

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ÇEVİRİSİNDE YENİ BİR BİLGİSAYIMSAL YAKLAŞIM

EDİP SERDAR GÜNER

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: PROF. DR. YILMAZ KILIÇASLAN

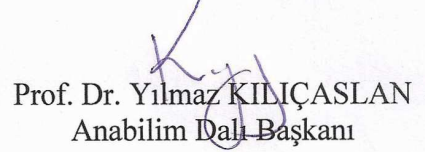
EDİRNE-2015

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



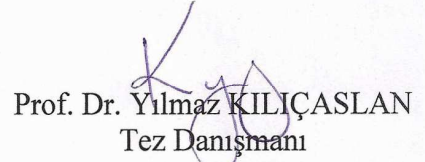
Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

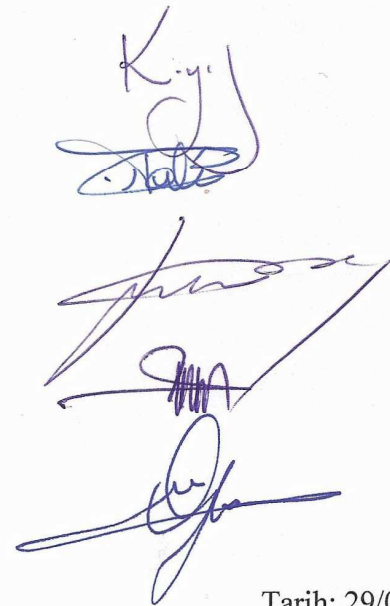
Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN

Prof. Dr. Tahir ALTINBALIK

Doç. Dr. Turgay Tugay BİLGİN

Doç. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI

Yrd. Doç. Dr. Özlem UÇAR



Tarih: 29/01/2015

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

29/01/2015

Edip Serdar GÜNER



Doktora Tezi
EDİP SERDAR GÜNER
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bilişsel süreçlerde bağlantısallık ve biçimsellik şeklinde ortaya çıkan ayrım, özünde bilişsel işlevlerin aşamalı gelişiminin ürünüdür ve bir ayırmadan çok katmanlı bir yapıya işaret eder. Doğal dil işlemede biçimsel yaklaşımların tek başına yetersiz kalması da geliştirilen biçimsel sistemlerin, bağlantısal temeller üzerine oturtulmamasından kaynaklanmaktadır. Bu tez çalışmasının ardındaki temel motivasyon da bağlantısal dayanaklı ontolojilerin makine çevirisinde kullanılabilecek biçimsel yapıdaki aradillerin oluşturulmasında temel olabileceği düşüncesi olmuştur. Bu noktadan yola çıkarak, dillerarası kavramsal eşlemeler bağlantısal bir şekilde gerçeklenmeye çalışılmış, ardından bu eşlemeler üzerinde temellenen aradil yapıları biçimsel bir çerçeve içinde modellenmiştir. Son olarak, kavram kafesleri şeklinde biçimselleştirilen ontolojiler, aradil yapıları olarak kullanılmış ve böylece edimsel bilginin süreç odaklı makine çevirisine eklenmesi sağlanarak bu ontolojilerin işlevsellikleri sınanmıştır. Ortaya konan çeviri sisteminin, Türkçe bir çocuk hikayesine uygulanması ile elde edilen test sonuçları, çeviri sonuçlarında filtre olarak kullanılan kavram kafeslerinin, makine çevirisini geliştirme açısından umut verici bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Yıl : 2015
Sayfa Sayısı : 107
Anahtar Kelimeler : Biçimsel Kavram Çözümlemesi, Makine Çevirisi, Aradil

Doctoral Thesis

EDİP SERDAR GÜNER

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Computer Engineering

ABSTRACT

The distinction emerged as associativeness and formality in cognitive processes is fundamentally the product of the gradual development of cognitive functions and this indicates a multi-stratified structure. Since formal systems which have been developed for natural language processing are not based on associative grounds, formal approaches that are merely used in natural language processing lead to limited systems. The main motivation behind this thesis is the thought that ontologies based on associativeness could serve as the core of forming formal-structured interlingua that could be used in machine translation. Therefore, it is tried to realize cross-language conceptual mapping on the basis of associativeness; then, interlingual structures based on these mappings are modeled within a formal framework. At the end, ontologies formed as concept lattices are used as interlingual structures and functionalities of the ontologies are tested via incorporating pragmatic information into process-oriented machine translation. Test results retrieved from the application of the developed translation system to a child story reveal that concept lattices used as filters in translation results have a promising potential with regard to the development of machine translation.

Year : 2015

Number of Pages : 107

Keywords : Formal Concept Analysis, Machine Translation, Interlingua

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde bana yol gösteren, bu alanda çalışmam için beni teşvik eden ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN'a çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının ortaya çıkış sürecinde sevgi ve sabrıyla bana güç veren, bu çalışmayı dile olan tutkusu sayesinde okunabilir kılan ve benden hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili eşim Sevda'ya ve son dönemde ailemize dahil olarak moral kaynağı olan kedimiz Yosun'a varlıklarından ötürü sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, doktora çalışmam boyunca sağladıkları burs imkanıyla, maddi açıdan destekçim olan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – İKİ TEMEL BAKIŞ AÇISI	4
2.1. Biçimsel ve Bağlantısal Bilişsel Eylemler	5
2.2. Biçimsel ve Bağlantısal Yapılar	6
2.3. Kavramlar.....	8
2.3.1. Kavram Nedir?	9
2.3.2. Kavram Kuramları	10
2.4. Ulamlama ve Sınıflandırma	13
2.4.1. Ulamlama	13
2.4.2. Sınıflandırma	18
BÖLÜM 3 – ONTOLOJİ VE DİL	20
3.1. Bilgi Gösterimi	20
3.2. Ontoloji	21
3.3. Ontoloji Türleri	22
3.4. Ontoloji ve Söz Varlığı	24
3.5. WordNet	26
3.6. Bir Ontoloji Olarak WordNet	30
BÖLÜM 4 – BİÇİMSEL KAVRAM ÇÖZÜMLEMESİ	34
4.1. Kafes Yapısının Matematiksel Tanımı	34
4.2. Leibniz’in Anlamsal Kafes Yaklaşımı	35
4.3. Biçimsel Kavram Çözümlemesi	36
4.4. Biçimsel Kavram Çözümlemesinde Temel Bileşenler	38
BÖLÜM 5 – BİR UYGULAMA ALANI: MAKİNE ÇEVİRİSİ	47
5.1. Makine Çevirisinin Gelişim Süreci	48

5.2. Makine Çevirisinde Karşılaşılan Zorluklar	49
5.2.1. Biçimbilgisel Düzeyde Zorluklar	50
5.2.2. Sözcük Düzeyinde Zorluklar	51
5.2.3. Sözdizim Düzeyinde Zorluklar	52
5.2.4. Söylem Düzeyinde Zorluklar	54
5.3. Makine Çevirisi Yaklaşımları	54
5.3.1. Sonuç Odaklı Yaklaşım	55
5.3.2. Süreç Odaklı Yaklaşım	56
5.3.2.1. Doğrudan Çeviri Yöntemi	58
5.3.2.2. Aktarım Yöntemi	58
5.3.2.3. Aradil Yöntemi	60
5.4. Çeviri Kalitesinin Değerlendirilmesi	62
BÖLÜM 6 – KAFES TABANLI BİR ARADİL YAKLAŞIMI	65
6.1. Anlama Dayalı Kavramsal Eşleştirme	67
6.1.1. Wikipedia	68
6.1.2. WordNet – Wikipedia Anlamsal Eşleştirmesi	69
6.1.3. Biçimsel Kavram Çözümlemesi ile Anlamsal Eşleştirme.....	72
6.2. Aradil Kavram Kafeslerinin Oluşturulması	75
6.3. Kavramsal Yapıların Mantıksal Olarak Modellenmesi	79
BÖLÜM 7 – UYGULAMA	84
7.1. Kural Tabanlı Bir Makine Çevirisi Yazılımı	84
7.2. Edimsel Bilgi Yokluğunda Makine Çevirisi	89
7.3. Kavram Kafesleri ile Çevirilerin Filtrelenmesi	93
7.4. Sistem Başarımı	97
BÖLÜM 8 – SONUÇ	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	108

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 Örnek bir WordNet eşkümesinin parçaları.	27
Tablo 4.1 Hayvanlardan oluşan dünya modelini ifade eden biçimsel bağlam tablosu.	39
Tablo 4.2 Örnek modele BKÇ uygulanarak elde edilen biçimsel kavramlar.	41
Tablo 6.1 Örnek bir eşküme için oluşturulan üstanlam zinciri ve düğümlere verilen ağırlık değerleri.	71
Tablo 6.2 {bulk, mass, volume} eşkümesinin Türkçe karşılıklarından kurulan biçimsel bağlam.	73
Tablo 7.1 Örnek bir cümle için sistem ve referans çevirilerin karşılaştırılması.	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Etmenin bulunduğu ortamdaki basit nesneler.	15
Şekil 2.2 Etmenin yalnız siyah renk algısıyla gerçekleştirdiği ulamlama.	15
Şekil 2.3 Etmenin siyah ve gri renk algılarıyla gerçekleştirdiği ulamlama.	16
Şekil 2.4 Siyah ve gri renk algılarıyla oluşan ulamlama süreç şeması.	16
Şekil 2.5 Algıda katmanlı yapı sonucu oluşan ulamlama süreç şemaları.	17
Şekil 2.6 Algıda eşdüzeylilik sonucu oluşan ulamlama süreç şeması.	18
Şekil 3.1 Biçimsel bir ontoloji örneği.	23
Şekil 3.2 Prototip tabanlı bir ontoloji örneği.	23
Şekil 3.3 Terimsel bir ontoloji örneği.	24
Şekil 3.4 Semiyotik üçgen.	26
Şekil 3.5 WordNet'in hiyerarşik yapısından bir parça.	29
Şekil 3.6 WordNet'te örnek bir üstanlam zinciri.	31
Şekil 3.7 Birden çok üstanlama sahip bir eşkümenin üstanlam zinciri.	32
Şekil 4.1 $\{x, y, z\}$ kümesinin alt kümelerini gösteren kafes yapısı.	35
Şekil 4.2 Çeşitli hayvanlardan oluşan bir dünya modeli.	38
Şekil 4.3 BKÇ kullanılarak dünya modelimizden üretilen Hasse diyagramı.	45
Şekil 5.1 İngilizce ' <i>bank</i> ' sözcüğünün Türkçe karşılıklarının örneklenmesi.	51
Şekil 5.2 Vauquois üçgeni.	57
Şekil 5.3 Doğrudan çeviri yönteminde bir yer değiştirme örneği.	58
Şekil 5.4 Aktarım yöntemiyle basit bir sözdizimsel dönüşüm örneği.	59
Şekil 5.5 Aradil kullanılarak gerçekleştirilen bir çeviri örneği.	61
Şekil 5.6 Aktarım ve aradil yaklaşımları kullanılan sistemler için modül sayıları.	62
Şekil 6.1 Bir aradil olarak kavram kafesi tasarımı.	66
Şekil 6.2 Wikipedia'da ' <i>cat</i> ' makalesinin ekran görüntüsü.	68
Şekil 6.3 Bir eşkümenin Wikipedia üzerinden Türkçe karşılığının bulunması süreci.	72
Şekil 6.4 $\{\text{bulk, mass, volume}\}$ eşkümesi için oluşturulan kavram kafesi.	74
Şekil 6.5 ' <i>volume</i> ' sözcüğü için Priss ve Old'un önerdiği komşuluk kafesi.	76

Şekil 6.6 Nesnelerin, eşküme numaraları olduğu bir komşuluk kafesi.	77
Şekil 6.7 Tanımsal ifadeler kullanılarak zenginleştirilmiş bir komşuluk kafesi.	78
Şekil 6.8 Nesnelere ait ad kümelerini de içeren komşuluk kafesi.	78
Şekil 6.9 İngilizce eşkümelerin Türkçe karşılıklarını içeren bir komşuluk kafesi.	79
Şekil 6.10 Aynı biçimsel bağlamı ifade eden farklı yapılar.	80
Şekil 7.1 Kural tabanlı makine çevirisi yazılımının ana modülleri.	85
Şekil 7.2 Uygulama sisteminde örnek bir çeviri süreci ve oluşan ara yapılar.	89
Şekil 7.3 Örnek cümleden üretilen basit bir sözdizimsel yapı	91
Şekil 7.4 Sözdizimsel ve sözcüksel aktarım yoluyla elde edilen hedef dil yapısı.	91
Şekil 7.5 Anlamsal aktarım yoluyla elde edilen hedef dil yapısı.	92

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yapay zeka çalışmalarının başlangıcından beri, insanların gerçekleştirdiği çeviri işinin bilgisayarda modellenmesi, yani makine çevirisi, araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olmuştur. Bu alanda yapılan birçok çalışma pratik amaçlı uygulamalara yönelik olsa da, makine çevirisi araştırmaları sonucunda ortaya konan bulgular, bilimsel ve felsefi açıdan büyük önem taşımaktadır. Bilişsel ve dilbilimsel kuramlar açısından bir deneme alanı oluşturan makine çevirisi çalışmaları, aynı zamanda felsefenin temel sorularından biri olan bilginin yapısına ilişkin de aydınlatıcı roller üstlenmektedir.

Çeviri, doğası gereği bir iletişim süreci olduğu için, taraflar arası bilgi aktarımında bir köprü işlevi görmektedir. Kaynaktan çıkan bir mesajın, hedefe anlaşılır biçimde ulaşması çevirinin temel amacıdır. Bu nedenle çeviri; dil, anlam ve eşdeğerlikle yakından ilişkilidir.

Bir iletişim eyleminin gerçekleşmesi, tıpkı çeviri sürecinde olduğu gibi, bilginin taraflar arasında anlaşılır ve etkin biçimde aktarımını gerektirir. Bu aktarıma imkan sağlayan bilgi gösterimleri, gerçekliğe ilişkin zihinsel modellerdir. Gerçeklik ise, ancak algılarımız ve deneyimlerimiz yoluyla yorumlayarak bir bakış açısı getirebildiğimiz karmaşık bir düzlemdir. Bu nedenle, gerçekliğe ilişkin bakış açısı kişiye özgü kabul edilir ve genelde kavramsallaştırma olarak adlandırılır.

Öznel zihinsel ürünler olan kavramsallaştırmalar, iletişimde kullanılabilmek için bir belirtme sahip olmak zorundadır. Kavramsallaştırmalar, herhangi bir düzeyde biçimsel belirtme kavuştuklarında ise, ontoloji olarak adlandırılırlar. Etkin bir iletişim de, ancak taraflar arası ontolojik uyumla sağlanır. Tarafların iletişimde uzlaşma dayalı bir ontoloji kullanması durumunda, öznel kavramsallaştırmalardan kaynaklı olarak oluşabilecek anlam belirsizlikleri de en aza indirilmiş olur.

Kavramsallaştırmanın şeffaf olmayan yapısı, belirtimle saydamlık kazanmaktadır ve her ikisi de tek başlarına işlevsel olmadıkları halde, birlikte iletişimsel bir göreve sahip olmaktadır.

Kavramsallaştırma ve belirtim arasındaki bu karşılıklı bağımlılığa dayalı düzeysel ayrım, yapay olarak ortaya çıkmış bir olgu değildir ve kökeninde bilişsel işlevlerin evrimsel gelişimi vardır. Aşamalı yapısı gereği evrim, eski yapıları yok saymayıp, yenileri bunlar üzerine inşa etmektedir. Bu nedenle, biçimsel bilişsel yapılar da bağlantısal temeller üzerine kuruludur.

Yapay zeka alanında, alt-simgesel ve simgesel yaklaşımlar şeklinde ortaya çıkan aynı örüntü, bilişsel bilimlerde ise geleneksel ve prototip tabanlı kavram yaklaşımlarına temel oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasının ardındaki sezgisel yaklaşım da, aynı örüntünün, makine çevirisinde aradil olarak kullanılacak ontolojilerin oluşturulmasında temel olabileceği düşüncesidir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak, bu tez çalışmasında, diller arası kavramsal eşlemeler bağlantısal bir yapıda gerçekleşmeye çalışılacaktır. Ardından, bu eşlemeler üzerinde temellenen aradil yapıları biçimsel bir çerçeve içinde modellenecektir. Son olarak da, elde edilen biçimsel aradil yapıları, bir makine çevirisi sisteminde kullanılarak işlevsellikleri sınanmış olacaktır.

Bu tez çalışmasında, aradil yapılarının biçimselleştirilmesi amacıyla model-kuramsal bir çerçeve olan Biçimsel Kavram Çözümlemesi yönteminden faydalanılacaktır. Bu yöntemle, aradil kavram düğümleri kafes yapıları üzerinde modellenmiş olacaktır. Ontolojik temele dayalı aradil kavram kafeslerinin kullanımı ile, ağaç şeklindeki taksonomik yapıların getirdiği anlamsal kısıtlılıklar da aşılmış olacaktır.

Bu tez çalışmasının, makine çevirisi alanına getireceği yenilik ise, kavram kafesleri şeklinde biçimselleştirilen ontolojilerin aradil yapıları olarak kullanılması ve bu yolla edimsel bilginin süreç odaklı makine çevirisine eklenmesi olacaktır.

İlerleyen bölümlerde, ilk olarak, biçimsel ve bağlantısal temelli bakış açıları ele alınarak, kavramsal yaklaşımlardaki yansımaları üzerinde durulacaktır. Üçüncü bölümde, ontoloji ve dil bağlantısı üzerine bilgiler verildikten sonra, sözcüksel bir veritabanı olan WordNet'in ontolojik yapısına değinilecektir. Dördüncü bölümde, anlamsal temelli kavram kafeslerini oluşturmada kullanılacak olan Biçimsel Kavram Çözümlemesi yöntemi anlatılacaktır. Beşinci bölümde, bir uygulama alanı olarak

makine çevirisinin gelişimi, farklı bakış açıları ve çevirilerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler açıklanacaktır. Altıncı bölümde, aradil kavram kafeslerinin oluşturulmasında izlenen yöntemler betimlenecektir. Yedinci bölümde, öncelikle, oluşturulan aradil kavram kafeslerinin çıktıları üzerinde filtre olarak kullanılacağı bir makine çevirisi sisteminin yapısı ve süreç odaklı makine çevirisinde karşılaşılan sorunlar anlatılacaktır. Ardından, aradil kavram kafeslerinin filtre olarak kullanımının ayrıntılarına değinilerek, son bölüme geçilecek ve tez çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapılacaktır.

BÖLÜM 2

İKİ TEMEL BAKIŞ AÇISI

Çağdaş yapay zeka çalışmaları, *alt-simgesel* (sub-symbolic) ve *simgesel* (symbolic) olmak üzere iki temel yaklaşıma dayanır. Alt-simgesel yaklaşım, aynı zamanda *bağlantıcılık* (connectionism) olarak da adlandırılır ve bu yaklaşımda insan beyninin biyolojik çalışma şeklinin modellenmesi amaçlanır. Bu nedenle alt-simgesel yaklaşımların kullanıldığı sistemlerin adlandırılmasında ‘sinir ağları’ ve ‘genetik algoritmalar’ gibi biyolojiden esinlenen benzetmeler kullanılır. Alt-simgesel sistemler genelde, etmen tabanlı, devingen ve aşağıdan-yukarıya bir tasarımla gerçekleştirirler. Alt-simgesel bir sistemi oluşturan parçalar, aralarındaki karmaşık etkileşimler sonucu, basit bir şekilde bileşenlerinin toplamı olarak çözümlenemeyen bir çıktı üretirler. Bu nedenle alt-simgesel sistemler öngörülemeyen (emergent) bir yapıdadır. Alt-simgesel sistemlerin iç yapıları ya da kullandıkları içsel gösterimler insanlar tarafından kavranamaz ve bu sistemler çözüm getirdikleri olguya ilişkin bir açıklama sunamazlar.

Simgesel yaklaşımda simgesel mantık kullanılır. Bu yaklaşım, simgesel bir girdi olarak yine simgesel bir çıktı üreten simge işleyicilerin varlığı varsayımına dayanır. Simgesel yaklaşımla tasarlanan sistemlerin yapıları açık bir şekilde tanımlanır ve yukarıdan-aşağıya bir mimariye sahiptir. İçsel gösterimleri ise belirli bir mantık sistemi çerçevesinde ve insanların anlayabileceği yapıda tasarlanır.

Bahsedilen bu yaklaşımlar her ne kadar birbirlerine karşıt veya birbirlerinden ayrık gibi görünse de melez sistemler altında biraraya gelebilmektedir. Ancak, simgesel ve alt-simgesel sistemlerin gerçekte nasıl birlikte çalıştıkları tam olarak ortaya konulmamış olduğundan, melez sistemler yaygın kullanım bulamamaktadır.

Bilgisayar sistemlerinin her düzeyinde simgesel gösterimler bir şekilde kullanıldığı için, kavramsal bir karmaşa oluşmasını önlemek ve bahsedilen yaklaşımları

da kapsayan genellemeler yapabilmek amacıyla, *alt-simgesel* ve *simgesel* terimleri yerine, *bağlantısal* (associative) ve *biçimsel* (formal) terimlerinin kullanımı önerilmektedir [1].

Hem biçimsel hem de bağlantısal yaklaşımlar, halihazırda tek başlarına insan zekasına benzer bir yapay zeka oluşturma hedefinde başarıya ulaşamamıştır. Bağlantısal yaklaşımlarla, yüz tanıma sistemleri gibi algısal arayüzler oluşturmada ve dinamik sistemlerdeki değişkenlerin kontrolünde oldukça başarılı sonuçlar elde edilse de, doğal dil üretimi gibi alanlarda aynı başarıya ulaşamamıştır. Diğer yandan, simgesel yaklaşımlarla tasarlanan satranç bilgisayarları gibi bazı uzman sistemlerde kusursuz sayılabilecek derecede başarılı sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen, 30 yıla yakındır el emeğiyle geliştirilmeye devam eden CYC ontolojisi [2] gibi çalışmalarda dahi tatmin edici doğal dil işleme kapasitelerine ulaşamamıştır.

Yapay zeka yaklaşımları için varolan bu yapısal ayrım, birçok bilimsel disiplinde de karşımıza çıkar. Psikoloji alanında Sloman [3] ve Pinker [4], biri bağlantısal diğeri ise kural tabanlı (ya da biçimsel) olmak üzere, eşzamanlı olarak çalışan en az iki akıl yürütme mekanizmasının varlığını destekleyecek kanıtlar olduğunu öne sürmüşlerdir. Bilişsel bilimler ve dilbilimde ise, genelde Aristocu olarak da bilinen geleneksel kavram yaklaşımı ile temelleri Wittgenstein [5] ve Rosch'un [6] çalışmalarına dayanan bulanık ve prototip tabanlı yaklaşımlar mücadele içindedir.

2.1. Biçimsel ve Bağlantısal Bilişsel Eylemler

Biçimsel ve bağlantısal akıl yürütmede kullanılan bilişsel eylemler genelde birbirinden farklıdır. Biçimsel kavramlar ve bunların kullanıldığı bağlamlar, mantıksal doğruluk, tutarlılık ve tamlık üzerinden değerlendirilirler. Biçimsel akıl yürütmenin temelinde mantıksal çıkarım vardır. Ganter ve Wille [7], biçimsel akıl yürütmeye ilgili üç temel bilişsel eylemi;

- kavramların tanımlanması ve biçimselleştirilmesi,
- kavramlar arası tutarlı ilişkilerin kurulması, ve
- kavramlar arasında kurulan ilişkilerden ötürü ortaya çıkan gerektirimlerin sorgulanması

şeklinde sıralamaktadır. Wille, bu bilişsel eylemlerin tamamını kapsayacak şekilde, bütün biçimsel akıl yürütmenin Biçimsel Kavram Çözümlemesine (Formal Concept Analysis) dayalı bir çerçeve içinde betimlenebileceğini öne sürmektedir [8]. Bu şekildeki bir yaklaşımla, biçimsel akıl yürütme biçimsel gösterimlerin içine dahil edilmiş olmaktadır.

Bağlantısal akıl yürütmeye ilişkin bilişsel eylemler ise;

- filtreleme,
- birlikteliklerin gözlemlenmesi,
- benzetme, ve
- yankılanmadır.

Filtreleme, dış dünyadaki nesnelerin sonsuz karmaşıklıkta ve detaylı olmasından ötürü gereklidir. Filtrelemenin biçimsel düzlemdeki eşleniği, tanımlamadır. Ancak, bağlantısal kavramlar biçimsel ifadelerle tam olarak tanımlanamaz. Gestalt algı, filtrelemeye iyi bir örnektir. Gestalt algıda duyular temel bir filtreleme mekanizmasından geçerek kümelenir, düzene sokulur ve ardından anlamlandırılır.

Nesne birlikteliklerinin gözlemlenmesi, nesneler arasında olduğu varsayılan nedenselliğe dayalı biçimsel açıklamaların bağlantısal karşılığı olmaktadır.

Bağlantısal akıl yürütmeye, mantıksal çıkarım yerine benzetme ve metaforlar kullanılır. Hofstadter [9] benzetmeyi “bilişin özü” olarak tanımlasa da, benzetmede dış dünyadaki nesnelerin detay ve zenginliğinden faydalandığı için, kesinliğe sahip bir yöntem olarak kabul edilmez. Benzetme, genelde bilginin yeni alanlara genişletilmesi için kullanılan bilişsel bir strateji olarak değerlendirilir.

Bağlantısal kavram ve bağlamlar, temellendirmelerine göre değerlendirilir. Yani, yeni bilgi ve gözlemlerin geçmişte elde edilenlerle uyum içinde olması durumunda yankılanma eylemi gerçekleşir ve etmenin bilgi yapısına katılımları sağlanır.

2.2. Biçimsel ve Bağlantısal Yapılar

Biçimsel ve bağlantısal yapıları birbirinden ayırt etmek için kullanılabilecek birçok özellik vardır. Ancak, hem biçimsel hem de bağlantısal yapılar, içinde bulundukları bağlama bağlı olarak ortaya çıkarlar. Örneğin, tek boynuzlu at (unicorn) kavramı oluşumunun ilk aşamasında hayal ürünü olmasından ötürü yüksek düzeyde bir

bağlama ihtiyaç duyar ve biçimsel bir yapıdadır. Ancak, insanlar tek boynuzlu atları sanal bir dünyaya taşıyıp onları gerçek dünyadaki atarmış gibi detay düzeyinde koku, biçim, hareket gibi niteliklerle ilişkilendirerek, üzerlerinde bağlantısal şekilde akıl yürütebilir. Bu durum, aslında, biçimsel ve bağlantısal akıl yürütme eylemlerinin insan zihninde iç içe geçmiş olduğunu da göstermektedir.

Bağlantısal yapıların nesneleri ya dış dünyada ya da dışsallaştırılmış sanal bir dünyadadır. Etmenler, bu gibi nesnelere doğrudan erişemez. Nesnelere ilişkin algılar, etmenin algılayıcı donanımları ve sosyalleşme yoluyla kazandığı bilgi yapıları aracılığıyla belirlenir. Karmaşıklık, rassallık ve detaylılık bağlantısal yapıların temel özellikleridir. Lenat, sonsuz sayıda ve zenginlikte detaya sahip olmalarından ötürü bağlantısal yapıların tanımlanamayacağını belirterek, bu yapıdaki nesnelere “zengin nesneler” adını vermektedir [2].

Biçimsel yapılar ise tamamen simgeseldir ve diğer simgelerle olan ilişkileri üzerinden tanımlanırlar. Biçimsel yapılar sisteminin elemanları, tek başlarına dış dünyayla doğrudan bir ilişki içinde olamaz ve bu nedenle tamamen diğer soyut nesnelerle olan ilişkileri üzerinden ifade edilirler. Biçimsel yapılarla varsayımsal ve özyinelemeli durumlar da temsil edilebilir.

Hem biçimsel hem de bağlantısal yapılar iletişimde kullanılabilmek için bir gösterime sahip olmak zorundadır. Biçimsel kavramlar genelde simgesel bir dilde ifade edilirler ve diğer biçimsel kavramlarla ilişkileri değişmemek koşuluyla (yani anlamları korunarak) yeniden adlandırılabilirler. Bağlantısal kavramlar ise resim veya fotoğraf gibi dil dışı biçemlerle temsil edilebilirler. Ancak, bağlantısal kavramların, biçimsel kavramlarla kıyaslandıklarında gösterim şekillerine daha fazla bağımlı oldukları görülür. Müzik veya resim içeriklerinin genellikle doğal bir dille tam olarak ifade edilememesi bu durumdan kaynaklanır.

Hayvanlarda bilişsellik üzerine yapılan araştırmaların sonuçları, zeka göstergesi davranış gelişiminin aşamalı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu aşamalar kavramsallaştırmanın gelişim düzeyleriyle bağlantılandırılabilir [1]. Çok düşük düzeyde kavramsallaştırma veya küçük beyin hacmi gerektiren davranışlar ile tepkisel davranış gibi erken evrimsel düzeyde ortaya çıkmış olan beyin işlevleri, yapay sinir ağları gibi bağlantısal yapılarla kolaylıkla modellenabilmektedir. Ancak, biçimsel yapılar doğal

veya biçimsel bir dilin varlığına gereksinim duydukları için, bu yapıların daha ileri bir evrimsel düzeyde ortaya çıktıkları düşünülmektedir.

Biçimsel yapılar, bağlantısal yapıların yerini almayıp, üzerlerine inşa edilmektedir. Bu durum, evrimin aşamalı olarak gerçekleşmesi ve genelde eski yapıların yok sayılmayıp birbiriyle bütünleştirilmesi veya uyarlanması doğal bir sonucudur. Lakoff ve Johnson'ın bilişin cisimselleşmesi (embodiment of cognition) ile ilgili araştırması [10] da, dili ve dolayısıyla biçimsel yapıları, bağlantısal yapılar üzerinde temellendirme fikrini desteklemektedir. Bu durum, yapay zeka alanında biçimsel yapıların evrimsel olarak daha yeni bilişsel davranışları modellemede gerekli oldukları halde neden tek başlarına yetersiz kaldığını da açıklamaktadır. Bu nedenle, doğal dil işleme çalışmalarında da yüksek başarılı uygulamaların geliştirilebilmesi, biçimsel ve bağlantısal yapılar arasındaki etkileşimin iyi anlaşılması ve bu etkileşimlere uygun modellerin ortaya konulmasıyla mümkün olacaktır.

Bu tez çalışmasında daha çok biçimsel yaklaşıma dayanan teknikler kullanılacak olsa da, özellikle diller arası kavramsal eşleme sürecinde bağlantısal yaklaşımlara başvurulacaktır. Uygulanacak yöntem, her ne kadar tüm bilişsel süreçleri kapsayan bir model önermese de, kavramsal yapılar arası ilişkilerin kurulma sürecinin bağlantısal şekilde gerçekleşebildiğinin ortaya konmasının, ileride yapılacak çalışmalar için bir çıkış noktası oluşturabileceği düşünülmektedir.

Bilişin birbirini tamamlayan parçaları olan biçimsel ve bağlantısal yapılardan söz ettikten sonra, bu tez çalışmasının ana hedefi olarak ortaya konan biçimsel bir aradil ontolojisinin oluşturulmasında felsefi açıdan bir dayanak işlevi üstlenecek olan *kavram* fikrine ve bu konuda ortaya konan çeşitli yaklaşımlara değinmek yararlı olacaktır.

2.3. Kavramlar

Genelde sınıflandırma, çıkarım, bellek, öğrenme, karar verme gibi bilişsel süreçler için kavramların oldukça önemli bir konumda oldukları kabul edilir ve bu konumlarından ötürü kavramlar, akıl yürütmenin temel bileşenleri sayılırlar. Ancak, kavramların doğasına, yani ne olduklarına ilişkin süregiden tartışmalar çeşitli kavram yaklaşımları ve kuramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle, bu bölümde *kavram* fikrine ilişkin kesin bir tanım vermek yerine kavram yaklaşımlarına değinmenin daha yerinde olacağı düşünülmüştür. Bir kavramın ne olduğuna yönelik bakış açıları

sunulduktan sonra kavramların yapısına ilişkin kısıtları ortaya koyan kuramlardan bahsedilecektir.

2.3.1. Kavram Nedir?

Felsefî açıdan kavramların ne olduğu konusunda üç temel yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlar kavramları:

- zihinsel gösterimler,
- yetenekler veya
- soyut nesneler

olarak değerlendirmektedir.

Düşünce ya da akıl yürütmenin içsel bir gösterim sistemi içinde gerçekleştiğini savunan bakış açısı Gösterimsel Zihin Kuramı (Representational Theory of Mind) olarak adlandırılır. Kavramların zihinsel gösterimler olduğunu savunanlar, bu gösterimlerin daha temel gösterimlerden oluşan içsel bir yapısı olduğunu ve kavramların bu temel gösterimler aracılığıyla birbirlerinden ayırıldığını öne sürerler. John Locke ve David Hume gibi, bu görüşün erken dönem savunucuları, bahsedilen temel gösterimlerin zihinsel idealar ya da imgeler olduğunu iddia etmişlerdir. Bu yaklaşımın modern uyarlamalarında ise akıl yürütmenin büyük bir kısmının zihinsel imgeler üzerine kurulmadığı kabul edilir. Modern yaklaşımda, gösterimlerin içsel sisteminin dil benzeri bir sözdizim ve birleşimsel bir anlam yapılanmasına sahip olduğu savunulur. Bu bakış açısına göre, düşüncenin büyük kısmı sözcük benzeri zihinsel gösterimler üzerine temellendirilir. Bu görüş *düşüncenin dili hipotezi* (language of thought hypothesis) olarak adlandırılır [11].

Kavramların zihinsel imgeler ya da sözcük benzeri yapılar olduğu savına yönelik şüpheli yaklaşımın sonucunda, kavramların yetenekler olduğunu savunan bir bakış açısı daha ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşıma göre kavramlar, bilişsel etmenlere özgü yeteneklerdir [12]. Örneğin, bu yaklaşıma göre, “kedi” kavramının, kedileri kedi olmayan şeylerden ayırma ve kediler hakkında çıkarımlar yapabilme yeteneğine karşılık geldiği öne sürülmektedir.

Kavramların, soyut nesneler olduğunu savunan bakış açısı, Frege’nin ortaya koyduğu anlam yaklaşımını temel alır [13]. Bu bakış açısında soyut nesneler olan kavramlar, önermelerin temel bileşenleridir. Kavramlar düşünce, dil ve göndergeler

arasında aracı görevi görür. Bu yaklaşıma göre, göndergesi olmayan ‘pegasus’ gibi ifadelerin de bir anlamı olabilir. Benzer şekilde, Venüs gezegenine hem ‘sabah yıldızı’ hem de ‘akşam yıldızı’ söz öbekleriyle gönderimde bulunulması durumunda olduğu gibi, aynı gönderge farklı anlamlar taşıdığı için farklı ifadelerle ilişkilendirilebilir. Bu yaklaşımda anlamların, göndergelerinden daha ayırıcı oldukları kabul edilir.

2.3.2. Kavram Kuramları

Kavramların yapısına ilişkin dört temel kuram vardır. Bunlar;

- Klasik kuram,
- Prototip kuramı,
- Örnek (exemplar) kuramı, ve
- Kuram (theory) kuramıdır.

Kavramların yapısına ilişkin ortaya konan kuramların tamamı, ya klasik kuram referans alınarak ya da klasik kurama karşıt olarak geliştirilmiştir. Tanımsal bakış olarak da adlandırılan klasik kuram, Aristo’nun kategori yaklaşımına dayanır. Bu yaklaşıma göre, kategorizasyon, bazı temel özellikleri paylaşan sınıf veya varlık gruplarının hiyerarşik olarak sıralanması şeklinde gerçekleşen, dünyanın sistematik bir şekilde biçimselleştirilmesi sürecidir [14]. Her sınıf, bir kategoriye aitliği belirleyen, tanımlayıcı (yani gerekli ve yeterli) bir özellikler kümesine sahiptir. Ek olarak, bu tanımlayıcı özellikler nitelenebilir olmalıdır ve bir varlığın o sınıfın üyesi sayılabilmesi için özellikler kümesindeki tüm bu özellikleri taşıması gereklidir. Bu tanımlayıcı özellikler içlem (intension), kategoriye oluşturan varlıklar da dışlam (extension) olarak adlandırılır.

