-ı/ları (çalışmanın sorumlu yazarı veya ortak sorumlu yazarları), araştırmacıya makalenin içeriğini hatırlatması için kısa bir konusu, çalışmadaki tüm anahtar kelimeleri (eğer çalışmada anahtar kelime bölümü varsa alınmıştır bazı çalışmalarda anahtar kelime bölümüne ulaşılamadığında bu bölüm boş bırakılmıştır) şeklinde listelenmiştir. Bu aşamada çalışmaya dâhil etme/hariç tutma kriterlerinden (uygulama bölümünde eleme kriterlerinden ayrıntılı bahsedilmiştir) olan 3. 4. 5. ve 6. maddeler doğrultusunda listeden elemeye gidilmiş ve 64 çalışmayla araştırmaya devam edilmiştir.

- Adım 4: Kayıtların kademeli taranması

İlk aşamada çalışma numarası ile araştırma başlıkları ayrı bir dosyada listelenmiştir. Bu liste de 121 çalışma listelenmiştir (Şekil 4). Bu çalışmalardan eleme/dâhil etme kriterlerinden (3. 4. 5. ve 6. madde) eleme yapılmış ve listedeki çalışmalar 64'e

düşürülmüştür. Dâhil edilen çalışmaların, araştırmacı tarafından atanan numara (yıllara göre azalan sıraya göre) kısmı sarıya boyanarak belli edilmiştir. Makalelere verilen numaralar bu aşamadan sonra değiştirilmemiş bütün araştırmada excel dosyalamadaki numaralandırma kullanılmıştır.

İkinci aşamada kalan makaleler, makale numaraları aracılığıyla Microsoft Word dosyasına tablo olarak işlenmiştir. Bu aşamaya dâhil edilen 64 makale vardır. Bu makaleler ilk okumadan elde edilen çıkarımlara dayanarak 4 temaya göre listelenmiştir. Bu temalar, 64 makalenin bütüncül okumalarından elde edilen kodlamalara göre belirlenmiştir. Kodlamalardan kategorilere geçişte 4 alt kategori belirlenmiştir. Bunlar;

1. Matematiksel Aktarım Özelinde Fizyolojik Bağdaşım
2. Matematik Eğitimi Ve Sinirbilim Açısından Uygulanabilir Eğitim Metotları
3. Beyin Görüntüleme Ve Matematiksel Olarak Nörobilişsel Mekanizmalar
4. Sinirbilim Çalışmalarının Matematik Öğreniminin Duyuşsal Temellerinde İncelenmesidir.

Şekil 5’de oluşturulan Word dosyasının bir bölümü bulunmaktadır.

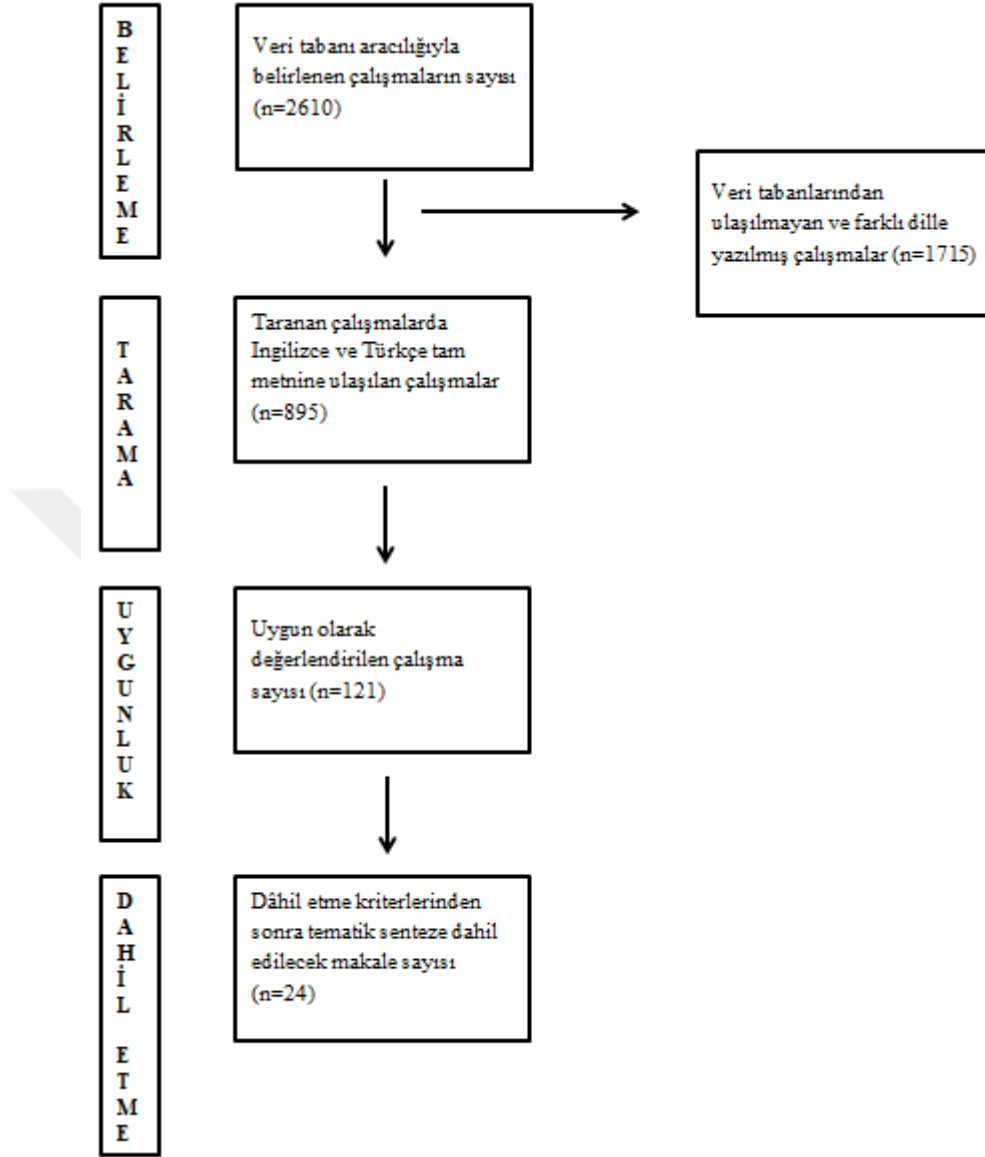
<i>Makale numarası</i>	<i>Temaya dahil edilme kriteri</i>	<i>Araştırma yöntemi (nitel/nicel/karma)</i>
1. tema :Matematiksel Aktarım Özelinde Fizyolojik Bağdaşım		
1 1	Nöropsikolojinin matematiksel kelime öğrenme süreci	Literatür çalışması..
2 3	Matematikte somutlaştırmanın ve çok modlu olmanın doğası	Bibliyografik araştırma
3 7	Somutlaştırılmış öğrenmeyi tanımlamak istiyor	Nitel
4 13	Matematik akıcılığı, çarpma ve çıkarma becerisine ilişkin davranışsal kazanımlar	Nicel
5 118	grafik ve cebirsel formatları arasında çeviri	Kavramsal anlama-göstergebilim-nörogörüntüleme sonuçları

Şekil 5. Oluşturulan örnek Word dosyası tablosu

Şekil 5’den de görüldüğü üzere kalan makaleler ön elemenden sonra 64e düşürülmüştür ve belirtilen kategorilere göre listelenmiştir. Bu aşamadan sonra 64 makalenin bulgular, tartışma ve sonuç kısımlarından matematik eğitiminden bağımsız olanlar elenerek 24 makaleye düşürülmüştür. Bu makalelerin elenme süreçleri bir sonraki adımda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

3.4. Tasarım, Geliştirme, Uygulama Süreci

Araştırmanın ilk tasarımında sadece nitel araştırma deseniyle tasarlanmış araştırmaların kullanımı planlanmıştır. Fakat bu desenle çalışabilmek için araştırma problemi ile ilgili yeterli çalışma olmadığından nicel desenle tasarlanmış araştırmalarla yeni bir analiz aşamasına geçilmiştir. Çalışma disiplinler arası olduğundan taramada kullanılan anahtar kelimelerle çok sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Verilerin analizinde, betimsel analiz ve içerik analizi kullanılmıştır. PRISMA karar kriteri şemasında da gösterildiği üzere taranan çalışmaların İngilizce veya Türkçe dillerine sahip, ulaşılabilir olması çalışmaların taramadan veri havuzuna geçmesi için yeterli bir kriter olarak belirlenmiştir. Çalışmanın tasarımı, çalışma deseni nedeniyle sürekli kontrol edilerek ve düzenlenerek ilerlemiştir. Bu kontrol ve düzenleme çalışmanın bir sonraki adımlarına daha rahat devam etmeyi sağlamak amacıyla yapılmıştır. Şekil 6’da PRISMA protokol tablosu verilmiştir.



Şekil 6. PRISMA protokolü karar kriteri tablosu

Şekil 6'dan da görüldüğü üzere uygunluk aşamasında tüm çalışmaların (n=895) özet kısımları ve anahtar kelimeleri dikkate alınarak problem cümlesiyle alakasız olanlar elenmiştir. Uygunluk aşamasında 121 çalışma excel tablosuna listelenmiştir (Şekil 4). Bu aşamadan sonra dâhil etme/hariç tutma kriterleri uzman görüşü alınarak belirlenmiştir. Uygunluk aşamasından dâhil etme aşamasına geçişte, çalışmalar araştırmanın eleme/dâhil etme kriterlerinden 3. 4. 5. ve 6. ya tabii tutulmuştur. Bu aşamada 121 çalışma 64'e düşürülmüştür. Uygunluk aşamasına dâhil edilen çalışmaları belirlemek, araştırmanın en uzun sürecini oluşturmuştur.

Çalışmaya dâhil etme/hariç tutma kriterleri şu şekilde belirlenmiştir:

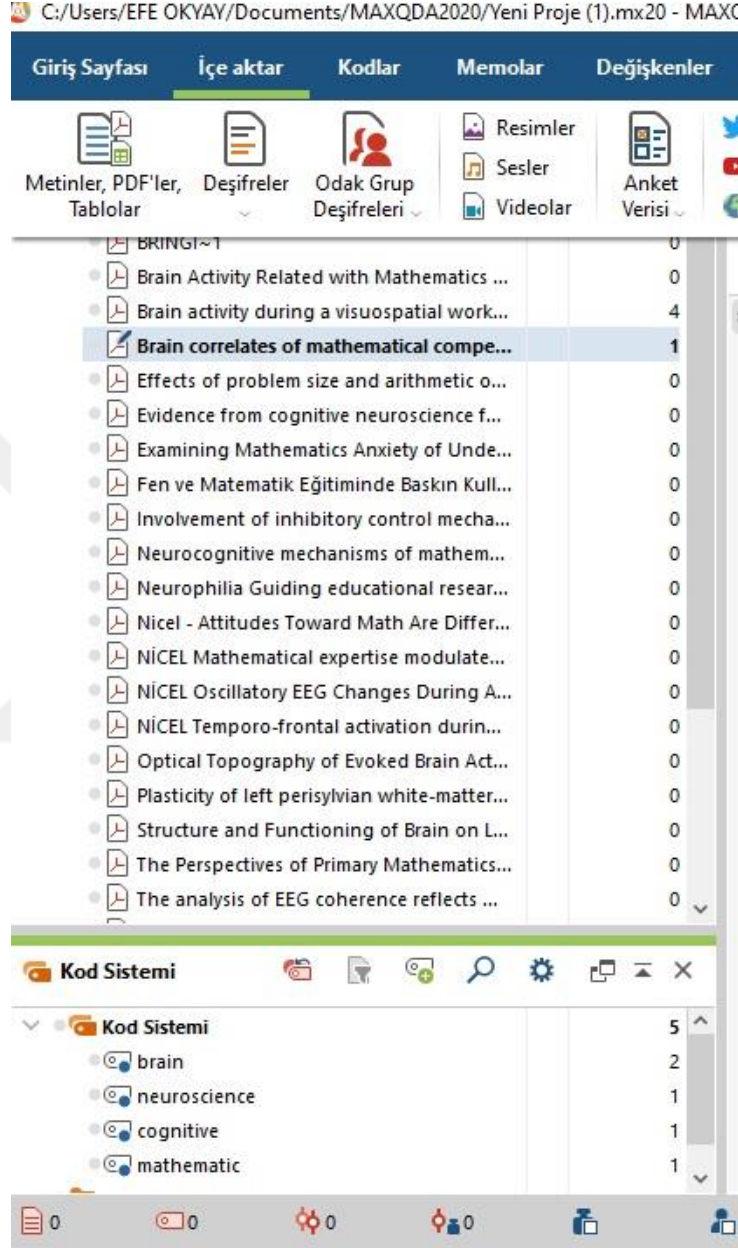
1. Seçilen çalışmalar sadece belirlenen yıllardan alınmıştır.
2. Çalışmaların öz/özet kısmının olması ve bu kısımda çalışma problemiyle doğrudan paralellik gösteren çalışmalar dâhil edilmiştir.
3. Anadilde okuryazarlık, parmak hesabı matematiksel zorluk gibi kavramlar içeren çalışmalar hariç tutulmuştur.
4. Öğrenme güçlükleri, diskalkuli-disleksi, hiperaktivite gibi örnekleme sahip çalışmalar hariç tutulmuştur.
5. Kitap bölümleri, yüksek lisans ve doktora düzeyindeki tezler hariç tutulmuş ama bu tip akademik çalışmalardan oluşturulan makaleler dâhil edilmiştir.
6. Dâhil edilecek çalışmaların metot/yöntem kısmının olmasına dikkat edilmiştir. Yöntem kısmı, alt başlık olarak verilmeyen çalışmalar hariç tutulmuştur.

Eleme işlemi çalışmanın da danışmanı olan uzmanla birlikte yürütülmüştür. 64 çalışmanın bulgular, tartışma ve sonuç kısımlarından matematik eğitimiyle alakasız olarak değerlendirilenler bir sonraki aşamaya geçememişlerdir. Son aşamada çalışmaya dâhil edilecek 24 çalışmaya ulaşılmıştır. Ulaşılan çalışmalar ayrıca listelenmesine karşın yeni bir numaralandırma yapılmamıştır (Ek 1). Verilen çalışma numaraları ilk eleme üzerinden verilen çalışma numaralarıyla aynı devam ettirilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Çalışmanın veri analizi betimsel analiz ve içerik analizi olarak belirlenmiştir. Nitel araştırmalarda elde edilen verilerin bir kısmının analizinde betimsel analiz ve içerik analizi kullanılabilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Betimsel analiz ve içerik analiziyle elde edilen verilerin sistemli bir şekilde temalandırılması ve yorumlanması sağlanır. Betimsel analiz, nitel verilerin üzerinde detaylı ayrıştırma gerektirmeyen verilerinin sunulmasında kullanılır. Bu araştırmada da olduğu gibi, araştırma konusuna dâhil edilen bilgi, belge ve dokümanların demografik özellikleri ile farklı özelliklerinin bir bütün halinde sunulması betimsel analizdir (Huberman ve Miles, 1994). İçerik analizi ise seçilen çalışmaların içerisinden yansız, sistematik ortak sonuçlara ulaşmak için kullanılan bir araştırma yöntemidir. Bu sebeple içerik analizi, birçok tekniği birlikte kullanmayı sağlayan bir yöntemdir (Koçak ve Arun, 2006). Bu bağlamda içerik analizinde toplanan verilerin bulgular kısmına odaklanılmıştır; veri setlerinde üzerinde durulan veya anlamsal olarak vurgu yapılan olaylar ve olgulardan kodlar çıkarılmıştır. Bu aşamada çalışmada seçimi yapılan 24 makale

MAXQDA 2020 programına aktarılmıştır. Şekil 7. de verilerin ilgili bölümlerinin program üzerinden kodlanmasının örneği gösterilmiştir.



Şekil 7. MAXQDA 2020 programıyla verilerin kodlanması örneği

Şekil 7'ye göre örneği verilen program görseli aracılığıyla makalelerin belirlenen bölümlerinde kodlamalar yapılmıştır. Kodlar kategorilere, kategoriler de ortak temalara dönüşmüştür. Kodlar, kategoriler ve temalarla belirlenen bulgular bir arada sentezlenmiştir. Çalışmaların bulguları ve sonuçları, içerik analizi kısmında araştırmacının uzman görüşü alınarak belirlenen temalar çerçevesinde sistematik bir şekilde düzenlenmiştir.

3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği

Bir araştırmanın bilimsel araştırma değeri taşıması için araştırma desenine göre kabul edilen geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarının yapılmış olması gerekir. Geçerlik ve güvenilirlik, çalışmanın araştırma yöntemine göre değişik anlamlar kazanabilirken, nitel araştırmalar için; geçerlik, araştırmacının incelediği konuyu objektif ve olduğu gibi ele almasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Güvenirlikse bir çalışmadaki incelenen olgulardan çıkan sonuçların, başka çalışmalarca da aynı şekilde ortaya çıkmasıdır (Marvasti, 2004).

Nitel araştırmalarda betimsel ve içerik analizinin güvenirliliği araştırmacının kod verme süreciyle doğrudan ilişkilidir. Kodların ve temaların güvenilirlik açısından taşıması gereken en önemli özellik aynı veri grubu üzerinde çalışacak farklı araştırmacılarında da aynı kod ve temalara ulaşmasıdır (Tavşancıl ve Aslan, 2001). Nitel araştırmanın özgünlüğünün araştırmacılar arasında ayrışmaya mahal vermeyecek şekilde veri grubu üzerinde kategorilendirme yapılması sağlanmalıdır. Bu tip çalışmalarda güvenirliliğin olması için içerik analizinde ortak kategorilere konan çalışmaların bu kategoride neden oldukları belirtilmelidir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu sebeple, bu çalışmada kodlama güvenirliliğine bakılmıştır. Kodlama güvenirliliği; kodlayıcının kategorilere nedenli bağlı kalarak çalıştığının bir göstergesidir. Kodlama güvenirliliğinin sağlanabilmesi açısından araştırmacı seçilen tüm makaleleri üç ay arayla tekrar kodlamıştır. Kodlamaların kendi içerisinde tutarlı yani kodlama güvenirliliğinin olması uyum yüzdesi indeksiyle hesaplanmıştır (Huberman ve Miles, 1994).

$$\text{Güvenirlik} = \frac{\text{uzlaşma sayısı}}{\text{uzlaşma sayısı} + \text{uzlaşmama sayısı}}$$

Uyum yüzdesi, verilerin üzerinde yapılan kodlamalar üzerinden ulaşılan tüm kodlar üzerinde uzlaşılan kodların, uzlaşılan ve uzlaşılamayan kodlara oranı şeklinde hesaplanan bir değerdir. Bu hesaplamanın sonucunda güvenirlilik 0.95 bulunmuştur. Araştırmacının kodlayıcı güvenilirliğine bakılırken incelenen çalışmalar farklı zamanlarda tekrar incelenir ve korelasyon hesaplanır. Hesaplanan uyum yüzdesinin %70'den daha yüksek olması beklenir (Tavşancıl ve Aslan, 2001, s. 81). Sonuçta, kodlama güvenirliliğinin var olan araştırma için sağlandığı söylenebilir.

