

**Araştırma / Research****LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ**

**Yelda FIRAT<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-6741-2507)\***  
**Taşkın UĞURLU<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-9183-5182)**

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler M.Y.O, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

*Geliş / Received: 14.05.2018*  
*Kabul / Accepted: 26.06.2018*

**ÖZ**

Günlük hayatta insanlar; fikirlerini, düşüncelerini ve yaşadıklarını çevrelerindeki insanlara iletmek için birbirleriyle etkileşirler. İşitme ve konuşma engelli insanlar ise çevreleriyle bu etkileşimi sağlayamazlar. Başkalarıyla iletişim kurmak için işaret dilini kullanırlar. İşaret dili ise, işitme ve konuşma engellilerin kendi aralarında el hareketleri ve yüz mimikleri ile iletişim kurmalarını sağlayan ülkeden ülkeye değişen evrensel olmayan bir dildir. Bu anlamda yapılan çalışmanın amacı, işitme ve konuşma bozukluğu olan kişilerle normal insanlar arasındaki iletişimi sağlayan Türkçe İşaret Dili tercüme sistemini geliştirmektir. Önerilen bu sistemle işaret dilini gösteren el hareketleri, Kinect aygıtı yardımıyla yakalanarak Kontur Analizinde kullanılan algoritmalarla çözümlenmiştir. Çözümlenen görüntülerden elde edilen kelimelerin gerçek anlamları, Biçimsel Kavram Analizi Kuramı çerçevesinde hazırlanan tematik rol latileriyle bulunmuştur. Gerçek anlamları bulunan bu kelimeler, içinde geçtikleri cümlelerle birlikte bilgisayar ekranında görüntülenmiştir. Böylece bu sistemle, engelli bir kişinin kitlesel bir kalabalıkla iletişim kurabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca geliştirilen bu sistemle Türkçe'nin anlamsal çözümlenmesine de katkı sağlanması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biçimsel kavram analizi, işaret dili tanımlama, kinect, kontur analizi, tematik rol latileri

**TURKISH SIGN LANGUAGE TRANSLATION SYSTEM WITH A LATTICE-BASED SEMANTIC ANALYSIS****ABSTRACT**

In daily life people interact with each other to communicate their ideas, thoughts and experiences to the people around them. On the other hand, people with hearing and speech impairments are not capable of communicating with their environment in the given sense. Thus, they use sign language to communicate with others. Sign language is a non-universal language that changes depending on the country in which it's being used and enables people with hearing and speech impairments to communicate with other people through hand gestures and facial expressions. In this sense, the aim of the study is to develop Turkish Sign Language translation system that enables communication between people with speech and hearing impairments and healthy people. With this proposed system, the hand movements showing sign language are captured with the help of Kinect device and analyzed with the algorithms used in Contour Analysis. Actual meanings of the words obtained from the analyzed images were found thematic role lattices that are prepared in the frame of Formal Concept Analysis theory. The words of which actual meanings were found are displayed with the sentences in which they were used. Therefore, thanks to this system it is ensured that a disabled person can communicate with a mass crowd. The developed system also aims to contribute to the semantic analysis of the Turkish Language.

**Keywords:** Formal concept analysis, sign language recognition, kinect, contour analysis, thematic role lattices

\* Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 286 218 0018; e-mail / e-posta: yfirat@comu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

İşaret dili; işitme ve konuşma engellilerin aralarında iletişim kurabilmek için el hareketlerini, yüz mimiklerini ve bir bütün olarak vücut dilini kullanarak oluşturdukları sessiz, görsel bir dildir. Evrensel olmayan bu dil ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu anlamda dünyada 200 den fazla işaret dili mevcuttur. Amerikan, İngiliz, Alman, Fransız, İtalyan, Hindistan ve Türk işaret dili bunlardan bazılarıdır [3].

Herhangi bir normal kişinin işitme ve konuşma engelli kişilerle anlaşabilmesi için o kişinin ülkesine ait işaret dilini bilmesi gerekir. Bu da işaret dili bilmeyen normal kişilerin engelli kişilerle anlaşmasında sıkıntıya veya karmaşıklığa sebep olur [19]. Bu anlamda portatif ve eş zamanlı çalışarak işaret dilini yazıya veya sese dönüştürebilecek bir tercüme sisteminin geliştirilmesi, sağır ve dilsiz insanlarla normal insanların kolay iletişim kurmasını sağlar [13]. Aynı zamanda gerçekleştirilecek bu sistem insanlara işaret dilini öğrenmesi için etkileşimli bir eğitim imkânı da sunar.

Bu anlamda böyle bir sistemin geliştirilmesinde hareketi tanımlama önemli bir araştırma alanı olmaktadır. 1970'li yıllardan beri buna yönelik yapılan çalışmalarda yüksek kaliteli stereoskopik kameralar, eldiven tabanlı teknolojiler ve karmaşık bilgisayar görme algoritmaları kullanılmaktadır. Bu sistemler genellikle pahalı olmakta ve kapsamlı kurulum gerektirmektedir (Li, 2012).

Görüntü işleme tekniğinde, görüntünün derinliklerini ve mesafelerini yakalamak için 3D kameralar kullanılır [2, 18]. Bu teknikte görüntüleri tanımda kullanılan en bilinen algoritma çeşidi ise Gizli Markov Modeli algoritmasıdır (Hidden Markov Model- HMM) [12]. Bu anlamda Starner ve arkadaşları (1998), gizli Markov modellerini kullanarak iki görsel tabanlı işaret dili tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemlerden ilki, masa üstüne monte edilmiş bir kamera ile bir ikinci kişinin görüntüsünü almışken diğeri ise kullanıcı tarafından giyilen bir şapkaya monte edilmiş bir kamera ile herhangi bir kişinin görüntüsünü elde etmiştir. Her iki sistemde de elle izleme için bir cilt renk eşleştirme algoritması kullanılmıştır. Fakat pürüzlü bir ten rengi ile karşılaşıldığında sistemlerde sorun yaşanmaya başlanmıştır [20]. Ong ve arkadaşları ise (2004), ellerin izini sürmek için gri ölçekli görüntülerde el şekillerini algılayan bir sistem geliştirmişlerdir. İlk olarak çok sayıda el hareketi görüntüsünü toplayarak bu görüntüleri K-medoid kümeleme algoritması ile gruplandırmışlardır. İki katmanlı bir el dedektörü oluşturarak katmanların ilkinde el görüntülerinin her bir grubunu bir temsilci görüntü ile özetleyerek bunları ilgili kümelerdeki tüm görüntülerle karşılaştırmak üzere ikinci katmana aktarmışlardır. Fakat bu çalışma da, seçilen görüntülerin arka planlarıyla basit ve benzer olmasından dolayı tam anlamıyla test edilememiştir [17].