Bu kurama göre herhangi bir X kavramı, tanımsal bir yapıya sahip olmalıdır. Yani X kavramı, X sınıfı altında olmasını sağlayacak gerekli ve yeterli koşulları ifade eden daha basit kavramlardan oluşmalıdır. Örneğin, ‘*dekan*’ kavramı ‘*akademisyen*’ ve ‘*yönetici*’ kavramlarının birleşmesiyle oluşur. Bu şekilde, bir bireyin ‘*dekan*’ olarak sınıflandırılabilmesi, ancak ve ancak bireyin hem ‘*akademisyen*’ hem de ‘*yönetici*’ olmasıyla mümkündür.

Klasik kuramın gerekli ve yeterli özellikler üzerinden tanımladığı kategori üyeliği, bazı psikolojik deneylerle de ortaya konduğu gibi genelde dereceli bir yapı

gösterir. Bu durumun klasik kuramla ifade edilemez oluşu, klasik kurama yöneltilen en önemli eleştiri olarak karşımıza çıkar. Yapılan deneylerle, bireylerin bir sınıfın üyelerinden bazılarını, o sınıf için temsil gücü daha yüksek (ya da daha prototipik) olarak görebildiği ortaya konmuştur. Örneğin, denekler elmaları armutlarla karşılaştırdıklarında, elmaları meyve kavramının daha karakteristik örnekleri olarak değerlendirmektedir. Bu sonuca dayanarak, elmaların meyve kavramı ile daha fazla sayıda ortak özellik taşıdıkları öne sürülmüştür [15]. Ek olarak, deneklerin elmaları armutlara kıyasla daha kısa sürede meyve olarak sınıflandırdıkları da tespit edilmiştir. Yani, daha tipik örnekler daha etkin şekilde sınıflandırılabilir. Klasik kuram, bu açıdan bakıldığında yanlış ya da tutarsız olarak değerlendirilemese de, bahsedilen durumu açıklayabilecek donanımına sahip değildir.

Benzer deneysel bulgular ışığında ortaya konan prototip kuramına [16] göre bir kavram, klasik kuramda olduğu gibi tanımsal değil, olasılıksal bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu kuram aynı zamanda *olasılıksal bakış* olarak da anılır. Kavramlar, tanımlayıcı özelliklerle değil, prototip tanımında ağırlıklandırılmış olan karakteristik özelliklerin bir kümesi ile ifade edilirler. Bu kurama göre sınıflandırmanın temelini, benzerliğin karşılaştırılması süreci oluşturur. Prototip, bir kavramın en iyi betimleyicisi olarak görülebilir. Örnekler arasındaki ortaklıklar aranır ve ortalama kabul edilen örnek, o kavramı en iyi temsil eden prototip olur. Kavramların bazı örnekleri diğerlerine kıyasla daha karakteristik özellikler gösterebilir ve bu nedenle daha tipik oldukları düşünülebilir. Klasik kuramdan farklı olarak, prototip kuramına göre kavramların sınırları bulanıktır. Bu bakış açısı, temelde Wittgenstein'in "aile benzerlikleri" [5] ilkesinden etkilenmiştir.

Prototip kuramı, elmaların, armutlarla kıyaslandığında meyve kavramının daha karakteristik örnekleri olarak seçilmesini, 'elma' kavramının 'armut' kavramına göre daha fazla bileşenini 'meyve' kavramıyla paylaşması şeklinde açıklar. Böylece, prototip kuramı, elmaların daha hızlı biçimde meyve olarak sınıflandırılmasına da açıklama getirebilmektedir.

Prototip kuramı, yukarıda bahsedilen tipiklik veya karakteristiklik olarak adlandırılan olguyu gayet iyi açıklar ve bir kavrama ilişkin tanım üretmedeki zorluğun anlaşılmasını sağlar. Ancak, bu kuramın da eksikleri ve kısıtlılıkları vardır. Prototip kuramının sınıflandırma yaklaşımı, hızlı ve düşünmeden karar verme süreçlerinde

yüksek başarıma sahiptir. Ayrıca, insanlar düşünmeyi gerektiren karar verme süreçlerinde genelde benzerlik karşılaştırmasından öteye geçmektedir. Örneğin, cerrahi müdahalede bulunularak rakun gibi görünmesi sağlanan bir köpeğin, rakun mu yoksa köpek mi olduğu deneklere sorulduğunda, çoğunluk halen köpek olduğunu ifade etmiştir [17]. Prototip kuramına yöneltilen bir diğer eleştiri de birleşimsellik yönündendir. Karmaşık bir prototip yapısı oluşturulduğunda, bileşenlerinin prototiplerinde olmayıp, birleşim sonucu öngörülemeyen özellikler ortaya çıkabilmektedir [18].

Klasik kuram ve prototip kuramına yöneltilen eleştirilerin bir sonucu olarak ortaya konan örnek kuramına göre bir kavram, tanımlayıcı veya karakteristik özellikleriyle değil, bellekte saklanan örneklerinin bir kümesi ile gösterilir [19]. Yeni bir şey, eğer daha önce karşılaşılmış örneklerin bir veya daha fazlasına yeterince benziyorsa, bir kavramın örneği olarak sınıflandırılır.

Bir bilimsel kuram içinde oluşturulan bir terimin içeriği, o kuramdaki kendine özgü rolüyle belirlenir. Kuram kuramı bakış açısına göre, kavramlar birbirleriyle olan ilişkileri açısından, bir bilimsel kuramın terimlerinin birbirleriyle olan ilişkilerine benzer yapıdadır ve sınıflandırma bilimsel kuramlaştırmaya benzeyen bir süreçtir [20]. Bu yaklaşımın temeli, kavramların dünyaya ilişkin genel bilginin bir parçası olduğu ve bu kavramların dünyanın geri kalanından yalıtık ve nesnel varlıklar biçiminde öğrenilmediği, kavramların deneyimlerimiz ve dünyaya ilişkin anlayışımızın tümleşik bir parçası olduğu şeklindeki düşünceye dayanır [21]. Kuram kuramı, prototip kuramının açıklamakta zorlandığı düşünmeyi gerektiren kararlara uygundur. Örneğin, kuram kuramının savunucuları, daha önce değindiğimiz köpek-rakun ikileminde çocukların bile köpek olmanın sadece köpeğe benzemek olmadığı şeklindeki temel bir biyolojik kuram yardımıyla algısal benzerliği yok sayabildiğini göstermişlerdir.

Sözü edilen kavram kuramları her ne kadar aynı düzlemdeki kavramlardan bahsediyormuş gibi görünse de, aslında klasik kuram ve kuram kuramı biçimsel düzeydeki; prototip ve örnek kuramları ise bağlantısal düzeydeki kavramlarla ilgilidir. Prototip kuramının olasılığa, örnek kuramının da benzerliğe dayalı temelleri bu savı güçlendirmektedir. Aynı şekilde, klasik kuramın kesin sınırlara sahip kavram betimlemesi ve kuram kuramının biçimsel bilgiye dayalı yapısı da bunların biçimsel düzeydeki kavramlarla ilgili kuramlar olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle, bu

kuramların kavram fikrini açıklamada birbirlerinin rakipleri olduğunu değil, birbirlerinin farklı düzeylerdeki tamamlayıcıları olduklarını düşünmek daha uygun olacaktır.

Kavramların ne olduğuna ve yapılarına ilişkin yaklaşımlardan da bahsettikten sonra ontolojilerin bilişsel açıdan konumunun tam olarak anlaşılabilmesi için bağlantısal ve biçimsel düzeylerde gerçekleşen iki ayrı bilişsel ayrıştırma sürecine değinmek gerekecektir.

2.4. Ulamlama ve Sınıflandırma

Bilimsel yazında, ulamlama (categorization) ve sınıflandırma (classification) terimleri genelde birbirleri yerine kullanılıyor olsa da, Elin K. Jacob ikisinin birbirinden farklı bilişsel düzeylerde gerçekleşen ayrı süreçler olduğunu öne sürmektedir [14]. Jacob, bağlantısal ve biçimsel biliş düzeyleriyle olan ilişkilerinden doğrudan bahsetmemiş olsa da, bu ayrımı dile getirerek ulamlamanın bağlantısal, sınıflandırmanın ise biçimsel yapısını ortaya koymaktadır. Bahsedilen bu iki sürecin işleyişlerini açığa çıkarmak, bağlantısal ve biçimsel biliş düzeylerini daha iyi kavramamıza ve ontolojik yapıların temeline inmemize yardımcı olacaktır.

2.4.1. Ulamlama

Klasik küme kuramının kurucusu olan Georg Cantor kümeyi, algı veya akıl yürütme sonucunda ortaya koyduğumuz, kesin ve birbirinden ayrık nesneler olan küme elemanlarının bir bütün halinde biraraya getirilmesi olarak tanımlamıştır [22]. Cantor'un yaklaşımında küme elemanları birbirinden ayrık, sınırları belirli nesnelerdir. Bu tanımın yol açtığı paradokslar ve biçimsel mantık açısından yetersizliği modern küme kuramını oluşturan Zermelo-Fraenkel aksiyomlarının [23] ortaya konmasını sağlamış ve bu aksiyomlar ile kümelerin elemanlarının yine kümeler olduğu kabul edilmiştir.

Bir kümenin elemanlarını tanımlamanın veya betimlemenin temelde iki yolu vardır. Bunlardan ilki içlemsel tanım olarak bilinir ve bir kural veya anlamsal tanımlama üzerinden gerçekleştirilir. Örneğin;

A , elemanları ilk dokuz pozitif tamsayı olan kümedir.

İkinci yol ise, kümenin tüm elemanlarının listelenmesi yani dışlamsal tanımdır. Dışlamsal tanım, küme elemanlarının listesinin süslü parantezler arasına yazılması ile yapılır.

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

Dışlamsal tanımda kullanılan süslü parantezlerle gösterim şekli, bir kümenin içlemsel olarak tanımlanması için de kullanılabilir. Bu durumda parantezler, ‘*bütün ... ların kümesi*’ anlamına gelir. Örneğin;

$$A = \{n: n \in \mathbb{Z}; 1 \leq n \leq 9\}.$$

şeklindeki gösterim de yine aynı kümeyi ifade etmektedir.

Küme elemanlarını göstermede kullanılan bir diğer yol da grafiksel bir yöntem olan Venn şemalarıdır (bkz. Şekil 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6).

Bu tanımlamalara dayanarak kümenin, bir nedenle birarada olduğuna inandığımız nesnelerin derlenmiş hali olduğunu söyleyebiliriz. Biraraya gelme nedeninin belirlenmesi ya da elemanların tekil ve ayrık konumdan çıkarılarak bir küme haline getirilmesi için de belirli düzeyde algı, soyutlama ve gruptama mekanizmaları gereklidir.

Bir kümenin oluşturulabilmesi için öncelikle bir grup nesne arasındaki benzer özelliklerin belirlenmesi gereklidir. Bu özellikler, etmenin algısal ve içsel gösterim kapasitesine göre değişkenlik gösterir. Örneğin, sadece renk algısı bulunan bir etmen, kümeleme işlemini yalnızca algıladığı renklere göre gerçekleştirebilir. En temel kümeleme bu yolla gerçekleşir. Bu şekilde, nesnelerin veya olayların aralarındaki belirli algısal benzerlikler üzerinden gruplara ayrılması işlemine *ulamlama* adı verilir.

Ulamlama, en temel bilişsel işlevlerden biridir. Bu işlevin kökenini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar, ulamlamanın organizmaların çevresel karmaşıklığı indirgeme ihtiyacından doğduğunu göstermektedir. Etmen, potansiyel olarak farklı varlıklar arasındaki benzerliklerin ayırdına vararak, çevresel karmaşıklığı azaltır ve dolayısıyla da zihinsel yükünü hafifletmiş olur. Bu da daha etkin bir şekilde bilgi almasına ve saklamasına imkan tanır.

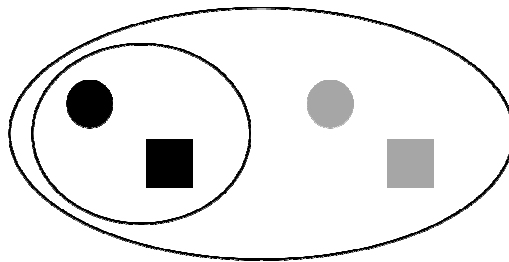
Ulamlamanın kümelemeye giden ilk evrimsel adım olduğu düşünülebilir. Bir grup varlığın aynı ulam altında toplanması, o varlıkların bir kümeye dahil edilmesi için gerekli olan içlemsel bir değerlendirme yapılmasını gerektirmez. Sadece aralarındaki benzerlikler veya farklara dayalı olarak gruplara ayrılırlar. Bu şekilde etmen kaotik bir çevreden elde ettiği algısal verileri kullanarak düzen oluşturmaya çalışır. Ulamlama süreci, varlıklar arasındaki benzerlikler üzerinden gerçekleştiği için esnek bir yapıya sahiptir.

Ulamlamayı bir örnekle anlatabilmek için, içinde bulunduğu ortamda Şekil 2.1'dekiler gibi basit 4 nesne olan ve sadece siyah rengi algılayan bir etmenin varlığı varsayımıyla yola çıkabiliriz.



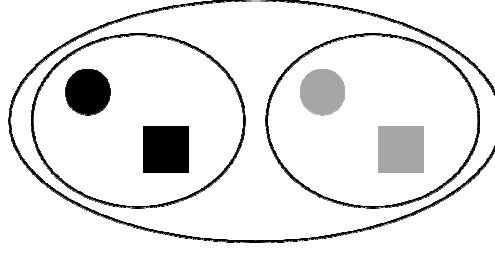
Şekil 2.1 Etmenin bulunduğu ortamdaki basit nesneler.

Çevresinde yer alan ve şekilde verilen bu nesneleri kullanarak, siyah olma ya da olmama üzerine kurulu bir ulamlama gerçekleştiren etmenin elde edeceği gruplama Şekil 2.2'de gösterildiği gibi olacaktır. Etmenin çevresindeki tüm nesnelerin oluşturacağı kümeyi nesne evreni olarak kabul edersek, siyah nesneler için bu evrensel küme altında bir grup oluşturulurken, siyah olmayan nesneler herhangi bir gruba dahil edilmeyecektir.



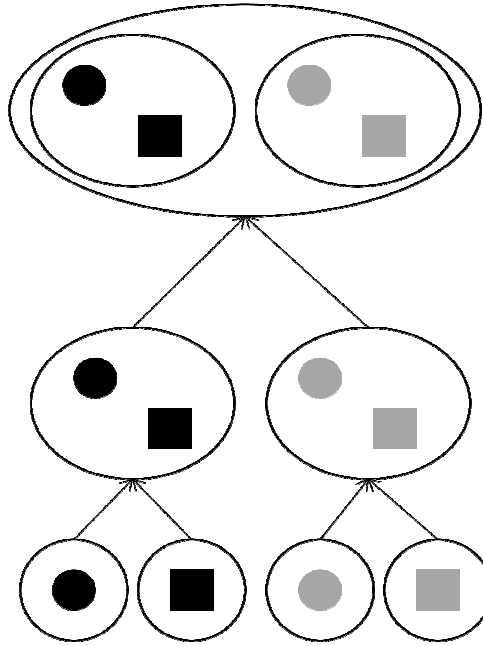
Şekil 2.2 Etmenin yalnız siyah renk algısıyla gerçekleştirdiği ulamlama.

Etmene, siyah renge ek olarak gri rengi de algılayabilme yeteneği kazandırıldığında, etmen yeni bir grup daha oluşturacak ve Şekil 2.3'te görülebileceği gibi bir ayrıştırma yapacaktır.



Şekil 2.3 Etmenin siyah ve gri renk algılarıyla gerçekleştirdiği ulamlama.

Bu ulamlama sürecini bir ağaç yapısı şeklinde ifade ederek anlaşılmasını kolaylaştırabiliriz.

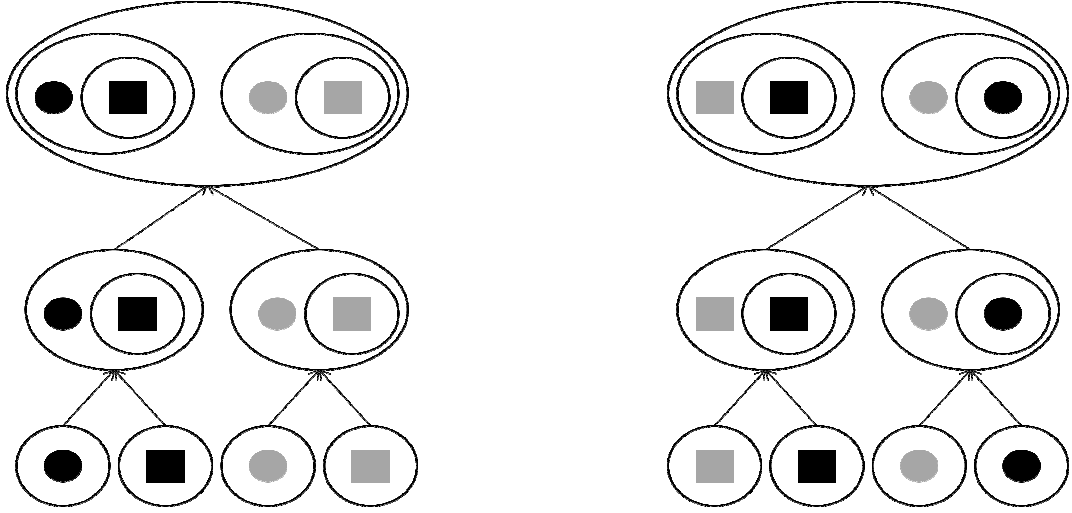


Şekil 2.4 Siyah ve gri renk algılarıyla oluşan ulamlama süreç şeması.

Ağacın en alt düğümlerindeki tekil nesnelerden oluşan kümelerin, etmenin nesneleri çevresinden ayırıp içselleştirdiği düzeyi ifade ettiğini düşünebiliriz. Benzerlikleri üzerinden nesneleri biraraya getirdiği ulamlama aşaması ise, nesneleri iki ayırık küme olarak gruplaması şeklinde gösterilmiştir.

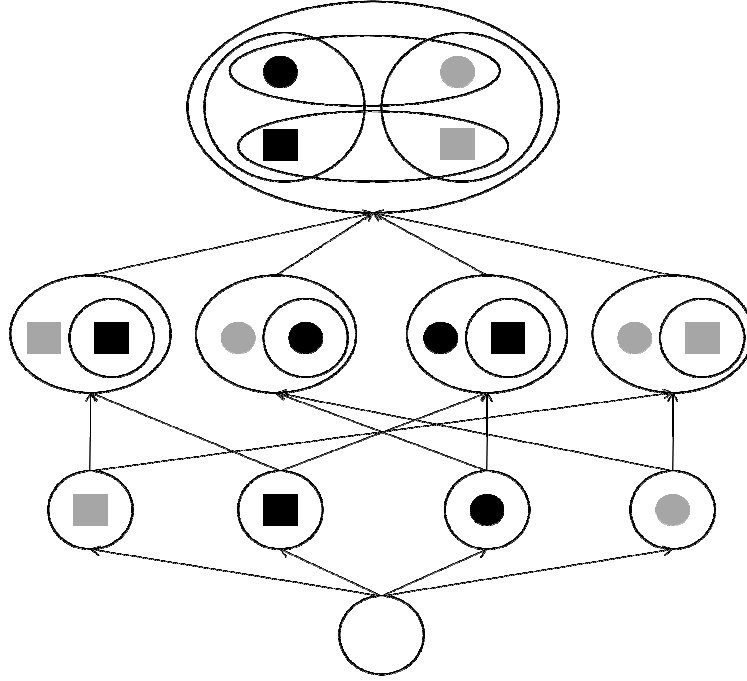
Etmenimize siyah renk algısı dışında kare olma/olmama şeklinde bir biçim algısı da kazandırırsak, yukarıda oluşan gruplamalar içinde yeni bölümlenmeler ortaya çıkacaktır. Bu bölümlenmeler, oluşan ilk grupların alt kümeleri olacaktır. Alt küme oluşumu algısal mekanizmaların önceliğine göre şekillenir. Örneğin, renk algısı birinci düzeyde, biçim algısı ikinci düzeyde ise Şekil 2.5'te verilen ulamlama süreçlerinden ilki

gerçekleşir. Biçim algısı birinci düzeye, renk algısı ikinci düzeye çekildiğinde ise Şekil 2.5'teki ikinci ulamlama süreci oluşur.



Şekil 2.5 Algıda katmanlı yapı sonucu oluşan ulamlama süreç şemaları.

Eğer etmenimizin iki algılayıcısı da eş düzeyli olarak çalışırsa gruplar arasında birbirini üzerine binmeler ortaya çıkacak ve gruplama Şekil 2.6'da verilen kafes şeklindeki gösterimin tepe düğümünde görüldüğü gibi kesişen kümeler biçiminde olacaktır. Şekil 2.6'daki ulamlama süreç şemasında, etmenin bulunduğu çevrede hiçbir nesnenin olmadığı bir durumu da algılayabilme yeteneğine sahip olduğu düşünülerek en alt düğüm olan boş küme de süreç şemasına eklenmiştir.



Şekil 2.6 Algıda eşdüzeylilik sonucu oluşan ulamlama süreç şeması.

2.4.2. Sınıflandırma

Jacob, ulamlamayı bahsedilen şekilde nesnelerin aralarındaki benzerlikler üzerinden gruplanması süreci olarak nitelerken, sınıflandırmayı önceden belirlenmiş ilkeler doğrultusunda, varlıkların, gruplar veya sınıflara sistematik biçimde atanması süreci olarak tanımlamaktadır [14]. Bu tanıma göre sınıflandırma, nesneler ya da olayların, gerekli ve yeterli özellikler üzerinden, gerçekliğin önceden belirlenmiş bir sıralaması tarafından dayatılan hiyerarşik bir yapı içinde, birbirini dışlayan sınıflara yerleştirilmesini gerektirir.

Sınıflandırmaya en güzel örnek taksonomidir. Bilimsel veya analitik taksonominin hedefi, biyolojik dünya hakkındaki bilgilerin sıralı ve sistematik bir şekilde düzenlenmesidir. Bu hedefe, evrensel olarak kabul edilen kurallara uygun şekilde, birbirini dışlayan alt ve üst sınıfların hiyerarşik bir sırasının oluşturulmasıyla ulaşılır. Belirlenen kurallar sistemine dayalı olarak her varlık değerlendirilir, gerekli ya da tanımlayıcı özellikleri belirlenir ve ardından hiyerarşi içindeki tek bir grup veya sınıfa atanır. Her sınıfın, hiyerarşideki diğer sınıflardan ayrılmasını sağlayan eşsiz bir adı veya etiketi vardır. Sınıfların sınırları kesin biçimde tanımlıdır. Bir varlığın bir sınıfa

ait olması ancak ve ancak o sınıf için belirlenmiş olan tüm tanımlayıcı özellikleri taşımasıyla mümkün olur ve sadece belirli bir sınıfın tanımlayıcı özelliklerine sahip varlıklar o sınıfa verilen etiketi alabilir. Evrensel olarak belirli bir sınıfın üyelerini tanımak için kullanılan bu etiket, bu sınıftaki varlıklar hakkındaki bilgiye erişim için bir işaretçi görevi görür. Bu şekilde, evrensel olarak kabul edilen bir hiyerarşinin korunması altında, bilimsel sınıflandırmadaki adlandırma işleminin değişmez olması sağlanır. Bilimsel sınıflandırma, işlem ve dışlamın eşanlı olduğu varsayımına dayanır. Buna göre, belirli bir sınıfın üyesi olmak, o sınıfı eşsiz kılan tanımlayıcı özelliklerin tümünü taşımayı gerekli kılar.

BÖLÜM 3

ONTOLOJİ VE DİL

Önceki bölümde hem biçimsel hem de bağlantısal yapıların iletişimde kullanılabilmesi için bir gösterime sahip olmaları gerektiğine değinmiştik. Bu bölümde ilk olarak, etmenler arasındaki iletişim ihtiyaçları sonucunda ortaya çıkan bilgi gösterimleri ve ontolojilere değinilecek, ardından ontolojilerin dil ile bağlantısı irdelenerek bu tez çalışmasının üzerine temellendirildiği WordNet, ontolojik açıdan bir incelemeye tabi tutulacaktır.

3.1. Bilgi Gösterimi

Bir iletişim eyleminin gerçekleşmesi için bilginin taraflar arasında anlaşılır ve etkin biçimde aktarılabilmesi gerekir. Bu noktada, bilgi gösterimlerinden bahsetmek uygun olacaktır. Bilgi gösterimleri, insanların makinelerle ya da makinelerin birbirlerine içinde bulundukları dünya hakkında bilgi aktarma yöntemleridir [24]. Bu nedenle bilgi gösterimleri, mümkün olan en kolay biçimde ifade ve iletişim olanağı sağlayan ortamlar olmalıdır. Bir bilgi gösterim yöntemi seçerken, dünyada neleri nasıl gördüğümüze dair de bir takım kararlar vermiş oluruz. Yani, herhangi bir akıl yürütme sürecinde nelerin hesaba katılıp nelerin görmezden gelineceği de bilgi gösterim şeklinin seçimiyle belirlenmiş olur.

Bilgi gösterimi temelde, herhangi bir varlığın yerini alan zihinsel bir yer tutucudur. Bilgi gösterimi ile bir etmenin dış dünyada fiziksel bir eylemde bulunmadan akıl yürütme yoluyla sonuçlara ulaşması sağlanır. Akıl yürütme, içsel olarak gerçekleşen bir süreçken, üzerinde akıl yürütülen çoğu şey sadece dışsal olarak bir varlığa sahiptir. Bu ikilik, bir gösterimin oluşmasının ardındaki temel gerekçe olarak

ortaya çıkar [24]. İnsan veya makine akıl yürütmesinde doğrudan dünyadaki nesneler ya da olaylar yerine, içsel olarak bunların yerini tutan bilgi gösterimleri kullanılır.

3.2. Ontoloji

Gruber'ın "paylaşılan bir kavramsallaştırmanın biçimsel ve açık olarak belirtimi" [25] şeklinde tanımladığı ontolojiler, bilgi gösterimi ve bilgi alışverişi için önemli yapılardır. Ontolojinin bu tanımını oluşturan bileşenleri ayrı ayrı kısaca inceleyerek tanımın özüne ulaşabiliriz. 'Paylaşılan' olması, ontolojinin tek bir bireye özgü olmayan, bir topluluk tarafından kabul görmüş bilgiyi içerdiği anlamına gelir. 'Kavramsallaştırma', dünyadaki herhangi bir olguyla ilgili kavramın belirlenerek soyut bir modelinin oluşturulmasıdır. 'Biçimsel' olması, ontolojinin bir etmen tarafından anlaşılabilir olmasını ifade ederken, 'açık olarak belirtim' ise ontolojide kullanılan kavram türlerinin ve kullanımlarındaki kısıtların açık bir şekilde tanımlanmasına karşılık gelir.

Genel olarak ontolojilerde, bir alandaki kavramlar ve aralarındaki ilişkiler betimlenir. Ontoloji tasarımları, çoğunlukla birbirleriyle ilişkili kavramların bir hiyerarşisinin tasarlanmasıyla başlar. Kavramlar arasındaki taksonomik (yani IS-A ya da kapsama şeklindeki) ilişki, ontolojilerin temeli olarak algılanır. Bu bakış açısı, özünde nesneye yönelik sistemlerin tasarımından etkilenmiştir. Nesneye yönelik sistemlerde tasarım, sıklıkla sınıf hiyerarşilerinin tasarlanmasıyla başlar ve ardından bu hiyerarşideki sınıflara özellikler eklenmesiyle devam eder. Eklenen özellikler de sınıflar arasındaki taksonomik ilişki boyunca miras yoluyla aktarılır.

Taksonomi ve ontoloji kavramları birçok durumda birbiri yerine kullanılıyor olsa da, taksonomiler sadece belirli bir sınıflandırma şemasına dayalı olarak varlıkların hiyerarşik sıralanmasında kullanılır ve yalnız IS-A ilişkilerini barındırır. Biçimsel olarak tanımlanan ontolojilerde ise kavramlar ve aralarındaki IS-A ilişkileri (yani taksonomi) sadece ontolojinin temelinde kullanılan sıralı yapıyı oluşturmaktadır. Etmenler arası bilgi alışverişini mümkün kılmak için altta yatan bu taksonominin daha biçimsel bir şekilde betimlenmesi gerekir. Örneğin, kavramlar sadece hiyerarşideki konumlarıyla değil, kavramlara uygulanabilen ilişkilerle, ilişkiler de birbirlerine bağladıkları kavramlar aracılığıyla betimlenebilmelidir.

Bilimsel literatürde ontolojiye ilişkin farklı şekillerde birçok tanım olsa da [26], temelde hepsi, ontolojinin kavramsallaştırma ve belirtim olmak üzere iki düzeyden oluştuğunu vurgulamaktadır.

Kavramsallaştırma düzeyinde, etmenin, duyuları ve deneyimleri yoluyla elde ettiği bilgi, biçimsel olmayan bir şekilde ortaya konur. Kavramsallaştırma belirli durumlar veya gösterim dillerinden bağımsızdır. Her kavramsallaştırma tekil bir etmene bağımlıdır. Diğer bir deyişle, kavramsallaştırma bir etmenin dünyaya bakış açısına karşılık gelen zihinsel bir ürün olur. Bir etmenin kavramsallaştırmasına erişim ise ancak o kavramsallaştırmanın belirtimi ile gerçekleşir. Kavramsallaştırmanın bu nitelikleri, onun bağlantısal yapıda bir zihinsel süreç olduğunu ortaya koymaktadır.

Belirtim düzeyinde, genelde biçimsel bir dil kullanılarak kavramsallaştırma erişilebilir hale getirilir. Belirtimde kullanılan yöntemler, herhangi bir doğal dilde yapılmış biçimsel olmayan bir tanımlama, biçimsel bir kapsama ilişkisi, sınıflar ve özelliklerinin biçimsel bir tanımı ya da mantıksal kısıtların tanımlanması gibi çeşitli biçimsellik düzeylerinde olabilir. Belirtim için seçilen biçimsellik düzeyi, ontolojiler arasında fark yaratır. Daha az biçimsel olan ontolojilerin geliştirilmesi kolay olsa da, bu tür ontolojilerde anlamsal bulanıklık daha yüksek olur. Bu nedenle biçimselliği daha yüksek olan ontolojilerin yeniden kullanımı ve etmenler arasında paylaşımı daha kolaydır. Belirtim sürecinin, bir kavramsallaştırmayı temel alarak gerçekleştiği ve yapısında belirli miktarda biçimsellik barındırdığı için, biçimsel akıl yürütme düzeyinde oluştuğu söylenebilir.

Bir ontolojiyi oluşturan düğümler kavramsal bir yapıdadır ve bunlar kavram, tür, ulam (category) ya da özellikler gibi farklı şekillerde adlandırılır [27]. Bu düğümler genelde sınıflara benzer biçimde dışlamsal olarak nitelenir ve örnek ya da birey kümelerine karşılık gelirler. Ontolojilerde düğümlerle belirtilen kavramlar aralarında kurulan ilişkiler yoluyla tutarlı bir bütün haline getirilirler.

3.3. Ontoloji Türleri

Ontolojiler;

- biçimsel,
- prototip tabanlı, ve
- terimsel

olmak üzere üç temel grupta sınıflandırılmaktadır [28].

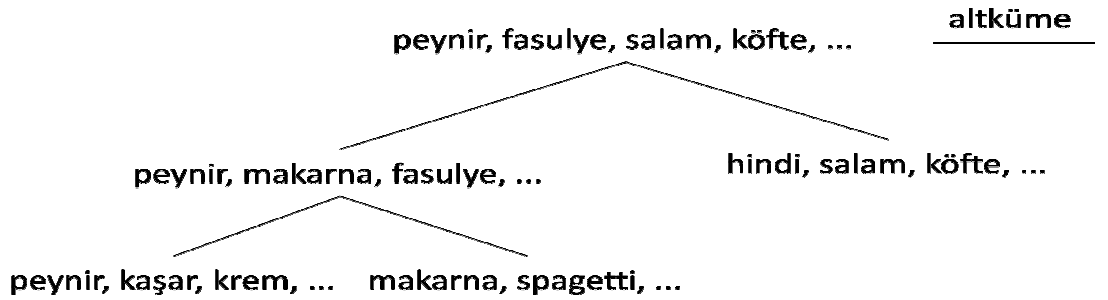
Biçimsel bir ontoloji, sınıfları birbirinden aksiyomlar ve tanımlar ile ayrıştırılmış bir kavramsallaştırmadır. Bu tip ontolojiler, karmaşık çıkarımlar ve hesaplamaları destekleyecek şekilde mantıksal yapılarla tanımlanır. Şekil 3.1’de [29]’dan uyarlanan biçimsel bir ontoloji örneği verilmiştir.

```
yiyecek(krem_peynir)
yiyecek(kaşar_peyniri)
yiyecek(hindi)
yiyecek(köfte)
et(hindi)
et(kıyma)
parça(kıyma, köfte)

vejeterian_yiyecek(x) = { x | yiyecek(x) ∧ (¬parça(y,x) ∧ et(y)) ∧ ¬et(x) }
vejeterian_olmayan_yiyecek(x) = { x | yiyecek(x) ∧ ((parça(y,x) ∧ et(y)) ∨ et(x)) }
```

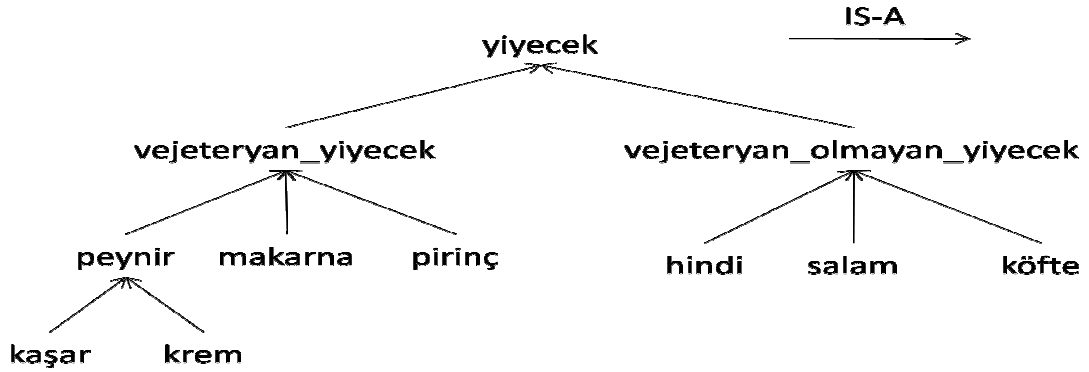
Şekil 3.1 Biçimsel bir ontoloji örneği.

Prototip tabanlı ontolojilerde kavramlar, ayırıcı örnekler veya prototipler yoluyla birbirinden ayrıştırılır. Kavramlar, içlemsel şekilde bütün olası örneklerin kümesini betimlemek yerine, örneklerin dışlamsal olarak biraraya getirilmesi yoluyla oluşturulur ve tanımlarında kavramın en tipik üyeleri kullanılır. Kavramların oluşturulması, örnekler arası benzerliğe dayalı bir ölçüt üzerinden kümeleme yoluyla gerçekleştirilir. [29]’dan uyarlanan prototip tabanlı örnek bir ontoloji Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Prototip tabanlı bir ontoloji örneği.

Terimsel ontolojiler, üst/altküne ilişkileri ile belirtilir ve kavramlar, etiketleri ya da eşanlamlı terimler ile betimlenirler. Biçimsel ontolojilere benzeseler de, aksiyomatik bir temele sahip değildirler. Terimsel ontolojiler, genelde taksonomiler olarak da adlandırılır. Şekil 3.3'te [29]'dan uyarlanan terimsel bir ontoloji örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Terimsel bir ontoloji örneği.