Nitel araştırmalarda çalışmanın geçerlik ve güvenirliliğini sağlamak için inandırıcılık ve teyit edilebilirlik stratejileri kullanılır. İnandırıcılık iç geçerliği, teyit edilebilirlik ise dış güvenirliliği sağlamaktadır (Guba ve Lincoln, 1989). Araştırmanın inandırıcılık ve teyit edilebilirliğini sağlamak için bir takım önlemler alınabilir. Bunlardan eş

denetleme (uzman incelemesi), ayrıntılı betimleme, ayrıntılı alıntılar yapma, araştırmanın sınırlarını ortaya koyma, tekrar edilebilirlik alınabilecek önlemlerden bazılarıdır (Yıldırım, 2010). Bu aşamalar araştırmada şu şekilde detaylandırılmıştır:

- *Eş denetleme*; araştırmanın her aşamasında araştırmanında proje danışmanı olan uzmanla birlikte eş zamanlı yürütülmüştür. Araştırmanın her aşaması kendisinin bilgisi ve onayından geçmiştir.
- *Ayrıntılı betimleme*; araştırma verileri yorumlanırken yürütülen süreçler araştırmanın yöntem bölümünde ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.
- *Ayrıntılı alıntılar yapma*; bahsedilen süreç yöntemleri dâhilinde ulaşılan bulgular ve sonuçlar yorumlanırken kullanılan makaleler üzerinden alıntılama yoluna gidilmiştir. Alıntı yapılan makalelerin ilgili bölümleri, araştırmacı tarafından çeviri yoluyla araştırmaya dâhil edilmiştir.
- *Araştırmanın sınırlarını ortaya koyma*; ulaşılan verilerin ulaşılma ölçütleri dâhilinde olanların her birine verilen veri tabanları üzerinden tekrar tarama yoluyla ulaşılabilir. Araştırmaya ilk aşamadan sonra araştırma problemiyle alakalı olduğu düşünülen makalelerin tam listesi makale ismi yılı ve yazarlarının olduğu tablo araştırmanın sonunda sunulmuştur. Kalitatif senteze dâhil edilen makalelerin dâhil edilme ve edilmeme kriterleri araştırmada açıkça belirtilmiş ve senteze dâhil olan makalelerin listesi aynı tablolama yöntemiyle çalışmanın sonunda sunulmuştur.
- *Bağlantılara yoğunlaşma*; araştırmadan elde edilen kodlar arasında iç tutarlılık sağlanmaya çalışılmıştır. Araştırmanın belirlenen problem ve alt problemleri doğrultusunda temalandırma yapılmış ve incelenen çalışmaların ilgili bölümleriyle çalışmaya bütüncül bir bakış açısı kazandırılması sağlanması amaçlanmıştır.
- *Tekrar edilebilirlik*; araştırma farklı araştırmacılar düzeyinde aynı şekilde uygulandığında da aynı sonuçlara ulaşılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sistematik derleme deseniyle yürütülmüştür. Çalışmaya alınan veriler, betimsel analiz ve içerik analiziyle incelenmiştir. Bu amaçla bu çalışmada eş denetleme (uzman incelemesi), ayrıntılı betimleme, araştırmanın sınırlarını ortaya koyma, bağlantılara yoğunlaşma, ayrıntılı alıntılar yapma, tekrar edilebilirlik ile araştırmanın geçerliliğinin ve güvenilirliğinin sağlandığı düşünülmektedir.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Bu bölümde Bilişsel Sinirbilim ve Matematik Eğitimi konusu üzerinde belirlenen problem ve alt problemlere ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Bulgular iki ana alt başlık şeklinde sunulmuştur. Önce belirlenen makalelerin betimsel analizi ardından aynı makalelerin bulgular ve sonuç kısımlarından türetilen temalar ışığında sentezlenmesiyle içerik analizinin sunulması amaçlanmıştır. Bu bölümde, betimsel analiz ve içerik analizi için belirlenen alt başlıklarla ilgili veriler kendi içerisinde incelenmiştir.

Betimsel analiz için belirlenen alt başlıklar şu şekildedir:

1. Makalelerin temalara göre dağılımı
2. Makalelerin yayınlanma yılları hakkındaki bulgular
3. Makalelerin yayımlandıkları ülkeler hakkındaki bulgular
4. Makalelerin anahtar kelimeleri yoğunluğu hakkındaki bulgular
5. Makalelerin örneklem büyüklükleri hakkındaki bulgular
6. Makalelerin örneklemelerinin yaş grubu hakkındaki bulgular
7. Makalelerin örneklemelerinin öğrenim düzeyleri hakkındaki bulgular
8. Makalelerin araştırma desenleri hakkındaki bulgular

İçerik analizi için belirlenen alt başlıklar şu şekildedir:

1. Sinirbilim çalışmalarının matematik öğreniminin bilişsel ve duyuşsal temellerinde incelenmesi
2. Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında var olan çalışmaların incelenmesi
3. Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler özelinde incelenmesi

4.1. Makalelerin Betimsel Analizi

Araştırmanın bu bölümünde seçilen çalışmaların belirtilen alt başlıklara göre demografik bilgileri incelenmiştir. Makalelerin betimsel analizi yapılırken alt başlıklara göre, veri setinin ilgili bölümleri MAXQDA 2020 programında kodlanmıştır bazı veriler ise excel programı aracılığıyla tablolastırılmıştır. Verilerin sunumu yapılırken her iki programın alt yapısında olan görselleştirme işlemlerinden faydalanılmış ve çalışmada sunulmuştur.

4.1.1. Makalelerin temalara göre dağılımı

Araştırmaya dâhil edilen tüm makalelerin adı, yayım yılı, türü, yazarları ve anahtar kelimeleri Ek.1’de verilmiştir. Bunun yanı sıra içerik analizinde tematik senteze dâhil olan makalelere Tablo 4. Tablo 5. ve Tablo 6.’den ulaşılabilir.

Tablo 4

Birinci tema için seçilen makalelerin betimsel analizi

Makale numarası	Çalışmanın modeli	Örneklem büyüklüğü	Örneklem yaş grubu
M8	Deneyssel	40	22
M10	Deneyssel	59	11
M12	Deneyssel	24	11
M26	Deneyssel	19	13
M31	Tarama	133	22
M58	Deneyssel	38	8
M66	Deneyssel	22	12
M81	Deneyssel	90	14
M106	Deneyssel	28	23
M118	Karma	10	20

Tablo 4’ten de görüldüğü üzere birinci tema için seçimi yapılan 10 makale vardır. Bu makalelerin çalışma modellerinden 8 tanesi deneyssel, 1 tanesi karma, 1 tanesi taramadır. Örneklem büyüklüklerine bakıldığında, deneyssel desenli makalelerde en az 19 en çok 60 kişiyle, tarama modelinde 133 örnekleme ve karma desenli çalışmada ise 10 kişiyle çalışılmıştır. Bu temaya dâhil edilen örneklemelerin yaş grupları olarak 8 ile 23 yaş yelpazesinde çalışıldığı görülmüştür. Tablo 5’de ikinci tema için seçilen makalelerin betimsel analizi verilmiştir.

Tablo 5

İkinci tema için seçilen makalelerin betimsel analizi

Makale numarası	Çalışmanın modeli	Örneklem büyüklüğü	Örneklem yaş grubu
M8	Deneyssel	40	22
M11	Deneyssel	44	29
M13	Deneyssel	50	12
M25	Deneyssel	40	9
M27	Deneyssel	24	22
M41	Karma	8	21
M66	Deneyssel	22	12
M86	Deneyssel	12	28
M109	Deneyssel	18	11
M113	Deneyssel	91	9

Tablo 5'e göre ikinci tematik senteze dâhil edilen makale sayısı 10'dur. Bu temada çalışılan makalelerin 9 tanesi deneysel desenle, 1 tanesi karma desenle modellenmiştir. Örneklem büyüklüğü olarak da 8 ile 91 aralığında çalışılmıştır. 1. tematik senteze dâhil edilen M8 ve M66 makaleleri ikinci temaya da dâhil edilmişlerdir. Tematik sorusu farklı olduğundan bu iki çalışmanın soruya uygun tarafları kodlamaya alınmış ve bu kodlama üzerinden temaya uygun sentezlenmiştir. Tablo 6' ya göre ise üçüncü tema için seçilen makalelerin betimsel analizi verilmiştir.

Tablo 6

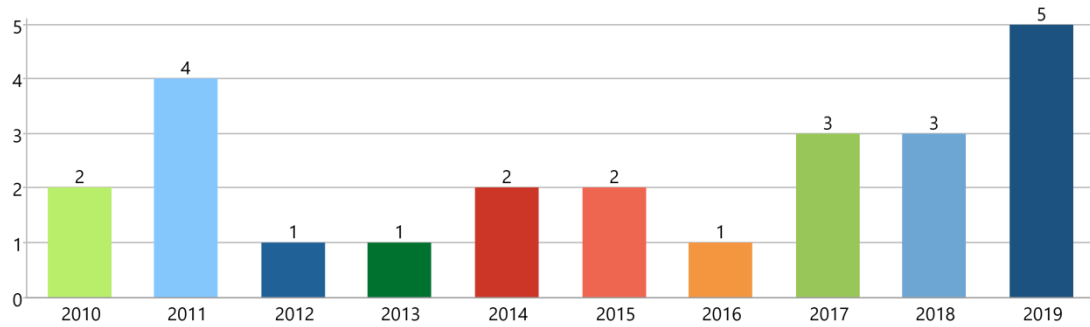
Üçüncü tema için seçilen makalelerin betimsel analizi

Makale numarası	Çalışmanın modeli	Örneklem büyüklüğü	Örneklem yaş grubu
M13	Deneysel	50	12
M58	Deneysel	38	8
M75	Deneysel	60	22
M97	Deneysel	19	26
M100	Deneysel	246	12
M114	Deneysel	90	8
M115	Deneysel	90	12

Tablo 6'dan da görüldüğü üzere üçüncü temaya dâhil edilen bütün çalışmalar deneysel desenle modellenmiştir. Bu aşamada incelenen çalışmalar en az 19 en fazla 246 örnekleme sahiptir. Bu temaya dâhil edilen örneklemelerin yaş grupları olarak 8 ile 23 yaş aralığında çalışıldığı görülmüştür. Bu aşamada temaya dâhil edilen 3 makale diğer temalarla da ortaktır. M58 makalesi birinci temayla ortak olarak kullanılırken, M13 makalesi ikinci temayla ortak olarak kullanılmıştır.

4.1.2. Makalelerin yayınlanma yılları hakkındaki bulgular

Seçilen 24 makalenin yıllara göre dağılımına bakıldığında en fazla 2019 yılında ve 5 makalenin daha sonra 2011 yılında 4 makalenin yayımlandığı görülmektedir. Makalelerin yıllara göre oransal dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Araştırmaya dâhil edilen çalışmalardan en fazla seçimin, araştırma aralığına göre en fazla son yıldan olması, çalışmanın problem cümlelerinin güncel veriler ışığında sentezlendiği bilgisine ulaştırabilir.

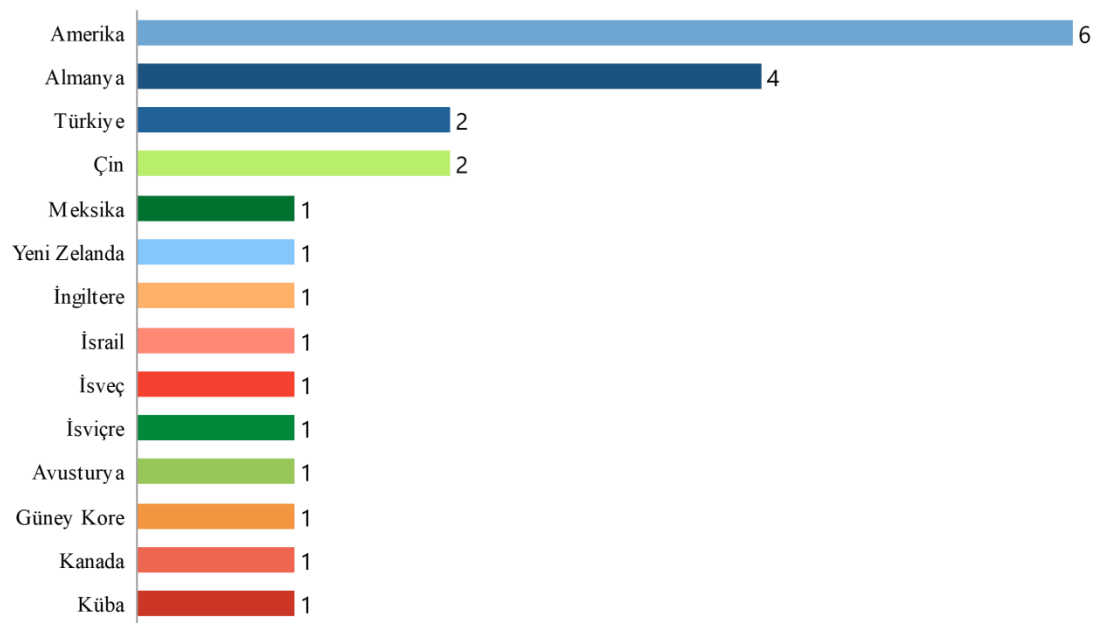


Şekil 8. Makalelerin yayınlanma yıllarına göre dağılımları

Şekil 8’den de görüldüğü üzere 2019 yılından 5 makale, 2018 ve 2017 yıllarından 3 makale, 2016,2013 ve 2012 yıllarından 1 makale, 2015,2014 ve 2010 yıllarından 2 makale ve 2011 yılından 4 makale çalışmaya dâhil edilmiştir.

4.1.3. Makalelerin yayımlandıkları ülkeler hakkındaki bulgular

Belirlenen konu başlığına uygun eleme kriterlerini karşılayan makalelerin dergi basım yerleri olarak; en fazla 6 makaleyle Amerika ve 4 makaleyle Almanya’da yayımlanmıştır. Bu ülkeleri 2’şer makaleyle Türkiye ve Çin takip etmiştir diğer ülkelerden 1’er makale çalışmaya dâhil edilmiştir. Şekil 9’da ülke isimleri yayımlanan makale sayılarına göre azalan sıralamayla verilmiştir.

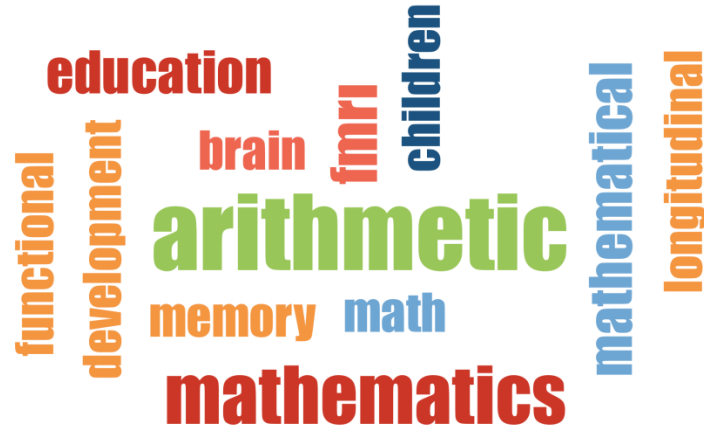


Şekil 9. Makalelerin yayımlandıkları ülkelere göre dağılımı

Şekil 9'a göre renk kodlarıyla niceliklerine yatay çubuk grafiğinden ulaşılabilir. Seçilen çalışmaların dünyaya dağılımına bakıldığında, 14 farklı ülkeden çalışma araştırmaya dâhil edilmiştir. Bu bize araştırmanın, problem cümlelerine küresel açıdan bir bakış kazandırmaya olanak sağlayacağını göstermektedir. Çalışmaların yapıldığı ve ağırlık kazandığı ülkelere bakıldığında; gelişmiş ülkelerle, genç nüfusu tüm nüfusuna oranla fazla gelişmekte olan ülkelerin eğitimsel sinirbilim alanına katkıda bulunduğu söylenebilir.

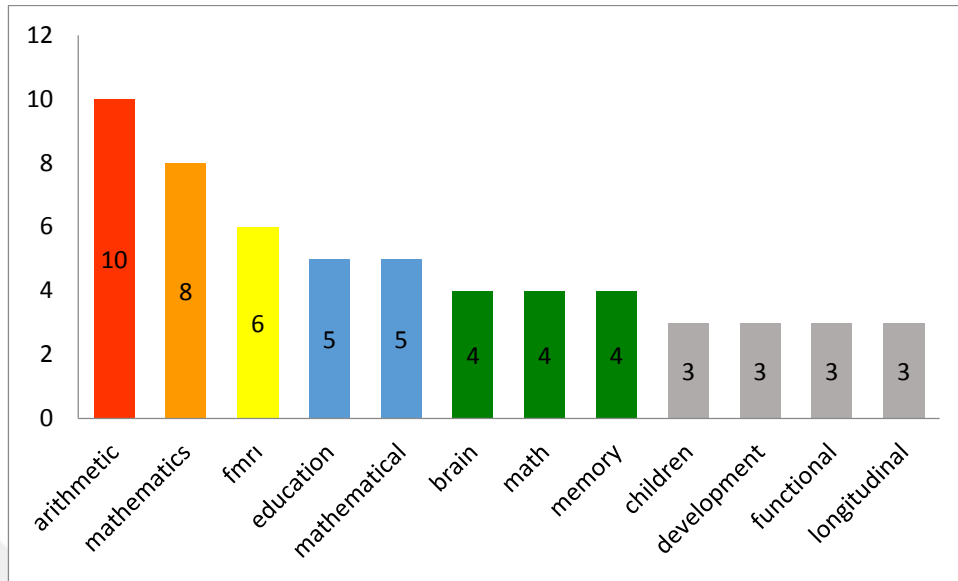
4.1.4. Makalelerin anahtar kelimeleri yoğunluğu hakkındaki bulgular

Makalelerin anahtar kelime yoğunluklarına bakıldığında 184 farklı sözcük kullanıldığı görülmüştür. Frekans (f) olarak 3 ve daha fazla tekrar edilen sözcük grubu incelendiğinde 12 farklı sözcüğe rastlanılmıştır. Bu bölümlerin kodlama işleri MAXQDA 2020 programıyla yapılmış ve aynı program üzerinden Şekil 10'daki gibi gösterilmiştir.



