
Betimleyici Mantıklara Giriş

An Introduction to Description Logics

DİLEK YARGAN 

Middle East Technical University

Received: 23.02.2020 | Accepted: 23.12.2020

Abstract: Being at the heart of artificial intelligence studies, the problem of how knowledge can be represented in machines focuses on constructing formal systems that have high expressive power close to natural language and that are far from computational complexity. One of these systems, the depiction logics not only represent the domain knowledge in two district structures that are close to the expressiveness of natural language but also formalize the domain knowledge in a decidable manner. These computationally and ontologically robust formal systems apply open-world assumption in reasoning so that different models can be derived from the provided information. Designed for automated reasoning, one of the biggest ambitions of all time, the description logics gain importance day by day, then we aim to introduce description logics to the researchers in philosophical logic and to the researchers in systematic philosophy who are interested in ontology/knowledge engineering. Last but not least, this work is produced as the first of the articles to promote this interdisciplinary field in Turkish.

Keywords: Logic, description logics, knowledge representation, knowledge base, open-world assumption.



Giriş

Yapay zekâ, zeki failerin davranışlarını sergileyecek sistemlerin en temel özelliklerini tespit etmeye ve bu davranışları makinelerde sergileyecek sistemleri oluşturan/oluşturmaya çalışan bir disiplin olarak tanımlanabilir. Bu disiplindeki merkezi araştırmalardan olan bilgi temsili (*knowledge representation*) bir alana ait bilginin epistemolojik ve berimsel yeterlilikleri içerecek şekilde biçimselleştirilmesinin (*formalization*) tasarımı üzerinde çalışır (Baader, Calvanese, McGuinness, Nardi ve Patel-Schneider, 2007, s.xv). Diğer bir deyişle, bilgi temsili çalışmaları, dünyamıza ait bilgi parçacıklarının makinelerde temsili için ilk önce alan bilgisinin belirli bir soru etrafındaki temsilde gerekli olacak tüm yapının tespiti, ardından bu yapının berimsel mükemmeliyette makinelerde işleyebileceği yapılara dönüştürülmesini içerir.

Yapay zekâ çalışmalarındaki bilgi temsiline nihai amacı da açıkça temsil edilen bilgiden örtük olan bilginin otomatikleştirilmiş usavurumudur (*automated reasoning*). Çoğu zaman bilgi temsili ve usavurumu (*knowledge representation and reasoning*, KRR) olarak da adlandırılan bu araştırma alanında otomatikleştirilmiş usavurma/akilyürütme (*reasoning*) uygulamaları oluşturmak için betimlemelerini sağlayacak en etkin biçimselleştirme (*formalization*) mimarilerinin tasarımı –anlam ağları ve çerçeveler gibi¹ üzerinde çalışılır (Nardi ve Brachman, 2007, s.1). Makinelerde temsil süreci belirli bir alana ait kavram, rol ve bireylerin belirlenmesini, ardından tüm bu öğelere ait özelliklerin ve ilkelerin formel olarak tanımlanmasını ve tüm bu işlemlerden sonra makinedeki temsil üzerine yapılan sorgulamaları sağlayacak yapının oluşturulmasını kapsar. Örneğin, belirli bir araştırmada kullanmak üzere birtakım matematiksel bilgileri makinede temsil etmek isteyelim. Bunu gerçekleştirmek için ilk önce, bu alana ait matematiksel nesnelere, bu nesnelere arasındaki ilişkilerin, nesnelere ve ilişkilere ait özelliklerin ne olduklarının belirlenmesine, ardından makineye tüm bunları hangi formel yapı içinde anlatmamız gerektiğine karar vermemiz gerekir. Bu çalışmamızda, olası formel sistemler arasından ma-

¹ Amacımız betimleyici mantıklar çalışmalarının ülkemizde yaygınlaşması, bunu sağlayabilmek için de betimleyici mantıklar üzerine olan araştırmalarımızı Türkçe bir makale dizisi olarak sunmaktır. Bu doğrultuda bir başka yazımızda betimleyici mantıkların arka planını ve oluşturulma sürecini anlatırken bu iki mimarinin betimleyici mantıklar için özel yerine değineceğiz.



kinelerde bilgi temsili için özenle oluşturulmuş betimleyici mantıkları (*description logics*) seçeceğiz.

Çalışmamıza başlamadan önce şu ifadeyi biraz daha açalım: Betimleyici mantıklar bilgiyi makinelerde temsil etmek için kullanılan bir formel dil ailesidir. (1) Betimleyici mantıklar, bilgisi temsil edilecek alana ait ontolojik seçimleri baştan belirledikleri için “betimleyici” olarak nitelendirilir. Bu formel dildeki tüm ifadeler atomik kavramlar ve roller kullanılarak kavram betimlemeleri olarak iki ayrı temsil sistemi üzerinden gösterilirler (Baader, Horrocks, Lutz ve Sattler, 2017, s.1).² (2) Bu formel dile “mantık” denmesinin nedeni ise –ataları olan anlam ağları ve çerçeveler aksine-semantiğinin mantık temelli olmasındandır. (3) Betimleyici mantıklar, *yapay zekâda* bilgi temsili için oluşturulmuş bir formel sistemdir: Matematiksel mantık, formel dilleri, matematiksel yapıların sınıfları ve tümevarım sistemleri birer matematiksel nesne olarak inceleyen bir matematik dalıyken, felsefi mantık özünde doğru düşüncenin ilkelerini araştıran bir felsefe dalıdır (Shapiro ve Kouri Kissel, 2018).

Bilgisayar bilimlerindeki mantık ise bu iki büyük disiplinden pay alır: Bir yandan berimsel kaygılarla mantık sistemlerini araştırırken diğer yandan mantık sistemlerinin doğal dile özgü kanıtlama (*argumentation*) ve usavurma yöntemleri ile ilişkisini makinelere belirli yetileri kazandırmak için inceler. İşte, betimleyici mantıklar tam da bu tarz kaygılardan, yani makinelere örtük bilgi çıkarım yetisini kazandırmak için oluşturulan bir mantık sistemidir. O halde, kuruluşlarındaki asıl amaç doğal dilin ifade etme gücünde temsilleri ve yüksek performanslı usavurma algoritmaları elde etmektir. Yüksek performanslı algoritmalarından kastımız karar verilebilir (*decidable*) ve makul bir zamanda sonuç üreten sistemler kurmaktır. Öyleyse, makinelerdeki temsilleri işleyecek formel sistemin karar verilebilir yapıda olması beklenir. İleride göstereceğimiz gibi, betimleyici mantıklara ait eklemeler birinci dereceden mantık eklemeleri gibi yorumlanabildiğinden bu iki mantık sistemi arasındaki yakın ilişki bizi birinci dereceden mantığın karar verilebilirlik yapısını incelemeye götürmelidir.³ Karar veri-

² Birinci dereceden mantığın ontolojik seçimler olmaksızın alan bilgisini biçimselleştirmesi ile karşılaştırmız Guarino, 1995, ss.631-632.

³ Betimleyici mantıklarda karar verilebilirlik problemi ilerideki çalışmalarımızda başlı başına incelenecektir.



lebilirliği kötü üne sahip birinci dereceden mantıklardan tamamen vazgeçmektense, onun bu probleme düşmeyen *parçalarını* kullanmak pratik olacaktır. (4) İşte tam da bu yüzden bir tane değil, birden fazla betimleyici mantık vardır. Birinci dereceden mantığın karar verilebilir parçaları bir araya getirilerek yeni *bir* betimleyici mantık (*'a' description logic*) kurulabilir. Modelleneyecek yapıya uygun bir betimleyici mantık seçilerek, kullanılacak dilin ifade gücü ile usavurmanın karmaşıklığı arasındaki en başarılı denge oluşturulur. O halde, tasarımcılar, karar verme süreçlerinin her zaman sonlandığı ve karmaşıklığın en az olduğu, bunun yanında kullanılan betimleyici mantığın doğal dile yakın bir ifade gücünde olduğu bir modellemenin peşindedirler.