Her ontoloji türünün kendine özgü iyi ve kötü yanları vardır. Biçimsel ontolojilerde doğrudan bir çıkarım mekanizması olduğu için gerektiğinde varlıkların özellikleri otomatik olarak çıkarılabilmektedir. Ancak, biçimsel ontolojilerin oluşturulması emek yoğunluktur ve ontolojinin büyüklüğüne bağlı olarak tutarsızlıkların ortaya çıkması mümkündür. Terimsel ve prototip tabanlı ontolojiler doğrudan çıkarıma izin vermeseyse de, oluşturulmaları ve yönetilmeleri görece daha kolaydır. Ek olarak, kavramlara ilişkin etiketler içermedikleri için prototip tabanlı ontolojilerin kullanımı terimsel ontolojilere göre daha zordur.

3.4. Ontoloji ve Söz Varlığı

Doğal dil işleme sistemlerinin başarımlarında ilerleme kaydedilebilmesi ve kullanılabilirliklerinin artırılması, anlamsal bilginin bu sistemlere bütünleştirilmesi ile mümkün olacaktır. Bu açıdan ontoloji ve dil arasındaki ilişkinin incelenmesi büyük bir öneme sahiptir. Ontolojiler ve doğal dillerin söz varlıkları (lexicon) arasındaki bağlantıyı ortaya koymak, bu noktada atılması gereken önemli bir adımdır.

Söz varlığı, bir dildeki sözcüklerin nasıl kullanılacaklarının bilgisini de barındıran bir sözcük listesidir [30]. Bir söz varlığı, genel amaçlı olabileceği gibi alana özgü de olabilir. Söz varlıkları genelde, bir dilin dilbilgisel yapısından ötürü ortaya çıkmış olan sözcükleri kapsam dışında tutarak, adlar, eylemler ya da ön adlar gibi betimsel içeriğe sahip sözcükleri barındırırlar. Bir söz varlığının girdileri tek bir sözcükten oluşmak zorunda olmadığı için birden fazla sözcükten oluşan öbekleşmiş ifadeler de söz varlığına dahil olabilir. Bir söz varlığındaki her sözcük veya öbek bir sözcüksel girdi (lexical entry) altında betimlenir. Bir sözcüksel girdi, söz varlığının amacına yönelik olarak, sözcük veya öbeğe ilişkin sesbilimsel, biçimbilimsel, sözdizimsel, anlambilimsel ve/veya edimsel bilgiler içerebileceği gibi, diğer sözcük ya da öbeklerle olan ilişkilerini de içerebilir [30].

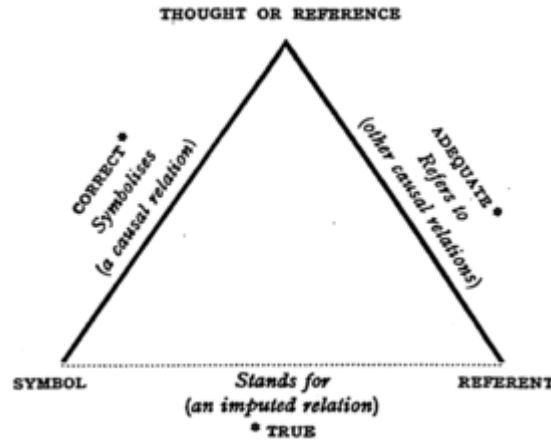
Anlamsal bilginin etkin biçimde kodlanabildiği yapılar olan ontolojiler ile söz varlıkları arasında birçok ortak nokta vardır. Bir söz varlığı, bir dili kullanan bir topluluk içinde uzlaşım sal olarak oluşmuş olan kavramlara karşılık gelen sözcükleri belirli bir yapıda düzene sokarken, ontoloji kavramlar ve aralarındaki mantıksal ilişkileri kodlar [31]. Bir dili kullanarak bilgi paylaşımı gerçekleştirmek için uzlaşım sal olarak oluşmuş bir söz varlığına gereksinim duyulmasına benzer şekilde, bilgi teknolojilerinde uzlaşım sal ontolojilerin kullanımı da bilgi paylaşımının bir ön koşulu olarak ortaya çıkar [32]. Bu nedenle, bir doğal dilin modellenmesi için ontolojiler ve söz varlığı girdilerinin doğru şekilde birbiriyle eşleştirilmesi oldukça önemlidir.

Aralarındaki çok sayıda ortak noktaya rağmen, ontoloji ve söz varlıkları birbirlerine eş değildir [31]. Eş anlamlılık ve yakın anlamlılık ilişkileri anlamsal söz varlıklarının temelini oluştursa da, biçimsel ontolojilerde kavramlar anlamsal belirsizliğe yol açmayacak şekilde ayrıştırıldığı için, biçimsel ontolojilerin iç yapısında bu ilişkilere yer yoktur.

Ontoloji ve söz varlığı arasındaki eşlemeleri içeren arayüz, bu yapıların ayrık da olsa ilişkili niteliklerinden ötürü ortaya çıkmıştır. Söz varlığı sözcükler; ontoloji kavramlarla ilgili olsa da, her ikisi de paylaşılan bir kavramsallaştırmayı temsil eder [31].

Biçimsel ontolojilerde, söz varlığı ve ontoloji arasında keskin bir ayrışma varken, terimsel ontolojilerde bu ayrışma o kadar net değildir. Biçimsel bir ontoloji, dünya bilgisi kodlayan kavramlar ve aralarındaki ilişkileri içerse de, özünde sözcüksel

bilgi içermez [33]. Biçimsel bir ontolojiye bir doğal dile ait sözcüksel bilgiyi de dahil etmek için, sözcüksel girdiler ve kavramlar arasında eşlemeler yapmamız gerekir. Kavramlar ve sözcükler arasında eşlemelere imkan tanımaları sebebiyle, biçimsel ontolojilerde tanımlanan kavramların Şekil 3.4'te gösterilen semiyotik üçgenin [34] tepe noktasını oluşturduğunu söyleyebiliriz [35]. Bahsedilen bu eşlemelerle simgeler (yani sözcüksel girdiler), göndergeleri (yani gerçek dünyadaki olgular) ile bağlanmış olur.



Şekil 3.4 Semiyotik üçgen.

Biçimsel ontolojiler sözcüksel bilgi barındırmadığı için dillerden bağımsız olsalar da, biçimsel bir ontolojiyi bir ara yapı olarak kullanıp, kavram-sözcüksel girdi eşlemelerini birden çok dile yayarak diller arası ontolojik bir köprü kurabiliriz. Bu şekilde oluşturulmuş diller arası bir ontoloji, makine çevirisinde oldukça kullanışlı bir kaynak olacaktır [33].

3.5. WordNet

WordNet, Princeton Üniversitesi Bilişsel Bilimler Laboratuvarı'nda geliştirilmiş olan İngilizce için büyük bir sözcüksel veritabanıdır [36]. Geniş kapsamı ve doğal dil işleme çalışmalarında kullanıma uygun tasarımı sayesinde genel kabul görmektedir. WordNet'te, bilişsel olarak eşdeğer durumda olan eşanlamlı sözcükler, 'eşküme' (synset) adı verilen gruplar altında toplanmıştır ve bu eşkümelere herbirini diğerinden ayıran bir numarası vardır. Ek olarak WordNet, bu eşkümelere ilişkin kısa ve genel tanımların yanında, eşkümelere ve sözcükler arası çeşitli ilişkileri de barındırır.

İnsanlar, çok sayıda kavram hakkında bilgi sahibidir. Doğal dil işleme çalışmalarında bu kavramları ifade eden sözcükler etkin ve ekonomik bir şekilde saklanıp kullanılabilmelidir. WordNet, temelde bir anlamsal ağ olarak kurulan yapısıyla, kavramlar ve sözcüklerin organizasyonunun modellenmesine yönelik bir çalışmadır.

WordNet 3.0 sürümünün veritabanında 155287 sözcük, 117659 eşküme altında gruplanmıştır. Eşküme ad, ön ad, eylem ve belirteçler olmak üzere dört ayrı sözdizimsel kategoriyle işaretlenmiştir.

Bir eşküme, Karen Spärck-Jones'un anlamsal sınıflandırma kuramının [37] temel bileşeni olarak ortaya koyduğu ve belirli bir bağlamda birbirleri yerine kullanılabilen sözcükleri biraraya topladığı kümelere benzer yapıdadır. Ancak Spärck-Jones, oluşan iki küme arasında ortak bir sözcük varsa benzer ve ilişkili olduklarını söylerken, WordNet'te bu durum geçerli değildir ve eşküme arası ilişkiler, anlamsal bir temele dayalıdır. WordNet'te her eşküme bir kavramı temsil eder ve eşkümenin her üyesi aynı anlamı kodlayan sözcüklerdir. Başka bir deyişle, Spärck-Jones'un yaklaşımına benzer şekilde, eşkümenin üyeleri belirli bir bağlamda içinde bulundukları ifadenin doğruluk değerini değiştirmeden birbirleri yerine kullanılabilen sözcükler olmaktadır.

Her eşkümeyle birlikte, geleneksel sözlüklerdekine benzer şekilde, tanımsal bir ifade (gloss) de tutulur. Ancak bu durum, bir eşkümeyle geleneksel bir sözlük girdisiyle eş konuma getirmez. Geleneksel sözlüklerdeki çok anlamlı sözcükler için tek bir girdi altında birden fazla tanımsal ifade olabilirken, bir eşkümeyle karşılık gelen yalnızca bir tanımsal ifade vardır. Tanımsal ifadelere ek olarak, her bir eşkümeyle birlikte örnek kullanımı gösteren bir cümle de WordNet içinde kodlanmıştır. Örnek bir WordNet eşkümesi ve bu eşkümeyle oluşturan parçalar Tablo 3.1'de verilmiştir.

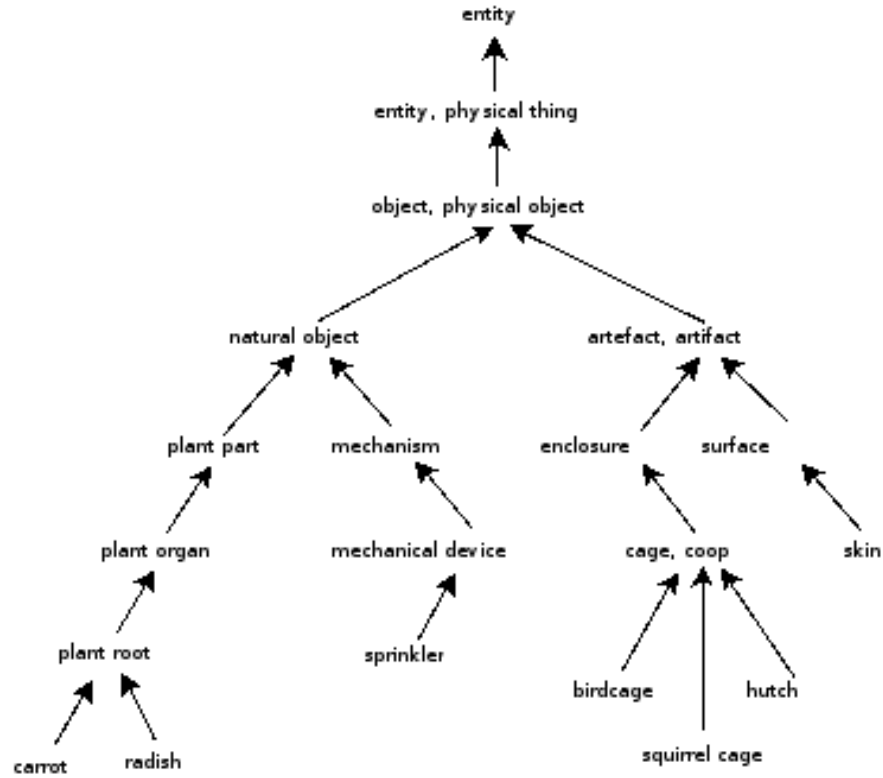
Tablo 3.1 Örnek bir WordNet eşkümesinin parçaları.

Eşanlamlı sözcükler	car, auto, automobile, machine, motorcar
Tanımsal ifade	A motor vehicle with four wheels, usually propelled by an internal combustion engine.
Örnek kullanım	He needs a car to get to work.

Anlamsal bir ağ yapısı olarak düzenlenen WordNet'te eşkümeler birbirlerine üst/alt anlam (hypernymy-hyponymy), parça-bütün (holonymy-meronymy) ve bazı gerektirim (entailment) ilişkileri gibi çift yönlü anlamsal ilişkilerle bağlıdır. Bu anlamsal ilişkilerden en çok kullanılanları ve açıklamaları şu şekildedir:

- **Üst anlam / Altanlam İlişkisi:** WordNet içindeki kavram hiyerarşisinin temelini oluşturan IS-A ilişkisine karşılık gelir. Bir X eşkümesinin her üyesi aynı zamanda bir Y eşkümesinin de kapsamına giriyorsa, Y eşkümesi X eşkümesinin üstanlamlı (hypernymic) bir eşkümesidir. Diğer bir deyişle X bir (tür) Y ise; Y , X 'in bir üstanlamıdır. Altanlam ise üstanlam ilişkisinin ters yönde ifadesidir. Örneğin, {cat, true cat} eşkümesi {feline, felid} eşkümesinin altanlamlı bir eşkümesi iken {feline, felid} eşkümesi {cat, true cat} eşkümesinin üstanlamlı bir eşkümesidir. Altanlamların ayrıştırılması için “örneğidir” (instance-of) ilişkisinin eklenmesiyle, WordNet içinde bazı isimli varlık (named entity) eşkümeleri de özel bir konuma sahip olmuştur.
- **Parça-bütün İlişkisi:** Bir X eşkümesi ile ifade edilen kavram bir Y eşkümesini oluşturan kavramın bütünselliği içinde bir parça olarak yer alıyorsa, X eşkümesi Y eşkümesinin bir parçası olarak kabul edilir. Örneğin {window} eşkümesi {building, edifice} eşkümesinin bir parçasıdır.
- **Gerektirim İlişkisi:** Bir X eyleminin gerçekleşmesi bir Y eyleminin gerçekleştirilmiş olmasına bağlıysa; X eşkümesinin karşılık geldiği kavramın Y eşkümesinin karşılık geldiği kavramı gerektirdiği söylenir. Örneğin, {snore, saw wood, saw logs} eşkümesi, {sleep, kip, slumber, log Z's, catch some Z's} eşkümesini gerektirdiği şekilde kodlanmıştır.

WordNet içinde bütün adlar ve eylemler IS-A şeklinde bir örüntüye karşılık gelen hiyerarşik bir yapıda düzenlenmiştir. Şekil 3.5'te WordNet'in hiyerarşik yapısının basitleştirilmiş bir parçası ağaç gösterimi şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.5 WordNet'in hiyerarşik yapısından bir parça.

İngilizce WordNet, doğal dil işleme çalışmalarında yaygın bir kullanım alanı bulunca, farklı diller için de WordNet'ler geliştirilmiştir. Günümüzde kırkın üzerinde dil için WordNet bulunmaktadır. Sekiz Avrupa dili için geliştirilen EuroWordNet kapsamında, her dil için ayrı WordNet'ler oluşturulmuş ve bunlar birbirlerine bir Aradilsel Dizin (Interlingual Index - ILI) üzerinden bağlanmıştır [38]. EuroWordNet oluşturulmaya başlandığında, İngilizce WordNet'teki eşkümelerin bazılarının doğrudan Avrupa dillerindeki eşkümelerle eşleştirilemediği görülmüş ve Aradilsel Dizin ihtiyacı bu nedenle ortaya çıkmıştır. Aradilsel Dizin, başlangıçta İngilizce WordNet temel alınarak yapılandırılmıştır. Ardından diğer dillerin WordNet'lerinde bulunan eşkümeler ya Aradilsel Dizin'de eşlenebildikleri eşkümeyle bağlantılandırılmış, ya da eşlenebilen bir eşküme bulunamamışsa Aradilsel Dizin'e yeni bir eşküme olarak eklenmiş ve uygun şekilde konumlandırılmıştır.

EuroWordNet projesine benzer şekilde Balkan dilleri için yapılan BalkaNet projesi [39] altında Türkçe için de bir WordNet oluşturma çalışması [40] yapılmıştır.

3.6. Bir Ontoloji Olarak WordNet

Bu tez çalışmasının ana hedefi olan aradil ontolojisi oluşturma girişimi, WordNet temel alınarak gerçekleştirileceği için WordNet'in ontolojik yapısının irdelenmesi önemli bir gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır.

WordNet bazı kaynaklarda bir ontoloji olarak anılsa da, çıkış noktası olarak böyle bir amaç güdülmemiştir. WordNet oluşturulurken amaçlanan, İngilizce söz varlığının bazı anlamsal ilişkiler yardımıyla bir ağ haline getirilmesi olmuştur. Ancak ortaya çıkan yapıyı incelediğimizde, WordNet'in kavramsal bir ontolojinin temelini oluşturacak özelliklere de sahip olduğunu görebiliriz.

Geleneksel sözlüklerde bir sözcüğün anlamına baktığımızda, anlamın diğer başka sözcüklerin biraraya getirildiği ifadeler yoluyla verildiğini görürüz. Örneğin 'kedi' sözcüğünün sözlükteki karşılığı genelde aşağıdakine benzer şekilde verilir:

(3.1) **kedi:** köpekdişleri çok gelişmiş, kasları güçlü, çevik, evcil, küçük, memeli hayvan

(3.1)'de verilen tanımlama, adlar için sözlüklerde kullanılan genel yaklaşımı örneklemektedir. Kavramsal olarak dahil olduğu bir üstanlamı belirten bir sözcük ve bu sözcüğün önüne gelerek bu örneğin dahil olduğu üstanlamın diğer örneklerinden ayrılmasını sağlayan özellikler ile tanımlama yapılmıştır. Bu noktada (3.1)'de tanımıyla verilen sözcüğün üstanlamına karşılık gelen sözcükten başlayarak sözlük tanımlarını sıralarsak bu tanımsal örüntüyü daha iyi görme şansına sahip oluruz.

(3.2) **hayvan:** duymama ve hareket yeteneği olan canlı

(3.3) **canlı:** canı olan, diri, yaşayan varlık

Kolaylıkla görülebileceği gibi her bir tanım, bizi kavramsal olarak daha geniş kapsamlı bir tanıma götürmektedir. Sözcükler diğer sözcüklerle oluşturdukları hiyerarşi içindeki konumları ve aralarındaki ilişkiler ile tanımlanırlar. Ontolojilerde karşılaşılan durum da buna benzerdir.

WordNet'te üst ve alt anlam ilişkileri geleneksel sözlüklerde olduğu gibi sözcük formları arasında kurulmaz. WordNet'te üstanlamlılık, sözcüklerin belirli anlamları yani eşkümeler arasında kurulan bir ilişkidir. Bu ilişki geçişli ve asimetrik anlamsal bir

ilişkidir ve IS-A ya da IS-A-KIND-OF ilişkisi olarak düşünülür. Bu şekildeki bir yapı hiyerarşiyi oluşturur. Bu hiyerarşi alt seviyelerdeki özelleşmiş eşkümelerden, yukarı seviyelerdeki daha genel anlamlı eşkümelere doğru uzanır. WordNet içindeki {cat, true cat} eşkümesinden başlayan ve tüm ad eşkümeleri için en üst düzey olan {entity} eşkümesine kadar uzanan örnek bir üstanlam zinciri Şekil 3.6’da verilmiştir.

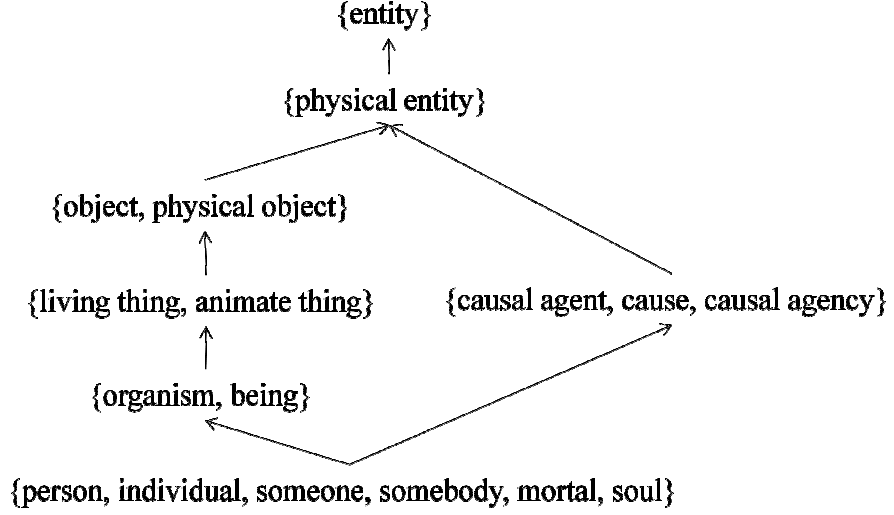
```
{cat, true cat}
=> {feline, felid}
=> {carnivore}
=> {placental, placental mammal, eutherian, eutherian mammal}
=> {mammal, mammalian}
=> {vertebrate, craniate}
=> {chordate}
=> {animal, animate being, beast, brute, creature, fauna}
=> {organism, being }
=> {living thing, animate thing}
=> {object, physical object}
=> {physical entity}
=> {entity}
```

Şekil 3.6 WordNet’te örnek bir üstanlam zinciri.

Üstanamlılık ilişkisinin bu şekilde yapılandırılması sonucunda sözcüksel bir hiyerarşi ortaya çıkar ve genelde bu tip hiyerarşiler, daha önce örneklendiği gibi ağaç yapıları ile ifade edilirler. Bu hiyerarşi aynı zamanda taksonomik yapıdadır.

Ancak WordNet’teki bazı eşkümelerin hiyerarşideki konumlandırmaları, taksonomik bir ağaç yapısının uyması gereken bazı kısıtları ihlal etmektedir. Taksonomik bir ağaç yapısında bir düğüm, yalnızca bir üst düğümle bağlanabilmesinin yanında bir veya daha fazla sayıda alt düğümle bağlanabilecek şekilde kısıtlanır. Kavramsal bir taksonomik yapı düşünüldüğünde, bu durum bir kavramın yalnızca bir üst, birden fazla da alt kavrama sahip olabileceği anlamına gelir.

WordNet eşkümelerinin hiyerarşisi oluşturulurken, bazı eşkümelerin birden fazla eşkümenin altanlamı eşkümesi olması gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle Şekil 3.7’deki üstanlam zincirinden de görülebileceği üzere, WordNet eşküme hiyerarşisi tam olarak taksonomik bir ağaç yapısında değildir.



Şekil 3.7 Birden çok üstanlama sahip bir eşkümenin üstanlam zinciri.

Yukarıda verilen üstanlam zincirinde de görülebileceği gibi, {person, individual, someone, somebody, mortal, soul} eşkümesi hem {organism, being} eşkümesinin hem de {causal agent, cause, causal agency} eşkümesinin birinci dereceden bir altanlamı olarak kodlanmıştır.

WordNet'in temel yapıtaşları olan eşkümeler, bir kavrama karşılık gelen tüm sözcüklerden oluştuğu için WordNet aynı zamanda bir eşanlamlılar sözlüğüne (thesaurus) benzemektedir. Ancak bazı farklar WordNet'i bir eşanlamlılar sözlüğünden ayırmaktadır. Öncelikle, WordNet sadece sözcük formlarını değil, sözcüklerin belirli anlamlarını birbirine bağlar. Bunun sonucunda da bir anlamsal düzlemde birbirine çok yakın olan sözcükler dahi anlamsal olarak kesin biçimde birbirlerinden ayrılmış olur. WordNet'i eşanlamlılar sözlüğünden ayıran diğer bir nokta da, eşanlamlılar sözlüğündeki sözcük grupları, anlamsal yakınlık dışında belirli bir örüntüye sahip değilken, WordNet'te sözcükler arasındaki anlamsal ilişkiler açık şekilde etiketleriyle belirtilmektedir. Bu açıdan eşanlamlılar sözlüklerinin bağlantısal düzlemde, WordNet'in ise biçimsel düzlemde yapılandırılmalara sahip olduğunu söyleyebiliriz.

WordNet, geleneksel sözlükler ya da eşanlamlılar sözlüklerinde ifade edilmeyen öbekler de içerdiği için, bu sözcüksel kaynaklardan kavramsal yapılandırma olarak farklılaşmaktadır. Bu tip öbekler içeren eşkümeler, dildeki sözcüksel boşluklardan ötürü oluşurlar ve WordNet'in anlamsal ilişkilere dayalı yapısının ürünleri olarak kabul

edilirler. Aslında bu durum, iki kavramı hiyerarşi içinde birbirine bağlarken üçüncü bir kavrama ihtiyaç duyulması halinde ortaya çıkmaktadır. Bu üçüncü kavram dilde sözcüksellik kazanmamış da olabilir. Örneğin, {wrongdoer, offender} eşkumesi ile {lover} eşkumesi, doğrudan {person, individual, someone, somebody, mortal, soul} eşkumesinin aynı düzeyli altanlamsal eşkümeleri olsaydı, anlamsal açıdan sıkıntılı bir durum oluşmuş olurdu. {wrongdoer, offender} eşkumesi ile {person, individual, someone, somebody, mortal, soul} eşkümeleri arasına {bad person} gibi bir eşkümenin getirilmesiyle bu sorun çözülmüş olur.

Bir dilde sözcüksellik kazanmamış bu gibi kavramlar, her zaman yapısal ihtiyaçlardan ötürü ortaya çıkan yapay olgular değildir. Genelde başka dillerde sözcüksel karşılıkları vardır ve aslında kavramsal bir değer taşırlar. Sözcüklerin varlığı, kavramların varlığına bağlı olsa da, kavramlar sözcüklerden bağımsız şekilde varlıklarını sürdürebilirler. WordNet, sözcüksellik kazanmamış kavramsal düğümleri de barındıran yapısı nedeniyle de sadece sözcüksellik kazanmış kavramları barındıran eşanlamlılar sözlüklerinden ayrılarak ontolojilere yakınlaşır.

BÖLÜM 4

BİÇİMSEL KAVRAM ÇÖZÜMLEMESİ

4.1. Kafes Yapısının Matematiksel Tanımı

Bir *kafes*; bir L kümesi, $\leq$ sembolüyle ifade edilen kısmi bir sıralama ilişkisi ve iki adet ikili işleç olan $\cap$ ve $\cup$ 'dan oluşan bir matematiksel yapıdır. Eğer a ve b , L kümesinin elemanları ise;

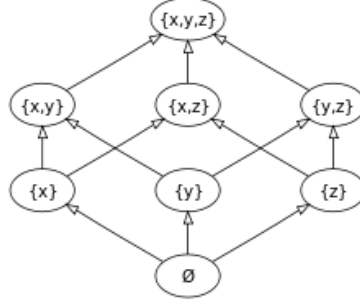
- $a \cup b$, a ve b için *en büyük alt sınır* (greatest lower bound - glb) ya da *infimum*,
- $a \cap b$, a ve b için *en küçük üst sınır* (least upper bound - lub) ya da *supremum* olarak anılır.

L kümesinin herhangi üç elemanı olan a , b ve c için, bu işleçler aşağıdaki aksiyomları sağlamak zorundadır:

- $a \cap b \leq a$ ve $a \cap b \leq b$
- c , L kümesinin herhangi bir elemanı olmak üzere, $c \leq a$ ve $c \leq b$ ise $c \leq a \cap b$ olmalıdır.
- $a \leq a \cup b$ ve $b \leq a \cup b$.
- c , L kümesinin herhangi bir elemanı olmak üzere, $a \leq c$ ve $b \leq c$ ise $a \cup b \leq c$ olmalıdır.

$\cap$ ve $\cup$ simgeleri, kümelerin kesişim ve birleşim simgeleriyle aynıdır. Bu benzerlik şans eseri ortaya çıkmamıştır. Çünkü, bir U evrensel kümesinin tüm alt kümelerinin kümesi, alt küme ilişkisi kısmi sıralamayı oluşturacak şekilde bir kafes

yapısı meydana getirir. Şekil 4.1’de $\{x,y,z\}$ kümesinin alt kümeleri için oluşturulan bir kafes görülmektedir.



Şekil 4.1 $\{x, y, z\}$ kümesinin alt kümelerini gösteren kafes yapısı.

Bir *sınırlandırılmış kafes*, kafesteki herhangi bir a elemanı için, $\perp \leq a \leq \top$ olacak şekilde, bir en üst ($\top$) ve bir de en alt ($\perp$) elemanlarına sahiptir. Alt kümeler kafesi için, U evrensel kümesi $\top$, boş küme de $\perp$ olmaktadır.

4.2. Leibniz’in Anlamsal Kafes Yaklaşımı

Aristo’nun tasımlarının (syllogism) temeli olan ve bir şeyin bir özelliğini niteleyen ifadeler olarak bilinen monadik yüklemeler, en eski ve en basit bilgi gösterimlerinden biridir. Gottfried Wilhelm von Leibniz, geliştirdiği bir yöntemle Aristonun tasımlarını mekanikleştirmek istemiştir. Leibniz, her özelliğe bir asal sayı atayarak, bileşik kavramları bu asal sayıların çarpımları şeklinde ifade etmiştir. Örneğin, eğer ‘*rasyonel*’ kavramı 2 sayısı, ‘*hayvan*’ kavramı da 3 sayısı ile gösterilirse, çarpımları olan 6 sayısı ‘*rasyonel hayvan*’ veya ‘*insan*’ kavramını gösterecektir. Böyle bir gösterim bir kafes yapısı oluşturacaktır. Leibniz’in anlamsal kafes yaklaşımına göre;

- Kavramları tanımlamak için kullanılan her özelliğe, benzeri olmayan bir asal sayı atanır.
- Her kavram, tanımlayıcı özelliklerine atanmış olan asal sayıların çarpımı şeklinde gösterilir.
- Eğer a için belirlenen sayı, b için belirlenen sayıya bölünebiliyorsa, a kavramı, b kavramının bir alt kavramıdır.
- $a \cup b$, a ve b ’nin en büyük ortak bölenidir.

- $a \cap b$, a ve b 'nin en küçük ortak katıdır.
- Evrensel kavram olan ve aynı zamanda hiçbir tanımlayıcı özelliği bulunmayan $\top$, 1 ile gösterilir.
- Kafesin tabanı olan $\perp$, olası özelliklerin tamamına atanmış olan asal sayıların çarpımına eşittir.

Bir kavramı tanımlayan özelliklerin sayısı ile o kavramın kapsadığı varlıkların sayısı arasında tersine bir ilişki vardır. ‘*Köpek*’ kavramı, üst kavramı olan ‘*hayvan*’ ile karşılaştırıldığında gerçek dünyada daha az sayıda varlığa karşılık gelirken, tanımlanması için daha fazla sayıda özelliğe ihtiyaç duymaktadır. Bir kavramı tanımlamak için kullanılan özelliklerin sayısı, kavramın kapsamına giren varlıkların sayısı arasındaki bu tersine ilişki, ilk olarak Aristo tarafından ifade edilmiştir ve *içlem-dışlam ikiliği* olarak adlandırılır.

Leibniz’in geliştirmiş olduğu bu yöntemde kullanılan özellik tabanlı gösterim, Aristo’nun tasımlarını mekanikleştirmede yetersiz kalmıştır. Çünkü, özellikler kendi başlarına niceleyiciler, olumsuzlama ya da bileşik bir yapıyı oluşturan öğelerin birbirleriyle olan ilişkilerini ifade edemezler.

Özellikler, bahsedilen bu kısıtlılıklarına rağmen, birleşimleriyle kafesleri, ağırlıklandırılmış toplamları ile de sinir ağları gibi birleşimsel yapıları oluşturabilmektedir. Ancak, özelliklerin birleşimleri için seçilen yöntem, sonuçların anlamları ve bunların akıl yürütmede kullanım şekilleri açısından büyük fark yaratmaktadır. Sinir ağları, sınıflandırmada başarılı olsalar da, insanlar için yorumlanması zor olan veri yapılarıdır. Leibniz’in, özelliklerin bütün birleşimlerini içeren anlamsal yapıdaki kafeslerini anlamak kolay olsa da, kafeste ortaya çıkan bu birleşimlerin çoğu, pratikte asla ortaya çıkmamaktadır.

4.3. Biçimsel Kavram Çözümlemesi

İstenmeyen anlamsal birleşimleri dışlayan kafesler üretmek için, Ganter ve Wille [7], Biçimsel Kavram Çözümlemesi¹ yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntem, sinir ağları oluşturmada kullanılanlara benzer şekilde, özellikleri ile tanımlanmış örnek kümelerinden oluşan bir girdi verisi ile kafesler inşa etme yeteneğine sahiptir. Bu

¹ Biçimsel Kavram Çözümlemesi yöntemi, tezin bundan sonraki kısımlarında BKÇ olarak anılacaktır.

yöntemle üretilen kafesler, sinir ağları gibi yüksek sınıflandırma başarımlarına sahip olmanın yanında, bir tip hiyerarşisinin omurgasını oluşturan anlaşılabilirliği yüksek veri yapıları olarak da kullanılabilirler.

BKÇ; kavram, içlem, dışlam ve kavramsal hiyerarşi tasarımlarını biçimselleştirmede kullanılan bir bilgi gösterim yöntemidir. BKÇ'nin ardında yatan felsefi yaklaşıma göre, bir kavram düşüncenin en temel bileşeni olup, yargılar ve çıkarımlar kavramlardan oluşan düşünce şekilleridir [41]. BKÇ'de kavramlar, soyut zihinsel gösterimler olarak kabul edilir ve içlem-dışlam ayrımına tabi tutulurlar. Bir kavramın içlemi, kavramla birlikte düşünülen tüm özelliklerden oluşur ve içlem zenginleştikçe dışlam küçülür. BKÇ belirli kavramlardan bağımsız şekilde, kavramların doğasına ilişkin biçimsel bir tasarım ortaya koymaya çalışır.

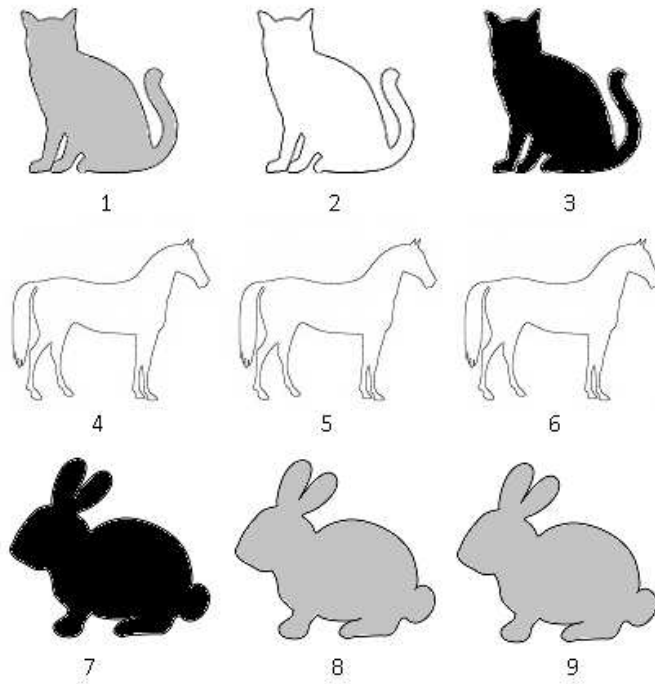
ISO 704 standardına göre nesneler, kavramlar ve gösterimler üç katmanlı bir yapıdadır [42]. Nesneler ve bunlara verilen adlar arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Bu bağlantı kavramlar üzerinden sağlanır. Kavram düzeyinde, nesneler kavramın dışlamını oluştururken, bu nesnelerin paylaştıkları ortak özellikler kavramın içlemine oluşturur. Gösterim düzeyinde, bir kavram, tanımı ile nitelenirken, ismi ile de gösterilir. BKÇ, bahsedilen bu üç katmanlı yapıda kavram düzeyine odaklanmıştır. BKÇ'deki biçimsel kavramlar, ISO 704'te açıklanan kavram katmanının tanımına uygundur. Biçimsel kavramlar sadece içlem ve dışlamdan oluşurken, kavramların adları ve tanımları BKÇ'nin tasarımına dahil edilmemiştir.

