



**OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞU TARAMASINDA GÖZ İZLEME
VERİLERİNİN DİLSEL ÖZETLEMESİ**

Demet ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Demet ÖZTÜRK

27/12/2023

OTİZM SPEKTRUM BOZUKLUĞU TARAMASINDA GÖZ İZLEME VERİLERİNİN DİLSEL ÖZETLEMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Demet ÖZTÜRK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2023

ÖZET

Otizm spektrum bozukluğu (OSB), bir çocuğun sosyal iletişim gelişimini etkileyen karmaşık nörolojik bir durum olarak tanımlanır. OSB'nin erken teşhisi, zor ve uzun değerlendirme süreci gerektirmektedir. Erken yaştaki çocuklarda OSB'yi değerlendirmek için birçok farklı veri analizi tekniği kullanılmıştır. Yapılan araştırmalarda göz izleme (Gİ) verilerinin klinik teşhis için yararlı bilgiler sağladığı bulunmuştur. Literatürde genellikle tahmin yöntemleri kullanılsa da, tanımlayıcı tekniklerin uygulanmasının bu alanda ortak bir anlayışa yol açabileceği gösterilmiştir. Bilinen istatistiksel teknikler, insanların anlayabileceği açık bilgiler sağlamada yetersizdir. Diğer yandan, dilsel özetleme teknikleri, ham verilerden doğal dilde üretilen ve kolayca anlaşılabilir bilgiler sağlar. Bu tezde bulanık dilsel özetler üretmek üzere literatürden edinilen Bayley ölçekleri ve Gİ veri seti kullanılmıştır. OSB'li çocuklar ile normal gelişim gösteren çocuklar arasındaki farkları değerlendirebilmek için Gİ verileri ve Bayley puanları birlikte kullanılmıştır. Dilsel özetleme teknikleri ile doğal dilde basit, anlaşılır ifadeler oluşturulmuş ve dilsel özetler yarı bulanık temelli yöntem ile değerlendirilmiş, OSB'li ve normal gelişen (NG) çocuklar arasındaki karşılaştırmalı sonuçlar sunulmuştur.

Bilim Kodu : 90607

Anahtar Kelimeler : Dilsel özetleme, Otizm Spektrum Bozukluğu, göz izleme, Bayley, bulanık mantık

Sayfa Adedi : 68

Danışman : Prof. Dr. Diyar AKAY

LINGUISTIC SUMMARIZATION OF EYE TRACKING DATA IN AUTISM
SPECTRUM DISORDER SCREENING

(M. Sc. Thesis)

Demet ÖZTÜRK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2023

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder (ASD) is defined as a complex neurological condition that affects a child's social communication development. The early diagnosis of ASD requires a difficult and time-consuming assessment process. Various data analysis techniques have been used to assess ASD in young children at an early age. Research has found that eye-tracking data provides valuable information for clinical diagnosis. Although predictive methods are commonly used in the literature, it has been demonstrated that applying descriptive techniques can lead to a common understanding in this field. Traditional statistical techniques are inadequate in providing clear information that humans can understand. On the other hand, linguistic summarization techniques provide quickly understandable information in natural language derived from raw data. This thesis used Bayley scales and the eye-tracking dataset from the literature to produce fuzzy linguistic summaries. To evaluate the differences between children with ASD and those with typically developed, eye-tracking data and Bayley scores were used together. Linguistic summarization techniques have been used to create simple, understandable statements in natural language, and the linguistic summaries have been evaluated using a semi-fuzzy based method. Comparative results between children with and without ASD have been presented.

Science Code : 90607

Key Words : Linguistic summarization, Autism Spectrum Disorder, eye-tracking, Bayley, fuzzy logic

Page Number : 68

Supervisor : Prof. Dr. Diyar AKAY

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sűresince katkıları, ilgisi, desteęi ve mesleki vizyonuma kattığı deęerler için kıymetli danıőmanım Prof. Dr. Diyar AKAY'a çok teőekkűr ederim. Tezime ve ilgili yayınlara katkıda bulunan Prof. Dr. Selda ŐZDEMİR'e, Prof. Dr. Suat ŐZDEMİR'e, Arő. Gör. Dr. İbrahim KŐK'e, Dr. Őęr. Őyesi Iőık AKIN BŬLBŬL'e teőekkűr ederim. Deęerli yűnlendirme ve yardımlarından dolayı Arő. Gör. Dr. Sena AYDOęAN'a ayrıca teőekkűr ederim. Tezime baőladıęımda kaybettięim manevi desteęini hep yanımda hissettięim babaannem baőta olmak űzere aileme ve arkadaőlarıma teőekkűr ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
3. GÖZ İZLEME ve BAYLEY ÖLÇEKLERİ	11
4. DİLSEL ÖZETLEME	13
4.1. Bulanık Kümeler	13
4.2. Temel Dilsel Özetleme.....	26
4.3. Doğruluk Derecesi Değerlendirme Yöntemleri	32
4.3.1. Skalar kardinaliteye dayalı doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri.	33
4.3.2. Yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem.....	34
4.4. Yorumlanabilirlik	37
5. UYGULAMA.....	41
5.1. Animasyon İzleme Verilerinin Dilsel Özetlemesi	43
5.2. Göz İzleme Verisi ve Bayley Puanlarının Dilsel Özetlemesi	47
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	59

KAYNAKLAR..... 61



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. T-norm ve t-konorm operatörlerinin sağlaması gereken koşullar.....	22
Çizelge 4.2. Yaygın olarak kullanılan t-norm operatörleri	23
Çizelge 4.3. Sıkça karşılaşılan t-konorm operatörleri	23
Çizelge 4.4. BCO algoritması	26
Çizelge 4.5. Dilsel özetlemede kullanılan semboller ve açıklamaları.....	29
Çizelge 4.6. Yarı-bulanık niceleyici örnekleri	32
Çizelge 4.7. A ve B'nin α kesmeleri	36
Çizelge 4.8. F^1 (yaklaşıkhepsi)(A, B)	36
Çizelge 5.1. Göz izleme özellikleri	43
Çizelge 5.2. Animasyon izleme verilerinin dilsel özetlemesi	45
Çizelge 5.3. Bayley özelliklerinin açıklamaları	48
Çizelge 5.4. OSB ve NG çocuklar için yarı bulanık niceleyici ile değerlendirilen cümleler.....	51
Çizelge 5.5. OSB'li çocuklar için dilsel özetler	54
Çizelge 5.6. NG çocuklar için dilsel özetler.....	55

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Literatür haritası.....	5
Şekil 4.1. (a) Kesikli bulanık küme, (b) sürekli bulanık küme	14
Şekil 4.2. Bulanık kümelerde öz, destek ve sınır	15
Şekil 4.3. Bulanık kümelerde bant genişliği ve geçiş noktaları	16
Şekil 4.4. Bulanık kümelerde alfa kesmeleri	17
Şekil 4.5. Farklı alfa kesmeleri ve ilişkiler	17
Şekil 4.6. (a) Dışbükey (konveks) bulanık küme, (b) dışbükey olmayan (non-convex) bulanık küme	18
Şekil 4.7. Açık, kapalı bulanık kümeler.....	19
Şekil 4.8. (a) Üçgen, (b) yamuk, (c) beşgen, (d) s-tipi bulanık sayılar	20
Şekil 4.9. (a) Mutlak niceleyici, (b) göreceli niceleyici	28
Şekil 4.10. (a) yaklaşık_5 , (b) yaklaşık %80 veya daha fazla	30
Şekil 5.1. (a) Dilsel niceleyici ve bulanık sayı değişken kümeleri (b) net kalış süresi,(c) kalış süresi, (d) bakış süresi, (e) sapma süresi, (f) ilk sabitleme süresi, (g) sabitleme sayısı ve (h) sabitleme süresi	44
Şekil 5.2. Uygulama süreci	49
Şekil 5.3. Bileşik özelliklerin bulanık kümeleri.....	49
Şekil 5.4. Bayley puanlarının kümesi	50

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. (a) SI-oyuncak görsel uyarıcı seti, (b) SI-animasyon görsel uyarıcı seti.....	42



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

\mathbb{D}	Veri tabanı
Y	Nesneler kümesi
y_m	Nesneler ($m = 1, \dots, M$)
V	Özellikler kümesi
v_k	Özellikler ($k = 1, \dots, K$)
X_k	v_k 'nin tanım kümesi
v_k^m	m . nesnenin k . özelliğe ait değeri
Q	Niceleyici
S	Özetleyici
S_g	Öncül özetleyici
T	Doğruluk derecesi
F^M	M niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
F^I	F^I niceleyici bulanıklaştırma mekanizması
$Q_{Y,a,tip}^{FN}$	Yarı-bulanık niceleyici
sim	Benzerlik
I	$[0,1]$ kümesi
A	Bulanık küme
X	Evensel küme
\wedge	Ve operatörü
\vee	Veya operatörü
\neg	Değil operatörü
$\wp(E)$	E 'nin kuvvet kümesi
$\mu_A(x)$	Üyelik fonksiyonu
α	Alfa
α^+	Güçlü alfa
\cap	Kümelerde kesişim

Simgeler**Açıklamalar**

U	Kümelerde birleşim
\subseteq	Alt küme
\otimes	T-norm
\oplus	T-konorm
\mathbb{Z}	Tam sayılar kümesi
\mathbb{R}	Reel sayılar kümesi
\mathbb{N}	Doğal sayılar kümesi
\forall	Her
\in	Elemanıdır
I_k	Tanımlanan indekslerin k-demetleri kümesi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AOI	Area of Interest
ASD	Autism Spectrum Disorder
BCO	Bulanık c-Ortalamlar
DSM	The Diagnostic and Statistical Manual
EEG	Elektroensefalografi
Gİ	Göz İzleme
NG	Normal Gelişen
OSB	Otizm Spektrum Bozukluğu
OWA	Ordered Weighted Averaging
SI	Social Interaction
SMI	SensoMotoric Instruments GmbH

1. GİRİŞ

Bu bölümde teze konu olan çalışmanın amacı, önemi ve sınırlılıklarına yer verilmiştir. Göz izleme (Gİ) verisi ve Bayley ölçekleri Otizm spektrum bozukluğu (OSB) taramasında yaygın olarak kullanılan yöntemler olmasına bağlı olarak çalışmanın konusu OSB taramasında göz izleme verilerinin dilsel özetlemesi olarak tanımlanmıştır.

Konunun tanımı

OSB sosyal iletişimde sürekli zorluklar, sınırlı ilgi alanları ve tekrarlayıcı davranışlarla karakterize edilen karmaşık bir gelişimsel bozukluktur. 2013'te Amerikan Psikiyatri Birliği tarafından yayımlanan Zihinsel Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı'nda (DSM-V El Kitabı), nörogelişimsel bir bozukluk olarak tanımlanmıştır [1]. Bir önceki el kitabı DSM-IV'de OSB teşhisi için karşılanması gereken kriterler, sosyal etkileşimde nitel bozulma, iletişimde nitel bozulma, sınırlı tekrarlayıcı ve kalıplaşmış davranış , ilgi olarak verilmiştir [2]. DSM-V el kitabına göre OSB teşhisi için karşılanması gereken iki kriter, i) çoklu bağlamlarda sosyal iletişim ve sosyal etkileşimde sürekli eksiklikler ve ii) sınırlı, tekrarlayıcı davranış, ilgi veya etkinlik kalıplarıdır. DSM-IV'de gelişim yaşı üç yaşından önce başlangıç olarak tanımlanırken, DSM-V'de belirtiler erken gelişim döneminde mevcut olmalı, ancak sosyal talepler sınırlı kapasiteleri aştığında ortaya çıkabilir olarak belirtilmiştir. Çoklu bağlamlarda sosyal iletişim ve sosyal etkileşimde sürekli eksiklikler için tanı kriterleri, sosyal-duygusal karşılıklılıkta eksiklikler, anormal sosyal yaklaşım ve karşılıklı konuşmada başarısızlık, ilgi, duyguları veya etkileri paylaşmada azalma, sosyal etkileşimleri başlatma veya yanıtlama yeteneğinde eksiklik, sosyal etkileşim için kullanılan sözel olmayan iletişim davranışlarında eksiklikler, kötü entegre edilmiş sözel ve sözel olmayan iletişim, göz teması ve jest/vücut dili anormallikleri, çeşitli sosyal bağlamlarda davranışı ayarlama, yaratıcı oyunu paylaşmada veya arkadaş edinmede zorluklar veya akranlara ilgisizlik olarak gösterilir [1]. Öte yandan, sınırlı, tekrarlayıcı davranış, ilgi veya etkinlik kalıpları, stereotipik veya tekrarlayıcı motor hareketler, nesnelere veya konuşmanın kullanımı, aynılığa ısrar, rutinlere veya sözel/sözel olmayan davranışın ritüelleştirilmiş kalıplarına katı esnek olmayan bağlılık, yoğunluk veya odağı anormal olan sınırlı, sabit ilgiler, duyuşal girdiye hiper- veya hipo reaktivite veya çevrenin duyuşal yönlerine alışılmadık ilgi alanlarından en az ikisiyle gösterilir [1].

OSB, bir spektrum koşulu olduğundan, her bireyde farklı şekillerde görünür. Genellikle sosyal iletişimde zorluklar, tekrarlayıcı davranışlar ve duyuşal hassasiyetler gibi özellikler erken yaşlarda ortaya çıkar ve bir kişinin yaşamı boyunca devam edebilir. Bu nedenle, OSB'nin erken yaşlarda değerlendirilmesi çok önemlidir. Erken teşhis, bireylere uzun vadeli sonuçları en iyi şekilde optimize etmelerine yardımcı olabilecek kişiye özel, kanıta dayalı müdahalelere erişim sağlama açısından kritiktir [3]. Ayrıca, OSB tanısı konulmuş çocuklarda erken teşhis ve müdahale, yaşam kalitelerini önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Ancak, OSB'nin tanısında ve değerlendirmesinde bazı metodolojik zorluklar bulunmaktadır. OSB değerlendirmesi, genellikle klinik gözlem ve çeşitli standardize edilmiş ölçüm araçlarının kullanıldığı bir süreçtir. Bu değerlendirme, farklı uzmanlık alanlarından gelen profesyonellerin işbirliği yaparak yürüttüğü bir süreci içerir ve bireyin genel gelişimi, iletişim becerileri, sosyal etkileşim yetenekleri ve davranışsal özelliklerini değerlendirmeyi içerir [4]. OSB değerlendirmesi sırasında gözlem, görüşme, standardize edilmiş testler, gelişimsel tarama araçları, görüntüleme teknikleri gibi yöntemler kullanılır [5]. Etkili bir müdahale planı oluşturmak için OSB'li çocukların güçlü ve zayıf yönleri, NG çocuklardan farklı yönleri belirlenmelidir. OSB'nin çocuklar üzerindeki etkisi geniş bir yelpazede değişir; bazıları hafif zorluklar yaşarken diğerleri daha ciddi zorluklarla karşılaşabilir. İletişim zorlukları izolasyona yol açabilirken, sosyal etkileşim zorlukları ilişki kurmayı zorlaştırabilir. Tekrarlayıcı davranışlar ve duyuşal uyarıcılara hassasiyet, çocuğun yeni durumlara uyum sağlama yeteneğini etkileyebilir. OSB tanı kriterlerine dayanarak, yıllar boyunca OSB'li çocukların tam potansiyellerine ulaşmalarına yardımcı olmak için erken müdahale ile ilgili birçok çalışma belgelenmiştir.

Araştırmacılar ve klinisyenler için içgörüler sunan çeşitli araçlar ve erken gelişimsel işaretlerle OSB'yi incelediğimizde, bu araçlar erken tanı ve müdahale süreçlerine büyük katkı sağlar. Bu da, etkilenen çocuklar için daha iyi sonuçlara yol açar çünkü erken tanı ve müdahale, çocukların gelişimine önemli ölçüde katkı sağlar. Örneğin, bir çocuğun bakış deseni ve görsel dikkatinin gözlemi ve analizi, OSB'nin erken tespiti ve tanısı için olanak tanır. Yapılan çalışmalar, OSB riski altındaki bebeklerin NG bebeklere kıyasla farklı göz bakışı davranışları sergileyebileceğini göstermiştir. Bu farklılıkları belirlemek, çocuklara ve ailelerine zamanında destek sağlamaya yönelik erken tespit ve müdahalede yardımcı olabilir [6]. Gİ çalışmaları, OSB olan çocukların sosyal ipuçları, özellikle yüz ifadeleri ve göz teması gibi, nasıl işlediğini anlamamıza yardımcı olabilir. OSB'li bireyler genellikle sosyal sinyalleri anlama ve bu sinyallere yanıt verme konusunda zorluk yaşarlar. Gİ

çalışmaları, bu zorlukları niceliksel olarak ölçebilir ve analiz edebilir. Bu bilgi, OSB'nin sosyal iletişim eksikliklerinin doğasını daha iyi anlamamıza ve özel müdahale stratejileri geliştirmemize yardımcı olur [7].

Bunun yanı sıra, araştırmacılar ve klinisyenler, OSB riski altında olabilecek veya OSB teşhisi konmuş çocukların gelişimsel yolculuğunu takip eder. Bebekler ve Küçük Çocuklar için Bayley Gelişim Ölçekleri [8], bebeklerin ve küçük çocukların gelişimsel ilerlemesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir değerlendirme aracıdır [9]. Bayley değerlendirmesi, bir çocuğun bilişsel, dil ve motor becerileri hakkında kapsamlı veri sağlar. Bu alanlardaki gecikmeleri veya farklılıkları belirlemek, OSB'nin heterojen doğasını anlamaya katkıda bulunur ve bireyselleştirilmiş tedavi planlarının geliştirilmesine rehberlik eder [10]. Bayley Ölçekleri, klinik ve araştırma ortamlarında erken gelişimsel gecikmenin en yaygın kullanılan objektif ölçüsü olmuştur [11]. Göz izleme ve Bayley değerlendirmeleri, erken gelişimsel belirteçler, sosyal iletişim eksiklikleri ve bilişsel-motor beceriler hakkında değerli bilgiler sağlayarak değerlendirme sürecinde objektif veri sunar. Ayrıca, OSB'li çocuklar için erken müdahalelerin etkinliğini izlemeye önemlidirler. Gİ hareketlerinde ve gelişimsel becerilerde zaman içindeki değişiklikleri değerlendirerek, araştırmacılar ve klinisyenler çeşitli müdahalelerin etkinliğini belirleyebilir, erken teşhis ve OSB'li çocuklarda uzun vadeli sonuçlara ulaşmak üzere gerekli bireyselleştirilmiş müdahaleleri yapabilirler.

Amaç ve kapsam

Bu tez çalışmasının amacı OSB taramasında kullanılan Gİ verisi ile birlikte Bayley ölçeklerinin dilsel özetlemesidir. Bu sayede yapısal verilerden OSB'li ve NG çocuklar arasındaki farklar üzerine bilgi çıkarmayı ve OSB taraması üzerinde çalışan profesyoneller, klinisyenler ve bireyler için anlaşılır ve açık cümlelerle içgörüler sunmayı hedeflemiştir.

Klinik uzmanlar, göz izleme ve Bayley verilerini tedavi kararlarında kanıt olarak kullanabilirler. Bu, klinik uygulamalarında veriye dayalı yaklaşımlara güveni sağlayarak müdahalelerin hassasiyetini ve etkinliğini artırır. Ancak, bu tür verilerin analizi teknik bilgi gerektirir. Gİ verilerini ve Bayley ölçeklerini OSB taraması için sadece bir uzman yorumlayabilir. OSB'li ve NG çocuklar arasındaki farkın Gİ verileri veya çocukların Bayley ölçekleri üzerinden uzman olmayan kişilerce anlaşılması zordur. Bu durumda,

dilsel özetleme, Gİ verileri ve Bayley puanlarından doğal dilde elde edilen içgörülerini anlamak için kritik ve değerlidir. Dilsel özetlemenin sonucu, Gİ ölçümleri veya Bayley ölçekleri hakkında teknik bilgi gerektirmeksizin herkes tarafından kolayca yorumlanabilir. Aynı zamanda bu özellikle ailelere değerlendirme bulgularını ve tedavi önerilerini açıklamada da değerlidir. Verilerden elde edilen dilsel özetler, ailelerin çocuklarının güçlü yönlerini ve gelişim alanlarını daha iyi anlamalarına ve dikkat etmelerine yardımcı olabilir.

Bu kapsamda, literatürden bir çalışmadan [12] alınan Gİ verileri ile bu çalışmada Gİ verisi toplanan çocukların Bayley puanları da kullanılarak OSB'li ve NG çocuklar arasındaki farkları belirlemek ve doğal dilde açıklamak üzere dilsel özetler iki aşamada üretilmiştir. Birinci aşamada sadece Gİ verileri kullanılarak temel dilsel özetleme tekniği ile özetler üretilmiş ve skalar kardinalite temelli yöntem kullanılarak cümleler değerlendirilmiştir. İkinci aşama Gİ verisine, çocukların Bayley puanları da eklenerek elde edilen kapsamlı veri seti ile dilsel özetler üretilmiştir. Bu cümleler ise yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem kullanılarak değerlendirilmiştir. Dilsel özetlerin etkinliğini, anlaşılabilirliğini ve uygulanabilirliğini artırmak üzere yorumlanabilirlik çalışmasına yer verilmiştir.

Tezin organizasyonu ise şu şekildedir; ikinci bölümde, OSB taramasında Gİ çalışmalarının ve Bayley değerlendirmesine ait literatür taraması verilmektedir. Üçüncü bölümde Gİ ve Bayley verisi ve bunların OSB'de kullanımı hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde, dilsel özetleme teknikleri, tanımlar, doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri, yorumlanabilirlik açıklanmaktadır. Dilsel özetleme uygulaması ve uygulamanın sonuçları beşinci bölümde bulunmaktadır. Altıncı bölümde yer alan sonuç ve öneriler kısmında tezin değerlendirmesi ile birlikte gelecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

Şekil 2.1'den kolayca anlaşıldığı üzere Gİ verileri, OSB araştırma alanında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Ayrıca, sınıflandırma görevleri için birçok farklı yapay zeka tekniğinin veri madenciliği veya makine öğrenmesi için kullanıldığı görülmektedir. Literatür taraması, bilimsel veri tabanı Scopus ile sınırlandırılmıştır. Scopus veri tabanı aramasında önce "otizm spektrum bozukluğu" anahtar kelimesi kullanılarak 17.897 belge bulunmuştur. Araştırmayı "göz izleme" anahtar kelimeleriyle sınırlandırarak 3.964, ardından "veri analitiği" ve "görsel dikkat" anahtar kelimeleri ile 1.065 sonuç bulunmuştur. Daha sonra bu sonuçlar sadece son beş yılda (2019-2023) yayınlanan makaleler ve konferans bildirileri ile sınırlı hale getirilmiştir. Sonuç olarak, bu bölümde 17 makale detaylı olarak incelenmiştir.