Bu yazımız özünde makinelerde bilgi temsili için oluşturulan betimleyici mantıklara felsefi mantıkçılar ve felsefe içinden ontoloji/bilgi mühendisliğine ilgi duyanlar için bir giriş oluşturmak niyetiyle yazılmıştır.⁴ Bu çalışma betimleyici mantıkların teorik yapısını ve pratik sorunlarını inceleyecek yazı serimizin ilkidir. Bu çalışmada betimleyici mantıklardaki sorgulara giriş yapmak için ilk önce betimleyici dilleri ve bilgi tabanını tanıtacağız. Ardından açık dünya varsayımına kısa bir giriş yapıp, bilgi tabanında sorgunun nasıl yapıldığını örnekler üzerinden göstereceğiz.

1. Betimleyici Diller

Betimleyici diller sentaksı birbirinden ayrık iki sembol alfabesinden - atomik kavramlar (*atomic concepts*) ve atomik roller (*atomic roles*)- ile eklemelerden \neg , Π , vb.- oluşur. Atomik kavramlar ve roller betimlemenin en temel öğeleri olup, kavram kurucular (*concept constructors*) ve rol kurucular (*role constructors*) ile bunlardan birleşik kavramlar ve roller (*compound concepts and roles*) oluşturabiliriz. Kavramlar ve roller üzerinde işleyerek daha zengin ifadelerin oluşmasını sağlayan kavram ve rol kurucular aynı zamanda betimleyici mantıkların sayıca fazla olmalarının asıl kaynağıdır. Yazımıza örnek olması için ilk önce Öznitelik Dili'ni ardından bu dile bir eklemenin eklenmesiyle geliştirilen Genel Tümleyenli Öznitelik Dili'ni inceleyeceğiz.

⁴ Akçelik'in "Formel Ontoloji ve Betimleyici Mantıklar" adlı eseri betimleyici mantıkları Türkçe alanyazına tanıtan ilk yazıdır (2016, ss.17-24). Akçelik ile aynı doğrultuda Yargan da formel ontolojileri ve betimleyici mantıkları kapsayan başka bir çalışma yapmıştır (2019, ss.271-281).



1.1. \mathcal{AL} -Öznitelik Dili

Betimleyici diller arasında en temel olan Öznitelik Dili'ni (*Attribute Language, \mathcal{AL}*) anlatımımızı kolaylaştırması açısından Tablo 1 üzerinden inceleyelim (Baader ve Nutt, 2007, s.52).

Tablo 1: \mathcal{AL} 'nin yapısı

Sentaks	Semantik	Terminoloji
A	$A^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}}$	atomik kavram
r	$r^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}} \times \Delta^{\mathcal{Y}}$	atomik rol
D	$D^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}}$	birleşik kavram
T	$\Delta^{\mathcal{Y}}$	tümel kavram
\perp	\emptyset	taban kavram
$\neg A$	$\Delta^{\mathcal{Y}} \setminus A^{\mathcal{Y}}$	atomik kavram tümleyeni
$C \sqcap D$	$C^{\mathcal{Y}} \cap D^{\mathcal{Y}}$	kavram kesişimi
$\exists r.T$	$\{x \mid (\exists y)((x,y) \in r^{\mathcal{Y}})\}$	kısıtlayıcı tikel niceleyici
$\forall r.C$	$\{x \mid (\forall y)((x,y) \in r^{\mathcal{Y}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{Y}})\}$	tümel / değer kısıtlama

“A” bir atomik kavrama, “C” herhangi bir kavrama, “r” atomik role, “T” tümel kavrama, “ \perp ” taban kavrama, “ \neg ” tümleyene ya da değillemeye, “ \sqcap ” kavram kesişimi ya da tikel-evetleme eklemine, “ \exists ” \mathcal{AL} de kısıtlayıcı tikel nitelemeye ve “ \forall ” tümel ya da değer kısıtlamaya işaret ederler. \mathcal{Y} bir yorum (*an interpretation*) ve $\Delta^{\mathcal{Y}}$ yorumun tanım kümesi (*the domain of the interpretation*) olmak üzere, rol yorumları ikili bağıntılar (*binary relations*), kavram yorumları ise tekli bağıntılar (*unary relations*) olarak düşünülmelidir. Kavram yorumları için iki farklı yaklaşım mümkündür. İlki sınıf kuramındaki gibi atomik kavramları sınıflar olarak ele almaktır. Örneğin, “ \sqcap ” kesişim eklemi olarak düşünülürse $C \sqcap D$, $C \cap D$ 'de olduğu gibi hem C kavramı hem de D kavramına ait olan bireylerin sınıfı olur. Diğer taraftan, $C \sqcap D$, birinci dereceden mantık ifadesi olarak düşünüldüğünde $C(x) \wedge D(x)$, $C(x)$ ve $D(x)$ 'in doğru olduğu tüm yorumlardaki bireyleri gösterir. Yine de betimleyici mantıklar her ne kadar sınıf kuramı ve birinci dereceden mantık sistemi içinde yorumlanmaya açık olsa da onları kendilerine has bir alanda ele almak gerekir. Öncelikle, \mathcal{AL} deki kısıtlayıcı tikel niceleyici, “ \exists ”, asla tikel-niceleme eklemi olarak düşünülmemelidir: Tikel-kısıtlama eklemi bir rolün bir kavram ile ilişkisi üzerinden gösterilen bir *sınfa* işaret eder. Örneğin, $\exists \text{çocuğu} \forall r.T$ ifadesi “en az bir çocuğu olan



tüm bireyler”in sınıfıdır. “V” birinci dereceden mantıklardaki gibi tümel niceleyici olarak düşünülmemeli, bir rolün bir kavrama bağlandığı diğer tüm kavramların sınıfı olarak düşünülmelidir. Örneğin, VçocuğuVar.Erkek ifadesi “tüm çocukları erkek olan bireyler” sınıfına işaret eder.

Bu noktada kavramların, rollerin ve bireylerin yazımı ile ilgili bir açıklama getirmek isteriz. Bilgisayar bilimlerinde alışlagelmiş yazım biçimini yani makinelerde gösterilecek ifadeler için farklı yazı tipi ve boyutu kullanılmasını benimsiyoruz. Aynı zamanda betimleyici mantık özelinde kavramlar, roller ve bireyler okumayı kolaylaştırması için farklı biçimlerde gösterilirler. Bu yazıda kavramların sadece ilk harfleri büyük –İnsan–, bireylerin tüm harfleri büyük –MELEK–, rollerin ise tüm harfleri küçük –yapar– olarak yazılmıştır. İfade edeceğimiz sembol (ister kavram ister rol ister birey olsun) birden fazla sözcükten oluştuğu durumlarda, kavramlarda ve rollerde diğer sözcüklerin baş harfleri büyük ve birleşik halde –BetimleyiciMantık, ayırtEder– bireylerde ise sözcükler arası alt çizgi konularak –UZUN_İHSAN_EFENDİ– gösterilir. Bu vesileyle, farklı kaynaklarda başka gösterimlere hazır olunması konusunda okuyucuyu uyarırız.

1.2. *ALC* - Genel Tümlenli Öznitelik Dili

Uygulamalar göz önünde bulundurulduğunda en temel betimleyici mantık Genel Tümlenli Öznitelik Dili’dir (*Attribute Language with general Complement, ALC*). Bölüm 3.2’de detaylandıracağımız *ALC*’nin sentaks, semantik ve terminolojisine ait bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.