BKÇ'de, bilgi gösterimlerinin temel özelliği olan zihinsel yer tutucu olma hedefini karşılayan iki yapı vardır. Bunlar biçimsel bağlamlar ve kavramlardır. BKÇ'de, gerçeklik ve model arasındaki bağlantı biçimsel bağlamlar üzerinden sağlanır. Biçimsel kavramlar ise bulanıklık, prototipiklik, zamansallık gibi kavramların bazı yönlerini görmezden gelerek gerçekliğin karmaşıklığını zihinde azaltma görevini üstlenir.

BKÇ'de bilgi, kafesler şeklinde düzenlenir. Kısmi sıralama temeline dayalı bir şekilde tanımlanan kafesler, bilgi gösterimi için açık bir yapı sağlarlar. Ağaçlar gibi, diğer kısmi sıralamalardan farklı olarak çoklu kalıtıma imkan sağlarlar. Kafeslerin getirdiği bu çoklu kalıtım imkanı ile gösterimler daha yapısal bir hal almakta ve önceki bilgilerin kullanımına izin vermektedir. Ek olarak kavram kafesleri, matematiksel bir yapıda oluşturuldukları için kafes içinde hesaplamalara da imkan sağlarlar.

4.4. Biçimsel Kavram Çözümlemesinde Temel Bileşenler

Aslında BKÇ, ardında yatan kavram fikrine hiç değinilmeden tamamen soyut formüller üzerinden de açıklanabilen matematiksel temele dayalı bir yöntemdir. Ancak, BKÇ'nin ardındaki sezgisel yaklaşımın anlaşılması, biçimsel yapısının kavranmasını kolaylaştıracığı için, basit bir dünya modeli üzerinden konuyu incelemek bu noktada en iyi başlangıç yöntemi olacaktır.



Şekil 4.2 Çeşitli hayvanlardan oluşan bir dünya modeli.

Yukarıdaki şekilde dokuz hayvandan oluşan bir dünya modeli verilmiştir. Bu modeldeki nesneler, özellikleri açısından oldukça basit bir yapıda tutulmuştur. Ulaılamayı anlatırken bahsettiğimiz etmene benzer biçimde, sadece renk ve şekil algılayabilen bir etmen, sadece BKÇ kullanarak bu modeldeki nesnelerin iki basit özelliğı üzerinden akıl yürütme şansına sahip olacaktır. Etmenin modelde bulunan nesnelerin şekillerine ilişkin önceden getirdiğı bir etiket bilgisine de sahip olduğı varsayımıyla, bu bölümün ilerleyen kısımlarında elimizdeki dünya modelini BKÇ yöntemi ile çözümlemeye çalışacağız.

Basitliğı ve bir miktar rassallığına rağmen bu modeldeki nesneler topluluğı çeşitli alt gruplara ayrılabilir. Örneğın, 8 ve 9 numaralı nesneler, aynı anda hem *gri*

renkli, hem de *tavşan* şeklinde oldukları için *gri tavşanlar* alt kümesini oluştururlar. Bu şekilde betimlenen ‘*gri tavşan*’ olma hali bir kavram olarak düşünülebilir ve BKÇ bu olguyu biçimselleştirmeye çalışır. Eğer kavram tasarımına ilişkin bu şekilde bir bakış açısına sahipsek, elimizdeki bu basit modelde bile birçok kavram olduğunu söyleyebiliriz.

BKÇ, kavramların, kavramsallaştırma yeteneğimizden bağımsız şekilde varolması yanında, ele alınan nesne ve özelliklerden de bağımsız olduğunu kabul eder. Bu nedenle, verilen modeldeki nesneler üzerinden bir soyutlamaya gidebilir ve nesneler ile özelliklerini soyut varlıklar olarak gösterebiliriz. Eğer;

- nesneler {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} kümesiyle,
- nesnelerin sahip olduğu kedi, at, tavşan, siyah, gri, beyaz olma özellikleri de {k, a, t, s, g, b} kümesiyle

gösterilirse, bu modeli Tablo 4.1’de olduğu şekilde ifade edebiliriz.

Tablo 4.1 Hayvanlardan oluşan dünya modelini ifade eden biçimsel bağlam tablosu.

	k	a	t	s	g	b
1	X				X	
2	X					X
3	X			X		
4		X				X
5		X				X
6		X				X
7			X	X		
8			X		X	
9			X		X	

Tabloda, X ile işaretlenmiş hücreler, o satırın en başında bulunan nesnenin, o sütunun en tepesinde verilen özelliği taşıdığını belirtmektedir. Biçimsel nesneler, biçimsel özellikler ve aralarındaki aitlik ilişkisinin kodlandığı yukarıdaki tablo, BKÇ yaklaşımında, *biçimsel bağlam* olarak adlandırılan yapının gösterim şekillerinden biridir.

Yukarıda verilen tabloda, 8 ve 9 biçimsel nesnelerinin her ikisi de hem *gri* hem de *tavşan* olduğu için tüm kareleri işaretlenmiş bir alt tablo oluşturabildiğimiz görülebilmektedir. Bu şekilde oluşturulan bir alt tablonun tüm hücreleri işaretliyse ve

daha büyük bir alt tablo bulmamız da mümkün değilse, biçimsel bir kavram elde ettiğimizi söyleyebiliriz. Diğer bir deyişle, biçimsel kavramlar biçimsel bağlam tabloları içerisinde oluşan doğal kümelenmeler olmaktadır.

Bu soyut gösterim yardımıyla, $\{t, g\}$ özellik kümesindeki özellikleri paylaşan, $\{8, 9\}$ kümesindeki biçimsel nesnelerin doğal olarak birarada olduğunu ve böylece bir kavram oluşturduklarını söyleyebiliriz. Bu durum, $\langle \{8, 9\}, \{t, g\} \rangle$ küme çiftinin doğal dilde ‘*gri tavşanlar*’ olarak betimlenebilecek bir *biçimsel kavram* oluşturduğu şeklinde ifade edilir. Verilen küme çifti içerisinde, soldaki kümenin içerdiği nesneler, sağdaki kümenin içerdiği tüm özellikleri taşır. Başka bir deyişle, sağdaki kümedeki tüm özellikler soldaki kümedeki tüm nesnelerce paylaşılmaktadır. BKÇ’nin ardındaki sezgisel yaklaşım, kavramların bu örnekteki benzer şekilde karşılıklı bağımlılığa sahip nesne-özellik küme çiftleri olduğudur.

Ganter ve Wille [43], bu fikri biçimsel mantığa dayalı bir çerçeve içerisinde tanımlamıştır. Biçimsel olarak bir bağlam, G (*Gegenstände*) bir nesneler kümesi, M (*Merkmale*) bir özellikler kümesi, I ise nesne ve özellikler arasında bir yansıma ilişkisi olmak üzere $(I \subseteq G \times M)$ şeklinde ifade edilir ve $(g, m) \in I$ biçimindeki gösterim, “ g nesnesi m özelliğine sahiptir” şeklinde yorumlanır.

Bunun yanında, biçimsel nesneler ve özellikler arasındaki ilişkileri ifade edebilmek için $\downarrow$ ve $\uparrow$ şeklinde iki fonksiyon daha tanımlanır. $\uparrow$ fonksiyonu, bir nesneler kümesini girdi olarak alıp bu nesneler tarafından paylaşılan tüm özelliklerin kümesini çıktı olarak verirken; $\downarrow$ fonksiyonu, diğerinin tersi yönde bir işlevle bir özellikler kümesini girdi olarak alıp, bu özellikleri paylaşan tüm nesnelerin kümesini çıktı olarak verir. Bu fonksiyonların biçimsel gösterimleri (4.1) ve (4.2)’de verilmiştir.

$$(4.1) \quad B^\downarrow = \{g \in G \mid \forall b \in B \wedge (g, b) \in I\}$$

$$(4.2) \quad A^\uparrow = \{m \in M \mid \forall a \in A \wedge (a, m) \in I\}$$

(G, M, I) bağlamı üzerinden $\mathfrak{B}$ biçimsel kavramlar kümesi ise şu şekilde tanımlanır:

$$(4.3) \quad \mathfrak{B}(G, M, I) = \{\langle A, B \rangle \mid A = B^\downarrow \wedge B = A^\uparrow\}$$

$\downarrow$ ve $\uparrow$ farklı tanımsal alanlara uygulanan işlemler oldukları için kolaylıkla birbirlerine karıştırılamazlar. Bu işlemlerin benzer rollere sahip oldukları da göz önüne alındığında, her ikisi için tek bir simgenin kullanılmasında bir sakınca olmayacaktır. Bu nedenle, $A^\uparrow$ yerine A' , $B^\downarrow$ yerine de B' biçimindeki gösterimleri kullanabiliriz. Bu şekilde, A'' bir nesneler kümesinden bir nesneler kümesine bir fonksiyon olacaktır. Başka bir ifadeyle A'' , A kümesi içindeki nesneler tarafından paylaşılan tüm özelliklere sahip nesnelerin kümesi olur.

Verilen bu tanımlar gereğince bir biçimsel kavram, ortak özelliklere sahip bir nesneler kümesi (extent) ile, bu kümedeki nesnelerin ortaklaşa olarak paylaştıkları tanımlayıcı özellikler kümesinin (intent) bir çifti şeklinde tanımlanır. Böylece bir $\alpha = \langle A, B \rangle$ biçimsel kavramı için $ext(\alpha) = A$ ve $int(\alpha) = B$ şeklinde iki fonksiyon tanımlanmış oluruz. Bu şekilde α kavramı, A kümesindeki nesneler ile gerçekleşirken, B kümesindeki özellikler ile tanımlanmış olur.

Bu açıklamalar ışığında örnek modelimiz üzerinden $\mathfrak{B}(G, M, I)$ biçimsel kavramlar kümesini oluşturursak, Tablo 4.2'de gösterildiği gibi 13 kavram ortaya çıkacaktır.

Tablo 4.2 Örnek modele BKÇ uygulanarak elde edilen biçimsel kavramlar.

Kavramın doğal dilde ifadesi	Nesne-özellik küme çiftleri
T (En üst kavram)	$\langle \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}, \emptyset \rangle$
Beyaz atlar	$\langle \{4, 5, 6\}, \{a, b\} \rangle$
Beyaz nesneler	$\langle \{2, 4, 5, 6\}, \{b\} \rangle$
Beyaz kediler	$\langle \{2\}, \{b, k\} \rangle$
Kediler	$\langle \{1, 2, 3\}, \{k\} \rangle$
Gri kediler	$\langle \{1\}, \{g, k\} \rangle$
Gri nesneler	$\langle \{1, 8, 9\}, \{g\} \rangle$
Siyah kediler	$\langle \{3\}, \{s, k\} \rangle$
Siyah nesneler	$\langle \{3, 7\}, \{s\} \rangle$
Gri tavşanlar	$\langle \{8, 9\}, \{g, t\} \rangle$
Siyah tavşanlar	$\langle \{7\}, \{s, t\} \rangle$
Tavşanlar	$\langle \{7, 8, 9\}, \{t\} \rangle$
$\perp$ (En alt kavram)	$\langle \emptyset, \{k, a, t, s, g, b\} \rangle$

Yukarıdaki tabloda üç önemli duruma dikkat çekmek gerekir. Bunlardan ilki, en üst kavram olarak adlandırılan T kavramının yapısıdır. Bu kavram incelendiğinde, kavrama ait nesneler kümesinin modelimizdeki tüm nesneleri içerdiği, özellikler

kümesinin ise boş küme olduğu görülecektir. En üst kavramın yapısının bu şekilde olmasının nedeni, modelimizdeki nesnelerin tamamının ortak olarak paylaştığı hiçbir özelliğin olmamasıdır. Bu kavramın içlemi herhangi bir özellik içermese de, verilen tanıma uygun şekilde biçimsel bir kavramdır. Bu kavramın özellikler kümesi boş küme olduğu için ve boş küme de küme kuramına göre her kümenin bir alt kümesi olduğundan, her bir kavram en üst kavramla boş küme özelliğini doğal olarak paylaşmaktadır. Bu nedenle, boş küme özelliğini taşımayan herhangi bir nesne olamaz.

Tablo 4.2’de üzerinde durulması gereken ikinci durum da, en alt kavram olan $\perp$ kavramının varlığıdır. Bu kavram, biçimsel bir bağlam içerisinde, aynı anda tüm özelliklerle tanımlanan kavramdır. Tanımladığımız bağlamdaki özellikler, soyut ve ayrık yapıda olduğundan, aynı anda hem *siyah* hem de *beyaz* özelliğini taşıyan nesneler olamaz. Bu nedenle, en alt kavramın dışlamı boş küme olur. Eğer bağlam içinde tanımlanan tüm özellikleri taşıyan nesneler olsaydı, en alt kavram da bu nesneleri içerecekti. Bağlamdaki tüm nesnelerin paylaştığı ortak bir veya daha fazla özellik tanımlanmış olsaydı, benzer bir durum en üst kavram için de geçerli olabilirdi.

Son olarak, biçimsel bağlamımızdan ‘*atlar*’ kavramının oluşmaması durumuna da değinmemiz gerekir. Bunun nedeni modelimizdeki tüm atların beyaz olmasıdır. $\langle \{4, 5, 6\}, \{a\} \rangle$ şeklinde biçimsel bir kavram tanımlanmaya kalkışıldığında, oluşturulan çiftte özellikler kümesi eksik kalacaktır. $\{4, 5, 6\}$ nesneler kümesinin tüm ortak özelliklerinin kümesi $\{a, b\}$ olduğu için, BKÇ çerçevesi içinde kalınarak elde edilebilecek tek kavram sadece daha belirli bir yapıdaki ‘*beyaz atlar*’ kavramı olacaktır.

Bir bağlamdaki kavramlar, sadece birer küme olarak varlıklarını sürdürmezler. Doğal olarak ortaya çıkan bu kavram kümeleri arasında bir sıralama ilişkisi de oluşur. ‘*Gri tavşanlar*’ ve ‘*siyah tavşanlar*’ kavramlarının yapılarını incelersek, $\langle \{8, 9\}, \{g, t\} \rangle$ ve $\langle \{7\}, \{s, t\} \rangle$ biçimsel kavramlarının özellik kümelerinin t (yani tavşan olma) özelliğini ortaklaşa bir biçimde içerdiklerini görürüz. Bu tek özelliğin karşılık geldiği bir ‘*tavşanlar*’ kavramı da (yani $\langle \{7, 8, 9\}, \{t\} \rangle$ ikilisi) modelimizde ortaya çıkmıştır.

Bu şekilde oluşan ‘*gri tavşanlar*’ kavramını, ‘*tavşanlar*’ kavramının bir *alt kavramı* olarak nitelendirmek için iki gerekçemiz vardır:

- Bütün ‘*gri tavşanlar*’ aynı zamanda ‘*tavşanlar*’dır, ve
- ‘*tavşanlar*’ kavramını tanımlayan bütün özellikler aynı zamanda ‘*gri tavşanlar*’ kavramını da tanımlamaktadır.

BKÇ'nin biçimsel kavramlara ilişkin tanımını hatırlarsak, bu iki ifadenin aslında aynı durumun farklı şekilde belirtilmiş halleri olduğunu görebiliriz.

Bir α kavramı, ancak ve ancak, bir β kavramının sahip olduğu tüm tanımlayıcı özelliklere ve olası şekilde bir miktar daha fazlasına sahipse, α kavramı β kavramının bir alt kavramı olarak kabul edilir. α kavramının dışlamında bulunan tüm nesneler aynı zamanda β kavramının dışlamında da bulunuyorsa, bu durum da aynı şekilde α kavramının β kavramının bir alt kavramı olduğu anlamına gelir. Biçimsel olarak alt kavramlık durumu şu şekilde ifade edilir:

$$(4.4) \quad \alpha \leq \beta \Leftrightarrow ext(\alpha) \subseteq ext(\beta) \Leftrightarrow int(\beta) \subseteq int(\alpha)$$

Alt kavramlık ilişkisi, kavramlar arasında bir sıralama oluşturur ve bu katı bir sıralama olmayıp kısmi bir sıralama şeklindedir. Doğal sayılar gibi katı ve değişmez bir sıralamaya tabi olan bir yapı içerisinde rasgele iki farklı sayı seçtiğimizde, (4.5)'te ifade edildiği gibi bu iki sayı arasında mutlak olarak büyüklük ya da küçüklük ilişkisi bulunacaktır.

$$(4.5) \quad \forall x \forall y \wedge x \neq y \Rightarrow x < y \vee x > y$$

Kavramlar içinse, bu durum geçerli değildir. Modelimizden de görülebileceği gibi, '*gri tavşanlar*' kavramı '*siyah tavşanlar*' kavramının ne alt ne de üst kavramı olduğu halde, her iki kavram da '*tavşanlar*' kavramının alt kavramları olmuştur. Bu nedenle kavramlar arasında sadece bir *kısmi sıralama* ilişkisinden söz edilebilir.

Bunun yanında, kavramlar hiyerarşik bir ağaç yapısı da oluşturmazlar. Örneğin modelimizde, '*gri kediler*' kavramı '*kediler*' kavramının bir alt kavramı olduğu gibi, aynı zamanda '*gri nesneler*' kavramının da bir alt kavramı olmaktadır. Normal bir ağaç hiyerarşisinde ise kavramların yalnızca bir üst kavramı olabilir. Kavram kafesi aslında bir tür hiyerarşik yapı olsa da, ağaç yapısından farklı olarak çoklu kalıtıma izin veren bir hiyerarşiyi gösterme gücüne de sahiptir.

Rasgele biraraya getirilen her nesne kümesi bir kavrama karşılık gelmemesine rağmen, her A nesneler kümesi bu kümenin tüm nesnelerini kapsayan ve *en küçük ortak kavram* olarak adlandırılan bir kavrama izdüşümlenebilir. Bu en küçük kavramı elde etmek için, A kümesinin elemanlarının sahip olduğu tüm ortak özellikler (yani A')

belirlenir ve ardından bu özellikleri paylaşan bütün nesneler (yani A'') alınarak $\langle A'', A' \rangle$ şeklinde bir küme ikilisi oluşturulur. Bu ikili, hem (4.6)'da ifade edildiği gibi $\mathfrak{B}$ biçimsel kavramlar kümesine dahil olmalı, hem de (4.7)'de gösterildiği gibi en küçük kavram olmalıdır.

$$(4.6) \quad \forall A \subseteq G \wedge \langle A'', A' \rangle \in B(G, M, I)$$

$$(4.7) \quad \forall A \subseteq G \wedge \forall \alpha \in \mathfrak{B}(G, M, I) \wedge A \subseteq \text{ext}(\alpha) \Rightarrow \alpha \geq \langle A'', A' \rangle$$

En küçük ortak kavram için modelimiz üzerinden bir örnek vermek gerekirse; $\{1, 2\}$ kümesindeki nesnelerin sahip oldukları tek ortak özellik $\{k\}$ kümesiyle gösterilir ve *kedi* olmayı ifade eder. Modeldeki bütün kediler ise $\{1, 2, 3\}$ kümesindedir. Bu durumda $\langle \{1, 2\}'', \{1, 2\}' \rangle$ en küçük kavramı, '*kediler*' yani $\langle \{1, 2, 3\}, \{k\} \rangle$ kavramına karşılık gelir. En küçük ortak kavram, sadece birden fazla nesne içeren kümeler için değil, tek bir nesne içeren kümeler için de bulunabilir. Yani her nesne, özel bir ilişkiye sahip olduğu bir en küçük ortak kavrama sahiptir. Örneğin, 7 nesnesi için en küçük ortak kavram $\langle \{7\}'', \{7\}' \rangle = \langle \{7\}, \{s, t\} \rangle$ ya da '*siyah tavşanlar*' kavramı olur.

En alt ve en üst kavramlar ele alındığında, kısmi sıralamada ek bir tanım daha gerekir. Herhangi rasgele bir kavram kümesi için, mutlaka bir tane en küçük üst kavram ve bir tane de en büyük alt kavram vardır. Yani, $\perp$ her kavramın üst kavramı iken, $\top$ da her kavramın alt kavramıdır. Bu özellikle birlikte kısmi sıralama bir *tam kafes* yapısına uygun olur.

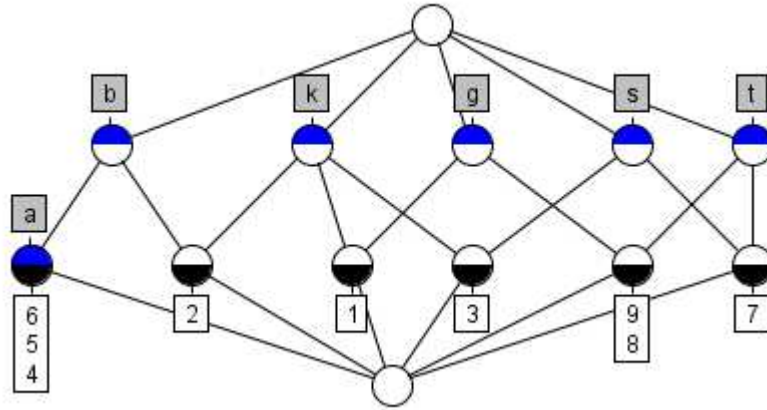
BKÇ sonucunda ortaya çıkan biçimsel kavram sayısı, doğrudan nesne veya biçimsel özelliklerin sayısına bağlı değildir. Modelimiz için, nesne ve özelliklerin sayısına bağlı olarak, $2^6 = 64$ olası kavramın varlığından söz edilebilir. Ancak, bir bağlamda ortaya çıkan biçimsel kavramların sayısı, sadece gerçek modele bağlıdır. Örneğin, beyaz olmayan bir atın modelde olmaması, kendi başına bir '*atlar*' kavramının ortaya çıkmamasına neden olmuştur.

Eğer α kavramı, β kavramının bir alt kavramıysa ve bunları iki boyutlu bir düzlemde α, β 'nın altında konumlanacak şekilde noktalar halinde gösterir, ardından da bu iki kavramı bir çizgi ile birleştirirsek bir çizge elde etmiş oluruz. Bu şekilde bir tasarımla kavramlar arası kısmi sıralamanın gösterildiği yapılara *Hasse diyagramları* adı verilir.

Bir Hasse diyagramını çizebilmek için ele alınan iki kavram arasında mutlaka bir tane alt ya da üst kavramlık ilişkisi olmalıdır. Yani, bir α kavramı, bir β kavramının aynı anda hem alt kavramı hem de üst kavramı olamaz. İki kavram arasında böyle bir durum varsa bu kavramlar birbirine eştir. Kavramlar arasında tanımlanan bu özellik, *anti-simetri* olarak adlandırılır ve (4.8)'de olduğu gibi ifade edilir.

$$(4.8) \quad \alpha \leq \beta \wedge \alpha \geq \beta \Rightarrow \alpha = \beta$$

Elimizdeki modele ilişkin Hasse diyagramı, Şekil 4.3'te verilmiştir. Diyagramda her bir düğüm, bir kavrama karşılık gelmektedir. Düğümlerin üzerindeki gri kutucuklarda, kavramların sahip olduğu biçimsel özellikler gösterilmiştir. Altlardaki beyaz kutucuklarda ise, bir kavrama dahil olan biçimsel nesneler listelenmiştir.



Şekil 4.3 BKÇ kullanılarak dünya modelimizden üretilen Hasse diyagramı.

Her ne kadar biçimsel bir bağlamın bileşenleri “nesneler” ve “özellikler” olarak adlandırılrsa da, BKÇ biçimsel bir çerçeve olduğu için, bu bileşenler biçimsel yani soyut varlıklardır. BKÇ ile ortaya konan bir yapı, anlamını ancak bu varlıklara bir yorum getirilmesi, yani bu varlıkların bir şeyi temsil etmesi ile kazanır. Biçimsel nesnelerin dış dünyadaki gerçek nesneleri, biçimsel özelliklerin ise bu nesnelere ait özellikleri ifade ettiği şeklindeki yorum, BKÇ’nin en basit ve doğal yorumlanış şeklidir. Priss [44] bu şekilde yorumlanan bağlamları düzanlamsal (denotative) bağlamlar olarak adlandırmıştır. Bunun yanında Priss, biçimsel nesnelerin sözcük anlamları, biçimsel

özelliklerin ise bu sözcük anlamlarıyla ilişkili özellikler biçiminde yorumlandığı bağlamlara da çağrimsal (connotative) bağlamlar adını vermiştir [44].

BÖLÜM 5

BİR UYGULAMA ALANI: MAKİNE ÇEVİRİSİ

Çeviri, kaynak dilde ifade edilen bir mesajın hedef dildeki en yakın doğal karşılığının üretilmesi işidir [45]. Bu tanıma göre çeviri; diller, anlam ve eşdeğerlik ile yakından ilişkili bir süreçtir.

Bir çevirinin başlangıcını ve sonucunu oluşturan iki temel kavram, *kaynak dil* ve *hedef dildir*. Kaynak dil, hedef dile çevirisi yapılmak istenen ifadenin kodlandığı dildir. Çeviri, kaynak dildeki bir ifadenin kodladığı anlamın bozulmadan hedef dilde yeniden kodlanabilmesini gerektirir.

Yapay zeka çalışmalarının başlangıcından beri, çeviri işinin bilgisayarda modellenmesi araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olmuştur. Günümüzde, çeviri sürecinin bir kısmı veya tamamının bilgisayar kullanımı yoluyla otomatikleştirilerek gerçekleştirilmesi işine *makine çevirisi* adı verilmektedir [46].

İnternet ve küreselleşmenin sonucu olarak ortaya çıkan yerelleştirme gereksinimlerindeki artış, buna karşılık çevirmen sayısının azlığı, günümüzdeki makine çevirisi üzerine yapılan çalışmaların temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Bilimsel ve felsefî açıdan bakıldığında ise, makine çevirisi çalışmaları birçok açıdan aydınlatıcı roller üstlenmektedir. Öncelikle, ortaya konulan dilbilim kuramlarının kapsam ve yeterliliklerinin test edilmesi için makine çevirisi sistemleri önemli bir deneme alanı olmaktadır.

Bunun yanında, felsefenin en eski sorularından olan bilgi ve anlamının, çeviriye olan etkilerinin görülebilmesi açısından da makine çevirisi çalışmaları pratik yanıtlar sunmaktadır.

5.1. Makine Çevirisinin Gelişim Süreci

Yapay zeka üzerine düşüncelerin gelişmeye başlaması ile, makine çevirisinin uygulanabilirliği de tartışılmaya ve araştırılmaya başlanmıştır. Çeviri işinin otomatikleştirilmesi üzerine ilk patent 1933'te Sovyet bilim insanı Petr Petrovich Troyanskii tarafından alınmıştır [47]. Troyanskii, üç aşamalı modelini, kaynak dil ifadesinin bir insan tarafından mantıksal yapıya dönüştürülmesi, ardından bu formun bir makineye verilerek hedef dilde kaba çevirinin üretilmesi ve son olarak da bu çevirinin yine bir insan tarafından düzenlenerek istenen kalitede hedef dil ifadesinin üretilmesi süreçleri üzerine oturtmuştur.

1949 yılında ise Warren Weaver, Claude Shannon ile birlikte temellerini attıkları Bilgi Kuramına dayanan bir çeviri modeli önermiştir [48]. Ancak, o dönemde önerdiği modeli gerçekleştirebilmek için yeterli bilgisayar ve veri kaynağı olmadığından, bu modelin uygulanması doksanlı yıllara kadar ertelenmiştir.

50'li yıllarda Soğuk Savaş'la birlikte, uygulamalı makine çevirisi çalışmaları büyük bir ivme kazanmış, özellikle istihbarat amaçlı çeviri gereksinimlerinden ötürü ABD'de makine çevirisi araştırmalarına büyük yatırımlar yapılmıştır. 1954 yılında gerçekleştirilen Georgetown-IBM deneyi gibi, bu dönemde yapılan çalışmaların neredeyse tamamı, Rusça – İngilizce dil çifti arasında çevirilere odaklanmıştır [49]. 60'lı yılların ortalarına kadar süren makine çevirisinin altın çağı, 1966'da ALPAC² tarafından yayınlanan ve sürecin değerlendirildiği bir raporla [50] sona ermiştir. Bu raporda, özellikle çeviri kalitesinin düşüklüğüne ve art düzenleme gereksiniminin fazlalığına vurgu yapılmıştır. Rapor sonucunda;

- Çeviri kalitesi ve çeviride insan gereksinimine ilişkin ihtiyaçlar ortaya konmuş,
- Tam otomatik ve yüksek kaliteli çeviri hedefinden vazgeçilerek, çeviriye yardımcı araçların geliştirilmesine önem verilmiş ve
- Başarısızlığın, biçimsel tabana dayanmayan, sadece uygulamaya yönelik yaklaşımın bir sonucu olduğu görüldüğü için bilgisayarlı dilbilim çalışmaları başlamıştır.

70'lerde eski paradigmadan çıkılmış, dilbilimsel kuramlara dayanan hesaplamalı sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. 1976 yılında Kanada'da geliştirilen METEO çeviri

² Automatic Language Processing Advisory Committee

sistemi [51] hava durumu raporlarının İngilizceden Fransızcaya çevrilmesinde oldukça başarılı olmuştur. 1978’de Avrupa Topluluğu Komisyonu, ortak dokümanları topluluk üyesi ülkelerin dillerine dönüştürebilmek için kendi makine çevirisi projesi olan EUROTRA’yı başlatmıştır [52]. Aslen ABD Savunma Bakanlığı’nın bir projesi olarak başlayan, sonra özel şirketlere devredilen ve günümüzde de çok yaygın şekilde kullanılan SYSTRAN [53] da yine yetmişli yıllarda başlayan projelerdendir.

Seksenlerde ise makine çevirisi sistemleri artık ticari bir hal almaya başlamış ve daha çok çeviriye yardımcı araçlar üzerine bir gelişim süreci yaşanmıştır. Örneğin, Trados firması bu dönemde kurularak ticari yazılımlar üretmeye başlamıştır.

90’larla gelen küreselleşme, yüksek kapasiteli bilgisayarlar, Internet’in ortaya çıkışı ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, makine çevirisi sistemlerinin son kullanıcıya kadar ulaşabilmesini ve yaygın kullanım alanı bulmasını sağlamıştır. Bu dönemde, ABD’de makine çevirisi üzerine yatırımlar artmış, özellikle Avrupa ve Japonya’da dilbilim temelli çalışmalara önem verilmiştir.

Günümüzde, kısıtlı alanlarda daha kaliteli çeviriler yapan büyük ticari sistemler olduğu gibi, son kullanıcının Internet üzerinden erişebildiği Google Translate ve benzer uygulamalar gibi görece daha düşük kalitenin de kabul gördüğü çeşitli makine çevirisi uygulamaları yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır.

Burada değinilmesi gereken bir diğer nokta da, günümüzde sayıları giderek artan ve yaygın kullanıma kavuşan çeviriye yardımcı araçların, yakın zamanda Mütercim-Tercümanlık bölümlerinin ders müfredatlarına dahil edilmiş olmasıdır. Bu durum, yakın gelecekte makine çevirisi ve çeviribilim alanları arasındaki etkileşimin giderek artacağına ve karşılıklı bilgi paylaşımlarının her iki alanda da yeni ufuklar açacağına dair umut vadeden bir gelişmedir.

5.2. Makine Çevirisinde Karşılaşılan Zorluklar

Çeviri kalitesinin, çevirmenin her iki dil üzerindeki yetkinliği ile doğru orantılı olacağı açıktır. Ancak, çevirmenin tüm bilgisinin bir makine çevirisi sistemine aktarılması oldukça zordur. Olguya bu açıdan bakıldığında, tam otomatik ve yüksek kaliteli bir makine çevirisi sistemi geliştirilmesi imkansız gibi görünmektedir. Zaten bu durum makine çevirisi sistemlerinin gelişim sürecine bakıldığında da görülebilmektedir. Makine çevirisine ilişkin hedef ilk zamanlarda tam otomatik yüksek kaliteli sistemler

üretmek iken, sonraları karşılaşılan zorluklar ve alınan başarısız sonuçlarla hedefler küçülmüş, yapılan kuramsal dilbilim çalışmaları ve makine çevirisi uygulamaları ile doğal dillerin otomatik çeviride ne gibi zorluklar ortaya çıkarabileceği görülmüştür.

Doğal dillere baktığımızda, ortak olarak hepsinin iletişimsel bir role sahip olduğunu görürüz. Bu rolü gerçekleştirmeye yönelik, her dilde ortak olan evrensel yapılar vardır. Ancak sadece bu temel ortak yapılara bakılarak çevirinin basit bir süreç olduğu söylenemez. Dilleri birbirine yakın veya birbirinden ayrık kılarak çeviri sürecinin zorluğunu belirleyen çeşitli benzerlikler ve farklar vardır. Diller arasındaki farklılıklar, genel bir modeli çıkarılabilen *sistematik farklar* ve tek tek işlenmesi gereken *dile özgü veya sözcüksel farklar* olarak ikiye ayrılabilir [46]. İki dil arasında çevirinin zorluğunu, en temelde, bu diller arasındaki sözcüksel ve yapısal farklılıklar belirler. Biçimsel ve kültürel farklılıklar da çeviride zorluk yaratan diğer etmenlerdir.

Doğal diller, katmanlı bir yapıya sahiptir ve her katmanda çeviriyi zorlaştırabilecek durumlarla karşılaşılabilir. Bir dilden diğerine otomatik çeviri yapabilen bir sistem geliştirebilmek için diller arasındaki farklılıkların her seviyede incelenmesi gereklidir.

5.2.1. Biçimbilgisel Düzeyde Zorluklar

Diller biçimbilgisel (morphological) düzeyde iki boyutta farklılık gösterebilirler. Bu boyutlardan ilki, sözcük başına düşen biçimbirim (morpheme) sayısıyken, diğeri biçimbirimlerin ayrıştırılabilirlik derecesidir [46].

İlk boyuttaki değişkenliğin uç noktalarından birini, Vietnamca gibi her sözcüğün tek bir biçimbirim içerdiği *ayrışkan* (isolating) diller oluşturur. Bu boyutun diğer bir uç noktasında ise bir Eskimo dili olan Yupik gibi, tek bir sözcüğünün bir cümleye karşılık gelebilecek kadar çok biçimbirim içerdiği *çokbireşimli* (polysynthetic) diller yer alır.

Diğer bir boyutta diller, Türkçe gibi biçimbirimlerin kolaylıkla ayrıştırılabildiği *bitişken* (agglutinative) dillerden, Rusça gibi tek bir ekin birçok biçimbirimi aynı anda kodladığı *kaynaşmış* (fusion) dillere kadar değişkenlik gösterebilir.

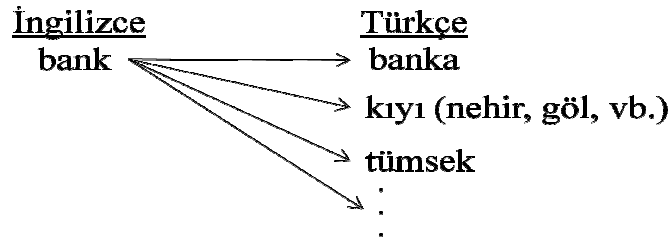
Bunların dışında, biçimbilgisel çözümlemeden kaynaklı sorunlar da yaşanabilmektedir. Bu sorunlar, sözcüğün köküne ulaşabilmek amacıyla eklerin atılması sürecinde ortaya çıkar. Örneğin, İngilizce ‘tower’ sözcüğünden –er eki atılırsa ‘çeken şey/kişi – çekici’ anlamına gelebilirken, ek atılmadığı durumda ‘kule’ anlamına

gelmektedir. Yine bu duruma benzer şekilde bazı sözcüklerin ek almış halleri, ayrı bir sözcük haline gelip sözlükte yer almış da olabilmektedir. Örneğin, ‘meeting’ sözcüğü -ing eki almış bir eylem olabileceği gibi ‘toplantı’ anlamına da gelebilir. Burada gerçek anlam, ya sözdizim kuralları içinde kodlanan kategori kısıtları ile ya da bağlama duyarlı bir yaklaşımla çözülebilir.

5.2.2. Sözcük Düzeyinde Zorluklar

Diller arasında sözcük düzeyinde oluşan farklar, çeviride önemli sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle otomatik çeviri işlemi genelde sözcük anlamının belirginleştirilmesini gerektirmektedir. Bu düzeyde, özellikle eşsesli ve çok anlamlı sözcüklerin çevirisi sorunlar yaratmaktadır.