Son beş yılda yapılan çalışmalara bakıldığında OSB sınıflandırma çalışmaları için ağırlıklı olarak görüntüleme cihazlarından alınan veriler kullanılmıştır. Haputhanthri ve diğerleri [15], Elektroensefalografi (EEG), sinyal işleme ve öğrenme modellerine dayalı olarak OSB'yi sınıflandırmak için düşük maliyetli ve basit bir teşhis yaklaşımı sunmuştur ve EEG'deki anormalliklerin OSB'yi teşhis etmek için güvenilir biyobelirteçler olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür. Buna bağlı olarak, Rastgele Orman ve korelasyon tabanlı özellik seçimi yaklaşımı ile %93'lük bir doğruluk seviyesi elde etmişlerdir. Genel olarak, çalışmalar çocuklardan alınan veriler üzerinde yapılmıştır; ancak Achermann, Bölte ve Falck-Ytter [16], ilk kez çocukların kardeşlerini ve ebeveynlerini de içeren veri grubunu literatüre kazandırmıştır. Çalışma OSB tanısı konmuş bir kardeşi olan bebekleri ve OSB aile öyküsü olmayan bebekleri içermektedir. GI verileri ile yapılan bir başka çalışmada ise GI verilerinin OSB'li çocukların görmeyle ilgili görevlerini tahmin etmek için sınıflandırmaya dayalı bir özellik çıkarma yöntemi önerilmiştir [17]. Buna ek olarak, Klinik Araştırmalar için Otizm Biyobelirteçleri Konsorsiyumu [18], klinik denemelerde kullanılmak üzere çocuklarla yapılan lab-tabanlı davranışsal video takibi, EEG ve Gİ ölçümlerini değerlendirmek amacıyla geniş bir OSB'li ve NG çocuk örneklemini üzerinde bir çalışma yürütüldüğünü ve yüksek düzeyde başarı elde edildiğini bildirmiştir. Vettori ve diğerleri [19], hızlı periyodik görsel uyarım sırasında göz takibi ve EEG kaydını ele alarak göz takibinin genellikle sosyal tercihi incelemek için tercih edilen metot olduğunu, ancak gizli dikkati gizleyebileceğini göstermişlerdir. EEG verilerini içeren bir diğer çalışmada ise Xu ve Chen [20], test katılımcılarının EEG güç spektrum analizini hızlı Fourier dönüşümü ile işleyerek farklı gruplar arasındaki etkileri keşfetmiştir. EEG ile birlikte farklı veri türlerinin kullanılması da sıklıkla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Buna örnek olarak

Chen ve diğeri [21], klinik değerlendirme, nörogörüntüleme, gen mutasyonu verileri de dahil olmak üzere üç yıl boyunca çoklu veri türleri toplamışlardır ve çeşitli veri türlerini birleştirerek OSB tahmini için bir sınıflandırma modeli oluşturmuşlardır. Vettori ve diğeri [22], EEG ve Gİ verilerini kullanarak çocukların cinsiyetlerini de dikkate alan farklı bir çalışmada hem OSB hem NG grubunun yüzlere karşı daha büyük sinirsel tepkilere sahip olduğunu, ancak OSB'li erkeklere göre NG erkek çocuklarda farkın daha belirgin olduğunu göstermişlerdir. Bu, NG erkek çocukların sosyal bilgi konusunda daha güçlü bir tercih gösterdiğini ifade etmektedir.

Zhang ve diğeri [23], EEG verilerinden çok kanallı EEG'nin senkronizasyon ölçüleri, bilgi entropisi ve zaman-frekans özelliklerini, aynı deneklerin Gİ verilerini ise rastgele orman kullanılarak belirledikleri en önemli özelliklerle birlikte kullanmışlardır ve bir grafik evrimsel ağ modeli ile OSB'li ve NG çocukları ayırt etmek üzere bir yaklaşım sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım OSB tespitinde %95 doğruluk sağlayabileceğini ve iki biyo-sinyal arasında güçlü korelasyonlar olduğunu göstermektedir [23].

Gİ verisi ile bir diğer çalışma da karşılıklı bakış tespiti üzerine yapılmıştır. Guo ve diğeri [24], OSB'li çocuklarla terapi uzmanları arasındaki sosyal etkileşimleri incelemek ve değerlendirmek için otomatik karşılıklı bakış tespiti çerçevesini tanıtmışlardır. Otomatik karşılıklı bakış tespiti, OSB terapisi sırasında sosyal görsel davranış analizi için etkili bir tahmin modeli olarak kullanılmaktadır. Sonuçlar, tahmin modelinin terapi uzmanlarının el ile kodladığı sosyal görsel davranış puanlarını güvenilir bir şekilde temsil ettiğini göstermektedir. Bu çalışmanın OSB'li çocuklar için görsel davranış analizi bağlamında önemli bir katkı sağladığı sonucuna varılmıştır [24]. Yüz takibi tekniklerinin kullanılmasıyla otomatik sistemler oluşturulabilir, ancak OSB'deki dikkat davranışlarının karmaşıklığı bu sistemlerin oluşturulmasını zorlaştırır [25]. Banire ve diğeri [25], 46 çocuk üzerinde yapılan deneyler ile Destek Vektör Makineleri sınıflandırıcısını kullanan geometrik özellik dönüşümünün Evrimsel Sinir Ağları yaklaşımından daha başarılı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, dikkat tespitinin NG çocuklar arasında daha genelleştirilebilir olduğunu bulmuşlardır. Gİ ve EEG verilerinin birleştirilmesi, tanısal biyobelirteçler üretir ve belirli bir görsel desene ilişkin bilişsel değişikliği tanımaya yardımcı olur [26]. Liao, Duan ve Wang [27], OSB tanısı konulan çocukları tespit etmek için EEG ve Gİ ile yüz ifadesi gibi davranışsal verileri birleştiren sınıflandırma doğruluğu %87,50 olarak bulunan naive-Bayes algoritması temelli bir hibrit bir makine öğrenme

yaklaşımı önermişlerdir. Bu çalışma Gİ, yüz ifadesi ve EEG'nin OSB ve NG çocukların tespiti için farklı ayırt edici güçlere sahip olduğunu ve EEG'nin en ayırt edici bilgi olduğunu göstermektedir [27].

Bir bireyin bir hedef nesnenin hareketini takip etmesinin dikkat değerlemesi, OSB dahil bilişsel bozuklukların davranışsal desenlerini anlama konusunda değerli içgörüler sunar. Mevcut çalışmalar genellikle bakış yakalama için özel cihazlar gerektirir, sabit hedef nesnelere odaklanır veya katılımcının tepkisinin zamansal analizini yapamaz. Bu nedenle, Dhanawansa ve diğerleri [28], 3 boyutlu baş pozisyon açıları ile nesne yer değiştirmesi arasındaki zamansal ilişkiyi analiz etmek için çok değişkenli zaman serisi analizini önermişlerdir ve bir video veri kümesi üzerinde uygulayarak geçerliliğini göstermişlerdir. Burada, istatistiksel korelasyon, dikkatin genel bir ölçüsü olarak zaman serileri arasındaki benzerliği hesaplamakta kullanılırken Dinamik Zaman Savaşımı algoritması ilgili zaman bazlı metrikleri hesaplamakta kullanılmıştır [28].

Literatürde Gİ-EEG ve diğer araç verilerini kullanan çalışmalar olduğu gibi OSB tahminine yönelik herhangi bir görüntüleme cihazı verisi kullanmayan çalışmalar da mevcuttur. Surendiran ve diğerleri [29], bir cihaz kullanmadan davranışsal bir yöntem tabanlı, sistemde kullanılan çocukluk ve ergenlik analiz modeline odaklı korelasyonlu özellik seçimi tabanlı Rastgele Orman algoritması ile bir OSB tespit sistemi geliştirmişlerdir ve uyguladıkları Yapay Sinir Ağları algoritması %97,68 doğrulukla diğer yöntemleri geride bırakmıştır. Monarca ve diğerleri [30], küçük bir veri seti kümesi kullanarak çocukların jest kalıpları arasındaki farkları ortaya çıkarmak için sentetik veri ile veri setini geliştirdikleri ve %99 doğruluk derecesi elde ettikleri bir sınıflandırma modeli geliştirmişlerdir. Ghazal ve diğerleri [31], transfer öğrenme AlexNet modeli kullanmışlardır ve bu yöntem diğer OSB tespit modellerinden daha iyi performans göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışmalar, göz takibi verilerini diğer ayırt edici verilerle birleştirerek erken OSB tespitini klinik uygulamada kolaylaştırabilecek farklı derin öğrenme modellerinin kullanıldığını göstermektedir.

Gİ verisi OSB taramasının veri analizinde odak noktası olmasına rağmen, veri analitiği tabanlı araştırmalarda Bayley puanlarının eksikliği söz konusudur. Bu eksikliğe odaklanan, doğal dil tabanlı bir özetleme yöntemi olan Gİ verilerini Bayley puanları ile bütünleştiren bir yaklaşım, kritik bir önem kazanmaktadır. Dilsel özetleme burada karmaşık sayısal

veriden uzmanlar ve uzman olmayanlar için açık ve anlaşılır doğal dil tabanlı çıktılar üretebilme potansiyeli ile değerli bir kaynaktır. Karmaşık veriyi basit anlaşılır özetlerle birleştirmek, OSB tarama prosedürlerinin etkinliğini ve erişilebilirliğini artırabilir. Gİ verilerini ve Bayley puanlarını anlaşılır bir dil ile birleştirme fikrine odaklanmak, OSB'nin herkes için daha anlaşılabilir olmasına ve OSB'li çocukların klinik araştırmalarına yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada, çocukların Gİ verileri ve Bayley puanlarının dilsel özetlemesi hedeflenmiştir.





3. GÖZ İZLEME ve BAYLEY ÖLÇEKLERİ

Bayley Ölçekleri ve Gİ verisi, farklı alanlarda kullanılan önemli araştırma araçlarıdır. İkisi de özellikle çocukların gelişimini anlamak ve araştırmak için kullanılır.

Yenidoğan ve küçük çocukların bilişsel, motor ve dil gelişimini ölçmek için kullanılan bir dizi gelişimsel değerlendirmeler olan Bayley Gelişim Ölçekleri, Bayley Ölçekleri olarak bilinir. Bu ölçekler, bir çocuğun yaşamın ilk yıllarında gelişimsel ilerlemesini değerlendirmek için standart bir yol sağlar [10]. Bayley Ölçekleri, bebeklerin ve küçük çocukların zihinsel, motor ve sosyo-duygusal gelişimlerini değerlendirmek için kullanılan standart bir test setidir [8]. Bileşenleri dil, mantık, algı ve problem çözme yeteneklerini değerlendiren zihinsel ölçek, ince ve kaba motor becerilerini, yani hareket kontrolü ve koordinasyonunu ölçen motor ölçek, sosyal etkileşim, duygusal ifade ve ilişki kurma yeteneklerini değerlendiren sosyo-duygusal ölçektir [32]. Gelişimsel gecikmeleri ve bozuklukları erken tanımlamak, bireysel eğitim planları oluşturmak ve çocukların zaman içindeki ilerlemelerini takip etmek için kullanılır [10]. Psikolog Nancy Bayley tarafından ilk olarak geliştirilen Bayley Ölçekleri, yıllar içinde birden fazla revizyondan geçmiştir. En bilinen sürümleri, Bayley Gelişim Ölçekleri, Üçüncü Baskı (Bayley-III) [8] ve Bayley Gelişim Ölçekleri, Dördüncü Baskı (Bayley-IV) 'dir [33]. Bayley-IV, bebek ve küçük çocuk gelişimini bilişsel, dil, motor, sosyal-duygusal ve adaptif davranış olmak üzere beş ölçekte değerlendirir [33]. Bayley Ölçekleri, farklı gelişimsel alanları değerlendirmek için belirli görevler ve yaş normlarının bir kombinasyonunu kullanır [34].

Gİ ise bir kişinin göz hareketlerini, bakış noktalarını ve göz bebeklerinin genişlemesini kaydeden bir teknolojidir [35]. Bileşenleri kişinin neye baktığının kaydı olan bakış noktası, gözün hızlı hareketleri, gözün belirli bir noktaya sabitlendiği anlardır [36]. Başlıca kullanım alanları dikkat, algı ve öğrenme süreçlerini anlamak için psikoloji ve eğitimde [37], reklam ve ürün tasarımlarının etkinliğini değerlendirmek için pazarlama araştırmalarında [38], web siteleri ve uygulamaların kullanıcı dostu olup olmadığını anlamak için kullanıcı deneyimi araştırmalarında kullanılır [39]. Gİ teknolojisinin özel eğitimde okuma, kelime öğrenme, matematik becerileri, sosyal iletişim, dil gelişimi, motor öğrenme, görme iyileştirmesi ve rota öğrenme alanlarını keşfetmede faydalı olduğunu ortaya koyulmuştur [40].

Bu araçların her ikisi de, çocukların nasıl öğrendiğini ve dünyayı nasıl algıladığını anlamak için kritik öneme sahiptir. Bayley Ölçekleri, çocuğun bilişsel ve duygusal gelişimini değerlendirirken, Gİ teknolojisi, çocukların ilgisini çeken şeyleri ve onların öğrenme süreçlerini gözlemlemek için kullanılabilir.

Ayrıca bu ölçekler, sağlık profesyonelleri, eğitimciler ve araştırmacılar tarafından çocuğun gelişimini değerlendirmek ve olası gecikmeleri belirlemek için kullanılabilir. Verilerden elde edilen sonuçlar, bir çocuğun güçlü ve zayıf yönlerini anlamak ve ihtiyaca göre müdahaleleri ve destekleri yönlendirmek için kullanılabilir.



4. DİLSEL ÖZETLEME

Bu bölümde, bulanık kümeler ve bulanık küme işlemleri, temel dilsel özetleme, doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri ve yorumlanabilirlik konularına yer verilmiştir.

4.1. Bulanık Kümeler

Bulanık kümeler, değerlerin 0 ile 1 arasında üyelik derecelerine sahip olmasına izin veren matematiksel bir küme türüdür. Klasik veya kesin kümelerde her eleman ya kümeye aittir ya da değildir. Ancak bulanık kümelerde, bir elemanın bir kümeye üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değişebilir; burada 0, elemanın hiçbir şekilde kümeye ait olmadığını ve 1, elemanın tamamen kümeye ait olduğunu gösterir.

Bulanık küme kavramı, gerçek dünya problemlerindeki belirsizlik ve kesin olmayan durumlarla başa çıkmak için Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında tanıtılmıştır [41]. Bulanık kümeler, kontrol sistemleri, karar verme, desen tanıma ve yapay zeka dahil olmak üzere geniş bir alanda uygulanmıştır. Zadeh'in tanımına göre [41], X evrensel kümesinde bir A bulanık kümesi, X 'teki her x elemana $[0,1]$ aralığında bir $\mu_A(x)$ üyelik derecesi atayan bir μ_A üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir.

Üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$, x 'in A 'ya ne derece ait olduğunu temsil eder. $\mu_A(x) = 0$ olduğunda x , A 'nın bir üyesi değildir ve $\mu_A(x) = 1$ olduğunda x , A 'nın bir tam üyesidir. $\mu_A(x)$ 'in 0 ile 1 arasındaki değerleri için x , A 'ya kısmen üyedir, yani belirli bir dereceye kadar A 'ya aittir.

Zadeh'in bulanık küme tanımı, belirsizlik ve kesin olmayan durumların klasik kümelerden daha doğal ve esnek bir şekilde temsil edilmesine olanak tanır. Bulanık kümeler, çeşitli uygulamalarda bulanık ve belirsiz bilgilerle başa çıkmak için önemli bir araç haline gelmiştir. Buna göre bir bulanık küme, kümeye değişen derecelerde üyelikleri olan elemanları içerir ve bu, klasik veya kesin kümelerle zıtlık oluşturur çünkü klasik bir kümenin üyeleri tam üyelik olmadıkça üye olmadığı açıkça anlaşılmaktadır. Bulanık bir küme, bir üyenin kısmi bir üyelik derecesine sahip olmasına izin verir ve bu kısmi derece üyeliği bir fonksiyona veya bir üyelik değerleri evrenine dönüştürülebilir [42]. A 'nın bir

bulanık küme olduğu ve x elemanın bu bulanık küme A 'nın bir üyesi olduğu varsayılırsa bu Eş. 4.1 ile gösterilebilir.

$$\mu_A(x) \rightarrow [0,1], \forall x \in X \quad (4.1)$$

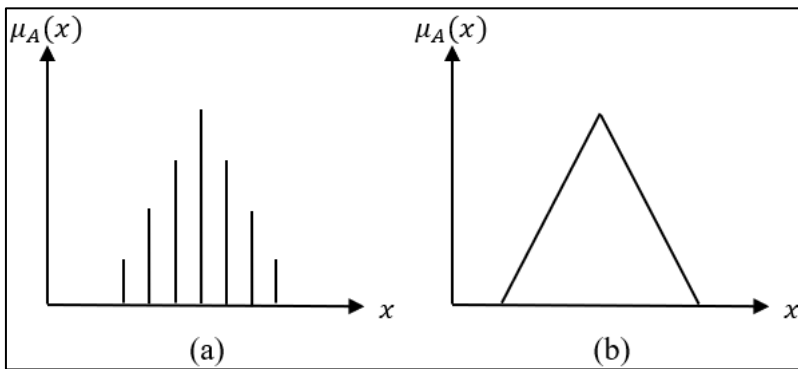
Bir x elemanı içeren bir A bulanık alt kümesinin, $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonuna sahiptir. X evrensel kümesi kesikli ve sonlu olduğunda, bu Eş. 4.2 ile ifade edilebilir.

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (4.2)$$

X evrensel kümesi sürekli ve sonsuz olduğunda, A bulanık kümesi Eş. 4.3 ile temsil edilebilir.

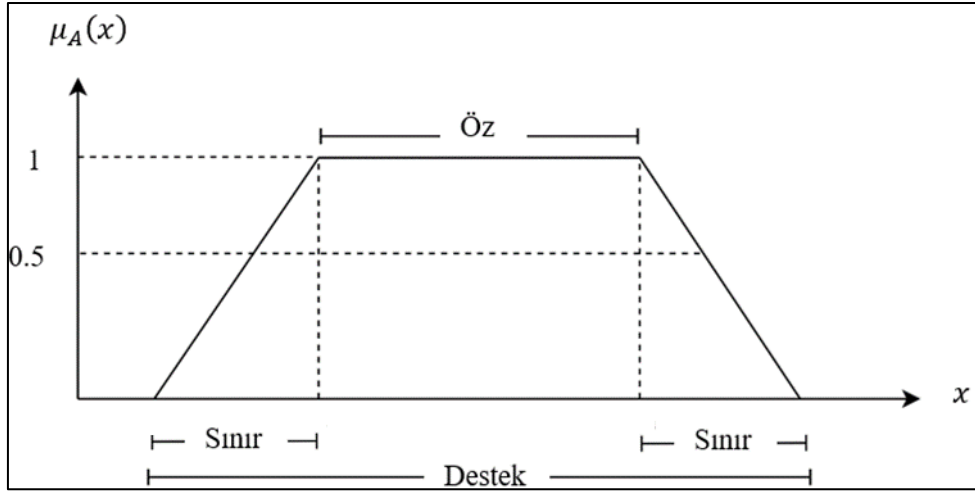
$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\}, \forall x \in X \quad (4.3)$$

Bulanık küme tanımında kullanılan " \sum ", " \int ", "/" ve "+" sembollerinin cebirsel bir anlamı yoktur. Küme sürekli ise \int ile gösterilir. Küme ayrık ise \sum ile gösterilir. Bir bulanık kümenin elemanlarının üyelik fonksiyonlarının temsilleri, kesikli veya sürekli olmalarına göre sırasıyla Şekil 4.1(a) ve Şekil 4.1(b)'de verilmektedir.



Şekil 4.1. (a) Kesikli bulanık küme, (b) sürekli bulanık küme

Bulanık kümelerin özellikleri Şekil 4.2, Şekil 4.3'te verilen bulanık terminolojiler Eş.4.4 ile Eş.4.9 arasındaki eşitliklerle tanımlanır [43].



Şekil 4.2. Bulanık kümelerde öz, destek ve sınır

$$\text{Öz}(A) = \{x \in X | \mu_A(x) = 1\} \quad (4.4)$$

$$\text{Destek}(A) = \{x \in X | \mu_A(x) > 0\} \quad (4.5)$$

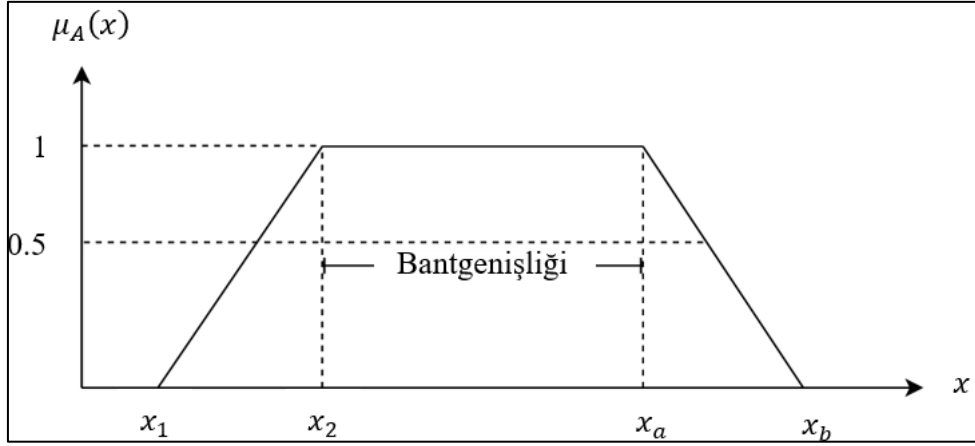
$$\text{Sınır}(A) = \{x \in X | 0 < \mu_A(x) < 1\} \quad (4.6)$$

$$\text{Yükseklik}(A) = \sup_{x \in X} \{\mu_A(x)\} \quad (4.7)$$

Bir bulanık A kümesinin desteği, $\mu_A(x) > 0$ olacak şekilde tüm $x \in X$ noktalarının kümesidir ve güçlü α -kesmesine eşittir.

