

Türkçenin Anlamsal Görev Çözümlemesi

Semantic Role Labeling of Turkish

Gözde Gül Şahin
İTÜ Bilgisayar ve Bilişim Fak.
isguderg@itu.edu.tr

Eşref Adalı
İTÜ Bilgisayar ve Bilişim Fak.
adali@itu.edu.tr

Öz

Bir oluş, sözdizimsel yapıları farklı tunceler ile ifade edilebilir (ör: Ekonomi %5 oranında büyümüştür ve Ekonomideki büyüme %5'tir). Bilgisayarlara, bu farklı biçimlerin aynı anlama denk geldiğini gösterebilmek için, ortak bir anlamsal gösterim dili gerekir. Bu çalışmada, tümce anlamlarını, eylem ve paydaş ikilisiyle göstermeye yarayan "Anlamsal Görev Çözümlemesi" işi Türkçe için gerçekleştirilmiştir. Bunun için, Türkçe Önerme Veri Tabanı oluşturulmuş, ağaç derlem üzerinde eylem anlamları ve sözcüklerin anlamsal görevleri imece topluluğu tarafından işaretlenmiş ve tüm inlemeler uzmanlar tarafından denetlenmiştir. Derlem imleme kalite ölçütleri kullanılarak etiketleme kalitesi ölçülmüş ve yüksek kaliteli bir Türkçe Önerme Derlemi oluşturulduğu pek çok farklı ölçütle gösterilmiştir. Oluşturulan derlem üzerinde Türkçeye özgü ikili ve ulamsal nitelikler ve Türkçe sözcük vektörlerine dayalı dağıtık niteliklerle lojistik regresyon modelleri eğitilmiş ve böylece yüksek başarımlı bir anlamsal görev çözümleyici gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Türkçe Doğal Dil Anlama, Anlam Bilimi, Anlamsal Görev Çözümleme, Önerme Veri Tabanı, Makine Öğrenmesi

Abstract

An event can be expressed by sentences with different syntactic realizations (e.g. economy grew by 5% and the growth in the economy was 5%). Computers require a common semantic representation to understand that the different syntactic forms correspond to the same meaning. In this study, we perform Semantic Role Labeling (SRL) task which aims to dissolve the understanding

Gönderme ve kabul tarihi: 09.05.2018-11.10.2018
Makale türü: Araştırma

problem into identifying action/event bearing units and their participants. To do SRL, we create the Turkish Proposition Bank and add a semantic annotation layer on top of the Turkish dependency treebank. We present our annotation workflow that harnesses crowd intelligence, and discuss the procedures for ensuring annotation consistency and quality control. We show that the final corpus is of high-quality with various annotator agreement scores. We train logistic regression models that use (1) binary and categorical linguistic features and (2) distributed features based on Turkish word vectors and report a high performing Turkish SRL system.

Keywords: Turkish Natural Language Understanding, Semantics, Semantic Role Labeling, Proposition Bank, Turkish PropBank, Machine Learning

1. Giriş

Türkçenin Anlamsal Görev Çözümlemesine (AGÇ) (Semantic Role Labeling) odaklanılmış olan bu makale "Türkçenin Önerme Veri Tabanının (Proposition Bank) oluşturulması ve Türkçenin Anlamsal Görev Çözümlemesini gerçekleştiren tez çalışması" [24] ve ilgili yayınlardan [19,20,21,22,23] derlenerek hazırlanmıştır.

AGÇ, doğal dili anlama işini, tuncelerden eylem içeren birimleri ve bunların öğelerinin çıkarılmasına indirgemektedir. Böylece tuncenin yapısından bağımsız olarak, farklı yapılardaki tunceler için aynı anlamsal gösterim biçimi elde edilmektedir.