İşaret dilinin tanımlanmasında izlenen verilerin sık kullanılmasının gerekliliği Kinect cihazının kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. Ershaed ve arkadaşları (2011) ise Kinect sensörünü kullanarak Arapça işaret dili için belirlenmiş işaretleri tanıyan bir sistem yaratmışlardır. Fakat bu çalışma sadece dört işaret için geliştirilmiştir [6]. Aynı çalışma grubu bir sonraki çalışmalarında (2015) yine Kinect sensörünü kullanarak Arap dili dışında başka dillere de adapte olabilecek bir işaret tercüme sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde ses çıkışları web servisleri aracılığı ile yapılırken işaretler de %80 başarı oranında tanımlanmıştır [10]. Rajaganapathy ve arkadaşları ise (2015) hareket yakalama aygıtı olan Kinect ile Hint işaret dili için bir tercüme sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada da hareketler tanımlanarak ses ortamına aktarılmıştır. Kinect sensörü ile kullanıcının iskelet verileri 20 eklem ve koordinatları ile birlikte izlenmiştir. Elde edilen hareketler, önceden tanımlanmış hareket giriş setiyle eşleştirilmiştir. Geçerli iskelet çerçevesi önceden tanımlanmış hareket deseniyle eşleştirilerek, hareket için karşılık gelen sözcük metin olarak konuşmaya dönüştürülmüştür [19]. Arsan ve Ülgen ise (2015), sensörler arasındaki iletişimi sağlamak için gerekli bir API' nin (Application Programming Interfaces) oluşturulmasını sağlayan OpenNI kütüphanesi (Open Natural Interaction) ile bir işaret dili çeviri sistemi tasarlamışlardır. OpenNI ile Kinect tarafından tespit edilen eklemelerden gelen derinlik-renk ve ham görüntülerin işlenmesiyle metne dönüşen görüntüler, daha sonra ses modülüne aktarılmıştır [3].

Veri eldiveni yaklaşımında ise, kullanıcının flex sensör ve hareket izleyici içeren bir eldiven giymesi gerekir. Bu yaklaşımın ana avantajı, gerçek zamanlı uygulamalarda daha az hesaplama süresine ihtiyaç duyması ve hızlı tepki verebilmesidir [5]. Bu anlamda Hernandez-Rebollar ve arkadaşları (2002) parmaklarla ifade edilen 26 Amerikan İşareti için eldiven tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu sistem, kelimeleri ve ifadeleri tanımlayarak konuşma sentezleyicisine göndermiştir. Bu sistem; ivmeölçer eldiven (accelerometer glove), mikrokontroller ve beş tane MEMS (Micro Electro Mechanical System) çift-eksen ivmeölçerden oluşmaktadır. Bu çalışma 26 harfin 21'inde % 100, 'U' harfi için % 78'lik bir doğruluk oranı göstermiştir [14]. Hernandez-Rebollar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzer bir çalışma Bui ve Nguye (2005) tarafından yapılmıştır. Burada Vietnamca İşaret Dili için yeni bir işaret dili tanıma sistemi geliştirilmiştir. Sürecin iyileştirilmesi için elin arkasına bir tane daha algılayıcı eklenmiştir. Harfler için farklı bir sınıflandırma getirilerek, tüm harfler avuç

*LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ*

içinin X eksenine göre üç kümeye bölünmüş ve daha ileri sınıflandırma için üç bulanık kural tabanlı sistem oluşturulmuştur. Parmakların bükülmesi beş seviyede ölçülmüştür: Çok Düşük, Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek. Böylece programlamada *if-then-else* ifadeleri kullanılmıştır. Bu sistem 23 harften 20'sinde % 100 doğrulukla 'U' harfi için ise % 79'luk bir doğrulukla test edilmiştir [4]. 2013 yılında Gunesekearan ve Manikandan adlı bilim adamları da veri eldiveni tekniğini kullanarak bir işaret dili tercüme sistemi geliştirmişlerdir. Burada, parmak hareketlerini tespit etmek için flex sensörleri ve tespit sonrası gelen verinin işlenmek üzere aktarıldığı PIC (Peripheral Interface Controller) mikrokontrolleri mevcuttur. Mikrokontroller, kullanıcının hareketini işlemekte ve harekete karşılık gelen ses sinyallerini yansıtmaktadır. Bu sistem düşük hesaplama gücünden, taşınabilirliğinden ve gerçek zamanlı çalışmasından dolayı tercih edilir olmuştur [13]. Aarthi ve Vijayalakshmi (2016) ise sensör tabanlı hareket tanıma sistemi önermişlerdir. Önerilen bu sistem el hareketlerini algılamada flex sensörlerini kullanmıştır. Sensörlerden gelen çıkış verileri Arduino Atmega 328 mikrokontroller üzerinden daha önceden tanımlanan verilerle karşılaştırılarak eşleşen çıkışlar ses sistemine aktarılmıştır. Bu sistemde İngiliz alfabesinde 8 el işareti üzerinde deneme yapılmıştır. %80 ile %90 arasında başarı sağlandığı görülmüştür [1].

Veri eldiveni yaklaşımına yönelik yapılan çalışmalarda da görüleceği üzere flex, ivmeölçer, sEMG (Surface Electromyographic) ve MEMS sensörleri elin hareketini tanımlamada kullanılan önemli cihazlardır. İvmeölçer, el ve kolun hareket bilgilerini yakalamak için kullanılırken sEMG, MEMS gibi sensörler ise elin üzerine yerleştirilerek sinir sistemi tarafından kontrol edilen ve kas kasılması sırasında üretilen kasların toplu elektrik sinyalini işaret etmektedir. Bu sinyal, kasların anatomik ve fizyolojik özelliklerini göstermektedir [16].

Yapılan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere çevremizdeki fiziksel ortam değişikliklerini algılayan cihazlar olarak karşımıza çıkan sensörler yaşam biçimimizi akıllı bir şekilde değiştiren aygıtlardır. Microsoft Kinect ise gerçek zamanlı kullanıcı etkileşimi için, ucuz ve kolay bir yol sağlayan sensörlerden birisidir. Başlangıçta Microsoft'un Xbox 360, Xbox One, Windows için geliştirdiği ve herhangi bir kontrolör olmadan oyun oynama imkanı verecek şekilde tasarladığı Kinect, araştırmacılar tarafından renk görüntülerini ve ilişkili derinlik- uzaklık verilerini yakalamak için bir renk - derinlik sensörü olarak ta kullanılmaktadır. Ayrıca görüntü verilerini sınıflandıran ve tanımlayan algoritmaların geliştirilmesini sağlayan Kinect, uygulama programlama arayüzü (Application Programming Interfaces - API) ve yazılım geliştirme kiti (Software Development Kit - SDK) olarak adlandırılan yazılım sürücüsü ile iskelet izlemenin yanı sıra ham sensör veri akışlarına erişim imkanı da sağlamaktadır. Kinect ile yapılabilecek işaret dili tercüme sisteminde yazıya veya sese dönüşebilecek kelimelerin gerçek anlamlarına ulaşmak ise, bilişsel dilbiliminde önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda Biçimsel Kavram Analizi Kuramı çerçevesinde hazırlanan tematik rol latisleri ile işaret dilinden gelen kelimelerin gerçek anlamlarına ulaşım doğru cümlelere ulaşılabilir.