Eşsesli sözcüklerin sorun oluşturmalarının nedeni, kaynak dildeki bir sözcüğün, hedef dilde aynı kategoriye ait birden fazla sözcüğe karşılık gelebilmesidir. Bu sorunun daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 5.1’de, İngilizce ad kategorisindeki ‘bank’ sözcüğünün Türkçe karşılıkları örneklenmiştir.



Şekil 5.1 İngilizce ‘bank’ sözcüğünün Türkçe karşılıklarının örneklenmesi.

Çok anlamlılık ise, kaynak dildeki bir sözcük birden çok anlamda kullanılırken hedef dilde her bir anlam için farklı sözcüğün olması durumunda zorluk yaratır. Örneğin, İngilizce ‘interpret’ yüklemi *tercüme etmek* anlamında (bkz. örnek (5.1)) kullanılabileceği gibi *yorumlamak* anlamında (bkz. örnek (5.2)) da kullanılabilir. Oysa, Türkçede bu iki farklı durum için iki farklı eylem kullanılmaktadır.

- (5.1) İngilizce → I interpreted the speech of Noam Chomsky.
 Türkçe → Noam Chomsky’nin konuşmasını tercüme ettim.
- (5.2) İngilizce → I couldn’t interpret his dreams.
 Türkçe → Onun rüyalarını yorumlayamadım.

Bazı diller, sözcükler üzerinde cinsiyet ve sayı bilgileri de kodladıkları için, bunları kodlamayan (bkz. örnek (5.3)) veya farklı kodlayan bir dile çeviri yaparken uygun sözcük seçiminin gerçekleştirilmesinde de sorunlarla karşılaşabilmektedir.

- (5.3) *Türkçe* → *Onu piyano çalarken gördüm.*
İngilizce → *I saw her/him/it playing a piano.*

Sözcüksel düzeyde sorun yaratabilecek bir diğer durum da diller arası kavram uzaylarında karşılaşılabilecek farklılıklardır [54]. Örneğin, Türkçe ‘duvar’ sözcüğü, Almancaya çevrilmeye çalışıldığında, duvarın ‘iç duvar’ anlamındaki ‘Wand’ mı yoksa ‘dış duvar’ anlamındaki ‘Mauer’ mi olduğunun belirlenmesi gerekir. Bu bulanıklık çeviri sorununu beraberinde getirir.

Bazı durumlarda, kaynak dilde geçen bir sözcüğün hedef dilde hiçbir karşılığı bulunmayabilir. Bu duruma *sözcüksel boşluk* (lexical gap) adı verilir. Örneğin, ‘mahremiyet’ sözcüğünü Japoncada karşılayan hiçbir sözcük yoktur [46]. Deyimler de kültüre özgü kavramlar kodladıkları için, çevirileri genelde sözlükte özel olarak kodlanmaları yoluyla gerçekleştirilir.

5.2.3. Sözdizim Düzeyinde Zorluklar

Diller sözdizim düzeyinde genelde, yüklem, özne ve nesne gibi temel bileşenlerin biraraya gelme sırası üzerinden farklılıklar gösterir (bkz. örnek (5.4)). Benzer bileşen sırasına sahip diller bile ilgeçlerin konumlanışlarına göre birbirlerinden farklılaşabilmektedir. Farklı öge sıralamasına sahip diller arasında çeviri yaparken yapısal olarak yeniden sıralama önem kazanır.

- (5.4) *Türkçe* → *Ahmet_ö eve_n geldi_y.*
İngilizce → *Ahmet_ö came_y home_n.*

Cümle öğelerinin sıralanması esnasında, kaynak dilde farklı bir cümle bileşeni görevi taşıyan bir öge, hedef dilde farklı bir görev taşıyan konuma giderek yer ve görev değiştirebilir. (5.5)’te bu durum örneklenmiştir.

- (5.5) *İngilizce* → *She likes to sing. (yüklem)*

Almanca → Sie singt gerne. (belirteç)

Bir diğer önemli sözdizimsel fark, argüman yapısı ve yüklemelerin argümanlarıyla bağlanma şekilleridir [55]. Macarca gibi *baş öge-işaretlemeli* (head-marking) diller, baş öge ve ona bağlanan ögeler arasındaki ilişkiyi baş öge üzerinde kodlarken, İngilizce gibi *bağlanan-işaretlemeli* (dependent-marking) diller bu ilişkiyi bağlanan öge üzerinden kodlar. (5.6)'da bu durum örneklenmiştir.

(5.6) *İngilizce → the man's house*

Macarca → az ember ház-a

Bağlanmadaki bu çeşitlilik, olayların kavramsal özelliklerinin sözcükler tarafından kodlanma şekillerinde de görülür. Diller, eylemin yönü veya şeklinin yüklem (verb-framed) ya da bir uydu öge üzerinde (satellite-framed) kodlanmasına göre de birbirlerinden farklılaşabilir (bkz. örnek (5.7)) [56]. Uydu/yüklem-çerçeveseli veya baş/bağlanan öge-işaretlemeli diller arası çeviride, cümle yapısında değişiklikler gerekebileceği gibi, sözcük seçimi de önem kazanmaktadır.

(5.7) *İngilizce → The bottle floated out.*

İspanyolca → La botella salió flotando.

Dillerin sözdizimsel olarak birbirinden farklılık gösterebildiği diğer bir boyut da cümlede açık olarak kodlanmayan ögelerin varlığıdır. Örneğin, birçok dil, adılların cümlede açık olarak yazılmasını zorunlu kılarken, bazı dillerde bu zorunluluk yoktur. Gönderimsel yoğunluk (referential density) açısından, adılların kullanım zorunluluğu olmayan adıl düşüren diller (pro-drop) soğuk, adılların zorunlu olarak açık kullanımını gerektiren diller ise sıcak diller olarak sınıflandırılır [57]. Adıl düşüren dillerden yapılan çeviride her bir artgönderimin önceden belirli hale getirilmesi gerekir. (5.8)'de Türkçe ve İngilizce için bu durum örneklenmiştir.

(5.8) *Türkçe → Ayşe, Ankara'da yaşıyor. [Onun] iki çocuğu var.*

İngilizce → Ayşe lives in Ankara. She has two children.

5.2.4. Söylem Düzeyinde Zorluklar

Çeviride doğru sözcüklerin doğru yerde kullanımı önemli bir sorundur. Bu genelde anlam bulanıklığından kaynaklanır. Söylem düzeyinde anlam bulanıklığı olan bir kaynak dil ifadesi, hedef dilde de aynı sorunu devam ettirir. Bu sorunu aşmak için ifadenin geçtiği bağlama veya gerçek dünyaya ilişkin bilgi sahibi olmak gerekebilir (bkz. örnek (5.9)).

(5.9) *Türkçe* → *Kitabı rafın üzerine koyarken yere düştü.*

İngilizce → *While putting the book on the shelf, it fell down.*

(Düşenin kitap olduğu durum)

While putting the book on the shelf, he/she fell down.

(Düşenin kitabı koyan kişi olduğu durum)

5.3. Makine Çevirisi Yaklaşımları

Makine çevirisi yaklaşımları, dilin çeşitli düzeylerinde ortaya çıkan zorluklar karşısında başarılı olabilmek için izlenmesi gereken yollar ve kullanıcı istekleri göz önüne alınarak çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulabilir. Bu noktada makine çevirisi yaklaşımlarını, *süreç odaklı* ve *sonuç odaklı* yaklaşımlar olarak iki ana gruba ayırarak incelememiz genel bakış açılarının değerlendirilmesi açısından faydalı olacaktır.

Sonuç odaklı yaklaşımlara en uygun örnek olarak gösterilebilecek istatistiksel makine çevirisi, çeviri sürecinin işleyişine değil, çeviriden elde edilen sonucun doğruluğu üzerine yoğunlaşır. İstatistiksel makine çevirisi uygulamalarında çeviriler genelde, parametreleri çift dilli bir derlemin çözümlenmesi yoluyla türetilen istatistiksel modeller temel alınarak oluşturulur.

Sonuç odaklı yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, daha klasik bir bakış açısıyla ortaya çıkmış olan kural tabanlı makine çevirisinde ise, çeviri süreci boyunca kullanılacak biçimsel kuramlar, gösterimler ve en iyi çeviriye ulaşmak için uygulanacak adımların seçimi üzerine yoğunlaşılır. Süreç ve sonuç odaklı yaklaşımlar, zamanla kaynaşarak melez yaklaşımların da doğmasını sağlamıştır.

5.3.1. Sonuç Odaklı Yaklaşım

Çeviriye sonuç odaklı bir bakış açısıyla yaklaşırsak, çeviriyi, doğruluk ve akıcılığın derecelerini gösteren bir değer fonksiyonunun sonucunun eniyileştirilmesi olarak görebiliriz [46]. İstatistiksel makine çevirisinin altında yatan düşünce de tam olarak budur.

İlk olarak Warren Weaver tarafından önerilen bu yaklaşım, o yıllarda kullanılmakta olan bilgisayarların depolama ve işlem kapasiteleri yeterli olmadığı için uygulanamamıştır. Doksanlı yıllara gelindiğinde, özellikle IBM gibi büyük şirketler araştırmalarını istatistiksel yöntemlere odaklamıştır. İstatistiksel makine çevirisi için gerekli olan büyük boyutlu derlemlere de, ancak bu yıllarda sahip olunmuştur. Bilgisayar kapasiteleri ve veri yetersizliklerinin yanında, konuşma tanıma teknolojilerinde istatistiksel yöntemlerin, dilbilimsel yöntemlere kıyasla daha başarılı olması da, çeviride istatistiksel yöntemlere yönelimi ortaya çıkaran etkenlerden bir tanesi olmuştur.

Hedef dil ifadesi H , kaynak dil ifadesi de K ile gösterilmek üzere, istatistiksel çeviri yaklaşımının temeli şu şekilde ifade edilebilir [46]:

$$(5.10) \quad \text{En iyi çeviri } H = \operatorname{argmax}_H \text{doğruluk}(H, K) \text{ akıcılık}(H)$$

Bu gösterim, konuşma tanımada kullanılan Bayes gürültülü kanal modeline benzemektedir. Bu nedenle aynı model Bayes olasılık formülü ile ifade edilirse;

$$(5.11) \quad H = \operatorname{argmax} P(H|K) = \operatorname{argmax} P(K|H) * P(H)$$

elde edilir. Bu formülde, $P(K|H)$ çeviri modeli, $P(H)$ ise dil modeli olmaktadır. Gürültülü kanal modeli olarak ortaya konan bu yöntem, üç temel bileşene ihtiyaç duyar. Bunlar:

- $P(H)$ 'yi hesaplamak için bir dil modeli,
- $P(K|H)$ 'yi hesaplamak için bir çeviri modeli, ve
- K verildiğinde en olası H 'yi üreten bir kod çözücüdür.

Dil modeli bileşeni, tekdilli olduğundan eğitim verisini elde etmek görece kolaydır. Bu modelde hedef dildeki sözcük dizilerinin olasılıkları hesaplanır.

Modern istatistiksel makine çevirisi, çevirinin en küçük birimi olarak sözcükler yerine öbekleri kullanır ve bunların davranışlarına bakarak olasılıkların hesaplanması yaklaşımını benimser. İstatistiksel çeviri için gerekli modellerin çıkarılmasında çiftdilli, öbek hizalı ve büyük derlemlere ihtiyaç duyulur. Bu derlemler kullanılarak sistem eğitilir ve çeviri modeli elde edilir.

Çeviri modelinin iki temel parametresi vardır. Bu parametreler;

- **Üretkenlik:** Kaynak dilin her bir sözcüğüne hedef dilde karşılık gelen sözcük sayısıdır.
- **Bozulma:** Bir öbeğin kaynak dildeki sırasının hedef dile aktarılırken ne kadar değiştiğidir.

İstatistiksel çeviride, bozulma ve üretkenlik parametrelerinin belirlenebilmesi için kullanılan çiftdilli eğitim kümesinde öbeklerin hizalı olması gerekmektedir. Yani eğitim kümesinde hangi kaynak öbeğin hangi hedef öbeğe karşılık geldiğinin işaretli olması gereklidir. Bu şekilde yapılmış bir eşlemeye *öbek hizalaması* adı verilir.

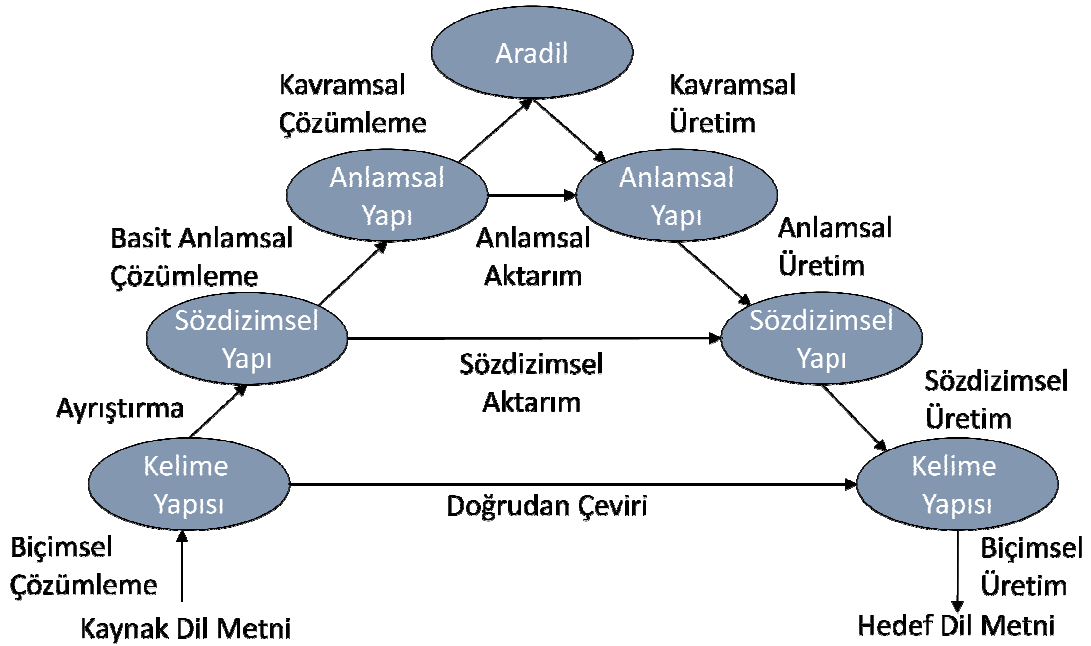
İstatistiksel makine çevirisi, sistem kurulduktan sonra otomatik olarak çalıştığı ve elle kural girme zorunluluğu olmadığı için gerekli işgücünü oldukça azaltmaktadır. Ancak, etkin çalışabilmesi için çok büyük paralel metinlere ihtiyaç duyulması, bu paralel metinlerin çok az dil çifti için var olması ve alana özgü olmalarından ötürü kısıtlı alanlarda başarımlar sağlanabilmektedir.

5.3.2. Süreç Odaklı Yaklaşım

Süreç odaklı yaklaşımın ardındaki temel fikir, çevirinin çeşitli aşamalardan oluşan ardışık bir işlemler bütünü olarak gerçekleştiği şeklindeki düşüncedir. Bu yaklaşım, üç ana grup altında incelenebilir. Bunlar;

- Doğrudan çeviri yöntemi,
- Aktarım yöntemi, ve
- Aradil yöntemidir.

Bu üç yöntemde gerekli olan çözümleme ve üretim miktarlarının şematik olarak en uygun şekilde gösterimi Vauquois üçgenidir [58]. Bu üçgen üzerinde, kaynak dilden hedef dile çevirinin çeşitli düzeyleri gösterilir (bkz. Şekil 5.2). Vauquois üçgeninde, doğrudan çeviri yaklaşımından aradil yaklaşımına doğru çıkıldıkça gerekli çözümleme miktarı artarken, aktarım için kullanılan bilgi gereksinimi azalmaktadır.



Şekil 5.2 Vauquois üçgeni.

Çeviri için en alt düzey olan doğrudan çeviri yönteminde, kaynak dil ifadesi içerisinde sözcük sözcük ilerlenir ve her sözcüğü çevirmek için çiftdilli bir sözlüğe başvurulur. Bu yöntemde kullanılan sözlüklerdeki her sözcük girişi, kaynak dildeki sözcüğü hedef dile dönüştüren küçük birer program gibi düşünülebileceği için herhangi bir dilbilgisel çözümlemeye gereksinim duyulmaz.

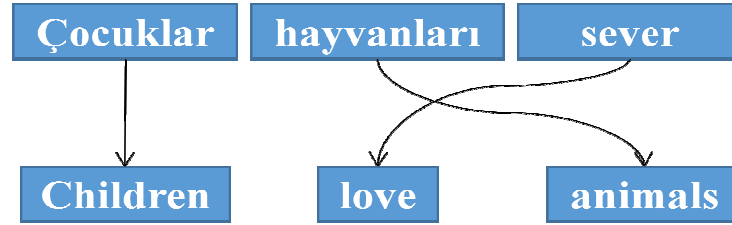
Doğrudan çevirinin bir üst aşaması olan aktarım yönteminde, girdi ifadesi ayrıştırılarak bir yapı elde edilir ve ardından bu yapıdan bir hedef dil cümlesi üretilir. Ayrıştırma sonucunda elde edilecek yapı, sözdizimsel ya da anlamsal olabilir.

Çözümlemede en üst aşama olan aradil yönteminde ise kaynak dil ifadesi soyut bir anlamsal gösterime dönüştürülür ve hedef dil ifadesi bu gösterimden üretilir.

Şimdi kısaca bahsettiğimiz bu yöntemleri yapısal olarak inceleyelim.

5.3.2.1. Doğrudan Çeviri Yöntemi

En basit makine çevirisi yaklaşımı, doğrudan çeviri olarak adlandırılan yöntemdir. Bu yöntemde temel olarak, kaynak dildeki bir ifadenin sözcükleri üzerinden tek tek ilerlenir ve her bir sözcük hedef dildeki karşılığına çevrilir. Doğrudan çeviri yönteminde, çözümleme yapılmadığı için ara yapılardan faydalanılmaz. Her sözcük, çiftdilli bir sözlük kullanılarak doğrudan hedef dile çevrilir. Bu nedenle, kullanılan çiftdilli sözlük oldukça büyük olmalıdır. Sözlük büyüklüğü, biçimsel çözümleme yoluyla düşürülebilir. Sözlük kullanılarak sözcükler tek tek çevrildikten sonra basit yer değiştirme ve biçimsel üretim kuralları kullanılarak hedef dil ifadesi elde edilir (bkz. Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Doğrudan çeviri yönteminde bir yer değiştirme örneği.

Birbirine çevirisi yapılan iki dil arasında tek farkın sözcük seçimleri olması halinde bu yöntem oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak genelde diller sadece sözcüksel olarak farklılaşmaz; yapısal olarak da birbirinden ayrışır.

Doğrudan çeviri yönteminin sağladığı en önemli avantajlar hız, basitlik ve maliyet düşüklüğüdür. Ancak, ayrıştırma bileşeni olmadığı için dil çiftlerinin dilbilgisel yapısından faydalanılamaz. Bu nedenle uzak mesafe yer değiştirmelerde ve büyük öbekler içeren ifadeleri çevirmede yetersiz kalınır. Ayrıca, hedef dile dönüşümler sözlük girişleri üzerinden yapıldığı için sözlüklerin oluşturulması da geliştiricilere büyük yük getirebilmektedir.

5.3.2.2. Aktarım Yöntemi

Çeviri zorluklarından bahsederken, dillerin birbirlerinden yapısal olarak ayrıldıklarından da söz etmiştik. Otomatik çeviri yapabilmek için kullanılan yaklaşımlardan biri de kaynak dil ifadesinin yapısının hedef dil yapısına uyacak şekilde

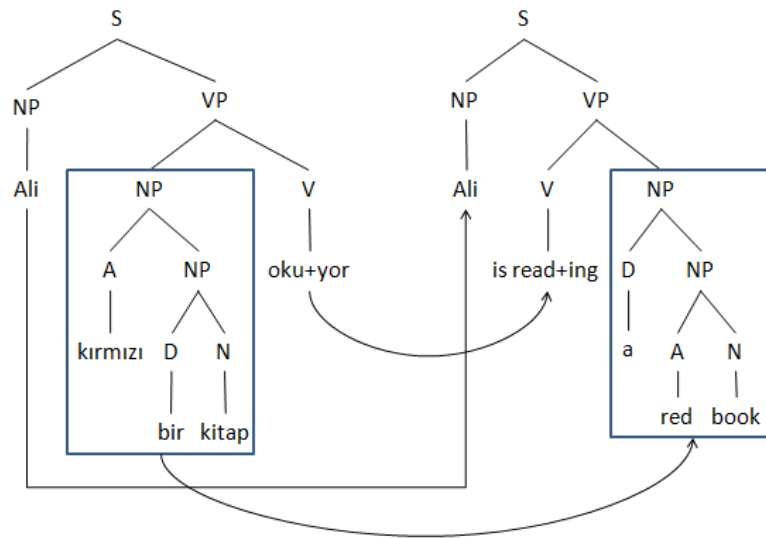
dönüştürülmesidir. Aktarım yönteminde, iki dili birbirinden ayıran farklar kullanılarak bu dönüşüm sağlanır.

Jurafsky ve Martin'in [46] de belirttiği gibi, doğrudan çeviri yöntemi tek tek sözcüklere odaklanmaktadır ve daha başarılı çeviri sonuçları elde etmek için makine çevirisi modellerine öbeksal ve yapısal bilgilerin eklenmesi gereklidir. Süreç odaklı yaklaşımlara yapısal bilginin eklenmesi ise aktarım yöntemi üzerinden gerçekleştirilir.

Aktarım yönteminde ilk olarak, kaynak dil ifadesi biçimsel bir kurama bağlı kalınarak ayrıştırılır ve bir yapı üretilir. Kaynak dil ifadesinin çözümlenmesiyle elde edilen bu yapı, hedef dile ilişkin dilbilgisi modeline uygun bir hedef dil yapısına dönüştürülür. Son olarak da bu yapıdan hedef dil ifadesi üretilir. Geçilen bu aşamalar sırasıyla *çözümleme*, *aktarım* ve *üretim* aşamaları adını almaktadır. Bu süreçte aktarım, kaynak dil ayrıştırıcısıyla hedef dil üreticisi arasındaki boşlukların kapatılması işlevini yerine getirir.

Aktarım yönteminde çözümleme aşaması sonucunda elde edilen yapının türü aktarımın da türünü belirler. Bu açıdan aktarım yöntemi *sözdizimsel* ve *anlamsal* aktarım olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir.

Sözdizimsel aktarımda, kaynak dil ifadesi ayrıştırıldıktan sonra, hedef dile sözdizimsel ve sözcüksel aktarımın gerçekleştirilebilmesi için dönüşüm kurallarına ihtiyaç duyulur. Sözdizimsel aktarım kuralları, kaynak dil metninden üretilen ayrıştırma ağacının hedef dil ayrıştırma ağacına nasıl dönüştürüleceğini belirler (bkz. Şekil 5.4). Sözcüksel aktarım kuralları ise çiftdilli bir sözlük içinde kodlanır.



Şekil 5.4 Aktarım yöntemiyle basit bir sözdizimsel dönüşüm örneği.

Aktarım yöntemiyle geliştirilen sistemler, sözdizimsel yapılardan daha zengin yapılarla da gerçekleştirilebilir. Örneğin, anlamsal rolleri belirleyen bir ayrıştırıcı kullanılarak çıkarılan bir yapıdan hedef dile gerçekleştirilen aktarımla çeviri yapılabilir.

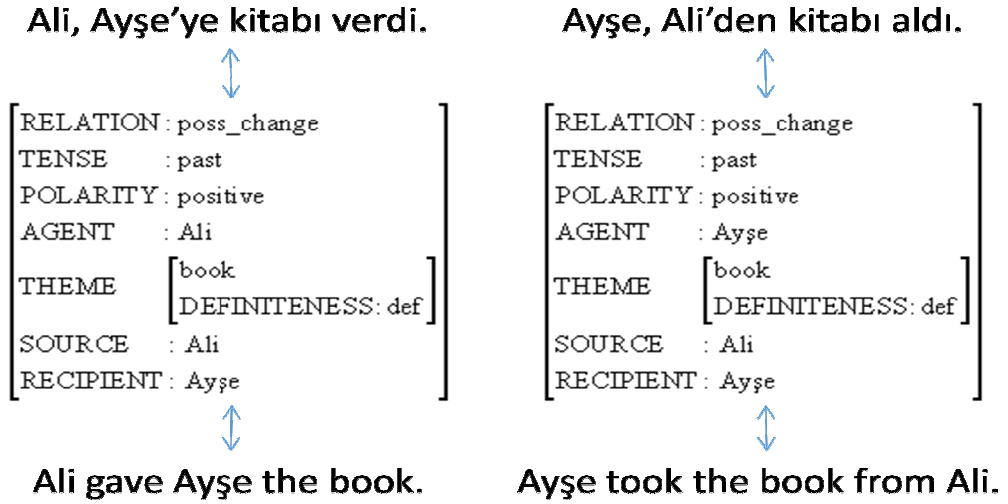
Aktarım yöntemi genelde, dilden bağımsız bir gösterim bulma zorunluluğu olmadığı ve diğer yöntemlerden görece daha hızlı olduğu için tercih edilir.

5.3.2.3. Aradil Yöntemi

Aktarım yöntemi kullanılarak geliştirilen makine çevirisi sistemleri, her dil çifti için ayrı bir ayrımsal kural kümesine ihtiyaç duyar. Bu durum, bir dilden birden fazla dile çeviri yapılacağı zaman sorun oluşturur. Bu nedenle, çeviriye farklı bir bakış açısıyla yaklaşmak gereklidir. Aradil yöntemi, kaynak dilden bir ara gösterime anlamsal çözümlemeyle ulaşılması ve hedef dil ifadesinin ortak bir anlamsal gösterimden üretilmesi mantığı üzerine kuruludur.

Eğer kaynak dil ifadesinin anlamı tamamen çözümlenip, dilden bağımsız bir biçimde kodlanabilirse, herhangi bir ayrımsal bilgiye ihtiyaç kalmadan, hedef dildeki ifade de elde edilen bu ara biçimden oluşturulabilir. Böyle bir tasarımda kullanılabilecek dilden bağımsız anlam gösterim dili, genellikle *aradil* (interlingua) olarak adlandırılır. Aradil yöntemi ile çeviride, sözdizimsel ve anlamsal yorumlama yapan bir çözümleme bileşeni ile bir hedef dil üreticisi dışında bir bileşene ihtiyaç duyulmaz.

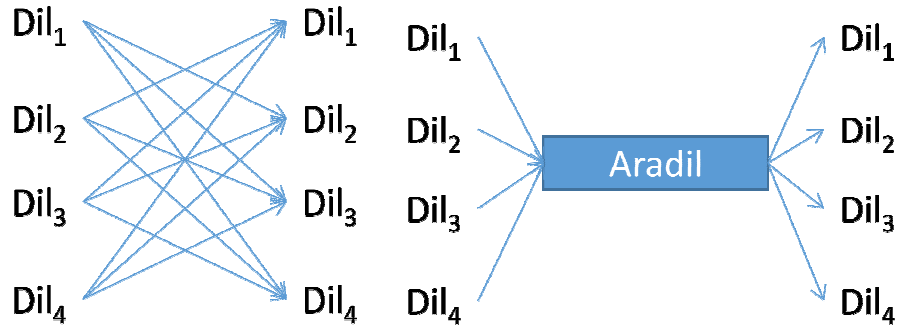
Bu yöntemin temel varsayımı, dilden bağımsız anlamsal bir gösterimin çıkarılabilirliğidir. Bu anlamsal ara gösterim, yüklem mantığı veya durum anlambilgisi (situation semantics) gibi yaklaşımların kullanılmasıyla elde edilebilir. Şekil 5.5'te Türkçe ve İngilizce arasında aradil olarak basit bir anlamsal gösterimin kullanımı ve farklı ifadelerin farklı anlamsal gösterimler oluşturması örneklenmiştir.



Şekil 5.5 Aradil kullanılarak gerçekleştirilen bir çeviri örneği.

Aradil yöntemi, çözümleme aşamasında derin bir anlamsal çözümleme bileşenine ihtiyaç duymasına rağmen, aradil yöntemi üretimde sözdizimsel dönüşümlere ihtiyaç duyulmadan anlamsal gösterimden doğrudan hedef dil üretimi yapılabildiği için kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemin en önemli dezavantajı, kavramların düzgün biçimde kodlanmasını gerektiren büyük bir ontolojiye ve bu ontolojinin üretilmesi için derin bir anlamsal çözümlemeye ihtiyaç duyulmasıdır. Bu nedenle, aradil yaklaşımı daha çok kavramsal uzayı küçültülmüş alt alanlara yönelik çevirilerde kullanılmaktadır.

Sadece bir dilden diğerine çeviri yapan bir makine çevirisi sistemi için aradil oluşturmak zor olabilir. Ancak birden çok dil arasında karşılıklı çeviri yapılması gereken durumlarda aktarım yaklaşımı için gerekli modül sayısı oldukça fazlalaşacaktır. Bu nedenle, uygulanacak yaklaşımın sistemdeki dil sayısına bağlı olarak seçilmesi gerekir. Şekil 5.6'da, çokdilli bir çeviri sisteminde aktarım ve aradil yaklaşımları için gerekli modül sayıları ve yapılar örneklenmektedir. N , birbirleri arasında çeviri yapılacak dillerin sayısını göstermek üzere, aktarım yaklaşımında gerekli modül sayısı $N(N-1)$ olurken, aradil yaklaşımında gerekli modül sayısı $2N$ olmaktadır.



Şekil 5.6 Aktarım ve aradil yaklaşımları kullanılan sistemler için modül sayıları.

5.4. Çeviri Kalitesinin Değerlendirilmesi

Makine çevirisi sistemleri tarafından yapılan çevirilerin değerlendirilmesi, ya insanlar tarafından ya da otomatik yöntemlerle gerçekleştirilir. En başarılı değerlendirme yöntemi insanların kullanılmasıdır. Ancak, değerlendirme sürecinde insanın varlığı değerlendirmeyi öznel bir konuma getirir. Bunun yanında, yüksek iş gücü ve zaman ihtiyacı da ortaya çıkar. Bu nedenlerden ötürü çeşitli otomatik çeviri kalitesi değerlendirme yöntemleri ortaya konulmuştur.

Çeviri kalitesi, çevirisi yapılmış bir metnin özgün metne uygunluğu ve akıcılığı üzerinden değerlendirilir. Aslına uygunluğun ölçülmesinde kullanılan iki bakış açısı vardır. Bunlardan ilki olan uygunluk ölçütü, özgün metinde var olan bilginin çevrilmiş metinde de korunup korunmadığıdır. Bu ölçütün uygulanabilmesi için çiftdilli değerlendiricilere ihtiyaç duyulur. Bir diğer aslına uygunluk değerlendirmesi ölçütü ise bilgi vericiliktir. Bu ölçüte göre, tekdilli insanlar, çevrilmiş metni inceleyerek ne kadar bilgi içeriği olduğunu değerlendirir.

Akıcılığı değerlendirmede ise açıklık, doğallık ve biçem ölçütleri kullanılır. Değerlendirmede kullanılan bir başka ölçüt de çeviriden sonra gereken düzeltme miktarı olan art düzenlemedir. Bu ölçüt hem akıcılık hem de aslına uygunluğu içinde barındırır. Bahsedilen ölçütlerin değerlendirilmesinde insanlar, önceden belirlenmiş ölçeklere göre değerlendirme yaparlar.

İnsan katılımı olmadan gerçekleştirilen otomatik değerlendirme yöntemlerinde, otomatik olarak çevrilmiş metinlerin yanında insanların çevirdiği eş metinlerin de olduğu varsayılır. Makine çevirisinden elde edilen çıktılar ile insan çevirileri arasında

çeviri yakınlığı ölçütüne bağlı olarak bir değerlendirme yapılır. Otomatik değerlendirme yöntemlerine örnek olarak BLEU [59], NIST ve WER verilebilir.

BLEU (Bilingual Evaluation Understudy) ölçütü IBM tarafından geliştirilmiş olup, bu ölçütte çeviri başarımı, çevrilmiş cümleler ile referans cümleler arasında n-gramların karşılaştırılmasına dayalı olarak hesaplanır. BLEU, derlem düzeyinde insan değerlendircilerin başarısına ulaşma amaçlı olarak tasarlandığı için, tekil cümleler bazında yüksek başarımlar gösteremez. Bu ölçütte, anlaşılabilirlik veya dilbilgisel doğruluk gibi ölçütler göz önüne alınmaz. 0 ile 1 arasında bir değer alır ve 1 skoru en yüksek başarımlar olarak kabul edilir. BLEU, (5.12)'de verilen formül kullanılarak hesaplanır [60].

(5.12)

$$BLEU = \exp \left\{ \sum_{n=1}^N w_n \log p_n - \max \left(\frac{L_{ref}}{L_{sys}} - 1, 0 \right) \right\}$$

NIST ölçütü, BLEU ölçütüne bir güncelleme olarak, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından önerilmiştir. BLEU ölçütü tüm n-gramlara eşit ağırlık verilerek hesaplanırken, NIST ölçütünde her bir n-gramın ne düzeyde bilgilendirici olduğu da hesaba katılır. NIST ölçütü (5.13)'te verilen formülle hesaplanır [60].

(5.13)

$$NIST = \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\sum_{\text{all } w_1 \dots w_n \text{ that co-occur}} \text{Info}(w_1 \dots w_n)}{\sum_{\text{all } w_1 \dots w_n \text{ in sys output}} (1)} \right\} \cdot \exp \left\{ \beta \log^2 \left[\min \left(\frac{L_{sys}}{L_{ref}}, 1 \right) \right] \right\}$$

WER (Word Error Rate) ölçütü ise bahsedilen ölçütlere kıyasla daha genel amaçlı olup, makine çevirisi ve bir insan tarafından üretilen referans çeviri arasındaki doğrudan uygunluğa dayalı bir hesaplamayı gerektirir. WER, Levenshtein uzaklığına [61] dayalı bir ölçüt olup, bir metnin referans çevirisi ile otomatik çevirisi arasındaki düzenleme uzaklığının, referans çevirinin uzunluğu ile normalize edilmiş halidir. WER, farklı makine çevirisi sistemlerinin karşılaştırılmasında kullanılabileceği gibi, bir sistemdeki geliştirmelerin sonuçlarının değerlendirilmesinde de kullanılabilmektedir.

N referans çevirideki sözcüklerin toplam sayısı, S otomatik çeviride değiştirilen sözcük sayısı, D otomatik çeviriden silinen sözcük sayısı ve I otomatik çeviride bulunmayıp referans çeviriye eklenen sözcük sayısını göstermek üzere, bu ölçüt (5.14)'te verilen formülle hesaplanır.

$$(5.14) \quad WER = \frac{S + D + I}{N}$$

BÖLÜM 6

KAFES TABANLI BİR ARADİL YAKLAŞIMI

Önceki bölümde aradil yönteminden bahsederken, aradil olarak nasıl bir gösterimin kullanılabileceği konusu açıklığa kavuşturulmamıştır. Aradil amaçlı kullanılmak üzere, yüklem mantığı, minimal özyinelemeli anlambilgisi (minimal recursion semantics) veya olay tabanlı gösterim gibi birçok seçenek bulunmaktadır. Bu bölümde ise başka bir anlam gösterim yöntemi olan BKÇ yoluyla elde edilen kavram kafeslerinin aradil olarak kullanılabilirliği tartışılacaktır.

Kavram kafeslerinin aradil olarak kullanımına ilişkin en erken fikirler, Cambridge Üniversitesi Dil Araştırma Birimi'nin kurucusu olan Margaret Masterman tarafından ortaya atılmıştır. Masterman, aradili “bütün dillerin dayandığı yapısal prensibi ortaya koyan mantıksal sistem” olarak ifade etmiştir [62]. Masterman, çokdilli bir makine çevirisi sözlüğünün birçok açıdan bir eşanlamlılar sözlüğüne benzediğini ve sözlük girdilerinin, ağaç yapıları değil, alt kafeslerinin birleşim noktaları çeviri alanları olan cebirsel kafes yapıları oluşturduğunu ve bu yapıların makine çevirisi için aradil olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür [63].