Bir bulanık A kümesinin özü, $\mu_A(x) = 1$ olacak şekilde tüm $x \in X$ noktalarının kümesidir. A bulanık kümesinin sınırı, $0 < \mu_A(x) < 1$ olacak şekilde evrensel kümenin x elemanlarını içerir ve destek ile öz arasındaki farka eşittir.

Bulanık kümenin yüksekliği, o kümedeki elemanların maksimum üyelik derecesidir. Bulanık kümenin özü boş değilse bulanık kümenin yüksekliği 1'dir. Aksi halde 1'den farklı olabilir.



Şekil 4.3. Bulanık kümelerde bant genişliği ve geçiş noktaları

$$\text{Geçiş Noktaları}(A) = \{x \in X | \mu_A(x) = 0.5\} \quad (4.8)$$

$$\text{Bant genişliği}(A) = \{|x_1 - x_2|, \text{where } \mu_A(x_1) = \mu_A(x_2) = 0.5\} \quad (4.9)$$

Bir bulanık A kümesinin geçiş noktası, $\mu_A(x) = 0,5$ olan bir $x \in X$ noktasıdır.

Bulanık bir kümenin bant genişliği, iki benzersiz geçiş noktası arasındaki mesafedir.

Bulanık kümeleri kesin kümelere dönüştürmek için α kesmeleri kullanılır. Bir elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesi α 'dan büyük veya ona eşitse, bu elemanın A_α ile gösterilen kesin kümeye üyelik derecesi 1 değerini alır. Bir elemanın A bulanık kümesine üyelik derecesi ise sadece α 'den büyükse, bu elemanın A_{α^+} kesin kümesine üyelik derecesi 1 değerini alır [44]. $\alpha \in [0,1]$ ile α kesmesi ve α^+ kesmesi Eş. 4.10 ve Eş. 4.11'de sırasıyla verilmiştir.

$$A_\alpha = \{x \in E | \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (4.10)$$

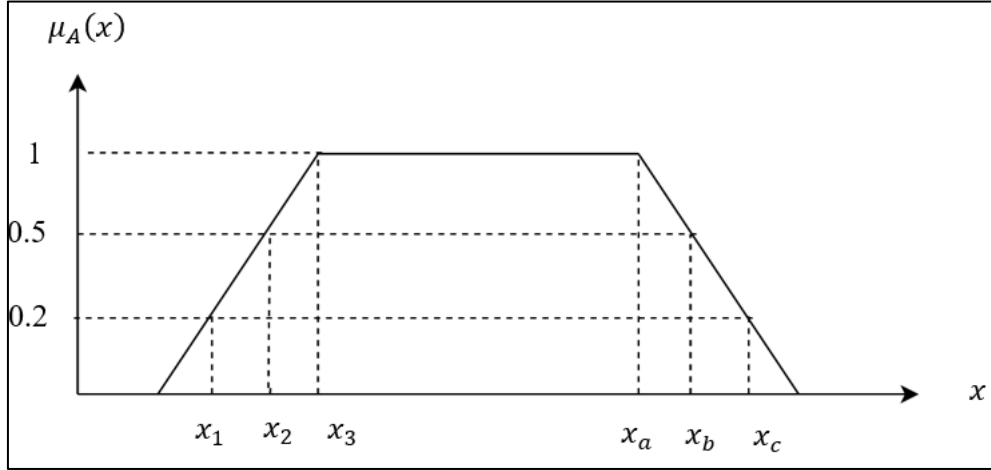
$$A_{\alpha^+} = \{x \in E | \mu_A(x) > \alpha\} \quad (4.11)$$

Şekil 4.4'de verilen alfa kesmeleri dikkate alındığında,

$A_{\alpha=0,2}$ kümesi x_1 'den x_c 'ya kadar olan tüm elemanları içerir, her iki uç değer de dahildir.

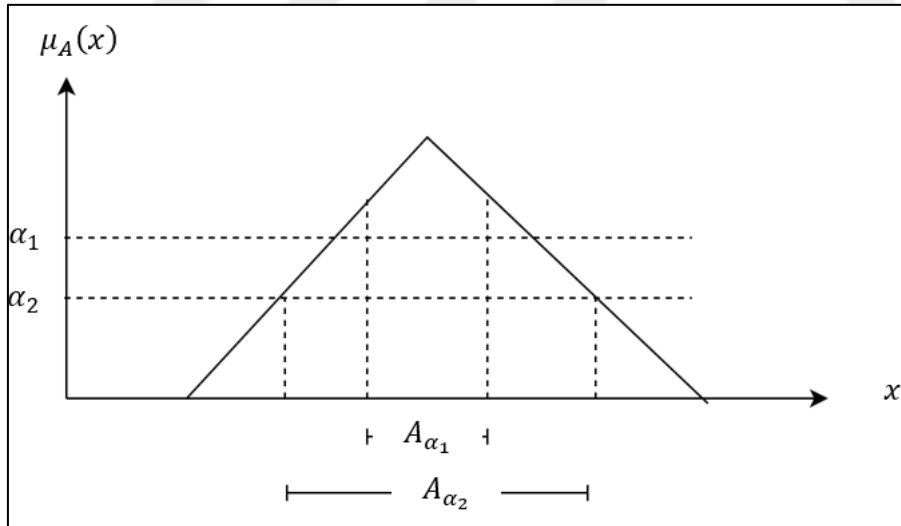
$A_{\alpha=0,5}$ kümesi x_2 'den x_b 'ye kadar olan tüm elemanları içerir, her iki uç değer de dahildir.

$A_{\alpha} = 1$ kümesi, her iki son değer de dahil olmak üzere x_3 'ten x_a 'ya kadar tüm elemanları içerir.



Şekil 4.4. Bulanık kümelerde alfa kesmeleri

Farklı α değerleri için Şekil 4.5'de gösterilen farklı kesin kümeler elde edildiğinde $\alpha_1 > \alpha_2$ ise $A_{\alpha_1} \subseteq A_{\alpha_2}$ olduğu gösterir.

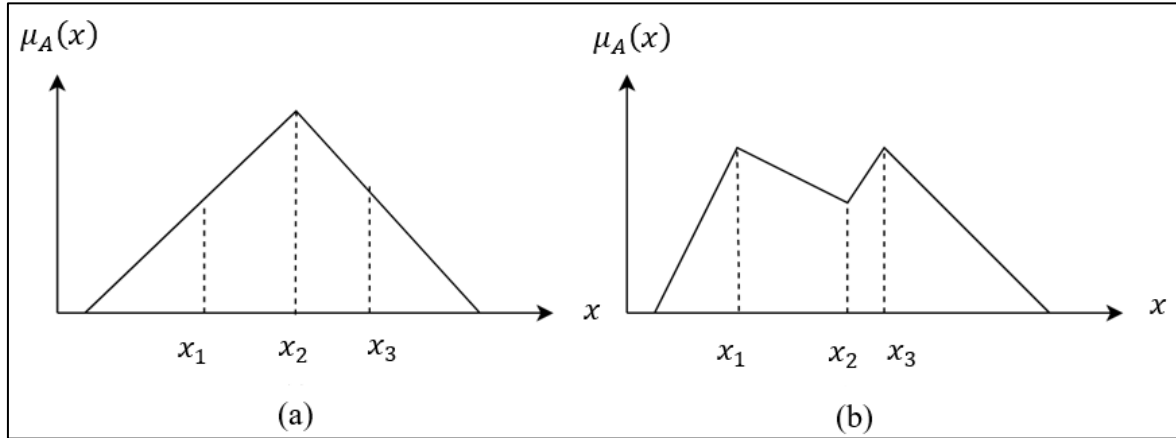


Şekil 4.5. Farklı alfa kesmeleri ve ilişkiler

X evrensel kümesindeki bir bulanık alt küme, dışbükey ve normal ise bulanık sayı olarak adlandırılır [43]. Dışbükeylik ve normallik sırasıyla Eş. 4.12 ve Eş. 4.13 tanımlanır [45].

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad \forall x_1, x_2 \in X, \quad \lambda \in [0,1] \quad (4.12)$$

Bir bulanık A kümesindeki herhangi bir x_1 , x_2 ve x_3 elemanı için, $x_1 < x_2 < x_3$ ilişkisi şu anlama gelir: $\mu_A(x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_3))$. Bu koşul tüm noktalar için geçerliyse bulanık kümeye dışbükey bulanık küme adı verilir. A 'nın tüm α -seviye kümeleri dışbükey ise dışbükeydir. Dışbükey (konveks) ve dışbükey olmayan (non-convex) bulanık kümeler Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. (a) Dışbükey (konveks) bulanık küme, (b) dışbükey olmayan (non-convex) bulanık küme

Eşitlik 4.13'de verildiği gibi bir bulanık A kümesinin özü boş değilse veya yüksekliği 1'e eşitse normaldir.

$$\text{Yükseklik}(A) = \sup_{x \in X} \{\mu_A(x)\} = 1 \quad (4.13)$$

Bulanık kümeler, Şekil 4.7'de verilen açık veya kapalı bulanık kümeler şeklinde olabilir. Sola açık bulanık kümelerin, belirli bir noktadan sonra soldaki tüm elemanların üyelik değeri 1'dir ve belli bir noktadan sonra sağ taraftaki tüm elemanların üyelik değeri 0'dır [46]. Sola açık bulanık küme Eş. 4.14'de verilmiştir.

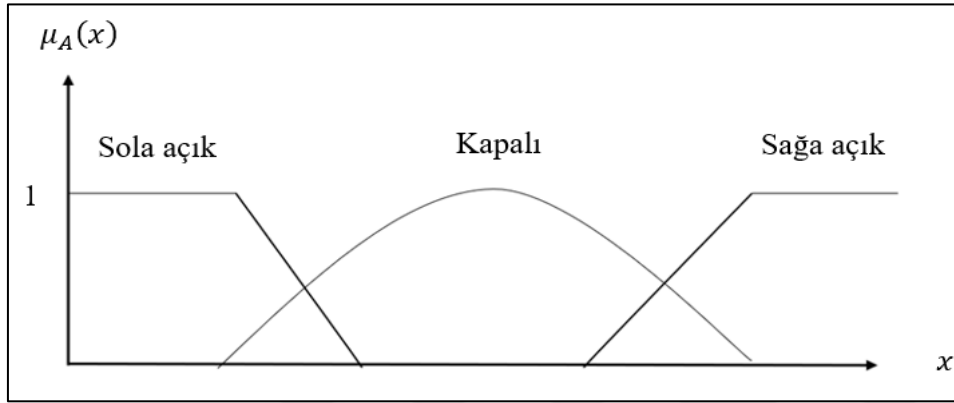
$$\text{eğer } \lim_{n \rightarrow -\infty} \mu_A(x) = 1 \text{ ve } \lim_{n \rightarrow \infty} \mu_A(x) = 0 \text{ ise sola açık} \quad (4.14)$$

Sağa açık bulanık kümelerde, belli bir noktadan sonra soldaki tüm elemanların üyelik değeri 0, sağ taraftaki tüm elemanların ise belli bir noktadan sonra üyelik değeri 1'dir [46]. Sağa açık bulanık küme Eş. 4.15'de verilmiştir.

$$\text{eğer } \lim_{n \rightarrow -\infty} \mu_A(x) = 0 \text{ ve } \lim_{n \rightarrow \infty} \mu_A(x) = 1 \text{ ise sağa açık} \quad (4.15)$$

Kapalı bulanık kümelerin belli bir noktadan sonra sol veya sağ taraftaki tüm elemanlarının üyelik değeri 0'dır. Kapalı bulanık küme Eş. 4.16'da verilmiştir.

$$\text{eğer } \lim_{n \rightarrow -\infty} \mu_A(x) = 0 \text{ ve } \lim_{n \rightarrow \infty} \mu_A(x) = 0 \text{ ise kapalı} \quad (4.16)$$

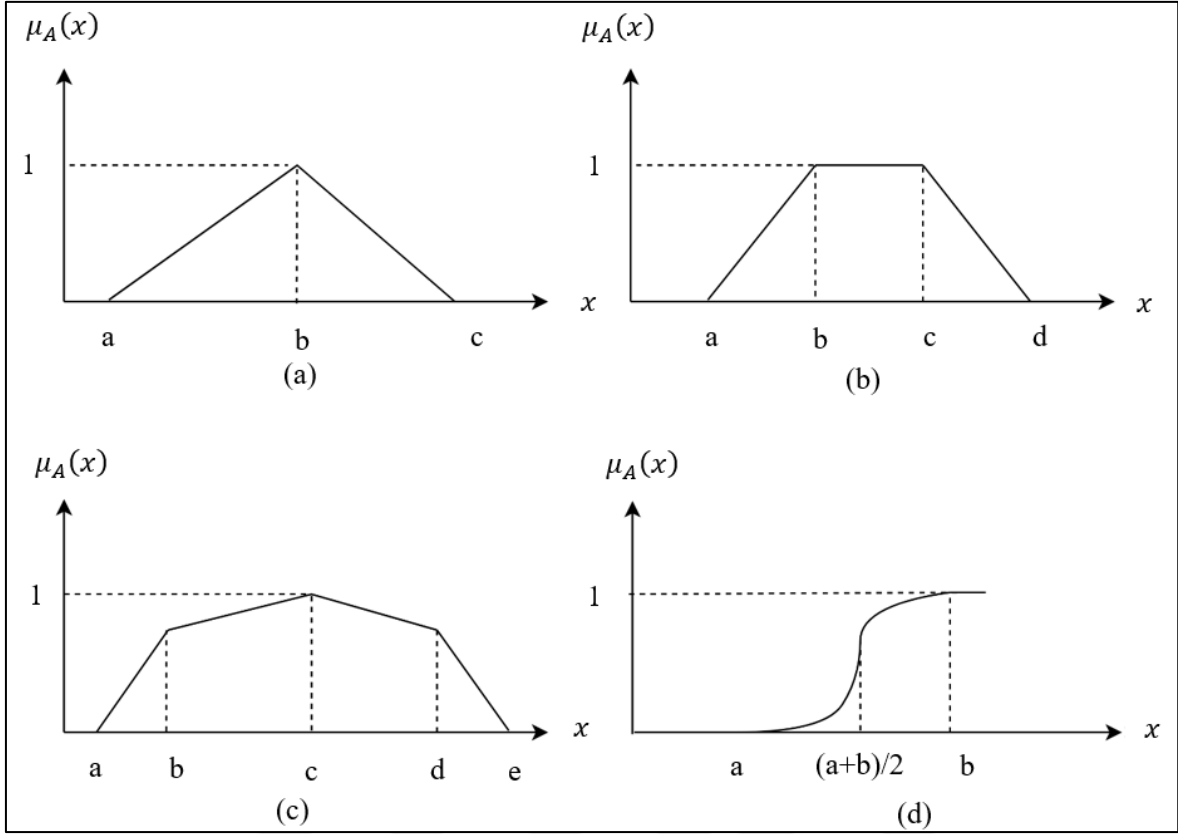


Şekil 4.7. Açık, kapalı bulanık kümeler

Bulanık kümeler, belirsiz kavramları inceleyerek ve bir çözüme ulaşarak niceliklendirmede daha fazla esneklik sağlar. Dilsel değişkenlerin niceliklendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bazı kavramlar arasında bulanık üçgensel, yamuksal ve bunların genelleştirilmiş formları bulunmaktadır [47].

Bu kümelerin üyelik fonksiyonları, nicel bir anlam taşıyan bulanık sayılar olarak görülür. Bir bulanık sayı, tek değerli bir fonksiyonda olduğu gibi kesin değil, belirsiz bir niceliktir. Bulanık sayılar üçgensel, yamuksal, beşgensel, yedigensel, s-tipi bulanık sayılar gibidir [48]. Bulanık sayılara örnekler Şekil 4.8'de, Eş. 4.17'den Eş. 4.20'ye kadar olan denklemlerle verilmiştir.

Beşgensel bulanık sayıların denkleminde w_1 ve w_2 , sırasıyla b , d noktalarının dereceleri olan ağırlıklardır. Üyelik fonksiyonunun b , d 'deki değeri, $a \leq b \leq c \leq d \leq e$; $a, b, c, d, e \in \mathbb{R}$ iken $w_1 \geq (b-a/c-a)$ ve $w_2 \geq (a-e/c-e)$ olacak şekilde olmalıdır. Aksi takdirde, beşgensel bulanık sayının dış büyüklük özellikleri sağlanmaz. $w_1 = w_2 = 0$ olduğunda, beşgensel bulanık sayı bir üçgensel bulanık sayıya dönüşür ve $w_1 = w_2 = 1$ olduğunda, beşgensel bulanık sayı bir yamuksal bulanık sayıya dönüşür [49].



Şekil 4.8. (a) Üçgen, (b) yamuk, (c) beşgen, (d) s-tipi bulanık sayılar

$$\mu_{\text{üçgen}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 0 & d.d. \end{cases} \quad (4.17)$$

$$\mu_{\text{yamuk}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \\ 0 & d.d. \end{cases} \quad (4.18)$$

$$\mu_{beşgen}(x) = \begin{cases} w_1 \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 - (1-w_1) \frac{x-b}{c-b} & b < x \leq c \\ 1 & x = c \\ 1 - (1-w_2) \frac{x-c}{d-c} & c < x \leq d \\ w_2 \frac{x-d}{e-d} & d < x \leq e \\ 0 & x > e \end{cases} \quad (4.19)$$

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2 & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2 & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases} \quad (4.20)$$

A bulanık kümesi, eğer $x = a$ merkez noktası etrafındaki üyelik fonksiyonu $\mu_A(x + a) = \mu_A(x - c)$, $\forall x \in X$ ise simetriktir [50].

Bulanık kümelerde kesişim ve birleşim

Kesin küme işlemlerine benzer şekilde, bulanık küme işlemleri de kesişim, birleşim ve tümleyen içerir [51], kesişim Eş. 4.21, birleşim Eş. 4.22 ve tümleyen Eş. 4.23 ile aşağıda tanımlanmıştır.

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.21)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (4.22)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (4.23)$$

Burada A ve B iki bulanık kümedir ve x , X evrensel kümesindeki bir öğedir. T-norm (\otimes : $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$) ve t-konorm (\oplus : $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$) operatörleri bulanık kümelerde kesişim ve birleşim için kullanılır.

A_1 ve A_2 X evrensel kümesinde tanımlanan bulanık kümeler ve $\mu_{A_1}(x)$ ve $\mu_{A_2}(x)$ bu kümelerin üyelik fonksiyonu olsun. A_1 and A_2 bulanık kümelerinin kesişimi $A_1 \cap A_2$ olmak üzere üyelik derecesi $\mu_{A_1 \cap A_2}(x)$, $\otimes: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ Eş.4.24'de verilmiştir [52].

$$\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = \otimes(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad \forall x \in X \quad (4.24)$$

A_1 ve A_2 X evrensel kümesinde tanımlanan bulanık kümeler ve $\mu_{A_1}(x)$ ve $\mu_{A_2}(x)$ bu kümelerin üyelik fonksiyonu olsun. A_1 and A_2 bulanık kümelerinin birleşimi $A_1 \cup A_2$ olmak üzere üyelik derecesi $\mu_{A_1 \cup A_2}(x)$, $\oplus: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ Eş.4.25'de verilmiştir [52].

$$\mu_{A_1 \cup A_2}(x) = \oplus(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x)) \quad \forall x \in X \quad (4.25)$$

Bir operatörün t-norm veya t-konorm olması için Çizelge 4.1'deki koşulların $\forall x_1, x_2, y_1, y_2 \in [0,1]$ ifadesiyle karşılanması gerekir. Literatürde sıklıkla kullanılan t-norm ve t-konorm operatörleri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. T-norm ve t-konorm operatörlerinin sağlaması gereken koşullar

	t-norm	t-konorm
Sınır	$\otimes(x, 1) = x$	$\oplus(x, 0) = x$
Monotonluk	$y_1 \leq y_2$ için $\otimes(x, y_1) \leq \otimes(x, y_2)$	$y_1 \leq y_2$ için $\oplus(x, y_1) \leq \oplus(x, y_2)$
Simetri	$\otimes(x, y) = \otimes(y, x)$	$\oplus(x, y) = \oplus(y, x)$
Birleşme	$\otimes(x, \otimes(y, z)) = \otimes(\otimes(x, y), z)$	$\oplus(x, \oplus(y, z)) = \oplus(\oplus(x, y), z)$

Çizelge 4.2. Yaygın olarak kullanılan t-norm operatörleri

	t-norm operatörleri
Minimum	$\otimes_{Min}(x_1, y_1) = \min(x_1, y_1)$
Product	$\otimes_{Product}(x_1, y_1) = x_1 y_1$
Lukasiewicz	$\otimes_{Luk}(x_1, y_1) = \max(0, x_1 + y_1 - 1)$
Drastic	$\otimes_{Dra}(x_1, y_1) = \begin{cases} x_1, & \text{if } y_1 = 1 \\ y_1, & \text{if } x_1 = 1 \\ 0, & \text{o.w.} \end{cases}$
Nilpotent	$\otimes_{Nilp}(x_1, y_1) = \begin{cases} \min(x_1, y_1), & \text{if } x_1 + y_1 > 1 \\ 0, & \text{o.w} \end{cases}$
Hamacher	$\otimes_{Ham}(x_1, y_1) = \begin{cases} 0, & \text{if } x_1 = y_1 = 0 \\ \frac{x_1 y_1}{x_1 + y_1 - x_1 y_1}, & \text{d.d.} \end{cases}$

Çizelge 4.3. Sıkça karşılaşılan t-konorm operatörleri

	t-konorm operatörleri
Maksimum	$\oplus_{Maks}(x_1, y_1) = \max(x_1, y_1)$
Product	$\oplus_{Product}(x_1, y_1) = x_1 + y_1 - x_1 y_1$
Lukasiewicz	$\oplus_{Luk}(x_1, y_1) = \min(1, x_1 + y_1)$
Drastic	$\oplus_{Dra}(x_1, y_1) = \begin{cases} x_1, & \text{eğer } y_1 = 0 \\ y_1, & \text{eğer } x_1 = 0 \\ 1, & \text{d.d.} \end{cases}$
Nilpotent	$\oplus_{Nilp}(x_1, y_1) = \begin{cases} \max(x_1, y_1), & \text{if } x_1 + y_1 < 1 \\ 0, & \text{d.d.} \end{cases}$

Kardinalite

Bir bulanık kümenin skaler kardinalitesi, bulanık kümenin tüm elemanlarının üyelik değerlerinin toplamıdır [53]. X evrensel kümesindeki bir A bulanık kümesinin kardinalite derecesi, sürekli olduğunda Eş. 4.26' da ve kesikli olduğunda Eş. 4.27' de olduğu gibi tanımlanır.

$$kard(A) = \int_x \mu_A(x) dx \quad (4.26)$$

$$kard(A) = \sum_x \mu_A(x) \quad (4.27)$$

Bir A kümesinin bir D kümesine göre göreceli kardinalite derecesi, aynı zamanda A'nın da elemanları olan D' nin elemanlarının yüzdesinin bir ölçüsüdür [54]. Genel şekli Eş. 4.28'de verilmiştir.

$$\text{Göreceli Kard}(A/D) = \frac{kard(A \cap D)}{kard(D)} \quad (4.28)$$

Gerçek veya tam sayı olsun, skalar bir değer, bulanık kümelerin önem derecesini tanımlamak için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. "Bulanık kardinalite" bulanık bir kümenin kardinalitesini temsil eden başka bir yaklaşımdır. Bu nedenle önem derecesi, negatif olmayan tamsayılar üzerinden bulanık bir küme olarak temsil edilir. Literatürdeki farklı bulanık kardinalite tanımlarından ilk tanım Zadeh tarafından verilmiştir [54]. Zadeh'in bulanık kardinalitesi $Z(A)$ [55] Eş.4.29'da tanımlanmıştır.

$$Z(A, k) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } (a | A_a = k) \text{ yoksa} \\ \text{destek}\{a | A_a = k\}, & \text{d. d.} \end{cases} \quad (4.29)$$

Delgado ve arkadaşları [54] Eş. 4.30'da verilen E tipi bulanık kardinaliteyi tanımlamıştır. $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ ve A, X üzerinde bulanık küme ise, $L(A, k)$, X'in en az k elemanının A'ya ait olma olasılığdır. $L(A, k)$ Eş. 4.31'de verilmiştir. Eş. 4.32'de verilen I_k , tanımlanan indekslerin k-demetleri kümesidir. \otimes ve \oplus sırasıyla t-norm ve t-konorm'dur.

$$E(A, k) = L(A, k) \otimes \overline{L(A, k + 1)} \quad (4.30)$$

$$L(A, k) \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k > n \\ \oplus_{(I_1, \dots, I_k) \in I_k} (A(x_{i_1})) \otimes \dots \otimes A(x_{i_k}), & 1 \leq k \leq n \end{cases} \quad (4.31)$$

$$I_k = \{(I_1, \dots, I_k) \mid I_1 < \dots < I_k, I_j \in (1, \dots, n) \forall j \in (1, \dots, k)\} \quad (4.32)$$

Bir bulanık kardinalite ailesi, E ifadesiyle tanımlanır. Literatürde Dubois-Prade yöntemi [56], Zadeh'in FECount'u [57] ve Ralescu'nun yöntemi [58] gibi mevcut bazı yöntemlerin E ailesine ait olduğu kanıtlanmıştır [54].