Bu çalışmada Kinect sensörü kullanılarak Türkçe İşaret Dili tercüme sistemi geliştirilmiştir. Yapılan sistemde önce Türkçe İşaret Dili sözlüğünden popüler hareketler seçilir. Daha sonra bu sistem, kullanıcı tarafından yapılan el hareketlerini Kinect sensörü aracılığı ile algılar. Algıladığı bu hareketleri belirtilen kümedeki işaretlerle karşılaştırır. Karşılaştırma sonrasında eşleşen kelimenin tematik rol latisleriyle gerçek anlamını bularak içinde geçtiği cümleyle birlikte herhangi bir ekran tipinde (bilgisayar ekranında) görüntüler. Çıplak elden başka bir girdi nesnesi kullanmayan bu sistem aynı zamanda insan-bilgisayar etkileşimine yönelik yeni bir yaklaşımı da temsil eder.

Bu anlamda çalışmanın ikinci bölümünde, Kinect sensörü ve Biçimsel Kavram Analizi Kuramı çerçevesinde tematik rol latisleri ile ilgili alanyazın bilgilerinin yer aldığı materyal kısmıyla Türkçe İşaret Dili tercüme sisteminin tanıtıldığı metota yer verilmiştir. Üçüncü bölüm olan bulgular ve tartışma kısmında ise geliştirilen sistemin çalışma performansı örnek uygulama ile gösterilmiştir. Dördüncü bölümde de nihai sonuçlar anlatılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

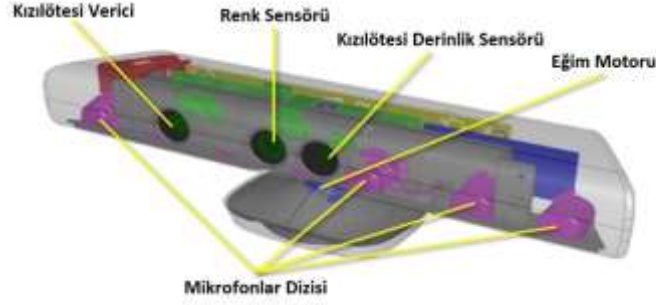
### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Microsoft Kinect Sensörü

Kinect, Microsoft'un Xbox 360 oyun konsolu için geliştirdiği bir hareket sensörü eklentisidir. Cihaz, kullanıcıların hareketlerini algılamak ve bazı oyunları ellerinde başka hiçbir alet olmadan oynamaları için

Y. FIRAT, T. UĞURLU

tasarlanmıştır. Görünmez kızılötesi ışınlarla bulunduğu mekanı tarar ve bu sayede mükemmel bir görme özelliğine sahiptir. Ayrıca gelişmiş bazı yazılımlarla, eşzamanlı olarak birden fazla oyuncuyu algılayabilmekte ve hareketlerini takip edebilmektedir. Kinect cihazı, insan hareketlerini algılayarak sistemle etkileşim kurması özelliğinden dolayı son yıllarda işaret dili tanımlama çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Microsoft Kinect sensörü ve onun bileşenleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Microsoft Kinect sensörü

Şekil 1’de de görüldüğü üzere Kinect’in üzerinde 3 adet göz, sıra mikrofonlar ve hareket sağlayıcı bir motor mekanizması mevcuttur. Soldaki göz lazer projeksiyonu yaparken, sağdaki kızılötesi sensör ise bu ışınların gidiş - geliş süresini hesaplayarak 320x240 çözünürlüğünde her bir noktanın mesafesini bildirir. Kinect’in ortasında bulunan göz ise 640x480 çözünürlüğünde bir VGA (Video Graphics Array) kameradır. Yakalanan görüntü, saniyede 30 kez resim olarak uygulamaya iletilir. Kinect ürün yazılımı ise bu veriler ışığında iskelet yapısını hesaplar ve bunu XBOX ya da bilgisayara gönderir.

### 2.1.2. Tematik Rol Latisleri

Son yıllarda, dilbiliminde özellikle hesaplanabilir dilbilimi çalışmalarında dilin anlamsal çözümlenmesine yönelik olarak bilgisayar ortamına aktarılmak üzere gerçeklik modelleri yaratma yoluna gidilir. Bu gerçeklik modelleri, insan zihni ile dil arasındaki ilişkiyi kurarak kavramların gerçek çıkarımlarının elde edilmesini sağlar. Ayrıca insan emeği ile oluşturulmaları halinde çıkabilecek zorlukları da ortadan kaldırır. Bu da, zihin ile dil arasında kurulacak ilişkinin matematiksel olarak gerçekleştirilmesini gerektirir. Böylece Biçimsel Kavram Analizi Kuramı çerçevesinde tematik rollerle latis modelleri oluşturulabilir. Geliştirilen bu latis modelleri, Türkçe tümceleri oluşturan öğelerin anlamsal çıkarımlarını elde ederek Türkçe İşaret Dili çeviri sistemi için önemli bir kaynak teşkil eder [8].

Dilin anlamsal çözümlenmesinde tematik roller önemli bir yer teşkil eder. Birçok dilbilimi kuramında tematik roller; eylem ve onun öğeleri arasındaki kural-anlam ilişkisini gösteren, sözcüklerin gerçek anlamlarına ulaşmayı sağlayan ifadelerdir. Belli başlı tematik roller Tablo. 1’de gösterilmiştir. Biçimsel bir dil kullanarak tanımlanmış gerçeklik modelleri ise bilginin anlamının biçimsel temsilini sağlarlar. Bu modeller Biçimsel Kavram Analizi Kuramı ile hazırlanabilirler. Ayrıca bu biçimsel modellerle anlam çıkarma işlemleri bilgisayarlara yaptırılabilir.

Biçimsel Kavram Analizi Kuramı son yıllarda araştırmacıların ilgisini çeken konulardan birisidir. Bu kuram evreni, nesnelere ve özelliklerden oluşan bir küme yapısı olarak görür. Nesnelere ve özellikler arasındaki ilişkiyi kullanarak kavram adı verilen birimi tanımlar.