Tablo 2: \mathcal{ALC} 'nin yapısı

\mathcal{Y} bir yorum ve $\Delta^{\mathcal{Y}}$ yorumun tanım kümesi olmak üzere, C herhangi bir kavram olsun,		
Sentaks	Semantik	Terminoloji
A	$A^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}}$	atomik kavram
r	$r^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}} \times \Delta^{\mathcal{Y}}$	atomik rol
C	$C^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}}$	kavram
T	$\Delta^{\mathcal{Y}}$	tümel kavram
\perp	\emptyset	taban kavram
$\neg C$	$\Delta^{\mathcal{Y}} \setminus C^{\mathcal{Y}}$	kavram tümleyeni
$C \sqcap D$	$C^{\mathcal{Y}} \cap D^{\mathcal{Y}}$	kavram kesişimi
$C \sqcup D$	$C^{\mathcal{Y}} \cup D^{\mathcal{Y}}$	kavram birleşimi
$\exists r.C$	$\{x \mid (\exists y)((x,y) \in r^{\mathcal{Y}} \wedge y \in C^{\mathcal{Y}})\}$	tikel kısıtlama
$\forall r.C$	$\{x \mid (\forall y)((x,y) \in r^{\mathcal{Y}} \Rightarrow y \in C^{\mathcal{Y}})\}$	tümel / değer kısıtlama

Adından da anlaşılacağı gibi \mathcal{ALC} genel tümleyenli \mathcal{AL} dir. \mathcal{AL} de tümleyen eklemi sadece atomik kavramlarda çalışırken, \mathcal{ALC} 'de tümleyen herhangi bir kavram üzerinde işleyebilir. Bu durumda $C \sqcap D$ ve $\forall r.C$ birer kavram oldukları için bunların tümleyenleri sayesinde \mathcal{ALC} 'nin semantiği de zorunlu olarak genişleyecektir: $\neg(C \sqcap D)$ 'den kavram birleşimini $\neg C \sqcup \neg D$, $\neg(\forall r.C)$ 'den ise tikel kısıtlamayı $\exists r.\neg C$ elde ederiz. Benzer biçimde, \mathcal{ALC} 'ye eklenecek başka rol kuruculardan başka diller elde ederiz; örneğin bilgi temsil sistemlerinden KRIS'in betimleyici dili $\mathcal{ALCN}\mathcal{F}$; CRACK'in betimleyici dili $\mathcal{ALCRJFO}$ 'dur (Möller ve Haarslev, 2007, ss.321-322).⁵

Okuyucuyu betimleyici mantık sentaksına ısındırmak için, Tablo 3'te \mathcal{ALC} ile kurduğumuz betimlemelerin doğal dildeki karşılıkları ile inceleyelim.

Tablo 3: \mathcal{ALC} ile oluşturulan betimlemelerin Türkçe karşılıkları

Sentaks	Türkçe Karşılıkları
Anne	Anne
çocuğuVar	Çocuğa sahip olma ilişkisi
\neg Anne	Anne olanlar dışındaki tüm bireyler
Anne \sqcap Rektör	Anne ve rektör olan tüm bireyler

⁵ Buradaki her bir harf bir kurucuya işaret etmektedir.



Anne┐Rektör	Anne veya rektör olan tüm bireyler
Ɛ çocuğuVar.Erkek	En az bir tane erkek çocuğu olan bireyler
∇ çocuğuVar.Erkek	Tüm çocukları erkek olan bireyler ⁶

Őu ana kadar iki betimleyici dilin sentaktik yapısını ve bunların nasıl yorumlanacağını kabaca inceledik. Bir sonraki bölümde bu dillerin bilgi temsilinde nerede ve nasıl kullanıldığını inceleyeceğiz.

2. Bilgi Temsil Sistemleri ve Bilgi Tabanı

Bir bilgi tabanı oluşturmak, bilgi tabanından çıkarımlar yapmak ve bilgi tabanlarını değiştirmek, tekrar düzenlemek için betimleyici dil kullanılarak oluşturulmuş sistemlere bir betimleyici mantık temelli bilgi temsil sistemi (*a description logic-based knowledge representation system*) denir.

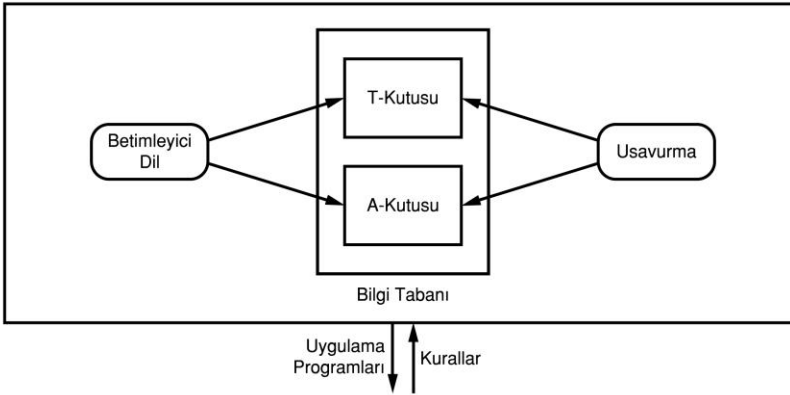
Bir bilgi temsil sistemi oluşturmak için ilk önce bilgi tabanının kurulması gerekir. Bu aşamada bilgisi sunulacak alan ve onun usavurma servislerinin tanımlanması, yani sistemin bu bilgi temsili üzerinden ne tarz sorulara yanıt vereceği tespit edilir (Nardi ve Brachman, 2007, s.13). İkinci aşamada ise farklı servislerden kullanıcıların ve programların kurulan sistem ile daha etkin etkileşimini sağlayacak bir geliştirme ortamı (*development environment*) oluşturulur (McGuinness ve Patel-Schneider, 2007, ss.285-287). Şekil 1'de gördüğümüz Bilgi Temsil Sistemi Mimarisi'nin 'Bilgi Tabanı' kısmı mimarinin betimleyici mantık boyutuna işaret eder. Betimleyici dil, bu bilgi tabanının oluşturulmasında kullanılacak formel dildir. Usavurma ya da usavurma servisleri (*reasoning services*) oluşturulan bilgi tabanının usamlanmasını, yani terminolojik betimlemelerin sağlamlığını (*satisfiability*) ve açıklamaların tutarlılığını (*consistency*) incelemeyi sağlar. Bu sistem artık daha büyük bir sistem içine gömülmeye hazırdır. Bundan sonraki süreçte ise uygulama programları sayesinde kullanıcılar ve programlar bu sistem ile etkileşime girerek sorgulamalar yapabilirler ve/veya bilgi tabanını değiştirebilirler. Mimaride gördüğümüz kurallar ise tüm bu sorgulamaları ve değişimleri yapabilmek için gerekli olan mantıksal yapıları ifade eder, yani kullanıcılar bu kurallar çerçevesinde sistem ile etkileşime girerler. Özetle, bir betimleyici mantık temelli bilgi temsil sistemi, betimleyici mantık kullanılarak oluşturulan bilgi tabanının son kullanıcılar

⁶ Deęer kısıtlayıcı kurucunun yorumlanması incelendiğinde bu ifadenin hiç çocuğu olmayan bireyleri de işaret ettiği görülür. Bkz. Krötzsch, Simančik ve Horrocks, 2012, s.6.



tarafından değiştirebildiği ve bilgi tabanı üzerinde sorgulamalar yaptığı bir makine uygulamasıdır. Büyük çerçevede bilgi tabanının nereye oturduğunu gördükten sonra yazımızın merkezinde bulunan bilgi tabanlarını daha yakından inceleyelim.

Şekil 1. Betimleyici Mantıklar Tabanı Bilgi Temsil Sistemi Mimarisi⁷



2.1. Bilgi Tabanı

$\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$, bilgi tabanı T-kutusu ve A-kutusu denilen iki yapının birleşimi ile bilgiyi makinelerde temsil eder. \mathcal{T} , T-kutusu (*Terminology Box*, TBox) bir alana ait terminolojileri tanımlar ve uygulama alanındaki kavramlara ait aksiyomları belirtirken, \mathcal{A} , A-kutusu (*Assertion Box*, ABox) ise uygulamaya ait olan bireyleri \mathcal{T} 'de göre belirler (Baader ve Nutt, 2007, s.50).⁸ T-kutusunu genelgeçer betimlemelerin belirlenmesi, A-kutusunu da özel durumların belirlenmesi olarak düşünebiliriz. Örneğin, “Herkesin sadece bir biyolojik annesi vardır” ifadesi T-kutusunda, “Melek, Eren’in biyolojik annesidir” ifadesi A-kutusunda yer alır. T-kutusu yapısal terimlerin, yani kavramların taksonomisini kurmaya ve bu kavramlar arasındaki analitik ilişkilere dair sorgular yapmaya izin verirken, A-kutusu belirli alandaki bireyleri kullanarak berimsel teoriler kurmaya ve bu özelleştirilmiş alanda sorgular yapmaya izin verir (Brachman, Fikes ve Levesque,

⁷ Kaynak: Baader ve Nutt, 2007, s.50.