Bir kafes düğümü birden çok sayıda ebeveyn ve çocuk düğüme sahip olabilirken, ağaç yapılarında bir düğümün yalnız bir tek ebeveyni olabileceğinden daha önce söz etmiştik. Masterman, bu özelliklerinden ötürü kafes yapılarının anlamların birleşimlerini ifade etmede ağaçlardan daha iyi bir model ve daha doğal bir gösterim yapısı olacağını ifade etmiştir [64].

Masterman, eşanlamlılar sözlüğü girdileri kavramsal yapıları temsil ettiği ve aynı veya benzer kavramsal yapılar farklı diller paylaşıldığı için, eşanlamlılar sözlüklerinin dillerdeki kavramsal yapıların ifadesinde kullanılabilecek birer gösterim olduğunu söylemiştir [64]. Masterman, Roget's Thesaurus'ta kullanılan 1000 temel

[Bu şekil], İngilizce ve Almancada “bina” sözcüğüne karşılık gelen sözcüklerin oluşturduğu ayrık kavram kafeslerini göstermektedir. İngilizce ve Almanca arasındaki temel fark, İngilizce “house” sözcüğü sadece (“H” ile gösterilen) meskun binalar için kullanılabildiği halde, Almanca “Haus” sözcüğünün (“O” ile gösterilen) küçük ofis binaları ve büyük meskun binaları da ifade etmede kullanılabılır olmasıdır. Almancada, sadece fabrikalar “Haus” olarak adlandırılmaz. Şeklin en üstündeki kafes ise İngilizce ve Almanca kavram kafesleri arasında Barwise ve Seligman’ın [69] kullandığı anlamıyla bir bilgi kanalı oluşturmaktadır. ([66], s. 158)

Bu tez çalışmasının başlangıç fikri de, aradil tabanlı çeviri yönteminde kafes yapılarının kullanımının umut verici sonuçlar elde etmemizi sağlayabileceği düşüncesi olmuştur. Bu yaklaşımın sadece yalıtılmış sözcükler düzeyinde değil, metin parçaları için de uygulanabilir olduğunun gösterilmesi bu tezin amaçları arasında bulunmaktadır.

Bu bölümün ilerleyen kısımlarında ilk olarak, bir aradil kavram kafesi oluşturulabilmek için kullandığımız diller arası anlamsal kavram eşleme yönteminden bahsedilecektir. Ardından, aradil olarak kullanımı önerilen kavram kafeslerinin yapısına ve bu kafeslerin bir mantıksal programlama dili olan Prolog ile gerçekleşmesine değinilecektir.

6.1. Anlama Dayalı Kavramsal Eşleştirme

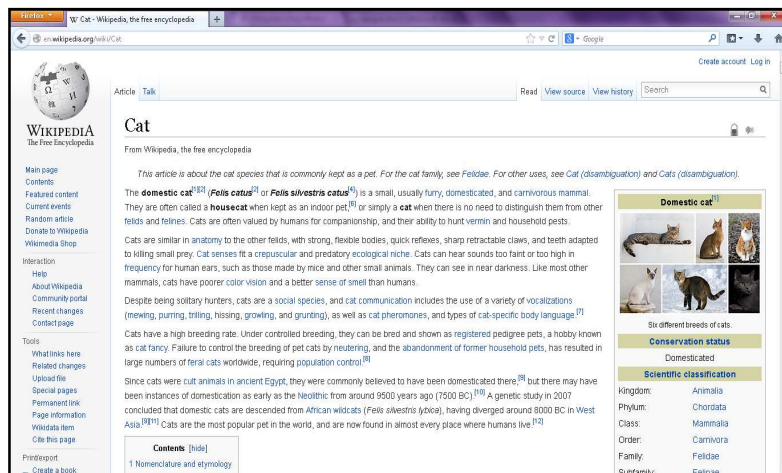
Üçüncü bölümde WordNet’in yapısından ve ontolojik açıdan taşıdığı özelliklerden bahsetmiştik. Bu noktada ise, WordNet’in temelini oluşturan eşkümelerin diller arası kavramsal eşleştirmede nasıl kullanılabileceğinden söz etmemiz gerekir.

Her bir WordNet eşkümü, aslında İngilizce kavram uzayında bir noktaya karşılık gelir ve bir anlam ifade eder. Bu nedenle, eşkümeleri mümkün olan en iyi şekilde Türkçe’ye çevirmek, aradil olarak kullanılacak bir ontoloji oluşturma sürecinde yerine getirilmesi zorunlu bir görevdir. Elbette, daha önce de değinildiği gibi, bazı eşkümelerin hedef dilde karşılığının olmayabileceği de akılda bulundurulması gereken bir durumdur.

Bu tez çalışmasında, eşkümelerin Türkçe karşılığı olan sözcüklerin bulunabilmesi için iki yol izlenmiştir. Bunlardan ilki, WordNet eşkümelerinin Wikipedia'daki uygun makalelerle eşleştirilmesidir. Bir eşkümenin karşılığı olan uygun Wikipedia makalesi bulunduğunda, bu makalenin Türkçe karşılığı olan bir makaleye de ulaşılabilirse, eşleştirmenin gerçekleştiği kabul edilmiştir. Eşleştirmede kullandığımız bir diğer yöntem de, bir eşkümedeki tüm sözcüklerin Türkçe-İngilizce dil çifti için hazırlanmış çiftidilli bir sözlükte karşılıklarının bulunması ve bunlara BKÇ uygulanmasıdır. Bu yöntemde, bir eşkümenin sözcükleri için sözlükten elde edilen karşılık kümelerine BKÇ uygulanarak, o eşküme için Türkçe karşılık kümesi elde edilmiştir. Şimdi, öncelikle anlamsal eşleştirmede kullandığımız Wikipedia'yı, ardından da sırayla kullandığımız yöntemleri inceleyelim.

6.1.1. Wikipedia

Wikipedia, dünyanın her yerinden insanlar tarafından ortaklaşa şekilde Wiki teknolojisi kullanılarak birçok dilde hazırlanan açık yapıli bir Internet ansiklopedisidir [70]. Wikipedia'da her bir ansiklopedik girdi, *makale* adı verilen bir yapıda sunulmakta ve bu makaleler yine kullanıcılar tarafından çeşitli dizinler altında sınıflandırılmaktadır. Wikipedia kullanıcıları devamlı olarak yeni makaleler eklemekte ya da varolan makalelerde değişiklik işlemleri gerçekleştirmektedir. Şekil 6.2'de İngilizce Wikipedia üzerinde 'cat' sözcüğü için bir arama yapıldığında görüntülenen ve sözcüğün en çok kullanılan anlamına (yani evcil kediye) karşılık gelen makale örneklenmiştir.



Şekil 6.2 Wikipedia'da 'cat' makalesinin ekran görüntüsü.

Wikipedia'daki bir makalenin başka dillerde karşılığı olan makaleler, kullanıcılar tarafından oluşturulmuşsa, makalenin sol yanında bu dillerdeki karşılıklarına erişim imkanı sağlayan geçişler de sunulur. Bu geçişlere Wikipedia içinde *çapraz bağlantı* adı verilmektedir.

Wikipedia'da bir madde başlığı araması yapıldığında her zaman tek bir makaleye ulaşılamayabilir. Böyle durumlar için, kullanıcının anlam belirsizliğini aşarak istediği makaleye ulaşmasını sağlamak amacıyla Wikipedia yapısı içinde anlam ayrıştırma (disambiguation) sayfaları tasarlanmıştır. Bu sayfalar üzerinden bir arama teriminin farklı anlamlarını içeren makalelere erişilebilmektedir.

Bu tez çalışması açısından Wikipedia'nın taşıdığı en önemli özellik, insanlar tarafından hazırlanmalarından ötürü, makale içeriklerinin toplumda uzlaşım olarak ortaya çıkmış bilgiyi barındırmasıdır. Bu açıdan Wikipedia doğal dilde biçimsellik kazanmış bir ontoloji olarak görülebilir.

Çalışmamız açısından Wikipedia'nın diğer bir önemli özelliği de çokdilli yapıya sahip olmasıdır. Wikipedia'da makalelerin birden fazla dilde kodlanmış olması, diller arası kavramsal bağların otomatik olarak ortaya konmasında büyük katkı sunmaktadır.

6.1.2. WordNet – Wikipedia Anlamsal Eşleştirmesi

WordNet hiyerarşisinde, belirli bir eşkümeden başlayarak o eşkümeyle üstanlamsal olarak kapsayan eşkümelelerin bir zincirini oluşturduğumuzda, bu zincirin daha özel bir anlamdan daha genel anlamlara doğru uzandığını görürüz. Bu doğal taksonomik durumun bir benzeriyle sözcüklerin sözlük girdilerinde verilen tanımlarında karşılaşırız. Sözlüklerde bir sözcüğün anlamını ifade ederken kullanılan genel yaklaşım, kavramsal olarak dahil olduğu bir üstanlamı belirten sözcüğün önüne o üstanlamın diğer örneklerinden ayrılmasını sağlayan özelliklerin getirilmesidir. Sözlük ve ontolojilerin bu yapısından ikinci bölümde ayrıntılı olarak bahsetmemize rağmen bu noktada tekrar dile getirmenin, ilerleyen kısımlarda betimlenecek yöntemin anlaşılmasını kolaylaştıracağı düşünülmüştür.

Bir sözcük tanımlanırken, üstanlam zincirinde bir üst düzeyden daha yukarıda bulunan sözcükler genelde kullanılmaz. Örneğin, ikinci bölümde örneklediğimiz gibi, *keci* sözcüğünün tanımında, *hayvan* kavramıyla olan bağlantısından bahsedilirken,

varlık kavramıyla olan bağlantısından bahsedilmez. Bu durum, ansiklopedik girdiler oluşturan Wikipedia makalelerinde de genel olarak karşılaşılan bir olgudur.

WordNet ve Wikipedia arasında eşleme üzerine yapılan çalışmalar son dönemde oldukça artmıştır. Bu çalışmaların çoğunda, WordNet'in ansiklopedik bilgiyle zenginleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri olan YAGO [71] ile, WordNet ve Wikipedia'nın tek bir ontoloji çatısı altında bütünleştirilmesi hedeflenmiştir.

Toral v.d. [72], Ponzetto ve Navigli [73], Wu ve Weld [74] çalışmalarında WordNet eşkümeleri Wikipedia kategorileri ile eşleştirilirken, Ruiz-Casado v.d. [75] ile Niemann ve Gurevych [76] çalışmalarında eşkümeler, Wikipedia makaleleriyle eşleştirilmektedir. Bahsedilen bu çalışmalar, genelde metin eşleştirme yaklaşımlarıyla gerçekleştirilmiş olup, WordNet'in kavram hiyerarşisi ile sunduğu bilgi içeriği özelliğinden faydalandığı görülmemiştir. Bu nedenle bu tez çalışmasında sunulan, kavram hiyerarşilerinden faydalanarak anlamsal bilgiye dayalı ontolojik eşleme yapılması şeklindeki yaklaşım, bilindiği kadarıyla WordNet – Wikipedia eşleştirme çalışmaları açısından bir ilk olacaktır.

Bu tez çalışmasında sunulan kavramsal eşleştirme yaklaşımının ilk aşaması, WordNet'te bulunan bir eşkümedeki sözcükler kullanılarak, eşkümeyle karşılık gelebilecek aday Wikipedia makalelerinin toplanmasıdır. Bu amaçla;

- eşkümedeki sözcükleri madde başlığı olarak kullanan makaleler,
- eşkümedeki sözcükler kullanıldığında yönlendirme yoluyla erişilen makaleler,
- ve
- eşkümedeki sözcüklerin anlam ayrıştırma sayfaları üzerinden erişilebilen makaleler

indirilerek yalnız içerik kısmı kalacak şekilde temizlenmektedir.

Bir eşkümeyle eşleştirebilecek tüm olası makalelerin derlenmesinin ardından, hiyerarşik bilgiye dayalı bir ağırlıklandırma yöntemi ile üstanlam zincirindeki her eşkümeyle bir ağırlık değeri verilmektedir. Ardışık N adet eşkümeden oluşan bir üstanlam zincirinde her bir eşkümenin ağırlık değeri hesaplanırken, hiyerarşinin en tepesinden başlayarak K 'inci üstanlam eşkümesine atanacak ağırlığı belirlemede (6.1)'de verilen formül kullanılmıştır:

$$(6.1) \quad Ağırlık_k = K / N$$

Şimdi, bu eşküme ağırlıklandırma yöntemini bir örnek üzerinden inceleyelim. Örneğin, en altta {cat, true cat} eşkümesinden başlayan bir üstanlam zinciri en tepede {entity} eşkümesiyle sonlanmaktadır. Bu üstanlam zinciri 14 düğümden oluşmaktadır ve en alt düğümden en üst düğüme 13 geçişle ulaşılmaktadır. Bu durumda yukarıda verilen formül için N değeri 14 olur ve bahsedilen bu üstanlam zincirinde her bir eşkümeğe verilen ağırlıklar Tablo 6.1’deki gibi olacaktır.

Tablo 6.1 Örnek bir eşküme için oluşturulan üstanlam zinciri ve düğümlere verilen ağırlık değerleri.

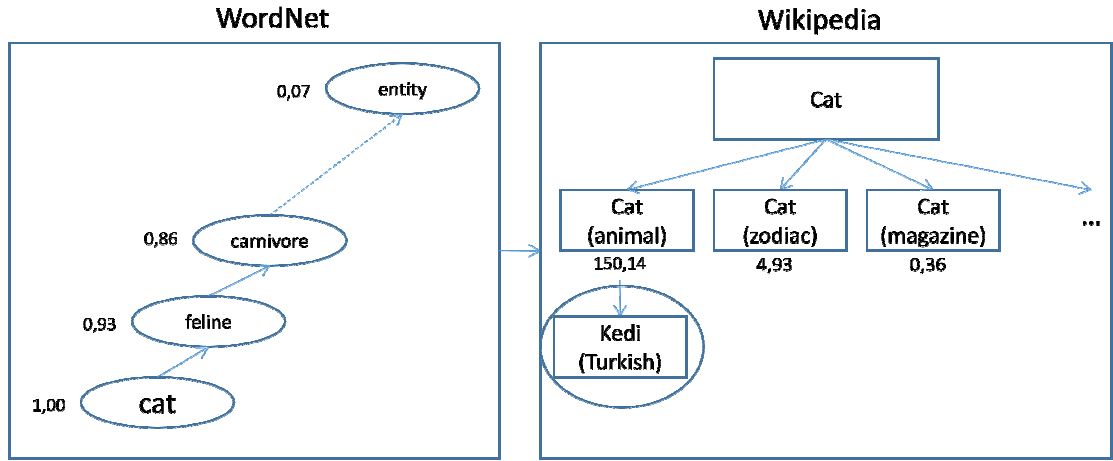
K	Eşküme	Ağırlık (K/N)
1	{entity}	0,071429
2	{physical entity}	0,142857
3	{object, physical object}	0,214286
4	{whole, unit}	0,285714
5	{living thing, animate thing}	0,357143
6	{organism, being}	0,428571
7	{animal, animate being, beast, brute, creature, fauna}	0,5
8	{chordate}	0,571429
9	{vertebrate, craniate}	0,642857
10	{mammal, mammalian}	0,714286
11	{placental, placental mammal, eutherian, eutherian mammal}	0,785714
12	{carnivore}	0,857143
13	{feline, felid}	0,928571
14	{cat, true cat}	1

Önceki adımda indirilen her makale, hesaplanan bu ağırlık değerleri üzerinden bir puanlamaya tabi tutulur. Bu puanlama için öncelikle, her bir eşkümedeki sözcükler tek tek bir aday makale içinde aranarak frekansları (yani geçme sayıları) belirlenir. Ardından bu frekans değerleri, sözcüklerin ait oldukları eşkümeğin ağırlık değerleriyle çarpılır. $Frekans_k$ eldeki bir sözcüğün bir makale içeriğinde kaç kez geçtiği, $Ağırlık_k$ ise sözcüğün ait olduğu eşkümenin ağırlık değeri olmak üzere, bir makaleye ait toplam eşleşme puanı (6.2)’deki formülle hesaplanmaktadır.

$$(6.2) \quad Makale Puanı = Ağırılık_1 * Frekans_1 + ... + Ağırılık_k * Frekans_k$$

Eşleşme için aday olarak belirlenen her bir makale bu yöntemle değerlendirildikten sonra, aralarından en yüksek puanlamaya sahip olan makale WordNet'teki bir eşkümenin Wikipedia'daki en olası eşleniği olarak seçilir.

Bu şekilde seçilen makale bir çapraz bağlantı üzerinden Türkçe bir makaleyle bağlantılıysa, o durumda eldeki eşkümenin Türkçe karşılığı olarak o makalenin başlığı atanır. Şekil 6.3'te {cat, true cat} eşkümesinin Türkçe karşılığı olan Wikipedia'daki 'kedi' makalesiyle eşleştirilme süreci kısaca betimlenmiştir.



Şekil 6.3 Bir eşkümenin Wikipedia üzerinden Türkçe karşılığının bulunması süreci.

Elbette bu eşleştirme yaklaşımıyla sonuca ulaşamayan durumlar da ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi, Wikipedia içinde bazı WordNet eşkümelerine karşılık gelen hiçbir makalenin bulunmayışındır. Böyle durumlar için ikinci bir yöntem uygulanarak eşkümelerin Türkçe eşlemelerindeki boşluklar en aza indirilmeye çalışılmıştır.

6.1.3. Biçimsel Kavram Çözümlemesi ile Anlamsal Eşleştirme

Uygulanan ikinci yöntemde, çiftdilli bir sözlük kullanılarak, eşkümenin her bir sözcüğüne karşılık gelen Türkçe sözcük kümeleri arasındaki ortaklıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu yöntem, kısmen Dyvik tarafından sunulan anlamsal yansıtma (semantic mirrors) yöntemine [77] benzese de, Dyvik'in yöntemi paralel derlem

üzerinde çalışmakta ve elde edilen kavram düğümleri ardışık yansıtma ile en iyileştirilmeye çalışılmaktadır.

Yöntemimizi doğrudan basit bir örnek üzerinden açıklamak, anlaşılabilirliği arttırmak açısından daha yararlı olacaktır. Yöntemimizde öncelikle, {bulk, mass, volume} gibi bir eşküme seçilerek, eşkümedeki her sözcüğün ayrı ayrı Türkçe karşılıkları, çift dilli bir sözlükte yapılan sorgulamalarla belirlenir. Bu işlem sonucunda aşağıdakilere benzer kümeler oluşur.

$$(6.3) \quad \underline{Bulk} = \{ \text{yığın}, \text{hacim}, \text{yük}, \text{eşya}, \text{cüsse}, \text{çoğunluk} \}$$

$$\underline{Mass} = \{ \text{küme}, \text{kitle}, \text{kütle}, \text{yığın}, \text{öbek} \}$$

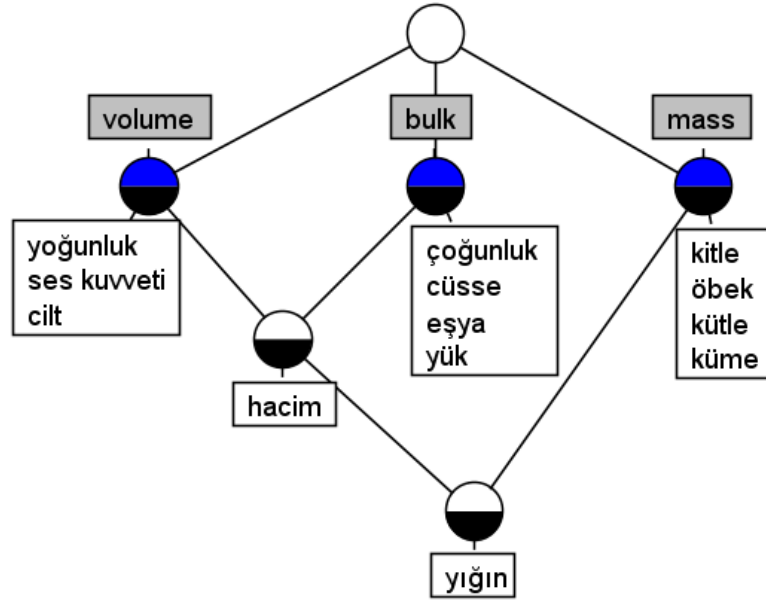
$$\underline{Volume} = \{ \text{cilt}, \text{hacim}, \text{ses kuvveti}, \text{yoğunluk}, \text{yığın} \}$$

Eşkümede bulunan İngilizce sözcükler biçimsel özellikler, bu sözcüklerin Türkçe karşılıkları biçimsel nesneler, yukarıda belirtilen kümelenmeler de nesne ve özellikler arasındaki yansıma ilişkisi olmak üzere, örneğimiz için kurulan biçimsel bağlam Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2 {bulk, mass, volume} eşkümesinin Türkçe karşılıklarından kurulan biçimsel bağlam.

	bulk	mass	volume
yığın	X	X	X
hacim	X		X
yük	X		
eşya	X		
cüsse	X		
çoğunluk	X		
küme		X	
kitle		X	
kütle		X	
öbek		X	
cilt			X
ses kuvveti			X
yoğunluk			X

Bu biçimsel bağlama BKÇ uygulanması sonucunda Şekil 6.4'teki kavram kafesi elde edilmektedir.



Şekil 6.4 {bulk, mass, volume} eşkümesi için oluşturulan kavram kafesi.

Kavram kafesinin elde edilmesinin ardından, kafes düğümleri otomatik bir değerlendirmeye tabi tutularak, içlerinde en çok biçimsel özellik barındıran düğüm eşkümenin karşılığını oluşturan düğüm olarak atanmaktadır. Bu kafes yapısında, bir düğümün en çok biçimsel özelliği barındırması, en fazla sayıda eşküme elemanına karşılık gelmesini ifade eder.

Şekil 6.4'teki kavram kafesinde en alt düğümde bir nesnenin olması, eşkümedeki her sözcüğün ortak olarak paylaştıkları en az bir tane Türkçe karşılık olduğunu gösterir. Bu durumda eşkümenin karşılığı olarak bu sözcük belirlenir. Eğer en alt düğümde herhangi bir sözcük bulunamamışsa, eşkümedeki sözcüklerin en çoğu tarafından paylaşılan sözcük veya sözcükler kümesi, eşkümenin Türkçe karşılığı olarak belirlenecektir. Yukarıdaki örnek için elimizdeki eşkümenin Türkçe karşılığı 'yığın' sözcüğü olacaktır. Sözlüğümüzde 'yığın' sözcüğüne ulaşamamış olsaydık, o durumda da 'hacim' sözcüğü eşkümenin Türkçe karşılığı olarak kabul edilecekti.

6.2. Aradil Kavram Kafeslerinin Oluşturulması

Makine çevirisinde aradil olarak kullanılacak kavram kafesleri, hem dilbilgisel açıdan işlevsel sözcükler hem de kavramsal içeriğe sahip sözcüklerle ilgili düğümleri içermelidir. Bütün doğal dillerde sınırlı sayıda işlevsel sözcük bulunduğu için bu sözcükleri içeren kafes parçalarının elle oluşturulması en uygun yöntem olacaktır. Ancak, anlamsal içeriğe sahip sözcükler için kavram kafeslerinin elle oluşturulmasında çeşitli zorluklarla karşılaşılacaktır. Öncelikle, böyle bir çalışma emek yoğunluklu olacak ve otomatik yöntemlerle belirlenmesi oldukça zor olan hataların oluşabilme ihtimali doğacaktır. Diğer taraftan, bu şekilde üretilen kafeslerin hem eksik bilgileri kapsayacak şekilde genişletilmesi hem de değişikliklere ve belirli bir alana özgü ihtiyaçlara uyarlanması zor olacaktır.

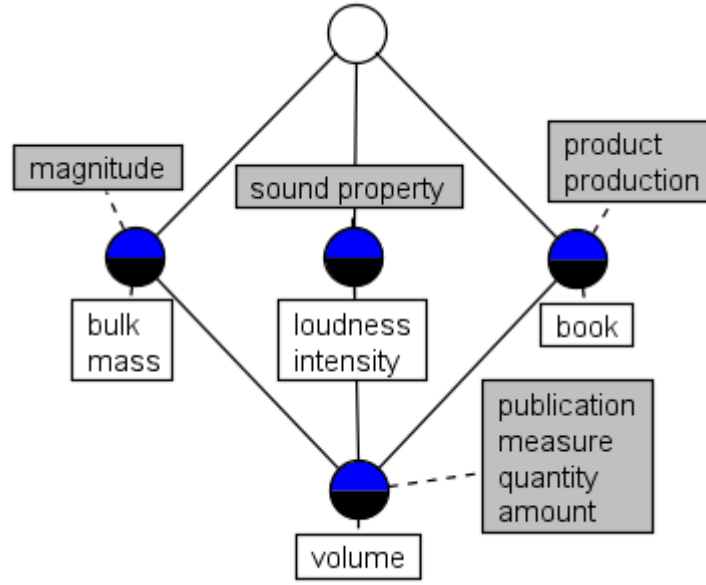
Bu tür olası sorunları dikkate alarak bu tez kapsamında, anlamsal içeriğe sahip sözcükler için otomatik olarak kavram kafesleri üreten bir araç geliştirilmiştir. Bu uygulama, BKÇ tabanlı olduğundan, detaylarına inmeden önce, biçimsel bağlamı oluşturacak öğeleri ortaya koymak gerekir.

Priss ve Old [78], WordNet içindeki kavram komşuluklarını ortaya çıkarmak için;

- *biçimsel nesneleri*, seçilen sözcüğün tüm anlamlarına karşılık gelen eşkümelerdeki sözcükler,
- *biçimsel özellikleri*, seçilen sözcüğün üstanlamsal eşkümelerindeki sözcükler, ve
- *yansıma ilişkisi* de, eşkümeler ile bunların üstanlamsal eşkümeleri arasındaki anlamsal ilişki

olan biçimsel bir bağlam oluşturulması fikrini ortaya atmışlardır. Böylece, WordNet için bir sözcüğün komşuluk kafesi, o sözcükle aynı anlam kümelerinde ortak olarak bulunan sözcüklerden oluşacaktır³. Önerilen bu yöntemle, ‘*volume*’ sözcüğü için oluşturulmuş bir komşuluk kafesi Şekil 6.5’te görülebilmektedir.

³ Kafesler, çok hızlı bir biçimde büyüyerek görselleştirilebilir olmaktan çıktıkları için, Wille [79] “komşuluk” (neighborhood) kafesleri adını verdiği daha küçük kafeslerin oluşturulması için bir yöntem ortaya koymuştur.

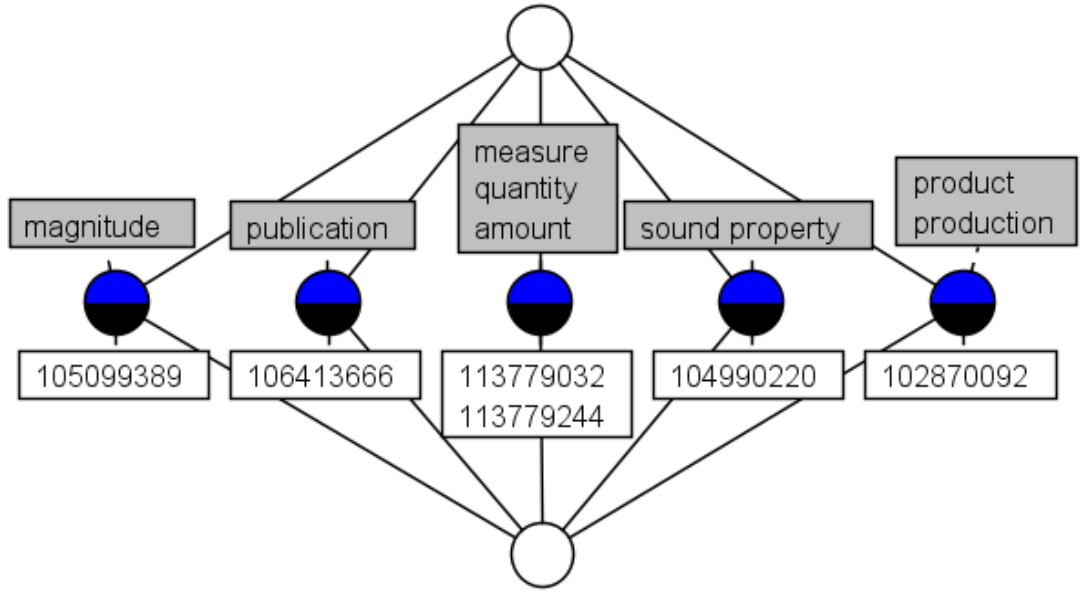


Şekil 6.5 ‘volume’ sözcüğü için Priss ve Old'un önerdiği komşuluk kafesi.

Elde edilen kafesteki en alt düğümü ele aldığımızda, bu düğüm ile temsil edilen kavramın, doğal olarak ortaya çıkabilecek bir kavram olmadığını görürüz. Şekil 6.5'teki kafeste bu durumun ortaya çıkmasının nedeni, biçimsel bağlam oluşturulurken birden çok ayırık kavramın tek bir biçimsel kavram altında toplanmış olmasıdır. WordNet'in ‘yayın’ ve ‘nicelik’ ayırık anlam kümelerini yalnızca tek bir sözcük (yani *volume*) ile karşılamış olmasından kaynaklanan bu durum, bir makine çevirisi girişiminde sözcük anlamının belirlenmesini gerekli kılacaktır. Aslında, tek bir sözcük ile karşılanmış olan bu iki ayırık anlam, WordNet'te birbirinden ayırık iki eşkümeye karşılık gelmekte ve farklı eşküme numaralarıyla birbirlerinden ayrılmaktadır.

Bahsedilen bu sorundan ötürü, bu biçimsel bağlam oluşturma yönteminde bir değişiklik yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İlk, biçimsel nesneler, eşkümelelerdeki sözcükler yerine eşküme numaraları olmalıdır. İkincil olarak da, biçimsel özelliklere, eşkümelere ait tanımsal ifadelerden derlenen bilgiler eklenmelidir.

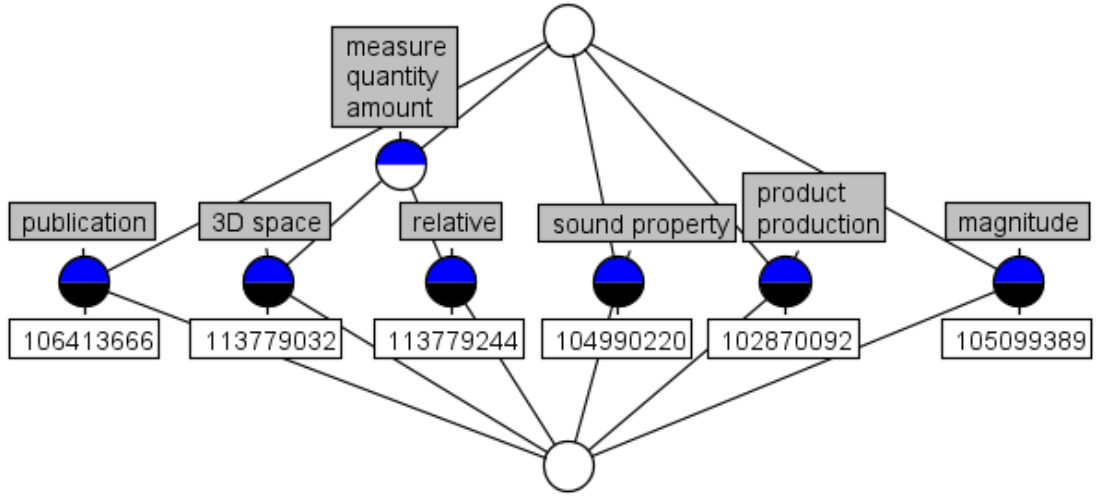
Şekil 6.6'da da görülebileceği gibi, önerilen ilk değişiklikle, ‘yayın’ anlamı, ‘nicelik’ anlamından ayrılarak, yeni bir kavram düğümü şeklinde kafes üzerindeki yerini almaktadır. Ancak, ortadaki düğümde iki nesnenin birlikte bulunmasından da görülebileceği gibi, henüz oluşabilecek bütün anlam belirsizlikleri çözülememiştir.



Şekil 6.6 Nesnelerin, eşküme numaraları olduğu bir komşuluk kafesi.

Bu durumu, üstanlamlar kullanılarak elde edilen biçimsel özelliklerin, ‘*volume*’ sözcüğünün ‘*görelî miktar*’ anlamını ‘*3 boyutlu uzay*’ anlamından ayıracak düzeyde bilgi içeriğine sahip olmamasına bağlayabiliriz. Bu iki kavramı ayıştıracak bilgi, eşkümelere ait tanımsal ifadelerde içsel olarak kodlanmıştır ve bu özellikler çıkarılarak biçimsel bağlama eklendiğinde, Şekil 6.7’de de görülebileceği gibi, tüm eşküme kavramsal olarak birbirlerinden ayıştırılmış olur. Biçimsel özellik kümesini zenginleştirmek amacıyla, eşkümelere ait tanımsal ifadeler, Stanford Ayıştırmacı⁴ [80] kullanılarak ayıştırılmış ve çıkarılan basit ad öbekleri biçimsel bağlama, eşküme özellikleri olarak eklenmiştir.

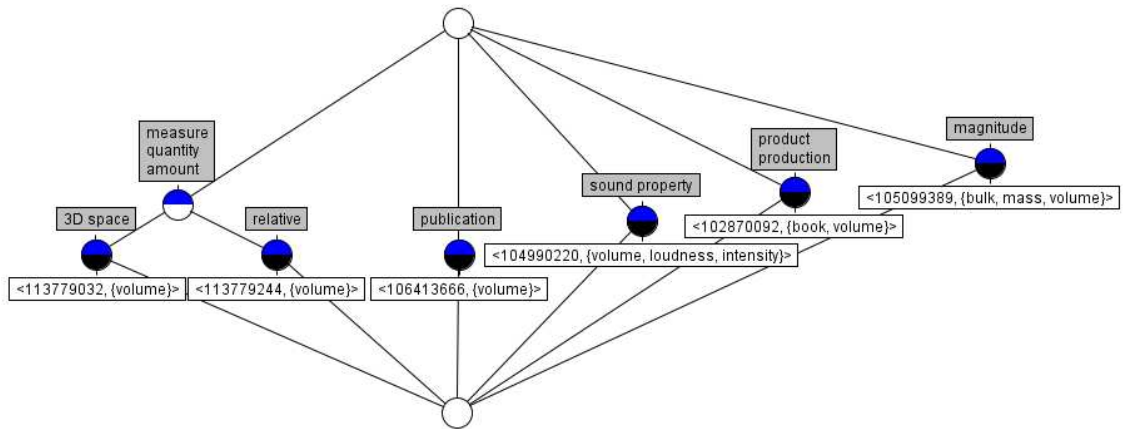
⁴ Stanford Ayıştırmacı, girdi metnini “Stanford bağımlılıkları” olarak adlandırılan bağımlılık çizgesi (dependency graph) biçiminde bir yapıya dönüştüren istatistiksel bir öbek-yapı ayıştırmacı yazılımıdır.



Şekil 6.7 Tanımsal ifadeler kullanılarak zenginleştirilmiş bir komşuluk kafesi.

