

Robotlarda Bağlam ve Kavram: Fazla Yakın, Çok Uzak

Mehmet Çelik, Sinan Kalkan
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara, Türkiye
Email: {mcelik,skalkan}@ceng.metu.edu.tr

Özetçe —Kavramlar, nesnelere, olayları ve durumları sınıflandırmamıza yardımcı olan; en temelde kelimeleri anlamıza yardımcı olan, biliş için oldukça elzem gösterimlerdir. İçinde yaşadığımız dünyanın karmaşıklığı ve bu dünyayı çok alt seviye amaçlar ile algılamak için, insan bilişi kavramları içinde buldukları arkaplan ile, daha doğrusu, bağlam ile işleme yeteneği geliştirmiştir. Bu sayede, kavramlar, içinde buldukları bağlama göre işlenmektedir. Yakın zamanda hayatımızda daha fazla yer etmesini beklediğimiz robotlar için de kavramlar ve bağlamlar oldukça önemlidir. Birbirinden çok farklı gösterimler veya olgular gibi görünse de, bağlamların da kavramlar gibi özellikler barındırdığı; hatta, bağlamın da bir tür kavram olduğuna dair bulgular ve hipotezler önerilmiştir. Bu çalışmada, bağlam ve kavram olgularına, ortak ve farklı yönleri sinirbilim, psikoloji ve bilişimsel çalışmalar dikkate alınarak incelenmiş ve bu yönlerin, bu iki yeteneğin aynı gösterimde, çerçevede veya uzayda modellenmesi veya gösterimi hakkında önerilecek çıkarımlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler—Bağlam, Kavram, Bilişsel Robotbilim.

I. GİRİŞ: KAVRAM VE BAĞLAM

Harnad'ın ifade ettiği gibi, nesnelere, olayları, eylemleri, olguları sınıflandırabilmek, biliş için oldukça elzemdir:

“To Cognize is to Categorize: Cognition is Categorization” (Türkçe: Bilmek / ayırt-etmek, sınıflandırmaktır: Biliş, sınıflandırmadır.) – S. Harnad [1]

Ancak, sınıflandırabilmek için, sınıflandırılana ait ön bilginin, bir soyutlamanın, bir gösterimin halihazırda var olması gerekmektedir. Aynı zamanda sınıflara ait kelimeleri anlamamızı ve anlamlandırmamızı sağlayan bu soyutlamaya, kavram diyoruz: Bir başka deyişle, kavramlar sayesinde kelimeleri anlayabiliyor, nesnelere tanıyabiliyor, olayları algılayabiliyoruz. Kavramlar üzerine inşa edilmiş bilişsel mekanizmalar ile varız (bknz. örneğin [2], [3]).

Kavram, biliş için oldukça elzem olsa da, kavramların içinde buldukları arkaplandan, bir başka deyişle, bağlamlarından ayırt edilemeyeceği önerilmiştir (bknz. örneğin [4]). Bağlam, Türk Dil Kurumu sözlüğünde şu iki şekilde tanımlanmıştır:

“Herhangi bir olguda olaylar, durumlar, ilişkiler örgüsü veya bağlantısı”

“Bir dil birimini çevreleyen, ondan önce veya sonra gelen, birçok durumda söz konusu birimi etkileyen,

onun anlamını, değerini belirleyen birim veya birimler bütünü”

Bu ve buna benzer bağlam tanımları pek çok kaynakta mevcuttur ve çoğunlukla, bu tanımların birbirinden ayrılan kritik yönleri de bulunmaktadır [5]. Farklı tanımlar mevcut olsa da, her tanımda ortak olan nokta, nesnelere, olayları, olguları yorumlarken veya anlamlandırırken hep içinde buldukları durumun, yani bağlamın, önemli olduğudur [6], [7]. Örneğin, bir kupa, içindeki suyun sıcaklığına, içinin doluluk miktarına, acelemiz olup-olmamasına, çevremizde engeller olup-olmamasına gibi pek çok bağlamsal bilgiye bağlı olarak farklı şekillerde taşınabilir; ya da her gün görülen bir kapı komşusuyla konuşma şekli, insanın o an acelesi olup-olmamasından, sağlık durumundan veya ruh halinden etkilenebilir. Bir bilgi aktarmak için kurduğumuz cümleler ve cümlelerden çıkardığımız anlamlar farklı bağlamlarda değişebilmektedir.