Bulanık c-ortalamar algoritması

Veri analizindeki en bilinen tekniklerden biri kümelemedir. Son yıllarda verilerin hacminin büyümesi ve karmaşıklığının artması nedeniyle, kümeleme dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Bulanık yöntem nesnelerin üyelik derecelerine dayanarak kümeler halinde gruplandırılmasını içerir; bu üyelik dereceleri, her bir nesnenin tüm prototiplerden ne kadar farklı olduğuna bağlı olarak birim aralığında değişir [59]. Bulanık kümelemede, bir veri noktasının bir kümeye ait olma olasılığı 1 ile 0 arasında bir değer alır. Bulanık c-ortalama (BCO) algoritması, bunlardan biridir. BCO algoritması, Bezdek ve diğerleri [60] tarafından geliştirilmiştir ve bulanık kümelerin olasılık fonksiyonlarını belirlemek için kullanılmaktadır.

Algoritma, küçük bir ε sayısı, kümelerin sayısı c ve yinelemelerin sayısı $m \in (1, \infty)$ tümünün bilindiği varsayımı üzerine çalışır. Algoritma, üyelik matrisi U 'nun rastgele atanmasıyla başlar ve küme merkezlerini hesaplar. m belirli bir değere ulaştığında veya son iki hedef fonksiyon arasındaki fark ε 'dan küçük olduğunda algoritma sona erer. Minimize edilmesi gereken hedef fonksiyon, Eş. 4.33' de tanımlandığı şekilde J hedef fonksiyonudur, c_j , Eş. 4.34' de tanımlanan j kümesinin merkezini gösterir, U_{ij} , Eş. 4.35'de tanımlanan x_i ' nin j kümesine üyelik derecesini gösterir.

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c U_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad (4.33)$$

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m} \quad (4.34)$$

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (4.35)$$

Çizelge 4.4’de verildiği gibi algoritmanın sonucu olarak, U_{ij} matrisi, üyelik dereceleri her i elemanın bulanık küme j ’ye üyelik derecesi ve küme merkezleri c_j elde edilir.

Çizelge 4.4. BCO algoritması

BCO Algoritması
Adım 1. U_{ij} matrisini başlat.
Adım 2. c_j güncelle
Adım 3. U_{ij} güncelle
Adım 4. Eğer $J_m - J_{m-1} < \varepsilon$ ise dur. d.d.; adım 2 ‘ye git.

4.2. Temel Dilsel Özetleme

Günlük hayatta birçok karar belirsizlik altında alınır ve belirsizlik, kesin kümelerle gerçekçi bir şekilde modellenemez. Ancak bulanık kümeler bu modellemeyi yapabilme yeteneğine sahiptir. Verilerin dilsel özetlemesi, bulanık kümeler teorisine dayanmaktadır. Bu özetleme, verilerin dilsel bir özetini sağlar ve hem sayısal hem de sayısal olmayan veriler için kullanılabilir. Veri analizinde dilsel özetleme uygulamaları, büyük ve karmaşık veri setlerinin okunabilir özetlerini doğal dil kullanarak üretmeyi içerir [61]. Bu özetler, verilerde bulunan temel içgörülerini, desenleri ve eğilimleri aktarmayı amaçlar, böylece uzman olmayan kişilerin bilgileri anlaması ve yorumlaması kolaylaşır. Dilsel özetleme, ham veriler ile anlamlı içgörüler arasında bir köprü görevi görerek, karar vericilerin özetlenmiş bilgilere dayanarak bilinçli seçimler yapmasına olanak tanır. Veri analizinde dilsel özetlemenin bazı ana uygulamaları iş zekası, finansal veri analizi, sosyal medya ve duygu analizi, haber ve medya izleme, nesnelerin interneti veri analizidir [62].

İş zekası bağlamında, dilsel özetleme, iş performansı, satış eğilimleri, müşteri davranışı ve diğer kritik metriklerin hızlı bir genel bakışını sağlayan yönetici panoları ve raporlar

oluşturmak için kullanılabilir. Bu özetler, yöneticilerin ve müdürlerin, altındaki verilerin karmaşıklıklarına girmeden veri odaklı kararlar almasını sağlar [63].

Finansal veri analizi için, dilsel özetleme, hisse senedi piyasası eğilimlerini, finansal performans göstergelerini, yatırım fırsatlarını ve risk değerlendirmelerini özetlemeye yardımcı olabilir. Bu, yatırımcıların ve finans analistlerinin verileri etkin bir şekilde anlamasına ve buna göre hareket etmesine olanak tanır [64].

Sağlık alanında, dilsel özetleme, hasta kayıtları, tıbbi araştırmalar ve klinik deney verilerine uygulanabilir. Tıbbi verilerin özetlenmesi, sağlık profesyonellerinin doğru teşhisler yapmasına, hasta sonuçlarındaki eğilimleri belirlemesine ve tıbbi literatürle güncel kalmasına yardımcı olabilir. Sağlık hizmetlerinin sunumu, yönetimi ve planlaması için zengin sağlık verilerinden çıkarılan bilgiler hayati öneme sahiptir. Ancak, şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğu, hastalıkların teşhisi ve tedavisi amacıyla klinik/tıbbi sağlık verilerine odaklandığı için operasyonel ve finansal sağlık verileri konusunda çok fazla araştırma yapılmamıştır [65].

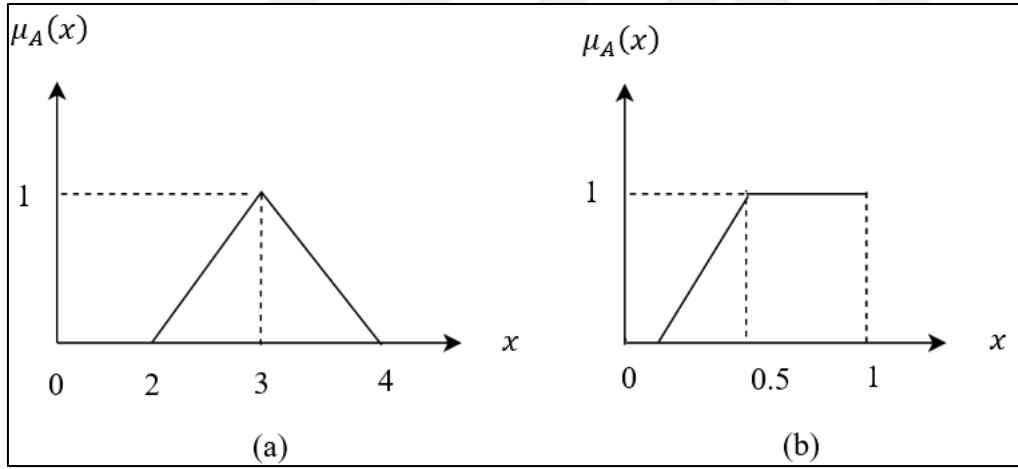
Dilsel özetleme, sosyal medya gönderilerinden, ürün incelemelerinden veya müşteri geri bildirimlerinden duyguları ve görüşleri özetlemek için de kullanılabilir. Bu, şirketlerin kamu algısını değerlendirmesine, pazarlama kampanyalarının başarısını değerlendirmesine ve iyileştirme alanlarını belirlemesine yardımcı olur [66].

Medya ve haber analizinde, dilsel özetleme, büyük hacimli haber makalelerini ve raporlarını özetlere dönüştürebilir. Bu, gazetecilerin, araştırmacıların ve medya profesyonellerinin güncel olaylar ve trend konular hakkında bilgili kalmalarına yardımcı olur [67]. Büyük kuruluşların, güncel gelişmelerden haberdar olmak ve haberlerde nasıl temsil edildiklerini takip etmek için medya üzerinde gözlem yapan özel bölümleri vardır. Bu medya izleme görevi, bir ölçüde desteklenebilir [68].

Nesnelerin interneti alanında, çeşitli cihazlardan gelen veri akışlarının bol olduğu yerlerde, dilsel özetleme gerçek zamanlı olarak eyleme geçirilebilir içgörüler sunabilir. Kullanıcıların verilerdeki önemli eğilimleri ve anomalileri hızlı bir şekilde kavramasına olanak tanır [69]. Veri analizine dilsel özetleme uygulamaları, bilgi işlemeyi hızlandırır,

veri anlayışını geliştirir ve anlaşıldığı üzere çeşitli alanlarda bilinçli karar verme sürecini destekler.

Yager [70] tarafından 1982'de sunulan verilerin dilsel özetlemesi bulanık kümeler üzerine dayanır. Veri üç değer açısından özetlenir: bir özetleyici, bir dilsel niceleyici ve bir doğruluk derecesi [71]. Dilsel özet oluşturmak için temel olarak tip 1 ve tip 2 niceleyici cümleler tanıtılmış, daha sonra farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu iki tür cümle, Zadeh [55] tarafından önerilen mutlak ve göreceli niceleyicilere dayanmaktadır. Bulanık niceleyiciler bilindiği üzere bir kümedeki bir elemanın üyelik derecesini ifade eder. Zadeh, mutlak ve göreceli niceleyicilere atıfta bulunmak için "birinci tür bulanık niceleyiciler" ve "ikinci tür bulanık niceleyiciler" sınıf etiketlerini kullanmıştır. Birinci tür niceleyicilerin yaygın örnekleri şunlardır: "birkaç, yaklaşık beş, ona yakın, ondan çok daha büyük," vb. İkinci türün örnekleri ise: "çoğu, büyük bir kısım, çok" vb. Buna örnek olarak mutlak niceleyici "yaklaşık üç" ve göreceli niceleyici "en az yarısı" Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. (a) Mutlak niceleyici, (b) göreceli niceleyici

Dilsel bir özetin dört ögesi şunlardır: (i) bir bulanık kümeyle etiketlenmiş dilsel niceleyici Q , (ii) bir bulanık kümeyle etiketlenmiş dilsel özetleyici S , (iii) bir bulanık kümeyle etiketlenmiş bir dilsel öncül özetleyici S_g ve (iv) T özetin doğruluk derecesi. Doğruluk derecesi, $[0,1]$ 'de bir değer alır ve verilerin oluşturulan özeti ne ölçüde desteklediğini ifade eder [71]. Çizelge 4.5 dilsel özetleme sürecinde kullanılan semboller ve bunların açıklamaları örneklerle birlikte göstermektedir.

Çizelge 4.5. Dilsel özetlemede kullanılan semboller ve açıklamaları

Sembol	Açıklama	Örnek
\mathbb{D}	Veritabanı	Çocuk veritabanı
Y	Veritabanındaki nesnelere	OSB'li çocuklar
y_m	Veri tabanındaki m. nesne	m. çocuk
v_a	g. özellik	Animasyon bekleme süresi (ABS)
X_k	v_k özelliğinin tanım kümesi	[590-13051] ABS
V_a^m	g. özelliğin m. nesne için değeri	m. çocuğun ABS
d_m	y_m nin tüm özelliklere ait değerleri	[3965 ABS, ..]
S	Özetleyici	orta, yüksek,...
Q	Niceleyici	çoğu, azı...
S_g	Öncül özetleyici	Yaşa göre ileride, yaşa göre geride
T	Doğruluk derecesi	0.95

Tip-I niceleyici cümleler, önerilen cümle yapılarından ilkidir. Cümle " $Q Y'ler S'dir/vardır. [T]$ " şeklindedir. Yalnızca Tip-I cümleler mutlak niceleyici belirteçlerini kullanabilir (örneğin yaklaşık on, yaklaşık üç). Bu yapı, "*Çocukların yaklaşık beşinin animasyonda kalma süresi yüksektir [0,80]*" gibi örneklerin oluşturulmasına olanak tanır. Buna örnekteki tip-I cümlede "yaklaşık beşi", "çocuklar", "yüksek animasyon kalma süresi" ve [0.80] sırasıyla niceleyici Q 'yu, nesne Y 'yi, özetleyici S 'yi ve doğruluk derecesi T 'yi ifade etmektedir.

Tip-II niceleyici cümleler Zadeh'in önerdiği diğer cümle biçimidir [55]. Cümle " $Q S_g Y'ler S 'dir/vardır [T]$ " şeklinde yazılır. Bir önceki örnek cümle için düşünüldüğünde eğer çocukların bilişsel özelliği de veri setinde yer alıyorsa, bu yapı "*Yaşlarına göre geride olan çocukların çoğunun animasyonda kalma süresi yüksektir [0,70]*" örneğinin oluşturulmasına olanak tanır. "Çoğu", "yaşa göre geride", "çocuklar", "yüksek animasyon bekleme süresi" ve [0.70] tip II cümlede sırasıyla niceleyici Q , öncül özetleyici S_g , nesne Y , özetleyici S ve doğruluk derecesi T 'yi ifade eder.

Özet cümlelerinin sayısı, niceleyicilerin sayısı ile özetleyicilerin sayısının kombinasyonuna eşittir. En anlamlı ve faydalı cümle en yüksek doğruluk derecesini gösterir. Bu sebeple

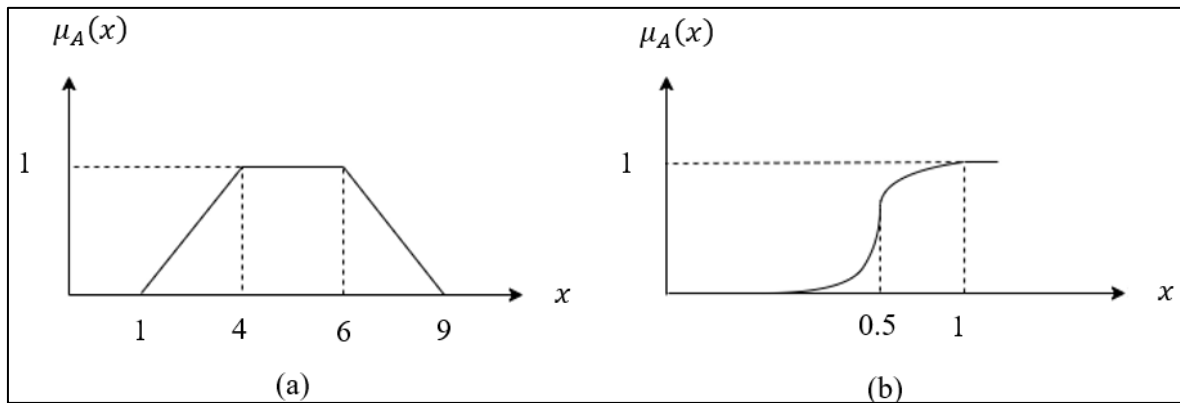
genellikle belli bir eşik değerin üzerinde doğruluk derecesi üreten cümleler seçilmektedir [72].

Yarı bulanık niceleyiciler

Niceleyici dilsel özet cümlelerinde mutlak ve göreceli niceleyiciler kullanılmaktadır ancak "üç çocuk dışında hepsi yaşa göre ileridedir" veya "kız çocuklardan yaklaşık üç kat daha fazla yaşa göre ileride çocuk vardır" gibi cümleler mutlak veya göreceli niceleyicilerle ifade edilemez. Klasik niceleyiciler yalnızca kesin argümanlarla ilgilenir; ancak bulanık bir dilsel niceleyici bulanık argümanları kabul eder ve doğruluk derecesi $[0,1]$ aralığındaki bir değere eşittir.

Yarı bulanık bir niceleyici, klasik bir niceleyici ile bulanık bir niceleyici arasında tanımlanır [73]. Yarı bulanık niceleyici kesin argümanı klasik bir niceleyici olarak kabul eder, ancak doğruluk derecesi bulanık bir niceleyici olarak $[0,1]$ 'deki bir değere eşittir [74]. Bu nedenle yarı bulanık niceleyici, niceleyici cümlelere dayalı farklı türde özet oluşturmanın esnek bir yoludur.

Yarı bulanık niceleyiciler klasik niceleyicilere benzemekle birlikte sonuçların $[0,1]$ aralığında değişmesine izin vermesi nedeniyle "yaklaşık 5" ve "yaklaşık %80 veya daha fazla" yarı bulanık niceleyicilere örnek olabilir [75]. Şekil 4.10 (a) ve (b)'de yarı bulanık niceleyicilerin tanımı için bulanık sayılar sırasıyla "yaklaşık 5" ve "yaklaşık %80 veya daha fazla" verilmiştir.



Şekil 4.10. (a) yaklaşık_5 , (b) yaklaşık %80 veya daha fazla

Örneğin, bu bulanık niceleyicilerin

$$\text{yaklaşık}_5(X_1, X_2) = T_{1,4,6,9}(|X_1 \cap X_2|)$$

$$\text{yaklaşık}_{\%80\text{ veya daha fazla}}(X_1, X_2) = \begin{cases} S_{0.5,0.8}\left(\frac{|X_1 \cap X_2|}{|X_1|}\right) & X_1 \neq \emptyset \\ 1 & X_1 = \emptyset \end{cases}$$

olduğu düşünülün. Burada $T_{a,b,c,d}$ özü $[b,c]$ ve desteği (a,d) olan yamuk fonksiyonunu (bkz. Eş. 4.18), $S_{a,b}(x)$ Zadeh'in S- fonksiyonunu (Bkz. Eş. 4.20) temsil eder [41].

“yaklaşık %80 veya daha fazla çocuk OSB’lidir” cümlesi için $E = \{e_1, \dots, e_6\}$ referans kümesi, “çocuk” ve “OSB’li” kümeleri sırasıyla X_1, X_2 aşağıdaki şekilde olmak üzere

$$X_1 = \{e_1, \dots, e_5\}, X_2 = \{e_1, e_2, e_3, e_6\}$$

Bu cümlenin değerlendirilmesi ;

$$\text{yaklaşık}_{\%80\text{ veya daha fazla}}(X_1, X_2) = S_{0.5,0.8}\left(\frac{|X_1 \cap X_2|}{|X_1|}\right) = 0.22 \text{ olarak yapılır.}$$

Yarı bulanık niceleyiciler tekli, ikili, üçlü, dördü olmak üzere dört ana kategoride sınıflandırılmaktadır [75]. Yarı bulanık niceleyici, $Q_{Y,a,type}^{FN}$ veya $Q_{Y,a,type}^{FN,v}$ olarak gösterilir; burada FN, \mathbb{Z} , $[0,1]$ veya \mathbb{R} üzerindeki bulanık sayıdır; $v \in [0,1]$; Y evrensel kümedir, $a \in \mathbb{N}$ yarı bulanık niceleyicinin niteliğidir, tür ise kardinal, oransal veya karşılaştırmalı gibi yarı bulanık niceleyicilerin oluşturulmasına yönelik farklı seçenekler arasında ayırım yapan bir parametredir. Farklı tipteki yarı bulanık niceleyicilere örnekler Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yarı-bulanık niceleyici örnekleri

Yarı-bulanık niceleyici	Örnek
$Q_{Y,1,hepsi_hariç_oransal}^{FN}(S) = FN\left(\frac{ Y-S }{ Y }\right)$	Hastaların yaklaşık %30'u hariç tamamı çocuktur. (Y:Hasta, S: Çocuk)
$Q_{Y,2,oran_karşılaştırma}^{FN,v}(S_1, S_2) = \begin{cases} FN(S_1 / S_2) & S_2 \neq \emptyset \\ FN(\infty) & S_1 \neq \emptyset \wedge S_2 = \emptyset \\ FN(1) & S_1 = \emptyset \wedge S_2 \neq \emptyset \end{cases}$	Kızların iki katı kadar erkek vardır. (S_1 : Erkekler, S_2 :Kızlar)
$Q_{Y,3,karşılaştırma_oran}^{FN}(S_1, S_2, S_3) = FN\left(\frac{\frac{ S_1 \cap S_2 }{ S_1 }}{\frac{ S_1 \cap S_3 }{ S_1 }}\right) = FN\left(\frac{ S_1 \cap S_2 }{ S_1 \cap S_3 }\right)$	Orantısız olarak kelime öğrenen kızların oranı, okuyan kızların iki katı veya daha fazladır. (S_1 : Kızlar, S_2 : Kelime öğrenme, S_3 :Okuma)
$Q_{Y,4,oran_karşılaştırma}^{FN,v}(S_1, S_2, S_3, S_4) = \begin{cases} FN\left(\frac{\frac{ S_1 \cap S_2 }{ S_1 }}{\frac{ S_3 \cap S_4 }{ S_3 }}\right) & \frac{ S_1 \cap S_2 }{ S_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ S_3 \cap S_4 }{ S_3 } \neq \emptyset \\ FN(\infty) & \frac{ S_1 \cap S_2 }{ S_1 } \neq \emptyset \wedge \frac{ S_3 \cap S_4 }{ S_3 } = \emptyset \\ v \in [0,1] & otherwise \end{cases}$	Orantısız olarak okuyan kızların oranı kelime öğrenen erkeklerin iki katı veya daha fazladır. (S_1 : Kızlar, S_2 : Okuma, S_3 : Erkekler, S_4 : Kelime öğrenme)

4.3. Doğruluk Derecesi Değerlendirme Yöntemleri

Dilsel özetlerin üretiminin en önemli kısmı, cümlelerin değerlendirilmesidir. Daha güvenilir cümleler üretildikçe, verilerden elde edilen gerçek içgörüler o kadar yansıtılır. Doğruluk derecesi, elde edilen dilsel özetin yeterli veri tarafından desteklenip desteklenmediğini ölçmek için kullanılır. Bu nedenle, dilsel özetleme üzerine yapılan çoğu teorik çalışma, doğruluk derecesine odaklanmıştır. Doğruluk derecesinin nasıl hesaplanacağı, kardinalite türüne göre skalar kardinaliteye dayalı yöntemler ve bulanık kardinaliteye dayalı yöntemler olarak iki gruba ayrılmıştır. Tip-I niceleyici ve tip-II niceleyici cümlelerin değerlendirilmesinde kardinalite tabanlı olmayan yöntemlere burada yer verilmemiştir.