AGÇ'yi gerçekleştirebilmek için, makine öğrenmesi yöntemlerini yönlendirmek üzere eylem (predicate) içeren birimlerin (Türkçe için yüklemlerin) anlamlarını ve paydaşlarını diğer bir deyişle öğelerini içeren bir kaynak, diğer bir deyişle bir veri tabanı, gerekmektedir. Bu veri tabanına yayınlarda **Önerme Veri Tabanı** (ÖVT) ya da **PropBank** adı

verilmektedir. Böyle bir veri tabanını oluşturmak uzun zaman, büyük bütçe ve çok sayıda dil uzmanı gerektirmektedir. Bu nedenle Türkçe için ÖVT henüz oluşturulamamıştır. Bu makalede, yukarıda değinilen sorun, imece topluluğunu ÖVT'nin oluşturulması sürecine katarak çözülmüştür. Uzman sayısı en az olacak şekilde tasarımı yapılan yeni iş modeli, uzmanlardan yalnızca şu durumlarda yararlanmaktadır:

- ÖVT'nin ilk ve önemli adımı olan anlamsal görev çerçevelerinin oluşturulması,
- Kalite denetim sürecinde belli miktarda soru ve yanıtın elle imlenmesi ve
- İmleyicilerin üzerinde anlaşamadıkları yanıtların doğru olanlarına karar verme aşamasında.

ÖVT'nin oluşturulmasında karşılaşılan diğer zorluklar ise şunlardır:

- Türkçenin eklemeli dil olması, Türkçedeki eklerin çok sayıda olması ve Türkçe sözcüklerin peş peşe çok sayıda ek alması nedeniyle,
- Türkçenin kuramsal olarak sonsuz sayıda eylem içeren sözcük üretebilmesidir.

Bunun için tüm eylem içeren türetilmiş sözcüklerin, kök çerçevesi kullanılarak karşılanmasına karar verilmiştir. Bu yaklaşımla etiketlenen ÖVT'nin yüksek nitelikli olduğu çeşitli imleyici uzlaşması ölçme yöntemleri kullanılarak kanıtlanmıştır.

Çalışmada Türkçe AGÇ'ye uygun makine öğrenmesi yöntemlerinin geliştirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla bir makine öğrenme modeli olan lojistik regresyon sınıflandırıcısı kullanılmıştır. İlk olarak, diğer dillerin anlamsal görev çözümlenmesi için tasarlanmış öznitelikler kullanılmış, ancak başarımlarının yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedenleri şöyle açıklanabilir:

- Derlem dışı sözcüklerin çokluğu,
- Eğitim kümesinin küçük olması,
- Eylem ve öğelerinin söz dizimsel farklılıklarının yüksek olması.

Bu özellikler, çıkarılan özniteliklerin seyrek olması nedeniyle istatistiksel sistemin anlamsal görevler hakkındaki kalıpları öğrenememesine neden olmaktadır. Bu sorunları azaltmak amacıyla,

- Türkçeye daha uygun olan biçim bilimine dayalı öznitelikler (özellikle adın durumları),
- Büyük etiketsiz veri kümesinde eğitilmiş sözcük vektörlerine dayalı öznitelikler kullanılmış ve bu özniteliklerin AGÇ'nin başarımlarını artırdığı gözlemlenmiştir.

Böylece ilk yüksek başarımlı (79.84 F1 puanlı) Türkçe AGÇ sistemi geliştirilmiştir. Deneylemimiz;

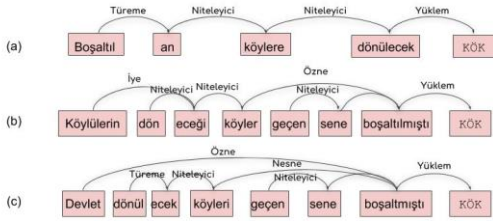
- Biçim anlamsal özniteliklerin Türkçe AGÇ için önemini;
- Tasarlanan sistemin eğitim verisinin yalnızca %60'ını kullanarak, anlamlı sonuçlar üretilebileceğini;
- Bağlılık ağacı ve söz dizimsel sınıf bilgisine dayalı özniteliklerin yokluğunda başarımların azımsanmayacak şekilde düştüğünü ve
- Sürekli özniteliklerin bilgi düzeyleri arasındaki etkileşimi modelleyerek başarıyı artırdığını gösterilmiştir.