Bağlam, muhakkak, yapay bilişe veya zekaya ulaşmayı hedefleyen yapay zeka ve robotbilim çalışmaları için de oldukça elzemdir. Bu alandaki öncü isimlerden birisi, etmenlere bağlam yeteneğini mantıksal çerçeveler (logical formalisms) ile kazandırmaya çalışan McCarthy'dir [8]. McCarthy, bağlamın şu özellikleri barındırdığını iddia etmiştir:

- Bağlamlar, formal objelerdir.
- Bağlamlar, tam olarak tanımlanabilirler.
- Bağlamlar ve bağlamsal fonksiyonlar arasında kullanışlı bağlantılar vardır ve bir bağlamdan çeşitli değişikliklerle (yeri, zamanı ya da durumu farklılaştırmak gibi) yeni bir bağlam elde edilebilir.

Yapay ve doğal biliş için bu kadar önemli iki olgu olan kavram ve bağlam arasında nasıl bir ilişki olduğu, özellikle yapay zeka ve robotbilim çalışmaları için önemlidir. Ancak, bu konu literatürde açık bir şekilde irdelenmemiş, tartışılmamıştır; dolayısıyla, bu çalışma bir ilktir. Bu çalışmada, sinirbilim, psikoloji ve bilişimsel çalışmalarında kavram-bağlam yakınlığını-uzaklığını inceleyeceğiz ve bu inceleme sonucunda robotbilim çalışmaları için çıkarımlar yapacağız.

İlk bağlam çalışmalarında McCarthy gibi araştırmacılar tarafından yapılan tanımlar bile kavram-bağlam yakınlığı-uzaklığı hakkında fikirler vermektedir. McCarthy'nin tanımladığı özellikler, bağlamın kavramlara benzer özellikler taşıdığını önermektedir. Psikolojik bulgular ve son zamanlarda yapılan bağlamı kavramlar cinsinden modelleyen robotbilim

çalışmaları da [9], kavram-bağlam yakınlığı hakkında fikirler vermektedir.

Bu çalışma özgün bildiri olmayıp, çalışmanın İngilizce hali CONTEXT-17 konferansına değerlendirilmek üzere gönderilmiştir.

II. KAVRAMIN YAPISI

Kavramın tanımı ve doğası üzerine, eski Yunan filozofları Aristo ve Eflatun'dan itibaren, yüzyıllar boyu çalışılmış ve kafa yorulmuştur, ve kavramların ne olması gerektiği üzerine farklı teoriler önerilmiştir [10], [11]. Bu teorileri üç ana başlıkta toplayabiliriz (aşağıdaki üç madde, yazarların önceki bir bildirisinden alınmıştır [12]):

- **Kural-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar katı eşiklerle belirlenmiş kurallar kümesi olarak tanımlanır. Örneğin, “renk = sarı VE $10cm < boy < 12cm$ ” gibi kurallar ile öğelerin taşıdığı özellikler ifade edilir. Bu yaklaşımda, bir ögenin hangi kategoriye ait olduğu, ögenin özelliklerinin hangi kategorinin kurallarını sağladığına göre belirlenir.
- **Prototip-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar, kategori içerisindeki tüm öğelerin ortak yönlerinin bir nevi özeti diyebileceğimiz prototipler ile gösterilir. Bu yoğunlaştırılmış gösterimde, örneğin, “renk = %40 sarı, %30 mavi, %30 siyah” gibi özelliklerin *tutarlı* olanlarının dağılımı ifade edilir. Bir ögenin hangi kategoriye ait olduğu ise, ögenin özelliklerinin prototipe uyup uymadığı ile belirlenir.
- **Örnek-tabanlı kavramlama:** Bu yaklaşımda, kavramlar, kategorilerdeki tüm öğeler ile ifade edilir. Herhangi bir gösterim çıkarılmaz. Bir ögenin hangi kavrama ait olduğu ise, o ögenin tüm kategoriler içerisindeki tüm öğeler ile kıyaslanması ile, en benzer öğeyi içeren kategori olarak belirlenir.