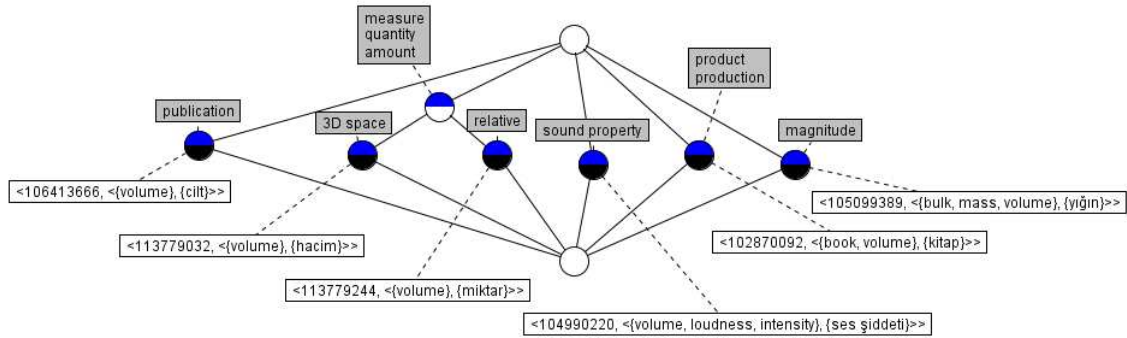
Her biri birer eşküme numarası olan biçimsel nesneler ve bu nesnelere ait biçimsel özelliklerin derlenmesinin ardından, bunlardan kafes tabanlı bir ontoloji üretebilmek için, FCALGS kütüphanesi [81] ile gelen BKÇ algoritması kullanılmıştır. FCALGS kütüphanesi, paralel ve özyinelemeli bir algoritma kullanmaktadır. Bu algoritma, paralel çalışabilme yeteneği dışında, Kuznetsov'un Close-by-One algoritmasıyla [82] oldukça benzer yapıdadır.

Bahsedilen işlemler sonucunda oluşan kafes yapısı hala bir açıdan eksiktir. Çünkü, kavram düğümlerinin anlamına karşılık geldiği nesnelerin adları eksiktir. Bu sorunun üstesinden gelmek için, Şekil 6.8'de örneklediği gibi, biçimsel bağlamdaki nesnelerimiz, eşküme numaraları ve bu eşküme numaralarına karşılık gelen ad kümelerinin birer çifti şeklinde kodlanmalıdır.



Şekil 6.8 Nesnelere ait ad kümelerini de içeren komşuluk kafesi.

Daha önce, eşkümelerin kavramsal olarak Türkçe karşılıklarıyla eşleştirilmesi işlemini de gerçekleştirdiğimiz için Şekil 6.8’de verilen kavram kafesindeki nesnelere küçük bir ekleme yaparak, kafesimizi aradil olarak kullanılabilecek bir hale getirebiliriz. Yapacağımız işlem, eşkümenin sözcüklerinin listesinin yanına Türkçe karşılık olarak belirlenmiş sözcükler kümesinin eklenmesidir. Bu şekilde, Türkçe anlamsal karşılığı ile eşleştirilen İngilizce eşkümelerin oluşturduğu örnek kafes yapısı, Şekil 6.9’da görülebilmektedir.



Şekil 6.9 İngilizce eşkümelerin Türkçe karşılıklarını içeren bir komşuluk kafesi.

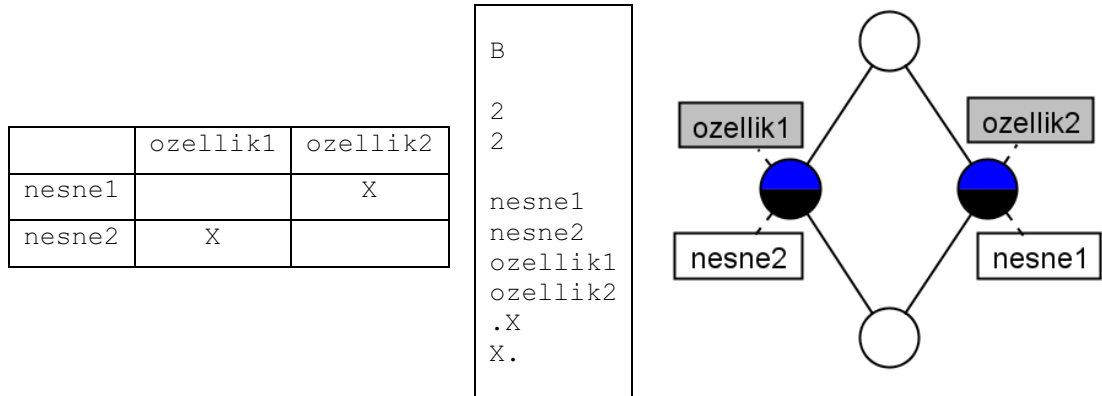
6.3. Kavramsal Yapıların Mantıksal Olarak Modellenmesi

Önceki bölümlerde sadece görsel olarak sunduğumuz kavram kafeslerinin, biçimsel bir ontoloji olarak kullanılabilmesi, ancak biçimsel bir dille ifade edilmeleri ile mümkün olacaktır. Bu çalışmada kullanılan kavramsal yapıların modellenmesinde birinci dereceden yüklem mantığından yararlanılmıştır. Bilimsel literatürde BKÇ’nin birinci dereceden yüklem mantığı ile modellenmesine yönelik yapılan az sayıda çalışma [83, 84] vardır. Bu bölümde sunulacak olan model, bu çalışmalar temel alınarak geliştirilmiş olup, ek olarak biçimsel bağlamın öğeleri olan nesneler, özellikler ve aralarındaki ilişkiler de mantıksal modelle bütünleştirilmiştir. BKÇ sonucu elde edilen kavram kafesleri ve kavramlar arası ilişkilerin birinci dereceden yüklem mantığı yapıları olarak, Prolog dilinde modellenmesi ile kavram kafeslerinden oluşan aradil ontolojimizin biçimselleştirilmesi sağlanmıştır.

BKÇ yazılımları, biçimsel bağlamların çeşitli şekillerde ifade edildiği dosya biçimleri kullanırlar [85]. Bu formatların birbirlerine dönüşümleri de FcaStone [86] gibi

araçlarla yapılır. Biçimsel bağlamların ifade edilmesinde en çok kullanılan dosya biçimlerinden biri olan Burmeister (CXT) formatında, biçimsel bağlam adı, nesneler, özellikler ve ikili yapıdaki biçimsel bağlam tablosu birarada kodlanmaktadır.

Şekil 6.10’da biçimsel bir bağlam tablosu, bu tablonun Burmeister formatında kodlanmış hali ve bu bağlamdan üretilen kavram kafesi örneklenmiştir.



Şekil 6.10 Aynı biçimsel bağlamı ifade eden farklı yapılar.

Bir biçimsel bağlam birinci dereceden yüklem mantığı ile ifade edilmek istendiğinde de nesneler, özellikler ve nesne-özellik ilişkilerinin kodlanması gerekecektir. Ancak, önerdiğimiz tasarımda kavramlar da içlem ve dışlam üzerinden ifade edileceği için, nesne ve özellikler, birer ayırıcı numara ile etiket içeren ikili bir Prolog yüklemi şeklinde kodlanmıştır. Nesne-özellik ilişkilerini içeren bağlam tablosu ise nesnenin ayırıcı numarası yanında, sahip olduğu özellikleri içeren bir liste ile birlikte yine ikili bir Prolog yüklemiyle ifade edilmiştir. Biçimsel bağlamın ifadesinde kullanılan bu yüklem, önceki kısımda sunulan aradil kavram kafesi için aşağıda örneklenmiştir.

```
%%nesne(NesneID, NesneEtiketi)%%
nesne(0, '<113779244, <{volume}, {miktar}>>').
nesne(1, '<113779032, <{volume}, {hacim}>>').
nesne(2, '<102870092, <{book, volume}, {kitap}>>').
nesne(3, '<104990220, <{volume, loudness, intensity},
{ses şiddeti}>>').
nesne(4, '<105099389, <{bulk, mass, volume}, {yığın}>>').
nesne(5, '<106413666, <{volume}, {cilt}>>').
```

```

%%ozellik(ÖzellikID, ÖzellikEtiketi)%
ozellik(0,'magnitude').
ozellik(1,'production').
ozellik(2,'product').
ozellik(3,'sound property').
ozellik(4,'amount').
ozellik(5,'quantity').
ozellik(6,'measure').
ozellik(7,'publication').
ozellik(8,'3D space').
ozellik(9,'relative').

%%iliski(NesneID, ÖzellikListesi)%
iliski(0, [4,5,6,9]).
iliski(1, [4,5,6,8]).
iliski(2, [1,2]).
iliski(3, [3]).
iliski(4, [0]).
iliski(5, [7]).

```

Eldeki bir bağlamın BKÇ ile işlenmesi sonucunda kavram düğümleri ve aralarındaki ilişkiler ortaya çıkarılır. Ortaya çıkan kavramlar, Prolog yüklemeleri olarak kodlanmaları durumunda içlem ve dışlamalarını ifade eden listeler yanında, kavram düğümünün kafes yapısı içerisinde konumlandırılmasında kullanılan ayırıcı bir argümana da sahip olmalıdır. Bu nedenle biçimsel kavramlar için kullandığımız yüklem yapısı 3 argümanlıdır. Kavram düğümlerine ek olarak, aralarındaki yönlü bağlantının da kodlanması gereklidir. Bunun için tanımlanan Prolog yüklemi ise yönlü bir çizgedeki bağlantıları ifade edecek şekilde, çıkış ve varış düğümlerini içermelidir. Aşağıda, yine önceki bölümde örneklenen aradil kavram kafesinin düğümleri ve aralarındaki ilişkiler Prolog yüklemeleri ile gösterilmiştir.

```

%%kavram(KavramID, NesneListesi, OzellikListesi)%
kavram(0, [4], [0]).
kavram(1, [2], [1,2]).
kavram(2, [3], [3]).
kavram(3, [0,1], [4,5,6]).
kavram(4, [5], [7]).
kavram(5, [1], [4,5,6,8]).
kavram(6, [0], [4,5,6,9]).
kavram(7, [], [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]).
kavram(8, [0,1,2,3,4,5], []).

```

```

%%baglanti(ÇıkışKavramID, VarışKavramID)%%
baglanti(0,8).
baglanti(1,8).
baglanti(2,8).
baglanti(3,8).
baglanti(4,8).
baglanti(5,3).
baglanti(6,3).
baglanti(7,0).
baglanti(7,1).
baglanti(7,2).
baglanti(7,4).
baglanti(7,5).
baglanti(7,6).

```

Bu noktaya kadar, biçimsel bir bağlama ait olan bütün öğeler mantıksal yapılar yoluyla tanımlanmış olmaktadır. Bunlara ek olarak, BKÇ sonrasında oluşan kavram kafesleri üzerinden ilişkilerin modellenmesi amacıyla da Prolog dilinde yüklemeler oluşturulmuştur. Bu amaçla kodlanan alt kavram, üst kavram ve kavramların eşitliğine ilişkin Prolog yüklemeleri aşağıda verilmiştir.

```

altkavram(KavramID,KavramID).

altkavram(KavramID1, KavramID2) :-
    baglanti(KavramID1, KavramID2).

altkavram(KavramID1, KavramID2) :-
    baglanti(KavramID1, KavramID3),
    altkavram(KavramID3, KavramID2).

ustkavram(KavramID1, KavramID2) :-
    altkavram(KavramID2, KavramID1).

esit(Kavram1, Kavram2) :-
    altkavram(Kavram1, Kavram2),
    altkavram(Kavram2, Kavram1).

```

Verilen bir kavram listesi için biçimsel bağlamda tepe ve alt düğümlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılacak Prolog yüklemeleri de aşağıda verilmiştir.

```

ortak_altkavram(C, [H]) :-
    altkavram(C, H).

```

```

ortak_alkavram(C, [H|T]) :-
    alkavram(C, H),
    ortak_alkavram(C, T).

glb(C, Kavramlar) :-
    ortak_alkavram(C, Kavramlar),
    ortak_alkavram(T, Kavramlar),
    alkavram(T,C),!.

ortak_ustkavram(C, [H]) :-
    alkavram(H, C).

ortak_ustkavram(C, [H|T]) :-
    alkavram(H, C),
    ortak_ustkavram(C, T).

lub(C, Kavramlar) :-
    ortak_ustkavram(C, Kavramlar),
    ortak_ustkavram(A, Kavramlar),
    alkavram(C,A),!.

```

BÖLÜM 7

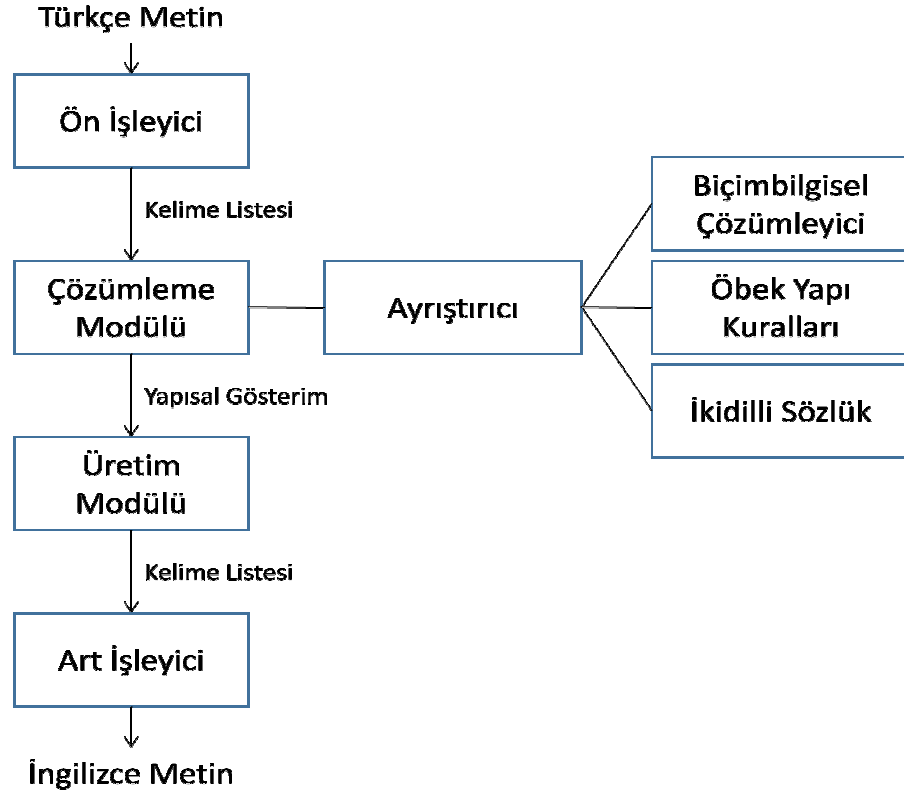
UYGULAMA

Bu bölümde, şimdiye kadar özelliklerini ve yapısını ortaya koymaya çalıştığımız ontolojik tabanlı aradil kavram kafeslerinin, geliştirdiğimiz aktarım yöntemine dayalı bir makine çevirisi sisteminde nasıl kullanılabileceği anlatılacaktır.

Öncelikle, tez çalışması kapsamında uygulama amaçlı olarak geliştirilen kural tabanlı bir makine çevirisi sisteminin yapısı ve işleyişi açıklanacaktır. Ardından, beşinci bölümde üzerinde durduğumuz süreç odaklı yaklaşımlardan doğrudan çeviri ve aktarım yöntemleri bir örnek üzerinden incelenerek bu yöntemlerde karşılaşılan temel birkaç sorun ortaya konacaktır. Son olarak da, aradil kavram kafeslerinin, geliştirilen yazılımın çıktısı üzerinde kullanılması yoluyla edimsel bilginin çeviri sürecine eklemlenmesinin çeviride sağladığı iyileştirme ortaya konmaya çalışılacaktır.

7.1. Kural Tabanlı Bir Makine Çevirisi Yazılımı

Bu tez çalışması kapsamında, uygulama amaçlı olarak Türkçe – İngilizce çeviri için anlamsal aktarım yöntemine dayalı kural tabanlı bir mimari tasarlanmış ve bu tasarım Prolog programlama dili ile kodlanmıştır. Şekil 7.1’de bu tasarımın temel modülleri gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Kural tabanlı makine çevirisi yazılımının ana modülleri.

Sisteme verilen Türkçe girdi ifadesi, öncelikle bir metin ön-işleyici modülü tarafından düzenlenmektedir. Bu modülde, ayrıştırıcının yükünü azaltmak için birleştirilmesi gereken ‘bir kaç’, ‘bir çok’, ‘bir tane’ gibi sonlu sayıdaki öbekleşmiş ifade işlenmektedir. Bunların yanında, Türkçe yazım kurallarına göre eklendikleri eylemden ayrı yazılması gereken soru ekleri gibi ifade parçaları, hemen önlerinde bulunan eylemlerle birleştirilmektedir. Ayrıca, büyük harfle başladığı için özel ad olarak kabul edilecek sözcükler belirlenip çevrilmemek üzere işaretlenmektedir.

Bu birleştirme ve düzenleme işlemlerinin ardından ifade bir bütün halinde sözcük listesi hazırlayıcı alt modülüne aktarılmakta ve çözümleme modülünde kullanılacak şekilde ifadenin sözcüklerinin bir listesi hazırlanmaktadır. Bu aşamada sisteme ‘*Ali o büyük eve siyah arabayla gitmeli mi?*’ gibi bir girdi cümlesi verildiğinde ön işleme modülü bu ifadeyi **[[ali],o,büyük,eve,siyah,arabayla,gitmelimi]** şeklinde bir liste gösterimi haline dönüştürmüş olur. Aşağıda verilen örnek kod parçacığı ifadenin sözcüklerine ayrıştırılıp sözcük listesinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

```

sentence_to_list_of_words(Sentence, ListOfWords):-
    normalize_space(atom(Sentence1),Sentence),
    name(Sentence1,L),
    tokenize(L,ListOfWords).

```

```

tokenize([],[]):-!.
tokenize(L,[Word|Out]):- L\==[],
    tokenize(L,Rest,WordChs),
    name(Word,WordChs),
    tokenize(Rest,Out).

```

```

tokenize([],[],[]):- !.
tokenize([46|_],[],[]):- !.
tokenize([32|T],T,[]):- !.

```

```

tokenize([H|T],Rest,[H|List]):- tokenize(T,Rest,List).

```

Çözümleme modülüne aktarılan sözcük listesinin elemanlarına öncelikle biçimbilgisel çözümleme işlemi uygulanır. Adların aldıkları hal, iyelik, kişi ve çoğul ekleri gibi çekim ekleri ile eylemlere ilişkin ekler ayrıştırılarak köklere ulaşılır ve biçimbilgisel olarak çözümlenmiş olan her sözcük, eklerinin kendisine getirmiş olduğu ek özelliklerle birlikte kodlanarak sözdizimsel çözümleyiciye aktarılır. Adlar ve eylemler için biçimbilgisel çözümlemeye kullanılan kod parçaları aşağıda örneklenmiştir.

```

addPossSuffix(poss_first_pl, WordOut, WordIn) :-
    concat(WordOut,'mız',WordIn);
    concat(WordOut,'miz',WordIn);
    concat(WordOut,'muz',WordIn);
    concat(WordOut,'müz',WordIn);
    concat(WordOut,'ımız',WordIn);
    concat(WordOut,'imiz',WordIn);
    concat(WordOut,'umuz',WordIn);
    concat(WordOut,'ümüz',WordIn);
    (concat(Word,'ımız',WordIn), yumuşatma(Word,WordOut));
    (concat(Word,'imiz',WordIn), yumuşatma(Word,WordOut));
    (concat(Word,'umuz',WordIn), yumuşatma(Word,WordOut));
    (concat(Word,'ümüz',WordIn), yumuşatma(Word,WordOut)).

```

```

addVerbSuffix(WordOut,(positive,obligation,present,(first,sg),declarative,
pure_verbal),WordIn) :-
    concat(WordOut,'malıyım',WordIn);
    concat(WordOut,'meliyim',WordIn).

```

Sözcük listesindeki tüm elemanların biçimbilgisel çözümlemesi gerçekleştirildikten sonra köküne ulaşılan sözcük, Türkçe – İngilizce dil çifti için hazırlanmış olan çiftdilli bir sözlükte aranır. Bu çiftdilli sözlüğün girdileri ad, ön ad ve belirteçler için *sözcük_türü(Türkçe_sözcük, İngilizce_karşılık)* şeklindedir. Eylemler için İngilizce karşılık olarak eylemin farklı çekimlerinin listesi tutulmaktadır. Çiftdilli sözlükteki sözcük türlerine ait birer örnek aşağıda verilmiştir.

```
noun('kitabevi','bookstore').  
verb(oku,['read','reads','reading','read','read']).  
adj('kapsamlı','comprehensive').  
adv('hızla','rapidly').
```

Biçimbilgisel olarak çözümlenip, İngilizce karşılığı sözlükten bulunan sözcük listesi, sözdizimsel bir ayrıştırıcıya aktarılarak öbek yapı kuralları ile çözümlenmeye hazır hale gelmiştir. Çözümleme modülünde ifadenin dilbilgisel yapısının çıkarılması için bir kaydır-indirge ayrıştırıcı (shift-reduce parser) kullanılır. Bir kaydır-indirge ayrıştırıcı, aşağıdan-yukarıya bir yaklaşımla, kökünde bir başlangıç sembolü bulunan sözdizimsel ağaç yapılarının inşa edilebilmesi amacıyla kullanılır [87]. Ayrıştırma işleminde kullanılacak öbek yapı kuralları sistem içerisinde ayrı bir modül olarak kodlanmıştır. Sistemde kullanılan öbek yapı kurallarından birkaçı aşağıda örneklenmiştir.

```
noun(Root,res_sit,Dets,Adj,Num,_,Case,MN) ==>  
  [gen_prn(Det,Poss),  
   noun(Root,_,Dets1,Adj,Num,Poss,Case,MN1)] :-  
  not(Dets1 == [Det]),  
  ((var(Case)) ->  
    (Dets = Dets1, MN = MN1);  
  (Dets1 == [] ->  
    (Dets = [Det], MN = MN1);  
    (generate_of_phrase(Poss,Det,OP),  
     Dets = Dets1,  
     MN = [OP|MN1]))).
```

%%%

```

verb(Root,Polarity,Aspect,Tense,(Person,Number),Mood,Post) ==>
  [verb(Root,Polarity,Aspect,Tense,(Person,Number),Mood,Case),
   post(Post)] :- (Case == nom; Case == abl).

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

pp([Post, Str]) ==>
  [noun(Root,Sem,Dets,Adj,Num,Case,MN),
   post(Post)] :-
  generate_english(noun(Root,Sem,Dets,Adj,Num,Case,MN),
    nominal(Str,_Num,_Case)).

```

Öbek yapı kuralları kullanılarak ayrıştırılan ifadeler sözdizimsel bir ara gösterim haline dönüştürülmüş olur. Örneğin, ‘*Okula giderken bir kedi gördüm.*’ cümlesi için aşağıdaki gibi bir ara gösterim elde edilir.

```

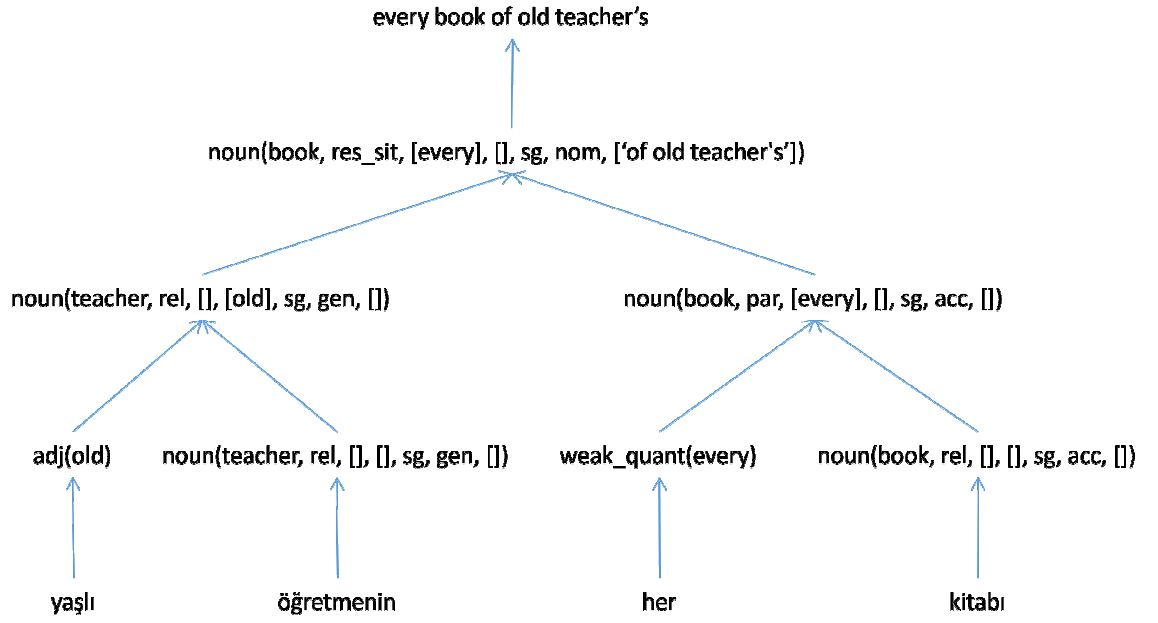
[verb([see,sees,seeing,saw,seen],positive,perfect,present,(first,sg),declarative,pure_verbal),
 nominal('a cat',sg,_G178),
 verb([go,goes,going,went,gone],positive,progressive,presentWhile,
 (third,_G118),declarative,pure_verbal),
 nominal('to the school',sg,dat)]

```

Bu yapıda, ayrıştırılmış ifadeye ilişkin sözdizimsel bilgiler bulunur. Üretim modülü, bu yapıdaki bileşenleri dönüşüm kuralları yardımıyla yeniden düzenler ve **[I, saw, a, cat, while, going, to, the, school]** şeklinde bir sözcük listesi üretir.

Üretim modülünden çıkan sözcük listesi son olarak art düzenleme modülüne aktarılır. Art düzenleme modülünde, listede bulunabilecek fazladan boşlukların temizlenmesi ve varsa uygun noktalama işaretinin ifade sonuna eklenmesi gibi çeşitli biçimsel düzenlemeler yapılarak hedef dil ifadesinin üretimi tamamlanır.

Son olarak, çeviri sürecinin tamamını bir ad öbeği üzerinden örneklemek amacıyla, ‘*yaşlı öğretmenin her kitabı*’ ifadesi için sistemin ürettiği ara çıktıları da gösteren bir sözdizim ağacı Şekil 7.2’de verilmiştir.



Şekil 7.2 Uygulama sisteminde örnek bir çeviri süreci ve oluşan ara yapılar.

7.2. Edimsel Bilgi Yokluğunda Makine Çevirisi

Bu kısımda, beşinci bölümde bahsettiğimiz süreç odaklı makine çevirisi yaklaşımlarından doğrudan çeviri ile sözdizimsel ve anlamsal aktarım yöntemlerinin işleyişleri ve eksiklikleri bir örnek üzerinden incelenecektir. Burada ortaya koyacağımız temel olgu, edimsel bilgi kullanılmayan süreç odaklı makine çevirisi yöntemlerinin basit bir örnek üzerinden bile anlaşılabilir derecede kısıtlı çeviri olanakları sunmasıdır.

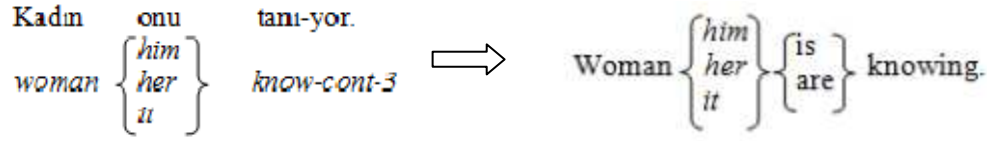
Doğrudan çeviri yöntemi, sözcüğü sözcüğüne çeviri üzerine kurulu bir yapıda olduğu için (7.1)'deki gibi basit örneklerde oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

$$(7.1) \quad \begin{array}{ccc} \text{Türkçe ifade} & & \text{İngilizceye doğrudan çeviri} \\ \text{Köpek-ler havlar-lar.} & \Rightarrow & \text{Dogs bark.} \end{array}$$

Kaynak dildeki ifadenin köpekler hakkında tür düzeyinde bir bilginin belirtimi olması halinde, bu örnekteki çeviri kusursuz olarak değerlendirilebilir. Ancak, çevrilecek ifadeler her zaman bu kadar basit bir yapıda olmayabilir (bkz. örnek 7.2).

(7.2) Türkçe ifade:

İngilizceye doğrudan çeviri:



Bu örnekte kullanılan adılın göndergesinin erkek bir birey olduğunu varsayarsak, Türkçe ifadenin doğru çevirisi şu şekilde olmalıdır:

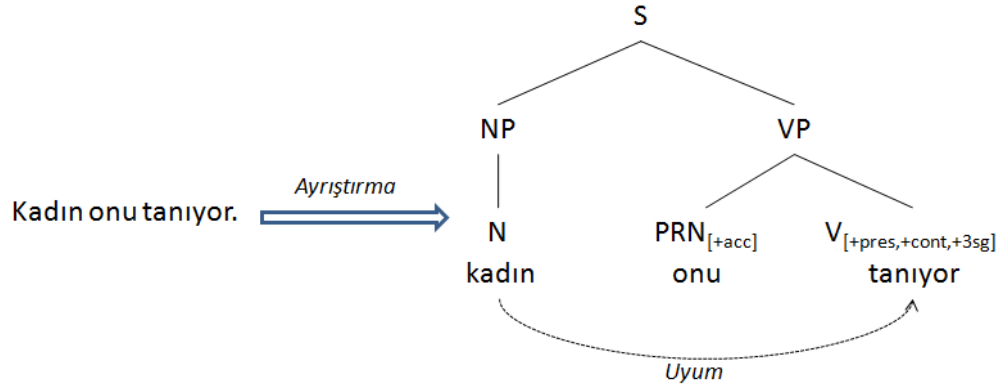
(7.3) Doğru çeviri:

The woman knows him.

(7.2)'de verilen örnek için doğrudan çeviri yönteminin başarısızlığa sürüklenmesine neden olan durumlar şunlardır:

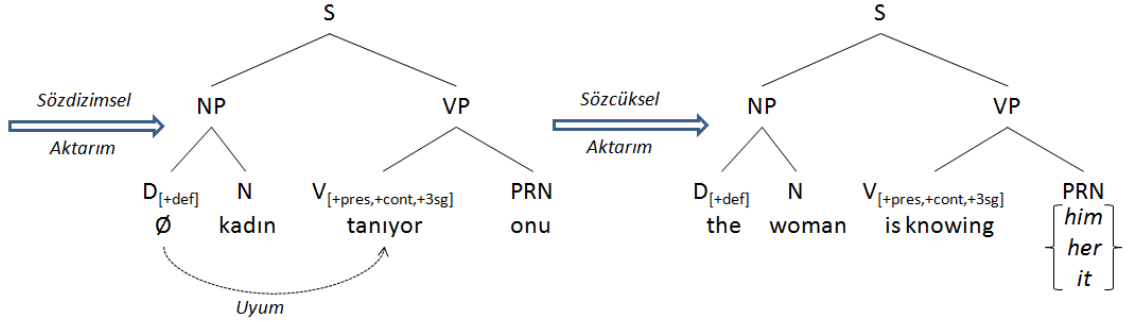
- Çeviride, Türkçenin en temel cümle bileşen sıralaması olan özne-nesne-yüklem yapısından farklı olarak, İngilizcenin geleneksel cümle bileşen sıralaması olan özne-yüklem-nesne şeklindeki sıralama ortaya çıkmıştır.
- Türkçe, belirli tanımlık (definite article) ifadesine sahip olmayan bir dil olduğu için, İngilizce çevirideki özne de belirli tanımlık kullanımından yoksun kalmıştır.
- Türkçe cümledeki yüklem, sayı bilgisi taşımadığı için, İngilizce çevirideki yardımcı yüklem de sayı açısından belirsiz kalmıştır.
- Zihinsel bir durum belirten '*tanımak*' yüklemine, İngilizce çevirisinde süreklilik görünüşünde (progressive aspect) kodlanmış olması, İngilizce için kabul edilemez bir durumdur.
- Türkçede adılar cinsiyet bilgisi taşımadığı için, adılın hedef dile çevirisinde belirsizlik oluşmuştur.

Şimdi, (7.2)'deki çevirinin, aktarım yönteminde sözdizimsel bilgi kullanımı yoluyla nasıl daha iyiye götürüleceğini inceleyelim. Basit bir sözdizimsel yaklaşımla örnek cümlemiz, Şekil 7.3'deki gibi bir yapı şeklinde çözümlenebilir.



Şekil 7.3 Örnek cümleden üretilen basit bir sözdizimsel yapı

Cümlelerin sözdizimsel olarak çözümlenmesiyle ortaya çıkan Şekil 7.1’deki ayrıştırma ağacı, öncelikle hedef dilin sözdizimsel yapısına uygun bir ayrıştırma ağacına dönüştürülmek üzere öncelikle bir sözdizimsel aktarım işlemine tabi tutulur (bkz. Şekil 7.4). Ardından, elde edilen hedef dil yapısı sözcüksel aktarım yoluyla hedef dil ifadesini oluşturacak şekilde düzenlenir (bkz. Şekil 7.4).



Şekil 7.4 Sözdizimsel ve sözcüksel aktarım yoluyla elde edilen hedef dil yapısı.

Yukarıdaki dönüşüm işlemi için, İngilizcenin iki kuralından faydalanılmıştır:

- Sayılabilir bir ad, bir belirleyiciye sahip olmalıdır.
- Özne ve yüklem, sayı ve kişi açısından uyumlu olmalıdır.

Hedef ayrıştırma ağacının yaprakları üzerindeki elemanlar biraraya getirildiğinde (7.4)’te verilen çeviri elde edilmiş olur:

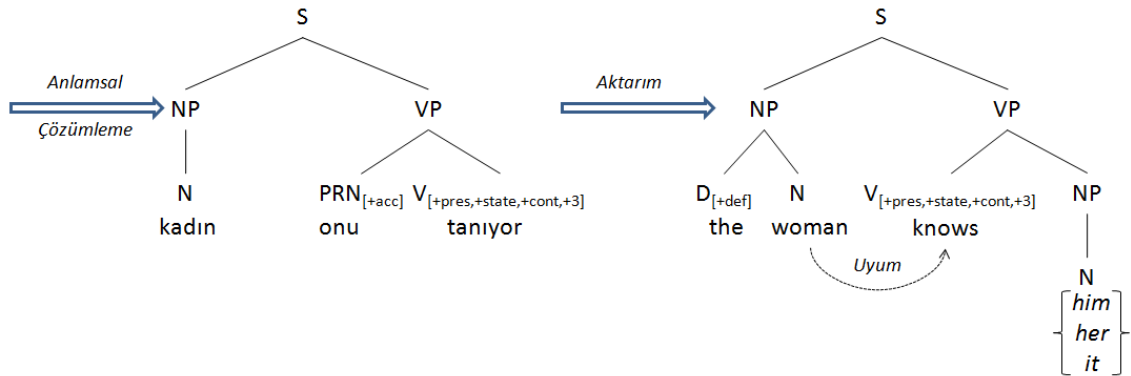
(7.4) Sözdizimsel aktarım ile elde edilen çeviri:

The woman is knowing $\begin{bmatrix} \text{him} \\ \text{her} \\ \text{it} \end{bmatrix}$

(7.4)'teki çeviri, doğrudan çeviri yöntemi kullanıldığında ortaya çıktığını söylediğimiz ilk üç hatadan arınmıştır. Ancak, zihinsel durum belirten yüklem sıklık görünüşünde kodlanmış olması ve adındaki cinsiyet kaynaklı anlam karmaşası sorunları halen çözüm beklemektedir. Bu sorunların çözümü için, anlama ilişkin bilginin de makine çevirisi modeline dahil edilmesi gerekmektedir.

Anlamanın, bağlamdan bağımsız olan boyutuna anlambilgisel anlam (semantic meaning) adı verilir. Bir doğal dil cümlesinin anlambilgisel anlamının en önemli bileşenlerinden biri, cümlede betimlenen durumun, anlık bir olay, bir süreç ya da bir evre oluşunu belirleyen *sözcüksel görünüş* (lexical aspect). Bu bilginin yüklem içsel yapısında kodlandığı düşünülmektedir. Türkçe bir eylem olan 'tanımak', açık bir şekilde zihinsel bir durum belirtir ve bu yükleme karşılık gelen 'know' eylemi İngilizcede sıklık görünüşünde kodlanamaz.

Daha önce sözdizimsel çözümleme ile elde edilmiş olan ve Şekil 7.3'de gösterilen yapı, görünüş bilgisini de eklemek için yüzeysel bir anlam çözümlemesine tabi tutulursa daha tatmin edici bir aktarım gerçekleştirilmiş olur (bkz. Şekil 7.5).