İstatistiksel sistemin, sözcüklerin gerçek etiketlerinin bilindiği durumda başarılı olduğu gösterilmişse de, bu etiketlerin bilinmediği durumlarda peş peşe kullanılan doğal dil araçlarının her birinden kaynaklanan hataların birikmesi dolayısıyla başarımları düşmektedir. Bu nedenle, araçlara en alt düzeyde gerek duyan, çift yönlü LSTM birimlerinin alt sözcükleri işlemesine dayanan bir yapay sinir ağı yöntemi önerilmiştir. Eğitilmiş sözcük vektörleri kullanan önceki yöntemlerin tersine, önerilen yöntem alt sözcükleri çeşitli fonksiyonlarla birleştirerek sözcük vektörü oluşturmaktadır. Var olan birleştirme yöntemleri biçimbirimsel farklılıkları göz önüne almamaktadır. Bu nedenle yapım ve çekim eklerinin ayrı ayrı birleştirildiği farklı bir yöntem sunulmuştur. Alt sözcük birimleri ve birleştirme fonksiyonları sistematik olarak analiz edilerek, etkileri ölçülmüştür.

- Yalnızca karakter bilgisi kullanan modellerin, zayıf üretme yetenekli diller için biçim bilimsel bilgi kullanan modellerle benzer sonuçlar verdiği fakat üretim bakımından zengin dillerde biçim bilimsel bilginin başarımlarını en az %3 F1 puan artırdığı,
- Önerilen birleştirme yönteminin öncekilerden daha başarılı olduğu gösterilmiştir.

Alt sözcüklerin AGÇ için tamamlayıcı özellikleri öğrenip öğrenmediğinin sınanması için birden çok alt sözcük sınıfı çeşitli tekniklerle birleştirilmiştir. Karakter ve karakter üçlülerinin birleştirilmesinin her durumda başarımlarını artırdığı gözlemlenmiş, ancak biçim bilimsel bilginin karakterle birleştirilmesinin, üretken dillere katkı sağlamadığı görülmüştür. Bu bulgu, karakter modellerinin, söz konusu diller için, zaten biçim bilimsel modellerde olmayan herhangi bir

bilgiyi yakalayamadığını düşündürmektedir. Son



Şekil 2: "köyleri boşaltma" ve "köylere dönme" olaylarının farklı bağıllık ağaçlarıyla gösterimi

olarak, çalışmanın tüm kaynakları araştırmacıların Türkçe dili üzerinde çalışmasını özendirmek amacıyla erişilir biçimde tüm araştırmacılara sunulmuştur.

2.Anlam Sunum Dilleri

Bir oluşu veya olayı açıklamanın birden fazla yolu vardır. Örneğin Şekil-1'de köyleri boşaltma ve köylere dönme ana olaylarının dört farklı şekilde anlatımı olduğu gösterilmiştir. Bu dört tümce, aslında aynı şeyi anlatmaktadır. Bilgisayarlara, bu farklı biçimlerin aslında aynı anlama denk geldiğini gösterebilmek için, bu biçimleri simgelerle göstermek gerekir. En gelişmiş dil araçlarından biri olan bağıllık ayrıştırıcılar bile, Şekil-1'de görüldüğü üzere tüm tümceler için çok farklı ağaçlar üretmektedir. Dolayısıyla yalnızca bağıllık ağaçlarına bakarak, anlamların benzerliğine karar vermek olanaklı değildir. Bu nedenle Anlam Sunum Dilleri (Meaning Representation Languages) oluşturulmuştur. Bu diller ana yapıları açısından birinci dereceden mantık (first order logic) [1], anlamsal ağ (semantic network) ve anlamsal çerçeve (semantic frames) tabanlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu çalışmada, söz diziminden aktarımı, diğerlerine oranla daha kolay olan anlamsal çerçeve tabanlı diller kullanılmıştır.

Çalışmada sıkça kullanılan bazı terimler aşağıda tanımlanmıştır:

Baş sözcük: Sözcüğün görüldüğü biçiminin, anlamsal açıklamasına çevrilmesi için kullanılır. Ad ve eylem soylu sözcükler için kullanılır. Örneğin buldum, bulundu, bulunan sözcüklerinin baş sözcüğü bul'dur.