İlk olarak, Zadeh [55], Yager [76], Bosc and Lietard [77], doğruluk derecesini hesaplamak için skalar kardinaliteyi kullanmayı önermişlerdir. Skalar kardinaliteye dayalı yöntemler, hesaplama maliyetlerinin çok düşük olması nedeniyle dilsel özetleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılmıştır [78].

4.3.1. Skalar kardinaliteye dayalı doğruluk derecesi değerlendirme yöntemleri

Zadeh tarafından önerilen yöntemler, skalar kardinaliteye dayalı doğruluk derecesi hesaplama yöntemlerinin temelini oluşturur [79]. Tip I niceleyici cümle için hesaplama yöntemi Eş. 4.36'da verilmiştir. Burada Q : dilsel niceleyici (örneğin, çoğu, yaklaşık üç vb.), Y : ($m=1, \dots, M$) nesnelere, S özetleyici (örneğin, yaş, boy vb.), T : doğruluk derecesi $[0,1]$, μ : üyelik fonksiyonu, d_m : m 'inci nesnenin d özelliğinin değeri şeklinde ifade edilir.

$$T = \mu_Q \left(\frac{\sum_{m=1}^M \mu_S(d_m)}{R} \right), R = \begin{cases} M & , \text{Göreceli niceleyici} \\ 1 & , \text{Mutlak niceleyici} \end{cases} \quad (4.36)$$

Tip II niceleyici cümle için hesaplama yöntemi Eş. 4.37'de verilmiştir. Burada Q : dilsel niceleyici (örneğin, çoğu, yaklaşık üç vb.), S_g : ön-özetleyici (örneğin, yaş, maaş vb.), Y : ($m=1, \dots, M$) nesnelere, S özetleyici (örneğin, yaş, boy vb.), T : doğruluk derecesi $[0,1]$, μ : üyelik fonksiyonu, d_m : m 'inci nesnenin d özelliğinin değeri, v_g^m : m 'inci nesnenin g özelliğinin değeri şeklinde ifade edilir.

$$T = \mu_Q \left(\frac{\sum_{m=1}^M (\mu_{w_g(S_g)}(v_g^m) \otimes \mu_S(d_m))}{\sum_{m=1}^M \mu_{w_g(S_g)}(v_g^m)} \right) \quad (4.37)$$

Oluşturulan niceleyici cümlede birden fazla özetleyici varsa bunların t-norm operatörü \otimes ile kesişimi elde edilir ve doğruluk derecesi hesaplamasına dahil edilir [72].

Doğruluk derecesini hesaplarırken skalar kardinalite kullanılması bazı durumlarda tutarsız sonuçlar üretilmesine sebep olur, çünkü çok sayıda küçük üyelik derecesi, az sayıda büyük üyelik derecesini bastırır [79]. Bu nedenle, literatürde skalar kardinalite yerine bulanık kardinaliteye dayanan doğruluk derecesini hesaplama yöntemleri de önerilmiştir ancak bu yöntemlerin detaylarına bu çalışmada yer verilmemiştir.

4.3.2. Yarı-bulanık niceleyici temelli yöntem

Literatürde, bulanık kardinaliteye dayalı farklı yöntemler önerilmiştir. Yarı bulanık niceleyiciye dayalı yöntem, bulanık kardinaliteye dayalı diğer yöntemlerden biridir. Yarı bulanık niceleyiciye dayalı yöntem, bulanık kardinaliteye dayalı yöntemlerin daha genel bir formu olduğu için, bulanık niceleyici ile üretilen cümleleri değerlendirme yeteneğine sahiptir.

Bilindiği üzere cümlelerde mutlak ve göreceli niceleyiciler kullanılmaktadır. Ancak "üç çocuk dışındaki tüm çocuklar yaşa göre geridedir" veya "OSB'li çocuklardan yaşa göre çok geride olan üç çocuk vardır" gibi cümleler, mutlak ve göreceli niceleyicilerle ifade edilemez. Bulanık kümeler, α kesmeleri tanımlayarak kesin kümeler haline dönüştürülebilir. α kesmeleri ile elde edilen kesin kümelerin kombinasyonu, bulanık küme oluşturur. Böylece, özellikler bulanık kümelerle ifade edildiğinde, niceleyici cümleler yarı bulanık niceleyiciler ile modellenir.

Yarı bulanık niceleyiciler, bulanık niceleyicilere göre çok daha sezgisel ve tanımlanması kolaydır, ancak bulanık niceleyicilerle cümlelerin değerlendirilmesi sorunu tek başına çözemezler. Bu nedenle, özellikleri bulanık kümeler tarafından tanımlanan yarı bulanık niceleyicileri kullanmak için farklı bulanıklaştırma mekanizmaları önerilmiştir. Niceleyici bulanıklaştırma mekanizmaları, yarı bulanık niceleyicileri bulanık niceleyicilere dönüştürmemizi sağlar [75]. Literatürde, yarı bulanık niceleyicilere dayalı bulanık niceleyiciler tanımı, iki niceleyici bulanıklaştırma mekanizması ile mümkün kılınmıştır. Bunlar, Glöckner [80] tarafından tanımlanan M mekanizması ve Diaz-Hermida ve diğerleri [75] tarafından tanımlanan olasılıksal F^I mekanizmasıdır. Bu çalışmada kullanılan F^I mekanizması, aşağıda verilmiştir.

E bir küme, $\mathbf{I} = [0,1]$, $X \in \tilde{\wp}(E)$ ve $\gamma \in \mathbf{I}$. X_γ^{min} , $X_\gamma^{max} \in \wp(E)$ Eş. 4.38 ve Eş. 4.39 ile tanımlansın.

$$X_\gamma^{min} = \begin{cases} X_{>1/2} & \gamma = 0 \\ X_{\geq \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\gamma} & \gamma > 0 \end{cases} \quad (4.38)$$

$$X_{\gamma}^{max} = \begin{cases} X_{\geq 1/2} & \gamma = 0 \\ X_{> \frac{1-\gamma}{2}} & \gamma > 0 \end{cases} \quad (4.39)$$

$X_{\geq \alpha} = \{ e \in E : \mu_x(e) \geq \alpha \}$ α kesmesi ve $X_{> \alpha} = \{ e \in E : \mu_x(e) > \alpha \}$ güçlü α kesmesidir.

Bulanık medyan $med_{1/2} : \mathbf{I} \times \mathbf{I} \rightarrow \mathbf{I}$ Eq. 4.40 ile tanımlanır.

$$med_{\frac{1}{2}}(u_1, u_2) = \begin{cases} \min(u_1, u_2) & \min(u_1, u_2) > 1/2 \\ \max(u_1, u_2) & \max(u_1, u_2) < 1/2 \\ \frac{1}{2} & d. d. \end{cases} \quad (4.40)$$

Genelleştirilmiş bulanık medyan $m_{1/2} : \wp(\mathbf{I}) \rightarrow \mathbf{I}$ Eş. 4.41 ile verilmiştir. Burada *inf* en büyük alt sınır and *sup* en küçük üst sınırdır.

$$m_{\frac{1}{2}}(X) = med_{\frac{1}{2}}(\inf X, \sup X) \text{ for all } X \in \wp(\mathbf{I}) \quad (4.41)$$

Bulanık niceleyici $Q_{\gamma} : \tilde{\wp}(Y)^K \rightarrow \mathbf{I}$ Eş. 4.42 ile tüm $Q : \tilde{\wp}(E)^S \rightarrow \mathbf{I}$ yarı-bulanık niceleyicileri için tanımlanır.

$$Q_{\gamma}(X_1, X_2, \dots, X_k) = m_{\frac{1}{2}}\{Q(Y_1, Y_2, \dots, Y_s) : (X_i)_{\gamma}^{min} \subseteq Y_i \subseteq (X_i)_{\gamma}^{max}\} \quad (4.42)$$

Buna göre, Y evrensel küme, $\gamma \in [0,1]$ olmak üzere, $S_1, S_2, \dots, S_k \in \tilde{\wp}(Y)$ Y evrensel kümesinde tanımlanan bulanık kümelerin dilsel özetleridir. Olasılıksal F^I mekanizması S_k , $k = 1, \dots, K \in \tilde{\wp}(Y)$ bulanık küme; $(S_k)_{\geq \alpha_k}$ S_k 'nin α kesme seviyesi α_k ; ve Q K 'nin yarı bulanık niceleyicisi olmak üzere Eş. 4.43'de tanımlanır.

$$F^I(Q)(S_1, \dots, S_k) = \int_0^1 \dots \int_0^1 Q((S_1)_{\geq \alpha_1}, \dots, (S_k)_{\geq \alpha_k}) d\alpha_1 \dots d\alpha_k \quad (4.43)$$

F^I mekanizmasını temel alarak, "Yaşlarına göre geride olan OSB'li çocukların yaklaşık hepsinin animasyon net kalma süresi yüksektir." cümlesinin doğruluk derecesini

hesaplayabiliriz. Yaşa göre geride = B, yüksek animasyon net bekleme süresi = A, yaklaşık hepsi = Q ve A ve B kümeleri aşağıdaki gibi olsun.

$$A = \left\{ \frac{0.8}{e_1}, \frac{0.9}{e_2}, \frac{1}{e_3}, \frac{0.2}{e_4} \right\}, B = \left\{ \frac{1}{e_1}, \frac{0.8}{e_2}, \frac{0.3}{e_3}, \frac{0.1}{e_4} \right\}$$

$$\text{yaklaşıkhepsi}(X_1, X_2) = \begin{cases} \max \left\{ 2 \left(\frac{|X_1 \cap X_2|}{|X_1|} \right) - 1, 0 \right\} & X_1 \neq \emptyset \\ 1 & X_1 = \emptyset \end{cases}$$

Böylece A ve B'nin α kesmeleri Çizelge 4.7, ve $F^I(\text{yaklaşıkhepsi})(A, B)$ Çizelge 4.8 'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. A ve B'nin α kesmeleri

	$(A)_{\geq \alpha_1}$		$(B)_{\geq \alpha_2}$
$\alpha_1 \in (0.9, 1]$	$\{e_3\}$	$\alpha_2 \in [1, 0.8]$	$\{e_1\}$
$\alpha_1 \in (0.8, 0.9]$	$\{e_2, e_3\}$	$\alpha_2 \in (0.8, 0.3]$	$\{e_1, e_2\}$
$\alpha_1 \in (0.2, 0.8]$	$\{e_1, e_2, e_3\}$	$\alpha_2 \in (0.3, 0.1]$	$\{e_1, e_2, e_3\}$
$\alpha_1 \in (0, 0.2]$	$\{e_1, e_2, e_3, e_4\}$	$\alpha_2 \in (0.1, 0]$	$\{e_1, e_2, e_3, e_4\}$

Çizelge 4.8. $F^I(\text{yaklaşıkhepsi})(A, B)$

<i>yaklaşıkhepsi</i>	$\alpha_2 \in [1, 0.8]$	$\alpha_2 \in (0.8, 0.3]$	$\alpha_2 \in (0.3, 0.1]$	$\alpha_2 \in (0.1, 0]$
$\alpha_1 \in (0.9, 1]$	0.02:0.00	0.05:0.00	0.02:1.00	0.01:1.00
$\alpha_1 \in (0.8, 0.9]$	0.02:0.00	0.05:0.00	0.02:1.00	0.01:1.00
$\alpha_1 \in (0.2, 0.8]$	0.12:0.00	0.30:0.33	0.12:1.00	0.06:1.00
$\alpha_1 \in (0, 0.2]$	0.04:0.00	0.10:0.00	0.04:0.50	0.02:1.00

Çizelge 4.8'deki matrisden değerlendirme sonucu $F^I(\text{yaklaşıkhepsi}_E)(X_1, X_2) = 0.02 \times 0 + \dots + 0.02 \times 1 = 0.379$ olarak elde edilir.

4.4. Yorumlanabilirlik

Bulanık niceleme üzerine yapılan araştırmanın üç temel odak noktası yorumlama, muhakeme ve özetlemedir. Yorumlamanın hedefi, bulanık nicelemenin anlamını açık bir şekilde belirlemek iken muhakemenin amacı, bulanık niceleyicilerle daha fazla bilgi çıkarmaktır ve özetleme ise en uygun nicel ifadeyi sunmak için yapılır [80]. Özetlemenin gerçek hayata uygulanabilirliğini artırmak için, onun dilsel kalitesini artırmak gerektiğinden özetin içerisine yorumlanabilirliği dahil etmek önemli bir konudur [81]. Yorumlanabilirlik, Lesot ve diğerleri [82] tarafından bireysel ve grup cümleleri bazında iki şekilde incelenmiştir. Değerlendirme prosedürü, her cümlenin kalitesinin değerlendirildiği, kaliteli cümlelerin seçildiği ve dilsel çevirinin yapıldığı cümle seviyesinde başlar. Bir grup cümleyi bir bütün olarak değerlendirme yeteneği, her bir cümlenin ayrı ayrı değerlendirilme yeteneğine bağlıdır. Derlenen bilgiler her cümle tarafından temsil edilmelidir. Bu seviye temsili değerlendirmek için genellikle doğruluk derecesi kullanılır ancak Yager'in bilgi vericilik düzeyi [70], Kacprzyk'ın kalite göstergeleri [83] ve Wu ve Mendel'in yöntemi [84] gibi diğer ölçütler de tanıtılmıştır. Bir özetin genel yorumlanabilirliği, sadece her cümlenin ayrı ayrı ne kadar iyi anlaşılabilmesine bağlı değildir, aynı zamanda kolektif olarak ne kadar iyi anlaşılabilmesine de bağlıdır [82]. Özetler için indirgeme algoritmasına göre [85], elde edilen cümlelerden yüksek kaliteli cümleler, sıralama tabanlı veya puan tabanlı eşik teknikleri kullanılarak bulunabilir. Özetler, tüm potansiyel kombinasyonlar kullanılarak oluşturulur ve ardından doğruluk derecesine göre azalan sırada düzenlenir. Sıralama tabanlı eşik değer tekniğine göre ilk k cümle çıkarılır. Puan tabanlı eşik yaklaşımı, önceden belirlenen bir eşik değerle yüksek doğrulukta özet cümlelerini çıkarılmasını ifade etmektedir.

Genel yorumlanabilirliğin farklı yönleri cümlelerin tutarlılığı, artıksızlık ve bilgi içeriğidir. Bir özet, çelişmeme ve çift olumsuzlama sağlandığında tutarlı olarak ifade edilebilir [82]. Çelişmeme, çelişkili bir terim içeren iki cümlenin tamamlayıcı doğruluk değerlerine sahip olmasına işaret eder. " $S = Q B Y A$ " cümle yapısının iki çelişkili hali " $C1(S) = \neg Q B Y A$ " ve " $C2(S) = Q B Y \neg A$ " şeklindedir, burada \neg olumsuzlamayı temsil eder. Örneğin, $S =$ "Çoğu çocuk uzun boyludur" ise, $C1(S)$ "Az çocuk uzun boyludur" ve $C2(S) =$ "Çoğu çocuk kısa boyludur" şeklindedir. Doğruluk dereceleri $T(C1(S)) = T(C2(S)) = 1 - T(S)$ olmalıdır.

Öte yandan, bir cümleye çift olumsuzlama uygulandığında, doğruluk derecesi değişmez. S'nin çift olumsuzlaması $D(S) = C1(C2(S)) = C2(C1(S)) = \neg Q B Y \neg A$ şeklindedir. Örneğin, S'nin çift olumsuzlaması $D(S) = \text{"az çocuk kısa boyludur"}$ şeklindedir, burada kısa uzun kelimesinin zıttıdır.

Özetin yorumlanabilirliğindeki ikinci faktör artıksızlıktır, birden fazla cümlenin aynı fikri ilettiği ve özeti gereksiz yere uzadığı durumdur. Artıksızlık analizi, gereksiz üretilen cümlelerin çıkarılmasını sağlar. İlk olarak, çift olumsuzlamanın bir tür tekrar olduğu ve S veya D(S)'nin cümleden çıkarılması gerektiği hatırlanmalıdır. Diğer tekrar örnekleri, içerme ve benzerlikten kaynaklanır [82].

İçerme, bir cümlenin özetleyicisinin veya niceleyicisinin başka bir cümlenin özetleyicisi veya niceleyicisi içinde olduğu duruma işaret eder. Eğer $Q \subseteq Q1$ ve $A \subseteq A1$, " $S1 = Q B Y A$ " ve " $S2 = Q1 B Y A1$ " ise S1 S2 içinde yer alır. Özetleyicide içerme örneği için, S1 = "*Çoğu genç çocuğun boyu 140cm'dan az*" ve S2 = "*Çoğu genç çocuğun boyu yaklaşık 130cm*" şeklinde olduğu varsayıldığında, S2 gereksizdir çünkü zaten önceki cümlede yer alır. Niceleyici içerme için başka bir örnek, S1 = "*çoğu OSB'li çocuklar animasyon videosunu tercih eder*" ve S2 = "*OSB'li çocukların %80'inden fazlası animasyon videosunu tercih eder*" şeklinde verildiğinde S2 gereksizdir çünkü "*%80'den fazla*" zaten "*çoğu*" içinde yer almaktadır.

Cümleler arasındaki benzerlik de tekrar olarak değerlendirilir. İki cümle birbirine çok benzerse, örneğin, kullanıcı tanımlı bir eşik değere göre, oluşturulan cümleler kümesinden çıkarılabilirler. Bu benzerlik ölçümü, sim_1 ve sim_2 fonksiyonlarının nasıl tanımlandığına bağlıdır. " $S3 = Q1 B1 Y A1$ " olduğunda, T1 ve T3 doğruluk dereceleri, benzerlik Eş. 4.44 'de olduğu gibi tanımlanır. Burada sim_1 iki bulanık küme arasındaki benzerliktir ve sim_2 iki gerçek değer arasındaki benzerliği ifade etmektedir.

$$sim(S1,S3) = \min(sim_1(Q1,Q3), sim_1(A1,A3), sim_1(B1,B3), sim_2(T1,T3)) \quad (4.44)$$

Özetin yorumlanabilirliğinin üçüncü yönü, kullanıcının özette tek tek ifadelerden değil, bunlar arasındaki bağlantılardan aldığı bilgidir. Cümle yorumlama ve anlam, cümleler arasındaki ilişkilere dayalı bilgi kaynaklarına iki örnektir [82]. Cümleleri birbirine bağlayarak veya aralarındaki ilişkiyi vurgulayarak cümleler arasındaki nedensellik

anlamlarını geliştirmemizi sağlar. Örneğin, "*Q1 A Y, B'dir*" ve "*Q2 B Y, C'dir*" iki özetinden bilgi, "*Q Y, A ve C'dir*" olur. "*Q B Y A'dır*" ifadesinin altında yatan anlamın çıkarımı için tüm B cümleleri incelenmelidir. B'ye dayalı tüm cümleler yüksek kalite derecesine sahip olduğunda, tüm "*Q B Y A'dır*" cümleleri tek bir "*Q Y A'dır*" ifadesiyle değiştirilebilir. "*Q Y, attr(B)'den bağımsız olarak A'dır*" protoformu bu denkliği vurgulamak için kullanılabilir; burada attr(B), B'nin özelliğidir; burada "büyük" ve "küçük" , "boyut" özelliğidir. "*Hepsi B Y A*" ve "*Hepsi A Y C*" cümleleri "*Hepsi B Y C*" biçiminde yeni bir cümleyle ifade edilebilir. Temel anlamsal özellik öncül özetleyiciler üzerinden hesaplanır. Örneğin, tüm B öncül özetleyicilerin "*Q B Y A*" cümlelerinin cümle setinde yüksek derecede doğrulukla mevcut olduğunu varsayalım. O halde tek bir cümle olan "*Q Y A*" ile ifade edilebilirler. Birkaç cümle niceleyiciler açısından birleştirilebilir ve tek bir cümlede ifade edilebilir. Örneğin, bir cümle kümesi "*Çoğu Y A*", "*Az Y B*" ve "*Az Y C*" içeriyorsa "*Y çoğunlukla A, bazen B ve C*" gibi tek bir cümleyle ifade edilebilirler.