⁸ “Assertion” sözcüğü genellikle “sav” veya “iddia” sözcükleri ile karşılanırsa da biçimsel yapıyı korumak adına sözcüğün diğer çevirilerinden “açıklama” kavramını kullanacağız. Akçelik ise çeviriye sadık kalarak A-kutusunu “İddiasal Kutu” olarak ifade etmiştir (2016, s.22).



1985, s.418).⁹ Bilgi tabanının bilgi temsil mimarisindeki yerini ve rolünü gördükten sonra, şimdi \mathcal{ALC} 'deki sentaks ve semantiği bilgi tabanı çerçevesinde inceleyeceğiz. Ardından anlattıklarımıza örnek olması açısından İngiliz Kraliyet Ailesi'ne ait *bir* bilgi tabanını adım adım oluşturacağız:¹⁰ \mathcal{ALC} 'deki bilgi tabanı yapısına uygun olarak ilk önce T-kutusunu, yani herhangi bir aileye ait terminolojik yapıyı, ardından bu ailenin bireylerinin T-kutusuna göre açıklanmaları A-kutusunda betimleyeceğiz.

2.2. \mathcal{ALC} 'de Sentaks

Terminolojiler

Tüm betimleyici mantıklarda olduğu gibi \mathcal{ALC} 'nin sentaksı da ayrık üç sembol alfabesinden oluşur: kavram isimleri, rol isimleri ve bireylerin isimleri. Nesne yönelimli yaklaşımın etkisi altında hiyerarşik yapıyı sunan betimleyici mantıklarının ruhunda sınıf kuramı vardır. Bu yüzden, kavramları birer sınıf olarak düşünmek son derece yerindedir. \top –tümel kavram– ve \perp –taban kavram– birer kavramdır. \top 'nin yorumu söylem evreni, yani bilgi temsilindeki tüm bireylerin kümesi, \perp 'ın yorumu ise boş küme olarak düşünülebilir. $\neg C$, $C \sqcap D$, $C \sqcup D$, $\exists r.C$ ve $\forall r.C$ ifadelerin yorumu bir sınıfı işaret ettiğinden, daha önce de belirttiğimiz gibi, her biri birer kavramdır.

Kavramlar genellikle atomik (*atomic*) ve birleşik/karmaşık (*compound/complex*) kavramlar olmak üzere ikiye ayrılırlar (Baader ve dğr., 2017, s.12). Atomik kavramlar tek bir sembol ile ifade edilirken –Anne, Lider, gibi–, birleşik kavramlar betimleyici dildeki kurucuların kullanılmasıyla oluşturulan kavramlardır. \mathcal{ALC} özelindeki kurucularla – \neg , \sqcap , \sqcup , $\exists r.C$ ve $\forall r.C$ – oluşturulan birleşik kavramlara Anne \sqcap Lider, \forall çalışır.Anne, \exists matematikçiDir.Lider örnektir. Burada bir uyarı yapmalıyız: Birleşik kavramlar kurucular ile atomik kavramlardan türetilen kavramlardır, ne zaman ki biz bu birleşik kavramları tanımlarız o zaman tanımlanmış kavramlar (*defined concepts*) elde ederiz. Anne \equiv Kadın \sqcap \exists çocuğuVar.İnsan örneğinde denkleğin sol tarafı tanımlanmış kavram, sağ tarafında ise hem atomik hem de birleşik kavram bulunur. O halde tüm tanımlanmış kav-

⁹ Buradaki alıntımızı berrak anlatımından dolayı betimleyici mantıklara öncülük eden Krypton'un anlatıldığı çalışmadan alıyoruz.

¹⁰ İngiliz Kraliyet Ailesi'ne ait farklı bilgilerin sunulduğu başka bir bilgi tabanı oluşturmak da mümkündür.



ramlar atomik kavramlardır. Ancak bu kavramlardan bazıları ya tanımlanamazlar ya da tanımlanmalarına gerek yoktur, işte bu kavramlara ilkel kavram (*primitive concept*) denir (Baader ve Nutt, 2007, ss.56-57). Örneğin, “Anne \equiv Kadın \cap \exists çocuğuVar.İnsan” ifadesinde başka bir kavram ile tanımlanmadığını varsayarsak İnsan ilkel kavram, Anne tanımlanmış kavram, \exists çocuğuVar.İnsan (çocuğu insan olan bireyler) ise birleşik kavramdır. Bununla beraber betimleyici mantıklardaki tek tanımlama türü denklik kurmak değildir. Baştan alırsak, betimleyici mantıklarda iki tür kavram tanımı yapılır (Horrocks, 2007, s.334). Bir kavramın tanımlanması için gerekli ve yeterli koşullar belli ise, yani bir kavramı elimizdeki kavramlar, roller ve kurucular ile tanımlayabiliyorsak o zaman denklik (*equality*) ile bir kavram tanımlamış oluruz, böyle tanımlara da gerekli ve yeterli tanımlar (*necessary and sufficient definitions*) denir (*a.g.e.*). Bununla beraber bazı kavramların betimleyici mantıktaki kurucular ile tanımlanması mümkün olmayabilir. Anne \sqsubseteq Kadın bu tarz tanımlamalara örnektir.¹¹ Bu tür tanımlar, kapsam eklemi ile gösterilir ve bunlara gerekli tanımlar (*necessary definitions*) ya da özelleşme (*specialization*) denir (*a.g.e.*; Baader ve Nutt, 2007, s.64.).¹²

Terminolojileri kullanarak kavram denkliği ya da kavram kapsamı ile oluşturulan kavramlara aksiyomlar (ilksavlar) denir. Hatırlatmak gerekirse, aksiyomlardaki ifadelerin sol tarafındaki kavram ismi atomik ise bu ifadeler ister kavram denkliği ister kavram kapsamı ile kurulsunlar birer kavram tanımıdır. O halde aksiyomlar, kavram tanımlarını kapsarlar. Şimdi, dikkat edilmesi gereken çok önemli olan bir hususu bir örnekle gösterelim: Bir T-kutusunda ebeveyn kavramını Ebeveyn \equiv Anne \sqcup Baba şeklinde tanımlansın. Bu kavramı düşündüğümüzde Ebeveyn \equiv \exists çocuğuVar.T aksiyomu olarak yazmak da son derece anlamlıdır.¹³ Ancak, her iki durumda da Ebeveyn atomik tanımlanmış olduğundan birden

¹¹ Denklik tanımlarına ilkel olmayan (*non-primitive*), kapsam tanımlarına ise ilkel (*primitive*) tanımlar da denir (Horrocks, 2007, s.334; Baader v.dğr., 2017, s.23). Bu vesileyle, okuyucuyu ‘ilkel’ ve ‘atomik’ sözcüklerinin literatürde farklı özelliklerdeki kavramları ve tanımları nitelemek için kullanıldıkları konusunda uyarırız.

¹² Gerekli ve yeterli tanımları birinci dereceden mantık eklemi olan ancak ve ancak ile, gerekli tanımları ile koşul eklemi ile düşünebiliriz.