Anlamsal Çerçeve: Her baş sözcük için tanımlıdır ve birden fazla olabilir. Genellikle, baş sözcüğün dildeki tüm farklı anlamları için ayrı bir çerçeve oluşturulur. Her çerçeve bir eylem veya oluşu karşılar. Çerçeve eylemin tanımı verilir ve eylemin sıklıkla görülen paydaşları/öğeleri, anlamsal görevleriyle beraber tanımlanır.

Sözce: Baş sözcüklerin sıralı listesinden oluşan eser. Her baş sözcüğün anlamsal çerçevelerini içerir.

Anlamsal Görev Çözümlemesi (AGÇ): Anlamsal görev çözümlemesi, sırasıyla;

- 1- Tümcedeki eylem nitelikli sözcüklerin saptanması,
- 2- Bu sözcüklerin sözce içerisindeki uygun anlamsal çerçeveyle eşleştirilmesi,
- 3- Eylemin paydaşlarının saptanması ve
- 4- Paydaşlara anlamsal görev atanması işlerinin toplamına denir.

Yüklem: Bu bölüm boyunca eylem içeren tüm sözcüklere yüklem denilecektir. Yüklem, yüklem (bul, yaptım, edildi vb.), yüklemden türemiş ad soylu sözcük (bulunmuş, yapmak, edilen vb.) ya da ad soylu sözcüklerden türemiş eylemler (havalandırdı, kalabalıklaştı vb.) olabilir.

Farklı anlamsal çerçeve kuramları bulunmaktadır. Anlamsal görevler ve çerçevenin içeriği, kullanılan kurama göre farklılık gösterir. Bunların başlıcaları FrameNet (FN) [2], VerbNet (VN) [3], Abstract Meaning Representation (AMR) [4] ve PropBank (PB) [5]'tir. PropBank ya da diğer adıyla Önerme Veri Tabanı, aşağıdaki üstünlükleri nedeniyle bu çalışma için seçilmiştir:

Genelleştirilmiş anlamsal görev tanımlarına sahiptir. FN ve VN ise neredeyse her eyleme özel anlamsal görev tanımlar. Bu durum kaynağın oluşturulmasını ve ileride görevlerin çözümlenmesini zorlaştırır.

Esnekliği nedeniyle, yayınlardaki en çok kullanılan kuramdır. Öyle ki, birçok farklı dil ailesinden dil için (İngilizce, Hintçe, Çince, Arapça, Fince, Portekizce) oluşturulmuş [6,7,8,9,10]; AGÇ yarışmalarının yapıldığı konferansların tercihi olmuş ve yeni oluşturulan (AMR gibi) kuramların da altyapısını oluşturmuştur [11].

Şekil-1'e geri dönecek olursak, ÖVT anlamsal çerçeveleri kullanarak şekildeki dört farklı tümce için Çizelge.1'de gösterilen iki anlamsal çerçeveyle gösterilecektir. Böylelikle aynı anlamdaki tümceler,

farklı söz dizimi yapılarına karşın, aynı anlam gösterimleri olacaktır.

Çizelge-1: Ortak Paydaşlar ve Anlamsal Görevleri

Boşal.01: Boş duruma gelmek	Dön.02: Geri gelmek
Boşalan:köyler	Dönülen yer: köyler

Ortak paydaşlara ek olarak, fazladan bilgi içeren tümceler için de bilgiler yine paydaşlar ve anlamsal görevleriyle tanımlanacaktır. Örneğin Şekil-1 içindeki (b) tümlerinde boşalma yüklemimin paydaşı olan geçen sene, eylemin olduğu zaman anlamsal göreviyle etiketlenenecektir.