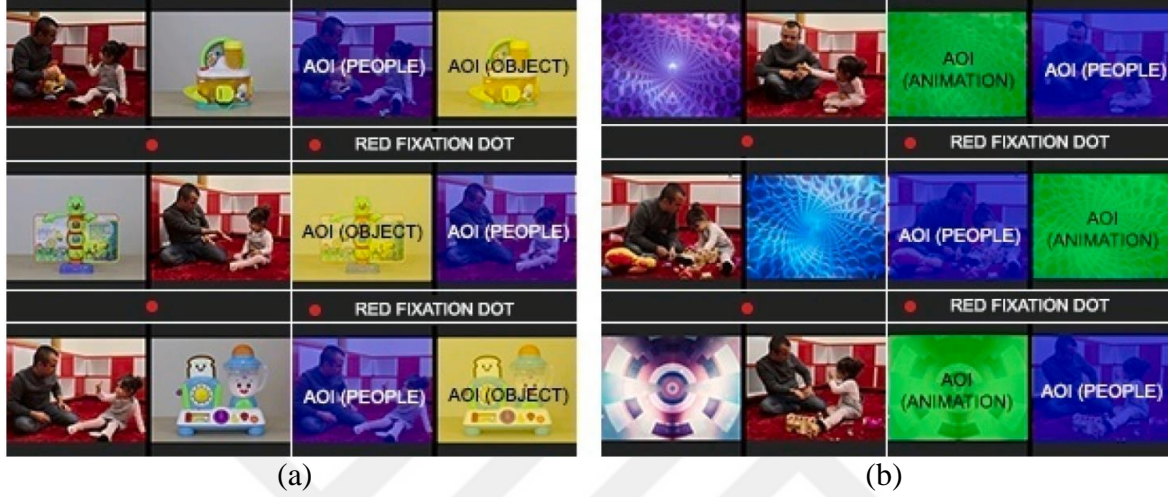
5. UYGULAMA

Bu çalışmada, bulanık niceleyicilere dayalı olarak OSB'li ve TD'li çocukların göz takibi ve Bayley verilerinden dilsel özetler üretilmiştir. Uygulama iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada sadece göz izleme verileri dikkate alınmış olup ikinci aşamada çocukların Bayley puanlarının eklenmesiyle veri seti genişletilmiştir ve yarı bulanık tabanlı değerlendirme yöntemleri yardımıyla çocukların farklı özelliklerini tanımlayacak cümleler ve doğruluk dereceleri üretilmiştir. Üretilen özetlerin anlaşılabilirliğini artırmak üzere bir önceki bölümde açıklanan yorumlanabilirlik özellikleri ile nihai özet cümleleri elde edilmiştir.

Bu uygulamada Özdemir ve diğerleri tarafından geliştirilen projenin [12] veri seti kullanılmıştır. Veri seti ortalama yaşları 34.85 ay (aralık: 28-36 ay) olan 61 OSB olan genç çocuk ve ortalama yaşları 32.90 ay (aralık: 26-36 ay) olan 72 NG çocuklar olmak üzere iki grup çocuk içermektedir. Verisi toplanan çocuklar Ankara, Türkiye'de hem metropol hem de kırsal bölgelerde bulunmaktadır ancak bu detay kullanılan veri setinde mevcut değildir. OSB tanılı çocuklar, lisanslı çocuk psikiyatristleri tarafından DSM - V [1] kriterlerine göre önceden tanı almışlardır. OSB'li çocuklar, dil işleme becerisi gerektirmeyen bir pasif izleme kullanan bu çalışma nedeniyle kronolojik yaşlarına göre NG grubuyla eşleştirilmiştir. Tüm katılımcılar 18 ila 36 ay arasında olmak, nöbet bozukluğu veya bilinen genetik bir hastalığı olmamak ve düzeltilmeyen işitme veya görme bozukluğuna sahip olmamak kriterlerini karşılamaktadır.

Veri toplama sürecinde [12]'de belirtildiği şekilde Gİ veri kaydı için bir 17 inç ekran, 250 Hz örnekleme hızında göz hareketlerini kaydeden SensoMotoric Instruments (SMI)-Red250 uzaktan göz takibi cihazının altına yerleştirilmiştir. Katılımcıların göz hareketlerini ölçmek için pasif izleme Gİ egzersizleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ikili görme görevi kullanılmıştır ve her grup katılımcısına tek bir oturumda verilmiştir. Bu iki gruplandırmayı oluşturan çiftler sosyal ve sosyal olmayan uyarıcılardan oluşmaktadır. İlk set, üç çift oyuncak filminin ve sosyal etkileşim (SI) videolarının olduğu, ikinci set ise üç animasyon videosunun ve SI filmlerinin olduğu bir çalışmadır [12]. Resim 5.1'de örnek ekran görüntüsü verilmiştir.

Özdemir ve diğerleri tarafından yapılan bu çalışma [12], OSB olan genç çocukların görsel dikkat farklılıklarını yakalamada iki farklı sosyal olmayan uyarıcı olan oyuncak veya animasyon setlerinin hangisini daha iyi yakalayacağını belirlemeyi amaçlamıştır. Animasyon videoları ayrı uyarıcı setleri olarak değerlendirilmiştir.



Resim 5.1. (a) SI-oyuncak görsel uyarıcı seti, (b) SI-animasyon görsel uyarıcı seti [12]

Bu Gİ veri setinde 14 özellik bulunmaktadır. SMI kılavuzunda [86] özelliklerin tanımları bulunmaktadır. Çalışmalarında, özellik seçimi aşamasında belirgin özellikleri çıkarmak için açık kaynaklı bir makine öğrenimi aracı olan WEKA'nın [87] "Özellik seçimi modu" kullanılmış ve 10 katlı çapraz doğrulama yöntemi uygulanmıştır. Özellik seçiminde [12] odak sayısı, kalma süresi ve animasyon ilgi alanı (AOI: area of interest) özelliklerini ayırt edici özellikler olarak tanımlamıştır. AOI içindeki sabitleme sayısı odak sayısı olarak bilinir. AOI'yi alan tüm sabitlemelerin toplam süresi kalış süresi'ni oluşturur. SI - Animasyon veri setinde, genel bulgularına göre birçok sınıflandırma algoritması daha yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir [12].

Özdemir ve diğerleri'nin bu çalışmadaki bulguları, animasyon tabanlı görsel setlerin oyuncak tabanlı olanlardan daha fazla dikkat çektiğini önermektedir. Bu nedenle, sonraki araştırmalar için deney tasarımında animasyonlu uyarıcıların kullanılmasını önermişlerdir. Ayrıca, özellik seçimi kullanılan yaklaşımlar tarafından gösterildiği gibi, net kalış süresi gibi bazı özelliklerin OSB olan genç çocukları tanımlamada çok ayırt edici olduğunu göstermektedir.

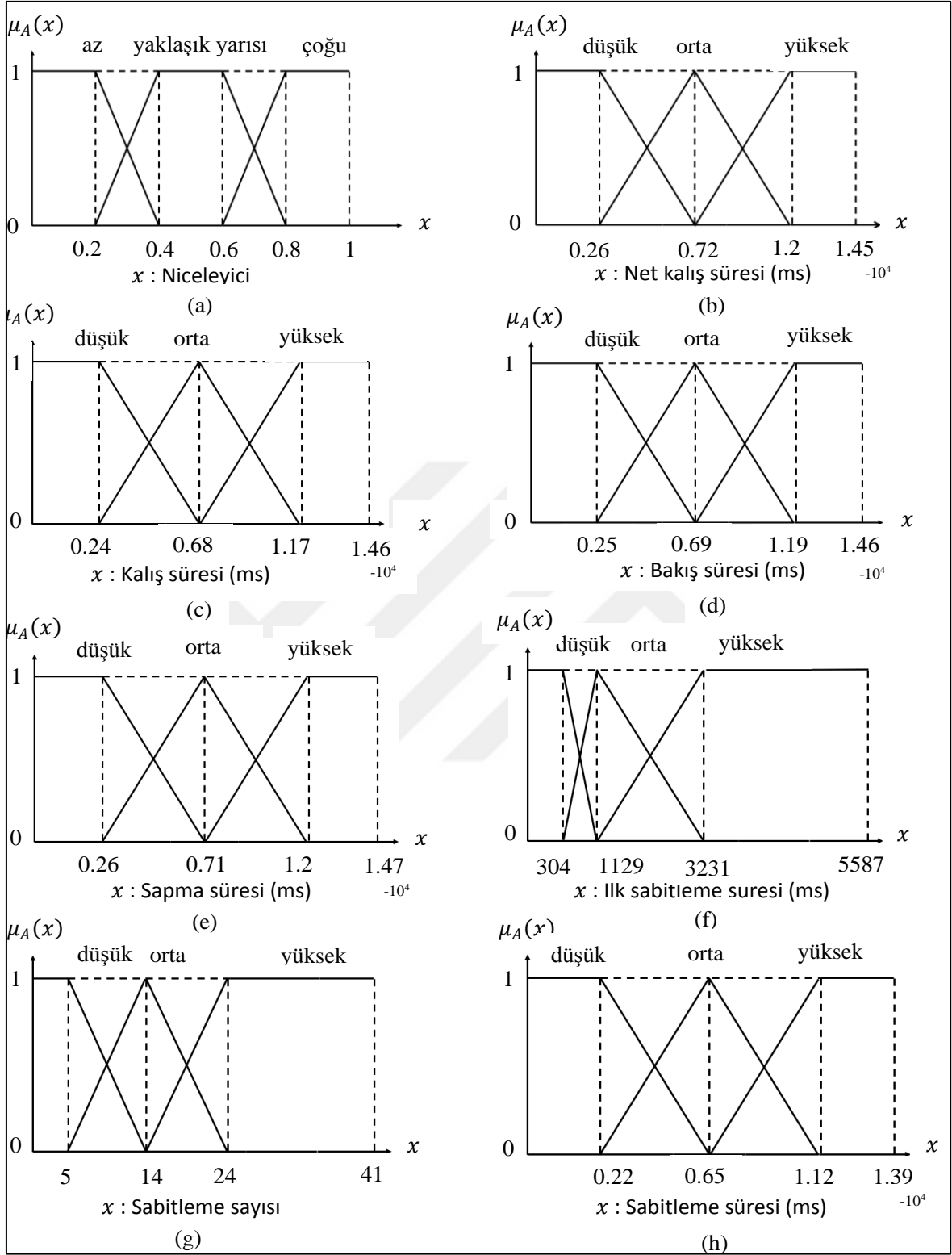
5.1. Animasyon İzleme Verilerinin Dilsel Özetlemesi

Tip I ve Tip II özet yapılarının oluşturulması, animasyon - SI veri kümesine dayanmaktadır. Özellikler [12] çalışmasında kullanılan özellik seçimi yöntemi ile seçilen ayırt edici özelliklere uygun olarak seçilmiştir. Bu özellikler, çocukların SI ve animasyon görsel dikkatine ait olan net kalış süresi, kalış süresi, bakış süresi, sapma süresi, ilk sabitleme süresi, sabitleme sayısı ve sabitleme süresi gibi özelliklerdir. Kullanılan göz izleme verisi özellikleri açıklamaları ile birlikte Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Göz izleme özellikleri

Özellik	Açıklama	Değer
Net Kalış Süresi	Belirli bir noktaya sabitlenmiş zaman	<düşük, orta, yüksek>
Kalış süresi	Bir katılımcının sabitlediği toplam süre	<düşük, orta, yüksek>
Bakış Süresi	Bakışın hedefe doğru hareket ettiği süre	<düşük, orta, yüksek>
Sapma Süresi	sapma süresi toplamının katılımcı sayısına bölümü	<düşük, orta, yüksek>
İlk Sabitleme Süresi	İlk sabitlenmenin sürdüğü süre	<düşük, orta, yüksek>
Sabitleme Sayısı	Tüm sabitlemelerin sayısı	<düşük, orta, yüksek>
Sabitleme Süresi	Sabitleme zamanı	<düşük, orta, yüksek>

Özellikler, BCO algoritması ile üç bulanık küme halinde gruplandırılmıştır. Bulanık kümeler, Şekil 5.1' de verilmiştir. Niceleyici cümleler, niceleyici $Q: \{\text{çoğu, yaklaşık yarısı, azı}\}$, özetleyici $S: \{\text{yüksek, düşük, orta}\}$, ve öncül özetleyici $S_g = \{\text{düşük, orta, yüksek}\}$ ’ dir. Öncül özetleyici SI ve animasyon videolardan toplanan aynı özellik olarak seçilmiştir. Örneğin, katılımcı bir animasyon videosunu izlerken ölçülen bir animasyon kalış süresi bulunmaktadır. Aynı zamanda, katılımcı SI videosunu izlerken ölçülen SI kalış süresi de bulunmaktadır. Çocuklar bu iki tür videoyu aynı anda izlemişlerdir ancak veriler ayrı ayrı kaydedilmiştir.



Şekil 5.1. (a) Dilsel niceleyici ve bulanık sayı değişken kümeleri (b) net kalış süresi, (c) kalış süresi, (d) bakış süresi, (e) sapma süresi, (f) ilk sabitleme süresi, (g) sabitleme sayısı ve (h) sabitleme süresi

Tüm değişkenlerin ve niceleyicilerin kombinasyonları MATLAB [88] programlama kullanılarak Zadeh'in [55] skaler kardinaliteye dayalı değerlendirme yöntemine göre (Bkz.

Eq.4.36, Eq. 4.37) üretilmiş ve değerlendirilmiştir. Seçilen dilsel özetler ve doğruluk dereceleri Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Animasyon izleme verilerinin dilsel özetlemesi

	Dilsel	Özet	T
Tip-I	Çocukların çok azında animasyon videoda yüksek bakış süresi vardır.		1.00
	Çocukların yarısının animasyon videosuna odaklanma süresi düşüktür.		0.93
	Çocukların çok azında animasyon videoda kalış süresi yüksektir.		1.00
	Çocukların çok azının animasyon videosunda uzun süre kalış süresi vardır.		1.00
Tip-II	Animasyon videosunda net kalış süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğu, SI videosunda düşük net kalış süresine sahiptir		1.00
	Animasyon videosunda net kalış süresi düşük olan NG çocuklarının çoğu, SI videosunda yüksek net kalış süresine sahiptir.		0.80
	Animasyon videoda kalma süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunun SI videosunda kalma süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda düşük bekleme süresine sahip NG çocukların çoğunun SI videosunda yüksek kalış süresi vardır		0.96
	Animasyon videoda bakış süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunun SI videosunda bakış süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda bakış süresi düşük olan NG çocukların çoğunun SI videosunda yüksek bakış süresi vardır.		1.00
	Animasyon videosunda sapma süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunun SI videosunda sapma süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda sapma süresi düşük olan NG çocukların çoğunun SI videosunda yüksek sapma süresi vardır.		1.00
	Animasyon videosunda ilk sabitleme süresi düşük olan OSB'li çocukların çoğunun SI videosunda ilk sabitleme süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda ilk sabitleme süresi düşük olan NG çocukların çoğunun SI videosunda ilk sabitleme süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda yüksek sabitleme sayısına sahip OSB çocukların çoğunun SI videosunda düşük sabitleme sayısı vardır.		1.00
	Animasyon videosunda orta düzeyde sabitleme sayısına sahip NG çocukların çoğunun SI videosunda orta düzeyde sabitleme sayısı vardır.		1.00
	Animasyon videosunda yüksek sabitleme süresine sahip OSB'li çocukların çoğunun SI videosunda sabitleme süresi düşüktür.		1.00
	Animasyon videosunda sabitleme süresi düşük olan TD çocuklarının çoğunun SI videosunda yüksek sabitleme süresi vardır.		0.86

Tip-I dilsel özetler, OSB olan ve NG çocukların veri setinin ana özelliklerini göstermektedir. Bu özetlerden, çocukların özellikle animasyon videosu için sabitleme süresi, sabitleme sayısı, bakış süresi, sapma süresi ve kalış süresi gibi özelliklerde yüksek değerlere sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Sadece birkaç çocuk daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Tip-II cümleler, animasyon videosunda daha yüksek bir değer elde edildiğinde SI videosunda daha düşük değerlere ulaşıldığını göstermektedir. Bu nedenle, kalış süresi, bakış süresi, sapma süresi ve sabitleme süresi özellikleri, görsel dikkat temelli OSB taramasında ayırt edicidir. Bununla karşılaştırıldığında, ilk sabitleme süresi ve sabitleme sayısının da aynı yönde etkili olduğu sonucu çıkarılır.

Bu bulgular, OSB'li küçük çocukların SI videoları yerine animasyon videolarına yönelik pasif görsel dikkat tercihine sahip olduklarını göstermektedir. Öte yandan, NG çocuklarının çoğu, SI videolarına görsel ilgisinin arttığını ve onları izlemeyi tercih ettiğini göstermiştir. Dolayısıyla sonuçlar OSB'li çocukların animasyon videolarını tercih ederken, NG çocukların SI videolarını tercih ettiğini göstermektedir. Bulgular aynı zamanda göz hareketi parametresi olan ilk sabitleme süresinin gruplar arasındaki görsel dikkat farklılıklarını göstermeyebileceğini de açığa çıkarmaktadır. Genel olarak bu sonuçlar, OSB'li çocuklar ile NG çocuklar arasındaki görsel dikkat farklılıklarını ve bu farklılıkların onların belirli video türlerine yönelik tercihlerini nasıl etkileyebileceğini anlamının önemini vurgulamaktadır.

Gİ çalışmaları ayrıca OSB'li çocukların sosyal bilgilere azalmış dikkat gösterdiğini ve sosyal sahnelerin sosyal olmayan unsurlarına (örneğin, yüzler yerine dış alan veya nesnelere) artan bir tercih gösterdiğini göstermiştir [12]. Bu fark, çocukların her iki tür videoya olan dikkatini yansıtan karşılaştırma cümlelerinde kanıtlanmıştır. Çalışma sonuçları, OSB'li çocuklar ile NG çocuklar arasında görsel dikkatte net farklılıklar göstermiştir. Tip-II bulguları, animasyon videolarında yüksek net kalış süresi, kalış süresi, bakış süresi ve sabitleme sayısına sahip olan OSB'li çocukların çoğunun SI videolarında düşük net kalış süresi, kalış süresi, bakış süresi ve sabitleme sayısına sahip olduğunu göstermiştir.

5.2. Göz İzleme Verisi ve Bayley Puanlarının Dilsel Özetlemesi

Bu aşamada çocukların Gİ verileri ve Bayley puanları kullanılmıştır. Bütün çocukların Bayley puanlarının bulunmaması nedeniyle bu aşamaya 130 çocuğun verileri dahil edilmiştir. Özdemir ve diğerleri'nin [12] çalışmasındaki Gİ verilerinin yanı sıra, çocukların Bayley skorlarını toplanmışlardır. Kullanılan veri setinde yaş , bilişsel bileşik, bilişsel yaş, dil bileşik, alıcı dil, ifade edici dil, motor bileşik, ince motor, kaba motor Bayley puanları bulunmaktadır.

Bilişsel bileşik, bir çocuğun genel bilişsel gelişimini temsil eden bir özet puandır. Bu, bir çocuğun problem çözme yeteneklerini, hafızasını, dikkatini ve kavramları anlama yeteneklerini değerlendiren bir dizi görev ve etkinlikten türetilir. Bilişsel bileşik puanı, çocuğun zihinsel gelişiminin genel bir resmini verir [89]. Bilişsel yaş, bir çocuğun tipik bir yaş aralığına göre gösterdiği bilişsel gelişim seviyesini ifade eder [90]. Örneğin, bir çocuğun bilişsel yaşının NG 2 yaşındakiyle eşdeğer olduğu belirlenirse, çocuğun bilişsel yetenekleri genellikle 2 yaşındakinden beklenenle aynı düzeydedir.

Dil bileşik puanı, bir çocuğun genel dil gelişimini temsil eder. Bu, alıcı ve ifade edici dil becerilerinin değerlendirilmelerine dayanır. Alıcı dil, dil anlama ve kavrama yeteneğini içerirken, ifade edici dil, kelimeleri ve jestleri kullanarak düşünce ve fikirleri iletebilme yeteneği içerir. Alıcı dil, dil değerlendirmesinin bir alt kümesidir ve özellikle bir çocuğun dil anlama yeteneğini değerlendirir. Talimatları takip etme, nesnelere işaret etme ve sorulara yanıt verme gibi becerileri değerlendirir [91]. İfade edici dil, dil değerlendirmesinin bir başka alt kümesidir ve bir çocuğun kelimeleri, jestleri veya diğer araçları kullanarak iletişim kurma yeteneğine odaklanır. Kelime dağarcığı geliştirme, ihtiyaçları iletmek için kelimeleri kullanma ve temel konuşma yapabilme yeteneği gibi becerileri değerlendirir [11].