Rudolf Wille tarafından 1980’li yıllarda latis teorisiyle ortaya çıkmıştır [22]. Bu kuram kapsam ve içerik olmak üzere iki türlü olarak ifade edilir. İçerik kavramın özelliklerini, kapsam ise kavramda yer alan nesnelere verir. Nesnelere taşıdıkları özelliklere göre gruplanmasına ise kavramlaştırma denir. Biçimsel Kavram Analizi Kuramı, kavramları verilen bir bağlam içinde tanımlar ve kavramlar arası kesin ilişkiyi, bağlama karşılık gelen latis yapısını kullanarak inceler. Kavramları matematiksel olarak hiyerarşik bir yapı içerisinde gösterir [11].

Bir başka deyişle, biçimsel anlamda bağlam, (G, M, I) üçlüsü içinde tanımlanır. Burada G nesnelere, M ise özellikleri I ise bu iki sonlu ifadenin ilişkisini gösterir. Cebirsel olarak,  $I \subset G \times M$  şeklinde de ifade edilebilir [22].

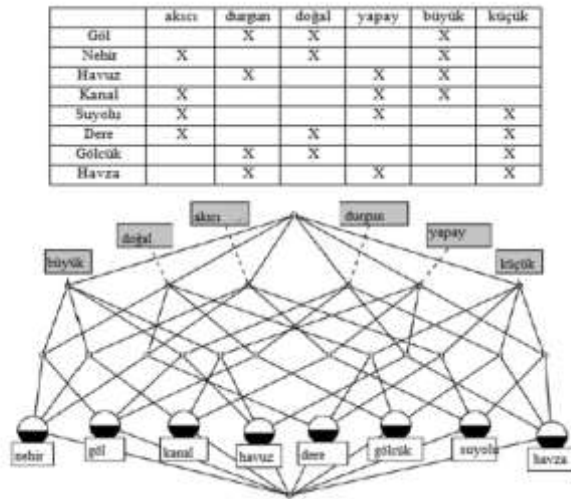
## LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ

Tablo 1. Tematik roller

Roller	Anlamı
TEMA (THEME)	Hareket eden veya bir yerde olan
ETKİLEYEN (AGENT)	Bir eylemi başlatan, yapan
ETKİLENEN (PATIENT)	Bir eylemden etkilenen
KAYNAK (SOURCE)	Hareketin başlangıç noktası
HEDEF (GOAL)	Hareketin yöneldiği şey
KONUM (LOCATION)	Bir varlığın bulunduğu yer
YOL (PATH)	Bir varlığın hareket ettiği yol
DENEYİMLEYEN (EXPERIENCIER)	Bir olayı hisseden, algılayan
ARAÇ (INSTRUMENT)	Bir eylemi gerçekleştirmek için kullanılan

Biçimsel Kavram Analizi kuramı kapsamında oluşturulan bu hiyerarşide bütün kavramlar alt kavram-üst kavram ilişkisi ile sıralanır. Bu yolla sıralanan küme, kavram latisi olarak isimlendirilir. Bu kavram latisi bir diyagram şeklinde gösterilir. Özellikle dili oluşturan öğeler veya kavramlar bu diyagramda bir düğümü temsil edecek şekilde üst kavramdan alt kavrama çizgiler şeklinde birleştirilmiş olarak yerlerini alır.

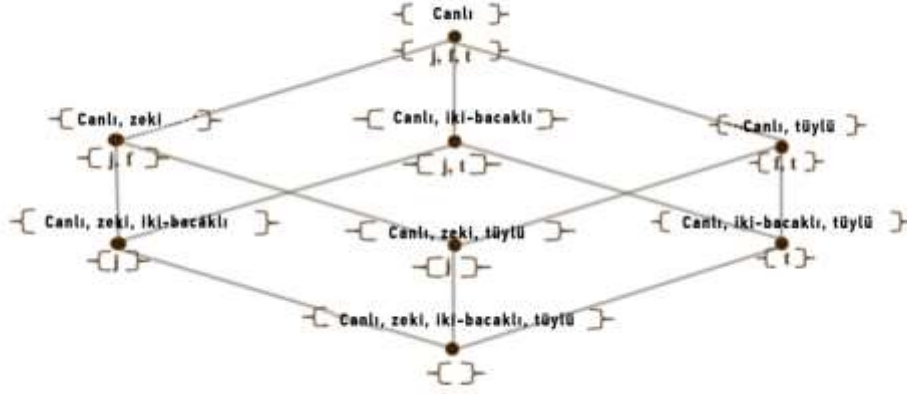
Biçimsel Kavram Analizi kuramının kullanıldığı bir kavram analizi modeli aşağıda Hasse Diyagramı olarak bilinen şekil ve bu diagrama ait tablo şeklinde Şekil 2'de gösterilebilir [9].



Şekil 2. Özellik ve nesnelere oluşan örnek bir kavram analizi modeli

Şekil 2'de de görüldüğü üzere nesnelere düğümlerin alt kısmında, özellikler ise düğümlerin üst kısmında gösterilmektedir. Fırat ve arkadaşlarının (2014) Biçimsel Kavram Analizi kuramı üzerinden geliştirdikleri örnek kavram latisi ise Şekil 3'te gösterilmiştir [7]. Şekil 3'te gösterilen örnek kavram latisinde nesnelere; *Jale (j)*, *Fino (f)* ve *Tivity (t)* özellikler ise; *canlı*, *zeki*, *iki-bacıklı* ve *tüylü* olarak ifade edilirler. Jackendoff'un teorisinde ise anlam, birbirinden bağımsız fakat birbiri ile etkileşim halinde iki katman içinde organize edilir. Bunlar: tematik katman ve eylem katmanlarıdır. Her bir katman farklı özellikleri ile anlama veya kavramsallaşmaya katkı sağlar. Tematik roller ise bu katmanların temel taşlarını meydana getirir [15]. Konumsal rolleri barındıran tematik katmanda KONUM, KAYNAK, HEDEF ve YOL gibi lokasyon rolleri mevcuttur. Eylem katmanı ise, herhangi bir yere konumlanan yani biçimsel (figüral) rolleri içerir. Bu katmanın üç temel rolü ETKİLEYEN, ETKİLENEN ve TEMA'dır [7].

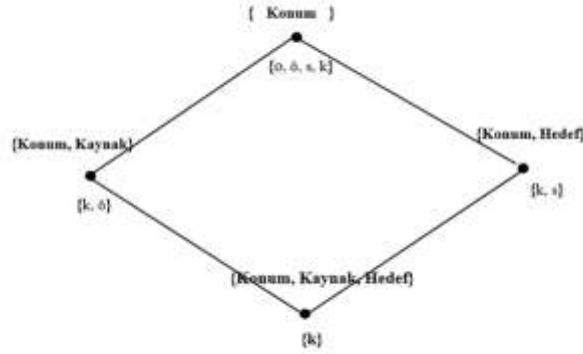
Y. FIRAT, T. UĞURLU



Şekil 3. Örnek kavram latisi

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda tematik roller, doğrusal bir hiyerarşiyle gösterildiğinden oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle matematikselleştirilmiş bir yapının doğal dile entegre edilmesi gerekir. Tematik katmanın matematiksel yapısının oluşumu (1) nolu cümle üzerinde gösterilebilir.