Kavramın tekil bir varlığının olmayıp, başka kavramlar ile etkileşim içerisinde olduğu farklı araştırma ve bakış açılarında belirtilmiştir. Bu, kavramların hiyerarşik bir yapı içerisinde bulunması şeklinde olmakla beraber [13], [14], [15] bu, aynı zamanda daha farklı etkileşimlere de imkan veren, bir kavram ağı şeklinde de olabilmektedir [16]. Örnek olarak, hiyerarşik bir yapı içerisinde tanımlandığında, “koyun” ve “at” kavramları, “omurgalılar” kavramı altında birbirleri ile ilişkilendirilmektedir. Daha karmaşık bir kavram ağı içerisinde de, “sert” sıfatını taşımaları, bir “fincan” ile “tabağı” ilişkilendirmektedir.

Kavramların birbirleri arasında ilişkili olmaları ile beraber, tanımları içinde bir kavramın başka kavramların kompozisyonu şeklinde ifade ediliyor olması da mümkündür. Bu bakış açısının da eleştirileri olmak ile beraber [17], hem felsefe literatüründe kabul gördüğü [18], hem de uygulamalı çözümleri sağlaması ile değerli olduğu söylenebilir [19], [20]. Ayrıca kavramların kompozisyon yapısı ile ilgili nörolojik deliller de bulunmaktadır [21].

III. KAVRAM-BAĞLAM YAKINLIĞI

Kavram-bağlam yakınlığını destekleyen formel yaklaşımlardan bir tanesi, bağlam üzerine yaptığı çalışmalarla yapay zekada çığır açan McCarthy olmuştur [8]. Kural temelli

statik bir sistemde bağlamın sistem içerisinde nasıl temsil edileceğini çalışmaları ile açıklamıştır. Bunu gerçekleştirirken yaptığı iki önemli tanım, bağlamın soyut ve birinci sınıf objeler olduğudur. Bağlamları da içeren bir mantık sisteminde önermeler, içerisinde tanımlandıkları bağlam ile beraber bir doğruluk değerine sahip olmaktadır.

Daha basit kavramların kompozisyonundan oluşan “ofis”, “mutfak” gibi karmaşık kavramları düşündüğümüzde; bu kelimelerin aynı zamanda birer bağlamı ifade etmeleri, kavram ve bağlam arasında kesin bir çizgi olmadığını önermektedir. Genel itibarıyla, basit kavramlardan karmaşık kavramlara gidildikçe, kavramların kendisinin aynı zamanda bağlamlara tekabül ettiği görülmektedir.

Kavramların karmaşıklaşmasının, aynı zamanda bu kavramların anlamlarının daha geniş bir gerçekliği ifade eder hale gelmesine sebep olduğu görülebilir. Örnek olarak, “bardak” kelimesinin nasıl nesnelere tarif ettiğini ifade etmeye çalıştığımızda karşılaşacağımız çeşitlilik ile “mutfak” kelimesinin tanımı için karşılaşacağımız çeşitliliğin aynı seviyede olmadığı açıktır. “Mutfak” veya “ofis” tanımı, içerisinde başka kavramları da içermesi ile tanımı daha zor hale gelmektedir. Mesela “bardak” kavramı, “mutfak” ve “ofis” kavramlarının tanımı içerisinde ayrı ayrı kullanılabilir.