Şekil 10. Makalelerin anahtar kelime yoğunluğuna göre görseli

Bu sözcükler Şekil 10'daki gibi MAXQDA 2020 programındaki kelime bulutu sekmesiyle görselleştirilmiştir. Ayrıca aynı kelime grupları Excel dosyasına aktarıldığında Şekil 11'deki gibi frekansı 3 den büyük olan sözcüklerin frekansları sütun grafiği olarak sunulmuştur.



Şekil 11. Makalelerde geçen anahtar kelimelerin tekrar sayıları

Şekil 10 ve Şekil 11’den de görüldüğü üzere veri havuzundan senteze dâhil edilen makalelerin anahtar kelimelerinde yoğun olarak aritmetik, matematik ve eğitim kelimeleri geçmektedir. Veri tabanlarından arama yaparken kullanılan anahtar kelimelerle paylaşılan bulgular sonucunda ilişkisel bir anlamlılık olduğu söylenebilir.

4.1.5. Makalelerin örneklem büyüklükleri hakkındaki bulgular

Makalelerin örneklem büyüklükleri incelendiğinde 1 makalenin örnekleminin olmadığı nitel desenle oluşturulan çalışma olduğu görülmüştür. 2 makalenin karma desenle desenlenmiş çalışma olduğundan ve 21 makalenin de nitel desenle çalışılmış makaleler olduğundan, farklı desenlenmiş çalışmalarda örneklem büyüklüklerinin karşılaştırılması bakımından, makalelere verilen makale kodlarıyla Tablo 7’de sunulmuştur.

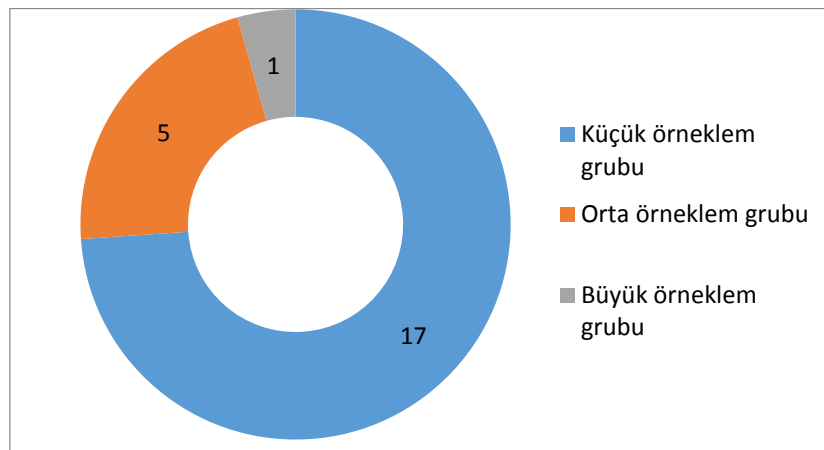
Tablo 7

Örneklem büyüklükleri

Makale kodu	Örneklem büyüklüğü
M8	40
M10	59
M11	44
M12	24
M13	50
M25	40
M26	19
M27	24
M31	133
M38	0

M41	8
M58	38
M66	22
M75	60
M81	90
M86	12
M97	19
M100	246
M106	28
M109	18
M113	91
M114	90
M115	90
M118	10

Tablo 7 incelendiğinde, en büyük örnekleme sahip çalışma 246 örnekleme, en küçük örnekleme sahip çalışma 8 örnekleme sahiptir. Örneklem büyüklükleri basit sayı serisi olarak düşünüldüğünde; serinin ranjı (genişliği) 238 bulunmuştur. Alt grup genişliği 79 olarak hesaplandığında; 8 ile 87 örnekleme sahip makalelere küçük, 88 ile 167 örnekleme orta 168 ile 246 örnekleme sahip makalelerde büyük ölçekli makaleler olarak isimlendirilmiştir. Makale örneklemelerini veri seti içerisinde 3 grupta (küçük, orta ve büyük) incelenmiştir. Şekil 12’de örneklem sayılarına göre dağılım gösterilmiştir.



Şekil 12. Makalelerin örneklem sayıları

Makalelerin örneklem sayılarının grafiği Şekil 12’deki gibidir. Küçük örneklem grubunda 17 makale, orta örneklem grubunda 5 makale ve 1 makalede büyük örneklem grubunda yer almıştır. Ayrıca küçük örneklem grubunun ortalaması 30,29, orta örneklem grubunun ortalaması 98,8, büyük örneklem grubunun ortalaması 246 olarak hesaplanmıştır. Seçilen çalışmaların büyük çoğunluğunun deneysel yöntemlerle desenlenmesi örneklem

büyükliklerini sınırlandırmıştır. Çalışmalarda evren olarak belirlenen gruptaki katılımcıların bir kısmı deney sürecini tamamlayamadığı için örnekleme dâhil edilmemişlerdir.

4.1.6. Makalelerin örneklemlerinin yaş grubu hakkındaki bulgular

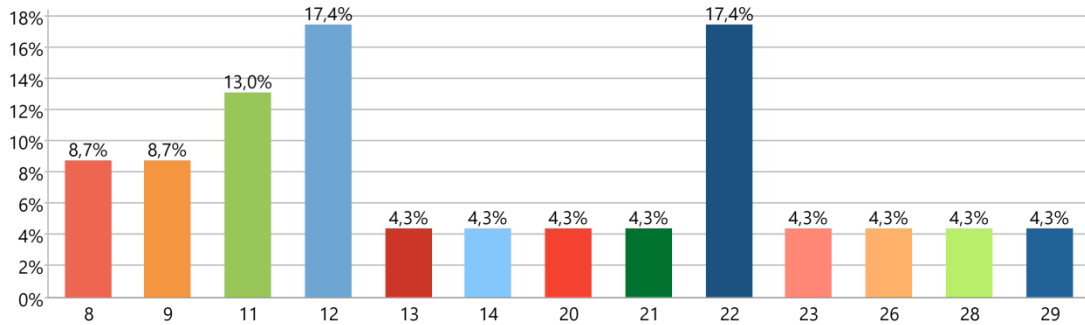
Seçilen makalelerin nicel ve karma desenli olanları incelendiğinde 23 makalenin içinde en küçük ortalama 8 yaş grubuyla en büyük ortalama 29 yaş grubuyla çalışıldığı görülmüştür. Çalışmaların örneklemelerinde bahsedilen yaş aralıklarından ortalama yaşlar hesaplanmıştır. Bu durum Tablo 8.'da gösterilmiştir.

Tablo 8

Örneklemelerin belirlenen yaş ortalamaları

Makale numarası	Çalışmalarda belirtilen şekliyle İncelenen yaş aralığı	Örneklemelerin belirlenen ortalama yaşları
M8	18-25	22
M10	9 12	11
M11	Ort 29	29
M12	10 12	11
M13	10 14	12
M25	8 9	9
M26	12 14	13
M27	18 25	22
M31	18-25	22
M41	20-22	21
M58	7 9	8
M66	12	12
M75	20-23	22
M81	14	14
M86	21-35	28
M97	20-31	26
M100	6 16	12
M106	22 23	23
M109	10 12	11
M113	6 12	9
M114	7 9	8
M115	9 14	12
M118	Ort 20	20

Tablo 8'deki veriler, çalışılan veri grubunda örneklem yaş grubu eğitim düzeylerine göre seçilmiştir. Seçilen makalelerin örneklemelerine bakıldığında, ortalama 22 ve 12 yaş grubu insanlarla daha fazla çalışıldığı görülmüştür. Şekil 13'te örneklemelerin yaşlara göre yüzde olarak dağılımını gösteren sütun grafiği mevcuttur.



Şekil 13. Örneklemelerin ortalama yaşlara göre dağılımları

Şekil 13'e göre çalışmaların örneklem yaş gruplarının yüzde oranı hesaplanırken, örneklem sayılarından bağımsız olarak (ağırlıklı ortalama kullanılmamıştır) hesaplanmıştır. Şekil 13'den örneklemelerin veri seti içerisinde %17,4 oranla ortalama 22 ve 12 yaş grubuyla çalışıldığı görülebilir.

4.1.7. Makalelerin örneklemine öğrenim düzeyleri hakkındaki bulgular

Makalelerin örneklemelerinin eğitim düzeyleri, çalışmalar yapılırken örneklemelerinin bulundukları eğitim kademelerini temsil etmektedir. Tablo 10.'deki gruplamalar Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim sistemindeki gibi kategorize edilmiştir, araştırmaların yapıldığı ülkelere göre çalışmalar gruplarının bulunduğu eğitim düzeyleri farklılık gösterebilir. İlköğretim düzeyi olarak (1'den 4. Sınıfa kadar), ortaokul düzeyi (5'den 8. Sınıfa kadar), lise düzeyi (9'dan 12. Sınıfa kadar) sınıflandırılmıştır. Buna karşılık bazı eğitim düzeylerinden tek sınıf grubuyla çalışma grubu oluşturulmuş olmasına rağmen bulundukları eğitim düzeyine ait kategoriye dâhil edilmişlerdir. Örneğin M81 numaralı çalışma, lise öğrencileri kategorizasyonuna dâhil olduğu halde örnekleme sadece 9. Sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Farklı eğitim düzeylerinden örneklem içeren araştırmalardan bazıları boylamsal çalışmalar olduğundan tek bir eğitim düzeyiyle sınırlandırılmamıştır. Örneğin; M100 makale numarasına sahip çalışma 6-16 yaş aralığında 3 farklı eğitim kademesindeki öğrencilerle yapılmıştır. Aynı gruplandırma lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde örneklemelere sahip çalışmalar içinde geçerlidir. Tablo 9'da bu durum gösterilmiştir.

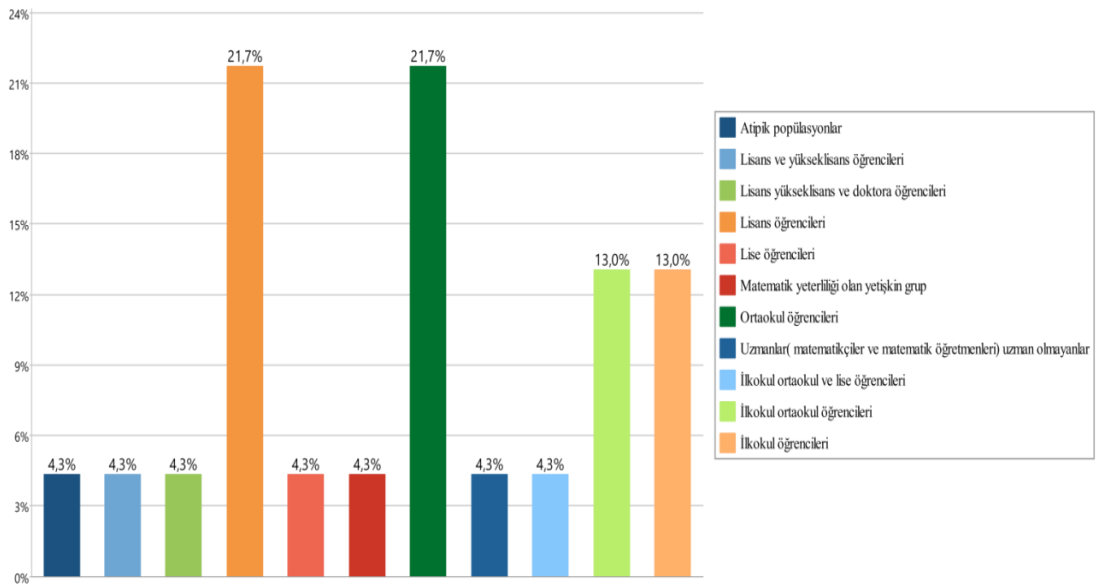
Tablo 9

Örneklem grubunun eğitim durumu

Makale numarası	Örneklem grubu
M8	Lisans öğrencileri

M10	Ortaokul öğrencileri
M11	Uzmanlar (matematikçiler ve matematik öğretmenleri) ve uzman olmayanlar
M12	Ortaokul öğrencileri
M13	İlkokul ortaokul öğrencileri
M25	İlkokul öğrencileri
M26	Ortaokul öğrencileri
M27	Lisans öğrencileri
M31	Lisans öğrencileri
M38	-
M41	Lisans öğrencileri
M58	İlkokul öğrencileri
M66	Ortaokul öğrencileri
M75	Lisans öğrencileri
M81	Lise öğrencileri
M86	Lisans yüksek lisans ve doktora öğrencileri
M97	Atipik popülasyonlar
M100	İlkokul ortaokul ve lise öğrencileri
M106	Matematik yeterliliği olan yetişkin grup
M109	Ortaokul öğrencileri
M113	İlkokul ortaokul öğrencileri
M114	İlkokul öğrencileri
M115	İlkokul ortaokul öğrencileri
M118	Lisans ve yüksek lisans öğrencileri

Tablo 9 incelendiğinde, araştırma konusundan çalışmaya seçilen makalelerin örneklemelerine bakıldığında yaş gruplarındaki paralellik öğretim düzeylerinde de görülmektedir. En çok örneklemeye sahip yaş grupları 12 ve 22 ortalamalarına sahiptir. Örneklemelerin eğitim kademelerine bakıldığında Lisans düzeyinde ve ortaokul düzeyinde çalışmaların yoğunlaştığı görülmüştür. Bu oransal olarak Şekil 14’de gösterilmiştir.



Şekil 14. Örneklemelerin eğitim düzeyleri

Şekil 14'ten de görüldüğü üzere, örneklemelerini tek bir eğitim kademesinden seçen çalışmaların içerisinde lisans ve ortaokul grubu %21,7'lik oranla veri seti içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Buna karşın bu eğitim kademesinde olup da başka kademelerle ortak çalışmada bulunan örneklemelerde mevcuttur.

4.1.8. Makalelerin araştırma desenleri hakkındaki bulgular

Sistematik derlemeye dâhil edilen 24 makalenin; 21 tanesi nicel, 2 tanesi karma ve 1 tane nitel desenli çalışmalardır. Bu çalışmalardan nicel desenli çalışmalar deneysel ve tarama olarak Tablo 10'da aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Tablo 10

Makalelerin araştırma desenleri

Makale numarası	Araştırma desenlerinin türü
M8	Deneysel
M10	Deneysel
M11	Deneysel
M12	Deneysel
M13	Deneysel
M25	Deneysel
M26	Deneysel
M27	Deneysel
M31	Tarama
M38	Araştırma
M41	Karma
M58	Deneysel
M66	Deneysel
M75	Deneysel
M81	Deneysel
M86	Tarama-Deneysel
M97	Deneysel
M100	Deneysel
M106	Deneysel
M109	Deneysel
M113	Deneysel
M114	Deneysel
M115	Deneysel
M118	Karma

Tablo 10'dan da görüldüğü üzere incelenen çalışmalar yoğun olarak deneysel çalışmalardır. Bu çalışmaların araştırma sorusuyla doğru orantılı olarak rasyonel veriler elde etmeye çalışılan araştırmalar olduğu açıktır.

4.2. Makalelerin İçerik Analizi

Bu bölümde araştırmanın içerik analizi kısmına yer verilmiştir. Tematik sentezleme aşamasına dâhil edilen çalışmaların temaya göre demografisi betimsel analiz kısmında verilmiştir. Tablo 11’den temalara göre seçilen makalelerin kodlarına ve çalışma modellerine ulaşılabilir.

Tablo 11

Makalelerin temalara göre dağılımı

Temalar	Çalışmanın modeli	Makale numarası
Matematik Öğreniminin Bilişsel ve Duyuşsal Temelleri	Deneysel	M8, M10, M12, M26, M58, M66, M75, M106
	Tarama	M31
	Karma	M118
Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri	Deneysel	M8, M11, M13, M25, M27, M66, M86 M109, M113
	Karma	M41
Matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler	Deneysel	M13, M58, M75, M97, M100, M114, M115

Tablo 11’de verilen makalelerin isimleri, yazarları ve makale kodları EK 1’de sunulmuştur. Tabloya göre ilk temada 3 farklı çalışma modeli, ikinci temada 2 farklı çalışma modeli kullanılırken, son temada sadece deneysel desen kullanılmıştır. Temalara göre makaleler incelenirken, çalışmaların ilgili kısımları ayrı ayrı incelenmiş ve her bölümün sonunda kendi içlerinde sentezlenmişlerdir. Bulgular tablo olarak verilmemiş, ilgili benzerlikler ve farklılıklara bölüm içinde vurgu yapılmıştır.

4.2.1. Sinirbilim çalışmalarının matematik öğreniminin bilişsel ve duyuşsal temellerinde incelenmesi

M8 makalesinde; yüksek ve düşük matematik kaygısına sahip iki grup incelenmiş, iki gruptan da İkinci Dereceden Denklemleri grafik gösteriminden denkleme ve denklemden grafik gösterimine çevirmeleri ve bunları yapılandırılmış belli görevlerle yerine getirmeleri istenmiştir.

Araştırmada EEG ölçümü yapılmış ve P300 beyin dalgasına bakılmıştır. (EEG ve P300 dalgası ile ilgili bilgiler araştırmanın giriş bölümünde açıklanmıştır.) Her iki çapraz çeviride de P300 beyin dalgaları arası genlik yüksek matematik kaygısına sahip bireylerde daha fazla bulunmuş ama iki grup arasında anlamlı bir sonuca araştırmada ulaşılamamıştır.

İki grupta da yapılan ölçümlerde grafik formatından denkleme çevirmedeki görevlerdeki ölçümlerin denklemden grafik formatına çevirme görevlerindeki ölçümlere kıyasla çıkan EEG sonuçlarındaki ölçümlerde P300 beyin dalgası genliğinin daha büyük olduğu görülmüş olup bu durumu araştırmacı, araştırma grubunun hazırbulunuşluluk düzeylerine ve Kore eğitim sistemine bağlamıştır.