- BetimleyiciMantıkDersi \sqsubseteq MantıkDersi :=BetimleyiciMantıkDersi(x) \rightarrow MantıkDersi(x)
- Kadın \equiv İnsan \cap Dişi := Kadın(x) \sqsubseteq İnsan(x) \wedge Dişi(x)

¹³ Hatta Ebeveyn \sqsubseteq \exists çocuğuVar.T olarak da düşünebiliriz.



fazla kavram denklığı ortaya çıkmıştır. Berimsel karmaşıklığa neden olacağından bir kavrama ait farklı aksiyomların tanımlanması istenmez, bu nedenle bir kavramın denklığı sadece bir kez tanımlanması tavsiye edilir.¹⁴

Alan Betimlemeleri ya da Bireyler

Bireylere ait sentaktik öğeler *tüm* betimleyici mantıklarda aynıdır. Uygulama alanındaki bireyler betimleyici mantıklarda ya kavram açıklamaları ya da rol açıklamaları ile tanımlanırlar. Baba $\Pi \exists$ çocuğu Var.Ebeveyn(CHARLES) ve çocuğu Var(CHARLES, WILLIAM) ifadelerinin doğal dildeki karşılıkları sırasıyla şunlardır: “Charles çocuğu ebeveyn olan bir babadır” ve “William Charles’in çocuğudur”. Aksiyomlardan bahsederken bir kavramı farklı biçimlerde tanımlamamızın berimsel karmaşıklığa neden olacağından uzak durmamız gerektiğinden bahsetmiştik. Şimdi benzer bir uyarıyı bireyler için yapacağız. A-kutusundaki belirttiğimiz bireylerin her birinin birbirinden ayrık (*distinct*) olduğunu garanti altına almamız gerekiyor. Biricik isim varsayımına (*unique name assumption*, UNA) uyan A-kutularında her bir bireyin birbirinden farklı olduğunu kabul edilir. *ALC* biricik isim varsayımına uysa da bazı betimleyici diller bu varsayımı reddetmektedir. Bu nedenle, çıkarım kurallarını ve sonuçlarını etkileyeceğinden bilgi temsil sisteminde kullanılan formel dilin sınırlarını iyi bilmek şarttır.

2.3. *ALC*'de Semantik

ALC'nin semantiği “yorum” nosyonu ile elde edilir. Bir yorum, \mathcal{Y} , yorumun tanım kümesi ve bir de yorum fonksiyonundan oluşur: $\mathcal{Y} = (\Delta^{\mathcal{Y}}, \cdot^{\mathcal{Y}})$.¹⁵ $\Delta^{\mathcal{Y}}$, \mathcal{Y} 'nin tanım kümesini gösterirken, $\cdot^{\mathcal{Y}}$ ise yorum fonksiyonunun sembolüdür. Bu fonksiyon, her atomik kavramı, A gibi, yorumun tanım kümesindeki bir sınıfa ($A^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}}$); her atomik rolü, r gibi, bir ikili bağıntıya ($r^{\mathcal{Y}} \subseteq \Delta^{\mathcal{Y}} \times \Delta^{\mathcal{Y}}$); her bireyi ise, a gibi, bir elemana ($a^{\mathcal{Y}} \in \Delta^{\mathcal{Y}}$) gönderir. Tanımlanmış kavramların yorumu, onu tanımlayan diğer kavramların yorumlanmasıyla gerçekleşir.¹⁶

¹⁴ Yine de döngüsel (*cyclic*) tanımlara izin veren T-kutularında bu kullanımlara rastlanır.

¹⁵ Yabancı kaynaklarda yorum, İngilizcesi “interpretation” olduğundan \mathcal{I} ile temsil edilmektedir. Sembol kullanımlarında farklılıklar betimleyici mantıklarda karşımıza çıkan bir durum olduğundan, örneğin “ \mathcal{K} ” yerine “ Σ ”; “ \equiv ” yerine “ \doteq ” kullanılmaktadır, bu sembolü sözcüğün çevirisini karşılayan yorum sözcüğünün baş harfi olarak kullandık.

¹⁶ *ALC*'yi rol hiyerarşileri ile genişlettiğimizde –ki bu durumda başka bir betimleyici dil tanımlamış oluruz– tanımlanmış rollerden de bahsetmek mümkün olur. O zaman, tanım-



T Semantiği

T içinde tutarlılık ancak yorumların tutarlı oluşu ile gösterilebilir. T 'de tutarlılık için yorumun tutarlılığına bakmak gerekir.

$\mathcal{Y} = (\Delta^{\mathcal{Y}}, \cdot^{\mathcal{Y}})$ ise;

- Eğer $C^{\mathcal{Y}} = D^{\mathcal{Y}}$ ise, $\mathcal{Y}, C \equiv D$ ifadesini tutarlı kılar.
- Eğer $C^{\mathcal{Y}} \subseteq D^{\mathcal{Y}}$ ise, $\mathcal{Y}, C \sqsubseteq D$ ifadesini tutarlı kılar.

Bir yorumun, \mathcal{Y} 'nin, T 'de bir model olabilmesi için T 'deki tüm ifadeleri tutarlı kılması gerekmektedir. O halde, T-kutusunun tutarlılığından bahsedebilmek için bir modelinin olması gerekir.

A Semantiği

T içindeki gibi, \mathcal{A} içinde tutarlılık ancak yorumların tutarlı oluşu ile gösterilebilir. \mathcal{A} 'da tutarlılık için yorumun tutarlılığına bakmak gerekir.

$\mathcal{Y} = (\Delta^{\mathcal{Y}}, \cdot^{\mathcal{Y}})$ ise;

- Eğer $a^{\mathcal{Y}} \in C^{\mathcal{Y}}$ ise, $\mathcal{Y}, C(a)$ ifadesini tutarlı kılar.
- Eğer $(a^{\mathcal{Y}}, b^{\mathcal{Y}}) \in r^{\mathcal{Y}}$ ise, $\mathcal{Y}, r(a,b)$ ifadesini tutarlı kılar.

Bir yorumun, \mathcal{Y} 'nin, \mathcal{A} 'da bir model olabilmesi için \mathcal{A} 'daki tüm açıklamaları tutarlı kılması gerekmektedir. O halde, A-kutusunun tutarlılığından bahsedebilmek için bir modelinin olması gerekir.

K Semantiği

$\mathcal{K} = \langle T, \mathcal{A} \rangle$ 'de tutarlılık ancak yorumların hem T 'de hem de \mathcal{A} 'da tutarlı oluşu ile mümkündür. Bir yorumun, \mathcal{Y} 'nin, \mathcal{K} 'de bir model olabilmesi için, hem T 'de hem de \mathcal{A} 'da aynı anda model olması gerekir. O halde, bir bilgi tabanının tutarlılığından bahsedebilmek için *bir* modelinin olması gerekir. Ancak bu modelin *tek* olduğu anlamına gelmez: Bir bilgi tabanının birden fazla modeli olabilir.

2.4. İngiliz Kraliyet Ailesi'nin Bilgi Tabanının Oluşturulması

İngiliz Kraliyet Ailesi'nin bilgi tabanını oluşturmak için $\mathcal{A}\mathcal{K}$ betimleyici dili kullanacağız. Bildiğimiz üzere bir betimleyici dil alan bilgisini iki parçaya ayırır: Temsil edilecek alanın yapısını sunan terminolojilerin oluşturulacağı T-kutusu ve alanın özel durumlarını gösteren açıklamaların oluşturulacağı A-kutusu.

lanmış rollerin yorumu da tanımlanmış kavramlardaki gibi onu oluşturan diğer rollerin yorumuna göre yapılır.