2.1 Sorunun Tanımı

Bu çalışmadan önce Türkçe için anlam sunum dilleri kullanılarak hazırlanmış herhangi bir kaynak yoktur. Dolayısıyla AGÇ'nin gerçekleştirilebileceği bir derlem de mevcut değildir. Yayınlarda bu kaynakların oluşturulması için kullanılan genel yaklaşım şu şekildedir. Önce dil uzmanları elle baş sözcükler için anlamsal çerçeveleri tanımlarlar. Sonra, derlemdeki tüm eylemler ve paydaşları yine dil uzmanları tarafından elle tek tek saptanıp, anlamsal görevleriyle etiketlenirler. Tüm bu işlemler uzmanlar tarafından elle yapıldığı için büyük bütçe, uzun zaman ve çok dil uzmanı gerektirir. Diğer bir seçenek yöntem de, kaynakları bol olan dillerden, kaynakları kısıtlı dillere etiket aktarmaktır [12]. Fakat aktarma sırasında, çeviri yanlışları, koşut derlem eksikliği, yüklem uyumsuzluğu ve hizalama sorunları nedeniyle zorluklar yaşanmaktadır. Dolayısıyla iki yöntem de Türkçe için uygun değildir [13].

Yukarıdaki sorunlar göz önüne alındığında, uzmanların en az sayıda kullanılacağı, ana dili Türkçe olan fakat dil uzmanlığı olmayan ve imeci olarak adlandırdığımız kişilerden ise en yüksek katkı sağlayabileceğimiz bir iş modeline gerek olduğu görülmektedir. Böylelikle, küçük bütçe, kısa zaman ve az sayıda dil uzmanıyla, kaliteli bir veri tabanı oluşturulabileceği değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen iş modeli Şekil-2'de gösterilmiştir. Bu şekilde, uzmanlardan yalnızca yüksek düzeyde dil bilgisi gerektiren çerçeveleme ve imecilerin yanlışlarını düzeltme aşamalarında yararlanılacaktır. Eylem

anlamını ve sözcüklerin anlamsal görevlerini seçenekler arasında seçme işlemleri için imecilerden yararlanılacaktır.

Son olarak, Şekil-2'de oluşturulan etiketli derlemde makine öğrenmesi yöntemlerinin eğitilmesi gerekmektedir. Yayınlarda sıklıkla kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri genellikle İngilizce, Çince gibi biçim bilimsel açıdan fakir fakat eğitim veri boyutu bakımından zengin diller için geliştirildiğinden Türkçe AGÇ'ye uygun değildir. Bu nedenle çalışmada

- Türkçeye uygun kullanışlı, yüksek kaliteli ve geniş kapsamlı bir ÖVT oluşturulmuştur.
- Türkçe tümcelerin anlamsal görev çözümlenmesini yapan yüksek başarımlı bir yöntem geliştirilmiştir.

3 Türkçe Önerme Veri Tabanının Oluşturulması

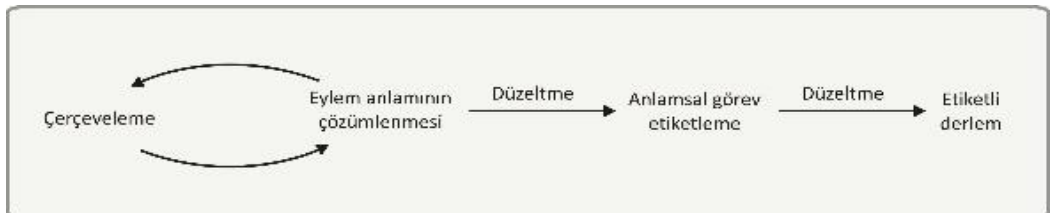
ÖVT temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır:

- 1-Çerçeveleme (Framing),
- 2-Derlemin, eylem anlamları ve anlamsal görevlerle etiketlenmesi,
- 3-Anlamsal Görev Çözümü

3.1 Çerçeveleme

Eylemlerin çerçevesi, eylemlerin seçilen anlamsal çerçeve kuramına uygun olarak, tüm anlamlarının tanımlanması ve her anlam için gerekli anlamsal rollerin eklenmesinden oluşmaktadır. Anlamsal çerçevelerin oluşturulması, kullanılan anlamsal çerçeve kuramına bağlı olarak az da olsa değişiklik gösterebilir. Çerçeveleme eylemlere karar verdikten sonra, ÖVT kuramına göre uzmanlar tarafından izlenen adımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Çerçevelemek istenen eylemi içeren çok sayıda tümcenin incelenmesi,



Şekil-3: Önerme Veri Tabanını oluşturma iş akışı

2. Tümcelerde sıkça karşılaşılan farklı anlamların saptanması,
3. Her anlam için, sık karşılaşılan paydaşların belirlenmesi; bu ortak paydaşların sıfırdan başlayarak önerme veri tabanı etiketleme kılavuzuna göre sırayla belirlenmesi.
4. Her anlamsal çerçeve için etiketli örnek tümcelerin oluşturulması.