Yüksek matematik kaygısına sahip bireyler kendilerine verilen matematiksel görevler için test süresini aşmışlar ve sonucunda zayıf bir not veya sonuç elde etmişlerdir. Bu durum var olan kaygılarını beslemiş ve kısır bir döngüye bireyi sokmuştur. Araştırmanın sonuç kısmında “matematik kaygısının kısır döngüsü” modellenmiş ve sunulmuştur.

M10 makalesinde; araştırmacılar, matematiksel tutum ve beceri için uzun ve kısa adımlı problemleri ayrı ayrı araştırmışlardır. Kısa adımlı problemler için beynin sol IFG bölgesindeki bir kümede matematik becerisi ve aktivasyonu arasında negatif bir ilişkiye rastlamışlardır. Ardından uzun adımlı problemler için de bakıldığında aynı negatif ilişkiye tekrar rastlamışlardır. Yani sol IFG bölgesiyle matematik becerileri arasında negatif bir ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Sol IFG sözel bellekten çözümlerin alınması ve seçilmesiyle ilişkilidir yani bu bölge ne kadar aktifse kontrol mekanizması reaksiyon süresini o derece uzatmaktadır (Sol frontal girusla ilgili daha ayrıntılı bilgi araştırmanın giriş bölümünde verilmiştir.). Yaşla birlikte sol IFG aktivasyonu azalmakta ve bilişsel kontrole daha az ihtiyaç duyulmaktadır. Tutumu yüksek çocuklar frontal girus bölgesini çok fazla kullanmadan çözümlere daha rahat bir şekilde ulaşabilmektedirler. Araştırmacılar, bu bölgelerini yormayan pozitif tutumlu çocukların zamanında matematik dersleriyle daha fazla zaman geçirmiş sayısal uyaran içeren durumlardan kaçınmamış olabileceği sonucuna ulaşıyorlar (araştırmada tutumu yüksek becerisi düşük, tutumu düşük becerisi düşük olan çocuklarda bulunmaktadır).

Araştırmanın en önemli sonuçlarından biri çarpma işleminin sinirsel temelini hem matematik becerisine hem de tutuma bağlı olarak değiştiğini gösteriyor. Çalışmanın önemli sonuçlardan bir diğeri de becerisi düşük tutumu pozitif çocukların bu bölgedeki beyin aktivasyonlarının fazla olmasıdır.

M12 makalesinde; 24 tane 5. Sınıf öğrencisinin çarpma işlemi sırasında salınımlı EEG ölçümleri yapılıyor. Tek basamaklı ve iki basamaklı 16 aritmetik çarpma işlemi ölçüm için kullanılıyor. Fronto-merkezindeki ve bilateral parieto temporal bölgelerde ki elektrotlarda teta gücünde bir artış gözleniyor. Daha başarılı performansta teta dalgasındaki

artış, çalışma belleğinin ve yürütücü işlevlerin artan katılımını göstermektedir (Heubner ve diğerleri, 2018). Matematik becerileri zayıf olanlara göre (bu çalışmada eğitime karşılık gelen) güçlü matematik becerilerine sahip bireylerde daha fazla teta gücü olduğu görülmüştür.

M26 makalesi; farklı matematik beceri düzeylerine (Yüksek başarı: HA ve Düşük başarı: LA) sahip 40 tane 8-9 yaşındaki çocuklarla EEG tutarlılığını karşılaştırmayı amaçlamıştır. Daha düşük başarıya sahip çocuklarda, esas olarak uyarıcı kodlamanın ötesinde bilişsel işlem adımlarıyla ilişkili olduğunu ve akranlarından daha fazla dikkat kaynaklarına ve bilişsel kontrole ihtiyaç duyulduğunu ve bu da daha düşük bir sayısal işlem otomasyonuna işaret ettiğini yansıtmaktadır.

LA grubunda, matematiksel görev performansı sırasında frontal bölgelerin daha fazla katılımı bulunmuştur. (M10 makalesindeki sonuçlarla tutarlı olduğunu gösteriyor.)

M31 makalesinde; çalışma grubu grubu olarak fen ve matematik eğitimi alanındaki öğretmen adayları seçilmiştir. Bu öğretmen adaylarının aktif olarak kullanmadıkları beyin bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun sonucunda yapılan analizlerde en zayıf kullandıkları beyin çeyreklerinin A ve D olduğu görülmüştür. Ayrıca en az kullandıkları beyin bölgesinin de serebral bölge olduğu bulunmuştur. Öğretmen adaylarında sağ beyin bölgesinin daha çok aktif olduğu araştırmanın bulgularındandır. Buna karşın çalışmaya seçilen örnekleme beyin çeyrek ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Ama öğretmen adaylarında beyin çeyreği ortalamasını olarak en çok kullanılan bölgenin C olduğu görülmüştür. Çalışmanın en önemli bölümü ise karar verme ve muhakeme bölgelerinin (serebral bölge), öğretmen adaylarında istenilen düzeyde aktifleşmediği belirtilmiş ve öğretmen adaylarının eğitiminin bu bölgeleri aktifleştirecek şekilde uygulamalara dönmesi önerilmiştir.

M58 makalesinde ise ilk kez, ilkokul çocuklarında matematik becerisi edinimi ile ilişkili beyaz madde yollarındaki değişiklikler incelenmiştir. SLF'nin üç ana bölümünün, çocuğa özgü şablonlarını oluşturmak için yeni bir yaklaşım kullanılmıştır: fronto-parietal yol (SLF-FP), fronto-temporal yol (SLF-FT) ve parieto-temporal yol (SLF- PT), matematiksel bilgi işlemede yer alan dağınık beyin alanlarını bağlamak için önemli olduğu varsayılmıştır. Beyaz madde esnekliğinin, kullanılan beceri ve öğrenme stratejilerine bağlı olduğunu göstermektedir. Doğrulanmış, bire bir matematik dersi programı kullanarak, matematik becerilerinde öğrenmenin neden olduğu kazanım ile 3. sınıf çocuklarında beyaz madde

değişiklikleri arasında kritik bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Bu çalışma; matematik becerileriyle ilişkili beyaz cevherdeki bireysel farklılıkların daha önceki araştırmalardaki bulguları destekleyen ve genişleten bir çalışma sunduğunu iddia etmektedir. Ayrıca matematiği öğrenmede sol yarım küre perisylvian bağlantılarında plastisitenin önemli rolüne işaret ediyor. Daha genel olarak, makalenin bulguları çocukluktaki deneyime bağlı beyaz cevher değişikliklerine ilişkin önemli yeni yordamalar sağladığını iddia etmektedir ve beyaz cevher bütünlüğündeki bireyler arası değişkenliğin öğrenme ve gelişimle dinamik olarak değiştiğini söylemektedir.

M66 makalesindeki araştırmada EEG ölçümlerinde aritmetik görevleri yerine getirirken, HMA (yüksek matematik kaygısına sahip) gruptaki sağ frontal lobda LMA (düşük matematik kaygısına sahip) grubuna kıyasla daha fazla delta dalgasının üretildiğini bulunmuştur. Çalışmada bahsedildiği üzere, delta dalgası; göz kırpması, kas gerginliği, göz küresi egzersizi ve göz küresi kası gerginliği ile oluşturulabileceğinden, EEG ölçümüne bağlı olarak geçici bir durum olarak ortaya çıktığı savı ortaya atılmıştır. Deney sırasında, deneye katılan katılımcıların doğal ortamlarının (sınıf, klasik çalışma alanı) dışında bir yerde teste tabi tutulmaları ölçümlerin etkisini değiştirmiş olabileceği araştırmacılar tarafından düşünülmektedir. Delta dalgasının HMA grubunda LMA'ya göre anlamlı bir farkla ortaya çıktığı düşünüldüğünde, problem çözmeye çalışırken deneklerin yoğun stres ve psikolojik kaygı yaşadıkları söylenmektedir.

Delta dalgası, örneğin migrenimiz olduğunda ağrı ile birlikte üretilen bir beyin dalgasıdır. Diğer bir deyişle, öğrenciler matematik kaygısı yaşadıklarında, sadece duygusal ve zihinsel tedirginlik değil, aynı zamanda fiziksel acıyı, aynı türden baş ağrısını da hissederler. LMA grubunun denekleri görsel aktivite içeren görevlere iyi konsantre olabilirler. LMA grubunda DL-PFC olarak bilinen sol orta frontal girusu içeren bağlantının tanımlanmış olması, matematik kaygısının daha düşük, çalışma belleğinin daha az etkilendiğini ve matematik performansına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

M81 makalesinde Bu çalışmanın bulguları, engelleyici kontrol mekanizmalarına sahip öğrencilerin, çevre görevlerinin karşılaştırılmasındaki uyumsuz koşullarda, engelleyici kontrol mekanizmalarına sahip olmayanlara nazaran anlamlı düzeyde daha iyi puan aldıklarını göstermektedir. Ayrıca engelleyici kontrol mekanizmalarının etkinliği ne kadar yüksekse, öğrencilerin sezgisel müdahalenin üstesinden gelmede o kadar iyi olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, mevcut çalışmanın bulguları, engelleyici kontrol mekanizmalarının fen ve matematikteki sezgisel müdahalenin üstesinden gelmede önemli bir rol oynadığını ve öğrencilerin bu alanlardaki zorluklarını açıklayabileceğini göstermektedir.

M106 makalesindeki fMRI çalışmasında, matematiksel temsilleri işleme konusunda, temel beceriden yararlanarak bir görevde matematiksel yeterliliğin beyin ilişkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, daha düşük ve daha yüksek matematiksel yeterliliğe sahip yetişkinlere, zihinsel aritmetik işlemi veya denklem-çubuk grafiği eşleştirme görevi verilmiştir.

Daha yüksek matematiksel yeterliliğe sahip bireyler, daha az yetkin akranlarına göre supramarjinal girusa uzanan sol AG'nin daha güçlü aktivasyonunu göstermiştir. Matematiksel yeterliliği düşük ve yüksek olan yetişkinlerin, matematiksel düşüncede deneysel görevdeki performans farklılıklarının eşlik etmediği farklı beyin aktivasyon kalıpları gösterdiği belirtilmiştir. Matematiksel yeterliliği yüksek yetişkinlerin, görevin zihinsel aritmetik ile ilgili bilişsel süreçler gerektirip gerektirmediğinden bağımsız olarak matematiksel temsilleri işlerken sol AG'yi daha güçlü bir şekilde etkinleştirdiğini ortaya koymuştur. Sol AG'nin daha düşük ve yüksek matematiksel yeterliliğe sahip yetişkinlerin farklı olduğu, daha genel bir bilişsel işlevi desteklediğini göstermektedir. Bu çalışma matematiksel olarak daha fazla (daha az yetkin yetişkinlere göre) matematiksel gösterim işleme becerisine dayanan bir görevde daha güçlü sol (ön) AG aktivitesi sergilediğini ortaya koymuştur. Daha yetkin yetişkinlerdeki daha güçlü aktivite, bu nedenle bu bilişsel işlevde daha yüksek bir yeterliliği yansıtabilir.

M118 makalesinde; çalışmanın tasarımı ve yorumlanmasını engelleyen faktörlerden biri, matematiksel işlevin temsiline ve işleminin bilişsel bir modelinin olmamasıydı. Sayı ve aritmetik hesaplamalar için kullanılan aynı beyin alanlarının grafik ve cebirsel fonksiyonların çevrimi için aktif olduğu bulgusu, temsili çok yönlülüğün bu temel bilişsel süreçlerin bir uzantısı olabileceğini göstermektedir. Bu, sayı duyusu ve uzamsal biliş üzerine eğitimin odaklanmasının sadece sayı ustalığı için değil, aynı zamanda daha ileri matematiksel kavramlar için de kritik olduğunu göstermektedir. Fonksiyon, özellikle cebir öğretirken sayı konusuyla bağlantı kurmaya devam etmek önemlidir. Örneğin, iki boyutlu uzayda matematiksel biliş üzerine bir araştırma, çalışmanın tek bir boyut üzerindeki sayısal büyüklükteki doğal bir uzantısı olacak ve sayı ve uzamsal yapılar arasındaki etkileşimler üzerine yapılan araştırmaya dayanacaktır.

Çalışmalarda ortak olarak görülen bireysel değişkenliklerin matematik öğrenimi üzerinde etkili olduğu, bu bireysel değişkenliklerin matematiksel kaygıyı ve matematiksel görev performanslarını belirlediği, bireyde kaygı düzeyinin arttıkça matematiksel becerinin ve tutumunun değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Farklı araştırmalarda katılımcıların ortak bazı beyin bölgeleri incelenmiş ve beynin frontal bölgesinin ve bu bölgenin bazı özel alanlarının matematiksel görev sırasındaki etkinliği karşılaştırılmıştır. Farklı gruplar arasındaki ortak sonuca göre bu bölgede ölçülen delta dalga boylarının daha başarılı sonuç alan katılımcılarda düşük olduğu görülmüştür. Bazı özel ölçümlerde bu dalga boyunun matematiksel görev sırasındaki artışı çalışma belleğindeki ve yürütücü işlevlerin artan katılımı olarak yorumlanmıştır. M10, M26 ve M66 makalelerindeki çalışmalarda katılımcı yaşı ve matematiksel görev olarak benzerlikler olduğu halde katılımcıların incelenen frontal bölgelerinin eş katılımcılarda (yüksek matematik kaygısına sahip matematiksel becerisi düşük vb. gibi) aktifleştigi görülmüştür. Buna göre incelenen çalışmaların birbirini desteklediği söylenebilir. Buna karşın M12 makalesinde araştırmacılar, daha başarılı matematik performansı gösteren bireylerde teta dalgasında artış olduğunu bunun ise çalışma belleğinin ve yürütücü işlevlerin katılımının arttığını gösterdiğini söylemektedirler. M66 kodlu çalışmada, frontal bölgede üretilen bu dalgaların, bireyde fizyolojik bir ağrı sırasında da arttığı belirtilmiştir. Yani birey matematik kaygısını sadece duygusal ve zihinsel bir tedirginlikle geçirmemekte bu kaygıyı fiziksel acıya eş bir biçimde yaşamaktadır. M8 makalesine göre matematiksel başarısızlık bireyin frontal bölgesinin daha fazla aktifleşmesini bu aktifleşmenin bireyde kaygı düzeyini arttırdığını ve kısır bir döngüye girdiği sonucunu belirtiyor. Aksi durumda matematiksel becerisi yüksek ve kaygı seviyesi düşük bireylerde sözel bellekten çözümlerin alınması ve çağırılması sürecinin bölgenin aktifliğiyle ters bir korelasyona sahip olduğu belirtilmiştir.

M8 ve M118 makalelerindeki araştırmada grafik ve cebirsel işlemlerin birbirine çevrilebilirliği sırasında katılımcıların durumları göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre M8 makalesinde katılımcılarda EEG ile ölçülen P300 beyin dalgalarına bakılmıştır. Diğer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmalarda da matematik kaygısına sahip grupta belirtilen dalga boyu genliğinin fazla olduğu saptanmıştır. M118 makalesinde matematiksel temsiller arasındaki çevirmenin aynı beyin alanlarını etkilediği söylenmiş ve bu alanda yapılan çalışmaların sadece sayı işlem olarak kısıtlanmasının bireylerdeki bilişsel süreçleri üzerinde sinirbilimsel açıdan anlamlı sonuçlar vermeyeceği üzerine bir eleştiri getirilmiştir. Çalışmaya göre matematiği ve matematik öğretimi sürecini sadece sayı duygusu ve temel işlem becerisi

üzerinden ele almak daha ileri düzeydeki matematiksel kavram ve becerilerin beyin fonksiyonları üzerindeki etkileşimini anlamayı kısıtlayacaktır.

4.2.2. Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında var olan çalışmaların incelenmesi

M8 makalesinde; yüksek ve düşük matematik kaygısına sahip 2 grup incelenmiş 2 gruptan da İkinci Dereceden Denklemleri, grafikten denkleme ve denklemden grafiğe çevirmeleri ve belli görevleri yerine getirmeleri istenmiştir. Araştırmanın ölçütlerinden biri sorulara cevap verme ve reaksiyon sürecindeki bireysel değişkenlerdir. Yüksek matematik kaygısına sahip grubun matematiksel görevlere cevap verme reaksiyonunun daha yavaş olduğu belirtilmiştir.

Matematiksel kaygı, işleyen belleğe kendisine verilen görevin kendisinden üstün talepler istediğini düşündürmektedir. Araştırmada matematiksel görevlerde başarılı olabilmek için öncelikle organizmanın bilişsel bir talebinin olması ve M kapasiteye sahip olması gerektiği söylenmektedir. M kapasite, çalışma belleğinin temel olgunlaşmasının nedensel faktörüdür. Araştırmada, çalışma belleğinin tanımı olarak; “Bir kişinin repertuarındaki, devam eden temsil veya performans sürecini birlikte belirlemek için yeterince etkinleştirilen tüm şemaları ifade eder.” şeklindedir.

M11 makalesinde; çalışma grubunun seçilmesinden sonra katılımcılara 150 cebirsel işlem içeren matematiksel görev verilmiştir. Bu matematiksel görevleri yapma süreleri doğru cevapları ve reaksiyona geçme süreleri FMRI altında incelenmiştir. Beynin AF/SLF bölgelerindeki aktivasyon incelendiğinde uzman grupta otomatiklik seviyesinin uzman olmayan gruba göre daha hızlı sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmaya katılan katılımcıların demografik bilgileri incelendiğinde, standartlaştırılmış matematik testinde uzman grup daha başarıyla zeka testinde anlamsal bir fark olmamasına rağmen uzman olmayan grubun ortalaması daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar, matematiksel otomatikliliğin sol AF/SLF yoluyla temporal beyin bölgelerinin bağlantılı olduğunu düşündüklerini ifade etmişlerdir.