(1) Öğretmen okulda koridoru geçerek öğretmenler odasından sınıfa doğru yürüdü. eyleminde *okul*, *öğretmenler odası*, *sınıf*, *koridor* kelimelerinin sırasıyla KONUM, KAYNAK, HEDEF ve YOL tematik rollerini aldığı görülür. Bununla beraber *öğretmenler odası*, *koridor* ve *sınıf* öğretmenin eylemin farklı zamanlarında bulunduğu yer olarak KONUM tematik rolünü üstlenen öğelerdir. Ayrıca *koridor*, eylemin başlangıç noktasında öğretmenin hareket ettiği yer olarak düşünüldüğünde HEDEF tematik rolünü alır. Olayın sonuçlanmasında ise KAYNAK tematik rolünü üstlenir. Aynı zamanda bu tümcenin öznesi olan *öğretmen*, eylem boyunca varlığını gösterdiğinden TEMA rolünü alır. Tematik katmana ait bu roller Şekil 4’deki kavram latisinde görülebilir.



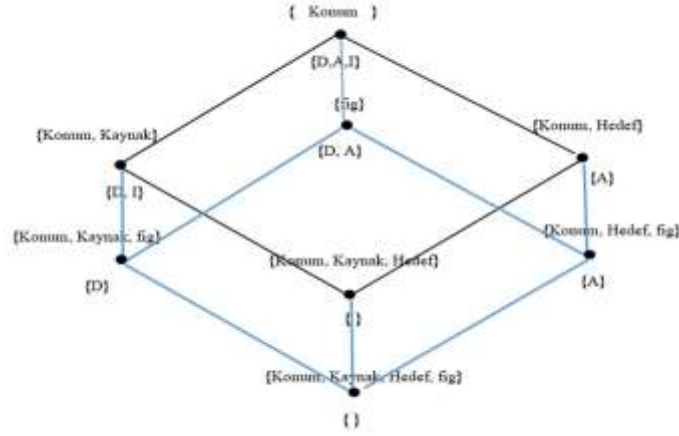
Şekil 4. Tematik katmana ait kavram latisi

Şekil 4’deki bu diyagramda *okul*, *öğretmenler odası*, *sınıf* ve *koridor* sırasıyla *o*, *ö*, *s*, *k* harfleri ile sembolize edilmiştir. Eylem katmanının matematiksel oluşumu ise (2) nolu cümle üzerinde gösterilebilir. Bu katmanı tanımlayabilmek için birincil giriş *figüral* olmalıdır.

(2) Didem Ali’ye İstanbul’dan kitap gönderdi. cümlesinde, *kitap* TEMA rolünü alırken *İstanbul* KAYNAK tematik rolünü gösterir. Ayrıca *Didem* ve *Ali* kelimelerinin KAYNAK ve HEDEF rollerini üstlenirken, aynı zamanda ETKİLEYEN ve ETKİLENEN rollerini de aldığı görülür. Anlaşılabileceği üzere bir kelimenin iki farklı rol alması anlam belirsizliğine neden olmaktadır. Bu

LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ

durum Şekil 5'teki tematik ve eylem katmanları arasındaki bağlantı noktaları ile lokasyon ve figüral rollerin organizasyonu şeklinde giderilmiştir.

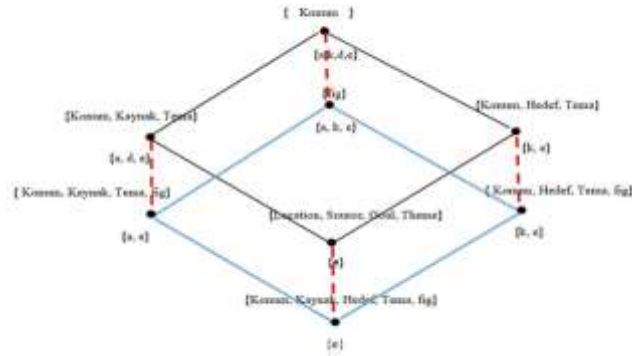


Şekil 5. Tematik katman ile eylem katmanı arasındaki bağlantı noktaları

Şekil 5'deki D, A, I sırasıyla Didem, Ali ve İstanbul için ilgili sembollerdir. Örnek bir kavram analizini (rol analizini) (3) nolu cümle üzerinden göstermek gerekirse;

(3) Adam kadına dükkandan ekmek gönderdi.

cümlesinde, *ekmek* TEMA rolünü alırken *dükkan* KAYNAK tematik rolünü alır. Ayrıca *Adam* ve *kadın* KAYNAK ve HEDEF rollerini oynarken, aynı zamanda sırasıyla ETKİLEYEN ve ETKİLENEN rollerini de üstlenir. Şekil 6'da, tematik ve eylem katmanları arasındaki bağlantı noktaları ile konumsal ve figüral rollerin organizasyonu görülmektedir. Burada a, k, d, e sırasıyla *adam*, *kadın*, *dükkan* ve *ekmek* ile ilgili sembollerdir.



Şekil 6. (3) nolu cümle için rol analizi

Şekil 6'da da görüldüğü üzere *ekmek* eylemin tüm evrelerinde varlığını gösterdiğinden merkezi rol olarak TEMA tematik rolünü alır. Eylem katmanı üzerinde *adam* yaptığı eylemin bilincinde ve farkında olduğu için ETKİLEYEN tematik rolünü alırken, *kadın* hem olaydan etkilenen hem de olayın farkındalığına sahip olduğu için ETKİLENEN rolünü üstlenir. *Dükkan-dan* ise -dan ilgecinden dolayı KAYNAK tematik rolünü almıştır. Oluşturulan örnek kavram latisinde de görüldüğü üzere kelimelerin gerçek anlamlarına tematik roller üzerinden ulaşılarak anlam belirsizlikleri ortadan kaldırılmıştır. Bu bağlamda, Biçimsel Kavram Analizi Kuramı üzerinden geliştirilen tematik rol latileri İşaret Dili tercüme sistemine önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

## 2.2. Metot

Çalışmanın bu kısmında, Türkçe İşaret Dili çeviricisinin uygulama basamakları gösterilmiştir. İlk olarak bu sistem için gerekli sensör, sürücü (driver) ve yazılım katmanlarına yer verilmiştir. Daha sonra Kinect sensöründen gelen görüntülerin (el hareketlerin) tanımlanmasında/işlenmesinde kullanılan Kontur Analizi (KA) anlatılarak tematik rol latileri üzerinden gerçek anlamlarına ulaşılan kelimelerle doğru cümlelerin üretilmesini sağlayan algoritmaya değinilmiştir.