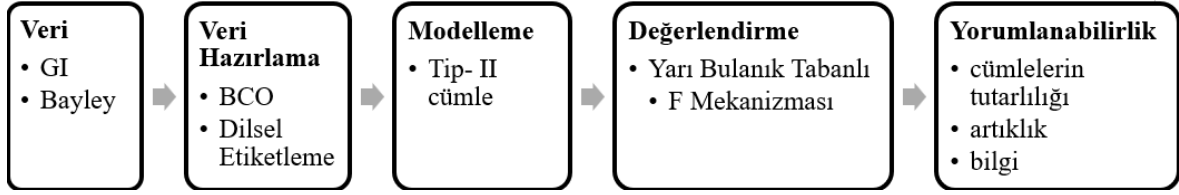
Motor bileşik puanı, bir çocuğun genel motor gelişimini yansıtır, bu da ince ve kaba motor becerileri dahil olmak üzere tüm motor becerilerini içerir [92]. İnce motor beceriler, el ve parmaklardaki küçük kasların koordinasyonunu ve kontrolünü içerir. Küçük nesnelere kaldırmak, çizim yapmak ve nesnelere manipüle etmek ince motor becerilere gereksinim duyar. Kaba motor becerileri, kollar, bacaklar ve gövde bölgelerindeki büyük kasların koordinasyonunu ve kontrolünü içerir. Bu, sürünme, yürüme, zıplama ve koşma gibi

aktiviteleri içerir [93]. Kullanılan Bayley özellikleri açıklamaları ile birlikte Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Bayley özelliklerinin açıklamaları

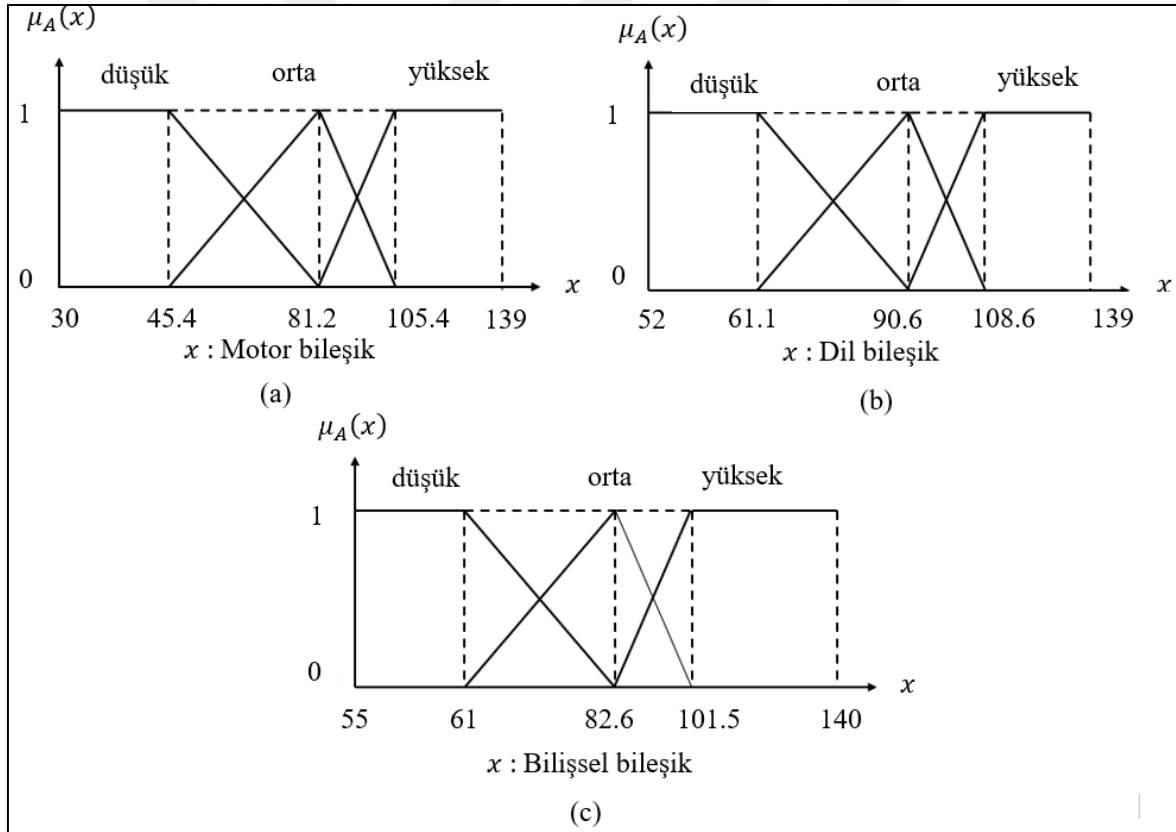
Özellik	Açıklama	Değer
Bilişsel Bileşik	Çocuğun genel bilişsel gelişim puanı	<düşük, orta, yüksek>
Bilişsel Yaş	Tipik bir yaş aralığına kıyasla bir çocuğun gösterdiği bilişsel gelişim düzeyi	<çok geride, geride, eşit, önde, çok ileride>
Dil Bileşik	Çocuğun genel dil gelişimi puanı	<düşük, orta, yüksek>
Alıcı Dil	Çocuğun dili anlama ve kavrama yeteneği	<çok geride, geride, eşit, önde, çok ileride>
İfade Edici Dil	Çocuğun sözcükleri, jestleri veya diğer araçları kullanarak iletişim kurma yeteneği	<çok geride, geride, eşit, önde, çok ileride>
Motor Bileşik	Çocuğun genel motor gelişimi	<düşük, orta, yüksek>
İnce motor	El ve parmaklardaki küçük kasların koordinasyonu ve kontrolü	<çok geride, geride, eşit, önde, çok ileride>
Kaba Motor	Kollar, bacaklar ve gövdedeki büyük kasları koordine etmek ve kontrol etmek	<çok geride, geride, eşit, önde, çok ileride>

Uygulama süreci Şekil 5.2'de verilmiştir. Cümlelerin oluşturulmasında kullanılan Animasyon-SI özellikleri çocukların SI ve animasyon görsel dikkatine ait olan net kalış süresi, kalış süresi, bakış süresi, ilk sabitleme süresi, sabitleme sayısı ve sabitleme süresidir.



Şekil 5.2. Uygulama süreci

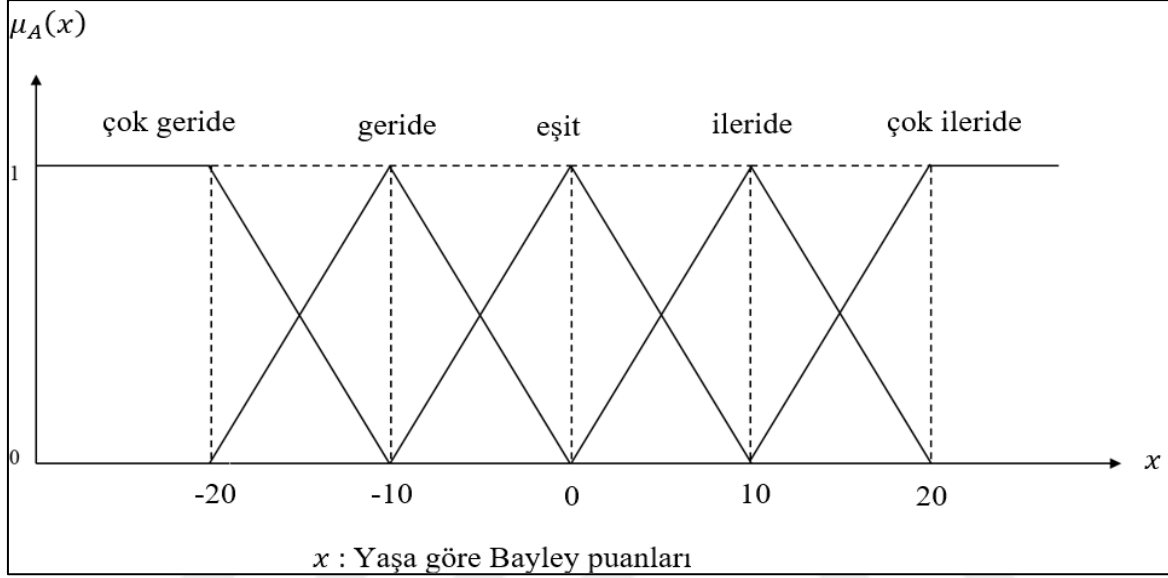
Özellikler, BCO algoritmasıyla düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç bulanık kümeye ayrılmıştır. Az, yaklaşık yarısı ve çoğu cümlelerde kullanılan niceleyicilerdir (Bkz. Şekil 5.1.) Benzer şekilde, BCO kullanılarak çocuklara ait Bayley verilerinin bileşik özellikleri düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç bulanık kümeye bölünmüştür. Bileşik özelliklerin bulanık kümeleri Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Bileşik özelliklerin bulanık kümeleri

Bileşik özellikler bilişsel bileşik, dil bileşik ve motor bileşiktir. Bilişsel yaş, dil bileşik alıcı dil, ifade edici dil, ince motor ve kaba motor olan diğer özellikler ise çocukların yaşına göre "yaşa göre geri", "yaşa göre çok geri", "yaşa eşit", "yaşa göre ileri", "yaşa göre çok ileri" olmak üzere beş gruba ayrılmıştır ve Şekil 5.4'de verilmiştir.

Bu bilişsel özelliklerin veya dil özelliklerinin herhangi bir minimum/maksimum sınırı veya eşiği yoktur. Çocukların bu özelliklere göre değerlendirilmesi her zaman çocukların yaşlarına göre özellik değerleri karşılaştırılarak yapılır. Bayley veri seti aynı zamanda çocukların yaşını ve bilişsel yaşını da içermektedir. Bu nedenle çocuklar "bilişsel yaşa göre ileri" veya "alıcı dil yaşının gerisinde" gibi değerlendirilebilir.



Şekil 5.4. Bayley puanlarının kümesi

Özetleyicilerin, öncül özetleyicilerin ve niceleyicilerin tüm kombinasyonları MATLAB [88] programlaması ile oluşturulmuştur. Veri kümesindeki tüm çocuklar için cümleler oluşturulmuştur.

Dilsel özetlerde yarı bulanık niceleyici tabanlı doğruluk derecesi hesaplamasının kullanılması nedeniyle F^I mekanizması kullanılmış ve doğruluk derecesinin 0,90'dan büyük olduğu eşik değerlerine göre cümleler seçilerek cümle değerlendirmesi yapılmıştır. Seçilen cümlelerden bazıları ve doğruluk dereceleri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Bu tabloda "çoğu" niceleyicisi olan cümlelere yer verilmiştir, çünkü "azı" niceleyicisi olan cümleler onların olumsuzlarıdır.

Çocukların Bayley ölçeği özelliklerini içeren cümleleri dikkate aldığımızda eğer OSB'li çocuklar yaş açısından gerideyse, iletişim özellikleri de yaş açısından geride olduğu anlaşılmaktadır. Bilişsel bileşikleri düşükse, dil bileşik değerlerinin de düşük olduğu

görülmektedir. Bu nedenle, çocukların iletişim, bilişsel veya motor yetenekleri arasında ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.4. OSB ve NG çocuklar için yarı bulanık niceleyici ile değerlendirilen cümleler

Dilsel Özet	T
Bilişsel bileşimi düşük olan OSB'li çocukların çoğunun ortalama sabitleme süresi de düşüktür.	0.98
Düşük bilişsel bileşime sahip OSB'li çocukların çoğunda aynı zamanda dil bileşik de düşüktür.	0.92
Net kalış süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunun aynı zamanda animasyon net kalma süresi de düşüktür.	0.93
Yüksek net kalış süresine sahip olan OSB'li çocukların çoğu aynı zamanda yüksek net kalış süresine de sahiptir.	0.84
İfade edici dil yaşına göre ileri düzeyde olan OSB'li çocukların çoğunun SI ortalama sabitleme süresi de düşüktür.	0.9
İfade edici dil yaşına göre geride olan OSB'li çocukların çoğunda SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.98
Animasyon giriş süresi düşük olan NG çocukların çoğunun SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.98
Animasyon giriş süresi düşük olan NG çocukların çoğunda animasyon sabitleme sayısı da düşüktür.	0.91
Animasyon giriş süresi yüksek olan NG çocukların çoğunun aynı zamanda animasyon net kalma süresi de düşüktür.	0.99
SI sapması yüksek olan NG çocukların çoğu aynı zamanda yüksek SI bakış süresine de sahiptir.	0.89
Yüksek SI sapmasına sahip NG çocukların çoğunda aynı zamanda düşük animasyon sapması da vardır.	0.95
Bilişsel bileşimi yüksek olan NG çocukların çoğunun SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.99
İfade edici dil yaşına göre geride olan NG çocukların çoğunda animasyon sabitleme sayısı da düşüktür.	0.96
SI ilk sabitleme süresi düşük olan NG çocukların çoğunun aynı zamanda ilk SI sabitleme süresi de düşüktür.	0.99
SI ilk sabitleme süresi düşük olan NG çocukların çoğunun animasyon sabitleme sayısı da düşüktür.	0.96
Motor bileşik yüksek olan NG çocukların çoğunda SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.99

Çizelge 5.4. (devam) OSB ve NG çocuklar için yarı bulanık niceleyici ile değerlendirilen cümleler

Dilsel Özet	T
Motor bileşik yüksek olan NG çocukların çoğunda animasyon sabitleme sayısı da düşüktür.	0.98
Kaba motor becerileri yaşına göre çok geride olan çoğu OSB'li çocuğun animasyonda ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.84
Kaba motor becerisi yaşına göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.96
Tekrar ziyareti düşük olan OSB'li çocukların çoğunun SI ortalama sabitleme süresi de düşüktür.	0.86
Bilişsel yaşa göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda aynı zamanda dil bileşik düşüktür.	0.95
Bilişsel yaşa göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda alıcı dil de yaşa göre çok geridedir.	0.9
Bilişsel yaşa göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda ifade edici dil de yaşa göre çok geridedir.	0.89
Bilişsel yaşa göre geride olan OSB'li çocukların çoğunda SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.99
Animasyon giriş süresi düşük olan OSB'li çocukların çoğunun SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.96
Animasyon giriş süresi düşük olan OSB'li çocukların çoğunun ortalama SI sabitleme süresi de düşüktür.	0.92
Kaba motor becerileri yaşına göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda alıcı dil de yaşına göre çok geridedir.	0.98
Kaba motor becerileri yaşına göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda ifade edici dil de yaşına göre çok geridedir.	0.96
Yaşlarına göre eşit kaba motor becerisine sahip olan OSB'li çocukların çoğunun animasyon ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.86
Yaşlarına göre eşit kaba motor becerisine sahip olan OSB'li çocukların çoğunda SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.99
Yüksek SI sapma süresine sahip OSB'li çocukların çoğunda animasyon net kalış süresi de düşüktür.	0.92
Yüksek SI sapma süresine sahip OSB'li çocukların çoğu aynı zamanda yüksek net kalış süresine de sahiptir.	0.82
Bilişsel bileşimi düşük olan OSB'li çocukların çoğunun SI ilk sabitleme süresi de düşüktür.	0.97

OSB'li ve NG çocuklar arasındaki benzerlikleri gösteren cümleler de bulunmaktadır. "Yaşa göre kaba motoru eşit / yüksek animasyon giriş süresi / yüksek animasyon tekrar ziyaret / yüksek dil bileşik/ yüksek motor bileşik / yüksek SI giriş süresi / yüksek SI sabitleme sayısı / düşük animasyon ilk sabitleme süresi / düşük SI ortalama sabitleme süresi / düşük SI ilk sabitleme süresi olan OSB / NG çocukların çoğunun düşük SI ilk sabitleme süresine sahip olduğu" şeklinde bir yapıya sahiptirler. Bu sonuç aynı zamanda gruplar arasındaki görsel dikkat farklılıklarının göz hareketi ölçüsü olan ilk sabitleme süresi tarafından gösterilmeyebileceğini desteklemektedir.

OSB ve NG çocukları için ayrı ayrı tüm özelliklerin kombinasyonunun çok fazla cümle ürettiği açıktır. Çocuklar arasındaki farkları çok sayıda cümleyi okuyarak ortaya çıkarmak zaman alıcı ve zordur. Bu nedenle, özet yorumlama teknikleri, toplu olarak anlaşılabilen cümleler oluşturmak için kullanılmıştır. İlk olarak, OSB ve NG grupları için üretilen cümlelerin sonuç kümesinden yüksek kaliteli cümleler seçilmiştir. Cümleler, yüksek doğruluk derecesi ile cümle kümesinde bulunuyorsa, tek bir cümle ile ifade edilmiştir. Ardından, niceleyiciler açısından birkaç cümle bir araya getirilmiş ve OSB ve NG için iki farklı cümle kullanmak yerine tek bir cümle ile ifade edilmiştir. Ayrıca, cümlelerin tutarlılığını ve cümlelerin sağladığı bilgiyi dikkate alarak, cümleler aynı fikre atıfta bulunmakta ve özeti gereksiz yere uzatmaktadır; bu nedenle anlamsız üretilmiş cümleler kaldırılmıştır. Bu tekniklerle, sonuçlarda artıksızlık sağlanmış ve cümlelerin dilsel kalitesi artırılmıştır. Oluşan dilsel özetler, OSB'li çocuklar için Çizelge 5.5' de ve NG çocuklar için Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. OSB'li çocuklar için dilsel özetler

Dilsel Özet	T
Yaşa göre çok geride olan veya kaba motor becerileri yaşa göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda SI ortalama sabitleme süresi vardır , dil bileşik değeri düşüktür ve alıcı dilleri yaşlarına göre çok geridedir.	0.90
Animasyon net bekleme süresi veya animasyon sabitleme sayısı yüksek olan OSB'li çocukların çoğunda aynı zamanda SI net kalma süresi, bekleme süresi, bakış süresi, sapma, sabitleme süresi, ortalama sabitleme süresi de düşüktür.	0.90
Yaşına göre alıcı dili çok geride olan OSB'li çocukların çoğunun dil bileşik değeri düşüktür ve ifade edici dilleri de yaşlarına göre çok geridedir.	0.90
SI net kalma süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunda animasyon net kalma süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi düşüktür.	0.90
Animasyon bekleme süresi yüksek olan OSB'li çocukların çoğunun SI sabitleme süresi ve ortalama sabitleme süresi düşüktür.	0.90
İfade edici dili yaşlarına göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunun dil bileşik değeri düşük ve alıcı iletişimleri yaşlarına göre çok geridedir.	0.96
İnce motor becerileri yaşına göre çok geride olan OSB'li çocukların çoğunda aynı zamanda dil bileşik değeri düşüktür ve alıcı dilleri de yaşlarına göre çok geridedir.	0.92

OSB'li çocukların iletişim veya motor davranışlarının birbiriyle uyumlu olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle OSB'li çocukların yaşlarına göre geride ya da çok geride olması durumunda, ince ya da kaba motor, dil ya da ifade edici dil ve dil bileşik ayırt edici özelliklerdir. Bu özellikler ortalama sabitleme süresiyle aynı davranışı ifade eder. Ancak bu, göz hareketi metriğinin sabitlenme süresinin dil bileşik, alıcı dil veya kaba motorla ilişkili olduğunu göstermez. Öte yandan OSB'li çocuklar animasyon videolarına SI videolarından daha fazla ilgi göstermektedir. Ayrıca yapılan özetlemelerden net kalış süresinin ayırt edici bir özellik olduğu ortaya çıkmakta ve bu sonuç [12] çalışmasıyla uyuşmaktadır.

Çizelge 5.6. NG çocuklar için dilsel özetler

Dilsel Özetler	T
Animasyon giriş süresi yüksek olan TD çocuklarının çoğunun aynı zamanda animasyon net bekleme süresi, bekleme süresi, bakış süresi, oyalanma, bakış sayısı, tekrar ziyaret, sabitleme sayısı ve sabitleme süresi de düşüktür.	0.96
Animasyon sapması düşük olan TD çocuklarının çoğunda animasyon sabitleme sayısı ve sabitleme süresi de düşüktür.	0.95
Yüksek SI sapmasına sahip TD çocuklarının çoğunda aynı zamanda düşük animasyon net kalma süresi, kalma süresi ve bakış süresi de vardır.	0.95
SI sabitleme sayısı veya SI bakış süresi yüksek olan TD çocuklarının çoğunun aynı zamanda animasyon net kalma süresi, bekleme süresi, bakış süresi, saptırma, sabitleme sayısı, sabitleme süresi de düşüktür.	0.94
İfade edici iletişimi yaşlarına göre önde olan TD çocuklarının çoğunun bilişsel, dil ve motor bileşik yüksektir.	0.91
Animasyon net bekleme süresi veya animasyon sabitleme süresi veya bakış sayısı düşük olan TD çocuklarının çoğunun animasyon bekleme süresi, bakış süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi düşüktür.	0.93
Yüksek SI net kalma süresine sahip TD çocuklarının çoğunun animasyon bekleme süresi, bakış süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi, kalma süresi, oyalanma düşüktür.	0.95
Animasyon bekleme süresi düşük olan TD çocuklarının çoğunun animasyon net bekleme süresi, bakış süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi, oyalanma oranı düşüktür.	0.95
Yüksek SI sabitleme süresine veya düşük animasyon tekrar ziyaretine sahip TD çocuklarının çoğunda animasyon net kalma süresi, bakış süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi, kalış süresi, oyalanma düşüktür.	0.95
SI bakış sayısı düşük olan NG çocuklarının çoğunda animasyon bakış süresi, sapma, tekrar ziyaret, sabitleme sayısı ve sabitleme süresi düşüktür.	0.99
Yüksek SI bekleme süresine sahip NG çocukların çoğunda animasyon bekleme süresi, bakış süresi, sabitleme sayısı, sabitleme süresi, net kalış süresi ve sapma düşüktür.	0.95
Bilişsel yaşa göre önde olan NG çocukların çoğunun animasyon sabitleme sayısı düşük ve bilişsel bileşik değeri yüksektir.	0.90
Animasyon sapması düşük olan NG çocukların çoğunda aynı zamanda animasyon net kalma süresi, kalma süresi, bakış süresi ve sapma da düşüktür.	0.95

Görülmektedir ki, NG çocuklar için animasyon giriş süresi, animasyon net kalış süresi, kalış süresi, bakış süresi, sapma, bakış sayısı, tekrar ziyareti, sabitleme sayısı ve sabitleme süresi ile ters orantılı sonuçlar vermektedir. SI sapma ve SI sabitleme sayısı da benzer sonuçlar göstermektedir. Bu nedenle, SI sapma ve sabitleme sayısı için animasyon ve SI benzer sonuçlar üretmektedir. Ayrıca, ifade edici dil bileşenleri ile pozitif bir ilişkisi vardır. Animasyon net kalış süresi, NG çocuklar için de ayırt edici bir özelliktir. SI bakış sayısı ve SI tekrar ziyareti, animasyon bakış süresi, sapma, tekrar ziyareti, sabitleme sayısı ve sabitleme süresi ile pozitif bir ilişkiye sahiptir, SI kalış süresi ise animasyonla ilgili özelliklerle negatif bir ilişkiye sahiptir. Öte yandan, NG çocukların bilişsel yaşlarının bilişsel bileşik ölçekleri ile ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu özetlerden de anlaşılmaktadır ki dilsel özetleme, çalışması OSB taraması ve değerlendirmesinde karar vericiye destekleyici nitelikte çıktılar üretmektedir. Dilsel özetleme, çocukların özelliklerindeki desenleri analiz etmek ve çok erken yaşlarda çocuklar arasındaki farkları belirlemeye yardımcı olmak için kullanılır. Ayrıca, büyük verileri kullanarak gelişimdeki değişiklikleri zaman içinde takip etmek için dilsel özetleme kullanılabilir. Böylece, müdahalelerin etkinliğini değerlendirmek ve OSB'li bireylerin ilerlemesini izlemek açısından da yardımcı olacaktır.