M13 makalesindeki; çalışmanın amacı, fonolojik bir işlem görevi sırasında temporal ve frontal kortekste beyin aktivasyonunu ölçmek için fMRI kullanmaktır. Bu nedenle, bellekten çözümlerin geri getirilmesini teşvik eden zaman sınırlı bir matematik akıcılık testi, geri getirmeyi ulaştırdığı düşünülen zamansız bir çarpma becerisi testi ve süresiz bir çıkarma becerisi testi çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu sebeple, 10-14 yaş arası

çocukları incelemek, temel aritmetik gerçeklerle akıcılığın gelişimini tahmin etmede fonolojinin rolünü araştırmak için bir çalışma planlanmıştır. Fonolojik beceri ölçütlerinin fonolojik farkındalık (yani fonolojik temsillerin kalitesi) ve hızlı isimlendirme (yani temsillere erişim), matematik akıcılığında öngörülen kazanımlar, fonolojik işleme sırasında hem zamansal hem de frontal korteks aktivasyonunun matematik akıcılığındaki kazanımları tahmin etmede önemli bir rol oynayacağı çalışmanın varsayımlarındandır. MTG / STG'nin daha fazla aktivasyonunun ve IFG'nin daha az aktivasyonunun daha fazla matematik akıcılığı kazanımlarını öngördüğü bulunuyor. Bu sonuçlar, fonolojik temsillere daha fazla güvenmenin (yani daha büyük MTG / STG) ve bu temsillere daha otomatik erişimin (yani azalmış IFG) matematik akıcılığındaki kazanımları tahmin etmede eşit derecede önemli olduğunu gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır. Bunun nedeni, temporal kortekste fonolojik temsillerin daha kaliteli olması ve bunlara daha az çabayla erişime izin vermesi olabilir sonucuna ulaşıyor.

Çalışma çocuklarda matematiksel akıcılık kazanımlarının bir göstergesi olarak fonolojik işlem sırasında zamansal ve frontal korteks aktivasyonunun, küçük çocuklarda geri getirmeye dayalı matematik becerilerinde kazanımlar sağladığını düşündüren etkilerin ilişkisine dair kanıt sağlamaktadır.

M25 makalesinde; EEG tutarlılığının işlevsel beyin bağlantısının yararlı bir ölçüsünü temsil etmesi nedeniyle, farklı matematik beceri düzeylerine (Yüksek: HA ve Düşük başarı: LA) sahip kırk 8-9 yaşındaki çocuklarda EEG tutarlılığı karşılaştırma amaçlanmaktadır. HA grubundaki fonksiyonel bağlantı parietal alanlarda baskın iken, özellikle beta frekansları içeren LA grubu, farklı bir zaman-frekans alanı ile birlikte daha yüksek delta, teta ve alfa bandı frekanslarının katılımıyla daha kapsamlı frontoparietal ilişkiler göstermektedir. Sembolik sayısal büyüklük işleme, aritmetik gelişim için çok önemlidir ve birkaç beyin bölgesinin birbirine bağlı yapısının işlevsel aktivasyonu ile desteklendiği düşünülmektedir. Sonuçlarda, düşük başarılı çocuklarda daha düşük matematik başarılarının esas olarak uyarıcı kodlamanın ötesinde bilişsel işlem adımlarıyla ilişkili olduğunu ve akranlarından daha fazla dikkat kaynaklarına ve bilişsel kontrole ihtiyaç duyulduğunu ve bu da daha düşük bir sayısal işlem otomasyonuna işaret ettiğini yansıtmaktadır.

Düşük başarılı çocuklarda gözlemlenenin aksine, yüksek başarılı çocuklarda parietal alanlarda bulunan daha odaklanmış tutarlılık, sayısal işlemeyi kendi başına yansıtabilmektedir, bu da araştırmacılara muhtemelen daha iyi aritmetik becerilere sahip bu

çocuk grubunda daha yüksek derecede otomasyon veya sistem uzmanlığı olduğunu düşündürmektedir.

M27 makalesindeki; bu çalışma, matematiksel problem çözme için beyin sistemini araştırmayı amaçlamıştır. Araştırmada üç tür matematiksel problem çözme kullanılmıştır: sayı serisi tamamlama, geometri problemi çözme ve aritmetik kelime problemi çözme. Araştırmacıların tahminleriyle tutarlı olarak, matematiksel problem çözme 7 beyin bölgesinden oluşan anlamsal bir ağ tarafından desteklenmiştir.

Araştırmada beklendiği gibi, aritmetik hesaplama, beynin BA 6 bölgesi de dâhil olmak üzere beyin alanlarında matematiksel problem çözme işleminden daha fazla aktivasyona sahiptir. Bu bulgu, matematiksel işlemin bir bileşeni (problem çözme) ile dil arasındaki yakın ilişkiyi vurgulamaktadır.

Bu çalışma matematiksel problem çözmenin (bu çalışmada ölçülen her üç türün de) aritmetik hesaplama dan daha fazla anlamsal işlem içerdiğini göstermiştir. Bu çalışma, beyindeki anlamsal ağı matematiksel problem çözme yi desteklediğini göstermiştir.

M41 makalesinde; ilköğretim matematik öğretmenliği bölümünde okuyan öğretmen adayları üzerinde, aritmetik işlemler üzerinden eşittir işaretinin konumlandırılması üzerine, beyin fonksiyonlarını inceleyen bir deney tasarlanmıştır. Bu deneysel çalışmada aritmetik işlemler üzerine öğrenilmiş metot ve konumlandırmaların tekrarlanması sonucunda beyin aktivasyonları EEG üzerinden incelenmiştir. Beklenildiği gibi alışılmış işlemler üzerinde otomatikliğin fazla olduğu görülmüştür. Aritmetik işlemler sırasında, beynin farklı bölgelerinin aktifleştiği söylenen çalışmada aynı zamanda farklı bilişsel zorluklara göre ölçülen beyin dalgalarının farklılaşması yorumlanmıştır. Matematiksel işlem otomatikliği düştükçe alfa ve beta dalgalarında artış görülürken beynin frontal ve parietal bölgelerinin daha fazla aktifleştiği araştırmanın bulgularını oluşturmaktadır.

M66 makalesinde; çalışma grubunun beyin aktivitelerinde sol orta frontal girus'un aktif olduğu görülmüştür. Sol orta frontal girus, çalışma belleği ile ilişkilidir. Çalışan bellek, bilgiyi bilinçli olarak kısa bir süre içinde geri çağıran sistemdir. Bu çalışma hafıza sistemi BA 46'da saklanır ve hafıza, bilinçsiz hareket ve gerginlik için uzmanlaşmış BA 8'de tekrar kaydedilir. Beynin bu kısmı ne kadar eğitimli olursa, o kadar gelişmiştir. DL-PFC, prefrontal lobun en yüksek kısmındadır ve beynin kısa süreli çalışma belleğini saklama işlevi görür. Bu bölge, insan davranışıyla ilgili karar alma, karar verme ile ilgili durumları kavrama ve strateji geliştirme ile meşguldür. Gelişmiş DL-PFC'li kişilerin bilge oldukları ve rasyonel kararlar

verdikleri bilindiğinden, bu beyin bölgesi “zenginlerin beyni” olarak da adlandırılır (Aubele, Freeman, Hausner ve Reynolds, 2011). Çalışma belleği, zamana dayalı davranışları organize etmek ve çeşitli zihinsel etkinliklerin doğru sırasını yönetmek gibi frontal lobun anahtar rolleriyle yakından ilgilidir (Fuster, Bauer ve Jervey, 1985). Kaygı ile ilgili eksiklikler genellikle dikkati ve çalışma belleğini bozar. Bu performans eksiklikleri genellikle yüksek düzeyde endişe ve bilişsel müdahaleye veya işlevsel çalışma belleği kaybına atfedilir (Ashcraft ve Kirk, 2001). Düşük kaygı grubunda DL-PFC olarak bilinen sol orta frontal girusu içeren bağlantının tanımlanmış olması, matematik kaygısının daha düşük, çalışma belleğinin daha az etkilendiğini ve matematik performansına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

M86 makalesinde; 12 kişinin zihinsel problemler çözerken, beyinlerindeki kan akışı değişiklikleri yakın kızılötesi ışık kullanılarak incelenmiştir. Bu işleme optik topografya (OT) denilmektedir. Bu araştırma, bu çalışma dâhilinde spektroskopik görüntüleme (fNIRS) olan tek çalışmadır. Çalışmanın desenlenmesi aritmetik işlemlere ve bu alandaki katılımcıların akıcılıkları üzerine bir çalışma olsa da bulguları farklı görüntüleme tekniklerinden farklı değildir. Araştırmanın sonuç kısmında ise farklı görüntüleme tekniğiyle çalışılsa da aktifleşen beyin bölge bulgularının farklılaşmadığı belirtilmektedir.

M109 makalesinde; çalışma grubu üzerinde aritmetik işlem öğrenirken 2 farklı öğretim stratejisi kullanılmış ve bu stratejilerin etkililiği yorumlanmıştır. Çocuklarda aritmetik problemleri çözerken bu hesaplama hizmet eden beyin bölgeleri karakterize edilmeye çalışılmıştır. Öğretim metotlarından biri alıştırmaya yoluyla (yani problem ve cevap arasındaki ilişkiyi öğrenmek) öğrenmeyken diğeri strateji yoluyla öğrenmedir (yani problemi çözmek için bir dizi problem çözme adımlarını uygulamak). Bulgularda, alıştırmaya yoluyla öğrenmenin açısal girusu strateji yaklaşımına göre daha güçlü bir şekilde etkinleştirdiği ortaya konmuştur.

M113 makalesindeki; toplanan veriler, tüm çocuk gruplarında, uyaranlar farklı formatlarda görüntülendiğinde sayısal işlemenin klasik etkilerini (mesafe ve boyut) ortaya çıktığını göstermektedir. Bununla birlikte araştırmacılar, yaş arttıkça miktar karşılaştırmalarında önemli bir oranda reaksiyon süresinde düşüş ortaya çıktığını ve bu sürecin aşamalı olarak otomatik hale geldiğini belirtmişlerdir.

Unutulmamalıdır ki, bu çalışmada bulunan reaksiyon süresindeki düşüşü araştırmacılar, daha büyük çocukların sayısal sembollere daha fazla aşına olmasına ve bu

sembollerle deneyim süresinin fazla olmasıyla açıklamışlardır. Öğrenciler matematiksel yetenekleri öğrenirken, karşılaştırılan rakam çiftleri ve bunlara karşılık gelen doğru yanıtları arasında uzun vadeli bellek ilişkileri geliştirirler. Bu onların miktar karşılaştırma sürecini otomatikleştirmelerine ve görevin reaksiyon süresinin azalmasına neden olur.

Genel olarak, yaş ve eğitim arttıkça, büyüklük karşılaştırmasının temel sayısal sürecinde önemli bir otomatikliğin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Niceliklerin sunum biçimine göre klasik sayısal işlem etkileri (uzaklık / boyut) ile gruplar arasında herhangi bir etkileşim bulunmamasına rağmen, veriler geliştirme süreci boyunca, miktar işlemede hem sembolik hem de sembolik olmayan niceliksel ve niteliksel farklılıkların ortaya çıktığını göstermektedir.

Çalışmalarda genel anlamda katılımcıların belli matematiksel görevler sırasında gösterdikleri beyin fonksiyonları karşılaştırılmıştır. Verilen matematiksel görevlere cevap verme reaksiyonları ve süreç içerisinde gösterdikleri beyin fonksiyonları çalışmaların sonuçlarını ve araştırmacıların konu ile alakalı yorum yapmalarına fırsat tanımıştır. Matematik başarısı düşük yüksek kaygılı vb. gruplarda ortak olarak matematik işlemleriyle karşılaşmada, organizmanın bilişsel kontrole daha fazla ihtiyaç duyduğu buna karşın başarısı yüksek kaygı durumu düşük uzman grupların fonolojik temsillerinin daha kaliteli olması ve bellekten işlemsel bilgileri daha az bir çabayla geri çağırma sürecinin daha kolay olduğu tespiti yapılmıştır. Bu tespiti dayalı olarak incelenen çalışmalarda, matematik başarısı düşük gruplarda beynin incelenen bölümlerindeki delta, teta ve alfa frekanslarının yüksekliğinin bu bölgenin kapsamlı bir şekilde aktifleştirdiğini göstermektedir. Matematiksel kaygının işleyen belleği engellediği beyindeki frontal bölgelerin bu sebeple aktifleştirdiği ve katılımcıların performans sürelerinin uzadığı çalışmaların ortak sonuçlarındandır.

M11 makalesindeki uzman ve uzman olmayan grubun performanslarında çalışmadan beklenen bir sonuca ulaşılmıştır. Matematik uzmanlığı bulunan katılımcıların otomatiklik seviyeleri diğer gruba nazaran anlamlı seviyede farklı bulunmuştur. Bunun yanında örneklem seçimi yapılırken çalışmanın başında iki gruba da uygulanan zeka testi puanlarında uzman olmayan grubun diğer gruba kıyasla daha yüksek bir puan elde etmesi matematiksel otomatiklik için matematiksel temsillerle karşılaşma süresinin önemini ortaya koyuyor. Bir benzer çıkarım M113 makalesinde de karşımıza çıkmaktadır. Çalışmadaki örneklemde bulunan katılımcılar arasındaki yaş farkları ve matematiksel işlemlere eğitim süreçlerindeki maruziyet sürelerinin fazla olması, matematiksel performanslarındaki reaksiyon sürelerinin

önemli ölçüde düşmesini sağlıyor. Çalışmanın sonuç bölümünde bu gruptaki katılımcıların matematiksel işlemlerde uzun vadeli bellek ilişkileri geliştirildiği söylenmiştir.

M27 ve M66 kodlu çalışmalarda katılımcılar aşamalı matematiksel problemlerle karşılaştırılmıştır. M27 makalesindeki araştırmacıların tahminleri arasında matematiksel problem çözme sürecinin 7 beyin bölgesinden oluşan anlamsal bir ağ tarafından desteklenmesidir. Araştırmada beklenildiği gibi problem çözme belli bir alandan ziyade beynin farklı bölgelerinin aktiflediği bir süreç olarak karşılırlarına çıkmaktadır. Çalışmada özellikle belirtilen bir nokta da problem çözme ve dil arasındaki yakın ilişkidir. M66 makalesinde beynin sol orta frontal girus ve DL-PFC bölümü incelenmiştir. Bu bölgenin gelişmişliği kişinin rasyonel karar alma ve vermede yetkin olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu bölümü gelişmiş bireyler düşük kaygı grubunda yer almış, dolayısıyla çalışma belleği kaygı durumundan daha az etkilenerek matematik performanslarına katkıda bulunmuştur.

4.2.3. Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler özelinde incelenmesi

M13 makalesinde; bulgular, matematik becerisindeki kazanımları tahmin etmede fonolojik işleme gibi genel bilişsel yeteneklerin rolünü incelemenin önemini vurgulamaktadır. Araştırmacılar, farklı fonolojik süreçlerin de dilin şeffaflığına bağlı olarak matematikteki kazanımları tahmin etmede farklı bir rol oynayabileceğini öne sürmüşlerdir. Araştırmada matematik becerisi gelişiminin yalnızca alana özgü bilişsel yeteneklere değil, aynı zamanda alana özgü olmayanlara da bağlı olduğu vurgulanmaktadır.

M58 makalesindeki; araştırmada, beyaz cevher yollarının olgunlaşması beyindeki bilgi işlemenin hızını ve verimliliğini arttıracak ve bu nedenle bilişsel ve akademik becerilerin gelişiminde önemli bir faktör olabileceği belirtilmiştir. Karşılıklı olarak, beyaz cevher olgunlaşması da öğrenme ve beceri kazanımından etkilenir. Bu araştırmada ilk kez, ilkokul çocuklarında matematik beceri edinimi ile ilişkili beyaz madde yollarındaki değişiklikler incelenmiştir.

Davranışsal olarak, çocuklar 2 aylık yoğun matematik dersinden sonra aritmetik problem çözme görevlerinde performanslarını göstermişlerdir. Kritik olarak, ders sonrası bireysel davranışsal kazanımlar, sol SLF-FT'deki FA değişiklikleri ve daha az ölçüde sağ SLF-FP'deki FA değişiklikleri ile pozitif korelasyon gösteriyor. Bulgularda, çocuklarda matematik öğrenmenin, posterior ilişki kortekslerini frontal lob ile bağlayan belirli beyaz madde yollarının beyaz cevher bütünlüğündeki dinamik değişikliklerle karakterize edildiğine

dair ilk kanıtı sağladığı ifade edilmiştir. SLF'nin sol fronto-temporal bölümü, çocuklarda öğrenmeyle ilişkili beyaz madde değişikliklerinde bireysel farklılıkların ana odağıdır.

8 haftalık uygulama dersinde, bir sayı doğrusu ve somut materyaller de dâhil olmak üzere fiziksel manipülatifler kullanarak aritmetiğin kavramsal olarak anlaşılmasının yanı sıra, fonolojik işlemeye dayanan aritmetik gerçeklerin hızlı bir şekilde geri çağrılmasını sağlamışlardır.

Beyaz cevher yollarının kısa vadeli öğrenmeyle ilgili esnekliği, okuma ve yazım eğitimi ile ilgili olarak da gözlemlenmiştir.

Araştırmanın yapıldığı ülkede kabul görmüş, bire bir matematik dersi programı kullanarak, 3. sınıf çocuklarında matematik becerilerinde öğrenmenin neden olduğu kazanım ile beyaz madde değişiklikleri arasında kritik bir ilişki olduğu araştırmanın önemli bulgularındandır. Sonuç olarak araştırma, matematik becerileriyle ilişkili beyaz cevherdeki bireysel farklılıkların daha önceki çalışmalardaki bulgularını genişletmekte ve matematiği öğrenmede beynin sol yarım küre perisylvian bölgesindeki bağlantılarında plastisitenin önemli rolüne işaret etmektedir.

M75 makalesindeki çalışma, PPC üzerinden tES'in aritmetik öğrenmeyi başarılı bir şekilde düzenleyebileceğini göstermektedir. TDCS'nin PPC üzerinden uygulanması, hem yanıt gecikmeleri hem de çözüm oranları açısından öğrenme sürecini etkilemiştir. Katodal tDCS, yanıt gecikmeleri açısından öğrenme oranlarını düşürmüş ve bu etki, öğrenme oturumundan 24 saat sonra hala belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmada da varsayıldığı gibi, anotlu tDCS çözüm oranlarını iyileştirmiş, ancak bu etki özellikle çıkarma probleminde ortaya çıkmamış, ancak çarpma problemlerinde ortaya çıkmıştır.

Spesifik olarak, çıkarma çözümü oranlarında% 19'luk bir öğrenme artışı bulunmuştur. İlginç bir şekilde, bu etki çıkarma işlemi için ortaya çıkarken çarpma işlemi için ortaya çıkmamıştır.