### 2.2.1. Sürücü ve Yazılım Geliştirme Kitleri

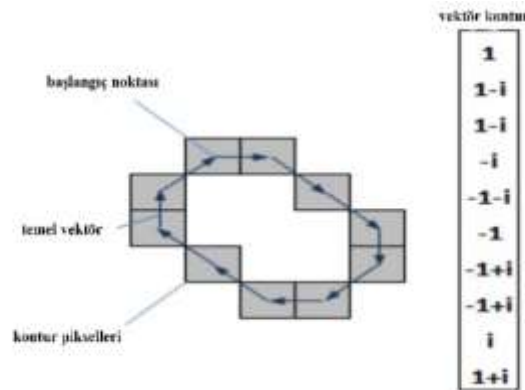
Türkçe İşaret Dili için geliştirilen tercüme sisteminde görüntülerin işlenmesi için gerekli Kinect cihazının kullandığı sürücü, yazılım geliştirme kitleri (SDKs) ve uygulama programlama arayüzleri (APIs) Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Microsoft Kinect’in sürücüleri ve yazılım geliştirme kitleri

İsim	Programlama Dili
Microsoft Kinect	C#, Java
Processing, Processing için Open Kinect	C#, Processing
LibusbK-3.0.7.0 Sürücü	
OpenNI (Open Natural Interaction) Kütüphanesi	C#
SimpleOpenNI Kütüphanesi	Processing, C#
OpenCV (Open Source Computer Vision) kütüphanesi--->EmguCV kütüphanesi	C#
Apache Commons Codec 1.11 API	Processing

### 2.2.2. Kontur Analizi (KA)

KA, dış hatlarıyla - konturlar şeklinde sunulan nesnelere tanımlamak ve karşılaştırmak için kullanılan bir analiz şeklidir. Burada nesnenin sınırı ifade edilir ve nesnenin iç noktaları dikkate alınmaz. Bir vektörel kontur analizinde kontur, karmaşık sayılardan oluşan dizi ile kodlanır. Bir kontur üzerinde, başlangıç noktası olarak adlandırılan nokta sabittir. Ardından, kontur saat yönünde taranır ve ofsetin her vektörü bir  $a + ib$  karmaşık sayısı ile not edilir. Bir kontur analizi Şekil 7’de gösterilmiştir.



**Şekil 7.** Bir kontur analizi

Şekil 7’de de görüldüğü üzere üç boyutlu nesnelere fiziksel doğasından ötürü, çizgileri her zaman kapalı ve kendi kesişimine sahip olamazlar. Bir konturun son vektörü daima başlangıç noktasında son bulur. Bir konturun her vektörü, temel vektör olarak adlandırılır. Kontur üzerinde karmaşık sayıların vektörü üzerinde yapılan



*LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ*

işlemler, diğer kodlama metotlarıyla karşılaştırıldığında olağanüstü matematiksel özelliklere sahiptir. Bu yüzden KA’nde karmaşık değerli bir kodlama kullanılır. Konturların özellikleri ise şunlardır [21]:

- Kapalı bir konturun temel vektör toplamı sifıra eşittir. Bir başka deyişle, temel vektörler başlangıç noktası ile sonuçlandığı için, bunların toplamı bir sıfır vektörüne eşittir.
- Kontur-vektör, kaynak görüntünün paralel transpozisyonuna bağlı değildir. Kontur başlangıç noktasına göre kodlandığında, bu kodlama modu başlangıç konturunun kayması (shift) durumunda sabittir.
- Belli bir açıyla görüntünün dönüşü, konturun her temel vektörün aynı açıyla döndürülmesi demektir.

Kontur analizi ile birlikte Türkçe İşaret Diline karşılık gelen kelimelerin analizine yönelik olarak geliştirilen algoritmaya ait sözde (pseudo) kodlar aşağıda verilmiştir.

*Kelimelerin tematik roller üzerinden gerçek anlamlarının bulunmasını sağlayan fonksiyonların sözde kodları:*

1. Veri tabanına bağlan.
2. Kelimeler listesindeki her bir kelime için veritabanındaki sözlük tablosunda eşleşme ara
3. Biçimsel Kavram Analizi Kuramına göre eşleşmelerin tematik rollerini tablodan seç
4. Kelimeleri tematik rollerine göre Türkçe tümce dizilimine uygun sıraya sok.
5. İmla düzenleme fonksiyonunu çağır.
6. Kelimeleri ve karşılık olarak tematik rollerini yaz.
7. Tümceyi yaz.

*Türkçe gramere göre imla düzenleyici fonksiyonların sözde kodları:*

1. Kelimelerde büyük ve küçük ünlü uyumunu denetle.
2. Kelimelerin tematik rollerine göre, ilgili eklerini belirle.
3. İlgili eklerin ünlü harflerini, gövdelerinde belirlenen ünlü uyumuna göre belirle.
4. Kelimelerin sonuna eklerini iliştiir.
5. Kelimeleri bir dizi ile geri döndür.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, geliştirilen sisteme ait bulgulara ve sonuçlara (3) nolu Türkçe cümlelerin testi üzerinden ulaşılmıştır. Buna göre (3) nolu cümleye ait kelimelerin Türkçe İşaret Dilindeki karşılıkları (görüntüleri) Şekil 8’de görülebilir.



Şekil 8. (a) Adam

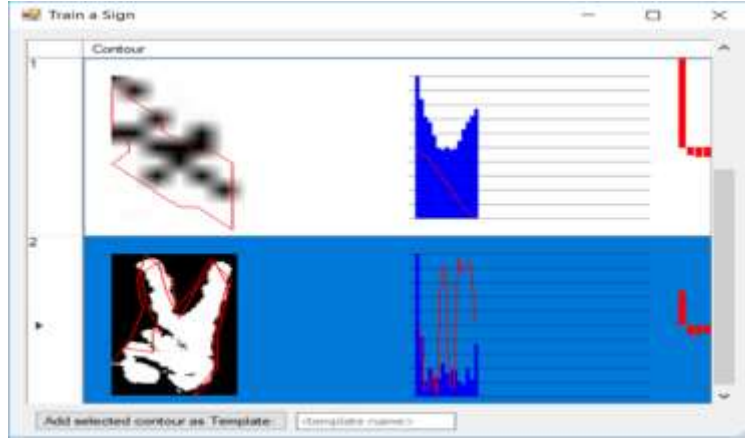
(b) Kadın

(c) Dükkan

(d) Ekmek

(e) Gönderdi

Şekil 8’de de görüldüğü üzere Kinect sensörünün Processing ile yazılmış olan görüntü yakalama modülü devreye girer. Bu modül, ham verideki el hareketini bir renk, geri kalan kısmı başka bir renk şeklinde iki renkli görüntü halinde *Sign Analysis* arayüzüne yollar. Kinect sensörü tarafından yakalanan herhangi bir örnek görüntünün dış hatları - konturları Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Herhangi bir el işaretinin görüntü yakalama modülünde gösterimi

Şekil 9’da da görüldüğü üzere görüntü yakalama modülü, gelen görüntünün kontur analizini yaparak çeviriye ve kaydedilmeye hazır biçimde *Sign Analysis* arayüzüne aktarır.