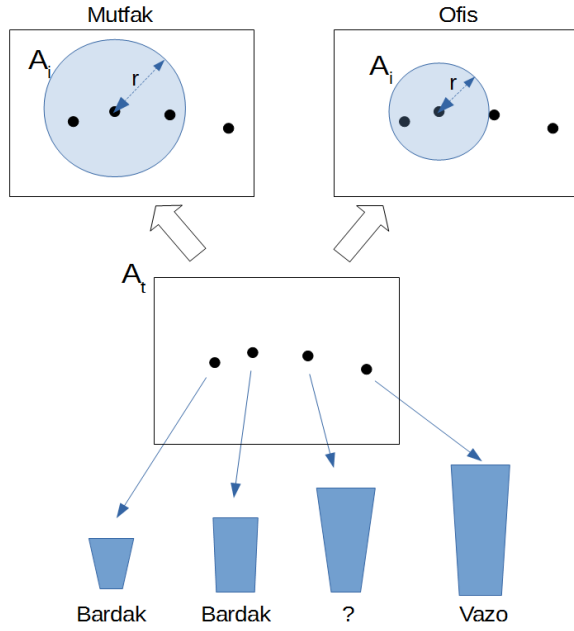
Buradan “mutfak” ve “ofis” kelimelerinin “bardak” tanımı için bir bağlam haline geçtiği gözlemine gelmekteyiz. “Bardak”, “mutfak”ta içerisinde sıvı tutulan bir kap olarak görüleceği gibi, “ofis” bağlamı içerisinde kalemlik olarak kullanılabilir. Dolayısı ile, “bardak” kelimesi anlamlandırılırken kendileri birer kavram olan “ofis” ve “mutfak” bağlam olarak işlev görmektedir. “Mutfak” bağlamı içerisinde “bardak”ın içerisinde sıvı bulunması daha muhtemel iken, “ofis” bağlamı içerisinde buna kalem de eklenmektedir.

Kavram ve bağlam arasındaki ilişkide, bu örnekten hareketle, bağlamın, bir kavram olarak tanımları içerisinde bulunan ve kendileri ile ilişkilendirilebilecek diğer kavramların anlamını daraltan sınırlandırmalar olduğu söylenebilir.

IV. KAVRAM-BAĞLAM UZAKLIĞI

Kavram tanımlaması için temel oluşturan bir çalışma olan, Gardenfors [22] tarafından önerilen kavram uzayı ve bu uzayı kullanarak yapılmış bağlam tanımlamaları da bulunmaktadır. Kavram uzayı, sembolik olmayan bilişsel teorilerde, kavramların tarif edilmesini hedef alagelmış önemli bir teoridir [22]. Bağlamın kavram uzayı içerisinde formalize edildiği [23] durumlarda bağlam, kavramı ifade eden boyutların ağırlığının değişmesi olarak görülebilir. Bağlamın bir vektör olarak ifade edildiği bu durumda, bağlam da farklı bir uzayda tanımlanmış bir vektör olmaktadır.

Ancak, kavram uzayı tanımında kabul edilen, kavramı tanımlayan bölgelerin dışbükey olması zorunluluğu, bazı kavram tanımlarında sıkıntı oluşturmaktadır [24]. Mesela, elma kavramı için yeşil ve kırmızı elmalar tanımlanabilirken, renk uzayında bunlar arasında kalan bölgede bulunan renklerin tamamı elma kavramı içerisinde yer almaktadır. Bir diğer örnek olarak da, “koç” kelimesi için, bunun bir hayvanı, bir basketbol takımı çalıştırıcısını ya da bir şirketi ifade ettiği durumların kavram uzayında beraber ifade edilmesi mümkün değildir [25]. Bu, kavramların komşuluk ilişkilerinin anlamlı olduğu bir



Şekil 1. Bardak kavramının 2B bir kavram uzayında temsili. Burada mutfak ve ofis kavramlarından gelen sınırlandırmaların mutfakta bardak olan örneğin ofiste olmamasına sebep olması temsil ediliyor. Resimde r ile temsil edilen sınırlandırma, mutfak ve ofis kavramlarının bağlam olarak bardak kavramını sınırlandırmasını temsil ediyor ve bu kavramların kendisinden ileri geliyor.

uzayda tanımlanamayacağından ziyade, kavramların bu uzayda basit dışbükey bölgeler olarak tanımlanmaya çalışılmasının zorluğunu göstermektedir. Böyle bir tanımlamada da bağlamın, kavramlar uzayından ayrı bir uzay içerisinde tanımlanması gereği ortaya çıkmaktadır.