Genel olarak, PPC üzerindeki anotlu tDCS'nin matematiksel performansı ve öğrenmeyi evrensel olarak geliştirmedigine dair küçük ama literatürü destekler bir şekilde katkı sağlamıştır.

Eğitimden 1 gün sonraki performans oturumunda, PPC üzerinden katotlu tDCS alan katılımcılar, anodal veya sahte tDCS alanlara kıyasla problem çözmede hala daha kötü

performans göstermişlerdir. Katotlu tDCS'nin aritmetik öğrenme üzerindeki bu etkileri, PPC'nin aritmetik becerilerin kazanılmasında nedensel bir rol oynadığını göstermektedir.

Tek seanslık bir tDCS uygulamasının bile öğrenme başarısını eğitim seansının ötesinde değiştirebileceğini ortaya koymaktadır. Problemlerde eğitim durumuyla gözlemlenen etkileşimin, stimülasyon etkilerinin stimülasyon sırasında öğrenilen problemlere özgü olduğunu ve diğer problemlere genellenmediğini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, aritmetik süreçlerde anahtar bölge olan PPC üzerinden tES'in aritmetik öğrenmede başarıyı modüle ettiği bulunuyor. Katot tDCS öğrenmeyi bozmuş ve uyarılmadan 24 saat sonra bile aritmetik performans sürecine etki etmiştir.

M97 makalesinde; araştırmacılar yeni bir sayısal sistem geliştiriyorlar ve sağlıklı üniversite öğrencilerinden kendilerine atanan miktarı bilmeden keyfi sembollerin büyüklüğünü öğrenmeleri isteniyor.

Araştırmacılar bu yaklaşımla, erken okul yıllarında beceri edinimiyle ilişkili bilişsel mekanizmaları simüle ettiğini iddia ediyorlar. 6 gün boyunca, her öğrenme gününün başında, katılımcıların kafalarına zayıf bir akım (1 mA) uygulanıyor. Öğrenme aşamasının tamamlanmasının ardından, yeni öğrenilen rakamların otomatikliğini değerlendirmek için sayısal bir görev uygulanıyor.

Sonuçta bu çalışma, sembolik öğrenme sırasında farklı beyin alanlarına uygulanan tES'in sahte uyarımla karşılaştırıldığında eş zamanlı bilişsel güçlendirme ve bilişsel bozulmayı içeren farklı etkilere yol açabileceğini göstermektedir. Yani, DL-PFC'nin uyarılması, genel öğrenme oranı üzerindeki etkisinin, ancak öğrenilen materyal için daha fazla otomatikliği gösterdiği gibi, öğrenme bozukluğuna da yol açmaktadır.

Sonuç olarak, belirli bir bilişsel yeteneğin geliştirilmesinin başka bir yetenek pahasına gerçekleşebileceği açıkça gösterilmektedir. Bu durumu araştırmacılar, zihinsel maliyetin, farklı beyin alanlarının ilgili katılımını değiştiren tES'in neden olduğu metabolik tüketimin ve nöro-kimyasal modülasyonun değişmesinin bir sonucu olabileceği sonucuna ulaşmaktadırlar.

M100 makalesindeki; boylamsal çalışmada, fonksiyonel görüntüleme verilerinin 6 ila 16 yaşındaki katılımcılarda aritmetik sonuç tahminini iyileştirip iyileştiremeyeceğini test etmek için davranışsal ve beyin görüntüleme ölçümleri birleştirilmiştir. Görsel-uzamsal bir görev sırasındaki veriler 2 yıl sonra kontrol edilmiş ve katılımcı grubun 2 yıl sonundaki

aritmetik performanslarını incelemişlerdir. Bu performansların sonucunda, beyin sol IPS aktivitesiyle arasında bir ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Geniş bir yaş aralığından elde edilen sonuçlar, bazı davranışsal ve beyin ölçümlerinin, gelişim boyunca gelecekteki aritmetik performansın iyi öngörücüleri olduğunu gösterdiğini araştırmanın sonucu olarak sunmuşlardır.

M114 makalesindeki; çalışmada, aritmetik problem çözme sırasındaki nöro-gelişimsel değişiklikler 2. ve 3. sınıfları kapsayan bir yıllık aralıkta incelenmiştir. Araştırma grubuna çeşitli veri sağlamak açısından çok çeşitli sınıf, okul ve bölgelerden katılımcı sağlanmıştır. Katılımcı çeşitliliğine rağmen bir yıllık eğitimin bile beyin işlevi ve sinir ağ bağlantıları üzerinde çok büyük etkiler görüldüğü araştırmada belirtilmiştir. 2. ve 3. Sınıf düzeylerinde matematik problemi çözerken belli beyin aktivitesinin tutarlı olması araştırmanın önemli bulgularındandır.

Araştırmacılar bu anatomik örtüşmedeki sebebin, temel bilişsel kontrolün olgunlaşmasının birden çok bilişsel ve akademik alanda beceri gelişimini etkileyebileceği ortak bir mekanizma olduğunu iddia etmektedirler. Ayrıca bu tip araştırmalarda geniş bir yaş aralığındaki verileri bir araya getirerek yetişkin katılımcılarla olan verileri karşılaştırmada, akademik öğrenmenin dönemsel aşamalarındaki önemli gelişimsel değişikliklerin gözden kaçırılabilceği çalışmada belirtilmiştir.

Çalışmanın özelliği aritmetik becerileri gelişimini önemli bir zaman periyodu boyunca meydana gelen frontal-posteriör fonksiyonel bağlantıdaki önemli ve spesifik değişiklikleri vurgulayan ilk çalışma olmasıdır. Araştırmacılar eğitimsel sinir bilim çalışmaları için bölgesel incelemelerden ziyade sinir sistemsel ağlar üzerindeki bağlantılara vurgu yapılmasını önemsiyorlar. Akademik beceri ediniminin ve bu alanda ustalaşmayı birden fazla bilişsel sürecin entegrasyonunu gerektirdiğini, bunun sebebinin de gelişimle birlikte önemli değişikliklere uğrayan uzun menzilli bağlantıların kısıtlandığı uzak beyin alanlarının dinamik katılımına dayandığı belirtilmiştir.

M115 makalesindeki; disiplinler arası çalışmada, okul çocuklarının sayısal ve kelime problemleriyle uğraşırken nöral aktivasyonu araştırılmıştır. Bu beyin görüntüleme çalışması, 4. ve 8. sınıflardaki öğrencilerde aritmetiğin sinirsel ilişkilerini ve matematiksel yeterliliğin etkisini araştırmak için tasarlanmıştır.

Araştırmada beklendiği gibi, hata oranı her iki yaş grubunda da düşüktü, bu da görevlerin her iki grup içinde uygun olduğunu ve tüm öğrencilerin çoğunu doğru çözebildiklerini gösteriyordu. Bu sonuç araştırmacılar için şaşırtıcı değildi çünkü 4. ve 8. sınıf öğrencileri iki basamaklı toplama görevlerine aşina oldukları biliniyordu. Ancak, genç öğrencilerde ortalama hesaplama süresi yaklaşık iki kat daha uzundu. Bu sonucun, birkaç nedenden dolayı dikkate değer olduğu belirtilmiştir. Akıldan toplama işlemi araştırma grubunun içinde bulunduğu eğitim sisteminde genellikle 4. sınıftaki günlük sınıf etkinliklerinin bir parçası ancak 8. Sınıfta sınıf içi etkinliklerde bu tip işlemler öğrencilerden çoğunlukla beklenen bir davranış değildir. Öğrenciler 8. sınıfta elektronik hesap makinelerini kullanabilirler, bu nedenle zihinsel hesaplama ortaokulda küçük bir rol oynar. Dahası, yetişkinlerde aritmetik beceriler yaşla birlikte azalacağı görüşü araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

Araştırmada görev özellikleri, öğrencilerin performansını farklı şekilde etkilemiştir. Sayısal problemler kelime problemlerine göre daha hızlı çözülürken, bu fark 8. sınıf öğrencileri için daha küçük olmaktadır. Bu bulgu sadece ileri düzey okuma becerileri açısından değil, aynı zamanda kelime problemleriyle baş etme konusundaki ileri düzey deneyim açısından da yorumlanmıştır. Daha yüksek kavramsal bilgi, yaşça daha büyük öğrencilerin uygun stratejileri daha hızlı seçmelerine izin verebilmiş ve daha yüksek prosedür bilgisi, daha ayrıntılı ve daha hızlı bir strateji performansını açıklayabilmiştir.

Sonuç olarak araştırmanın bulgusu, karmaşık zihinsel aritmetiğin ilkokuldan ortaokula doğru gelişebilirken, bu süreçlerde her iki yaş grubunda da paryetal kortekse dayanıyor gibi görünmektedir.

M13 kodlu makalede araştırmacılar matematiksel beceri kazanmanın diğer alanlardaki yeteneklerle de paralellik gösterdiğine vurgu yapmaktadır. Araştırmaya göre öğrenmede kullanılan sesbiliminin ve dilin sadeliğinin matematik kazanımlarını tahmin etmedeki rolüne dikkat çekilmektedir. M58 makalesindeki çalışmanın öğrencilerde aritmetiksel işlemlerin fonolojik işlemeye dayanan tarafında da geri çağırma hızlarının arttığı görülmüştür. Aksi bir örnek olarak sunulan çalışma olan M97 çalışmasında yeni bir bilişsel yetenek kazandırılmaya çalışılmış ve istenende de başarılı olunmuştur. Buna karşın katılımcılar yeni bilişsel yetenekleri kazanırken eski yeteneklerindeki otomatiklik seviyelerinde bir azalma görülmüş ve bu durum öğrenme bozukluğu olarak belirtilmiştir. Bu duruma araştırmacılar zihinsel maliyet adını vermiş ve belirli bir bilişsel yeteneğin geliştirilmesinin başka yeteneklerini kaybetme pahasına gerçekleşeceği yönünde görüş

bildirmişlerdir. M114 makalesindeki çalışmada ise araştırmacılar belli beyin bölgeleri üzerinde durmak yerine sinir iletimsel bağlantılara odaklanmışlardır. Akademik beceri ediniminin birden farklı bilişsel sürecin ortaklaşa gerçekleşmesiyle mümkün olduğunu söylemişlerdir. Akademik gelişimi ve farklı alanlarda ustalaşmayı birbirinden uzak beyin bölgelerinin dinamik katılımıyla gerçekleştireceğini belirtmişlerdir.

Bu temanın içerisinde incelenen makalelerde matematiksel beceri kazanmanın alternatif yöntemleri denenmiş ve bazı sonuçlara ulaşılmıştır. M75 makalesinde katılımcıların, beyninin belli bölgelerine özel cihazlarla küçük elektrik akımları gönderilmiş ve bu bölgelerin öğrenme esnasında uyarımı sağlanmıştır. Çalışmadan beklenen uyarım sırasındaki öğretimin kalıcılığını belirlemektir. Buna karşın çarpma işleminde anlamlı bir kazanım yakalanamazken çıkarma problemlerinde katılımcıların çözüm oranlarında bir iyileşme söz konusu olmuştur. Araştırmacılar bu durumu öğrenmeyi evrensel olarak geliştiremeyeceğini literatüründe bu yönde olduğunu ifade etmişlerdir.

M100, M114 ve M115 makalelerindeki çalışmalar boylamsaldır. Bu çalışmaya katılan katılımcıların belli bir süre sonraki matematiksel becerileri hakkında önceki verilerinden yola çıkarak karşılaştırma yapılmıştır. Beyinlerinin belli bölgelerinin aktiviteleri fazla olan katılımcıların çalışma sonucundan beklenildiği gibi ileriki zamanlarda da matematiksel performansları daha yüksek çıkmıştır.

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde incelenen makalelerin bulgular doğrultusunda tartışması, sonuçları ve önerileri yer almaktadır. Bulgular doğrultusundaki veriler; yıllar ve ülkeler, örneklem grubu ve örneklem büyüklüğü ve belirlenen temalar kategorilerinde incelenecektir. Tartışma, sonuç ve öneri kısımları da araştırmanın alt problemlerine uygun sırada yapılmıştır.

5.1. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında, sinirbilim ve matematik eğitimi alanında yapılan ulusal ve uluslararası düzeydeki çalışmalar belirlenen kriterler doğrultusunda incelenmiş olup, literatürde kabul gören prosedürler çerçevesinde bir sistematik derleme çalışması oluşturulmuştur. Araştırma bulguları içerik ve betimsel olarak analiz edilmiş, çalışmalardan eleme kriterleri çerçevesine dâhil edilebilenler arasından konu ile alakalı olanlarla bir durum tespiti sunulmuştur (Yıldırım ve Şimşek, 2018).

Elde edilen bulgular iki başlıkta incelenmiştir. Bulgular kısmının ilk aşamasında belirlenen çalışmaların betimsel analizine yer verilmiştir. Çalışmaların betimsel analizi sunulurken; çalışmaların ortak özellikleri göz önünde bulundurularak alt sorular oluşturulmuştur. Ayrıca betimsel analizdeki bulgular, araştırma sunulurken, çeşitli grafik tablo vs. gibi görsellerle zenginleştirilmiştir (Yıldırım, 2010).

Seçilen makalelerin yıllarına göre dağılımına bakıldığında 5 makaleyle %20,8 oranla en fazla veri grubu 2019 yılına aittir. Ardından veri grubu 4 makaleyle %16,7 oranla 2011 yılından seçilmiştir (Şekil 8). 2012 ve 2013 yıllarında bir düşüş söz konusu olduysa da 2016 yılından itibaren seçilen araştırmalarda bir artış olmuştur. Bu bize araştırmanın güncel veriler ışığında yapıldığını söyleyebilir (Koçak ve Arun, 2006).

Makalelerin yayımlandıkları ülkelere bakıldığında en fazla araştırma Amerika Birleşik Devletleri'nden elde edilmiştir. Bulgular kısmında da bahsedildiği üzere Amerika ve Almanya'dan sonra Çin ve Türkiye'den iki makale araştırmaya dâhil edilmiştir (Şekil 9). Alanda yapılan çalışmalar bize genç nüfusu fazla ve eğitim çağında olan ülkelerin bu alana ilgisinin olduğunu gösterir. Ayrıca eğitsel sinirbilim, artan eğitim ihtiyacına çözüm aşamasında katkı sağlayabilecek yordamlarla hem sinirbilim hem de eğitim alanlarına katkı sağlamaktadır.

Veri grubu seçiminde göz önünde bulundurulmuş ve eleme kriterlerinden de olan anahtar kelimelerin yoğunluğu MAXQDA 2020 programıyla görsel olarak bulgular kısmında

sunulmuştur (Şekil 10). Seçilen makalelerde 184 farklı sözcüğe rastlanmış ve frekansı 3 ve üzeri olanlar incelemeye dâhil edilmiştir. Bu alanda 12 farklı sözcük kendine bu başlıkta yer bulmuş ve bunların içinden de “*arithmetic*”, “*mathematics*”, “*fMRI*” ve “*education*” kelimeleri yüzde olarak en fazla olarak görülmüştür (Şekil 11). Ayrıca “*education*” ve “*mathematical*” kelimeleri yüzde olarak aynı olmasına karşın “*mathematics*” ve “*mathematical*” kelimeleri anlamca birbirine yakın sayılabilir.

Makalelerin örneklem büyüklüğüne göre incelendiğinde ise 24 makalenin 1 tanesi nitel desenli olduğundan (araştırmaya dâhil edilen örneklem yoktur) tablolştırma işlemi bu makalenin dışındakiler dikkate alınarak sunulmuştur (Tablo 7). Çalışmaların evreninde olan fakat çalışmaları tamamlayamayan katılımcılar örneklem büyüklüklerine dâhil edilmemişlerdir (Baltacı, 2018). En büyük örnekleme sahip çalışma 246 örnekleme sahipken, en küçük örneklemlili çalışma 8 örnekleme sahiptir. Veri örneklemelerinin ranjı 238 olarak hesaplanmış ve örneklem büyüklüğüne göre 3 gruba ayrılmıştır. Küçük örneklem grubu olarak 8 ile 87 örnekleme sahip, orta örneklem grubu olarak 88 ile 167 örnekleme sahip ve büyük örnekleme grubu olarak da 168 ile 246 örneklem büyüklüğüne sahip makaleler gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmaya göre küçük ölçekli örneklem grubuna 17, orta ölçekli örneklem grubuna 5 ve büyük ölçekli örneklem grubuna ise 1 makale girmiştir (Şekil12).

Makalelerde seçilen örneklemelerin yaş grupları, özel olarak belli bir yaştaki katılımcılarla gerçekleştirilmemiş, belli yaş aralığındaki katılımcılardan bir örnekleme gidilmiştir. Bulgular kısmında makalelerdeki örneklemelerin incelenen yaş grupları ayrıntılı bir tablo şeklinde sunulmuştur. Makalelerin yöntem kısmından elde edilen verilere dayanılarak oluşturulan tabloda (Tablo 8) incelenen yaş aralığı ve bu verilerden yola çıkılarak belirlenen ortalama yaşlar verilmiştir. Buna göre katılımcı örneklemine sahip 23 makalede en küçük yaş grubu olarak 8 yaş, en büyük yaş grubu olarak ise ortalama 29 yaşındaki katılımcılardan oluşan araştırmalar desenlenmiştir. Veri seti içerisinde yöntem kısımlarında katılımcıların yaş grupları verilirken, bazı çalışmalarda direkt katılımcı yaş aralıkları ve yaşa göre dâhil edilen kişi sayısı, bazı çalışmalarda ise direkt ortalama katılımcı yaşı verilmiştir. Makalelerdeki örneklem büyüklüğü göz önünde alınmadan yapılan incelemede ortalama 22 ve 12 yaş grubuyla daha fazla çalışma yapıldığı görülmüştür (Şekil 13). Daha anlamlı bir sonuç olması açısından örneklem büyüklüğüyle birlikte örneklem yaşları incelendiğinde, en büyük örnekleme sahip çalışmada 6-16 yaş aralığındaki katılımcılarla çalışılmıştır. Yaş grubu açıklığının çok fazla olması çalışmanın katılımcı yaş ortalaması belirlenmesini güçleştirmiştir (Huberman ve Miles, 1994).