Çeviri aşamasında ise modülden gelen görüntüler belirtilen arayüzde kayıtlı el hareketleri ile karşılaştırılır. Ve karşılaştırma sonrası elde edilen kelimeler (işaretlerin sözcük karşılıkları) *irregular array of words* isimli listeye aktarılır. (3) nolu cümleye ait işaretlerin kelime karşılıklarının tespiti Şekil 10, 11, 12, 13, 14 de gösterilmiştir.



Şekil 10. Adam kelimesinin kontur analizi üzerinden tespiti

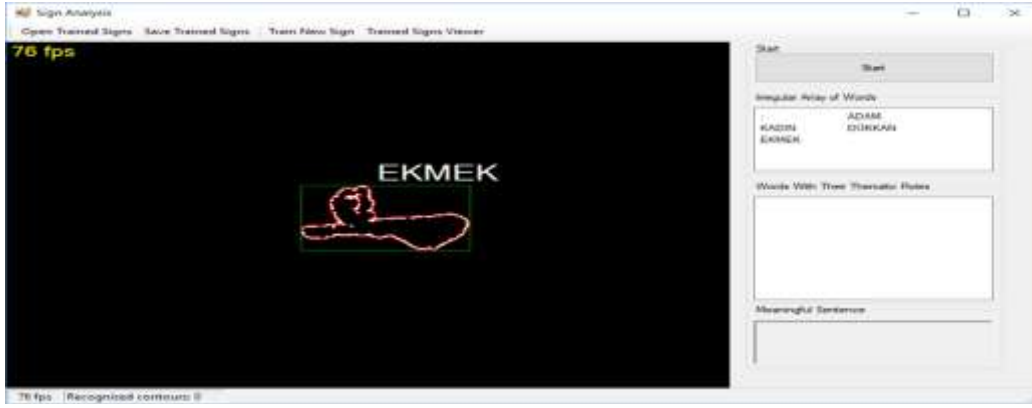


Şekil 11. Kadın kelimesinin kontur analizi üzerinden tespiti

*LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ*



Şekil 12. *Dükkan* kelimesinin kontur analizi üzerinden tespiti



Şekil 13. *Ekmek* kelimesinin kontur analizi üzerinden tespiti



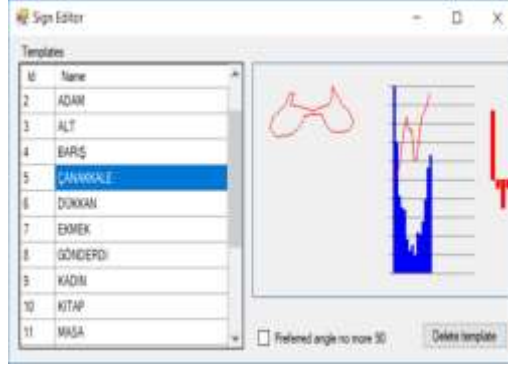
Şekil 14. *Gönderdi* kelimesinin kontur analizi üzerinden tespiti

Şekil 10, 11, 12, 13, 14'de de görüldüğü üzere gösterilen işaretler eğer daha önce makineye öğretilmemişse ve makineye öğretilmek istenilirse, işaret yapıldıktan sonra *Train New Sign* düğmesine basılır. Açılan pencerede (Şekil 9) kontur analizi yapılmış görselin kontur tahminleri listelenir. Bu tahminlerden en uygunu seçilir ve kelime karşılığı ile birlikte *Sign Analysis* arayüzüne aktarılır. *Sign Analysis* arayüzüne aktarılan bilgiler kalıcı olarak saklanmak istenirse *Save Trained Signs* düğmesiyle kaydedilir. Ayrıca kelimelerin gerçek anlamları

Y. FIRAT, T. UĞURLU

üzerinden bulunan anlamlı cümle ise Şekil 14'de işaret edilen *Sign Analysis* arayüzündeki *Meaningful Sentence* kısmında görülmektedir.

Şekil 14'de görülen *Trained Signs Viewer* düğmesine basıldığında ise *Sign Editor* penceresi açılarak, kaydedilmiş görsellerin kontur ve kelime bilgileri listelenir. Şekil 15 de bu pencere gösterilmiştir.



Şekil 15. *Sign editor* arayüzü

Ayrıca geliştirilen bu sistemde bir sözcük veritabanı dosyası da yaratılmıştır. Bu veritabanıyla ilişkili C# ta oluşturulan *Lexicon Editor* isimli arayüz Şekil 16 da görülebilir.



Şekil 16. *Lexicon editör* arayüzü

Şekil 16'da görülen arayüz ile özellikleriyle birlikte yeni kelimeler veritabanına eklenebilir, silinebilir veya düzenlenebilir. Arayüze girilen özellikler üzerinden, oluşturulan modelde kullanılmak üzere kelimelerin tematik rolleri belirlenir.

Örnek uygulamadan da anlaşıldığı üzere geliştirilen sistemde, Kinect aygıtına ait kızılötesi derinlik sensörünün eşik değeri ayarlanabilir şekilde programlanmıştır. Böylece sistem çevresindeki diğer nesnelerin işleme (processing) tabi tutulması engellenerek eşik değerleri arasındaki nesnelerin analizinin yapılması sağlanmıştır. Programatik olarak eşik değerleri arasındaki nesnelerin (ellerin) kırmızı, geri kalan bölgedeki noktaların siyah olarak işaretlenmesi ile renk farkından faydalanarak kontur analizini mümkün kılan konturlar oluşturulmuştur. Böylece yapılan bu analiz ile sembol/işaret net olarak ortaya konmuş ve hatalar giderilmiştir. Nihai olarak sistem, öğretilen sembol gösterildiğinde hatasız olarak karşılık gelen kelimeyi tespit etmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, işitme ve konuşma bozukluğu olan kişilerle normal insanlar arasındaki iletişimi sağlayan Türkçe İşaret Dili tercüme sistemini geliştirilmiştir. Çalışma üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda Türkçe İşaret

*LATİS TABANLI ANLAM ÇÖZÜMLENMESİ İLE TÜRKÇE İŞARET DİLİ TERCÜME SİSTEMİ*

Dilinden seçilen popüler hareketler Kinect sensörü tarafından algılanır. Elde edilen bu görüntüler Processing ile yazılmış olan görüntü yakalama modülü ile el işareti ve onun dışındaki alanlar şeklinde iki renkli görüntü halinde *Sign Analysis* modülüne gönderilir. Çalışmanın ikinci kısmında, processing modülünden gelen renkli görüntülerin kontur analizleri üzerinden kelime karşılıkları bulunur. Çalışmanın üçüncü kısmında ise bulunan bu kelimelerin gerçek anlamlarına Biçimsel Kavram Analizi kuramı çerçevesinde hazırlanan tematik rol latisleri üzerinden erişilir. Böylece tematik rolleri üzerinden gerçek anlamları belirlenmiş olan bu kelimeler anlamlı bir biçimde sıralanır ve ekleriyle birlikte bir cümle haline getirilir.