T-Kutusu

T-kutusunu kurarken ilk önce atomik kavramların ve rollerin belirlenmesi gerekir. Bir ailede olan *atomik* terimler/kavramlar şunlar olabilir: Anne, Baba, Anneanne, Babaanne, Dede, Teyze, Hala, Amca, Dayı, Yenge, Enişte, Torun, Yeğen. Berimsel karmaşıklıktan uzak kalmak için ilkel kavramlarımızın sayısının olabildiğince az olmasını isteriz, ne de olsa Kadın \equiv Dişi \cap İnsan örneğinde olduğu gibi gerektiğinde ilkel kavramları ve eklemeleri kullanarak başka kavramlar tanımlayabiliyoruz. Dahası rolleri kullanarak da yeni kavramlar tanımlayabiliriz. Örneğin, “çocuğuVar” rolü sayesinde Dede’yi ilkel bir kavram olarak tanımlamama gerek yoktur, çünkü dede çocuğu anne ya da baba olan erkek olarak anlatılabilir. Örneğimizdeki Anne ve Baba kavramları İnsan kavramının alt üyesidir, ancak her anne bir insan değildir, örneğin bir anne penguenden söz edebiliriz. Bu nedenle aile yapısına dair kurduğumuz bu bilgi tabanında ya tüm varlıklar insan olacak ya da anne olmanın hangi canlı türüne ait olacağını açıkça belirtilecektir.¹⁷ Modellediğimiz bu bilgi tabanında tüm anneler insan olarak tanımlanacaktır. Peki, Anne ile Baba’nın ayırt edici özelliği nedir? Anne ve baba rolleri üreme fonksiyonlarının sonuçları olduğu için bu kavramlara ait tanımlamalarımızı kolaylık olsun diye biyolojik cinsiyet üzerinden yapacağız.¹⁸ O halde, Erkek ve Dişi diye iki ayrı kavrama ihtiyacımız vardır. Yine, ilkel kavram ekonomisi için Erkek’i Kadın olmayan olarak tanımlayabiliriz. Tüm bunların ışığında T-kutumuzu oluşturalım.

İlkel kavramlar: İnsan, Dişi

Atomik kavramlar:

Kadın \equiv İnsan \cap Dişi

Erkek \equiv \neg Kadın

Kadın, insan ve dişi olandır.

Erkek, kadın olmayandır.

¹⁷ Eğer bilgi tabanımızda hayvanlar var ise onların anne olma durumlarının insanların anne olma durumlarından farklı tanımlanmış olması gerekebilir.

¹⁸ Bu ifademizde aile yapısında bulunan ancak cinsiyeti biyolojik cinsiyet üzerinden gösterilmek zorunda olan Teyze ve Amca gibi kavramlar bulunduğu bir tutarsızlık vardır. Bu örneğin detaylandırılmasıdaki neden, bir bilgi tabanı oluştururken kavramları ve onların taşıdıkları anlamları bütünlükçü bir açıdan incelemek gerekliliğine işaret etmek içindir. Burada oluşturduğumuz bilgi tabanı toplumsal cinsiyetlerin dikkate alındığı bir kullanımda hiçbir işe yaramayacaktır. Kısaca, her ne kadar bir bilgi tabanında T-kutusunu kurarken uygulama alanların çoğuna hizmet edecek şekilde kapsayıcı bir yapı oluşturmak gerekse de kolaylık olsun diye aile yapısına ait T-kutumuzu *biyolojik cinsiyet* üzerinden kuraçız.



Aksiyomlar:

Kadın \sqsubseteq İnsan	Eğer kadın ise insandır.
Erkek \sqsubseteq İnsan	Eğer erkek ise insandır.
Kadın \cap Erkek $\equiv \perp$	Hiçbir kadın erkek değildir.
$\top \equiv$ Kadın \sqcup Erkek	Birisi ya kadındır ya da erkektir.

Anne ve Baba'yı tanımlamak için ise çocuğuVar rolü gerekmektedir.

Atomik rol: çocuğuVar

Atomik Kavramlar:

Anne \equiv Kadın \cap çocuğuVar . \top	Çocuğu olan kadın annedir.
Baba \equiv Erkek \cap çocuğuVar . \top	Çocuğu olan erkek babadır.
Ebeveyn \equiv çocuğuVar . \top	Çocuğu olan ebeveyndir.
Dede \equiv Baba \cap çocuğuVar .Ebeveyn	Çocuğu ebeveyn olan baba dededir.
Anneanne \equiv Anne \cap çocuğuVar .Anne	Çocuğu anne olan anne anneannedir.
Babaanne \equiv Anne \cap çocuğuVar .Baba	Çocuğu baba olan anne babaannedir.

Aksiyomlar:

Anne \cap Baba $\equiv \perp$	Hiçbir anne baba değildir.
Dede \sqsubseteq çocuğuVar . \top	Eğer dede ise çocuğu vardır.
Anneanne \sqsubseteq çocuğuVar . \top	Eğer anneanne ise çocuğu vardır.
Babaanne \sqsubseteq Anne	Eğer babaanne ise annedir.

Yukarıda değindiğimiz Teyze, Yenge, Torun gibi kavramlar çocuğuVar rolü ile anlatılamazlar.¹⁹ Bu nedenle bilgi tabanımızda bu kavramların olmasını istiyorsak, kardeşiVar gibi yeni atomik roller eklemeliyiz.

A-Kutusu

A-kutusunda ise uygulama alanına ait bireyler yukarıdaki aksiyomlarla ifade edilirler.²⁰

¹⁹ \mathcal{AL} 'nin izin vermeyeceği, ancak başka bir betimleyici mantıkta mümkün olabilecek ters rolü bu örnekte kullanabiliriz. Ters rollerin tanımlandığı bir betimleyici mantığın T-kutusunda "Ebeveynin çocuğu olanın çocuğu olan torundur" ifadesini formel olarak Torun \equiv çocuğuVar . \top (\exists çocuğuVar . Ebeveyn) şeklinde gösterebiliriz.

Yeri gelmişken rol kurucuların örnek göstermek isteriz: Dayı olmanın formel tanımlanması şu şekildedir: erkekKardeşDir \circ anneDir \sqsubseteq dayıDir.

²⁰ Her ne kadar bir bilgi tabanını etrafıca hazırlamak hedefimiz olsa da burada hem takibi kolaylaştırdığı hem de bir sonraki bölümde inceleyeceğimiz açık dünya varsayımını daha iyi anlatmamıza olanak sağlayacağı için bu bilgi tabanını detaylandırmadık.



Anne: KATE

çocuğuVar: (CHARLES, WILLIAM)

Kadın: CHARLOTTE

çocuğuVar: (WILLIAM, CHARLOTTE)

Erkek: WILLIAM

çocuğuVar: (KATE, GEORGE)

Erkek: HARRY

Baba: CHARLES

Bilgi tabanlarının oluşum amaçlarından en önemlilerinden biri sorgulamalar yapmak olduğuna göre, sıra sorguların T- ve A-kutusunda nasıl yapılacağına gelmiştir. Fakat, sorgulara geçmeden önce betimleyici mantıkların enformasyon sistemlerine sağladıkları çok önemli bir katkıdan, esnek bilgi temsilinden bahsetmemiz gerekiyor.

Açık Dünya Varsayımı

Betimleyici mantıkların açık dünya varsayımını (*open world assumption*) uygulayarak birçok bilgi temsil sisteminin sahip olamayacakları esneklikle veriyi betimlemeleri ve düzenlemeleri, aynı zamanda bu esneklik içinde usavurma sistemlerini başarıyla kurabilmeleri onları enformasyon sistemlerinde öne çıkarır (Sattler, Calvanese ve Molitor, 2007, s.186). Anlatımızı kolaylaştırması için alışkın olduğumuz yerden, bilgi temsilinde esnekliği sağlayan bu varsayımın zıddından başlayalım. Kapalı dünya varsayımında (*closed world assumption*) yorumlar sunulan enformasyonla sınırlandırılmış olduğundan verilerden tek bir model oluşturulur. İlişkisel veri tabanları kapalı dünya varsayımı ile oluşturulan veri modellerinin tipik örneğidir. İlişkisel veri tabanlarına en güzel örnek ise her satırın bir gözlemi/kaydı, her sütunun belirli öznelikleri, her hücrenin ise belirli değerleri işaret ettiği elektronik tablolarıdır (*spreadsheet*). Bir felsefe bölümü öğrencilerinin bölüm içi aldığı dersleri gösteren bir tablo hazırladığını varsayalım. Her öğrenciyi biricik öğrenci numaraları ile tanımlayalım ve mantık derslerinden hangilerini seçtiklerini sorgulamak isteyelim. Eğer bir öğrencinin hangi mantık dersini almış olduğunu bulmak istiyorsak öğrencinin verilerinin olduğu sütun ile mantık derslerinin girildiği sütunun kesiştiği hücreye bakarız. Eğer tüm mantık derslerini bulmak istiyorsak ilgili sütuna gidip, orada belirtilen derslerin listesini çıkarırız. Aklımıza hiçbir şekilde ne öğrencinin başka bir mantık dersi almış olma olasılığı (alsaydı zaten yazardı) ne de başka bir mantık dersi olabileceği (hiçbir öğrencinin almadığı mantık dersi olabilir) gelir. Görüldüğü gibi kapalı dünya varsayımında