Şekil 7.5 Anlamsal aktarım yoluyla elde edilen hedef dil yapısı.

Şekil 7.5'teki yapıdan elde edilen çeviri aşağıdaki gibi olacaktır:

(7.5) Anlamsal aktarım ile elde edilen çeviri:

The woman knows $\begin{bmatrix} \text{him} \\ \text{her} \\ \text{it} \end{bmatrix}$

7.3. Kavram Kafesleri ile Çevirilerin Filtrelenmesi

Bu tez çalışmasının amaçlarından birinin, aradil kavram kafeslerinin kullanımıyla, makine çevirilerinin iyileştirebileceğini göstermek olduğunu daha önce belirtmiştik. Bu noktadan itibaren, çalışmanın amacına uygun olarak, aradil kavram kafeslerinin çeviri sürecine nasıl eklenilebileceğini ve bilgi eksikliğinden kaynaklanan kısıtlılıkların bu yolla nasıl aşılabileceğini göstermeye çalışacağız.

Cümlelerin bağlamını göz önüne almayan kural tabanlı bir çeviri sisteminin gelebileceği en son noktada dahi çevirideki adılın cinsiyet açısından belirsiz bırakıldığını bir önceki kısımda görmüş olduk. Bu gibi belirsizliklerin giderilebilmesi için, bağlamdan çıkarılan edimsel bilginin çeviride kullanılması gerekir.

Öncelikle, bu noktada birkaç temel varsayım ortaya koyarak, önereceğimiz yaklaşımın temelini sağlamlaştırmamız gerekmektedir. Bu varsayımlardan ilki, bir bağlamda bulunan ad öbeklerinin, ancak bağlam sonlanana kadar geçerliliğini koruyan, geçici biçimsel kavramlar oluşturduğudur. İlkine dayanan diğer bir varsayımımız da, geçici bağlamlar içinde, kişi adıları, belirleyiciler ve özel adların biçimsel nesneler ortaya çıkmasına neden olduğudur. Benzer şekilde, ön adlar ve adların da geçici bağlamlarda biçimsel özellikler kodladığı varsayılacaktır.

Aradil kavram kafesleriyle biçimselleştirilen kavramlar ontolojik temelli oldukları için, üzerine kurulu oldukları kavramsallaştırma değişmediği sürece, kalıcı olarak varlıklarını sürdürürler. Yani, bağlamın kısa süreli varoluşuna zıt şekilde, devamlılık gösteren bir yapıdadırlar. Bu nedenle, içerdikleri uzlaşım bilginin aradil kavram kafeslerindeki biçimsel kavramlar, geçici bir bağlamda ortaya çıkan biçimsel kavramlara dayanak oluşturabilme gücüne sahiptir.

Şimdi, (7.2)'de verilen '*Kadın onu tanıyor*' cümlemize geri dönerek çeviride '*him/her/it*' şeklinde belirsiz bırakılan adılın artgönderiminin nasıl belirleneceğini ve cinsiyet açısından adılın oluşun belirsizliği nasıl gidereceğimizi ortaya koyalım.

(7.2)'deki cümlelerin hemen öncesinde '*Bir adam geldi*' şeklinde bir cümle olduğunu düşünelim. Ortaya koyduğumuz varsayımlara dayanarak, cümlede geçen '*bir*' belirleyicisinin, bağlamda *nesne₁* gibi geçici bir biçimsel nesne ortaya çıkaracağını söyleyebiliriz. Ardından gelen '*adam*' sözcüğü ise bir ad olduğu için, yine varsayımlarımıza uygun şekilde, bağlamda biçimsel bir özellik kodlayacaktır. Bu iki sözcük biraraya geldiğinde ise sözdizimsel olarak bir ad öbeği oluşturduklarından

dolayı, ilk varsayımımıza uygun biçimde, bağlamda $\langle \{nesne_1\}, \{adam\} \rangle$ şeklinde geçici bir biçimsel kavram ortaya çıkacaktır.

Bu noktada yapılması gereken, geçici olarak oluşan bu biçimsel kavramın aradil kavram ontolojisindeki yerini belirleyerek, bilgi içeriğini ortaya koymak olacaktır. Bu amaçla, bir önceki bölümde oluşturulma yöntemi sunulan aradil kavram kafeslerine başvurmak gereklidir. Öncelikle, oluşturulan aradil kavram kafeslerinde, Türkçe karşılık olarak ‘adam’ sözcüğünü barındıran kavram düğümü bulunur. $\langle \{nesne_1\}, \{adam\} \rangle$ geçici biçimsel kavramı, hemen bulunan bu düğümün altına gelecek şekilde, nesne kümesi sadece $\{nesne_1\}$ şeklinde olan ve hiçbir ek özellik içermeyen yeni bir kavram düğümü olarak yerleştirilir. Geçici biçimsel kavramın nesnesi, gerçek dünyada doğrudan fiziksel karşılığı bulunan bir nesne olduğu için, aradil kafesinde oluşturulan geçici kavram düğümünün alt kavramı yalnızca en alt kavram olabilecektir. Örneğimize bakarsak, geçici biçimsel kavramın aradil kavram kafeslerinde altına konumlanacağı biçimsel kavram, $\langle 110287213, \langle \{man, adult\}, \{male\} \rangle, \{adam\} \rangle$ biçimsel nesnesini barındıran kavram düğümü olacaktır.

İkinci cümlemiz olan ‘*Kadın onu tanıyor*’ cümlesinde, ‘kadın’ ad öbeği $\langle \{X\}, \{kadın\} \rangle$, ‘onu’ adılı ise $\langle \{Y\}, \{entity\} \rangle$ geçici biçimsel kavramlarının ortaya çıkmasına neden olacaktır. ‘kadın’ sözcüğü ad olduğu için, varsayımlarımıza uygun şekilde, bağlam içinde biçimsel bir özellik tanımlayacaktır. Ancak, tanımladığı biçimsel özellik henüz biçimsel bir nesne ile eşleşmediğinden, özellik kümesinde bulunacağı geçici biçimsel kavramın nesne kümesi, bir nesne ile bağlanmayı bekleyen bir değişken barındıracaktır. Bu geçici biçimsel kavramlarda ortaya çıkan X ve Y değişkenleri, artgönderimsel (anaphoric) oldukları için, bir şekilde bağlam içindeki belirli biçimsel nesnelerle bağlanacaktır.

Burada dikkat etmemiz gereken bir nokta, ‘onu’ adılının oluşturduğu geçici biçimsel kavramın özellik kümesinde bulunan ‘entity’ (yani varlık olma) özelliğidir. Bu özellik ile bir adılın artgönderiminin ontolojideki herhangi bir biçimsel kavram düğümü olabileceği belirtilmek istenmiştir.

Biçimsel bağlamda tanımlanan artgönderimsel bir nesnenin özellikler kümesi, öncülü (antecedent) olarak görev yapacak nesnenin sahip olduğu özellikler kümesinin, bir alt kümesi olmalıdır. Başka bir deyişle, artgönderimsel bir nesnenin özellikler kümesi, öncülü olacak nesnenin özellikler kümesinin bir üstanlam kümesi olmalıdır. Bu

durum, artgönderimsel ad öbeklerinin, öncülü olacak ad öbeğinin üstanlamlarından biri olmasını gerektiren eşgönderimlere ilişkin sözdizimsel bir kısıttan kaynaklanmaktadır [88]. Bu sözdizimsel kısıtı anlayabilmek için (7.6) da verilen iki örneği inceleyelim.

- (7.6) Ona iyi bir roman verdim. Ancak, kitap onu sıktı.
Ona iyi bir roman verdim. Ancak, ketçap onu sıktı.

Bu örneklerden ilkindeki eşgönderim sorunsuz görünürken, ikincisinde geçen ‘ketçap’ ad öbeği ‘roman’ ad öbeğinin bir üstanlamı olmadığı için, bu durum okuyucunun zihninde bulanıklık yaratmakta ve bağlamda kopukluk oluşturmaktadır.

İncelediğimiz örneğe tekrar dönerek, X biçimsel nesnesinin, bağlamda daha önce ortaya çıkmış herhangi bir biçimsel nesne olan $nesne_x$ ile artgönderimsel olarak bağlanmış olduğunu varsayalım. Bu durumda, Y biçimsel nesnesi için, $nesne_l$ ve $nesne_x$ olmak üzere iki tane aday öncül olacaktır. ‘kadın’ veya $nesne_x$, Chomsky’nin Bağlama Kuramındaki (Binding Theory) [89] Yerellik İlkesi (Locality Principle) ile ortaya konmuş olduğu üzere, ‘onu’ adılının öncülü olamaz. En genel haliyle bu ilke, bir adıl ve öncülünün aynı tümce içinde bulunamayacağını belirtir.

Bu durumda elimizde yalnız bir tane aday öncül (yani $nesne_l$) kalmış olur. Bu nesneyi barındıran geçici biçimsel kavram, $\{entity\}$ biçimsel özelliğini, aradıl kavram kafesinde yerleştiği konumdan ötürü, biçimsel özellikler kümesinde içermektedir. Bu nedenle, $nesne_l$ Y artgönderimsel nesnesinin yerini alarak ‘onu’ adılının öncülü olmaktadır. Böylece, $\langle\{Y\}, \{entity\}\rangle$ geçici biçimsel kavramında bulunan Y nesne değişkeni $nesne_l$ ile doldurulmuş olur.

Aradıl kavram kafesinde $\langle 110287213, \langle\{man, adult\ male\}, \{adam\}\rangle \rangle$ biçimsel nesnesini barındıran düğümün altındaki geçici bir düğümde konumlanmış olan $nesne_l$, bu biçimsel nesnenin sahip olduğu tüm özellikleri, kendi özellikler kümesinde barındırmaktadır. Bu kümedeki özelliklerden biri de ‘male’ (yani erkek) olduğu için, basit bir kural tanımıyla İngilizce çeviride ‘him’ adılı seçilecektir. Böylece, önceki kısımda bahsettiğimiz adıl seçimindeki belirsizlik, aradıl kavram kafesindeki ontolojik bilginin kullanımıyla giderilmiş olur. Elbette, her zaman bir artgönderimsel ifadenin tek

bir aday öncülü olmayabilir. Böyle durumlarda, özellikle istatistiksel bir artgönderim çözümleme yönteminin kullanılması gerekebilir⁵.

Türkçe, sadece adıları değil birçok başka sözcüğü de cinsiyet özelliği açısından belirsiz bırakmaktadır. Cinsiyet belirsizliğinin giderilmesi için ortaya konan yöntemden, aynı şekilde cins adların çevirisinde de faydalanılabilmektedir. Bu durum için, bir çocuk hikayesinden alınmış ve aşağıda verilen örnek metin parçasını inceleyelim.

- (7.7) Kız kardeş-ler-i Sinderella-ya gül-müş-ler.
girl {brother} -pl-acc Cinderella-dat laugh-pst-3pl
sister
'His/her sisters laughed at Cinderella.'
- Kardeş-ler-i ayakkabı-nın ona
{brother} -pl-poss3 shoe-gen {him}
sister {her}
it
- uy-ma-yacağ-ı-na inan-ıyor-lar-mış.
fit-neg-fut-poss3-dat believe-cont-agr3pl-pst
- 'His/her sisters/brothers believed that the shoe
would not fit him/her.'

(7.7)'de, Türkçe '*kardeş*' sözcüğünün İngilizceye '*sister*' ya da '*brother*' olarak çevrilebilmesinden ötürü oluşan sözcük seçimi sorunu örneklenmiştir. Bu sorun da, adıların çevirisinde kullanılan yöntemle benzer şekilde çözülmektedir. İlk cümledeki '*kız kardeşleri*' ad öbeğinin bileşenleri, İngilizce çeviride '*sister*' sözcüğünün seçilmesini sağlamaktadır.

Elbette, çeviride aradıl kavram kafesleri kullanımı ile gerçekleştirilebilecekler cinsiyet belirsizliğini gidermekle sınırlı değildir. Ancak, bu tez çalışmasında temel olarak, aradıl kavram kafeslerinin makine çevirisinde kullanılabiliirliği araştırıldığı için üzerinde durulan çeviri sorunlarının kapsamı da amaca yönelik şekilde dar tutulmuştur.

Bunun yanında, bu çalışmada geliştirilen aradıl kavram kafesleri, yalnızca WordNet'in ad eşkümelerini içermekte, diğer kategorilerdeki eşkümeler kapsam dışında tutulmaktadır. Özellikle ön ad eşkümeleri, geliştirdiğimiz ontolojik yapılarla

⁵ Bahsedilen durumlarda kullanılmak üzere, Türkçe için makine öğrenmesi tabanlı bir artgönderim çözümleme çalışması olan Kılıçaslan v.d.'ye [90] başvurulabilir.

bütünleştirildiğinde, daha farklı makine çevirisi sorunlarının da çözümü sağlanabilecektir.

7.4. Sistem Başarımı

Geliştirilen makine çevirisi sisteminin başarımını değerlendirmek için, beşinci bölümde bahsedilen WER ölçütünden yararlanılmıştır. Bu ölçütün seçilmesinin temel nedeni, ölçütün, geliştirilen sistemin yalın olarak başarımını ölçebilmesinin yanında, bunu aradil kavram kafesi tabanlı filtreleme sonrası sistem başarımıyla karşılaştırmaya olanak sağlamasıdır.

Uygulama sistemi, 970 sözcükten oluşan 91 cümlelik Türkçe bir masal metni ile test edilmiştir. (7.7)'de bir parçası sunulan bu metin, öncelikle aradil kavram kafesleri kullanılmadan, tekil cümleler bazında çeviri sistemine sunulmuştur. Kullandığımız ölçüt, hesaplamada insan tarafından üretilmiş referans bir çeviri gerektirdiğinden, yalın sistemin ürettiği çıktılar elle düzenlenerek referans çeviriler oluşturulmuştur.

Şimdi, test derleminden örnek bir cümle ile WER ölçütünün hesaplanışını inceleyelim. '*Sinderella o gece balonun yıldızı olmuş.*' cümlesi sistem tarafından, '*Cinderella became star of the balloon that night.*' şeklinde çevrilmiş, bu çeviriden de '*Cinderella became the star of the ball that night.*' şeklinde referans çeviri oluşturulmuştur. Bu çevirilerin karşılaştırılması ve WER hesaplamasında kullanılan işlemler Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1 Örnek bir cümle için sistem ve referans çevirilerin karşılaştırılması.

#	Sistem Çevirisi	Referans Çeviri	İşlem
1	Cinderella	Cinderella	-
2	became	became	-
3	star	the	Değiştirme
4	of	star	Değiştirme
5	the	of	Değiştirme
6	balloon	the	Değiştirme
7	that	ball	Değiştirme
8	night	that	Değiştirme
9		night	Ekleme

Bu çeviride, toplam 7 işlem gerçekleştirilmiş olup, referans çeviri 9 sözcükten oluştuğundan, elde edilen WER değeri 0,77 olmaktadır. Elde edilen bu WER değeri,

sistem ve referans çevirileri arasındaki yer deşiştirmelerin fazlalığından ötürü ortaya çıkmıştır. Aslında, referans çeviri oluşturulurken sistem çevirisine yalnız bir sözcük eklenmiş, bir sözcük de değiştirilmiş, böylece toplamda sadece iki değişiklik yapılmıştır. Ancak, WER ölçütü sözcüklerin konumlarına bağlı olarak hesaplandığı için, bu örnekte görece düşük bir WER değeri ortaya çıkmıştır. Sistemin yalın haliyle, 91 cümleinin tamamının çevirisi gerçekleştirildiğinde ise, ortalama WER değeri 0,38 olarak belirlenmiştir.

Bir sonraki adım, aradil kavram kafesleri kullanıldığında başarımın ne kadar geliştiğini incelemek olmuştur. Bu amaçla, aradil kavram kafesleri önceki kısımda anlatıldığı biçimde, sistem çıktılarına düzeltici filtreler olarak uygulanmıştır. Bu şekilde elde edilen ortalama WER değeri ise 0,30 olarak gözlemlenmiştir.

Bu noktada akla gelebilecek bir soru, aradil kavram kafesleri kullanımıyla elde edilen başarım artışının istatistiksel olarak anlamlılık taşıyıp taşımadığıdır. Bu soruya yanıt vermek için, Wilcoxon İşaretli Sıra Testinden yararlanılmıştır. Yalın haldeki çeviri sisteminden elde edilen WER değerleri, aradil kavram kafesleri filtre olarak kullanıldığında elde edilen WER değerleriyle eşlenmiş ve bu WER çiftleri üzerinden uygulanan test sonucunda, aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.005$) olduğu belirlenmiştir.

Akla gelebilecek bir diğer soru da, elde edilen çeviri başarımının pratikte tatmin edici olup olmadığıdır. Bu soruyu yanıtlayabilmek için elimizde dayanak bir sistemden elde edilen sonuçların da olması gereklidir. Bu amaçla, istatistiksel tabanlı bir makine çevirisi sistemi olan Google Translate kullanılmıştır. Elimizdeki metnin, bu sistemde çevirisinin gerçekleştirilmesi ile elde edilen WER değeri 0,34 olmuştur. Bu durum, aradil kavram kafesleriyle desteklenen makine çevirisi sistemimizin, dayanak sisteme oranla daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Elbette, elimizdeki metnin büyüklüğü arttırıldığında, bu konuda daha kesin yorumlar yapılabilecektir.

BÖLÜM 8

SONUÇ

Bağlantısallık ve biçimsellik arasındaki karşılıklı bağımlılığa dayalı düzeysel ayrımın kökeninde bilişsel işlevlerin evrimsel gelişimi vardır ve biçimsel bilişsel yapılar bağlantısal temeller üzerine kuruludur. Doğal dil işleme alanında yüksek başarılı sistemlerin geliştirilebilmesi de, ancak biçimsel ve bağlantısal yapılar arasındaki etkileşimin iyi anlaşılması ve bu etkileşimlere uygun modellerin ortaya konulmasıyla mümkün olacaktır.

Bu tez çalışmasında, makine çevirisinde aradil olarak kullanılacak ontolojiler gerçekleşirken, bağlantısallığa dayalı biçimsellik şeklindeki örüntünün nasıl temel oluşturabileceği araştırılmış ve bu amaçla bir model ortaya konmuştur. Bahsedilen örüntüye uygun olarak, öncelikle dillerarası kavramsal eşlemeler bağlantısal bir yapıda gerçekleşmeye çalışılmış, ardından bu eşlemeler üzerinde temellenen aradil yapıları biçimsel bir çerçeve içinde modellenmiştir. Aradil yapılarının biçimselleştirilmesi amacıyla model-kuramsal bir çerçeve olan Biçimsel Kavram Çözümlemesi yönteminden faydalanılmış ve aradil kavram düğümleri kafes yapıları üzerinde modellenmiştir. Ontolojik temele dayalı aradil kavram kafeslerinin kullanımı ile, ağaç şeklindeki taksonomik yapıların getirdiği anlamsal kısıtlılıkların nasıl aşılabileceği de ortaya konmaya çalışılmıştır.

Cümlelerin bağlamını göz önüne almayan kural-tabanlı bir makine çevirisi sisteminin gelebildiği en son noktada dahi çeviride belirsizlikler ortaya çıkabilir ve bu belirsizliklerin giderilebilmesi için de bağlamdan çıkarılan edimsel bilginin çeviride kullanılması gereklidir. Bu tez çalışmasında, makine çevirisi alanında bir yenilik olarak, kavram kafesleri şeklinde biçimselleştirilen ontolojiler aradil yapıları olarak kullanılmış ve bu yolla edimsel bilgi süreç odaklı makine çevirisine eklenmiştir. Bu şekilde,

bağlantısal temelli olarak elde edilen biçimsel aradıl yapıları, süreç odaklı makine çevirisine bütünleştirilmiş ve bu yapıların işlevsellikleri sınanmıştır. Böylece, bilgi eksikliğinden kaynaklanan kısıtlılıkların nasıl aşılabileceğine ilişkin de bir model ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada uygulama olarak, Türkçeden İngilizceye, birleşim-tabanlı bir programlama paradigması içinde, kural-tabanlı bir makine çevirisi sistemi geliştirilmiş ve otomatik olarak oluşturulmuş kavram kafesleriyle desteklenmiştir. Bu çeviri sisteminin, Türkçe bir çocuk hikayesine uygulanması ile elde edilen test sonuçları, çeviri sonuçlarında filtre olarak kullanılan kavram kafeslerinin, kural-tabanlı makine çevirisini geliştirme açısından umut verici bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Önerilen sistem, aynı test verisi üzerinden, Google Çeviri ile de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, kural-tabanlı bir sistemin, geniş bir kullanıcı yelpazesine sahip olmasıyla öne çıkan bu istatistiksel makine çevirisi sistemiyle bile rekabet edebileceğini ortaya koymuştur.

Bu tez çalışmasıyla ortaya konan yaklaşım, her ne kadar tüm bilişsel süreçleri kapsayan bir model önermese de, kavramsal yapılar arası ilişkilerin kurulma sürecinin bağlantısal şekilde gerçekleştirebildiğinin ortaya konmasının ve bu ilişkilerin biçimsel bir sistem şeklinde modellenmesinin ileride yapılacak çalışmalar için bir referans noktası oluşturabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Priss , U., *Associative and Formal Structures in AI*, PrNN oceedings of the 13th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference, Chicago, 36-42, (2002).
- [2] Lenat, D., *The Dimensions of Context Space*, Technical report, CYCorp, (1998).
- [3] Sloman, S. A., *The Empirical Case for Two Systems of Reasoning*, Psychological Bulletin, 119, 3-22, (1996).
- [4] Pinker, S., *Rules of Language*, Science, 253, 530-535, (1991).
- [5] Wittgenstein, L., *Philosophical Investigations*, Basil Blackwell, Oxford, (1953).
- [6] Rosch, E., *Natural Categories*, Cognitive Psychology, Vol 4, (1973).
- [7] Ganter, B., & Wille, R., *Formal Concept Analysis. Mathematical Foundations*, Berlin-Heidelberg-New York: Springer, (1999).
- [8] Wille, R., *Why Can Concept Lattices Support Knowledge Discovery in Databases?*, E. Mephu Nguifo (ed.) ICCS-2001 International Workshop on Concept Lattices-based Theory, Methods and Tools for Knowledge Discovery in Databases, (2001).
- [9] Hofstadter, D. R., *Analogy as the Core of Cognition*, In Holyoak, Gentner, and Kokinov (Ed's), *Advances in Analogy Research: Integration of Theory and Data from the Cognitive, Computational and Neural Sciences*, MIT Press, (1999).
- [10] Lakoff, G., & Johnson, M., *Philosophy in the Flesh*, Basic Books, New York, (1999).
- [11] Fodor, J., *The Language of Thought*, Cambridge, MA: Harvard University Press, (1975).
- [12] Dummett, M., *Seas of Language*, Oxford: Oxford University Press, (1993).
- [13] Peacocke, C., *A Study of Concepts*, Cambridge, MA: MIT Press, (1992).
- [14] Jacob, E. K., *Classification and Categorization: Drawing the Line*, Advances in Classification Research Online, 2.1, 63-80, (1991).
- [15] Smith, E., & Medin, D., *Categories and Concepts*, Cambridge, MA: Harvard University Press, (1981).

- [16] Rosch, E., & Mervis, C., *Family Resemblances: Studies in the Internal Structure of Categories*, Cognitive Psychology, 7: 573–605, (1975).
- [17] Gelman, S., *The Essential Child: Origins of Essentialism in Everyday Thought*, Oxford: Oxford University Press, (2003).
- [18] Fodor, J. & Lepore, E., *The Red Herring and the Pet Fish: Why Concepts Still Can't Be Prototypes*, Cognition, 58: 253–270, (1996).
- [19] Medin, D. L., Altom, M. W., & Murphy, T. D., *Given versus Induced Category Representations: Use of Prototype and Exemplar Information in Classification*, Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 10, 333–352, (1984).
- [20] Carey, S., *Conceptual Change in Childhood*, Cambridge, MA: MIT Press, (1985).
- [21] Murphy, G., *The Big Book of Concepts*, Cambridge, MA: MIT Press, (2002).
- [22] Cantor, G., *Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre*, Mathematische Annalen, 46.4, 481–512, (1895).
- [23] Zermelo, E., *Untersuchungen über die Grundlagen der Mengenlehre, I*, Mathematische Annalen, 65, 261–281, (1908).
- [24] Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P., *What is a Knowledge Representation?*, AI magazine, 14(1), 17–33, (1993).
- [25] Gruber, T., *Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, International Journal of Human-Computer Studies, 43(5/6), 907–928, (1995).
- [26] Obitko, M., *Ontologies - Description and Applications*, Gerstner Laboratory for Intelligent Decision Making and Control Czech Technical University in Prague, Research Report, (2001)
- [27] Guarino, N. & Welty, C., *A Formal Ontology of Properties*, 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management: Methods, Models and Tools, Dieng, R. and Corby, O. (eds.), 97–112, (2000).
- [28] Sowa, J., *Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations*, Thomson Learning, New York, NY, USA, (1999).
- [29] Biemann, C., *Ontology Learning from Text: A Survey of Methods*, LDV-Forum, 20, 75–93, (2005).
- [30] Hirst, G., *Ontology and the Lexicon*, Handbook on ontologies, Springer Berlin Heidelberg, 269–292, (2009).

- [31] Prévot, L., Huang, C. R., Calzolari, N., Gangemi, A., Lenci, A., & Oltramari, A., ***Ontology and the Lexicon: A Multidisciplinary Perspective***, *Ontology and the Lexicon: A Natural Language Processing Perspective*, 3-24, (2010).
- [32] Huang, C.R., Calzolari, N., Gangemi, A., Lenci, A., Oltramari, A., Prévot, L., eds. ***Ontology and the Lexicon: A Natural Language Processing Perspective***, Cambridge University Press, (2010).
- [33] Nirenburg, S., & Raskin, V., ***Ontological Semantics (Language, Speech and Communication)***, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, (2004).
- [34] Ogden, C. K., & Richards, I. A., ***The Meaning of Meaning***, New York, (1923).
- [35] Hjelm, H., ***Cross-language Ontology Learning: Incorporating and Exploiting Cross-language Data in the Ontology Learning Process***, PhD dissertation, Stockholm University, (2009).
- [36] Miller, G. A., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D., & Miller, K. J., ***Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database***, *International Journal of Lexicography*, 3, 235–244, (1990).
- [37] Sparck-Jones, K., ***Synonymy And Semantic Classification***, Edinburgh University Press, (1986)
- [38] Vossen, P., ***EuroWordNet: A Multilingual Database with Lexical Semantic Networks***, *Computational Linguistics*, Vol. 25, 427–430, (1998).
- [39] Tufis, D., Cristea, D., & Stamou S., ***BalkaNet: Aims, Methods, Results and Perspectives: A General Overview***, *Romanian Journal of Information science and technology*, 7.1-2, 9-43, (2004).
- [40] Bilgin, O., Çetinoğlu, Ö., & Oflazer, K., ***Building a WordNet for Turkish***, *Romanian Journal of Information Science and Technology*, 7.1-2, 163-172, (2004).
- [41] Stumme, G., ***Formal Concept Analysis on Its Way From Mathematics to Computer Science***, *Conceptual Structures: Integration and Interfaces*, Springer Berlin Heidelberg, 2-19, (2002).
- [42] International Organization of Standardization, ***ISO 704. Terminology Work - Principles and Methods***, (2000)
- [43] Ganter, B., & Wille, R., ***Formale Begriffsanalyse: Mathematische Grundlagen***. Berlin: Springer, (1996).
- [44] Priss, U., ***Relational Concept Analysis: Semantic Structures in Dictionaries and Lexical Databases***, PhD Thesis, (1996).

- [45] Nida, E. A. & Taber, C. R., *The Theory and Practice of Translation*, Leiden: E.J. Brill. (1982).
- [46] Jurafsky, D., & Martin, J. H., *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, and Computational Linguistics*, 2nd edition, Prentice-Hall (2009).
- [47] Hutchins, J., & Lovtskii, E., *Petr Petrovich Troyanskii (1894-1950): A forgotten pioneer of mechanical translation*, Machine Translation, 15(3), 187–221, (2000).
- [48] Weaver, W., *Translation*, Yeniden Basım: Locke, W.N. and Booth, A.D. (eds.) Machine translation of languages: fourteen essays, Cambridge, Mass., Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology, 15-23 (1949).
- [49] Hutchins, W. J., *The Georgetown-IBM Experiment Demonstrated in January 1954*, Machine Translation: From Real Users to Research, Springer Berlin Heidelberg, 102-114, (2004).
- [50] Pierce, J. R., & Carroll, J. B., *Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics*, National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C., (1966).
- [51] Chevalier, M., Dansereau, J., & Poulin, G., *TAUM-METEO: Description du Système*, Université de Montréal, (1978).
- [52] King, M., & Perschke, S., *EUROTRA and Its Objectives*, Multilingua-Journal of Cross-Cultural and Interlanguage Communication, 1(1), 27-32, (1982).
- [53] Toma, P., *SYSTRAN as a Multilingual Machine Translation System*, Proceedings of the Third European Congress on Information Systems and Networks, Overcoming the language barrier, 569-581, (1977).
- [54] Hutchins, W. J., Somers, H. L., *An Introduction to Machine Translation*, London: Academic Press, (1992).
- [55] Nichols, J., *Head-marking and Dependent-marking Grammar*, Language, 62(1), 56-119, (1986).
- [56] Talmy, L., *Lexicalization Patterns: Semantic Structure in Lexical Forms*, Language typology and syntactic description, 3, 57-149, (1985).
- [57] Bickel, B., *Referential Density in Discourse and Syntactic Typology*, Language, 79, 708–736, (2003).
- [58] Vauquois, B., *A Survey of Formal Grammars and Algorithms for Recognition and Transformation in Mechanical Translation*, IFIP Congress (2), 1114-1122, (1968).

- [59] Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. J., *BLEU: A Method for Automatic Evaluation of Machine Translation*, ACL-2002: 40th Annual meeting of the Association for Computational Linguistics, 311–318, (2002).
- [60] Doddington, G., *Automatic Evaluation of Machine Translation Quality Using n-gram Co-occurrence Statistics*, Proceedings of the Second International Conference on Human Language Technology Research, 138-145, (2002).
- [61] Levenshtein, V. I., *Binary Codes Capable of Correcting Deletions, Insertions and Reversals*, Soviet physics doklady, Vol. 10., (1966).
- [62] Masterman, M., Needham, R. M., & Sparck-Jones, K., *The Analogy between Mechanical Translation and Library Retrieval*, Proceedings of the International Conference on Scientific Information, Washington, D.C., Vol. 2, 917-935, (1959).
- [63] Masterman, M., *The Potentialities of a Mechanical Thesaurus*, MT: Mechanical Translation 11.3, 369-390, (1956).
- [64] Priss, U., & Old, L. J., *Revisiting the Potentialities of a Mechanical Thesaurus*, Formal Concept Analysis, Springer Berlin Heidelberg, 284-298, (2009).
- [65] Masterman, M., *The Thesaurus in Syntax and Semantics*, Mechanical Translation, 4.1-2, 35-43, (1957).
- [66] Priss, U., *Linguistic Applications of Formal Concept Analysis*, Ganter; Stumme; Wille (eds.), Formal Concept Analysis, Foundations and Applications, Springer Verlag, LNAI 3626, 149-160, (2005).
- [67] Kipke, U., & Wille, R., *Formale Begriffsanalyse erläutert an einem Wortfeld*, LDV–Forum, 5, (1987).
- [68] Old, L. J., & Priss, U., *Metaphor and Information Flow*, Proceedings of the 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference, 99-104, (2001).
- [69] Barwise J., & Seligman, J., *Information Flow. The Logic of Distributed Systems*, Cambridge University Press, (1997).
- [70] Wikipedia, *Vikipedi*, Adres: <http://tr.wikipedia.org/wiki/Vikipedi>, Erişim tarihi: 1 Ocak 2015, (2015)
- [71] Suchanek, F. M., Kasneci, G., & Weikum, G., *YAGO: A Core of Semantic Knowledge*, Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, 697-706, (2007).

- [72] Toral, A., Ferrandez, O., Agirre, E., Munoz, R., Fakultatea, I., & Donostia, B. C., *A Study on Linking Wikipedia Categories to Wordnet Synsets using Text Similarity*, RANLP, 449-454, (2009).
- [73] Ponzetto, S. P., & Navigli, R., *Knowledge-rich Word Sense Disambiguation Rivaling Supervised Systems*, Proceedings of the 48th annual meeting of the association for computational linguistics, Association for Computational Linguistics, 1522-1531, (2010).
- [74] Wu, F., & Weld, D. S., *Automatically Refining the Wikipedia Infobox Ontology*, Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, 635-644, (2008).
- [75] Ruiz-Casado, M., Alfonseca, E., & Castells, P., *Automatic Assignment of Wikipedia Encyclopedic Entries to Wordnet Synsets*, Advances in Web Intelligence, Springer Berlin Heidelberg, 380-386, (2005).
- [76] Niemann, E., & Gurevych, I., *The People's Web Meets Linguistic Knowledge: Automatic Sense Alignment of Wikipedia and Wordnet*, Proceedings of the Ninth International Conference on Computational Semantics, Association for Computational Linguistics, 205-214, (2011).
- [77] Dyvik, H., *Translations as Semantic Mirrors: From Parallel Corpus to Wordnet*, Language and computers, 49(1), 311-326, (2004).
- [78] Priss, U., Old, L. J., *Concept Neighbourhoods in Lexical Databases*, Proceedings of the 8th International Conference on Formal Concept Analysis, ICFCA'10, Springer Verlag, LNCS 5986, 283-295, (2010)
- [79] Wille, R., *The Formalization of Roget's International Thesaurus*, Unpublished manuscript, (1993)
- [80] Chen, D., & Manning, C. D., *A Fast and Accurate Dependency Parser using Neural Networks*, Proceedings of EMNLP 2014, (2014).
- [81] Krajca, P., Outrata, J., & Vychodil, V., *Parallel Recursive Algorithm for FCA*, Belohlavek R., Kuznetsov S. O. (Eds.): Proc. CLA 2008, CEUR WS, 433, 71–82, (2008).
- [82] Kuznetsov, S., *Learning of Simple Conceptual Graphs from Positive and Negative Examples*, PKDD 1999, 384–391, (1999).
- [83] Chaudron, L., & Maille, N., *1st Order Logic Formal Concept Analysis: From Logic Programming to Theory*, Computer and Information Science, 13.3, (1998).
- [84] Haav, H. M., *A Semi-automatic Method to Ontology Design by Using FCA*, Proceedings of CLA, 13–24, (2004).

- [85] Tüysüz, M. A. A., *Denetlemeli Kelime Anlamı Belirginleştirmede Kullanılan Özelliklerin Ayırdediciliğinin Biçimsel Kavram Analizi Yardımı ile Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, (2010).
- [86] Priss, U., *FcaStone-FCA File Format Conversion and Interoperability Software*, Conceptual Structures Tool Interoperability Workshop (CS-TIW), (2008).
- [87] Aho, A. V., & Ullman, J. D., *The Theory of Parsing, Translation, and Compiling*, Vol. 1, Prentice Hall, (1972).
- [88] Miller, G. A., *Nouns in WordNet*, WordNet: An electronic lexical database, 24-45, (1998).
- [89] Chomsky, N., *Lectures on Government and Binding*, Foris, Dordrecht, (1981).
- [90] Kılıçaslan, Y., Güner, E. S., & Yıldırım, S., *Learning-based Pronoun Resolution for Turkish with a Comparative Evaluation*, Computer Speech & Language, 23(3), 311-331, (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Edip Serdar GÜNER, 10 Temmuz 1984 tarihinde Manisa ili merkez ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Manisa’da tamamladıktan sonra 2002 yılında Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümüne girdi ve 2006 yılında bu bölümden mezun oldu. 2006 yılı Eylül ayında aynı bölümde yüksek lisans çalışmalarına başlayan Edip Serdar GÜNER, 2007 yılı Kasım ayında bu bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2008 yılında yüksek lisans çalışmasını tamamlayarak Doktora programına başlayan Edip Serdar GÜNER halen Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.