Bir nesnenin bardak olarak algılanmasında, yani bardak kavramına bir örnek olarak görülmesinde bağlamın etkisi, bu nesnenin sahip olduğu sıfatların da farklı yorumlanmasını sağlayabilir. “Mutfak” bağlamı içerisinde uzun bir bardak olarak algılanan nesne, “ofis” bağlamında vazo olarak algılanabilir. Burada bir kavram uzayı içerisinde kolayca temsil edilebilecek olan nesnenin boyunun, bardak ve vazo bölgeleri arasında bir sınır değere sahip olması gerekmele beraber, bu sınır, farklı bağlamlarda farklı değerlerde olmaktadır.

Bağlam, bu sınırlandırmaların tanımlandığı ve kendisi bir kavram ile ilişkilendirilebilse bile kavramdan farklı tanımlanması gereken bir olgu haline gelmektedir. Bağlamı, aktif kavramlar kümesi olarak modelleyen ve bu sayede, kavram ve bağlam arasında kesin bir çizgi çizen robotbilim çalışmaları da olmuştur [9].

V. ÇIKARIMLAR VE SONUÇLAR

Bahsedilen kavramlar arası etkileşimin, bilincin de dahil olduğu karmaşık sistemlerin modellenmesinde kullanılan bağlamsal meydana çıkış (contextual emergence) modeli [26] içerisinde ifade edilmesinin bağlam-kavram ikilisinin anlaşılması için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bardak örneği ve bu örneğin bir kavram uzayı içerisinde temsili ile devam edilecek olursa, ferdin gözlemlediği bardaklar A_t kümesi içerisinde tanımlanmaktadır. Bu alt seviye ve gözlemlenmiş tekil nesnelere olmaktadır. Bu gözlemlerin

bir kısmının istatistiki mümkün olma durumu ve buna yakın örnekler A_i bölgesini oluşturmaktadır. Bu 5cm yüksekliğinde ve 10cm yüksekliğinde bardak gözlemlemiş bir ferdin, 8cm büyüklüğünde bir bardağın varlığı hakkındaki yorumu olarak görülebilir. Yani A_i içerisinde 8cm bardakların varlığına bir ihtimal verilmektedir. A_i kavram uzayı içerisinde “bardağı” temsil eden bölge olmaktadır. Fark edilebileceği gibi A_i 'nin A_t 'den ne şekilde inşa edileceği bunun üzerinde bulunan tekil bardak tanımından gelmektedir. Y_t diyeceğimiz bu tekil bardak tanımı A_t 'den hangi örneklerin kullanılacağını ve A_i 'nin hangi parametreler ile inşa edileceğini belirlemektedir. Şekil 1’de ifade edilmeye çalışılmış olan, bir nesnenin bardak mı yoksa vazo mu olduğuna karar vermeye çalışırken ferdin değerlendireceği parametrelerin bağlam içerisinde gelmesidir.

Bu dinamik kavram tanımı içerisinde bağlamlar, kavramın anlamının belirlenmesinde hem gerekli hale gelmekte, hem de kavramların etkileşimi ile ortaya çıkmış olması ile onlardan ayrı bir varlığa sahip olmaktadır. Bağlamların kendilerinin bağlam olarak da ifade edilebilmeleri ile kavram ve bağlam arası ilişki hem bir birlerinden ayıramayacak kadar yakın, hem de bir birlerinin yerine koyulamıyor olmaları ile de uzak görülmelerine sebep olmaktadır.