Araştırmalara dâhil edilen katılımcıların eğitim düzeylerine bakıldığında ise kategorilendirmede Türkiye Milli Eğitim Bakanlığı'nın belirlediği yaş aralıklarına uygun eğitim düzeyleri dikkate alınmıştır. Bu durumda bir önceki paragrafta da bahsedildiği üzere bazı çalışmaların yaş grubu aralığının geniş olması bu aşamayı güçleştirmiştir. Boylamsal yapılan çalışmalar Tablo 10'da ayrıntılı belirtilmiştir. Bir araştırmada, katılımcı grubu olarak eğitim düzeylerinden bahsetmek yerine uzmanlar (matematikçi ve matematik öğretmenleri) ve uzman olmayan grup olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde başka bir çalışmada da atipik popülasyonlardan söz edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise matematik yeterliliği olan grup olarak katılımcılar belirtilmiştir. Diğer incelenen çalışmalarda eğitim düzeyine göre kategorilendirme yapılmıştır (Şekil 14). Bu tip çalışmaların lise grubu öğrencileri üzerinde eksik kaldığı ve literatüre katkı sağlaması açısından bu yöndeki araştırmaların soyut işlemler dönemi üzerinde de etkilerinin incelenmesi yeni eğitim modellerinin geliştirilmesi açısından önemlidir.

Çalışmaya dâhil edilen makalelerin desenleri incelendiğinde 24 makalenin; 21 tanesi nicel, 2 tanesi karma ve 1 tanesi nitel desenli olduğu belirlenmiştir. Nicel desenli çalışmaların deneysel ve tarama olarak modellendiği görülmüştür (Bedir Erişti, Kuzu, Kabakçı Yurdakul, Akbulut ve Kurt, 2013). Bir çalışmada hem tarama hem de deneysel model kullanmıştır. 21 nicel makalenin 17 tanesi deneysel çalışma olup 3 tanesi tarama modelidir (Tablo 10).

Araştırmanın içerik analizi ise bulgular kısmında da belirtildiği üzere 3 ana tema üzerinde oluşturulmuştur.

Çalışmalardan elde edilen bulgular, belirlenen temalar özelinde incelenmiş ve her temaya dâhil edilen makaleler kendi içinde tekrar okumaya tabii tutulmuştur. Bu temalara dâhil edilen makale sayıları birbirinden farklılık göstermiştir. Buna karşın tematik senteze yetecek kadar her başlıkta yeterince veri bulundurulmuştur. Bazı çalışmalar birden fazla temaya dâhil edilirken, bazı çalışmalar tek bir temayla sınırlanmıştır. Belirlenen temalar incelendiğinde araştırma iç tutarlılığının olduğu ve araştırmanın kendi içerisinde farklı alt başlıklarla ortak çıkarımlar elde etmeye uygun olduğu da görülebilir (Koçak ve Arun, 2006; Tavşancıl ve Aslan, 2001).

Çalışmada belirlenen ilk tema olan *“Sinirbilim Çalışmalarının Matematik Öğreniminin Bilişsel ve Duyuşsal Temellerinde İncelenmesi”*ndeki amaç sinirbilim ve matematik eğitimindeki disiplinleri, disiplinlerarası bir prensiple incelemek olmuştur. Bu bakış açısı ışığında araştırmanın kuramsal çerçeve kısmında literatürden destek alınarak sinirbilim ve matematik öğretiminin tanımlamaları yapılmıştır. Matematik öğretiminin

bilişsel ve duyuşsal temellerinden bahsetmedeki amaç, öğrenenin matematik öğreniminde sergilediği bilişsel ve duyuşsal süreçleridir. Tematik sentezlemeye bu aşamada 10 çalışma dâhil edilmiştir. Araştırmada başlığa dâhil edilen çalışmaların örneklem seçimi yaş aralığının geniş olması, öğrenenlerin boylamsal düzeyde matematiksel öğrenmeye verdikleri farklı bilişsel tepkileri sentezlemek açısından olumlu bir sonuç olduğu söylenebilir.

Bu temaya dâhil edilen çalışmaların Tablo 4’de görüldüğü üzere belirlenen ölçeklendirmeye göre küçük ve orta büyüklükteki örneklemle çalışıldığı belirlenmiştir. Buna karşın çalışmaların bazıları klinik çalışmalara göre örneklem büyüklüğü açısından yeterlidir (Kabakçı Yurdakul, 2013). Çalışmaların yaş grubu olarak geniş bir aralıkta olması belirlenen başlığa farklı yönlerden bakış geliştirmeye olanak sağlamıştır.

Çalışmalarda genel olarak, katılımcıların matematiksel beceri düzeylerini sergileme sırasında gösterdikleri bilişsel ve duyuşsal süreçleri ele alınmaktadır. Bu süreçlerde katılımcıların beyinlerinde gerçekleşen anlık fizyolojik bulgular yorumlanmıştır. Bu bulguların elde edilmesinde farklı beyin görüntüleme tekniklerinden faydalanılmıştır. Genel olarak araştırmalarda beyin görüntüleme, EEG ve fMRI cihazları kullanılmış ve bu cihazların verileri yorumlanmıştır. Makalelerde de ortak olarak bahsedilen; belli beyin bölgelerinin aktifleştigi, bu bölgelerin matematiksel işlem zorluğu arttıkça beyin bölgelerinde aktifliğin arttığıdır. Aktifliğin arttığı beyin bölgelerinin kişide başka durumlarda da arttığı, matematiksel kaygının fizyolojik acıyla eş tutulduğu belirtilmiştir. Belli bölgelerde ki aktiflik arttıkça kişinin kontrol mekanizmasının daha fazla devreye girdiği bunun sonucunda kişide kaygı durumunun arttığı söylenmektedir (Artemenko, Soltanlou, Ehliş, Nuerk ve Dresler, 2018; Demir-lira, Suárez-pellicioni, Binzak ve Booth, 2019; Jeong, 2015).

Çalışmada belirlenen ikinci tema olan “*Matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında var olan çalışmaların incelenmesi*”ndeki amaç çeviri ve orijinal dilindeki okumalarda karşımıza çıkan kavramları incelemek ve bu kavramların literatürdeki karşılıklarının araştırma çerçevesinde sentezine ulaşabilmektir. Matematiksel otomatiklik ve akıcılık kavramları birbirleriyle karıştırılabilen kavramlar olarak öngörülse de ikisi arasındaki farklara çalışmanın daha önceki bölümlerinde değinilmiştir. Çevirilerden kaynaklanan farklılıklar incelenen makalelerde dikkate alındığından dolayı bu iki kavram çalışmada farklı başlıklar olarak ele alınmıştır. Bunun için bu tanımlamalar araştırmanın kuramsal çerçeve kısmında verilmiştir.

Tablo 5’e göre temaya dâhil edilen çalışmaların 2 tanesi bir önceki başlıkta da incelenmiştir. Örneklem büyüklükleri belirlenen örneklem büyüklüğü ölçütüne (küçük, orta

ve büyük ölçek) göre 1 çalışma hariç diğerleri küçük örneklem grubundaki çalışmalardır. Temadaki çalışmalar 1 makale hariç deneysel desenle modellenmiş, diğer çalışma ise karma desenle modellenmiştir. Örneklemeler yaş grubuna göre geniş bir yelpazede çeşitlenmiştir. Bu durum farklı yaş gruplarında matematiksel otomatiklik, akıcılık ve geri getirme stratejileri bağlamında farklı yordamalara imkân vermiştir.

Çalışmalarda genel olarak bir önceki tema bulgularını destekler biçimde, matematiksel işlem sırasında bilişsel kontrol düzeyinin arttıkça matematiksel kaygısında bu sürece eşlik ettiği belirtilmiştir. Bunun yanında, bu aşamada incelenen araştırmalar bu sonuca ek olarak matematiksel kaygı düzeyinin artışının matematiksel işlemlere cevap verme reaksiyon sürelerinin arttırdığını, sürenin artmasının kişinin beyinde aktifleşen bölgelerinde ölçülebilen dalga boyunun arttığı sonucuna varılmıştır. Bu durum kişiyi bir kısır döngüye sokmakta ve matematiksel kaygı düzeyiyle matematiksel işlemlere verilen reaksiyon sürecinin eş güdümlü çalıştığı sonucuna ulaştırmaktadır (González-garrido ve diğerleri, 2018; Jeong, 2015; Norton, Seok ve Choi-koh, 2019).

Çalışmada belirlenen üçüncü ve son tema ise “*Sinirbilim ve matematik eğitimi çalışmalarını matematiksel beceri kazanma ve gelişimsel değişiklikler özelinde incelenmesi*”’dir. Bu temanın belirlenmesindeki amaç var olan araştırmaların matematik eğitiminin kişiye kazandırdığı veya kazandıracığı fizyolojik altyapılı değişikliklerin belirlenmesidir. Bu aşamada araştırmada temaya 7 çalışma dâhil edilmiş bunlardan 3 tanesi diğer temalarında veri grubunda yer almıştır.

Araştırmalarda genel olarak matematiksel beceri kazanmanın bireyde fizyolojik değişiklikler meydana getirdiği gözlemlenmiş ama bunların kalıcılığı ve genellenebilirliği konusunda şüphe uyandıracak bulgulara rastlanılmıştır (Rosenberg-lee, Barth ve Menon, 2011; Ruff, Hauser, Grabner ve Bruno, 2015; Su, Fuchs ve Booth, 2019). Çalışmalarda belli matematiksel işlemler özelinde kazanılan davranışlar başka matematiksel işlemlere evrilememiştir. Bu durum araştırmacılar arasında öğrenmenin ne düzeyde gerçekleştiği konusunda fikir ayrılığı yaşamalarına sebebiyet vermiştir. Bu bölümdeki araştırmalarda diğer temadaki araştırmalardan farklı olarak, matematik eğitimindeki gelişimsel değişikliklerde belli beyin bölgelerine odaklanmaktan ziyade, öğrenmeyi bütün beyin bölgelerinin aktifleştiği ve aralarında anlamsal bir bağ kurularak mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Farklı beyin bölgelerinin aktifleştirilmesi için öğrenene, öğrenme sürecinde farklı temsillerle uyarıcı gönderilmelidir (Jeong, 2015; Rosenberg-lee ve diğerleri, 2011). Bu da bize matematiksel temsiliyet çeşitliliğinin matematik öğretimindeki önemine ulaştırabilir.

5.2. Öneriler

Bilişsel Sinirbilim ve Matematik Eğitimi üzerine bundan sonra yapılacak derleme çalışmalarının bu çalışmanın üzerine katkı sağlayacağı ve alanın bu yönünün destekleneceği düşünülmektedir. Matematik eğitime farklı bir bakış kazandıracak bu çalışmaların, hem alana ilgi duyan kişilere farklı bakış açıları kazandıracak hem de bu alanda eğitim bilimleri literatürünü zenginleştirecektir. Ayrıca bu alanda yapılacak çalışmaların güncel olarak takip edilmesi, farklı uzmanlık alanlarındaki araştırmacıların işbirlikli çalışmalarına zemin hazırlayacaktır.

Ülkemizde bu alanda yapılan, özellikle deneysel desenle hazırlanmış çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu durum gerekli etik protokollerin uzun, yorucu ve maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır. Türkiye gibi zengin ve genetik olarak çok yönlü olan bir coğrafyadaki bu çalışmaların, uluslararası alanda güzel bir örneklem olması bakımından da önemlidir. Kişisel öğrenme farklılıklarının bu denli önem kazandığı çağımızda, öğrenme-öğretme metotlarının kişiselleştirilmesinde en önemli faktör bireyin fizyolojik temelini bilmek olabilir.

İncelenen çalışmaların eksikliği açısından bakıldığında, matematik eğitimcilerinin çalışmada önemli bir fonksiyonu bulunmamaktadır. Alana katkı yapan uluslararası yazımda bile matematiksel bilgi kazanımı süreçlerini sinirbilimciler, araştırmalarına özel hazırlanmış testlerden ziyade daha genel matematiksel işlem düzeyinde çalışmalarla tasarlamışlardır. O haldeyken bile elde ettikleri sonuçları yorumlama aşamasında eğitim bilimcisi bakış açısını çalışmalarına yeterince dâhil etmemişler, hatta bazı çalışmaların sonuçlarında eğitim bilimleri alanına önerilerde bulunmuşlardır. Bunun yanı sıra eğitsel sinirbilimin öne sürüldüğü günlerden beri sinirbilim çalışmalarındaki verilerin sınıf içi ders planlarına entegre edilemeyeceği yönünde görüşler vardır (Bruer, 1997). Belki de araştırmaların öğretim programı çerçevesinde elde edilen verilerle sağlanması, her iki alana da yeni çalışmalar için daha iyi yol gösterebilecektir.

Çalışmaların eleme/dâhil etme kriterlerinden olan öğrenme güçlükleri başlıkları, analiz aşamasına dâhil edilerek yeni temalarla özel eğitim alanında matematik eğitimcilerinin fikir edinimi sağlanabilir. Bu sebeple öğrenme ortamlarında matematik eğitimi güçleşen öğrencilerin belirlenmesi ve bu tip öğrencilerin matematik eğitiminden azami düzeyde faydalanması sağlanabilir.

İncelenen çalışmalara sadece üniversitenin anlaşmalı olduğu veri tabanları taranarak ulaşılmıştır. Açık ve tam metine ulaşılabilen daha geniş bir taramayla içerik analizi genişletilebilir ve ortak çalışmaların daha ayrıntılı sentezlenmesine imkân sağlayabilir.

Ayrıca İngilizce veya Türkçe dışında birçok farklı dilde de araştırmaya rastlanmış, çeviri zorluğu sebebiyle çalışmaya dâhil edilememiştir.

Araştırma konusuyla yapılan çalışmalar genellikle nicel çalışmalardır. Bu alanda daha fazla nitel çalışmaya ve bu çalışmaların sentezlenmesine ihtiyaç vardır. Ülkemizde bu alanda gerekli izinler alındıktan sonra bu tip çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKÇA

- Açıkgöz, K. Ü. ve Güngör, A. (2006). *İşbirlikli öğrenme yönteminin okuduğunu anlama stratejilerinin kullanımı ve okumaya yönelik tutum üzerindeki etkileri. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi* (C. 48).
- Açıkgöz, N. ve Madi, B. (1997). Öğrenme ile beyinde oluşan değişiklikler (plastisite). *M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 9, 29–36.
- Akıllıoğlu, K., Kocahan, S., Babar Melik, E. ve Melik, E. (2009). *Zengin çevrenin beyin fonksiyonlarındaki rolü. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi* (C. 18).
- Akpınar, B. (2011). Biliş ve üstbiliş (metabiliş) kavramlarının zihin felsefesi açısından analizi. *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6(4), 353–365.
- Alptekin, S. (2019). Matematik işlemlerinde akıcılığın geliştirilmesi: Dinleyerek işlem yapma uygulamaları. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 20(3), 629–649. doi:10.21565/oelegitimdergisi.504333
- Alptekin, S., Vural, M. ve Aksoy, Y. (2016). Matematik performansı düşük öğrencide toplama işlemi yapma akıcılığını artıtmaya yönelik örnek uygulama: Keşfet-Kopyala-Karşılaştır. *Ondokuz mayıs üniversitesi eğitim fakültesi dergisi*, (December), 105–117. doi:10.7822/omuefd.35.1.9
- Artemenko, C., Soltanlou, M., Ehlis, A. C., Nuerk, H. C. ve Dresler, T. (2018). The neural correlates of mental arithmetic in adolescents : a longitudinal fNIRS study. *Behavioral and Brain Functions*, 1–13. doi:10.1186/s12993-018-0137-8
- Ashcraft, M. H. ve Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224–237. doi:10.1037/0096-3445.130.2.224
- Aubele, T., Freeman, D., Hausner, L. ve Reynolds, S. (2011). *Train your brain to get rich*. Adams Media Corporation.
- Baltacı, A. (2018). Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. *Bitlis eren üniversitesi sosyal bilimler dergisi*, 7(1),

231–271.

Baştuğ, M. (2012). *İlköğretim 1. kademe öğrencilerinin akıcı okuma becerilerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. Gazi üniversitesi.

Bedir Erişti, D. D. S. D., Kuzu, D. D. A., Kabakçı Yurdakul, Y. D. D. I., Akbulut, D. D. Y. ve Kurt, Y. D. D. A. A. (2013). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. (Y. D. D. A. A. KURT, Ed.). Eskişehir: T.C. Anadolu üniversitesi yayını.

Bruer, J. T. (1997). Education and the Brain: A Bridge Too Far. *Educational Researcher*, 26(8), 4–16. doi:10.3102/0013189X026008004

Bruning, R. H., Schraw, G. J. ve Norby, M. M. (2014). *Bilişsel psikoloji ve öğretim*. (Z. N. Ersözlü ve R. Ülker, Ed.) (5. bs.). Ankara: Nobel Yayıncılık.

Burcu, E. (1998). Evrimci teorinin sosyolojik düşünce üzerindeki etkileri ve sosyobioloji. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 175–186.

Cacioppo, J. T. ve Freberg, L. (2017). *Discovering psychology: The science of mind*. Cengage (1. bs.). Cengage Learning.

Çakıroğlu, A. ve Kuruyur, H. G. (2016). Öğrenme ve öğretim kavramlarının değişimi ve sonuçları davranış değiştirme mi, beceri öğretimi mi? *Journal of Turkish Studies*, 11(3), 679–688. doi:10.7827/TurkishStudies.9497

Carey, S. (2001). Cognitive foundations of arithmetic: Evolution and ontogenesis. *Mind and Language*, 16(1), 37–55. doi:10.1111/1468-0017.00155

Cemiloğlu, M. ve Ogur, E. (2016). Okuma öğretiminde biliş ve üst-biliş stratejileri. *Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 46–53.

Cüceloğlu, D. (2006). *İnsan ve davranış* (15. bs.). İstanbul: Remzi Kitabevi.

De Smedt, B., Ansari, D., Grabner, R. H., Hannula-Sormunen, M., Schneider, M. ve Verschaffel, L. (2011). Cognitive neuroscience meets mathematics education: It takes two to Tango. *Educational Research Review*, 6(3), 232–237. doi:10.1016/j.edurev.2011.10.003

Demir-lira, Ö. E., Suárez-pellicioni, M., Binzak, J. V ve Booth, J. R. (2019). Attitudes toward math are differentially related to the neural basis of multiplication depending on

math skill. doi:10.1177/0731948719846608

Doidge, N. (2019). *Kendini değiştiren beyin: Beyin biliminin sınırlarından kişisel başarı öyküleri*. (R. N. Ercan, Ed.) (1. bs.). İstanbul: Pegasus Yayınları.