sadece bir model vardır ve sistem tüm olasılıklara kapalıdır. Daha önce de belirttiğimiz gibi yapay zekânın bilgi temsil alanı için özel olarak oluşturulan ve geliştirilen betimleyici mantıkların bu tarz bir sınır içinde kalmaları düşünülemez. Bergman, bilgi temsil yorumlarının açık dünya varsayımına dayanması zorunluluğunu çeşitli açılardan tartışmıştır (2009, ss.5-6).²¹ Öncelikle, bilgi hiçbir zaman tamamlanmış değildir. Bu nedenle kapalı dünya modellerinde sorgularımız çok kısıtlı bir alanda, diğer bir deyişle belirli sayıdaki ilişkiler açısından çıkar. Bilginin tamamlanmamış doğasını göz önünde bulundurarak oluşturacağımız bilgi tabanları büyük resimde her zaman bilgi temsilinin daha doğru biçimde modellenmesine yardımcı olacaktır. İkinci olarak, bilgi her yerde bulunabileceği için, veri modellerinin açık dünya varsayımına göre tasarlanması, olası model birleşmelerinde gerçeğe uygunluğu artan bilgi tabanları elde etmemizi sağlar. Dahası ve dolayısıyla, farklı bilgi yapılarındaki kavramlar arası örtük enformasyonun çıkarımı ile alana ait bilgimiz artar ve bilgi yapıları gelişir. Kapalı dünya varsayımını uygulayan sistemlerin en büyük sorunu örtük enformasyona çok kısıtlı erişebilmeleridir. Açık dünya varsayımını uygulayan sistemler ise sorgularındaki esneklik sayesinde örtük enformasyona daha fazla ulaşabilirler. Üçüncü olarak, bilgi her zaman bağlantılarla ilgilidir. Bağlama göre önemli kavramları ve rolleri bir alanın bilgisini temsil etmekte kullanırız; diğer bağlamlarda ise başka önemli kavramlar ve roller devreye girer. Kavramların ve rollerin ortaklaştığı durumlarda da bir bağlantı vardır ki bilginin üretimi burada da karşımıza çıkar. Kapalı dünya modellerinde kavramların ve rollerin tanımlanmaları bağlam dışına çıkmalarına engel olur, bu nedenle kavram ve roller sadece tek bir yoruma açık olurlar. Oysa Kröttsch, Simančik ve Horrocks'ın da belirttiği gibi açık dünya varsayımında belirtilmeyen veri çeşitli yorumlara açık olur (2012, s.10). Son olarak, açık dünya modelleri son kullanıcılara ve modeli geliştirmek isteyenlere uygun bir çerçeve sunar. Kapalı dünya varsayımı ile oluşturulmuş modeller bu nedenle çok daha hantal ve verimsiz kalırlar.²² Açık dünya varsayımının ne olduğunu öğrendikten sonra bu varsayımına göre sorgulamaları yapmaya artık hazırız.

²¹ Yazımızda sadece betimleyici mantıkları ilgilendiren kısımları kullanıyoruz. Bilgi yönetimi-
minde açık dünya varsayımının önemi ve kullanımı için bkz. Bergman, 2009, ss.5-7.

²² Açık dünya modelinin yorumlanmasını bilgi tabanları ve veri tabanları üzerinden başka bir
yazımızda teknik açılardan tartışacağız.



K Üzerine Sorgular

Tablo 1’den görüleceği üzere usavurma sistemlerini hem T-kutusunda hem de A-kutusunda ayrı ayrı veya ikisi bir arada çalıştırabiliriz. Bu çalışmamızda sorgularımızı bilgi tabanına yapacağız.

Sorgularımız şunlar olsunlar:

$q \text{ ?= Anne(KATE)}$	$q(x) \text{ ?= Erkek}(x)$
$q \text{ ?=Baba(WILLIAM)}$	$q(x) \text{ ?= } \neg\text{Baba}(x)$
$q \text{ ?= Dede(CHARLES)}$	
$q \text{ ?= Baba(HARRY)}$	

Sorgu (*query*) gösterimini bu yazı özelinde şu şekilde yapıyoruz: “ $q \text{ ?=}$ ” kendinden sonra gelen ifadenin doğruluk değerini; “ $q(x) \text{ ?=}$ ” ise kendinden sonra gelen ifadeyi doğrulayan bireylerin listesini istemektedir.

* $q \text{ ?= Anne(KATE)}$ ’in, yani “Kate anne midir?” sorgusunun yanıtı \mathcal{A} ’da tanımlandığı için -Anne: KATE- “Evet”tir.

* $q \text{ ?= Baba(WILLIAM)}$ ’ın yanıtı ise $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$ ’de tanımlanmış olup “Evet”tir: \mathcal{T} ’den $\text{Baba} \equiv \text{Erkek} \cap \exists\text{çocuğuVar.T}$ ve \mathcal{A} ’dan Erkek: WILLIAM ve $\text{çocuğuVar: (WILLIAM, CHARLOTTE)}$ olduğu için William, çocuğu olan bir erkek olduğundan babadır.

* Aynı biçimde $q \text{ ?= Dede(CHARLES)}$ ’ın da yanıtı “Evet”tir. \mathcal{T} ’den $\text{Dede} \equiv \text{Baba} \cap \exists\text{çocuğuVar.Ebeveyn}$, $\text{Baba} \equiv \text{Erkek} \cap \exists\text{çocuğuVar.T}$ ve $\text{Ebeveyn} \equiv \exists\text{çocuğuVar.T}$; \mathcal{A} ’dan Baba: CHARLES , bir önceki sorgundan William’ın baba olduğunu biliyoruz, o halde Charles dededir.

* Açık dünya varsayımın devreye girdiği durumlardan birine örnek ise $q \text{ ?= Baba(HARRY)}$ sorgusudur. Harry’nin erkek olması dışında hiçbir bilgiye sahip olmadığımızdan dolayı bu sorgunun kesin yanıtı “Bilmiyorum” olmalıdır. İki değerli mantık sistemlerinde durumu inceliyor olsaydık, Harry’nin açıkça baba olduğu belirtilmediği için yanıt olumsuz olacaktı.²³

* $q(x) \text{ ?= Erkek}(x)$ sorgusu, yani Erkek sınıfındaki bireylerin listesinin ne olduğu, Erkek^U ’yi sorgular. \mathcal{A} ’dan açıkça William ve Harry’nin erkek olduklarını biliyoruz. \mathcal{K} ’dan da Charles’ın erkek olduğunu biliyoruz, zira \mathcal{A} ’dan onun baba olduğunu, \mathcal{T} ’den de babanın erkek olduğunu biliyoruz.

²³ Bu durumda Harry’nin baba olduğu ve baba olmadığı farklı modeller oluşturabiliriz.



O halde bu sorgu {WILLIAM, HARRY, CHARLES} listesini verir.