VI. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 215E133 numaralı “Robotlarda Bağlam” projesi kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] S. Harnad, “To cognize is to categorize: Cognition is categorization,” *Handbook of categorization in cognitive science*, pp. 20–45, 2005.
- [2] L. Barsalou, “Perceptual symbol systems,” *Behavioral and brain sciences*, vol. 22, no. 4, pp. 577–660, 1999.
- [3] A. M. Borghi, “Object concepts and embodiment: Why sensorimotor and cognitive processes cannot be separated,” *La nuova critica*, vol. 15, no. 4, pp. 447–472, 2007.
- [4] L. Barsalou, “Situating concepts,” in *Cambridge handbook of situated cognition*, M. A. P. Robbins, Ed. New York: Cambridge University Press, 2008, pp. 236–263.
- [5] M. Bazire and P. Brézillon, “Understanding context before using it,” *Modeling and using context*, vol. 3554, pp. 29–40, 2005.
- [6] W. Yeh and L. W. Barsalou, “The situated nature of concepts,” *The American journal of psychology*, pp. 349–384, 2006.
- [7] J. C. Turner, P. J. Oakes, S. A. Haslam, and C. McGarty, “Self and collective: Cognition and social context,” *Personality and social psychology bulletin*, vol. 20, pp. 454–454, 1994.
- [8] J. McCarthy, “Notes on formalizing context,” in *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 1*, ser. IJCAI’93. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993, pp. 555–560.
- [9] H. Celikkanat, G. Orhan, N. Pugeault, F. Guerin, E. Şahin, and S. Kalkan, “Learning context on a humanoid robot using incremental latent dirichlet allocation,” *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 42–59, 2016.
- [10] L. Gabora, E. Rosch, and D. Aerts, “Toward an ecological theory of concepts,” *Ecological Psychology*, vol. 20, no. 1, pp. 84–116, 2008.
- [11] E. Rosch, “Natural categories,” *Cognitive psychology*, vol. 4, no. 3, pp. 328–350, 1973.
- [12] S. Kalkan, O. Yuruten, and E. Sahin, “Relating affordances with verbs, nouns and adjectives,” in *21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2013.
- [13] J. H. Gennari, P. Langley, and D. Fisher, “Models of incremental concept formation,” *Artificial intelligence*, vol. 40, no. 1-3, pp. 11–61, 1989.

- [14] M. Lebowitz, "Experiments with incremental concept formation: Unimem," *Machine learning*, vol. 2, no. 2, pp. 103–138, 1987.
- [15] D. H. Fisher, "Knowledge acquisition via incremental conceptual clustering," *Machine learning*, vol. 2, no. 2, pp. 139–172, 1987.
- [16] H. Celikkanat, G. Orhan, and S. Kalkan, "A probabilistic concept web on a humanoid robot," *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, vol. 7, no. 2, pp. 92–106, 2015.
- [17] M. Frixione and A. Lieto, "Representing concepts in formal ontologies. Compositionality vs. typicality effects," *Logic and Logical Philosophy*, vol. 21, no. 4, pp. 391–414, jun 2013.
- [18] Z. G. Szabó, "Compositionality," in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, fall 2013 ed., E. N. Zalta, Ed., 2013.
- [19] P. D. Bruza, K. Kitto, B. J. Ramm, and L. Sitbon, "A probabilistic framework for analysing the compositionality of conceptual combinations," *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 67, pp. 26–38, 2015.
- [20] R. Socher, B. Huval, C. D. Manning, and A. Y. Ng, "Semantic Compositionality through Recursive Matrix-Vector Spaces," in *Proceedings of the 2012 Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning*, 2012.
- [21] T. M. Mitchell, S. V. Shinkareva, A. Carlson, K.-M. Chang, V. L. Malave, R. A. Mason, and M. A. Just, "Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns," *Science*, vol. 320, no. 5880, 2008.
- [22] P. Gärdenfors, "Symbolic, Conceptual and Subconceptual Representations," in *Human and Machine Perception*. Boston, MA: Springer US, 1997, pp. 255–270.
- [23] M. Raubal, "Formalizing Conceptual Spaces," *Formal ontology in information systems, proceedings of the third international conference*, vol. 114, pp. 153–164, 2004.
- [24] J. V. Hernández-Conde, "A case against convexity in conceptual spaces," *Synthese*, pp. 1–27, may 2016.
- [25] H. Atmanspacher and T. Filk, "The relevance of bell-type inequalities for mental systems," in *International Symposium on Quantum Interaction*. Springer, 2013, pp. 231–243.
- [26] H. Atmanspacher, "Contextual emergence of mental states," *Cognitive Processing*, vol. 16, no. 4, pp. 359–364, 2015.