Dunlosky, J. ve Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. Sage publication. 13 Temmuz 2021 tarihinde

https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=AyNzAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dunlosky+ve+Metcalfe,+2009&ots=78OdPHp_-

[R&sig=l68YroynYPrN0kV6UI23ZMafXgQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Dunlosky ve Metcalfe%2C 2009&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=AyNzAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dunlosky+ve+Metcalfe,+2009&ots=78OdPHp_-) adresinden erişildi.

Feigenson, L., Dehaene, S. ve Spelke, E. (2004, 1 Temmuz). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*. Elsevier Current Trends. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Fischer, K. W., Goswami, U. ve Geake, J. (2010). The future of educational psychology. *The Future of Educational Psychology*, 4(2), 68–80. doi:10.4324/9781315201016

Freberg, L. (2018). *Discovering behavioral neuroscience: An introduction to biological psychology*. Cengage. 10 Temmuz 2021 tarihinde

https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=HhBEDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=discovering+biological+psychology&ots=82_xKZbO_5&sig=1N6t3UUZDK6w

[RguJtbHqNWw497w&redir_esc=y#v=onepage&q=discovering biological psychology&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=HhBEDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=discovering+biological+psychology&ots=82_xKZbO_5&sig=1N6t3UUZDK6w) adresinden erişildi.

Fuster, J. M., Bauer, R. H. ve Jervey, J. P. (1985). Functional interactions between inferotemporal and prefrontal cortex in a cognitive task. *Brain Research*, 330(2), 299–307. doi:10.1016/0006-8993(85)90689-4

Garner, R. ve Alexander, P. A. (1989). Metacognition: Answered and unanswered questions. *Educational Psychologist*, 24(2), 143–158. doi:10.1207/s15326985ep2402_2

González-garrido, A. A., Gómez-velázquez, F. R., Salido-ruiz, R. A., Espinoza-valdez, A., Vélez-pérez, H., Romo-vazquez, R., ... Berumen, G. (2018). Brain and cognition the analysis of EEG coherence reflects middle childhood differences in mathematical achievement, *124*(May), 57–63. doi:10.1016/j.bandc.2018.04.006

Green, B. N., Johnson, C. D. ve Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *JOURNAL OF CHIROPRACTIC*

MEDICINE, 101–117. doi:10.1016/S0899-3467(07)60142-6

Guba, E. G. ve Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. SAGE Publications, Ltd.

Harris, J. M., Ciorciari, J. ve Gountas, J. (2018). Public health social media communications and consumer neuroscience. *Cogent Psychology*, 5(1). doi:10.1080/23311908.2018.1434058

Hatipoğlu, E. (1974). UNESCO Türkiye Millî Komisyonu. 11 Temmuz 2021 tarihinde <https://www.unesco.org.tr/Pages/504/194/> adresinden erişildi.

Heubner, L., Cipora, K., Soltanlou, M., Schlenker, M.-L., Lipowska, K., Göbel, S. M., ... Nuerk, H.-C. (2018). A Mental Odd-Even Continuum Account: Some Numbers May Be “More Odd” Than Others and Some Numbers May Be “More Even” Than Others. *Frontiers in Psychology*, 9. doi:10.3389/fpsyg.2018.01081

Huberman, A. M. ve Miles, M. B. (1994). Data management and analysis methods. N. K. Denzin ve Y. S. Lincoln (Ed.), *Handbook of qualitative research* içinde (ss. 428–444). Sage Publication.

Izard, V., Pica, P., Spelke, E. S. ve Dehaene, S. (2008). Exact equality and successor function: Two key concepts on the path towards understanding exact numbers. *Philosophical Psychology*, 21(4), 491–505. doi:10.1080/09515080802285354

Jeong, E. (2015). Brain activity related with mathematics anxiety, 19(2), 117–139.

Kabakçı Yurdakul, I. (2013). *Evren ve Örneklem. Bilimsel Araştırma Yöntemleri*.

Kanık Uysal, P. (2021). Akıcı okuma, okuduğunu anlama ve kelime hazinesinin geliştirilmesinde kullanılan bir yöntem: Okuma tiyatrosu. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 9(1), 76–93. doi:10.16916/aded.817654

Karaçam, Z. (2013). Sistemetik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlık için bir rehber. *Dokuz eylül üniversitesi hemşirelik fakültesi elektronik dergisi*, 6(1), 26–33.

Karagiannakis, G., Baccaglini-Frank, A. ve Papadatos, Y. (2014). Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. doi:10.3389/fnhum.2014.00057

- Karakelle, S. ve Saraç, S. (2010). Üst biliş hakkında bir gözden geçirme: üstbiliş çalışmaları mı yoksa üst bilişsel yaklaşım mı? *Türk psikoloji yazıları*, 13(26), 45–60.
- Keleş, E. ve Çepni, S. (2006). Beyin ve Öğrenme. *Journal of Turkish Science Education*, 3(2), 2006.
- Koçak, A. ve Arun, Ö. (2006). İçerik analizi çalışmalarında örneklem sorunu. *Selçuk iletişim*, 4(3), 21–28.
- Koch, L. (2017). *Evaluation of the Capacity and Network Project CANP 1-5 of the International Commission on Mathematical Instruction*.
- Komisyon. (2020). *Matematik dersi öğretmen rehber kitapçığı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Korkmaz, Ö. ve Mahiroğlu, A. (2007). Beyin, bellek ve öğrenme. *Kastamonu Education Journal*, 15(1), 93–104.
- Köroğlu, S. A. (2015). Literatür taraması üzerine notlar ve bir tarama tekniği. *GiDB dergi*, (1), 61–69.
- Koyuncu, B. (2017). Eğitimsel sinirbilim (Neuroeducation): Eğitimciler neden sinirbilim verilerinden yararlanmalıdır? *Türk Akademik Yayınlar Dergisi*, 1(1), 22–34.
- Kozan, O. (2010). Beyin Ve Dil: Araştırmaların 150 Yılı. *Dil Dergisi*, (147), 22–39.
- LaBerge, D. ve Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in reading. *Cognitive Psychology*, 6(2), 293–323. doi:10.1016/0010-0285(74)90015-2
- Looi, C. Y., Thompson, J., Krause, B. ve Cohen Kadosh, R. (2016). The neuroscience of mathematical cognition and learning. *OECD Education Working Papers*, (136), 68.
- Marvasti, A. (2004). *Qualitative Research in Sociology*. 1 Oliver's Yard, 55 City Road, London England EC1Y 1SP United Kingdom: SAGE Publications, Ltd. doi:10.4135/9781849209700
- Mastropieri, M. A. ve Scruggs, T. E. (1998). Enhancing school success with mnemonic strategies. *Intervention in School and Clinic*, 33(4), 201–208. doi:10.1177/105345129803300402
- MEB. (2018). *Matematik dersi öğretim programı*. Ankara: MEB Yayınları.

- MEB. (2020). *TIMSS 2019 Türkiye Ön Raporu* (C. 15).
- Merzenich, M. M., Van Vleet, T. M. ve Nahum, M. (2014, 27 Haziran). Brain plasticity-based therapeutics. *Frontiers in Human Neuroscience*. Frontiers Media S. A. doi:10.3389/fnhum.2014.00385
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). MEB Vizyon 2023 Belgesi, 140.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. ve Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Journal of clinical epidemiology*, 62(10), 1006–1012. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.005
- Mutlu, Y. ve Akgün, L. (2017). Matematik öğrenme güçlüğü ve eğitsel nörobilim. *Eğitim bilimlerinde yenilikler ve nitelik arayışı*, (July), 1133–1146. doi:10.14527/9786053183563b2.068
- Norton, A., Seok, Y. ve Choi-koh, S. (2019). Examining mathematics anxiety of undergraduates using a brain-based measurement , EEG, 195–209. doi:10.4236/jbbs.2019.95017
- Onan, Y. D. D. B. (2010). Beynin bilişsel işlevleri üzerine yapılan araştırmalar ve ana dili eğitimine yansımaları. *ürklük Bilimi Araştırmaları (2010)*: 521-561, 80(27), 521–561.
- Perkins, D. (1999). The many faces of constructivism. *Educational Leadership*, 57(3), 6–11.
- Posner, M. I., Bourke, P. ve Neisser, U. (1992). Cognitive Psychology. *The American Journal of Psychology*, 105(4), 621. doi:10.2307/1422917
- Rose, S. (2008). *21. yüzyılda beyin*. (L. C. Yılmaz, Ed.)*Evrensel basım yayın* (1. bs.). İstanbul.
- Rosenberg-lee, M., Barth, M. ve Menon, V. (2011). What difference does a year of schooling make ? Maturation of brain response and connectivity between 2nd and 3rd grades during arithmetic problem solving. *NeuroImage*, 57(3), 796–808. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.05.013
- Ruff, C. C., Hauser, T. U., Grabner, R. H. ve Bruno, R. (2015). Transcranial direct current stimulation of the posterior parietal cortex modulates arithmetic learning, 42(May), 1667–1674. doi:10.1111/ejn.12947

- Schunk, D. H. ve Pajares, F. (2009). Self-efficacy theory. K. R. Wentzel ve D. B. Miele (Ed.), *Handbook of motivation at school* içinde (ss. 35–54).
- Skinner, C. H., Fletcher, P. A. ve Henington, C. (1996). Increasing learning rates by increasing student response rates: A summary of research. *School Psychology Quarterly*, 11(4), 313–325. doi:10.1037/h0088937
- Spelke, E. S. ve Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, 10(1), 89–96. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x
- Su, M., Fuchs, L. ve Booth, J. R. (2019). Developmental cognitive neuroscience temporo-frontal activation during phonological processing predicts gains in arithmetic facts in young children, 40. doi:10.1016/j.dcn.2019.100735
- Tavşancıl, E. ve Aslan, A. E. (2001). *Sözel, yazılı ve diğer materyaller için içerik analizi ve uygulama örnekleri*. Epsilon.
- Tweney, R. D. ve Budzynski, C. A. (2000). The scientific status of American psychology in 1900. *American Psychologist*, 55(9), 1014–1017. doi:10.1037/0003-066X.55.9.1014
- Ward, J. (2006). The student's guide to cognitive neuroscience. NY: *Psychology Press*. New York. 22 Haziran 2021 tarihinde <https://psycnet.apa.org/record/2015-11605-000> adresinden erişildi.
- Wolfe, P. (2007). Brain research and education: Fad or foundation? <https://commons.emich.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com.tr/&httpsredir=1&article=1001&context=loexconf2007> adresinden erişildi.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11. bs.). Ankara: Pegem akademi yayınları.
- Yıldırım, K. (2010). Nitel araştırmalarda niteliği artırma. *İlköğretim online*, 9(1), 79–92.
- Young, C. ve Rasinski, T. (2009). Implementing readers theatre as an approach to classroom fluency instruction. *The Reading Teacher*, 63(1), 4–13. doi:10.1598/rt.63.1.1

EKLER

EK 1. Araştırmada İncelenen Çalışmalar

Makale numarası	Yayınlanma yılı	Makale adı	Yazar/ları	Anahtar kelimeler
8	2019	Examining Mathematics Anxiety of Undergraduates Using a Brain-Based Measurement, EEG	Anderson Norton, Youngmin Seok, Sangsook Choi-Koh	Algebra, Electroencephalography, Event-Related Potentials, Function, Mathematics Anxiety, Neuroimaging, Undergraduate
10	2019	Attitudes Toward Math Are Differentially Related to the Neural Basis of Multiplication Depending on Math Skill	Ö. Ece Demir-Lira, Macarena Suárez-Pellicioni, John V. Binzak James R. Booth	math attitudes, fMRI, arithmetic, mathematics, math skill, multiplication
11	2019	Mathematical expertise modulates the architecture of dorsal and cortico-thalamic white matter tracts	Hyeon-Ae Jeon , Ulrike Kuhl & Angela D. Friederici	
12	2019	Oscillatory EEG Changes During Arithmetic Learning in Children	Mojtaba Soltanlou, Christina Artemenko, Thomas Dresler, Andreas J. Fallgatter, Hans-Christoph Nuerk & Ann-Christine Ehlis	
13	2019	Temporo-frontal activation during phonological processing predicts gains in arithmetic facts in young children	Macarena Suarez-Pellicioni , Lynn Fuchs , James R. Booth	Phonological Arithmetic Math fMRI Longitudinal Children

25	2018	The analysis of EEG coherence reflects middle childhood differences in mathematical achievement	Andrés A. González-Garridoa, Fabiola R. Gómez-Velázquez, Ricardo A. Salido-Ruizc, Aurora Espinoza-Valdezc, Hugo Vélez-Pérezc, Rebeca Romo-Vazquezc, Geisa B. Gallardo-Morenoa, Vanessa D. Ruiz-Stovela, Alicia Martínez-Ramosd, Gustavo Berumena	Numerical cognition Math achievement Magnitude representation EEG Coherence Children Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), Adolescents, Mental arithmetic, Arithmetic complexity, Longitudinal development, Natural setting Functional magnetism resonance imaging Mathematical problem solving Mathematical processing Semantic system Beyin baskınlığı, bütünsel beyin yaklaşımı, fen eğitimi, matematik eğitimi öğretmen eğitimi EEG; fMRI; mathematically gifted children/adolescents; neurocognitive mechanism Brain, EEG, Equal Sign, Arithmetic Operations, Teacher Candidates Academic Arithmetic Diffusion tensor imaging (DTI) Learning Plasticity Superior longitudinal fasciculus
26	2018	The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: a longitudinal fNIRS study	Christina Artemenko ^{1,2*} , Mojtaba Soltanlou ^{2,3,4} , Ann-Christine Ehli ^{1,5} , Hans-Christoph Nuerk ^{1,2,4†} and Thomas Dresler ^{1,5†}	
27	2018	The semantic system is involved in mathematical problem solving	Xinlin Zhou, Mengyi Li, Leinian Li, Yiyun Zhang d, Jiaxin Cui, Jie Liu, Chuansheng Chen	
31	2017	Fen ve Matematik Eğitiminde Baskın Kullanılmayan Beyin Bölgelerinin Değerlendirilmesi	Şirin İLKÖRÜCÜ Çiğdem ARSLAN,	
38	2017	Neurocognitive mechanisms of mathematical giftedness: A literature review	Li Zhang, John Q. Gan & Haixian Wang	
41	2017	The Perspectives of Primary Mathematics Teacher Candidates about Equal Sign: The EEG Case	Ülkü Ayvaz, Hakan Yaman, Nazan Mersin, Yasemin Yilmaz, Soner Durmuş	
58	2016	Plasticity of left perisylvian white-matter tracts is associated with individual differences in math learning	Dietsje Jolles, Demian Wassermann, Ritika Chokhani, Jennifer Richardson, Caitlin Tenison, Roland Bammer, Lynn Fuchs, Kaustubh Supekar, Vinod Menon	

66	2015	Brain Activity Related with Mathematics Anxiety	SHIN, In Sun YUN, Eun Jeong	mathematics anxiety, EEG, delta wave, brain connectivity, working memory arithmetic, human, mathematics learning, posterior parietal cortex, transcranial direct current stimulation
75	2015	Transcranial direct current stimulation of the posterior parietal cortex modulates arithmetic learning	Roland H. Grabner, Bruno Reutsche, Christian C. Ruff and Tobias U. Hauser	
81	2014	Involvement of inhibitory control mechanisms in overcoming intuitive interference	Reuven Babai, Nahed Younis and Ruth Stavy	brain, cognitive neuroscience, education, fNIRS, functional Near-Infrared Spectroscopy, information processing, mathematical fluency, mathematics, mathematics education, mental calculations, mind, long-term memory, short-term memory, optical topography
86	2014	Optical Topography of Evoked Brain Activity during Mental Tasks Involving Whole Number Operations	Enrique Ortiz	
97	2013	The Mental Cost of Cognitive Enhancement	Teresa Iuculano and Roi Cohen Kadosh	
100	2012	Brain Activity during a Visuospatial Working Memory Task Predicts Arithmetical Performance 2 Years Later	Iroise Dumontheil and Torkel Klingberg	
106	2011	Brain correlates of mathematical competence in processing mathematical representations	Roland H. Grabner, Gernot Reishofer, Karl Koschutnig, and Franz Ebner	angular gyrus, mathematical competence, fMRI, arithmetic, fact retrieval, symbol-referent mapping

109	2011	Effects of problem size and arithmetic operation on brain activation during calculation in children with varying levels of arithmetical fluency	Bert De Smedt, Ian D. Holloway, Daniel Ansari	Problem size effect Arithmetic fluency Intraparietal sulcus Hippocampus Fact retrieval Procedural strategies
113	2011	Typical Development of Quantity Comparison in School-Aged Children	Danilka Castro Cañizares, Nancy Estévez Pérez, and Otmara Pérez Marrero	
114	2011	What difference does a year of schooling make? Maturation of brain response and connectivity between 2nd and 3rd grades during arithmetic problem solving	Miriam Rosenberg-Lee, Maria Barth , Vinod Menon	
115	2010	Bringing brain imaging to the school to assess arithmetic problem solving: chances and limitations in combining educational and neuroscientific research	Andreas Obersteiner, Thomas Dresler, Kristina Reiss, A. Carina M. Vogel, Reinhard Pekrun, Andreas J. Fallgatter	
118	2010	Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function	Michael O. J. Thomas, Anna J. Wilson, Michael C. Corballis, Vanessa K. Lim, Caroline Yoon	

EK 2. Öğrencinin Akademik Özgeçmişi

ÖĞRENCİNİN AKADEMİK ÖZGEÇMİŞİ

Kişisel Bilgiler			
Adı ve Soyadı	Efe OKYAY		
E-postası/Web Sayfası			
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Uzmanlık Alanı			
Öğrenim Bilgileri			
	Üniversite	Bölüm	Yıl
Lisans	9 Eylül Üniversitesi	Matematik Öğretmenliği	2010 - 2015
Tez Başlığı	Bilişsel Sinirbilim Ve Matematik Eğitimi Üzerine Bir Sistematik Derleme Çalışması		
Tez Danışmanı	Prof. Dr. Esra BUKOVA GÜZEL		
Akademik Eserler			
(Makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, poster, sergi, konser vb. eserlerden kaynakça yazım kurallarına göre en fazla 10 eser yazılmalıdır.) Tezden üretilen yayınlar * ile işaretlenmelidir.			
Alanıyla İlgili Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler			
Alanıyla İlgili Aldığı Ödüller			