Klinik uygulamalarda, dilsel özetlemeler kullanılabilir. Dilsel özetlemenin klinik teşhisi değiştiremeyeceği, ancak klinisyenlere değerli ek bilgi sağlayabileceği unutulmamalıdır. Bu ek bilgi, tanı sürecine ve açıklanabilir teşhislere yardımcı olabilir. Dilsel özetleme, diğer teşhis ve tarama yöntemleri ile birleştirilerek kullanılabilir. Dil analizini klinik değerlendirme ve diğer değerlendirmelerle birleştirmek, OSB taramasının ve desteklemenin hassasiyetini ve etkinliğini artırabilir. Ancak Bayley değerlendirmeleri yaşa uygun ve gelişimsel değişikliklere duyarlıdır [94]. Bu nedenle, Bayley verilerinin dilsel özetlemeye veya başka veri odaklı yaklaşımlara hazırlanması belirli bir alan bilgisi gerektirir. Aynı yaş veya yakın yaşlı çocuklardan veri toplama zorlukları nedeniyle, Gİ ve Bayley verilerinden büyük veri kümelerine erişim sınırlı olabilir.

Ayrıca, bu uygulamadan dilsel özetlemenin OSB'li ve NG çocuklar arasındaki farkları ölçmeye izin verdiği anlaşılmaktadır. Bu, araştırmacıların, klinisyenlerin veya uzman olmayan bireylerin özelliklerdeki değişkenliği ölçebileceği anlamına gelir, bu da OSB'li ve NG çocuklar arasındaki gelişim farklarını daha hassas bir şekilde anlamalarına yardımcı

olur. Bu çalışma farklılıklara odaklansa da, OSB'li ve NG çocuklar arasındaki benzerlik alanlarını da açığa çıkarmıştır.

Dilsel özetlemenin, OSB'li çocuklar için erken tanı ve müdahale stratejileri için önemli sonuçları vardır. Dilsel özetleme, OSB'li çocuklar için tanı ve müdahale için veri odaklı bir yaklaşım sunar ve tanının hassasiyetini önemli ölçüde artırabilir, böylece uygun müdahalelere ve desteklere daha erken erişim sağlar. Bu, klinisyenlere karar sürecinde destek sağladığı gibi OSB'li bireylerin ve ailelerinin uzun vadeli sonuçlarını ve yaşam kalitesinide artırır.





6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Giderek artan veri hacminin neticesi olarak veriden çıkarılacak anlamlı bilgilere farklı alanlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Veriden üretilecek anlamlı bilgi karar verme sürecine destek olacağından, karar kalitesini artırmada ve karar verme sürecini kısaltmada etkilidir. Yapısal veya yapısal olmayan veriden bilgi çıkarımı veri madenciliği altında incelenmektedir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Dilsel özetleme tanımlayıcı yöntemlerden biri olup bulanık kümeleri kullanarak doğal dilde çıktılar üretir. Böylece OSB gibi anlaşılması güç konularda açık, net ve herkesçe anlaşılabilir bilgi çıkarımını sağlar.

Günümüzde sıklıkla karşılaşılan OSB bireylerin yaşamını etkileyen önemli bir çalışma konusudur. OSB taraması için farklı teknikler kullanılmakta olup teknolojik gelişmelerden faydalanılmaktadır. Gİ bunlardan biri olup Gİ verileri OSB tespitine yönelik makine öğrenmesi çalışmalarında son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Diğer yandan OSB tanısında Bayley değerlendirmesinden yararlanılmaktadır. OSB taraması veri analizi literatürüne bakıldığında Gİ ve Bayley verilerinin birlikte kullanıldığı bir çalışma olmadığı aynı zamanda OSB taramasında Gİ ve Bayley verileri ile birlikte dilsel özetleme çalışması yapılmamış olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında ilk olarak Gİ verisi ile ikinci olarak ise Gİ ve Bayley verisi ile birlikte dilsel özetleme yapılmıştır. Konunun doğası gereği anlaşılabilirliğini artırmak üzere çıkarılan özetler üzerinde yorumlanabilirlik çalışmasına da yer verilmiştir.

Bu çalışmadaki dilsel özetleme, çoklu veri kaynaklarının entegrasyonunu kullanır. Gİ verileri görsel dikkat ve bakış desenleri hakkında bilgi sağlarken, Bayley verileri gelişimsel kilometre taşlarını değerlendirir. Bu nedenle, çocukların bilişsel gelişimi açısından Gİ desenlerinin önemini yorumlayarak, görsel dikkat ile bilişsel gelişim arasındaki ilişkiyi inceleme olanağı sağlamıştır. Bu nedenle, klinisyenler veya uzmanlar da değerlendirmelerinde ve müdahalelerinde dilsel özetlemeleri kullanabilirler. Bu, OSB'li ve NG çocuklar arasındaki farkları anlama konusunda veri odaklı bir yaklaşım sunar.

Gİ ve Bayley verilerinin dilsel özetlemesi, çocuğun gelişimini anlamak için önemli bir araçtır, ancak sınırlamaları ve zorlukları mevcuttur. Gİ verileri ve Bayley puanları

değişken olabilir; bu nedenle veri kalitesi için farklı çocuklardan veri toplama zorlukları nedeniyle, büyük miktarda Gİ ve Bayley verisine erişim sınırlı olabilir.

Sınırlamalara rağmen, daha geniş ve daha çeşitli yaş aralıklarını kapsayan Gİ veri kümelerinin toplanması, EEG gibi diğer değerlendirmelerle birleştirmek ve farklı dilsel özetleme tekniklerini kullanmak ve sonuçları doğrulamak için disiplinler arası çalışmak ulaşılan sonuçların etkinliğini geliştirebilir. Dilsel özetlemeler farklı kültürel bağlamlarda uygulanabilir. Bu, çeşitli nüfuslarda dil gelişimini inceleme olanağı sağlar ve evrensel ve kültür özgü desenleri potansiyel olarak ortaya çıkarabilir. Dilsel özetleme teknikleri, OSB'li ve NG çocukları anlama ve destekleme konusunda daha etkili araçlar haline gelebilir. Bu nedenle, bu zorluklar ve olanaklar göz önüne alındığında, Gİ-Bayley veri seti üzerinde farklı dilsel özetleme tekniklerini kullanmak, veri çeşitliliğini ve/veya hacmini artırmak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. American Psychiatric Association. (2013). *DSM-V Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC.: American Psychiatric Publishing, Inc.
2. American Psychiatric Association. (1994). *DSM-IV Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.) Washington. DC.: American Psychiatric Publishing, Inc.
3. Zwaigenbaum, L., Bauman, M. L., Stone, W. L., Yirmiya, N., Estes, A., Hansen, R. L. and Wetherby, A. (2015). Early identification of autism spectrum disorder: recommendations for practice and research. *Pediatrics*, 136(1), 10-S40.
4. Huerta, M. and Lord, C. (2012). Diagnostic evaluation of autism spectrum disorders. *Pediatric Clinics*, 59(1), 103-111.
5. Allen, R. A., Robins, D. L. and Decker, S. L. (2008). Autism spectrum disorders: Neurobiology and current assessment practices. *Psychology in the Schools*, 45(10), 905-917.
6. Guillon, Q., Hadjikhani, N., Baduel, S. and Rogé, B. (2014). Visual social attention in autism spectrum disorder: Insights from eye tracking studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 42, 279-297.
7. Chevallier, C., Parish- Morris, J., McVey, A., Rump, K. M., Sasson, N. J., Herrington, J. D. and Schultz, R. T. (2015). Measuring social attention and motivation in autism spectrum disorder using eye- tracking: Stimulus type matters. *Autism Research*, 8(5), 620-628.
8. Bayley, N. (2005). *Bayley Scales of Infant and Toddler Development* (Third Edition). APA PsycTests.
9. Albers, C. A. and Grieve, A. J. (2007). Review of Bayley Scales of Infant and Toddler Development--Third Edition. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 25(2), 180–190.
10. Del Rosario, C., Slevin, M., Molloy, E. J., Quigley, J. and Nixon, E. (2021). How to use the Bayley scales of infant and toddler development. *Archives of Disease in Childhood-Education and Practice*, 106(2), 108-112.
11. Anderson, P. J. and Burnett, A. (2017). Assessing developmental delay in early childhood concerns with the Bayley-III scales. *The Clinical Neuropsychologist*, 31(2), 371-381.
12. Ozdemir, S., Akin-Bulbul, I., Kok, I. and Ozdemir, S. (2022). Development of a visual attention based decision support system for autism spectrum disorder screening. *International Journal of Psychophysiology*, 173, 69-81.
13. Van Eck, N. and Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

14. VosViewer. (2023). Centre for Science and Technology Studies. Leiden University: The Netherlands.
15. Haputhanthri, D., Brihadiswaran, G., Gunathilaka, S., Meedeniya, D., Jayawardena, Y., Jayarathna, S. and Jaime, M. (2019, July). *An EEG based channel optimized classification approach for autism spectrum disorder*. 2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon),123-128.
16. Achermann, S., Bölte, S. and Falck-Ytter, T. (2020). Parents' experiences from participating in an infant sibling study of autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 69, 101454.
17. Rahman, S., Rahman, S., Shahid, O., Abdullah, M. T. and Sourov, J. A. (2021, January). *Classifying eye-tracking data using saliency maps*. 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 9288-9295.
18. Webb, S. J., Shic, F., Murias, M., Sugar, C. A., Naples, A. J., Barney, E., Borland, H., Helleman, G., Johnson, S., Kim, M., Levin, A.R., Sabatos-DeVito, M., Santhosh, M., Senturk, D., Dziura, J., Bernier, R.A., Chawarska, K., Dawson, G., Faja, S. and Jeste, S. Autism Biomarkers Consortium for Clinical Trials. (2020). Biomarker acquisition and quality control for multi-site studies: the autism biomarkers consortium for clinical trials. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 13, 71.
19. Vettori, S., Van der Donck, S., Nys, J., Moors, P., Van Wesemael, T., Steyaert, J., Rossion, B. and Boets, B. (2020). Combined frequency-tagging EEG and eye-tracking measures provide no support for the “excess mouth/diminished eye attention” hypothesis in autism. *Molecular Autism*, 11(1), 1-22.
20. Xu, W. and Chen, J. (2020). Analysis of EEG signals in children with autism spectrum disorder under positive and negative emotional stimuli. *Chinese Science Bulletin*, 65(21), 2245-2255.
21. Chen, T., Froehlich, T., Li, T. and Lu, L. (2020). Big data approaches to develop a comprehensive and accurate tool aimed at improving autism spectrum disorder diagnosis and subtype stratification. *Library Hi Tech*, 38(4), 819-833.
22. Vettori, S., Dzhelyova, M., Van der Donck, S., Jacques, C., Van Wesemael, T., Steyaert, J., Rossion, B. and Boets, B. (2020). Combined frequency-tagging EEG and eye tracking reveal reduced social bias in boys with autism spectrum disorder. *Cortex*, 125, 135-148.
23. Zhang, S., Chen, D., Tang, Y. and Zhang, L. (2021). Children ASD evaluation through joint analysis of EEG and eye-tracking recordings with graph convolution network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 651349.
24. Guo, Z., Kim, K., Bhat, A. and Barmaki, R. (2021, October). *An automated mutual gaze detection framework for social behavior assessment in therapy for children with autism*. Proceedings of the 2021 International Conference on Multimodal Interaction, 444-452.

25. Banire, B., Al Thani, D., Qaraqe, M. and Mansoor, B. (2021). Face-based attention recognition model for children with autism spectrum disorder. *Journal of Healthcare Informatics Research*, 5, 420-445.
26. Tan, G., Xu, K., Liu, J. and Liu, H. (2021). A trend on autism spectrum disorder research: Eye tracking-EEG correlative analytics. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 14(3), 1232-1244.
27. Liao, M., Duan, H. and Wang, G. (2022). Application of machine learning techniques to detect the children with autism spectrum disorder. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022,10.
28. Dhanawansa, V., Samarasinghe, P., Gardiner, B., Yogarajah, P. and Karunasena, A. (2022, May). *The Automated Temporal Analysis of Gaze Following in a Visual Tracking Task*. International Conference on Image Analysis and Processing, Cham: Springer International Publishing, 324-336.
29. Surendiran, R., Thangamani, M., Narmatha, C. and Iswarya, M. (2022). Effective Autism Spectrum Disorder Prediction to Improve the Clinical Traits using Machine Learning Techniques. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 70(4), 343-359.
30. Monarca, I., Cibrian, F. L., Chavez, E. and Tentori, M. (2023). Using a small dataset to classify strength-interactions with an elastic display: a case study for the screening of autism spectrum disorder. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 14(1), 151-169.
31. Ghazal, T. M., Munir, S., Abbas, S., Athar, A., Alrababah, H. and Khan, M. A. (2023). Early Detection of Autism in Children Using Transfer Learning. *Intelligent Automation And Soft Computing*, 36(1), 11-22.
32. Nellis, L., and Gridley, B. E. (1994). Review of the Bayley Scales of Infant Development—second edition. *Journal of School Psychology*, 32(2), 201-209.
33. Bayley, N. (2019). *Bayley Scales of Infant and Toddler Development (Fourth Edition)*. New Jersey: Pearson.
34. Bedford, H., Walton, S. and Ahn, J. (2013). *Measures of Child Development: A review*. UCL Institute of Child Health: London, UK.
35. Carter, B. T. and Luke, S. G. (2020). Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*, 155, 49-62.
36. Punde, P. A., Jadhav, M. E. and Manza, R. R. (2017, October). *A study of eye tracking technology and its applications*. 1st International Conference on Intelligent Systems and Information Management (ICISIM), 86-90.
37. Mele, M. L. and Federici, S. (2012). Gaze and eye-tracking solutions for psychological research. *Cognitive Processing*, 13, 261-265.
38. Wedel, M. and Pieters, R. (2008). Eye tracking for visual marketing. *Foundations and Trends in Marketing*, 1(4), 231-320.

39. Bergstrom, J. R. and Schall, A. (2014). *Eye tracking in user experience design*. Burlington, Massachusetts: Elsevier.
40. Donmez, M. (2023). A systematic literature review for the use of eye-tracking in special education. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6515-6540.
41. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
42. Bai, Y. and Wang, D. (2006). *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications*. London: Springer. 17-36.
43. Klir, G. and Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic*. New Jersey: Prentice hall. 1-55.
44. Ross, T. J. (2009). *Fuzzy logic with engineering applications*. New York: John Wiley & Sons.
45. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
46. Yalvac, T. H. (1987). Fuzzy sets and functions on fuzzy spaces. *Journal of Mathematical Analysis And Applications*, 126(2), 409-423.
47. Dijkman, J. G., Van Haeringen, H. and De Lange, S. J. (1983). Fuzzy numbers. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 92(2), 301-341.
48. Kamble, A. J. and Venkatesh, T. (2014). Some results on fuzzy numbers. *Annals of Pure and Applied Mathematics*, 7(2), 90-97.
49. Panda, A. and Pal, M. (2015). A study on pentagonal fuzzy number and its corresponding matrices. *Pacific Science Review B: Humanities and Social Sciences*, 1(3), 131-139.
50. Mendel, J. M. and Wu, H. (2007). Type-2 fuzzistics for symmetric interval type-2 fuzzy sets: Part 1, forward problems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 14(6), 781-792.
51. Riesgo, Á., Alonso, P., Díaz, I. and Montes, S. (2018). Basic operations for fuzzy multisets. *International Journal of Approximate Reasoning*, 101, 107-118.
52. Poli, J. P., Boudet, L. and Le Yaouanc, J. M. (2018, July). *Online spatio-temporal fuzzy relations*. IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 1-8.
53. Dhar, M. (2013). On cardinality of fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 5(6), 47.
54. Delgado, M., Sánchez, D. and Vila, M. A. (2000). Fuzzy cardinality based evaluation of quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 23(1), 23-66.
55. Zadeh, L. A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages. *Computers & Mathematics with Applications*, 9 (1), 149-184.

56. Dubois, D. and Prade, H. (1989). Fuzzy sets, probability and measurement. *European Journal Of Operational Research*, 40(2), 135-154.
57. Zadeh, L. A. (1984). Fuzzy probabilities. *Information Processing & Management*, 20(3), 363-372.
58. Ralescu, D. (1995). Cardinality, Quantifiers, And The Aggregation Of Fuzzy Criteria. *Fuzzy Sets And Systems*, 69(3), 355-365.
59. Ferraro, M. B. and Giordani, P. (2019). Soft clustering. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 12(1), 1480.
60. Bezdek, J. C., Ehrlich, R. and Full, W. (1984). Fcm: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10 (2-3), 191-203
61. Yogish, D., Manjunath, T.N. and Hegadi, R.S. (2019). *Review on Natural Language Processing Trends and Techniques Using NLTK*. Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition RTIP2R 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 1037. Springer, Singapore.
62. Andhale, N. and Bewoor, L. A. (2016, August). *An overview of text summarization techniques*. International conference on computing communication control and automation (ICCUBEA). Pune, India, 1-7.
63. Castillo-Ortega, R., Marín, N. and Sánchez, D. (2010, June). *Time series comparison using linguistic fuzzy techniques*. International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Heidelberg: Springer. 330-399.
64. Calo, T. (2021). *Financial Time Series Summarization*. Master Thesis, Politecnico Di Torino, Torino.
65. Altintop, T., Yager, R. R., Akay, D., Boran, F. E. and Ünal, M. (2017). Fuzzy linguistic summarization with genetic algorithm: An application with operational and financial healthcare data. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 25(04), 599-620.
66. Moussa, M. E., Mohamed, E. H. and Haggag, M. H. (2018). A survey on opinion summarization techniques for social media. *Future Computing and Informatics Journal*, 3(1), 82-109.
67. Steinberger, R., Pouliquen, B. and Van der Goot, E. (2013). *An introduction to the europe media monitor family of applications*. Proceedings of the SIGIR Workshop. Boston, Massachusetts USA.
68. Kabadjov, M., Steinberger, J. and Steinberger, R. (2013). *Theory and Applications of Natural Language Processing*. Heidelberg: Springer. 229-252.
69. Shen, Y., Pedrycz, W., Li, W., Xiao, Z., Chen, T., Hu, X. and Chen, Y. (2023). Exploring the Structure of IoT Data: A Symbolic Analysis Perspective. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2023, 1-16.

70. Yager, R. R. (1982). A new approach to the summarization of data. *Information Sciences*, 28(1), 69-86.
71. Bouchon-Meunier, B., Yager, R. R. and Zadeh, L. A. (1991). *Uncertainty in Knowledge Bases*. 3rd International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Paris: Springer Science & Business Media.
72. Aydoğan, S., Okudan Kremer, G. E. and Akay, D. (2021). Linguistic summarization to support supply network decisions. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 1573-1586.
73. Glöckner, I. and Knoll, A. (2001). *Granular Computing: An Emerging Paradigm*. Heidelberg: Physica-Verlag GmbH. 215-256.
74. Díaz-Hermida F. and Bugarín A. (2003). Definition and classification of semi-fuzzy quantifiers for the evaluation of fuzzy quantified sentences. *International Journal of Approximate Reasoning*, 34(1), 49-88.
75. Díaz-Hermida F. and Bugarín A. (2011). *Semi-fuzzy quantifiers as a tool for building linguistic summaries of data patterns*. 2011 IEEE Symposium on Foundations of Computational Intelligence (FOCI), Paris, France, 2011, 45-52.
76. Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, 18(1), 183-190.
77. Bosc, P. and Lietard, L. (1994, December). *Monotonic quantified statements and fuzzy integrals*. Proceedings of the First International Joint Conference of The North American Fuzzy Information Processing Society Biannual Conference. The Industrial Fuzzy Control and Intellige, San Antonio, TX, USA, 1994, 8-12.
78. Aydoğan, S., Akay, D., Boran, F. E. and Yager, R. R. (2018). An extension of fuzzy linguistic summarization considering probabilistic uncertainty. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 26(02), 195-215.
79. Boran, F. E., Akay, D. and Yager, R. R. (2016). An overview of methods for linguistic summarization with fuzzy sets. *Expert Systems with Applications*, 61, 356-377.
80. Glöckner, I. (2006). *Fuzzy quantifiers: a computational theory*. Heidelberg: Springer, 25-27.
81. Ramos-Soto, A. and Pereira-Fariña, M. (2018). *Reinterpreting interpretability for fuzzy linguistic descriptions of data*. Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Theory and Foundations: 17th International Conference, IPMU 2018, Cádiz, Spain, June 11-15, 2018, Proceedings, Part I 17,40-51. Springer International Publishing.
82. Lesot, M. J., Moyse, G. and Bouchon-Meunier, B. (2016). Interpretability of fuzzy linguistic summaries. *Fuzzy Sets and Systems*, 292, 307-317.

83. Kacprzyk, J. and Zadrozny, S. (2005). Linguistic database summaries and their protoforms: towards natural language based knowledge discovery tools. *Information Sciences*, 173(4), 281-304.
84. Wu, D. and Mendel, J. M. (2011). Linguistic summarization using IF–THEN rules and interval type-2 fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19(1), 136-151.
85. Pilarski, D. (2010). Linguistic summarization of databases with quantirius: a reduction algorithm for generated summaries. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 18(03), 305-331.
86. *SMI BeGaze Manual, version 3.4*. (2014). Teltow: SensoMotoric Instruments GmbH.
87. Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P. and Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 10-18.
88. *MATLAB*. (2017). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.
89. Duncan GJ and National Institute of Child Health and Human Development Early Child Care Research Network. (2003). Modeling the impacts of child care quality on children's preschool cognitive development. *Child Development*, 74(5), 1454-75.
90. Wilkes, R. E. (1992). A structural modeling approach to the measurement and meaning of cognitive age. *Journal Of Consumer Research*, 19(2), 292-301.
91. Flynn, R.S., Huber, M.D. and DeMauro, S.B. (2020). Predictive Value of the BSID-II and the Bayley-III for Early School Age Cognitive Function in Very Preterm Infants. *Global Pediatric Health*. (20)7, 1-7.
92. Case-Smith, J. and Alexander, H. (2010). *The Bayley-III motor scale. In Bayley-III clinical use and interpretation*. Massachusetts: Academic Press, 77-146.
93. Steenis, L. J., Verhoeven, M., Hessen, D. J. and Van Baar, A. L. (2015). Performance of Dutch children on the Bayley III: a comparison study of US and Dutch norms. *Plos One*, 10(8).
94. Sadhwani, A., Wheeler, A., Gwaltney, A., Peters, S. U., Barbieri-Welge, R. L., Horowitz, L. T., Noll, L.M., Hundley, R.J., Bird, L.M. and Tan, W. H. (2021). Developmental skills of individuals with Angelman syndrome assessed using the Bayley-III. *Journal of Autism And Developmental Disorders*, 53, 720 - 737.



Gazili olmak ayrıcalıktır