* $q(x) = \neg \text{Baba}(x)$ sorgusu ise Baba olmayanların kimler olduğunun tanımlanmamış olmasından dolayı boş döner. Yine bu da açık dünya varsayımının bir sonucudur. $\Delta^y = \{\text{KATE, CHARLOTTE, WILLIAM, HARRY, CHARLES}\}$ ve $\text{Baba}^y = \{\text{WILLIAM, CHARLES}\}$ olarak verilmiştir. İlişkisel veri tabanı çerçevesinde William ve Charles dışında kalan tüm bireylerin bu sınıf içinde olması gerektiğini düşünebilirdik. Ancak, daha geliştirilmiş bir \mathcal{A} 'da kraliyet ailesi üyelerinin gittikleri üniversiteler gibi başka bireyler de betimleyebilirdik. Bu durumda üniversitelerin isimleri Δ^y içinde olurdu ve $\Delta^y \setminus \text{Baba}^y$ hiçbir şekilde $(\neg \text{Baba})^y$ veremezdi.²⁴

Sonuç

Bilgi temsil problemlerinde doğal dile yakın ifade gücüne sahip olanlar ile kolay hesaplama ve etkili çıkarım gücüne sahip olanlar arasında bir rekabet vardır. Betimleyici mantıklar bu iki güçlü yapıyı yapay zekâ uygulamaları için aynı anda tesis eden mantık temelli bilgi temsil biçimleri ailesidir. Bu aile üyesi bir betimleyici mantık kullanılarak oluşturulan bilgi tabanı T-kutusunun sağladığı içlemsel bilgi ile A-kutusunun sağladığı kapsamsal bilginin birleşimidir. Çalışmamızda örneklendirdiğimiz gibi T-kutusunda bir uygulama alanına ait kavramları, onların özelliklerini ve ilişkilerini tanımlarken, A-kutusu bu uygulama alanındaki bireylere ait savları/açıklamaları tanımlar. Bilgi tabanına yapılan tüm sorgular açık dünya varsayımını uygular, bu da farklı modellerin değerlendirilmesini sağlar. Betimleyici mantıklar genellikle ontoloji mühendisliğinde, ontolojileri kullanarak veri erişiminde ve çıkarımda bulunmada, şema birleştirmede ve kavram şemalarının tutarlıklarının hesaplanmasında kullanılır. Bu formel sistemin tercih nedenlerinden biri de hem teoride hem de pratikte aynı anda çalışmasıdır, yani teorideki gelişmeler doğrudan uygulamalara, uygulamalardaki farkındalıklar ise teoriye doğrudan yansımaktadır (Nardi ve Brachman, 2007, s.4). Buradan hareketle, felsefi mantıkçılar ve/veya

²⁴ Çalışmamızı bitirmeden önce son iki sorguyu okuyucunun dikkatle incelemesi için bırakıyoruz. Yukarıdaki A-kutusunu Diana-Charles ailesinin tüm bireylerini, yani bu çiftin tüm çocuklarını, onların eşlerini ve çocuklarını da içerecek şekilde yeniden tanımlarsak, $q(x) = \exists \text{çocuğu} \text{Var. Erkek}$ sorgusunun yanıtı {DIANA, CHARLES, WILLIAM, KATE, HARRY, MEGHAN}; $q(x) = \forall \text{çocuğu} \text{Var. Erkek}$ sorgusunun yanıtı {DIANA, CHARLES, CHARLOTTE, GEORGE, LOUIS, HARRY, MEGHAN, ARCHIE} olur.



felsefe kökenli ontoloji mühendisliği adayları için alana doğrudan geçiş yapacakları bu formel sistemi en genel hatlarıyla aktarmaya çalıştık. Amacımız, betimleyici mantıkları felsefi, matematiksel, berimsel ve uygulamadaki tüm yönlerini detaylandırarak bir yazı dizisi halinde Türkçe alanyazına kazandırmaktır. Bu doğrultuda \mathcal{A} , \mathcal{T} ve \mathcal{K} 'deki usavurumlar (*reasoning*), çıkarım süreçleri (*inference processes*), karar verme süreçleri (*decision processes*), berimsel karmaşıklık (*computational complexity*), kurucular ile oluşturulan diğer betimleyici diller ve uygulamaları gibi konuları felsefecilerin katkı sağlayabilecekleri perspektiften sunmayı planlıyoruz.

Kaynaklar

- Akçelik, O. (2016). Formel Ontoloji ve Betimleyici Mantıklar. *VI. Mantık Çalıştayı Kitabı*. (Ed. V. Kamer & Ş. Ural). İstanbul: Mantık Derneği Yayınları, 17-24.
- Baader, F. & Calvanese, D. & McGuinness, D. & Nardi, D. & Patel-Schneider, P. F. (Ed.). (2007). Preface. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, xv-xix.
- Baader, F. & Horrocks, I. & Lutz, C. & Sattler, U. (2017). *An Introduction to Description Logic*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Baader, F. & Nutt, W. (2007). Basic Description Logics. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 47-104.
- Bergman, M. (2009). The Open World Assumption: Elephant in the Room. *AI3:: Adaptive Information Blog*. Yayınlanma Tarihi: 21 Aralık 2009. Erişim Adresi: <http://www.mkbergman.com/wp-content/themes/ai3v2/files/2009Posts/Adaptivethe-open-world-assumption-elephant-in-the-room.pdf>.
- Brachman, R. J. & Fikes, R. E. & Levesque, H. J. (1985). KRYPTON: A Functional Approach to Knowledge Representation. *Readings in Knowledge Representation*. (Eds. R. J. Brachman & H. J. Levesque). Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 411-429.
- Grünberg, T. & Onart, A. & Grünberg, D. & Turan, H. (2003). *Mantık Terimleri Sözlüğü*. Ankara: METU Press.
- Guarino, N. (1995). Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Rep-



- resentation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43 (5-6), 625-640.
- Horrocks, I. (2007). Implementation and Optimization Techniques. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 329-373.
- Krötzsch, M. & Simancik, F. & Horrocks, I. (2012). A Description Logic Primer. *arXiv Preprint arXiv:1201.4089*, 1-17.
- McGuinness, D. L. & Patel-Schneider, P. F. (2007). From Description Logic Provers to Knowledge Representation Systems. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 285-303.
- Möller, R. & Haarslev, V. (2007). Description Logic Systems. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 304-328.
- Nardi D. & Brachman, R. J. (2007). An Introduction to Description Logics. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 1-43.
- Sattler, U. & Calvanese, D. & Molitor, R. (2007). Relationship with Other Formalisms. *The Description Logic Handbook*. (Eds. F. Baader & D. Calvanese & D. McGuinness & D. Nardi & P. F. Patel-Schneider). Cambridge: Cambridge University Press, 149-192.
- Shapiro, S. & Kouri Kissel, T. (2018). Classical Logic. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. (Ed. Edward N. Zalta). Erişim Adresi: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/logic-classical>.
- Yargan, D. (2019). Formel Ontolojiler ve Betimleyici Mantıklar. *Felsefe Arkivi*, 51, 271-281.



Öz: Yapay zekâ çalışmalarının merkezinde bulunan bilginin makinelerde nasıl temsil edileceği problemini çözmek için araştırmacılar doğal dile yakın ifade gücüne sahip ve berimsel karmaşıklıktan uzak formel sistemleri oluşturmaya odaklanır. Bu sistemlerden biri olan betimleyici mantıklar hem bilgisi sunulacak alanı iki ayrı yapıda -terminolojilerin ve alana ait özelleştirmelerin ayrı ayrı oluşturulduğu yapılarda- doğal dile yakın betimlemelerle sunar hem de karar verilebilir yapılarla alan bilgisini biçimselleştirirler. Berimsel ve ontolojik anlamda güçlü olan bu formel sistemlerin açık dünya varsayımını usavurmada uygulamaları, onlara sunulan enformasyon üzerinde farklı modeller üretebilme gücünü verir. Böylece betimleyici mantıklar ile oluşturulan sistemler yapay zekâ araştırmalarının en büyük hedeflerinden olan otomatikleştirilmiş bilgi çıkarımını destekleyecektir. Bu formel sistemlerin önemi ve kullanım alanı gün be gün arttığından, amacımız hem felsefi mantık hem de ontoloji/bilgi mühendisliğine ilgi duyan sistematik felsefe araştırmacıları için betimleyici mantıklara bir giriş yapmak ve bu disiplinler arası araştırma alanını Türkçe olarak tanıttak yazı dizisinin ilkinin sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Mantık, betimleyici mantıklar, bilgi temsili, bilgi tabanı, açık dünya varsayımı.