Türkçe İşaret Dili için geliştirilen bu sistem, yapılacak bir sonraki çalışmaya da kaynak teşkil edecek niteliktedir. Bu bağlamda, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolünü; geliştirilen bu sisteme dahil ederek küçük, kullanışlı, portatif, yönetimi kolay ve kablosuz olarak çalışabilen bir sistem elde edilebilir. Dünyanın herhangi bir yerindeki MQTT hizmeti veren sunucuya örneğin ESP8266 denilen Wi-Fi (Wireless Fidelity) modülüyle bağlanılarak sunucu tarafında yer alacak olan bu Türkçe İşaret Dili tercüme programı, insanlar tarafından rahatlıkla kullanılabilir. Yapılacak tek şey kullanıcı tarafına kamera ile entegrasyonu yapılmış ESP8266'nın konması ve kullanıcının internet aracılığıyla sunucudaki programa bağlanmasıdır.

**KAYNAKLAR**

- [1] AARTHI, M., VIJAYALAKSH, P., "Sign Language to Speech Conversion", Fifth International Conference on Recent Trends in Information Technology, 2016, Doi: 10.1109/ICRTIT.2016.7569545.
- [2] AKMELIAWATIL, R., PO-LEEN OOI, M., KUANG, Y. C., "Real-Time Malaysian Sign Language Translation using Color Segmentation and Neural Network", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1-6, Warsaw, Poland, 2007.
- [3] ARSAN, T., ÜLGEN, O., "Sign Language Converter", International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCES), 6(4), 39-51, 2015.
- [4] BUI, T. D., NGUYEN, L. T., "Recognition of Vietnamese sign language using MEMS accelerometers" 1st International Conference on Sensing Technology, 118-122, Palmerston North, New Zealand, 2005.
- [5] ELLIS, K., BARCA, J. C., "Exploring Sensor Gloves for Teaching Children Sign Language", Advances in Human-Computer Interaction, 2012, 1-8, 2012.
- [6] ERSHAED, H., AL-ALALI, I., KHASAWNEH, N., FRAIWAN, M., "An arabic sign language computer interface using the xbox Kinect", In Annual Undergraduate Research Conf. on Applied Computing, May, 2011.
- [7] FIRAT, Y., UÇAR, Ö., KILIÇASLAN, Y., "Semantic Analysis with a LatticeBased FrameNet", Journal of International Scientific Publications: Language, Individual & Society, 8, 512-518, Bulgaria, 2014.
- [8] FIRAT, Y., "The Semantic Inferences And Mappings Realized In Computer Through The Formal Concept Analysis", Journal of the International Scientific Researches, 2(1), 86-107, 2017, Doi number:<http://dx.doi.org/10.21733/ibad2099>.
- [9] FIRAT, Y., "Referans Parametreleri ile Biçimlendirilmiş Kavram Latislerinin Bilgisayarlı Gerçekleştirimi", Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 90-111, 2017, DOI: 10.18185/erzifbed.285800.
- [10] FRAIWAN, M., KHASAWNEH, N., ERSHEDAT, H., AL-ALALI, I., AL-KOFAHI, H., "A Kinect-based system for Arabic sign language to speech translation", International Journal of Computer Applications in Technology, 52(2), 117-126, 2015.
- [11] GANTER, B., WILLE, R., Formal Concept Analysis Mathematical Foundation, 5-23, Berlin: Springer, Verlag, 1999.
- [12] GAO, W., FANGA, G., "A Chinese sign language recognition system based on SOFM/SRN/HMM", Journal of Pattern Recognition, 37 (12), 2389-2402, 2004.
- [13] GUNASEKARAN, K., MANIKANDAN, R., "Sign Language to Speech Translation System Using PIC Microcontroller", International Journal of Engineering and Technology, 5(2), 1024-1028, 2013.
- [14] HERNANDEZ-REBOLLAR, J.L., LINDEMAN, R.W., KYRIAKOPOULOS, N., "A multi-class pattern recognition system for practical finger spelling translation", 4th IEEE International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'02), 185-190, Pittsburg, USA, 2002.
- [15] JACKENDOFF, R., "On the Role of Conceptual Structure in Argument Selection: A Reply to Emonds", Natural Language and Linguistic Theory 11, 11(2), 279-312, 1993.

Y. FIRAT, T. UĞURLU

- [16] LI, Y., CHEN, X., ZHANG, X., WANG, K., WANG, ZJ., “Sign-Component-Based Framework for Chinese Sign Language Recognition Using Accelerometer and sEMG Data”, IEEE Transactions On Biomedical Engineering, 59(10), 2695-2704, 2012.
- [17] ONG, EJ., BOWDEN, R., “A boosted classifier tree for hand shape detection”, In Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition FGR'04, IEEE Computer Society, 889-894, Washington, DC, USA, 2004.
- [18] QUAN, Y., “Chinese Sign Language Recognition Based On Video Sequence Appearance Modeling”, 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 1537-1542, 2010.
- [19] RAJAGANAPATHY, S., ARAVIND, B., KEERTHANA, B. , SIVAGAMI, M., “Conversation of Sign Language to Speech with Human Gestures”, 2nd International Symposium on Big Data and Cloud Computing (ISBCC'15), Procedia Computer Science 50, 10-15, 2015.
- [20] STARNER, T., WEAVER, J., PENTLAND, A., “Real-time american sign language recognition using desk and wearable computer based video”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(12), 1371-1375. 1998.
- [21] <https://www.codeproject.com/Articles/196168/Contour-Analysis-for-Image-Recognition-in-C> (erişim tarihi 13.05.2018)
- [22] WILLE, R., Restructuring lattice theory: An approach based on hierarchies on concepts, 445-470, ed. (I. Rival), in Ordered Sets, Dordrecht-Boston: D. Reidel Publishing Company, 1982.