Çalışma eylemi için oluşturulan üç farklı çerçeve, örnek olarak Şekil-3'te gösterilmiştir.

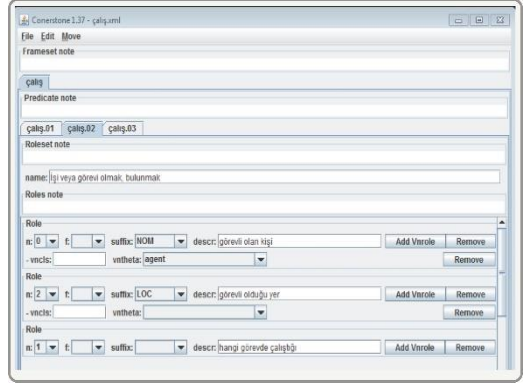
Roleset id:	çalış.01	emek harcamak
Roles:		
Arg0:	emek harcayan kişi	NOM
Example:	Çalışan ilerler, yerinde kalmaz.	
Roleset id:	çalış.02	İşi veya görevi olmak, bulunmak
Roles:		
Arg0:	görevli olan kişi	NOM
Arg1:	hangi görevde çalıştığı	NOM
Arg2:	görevli olduğu yer	LOC
Example:	Artık diğer otellerde kaç kişi çalışıyor hesaplayın. Arg0: kaç kişi Arg2: diğer otellerde ArgM-DIS: Artık	
Roleset id:	çalış.03	Bir şeyi öğrenmek ya da yapmak için uğraşmak
Roles:		
Arg0:	emek harcayan kişi	NOM
Arg2:	emek harcadığı şey	DAT
Example:	Üç senedir piyano çalmaya çalışıyor. Arg2: piyano çalmaya ArgM-TMP: Üç senedir	

Şekil-4: Çalışma eylemi için oluşturulan örnek çerçeveler

Çerçeveleme işlemi sırasında ele alınan konular ve gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda açıklanmıştır:

Araç: Türkçede anlamsal görevler, adın durumlarıyla yakından ilişkilidir. Bu nedenle çerçevelerin oluşturulması için açık kaynak kodlu bir araç [14], adın durumları da çerçeveye eklenecek biçimde zenginleştirilerek kullanılmıştır. Bu araç Şekil-4'te gösterilmiştir.

Eylem ve Anlamlarına Karar Verilmesi: Diğer dillere ilişkin önerme veri tabanlarında herhangi bir eylemin çerçevesi gerektiğine karar vermek gerekli değildir. Bunun nedeni derlemlerin yeteri kadar büyük olması ve derlemdeki eylemlerin kapsamının geniş olmasıdır. Türkçe derlem boyut olarak küçük olduğundan kapsamlı bir veri tabanı için TDK tarafından sağlanan tüm eylem kökleri çerçevesiz olarak belirlenmiştir. TDK'nın listesinde bulunan 759 eylem köklerinin kullanımları, TNC üzerinde sorgulanarak, az kullanılan eylemler saptanmış ve eleştirilmiştir. Sonuç



Şekil-5: Çerçeveleme aracı

olarak ilk aşamada yalnızca 385 eylem kökü çerçevesiz olarak belirlenmiştir. Eylem için kaç farklı anlam çerçevesi tanımlanacağına karar vermek için kullanılan ilke şöyledir:

- Farklı anlamsal çerçevelerin farklı sayıda paydaşları olmalıdır,
- Aynı sayıda paydaşları olduğu durumda da paydaşların anlamsal görevleri birbirinden farklı olmalıdır.

Bu nedenle bir anlamsal çerçeve genellikle birden fazla TDK anlamının birleştirilmiş biçimi gibidir. Yabancı dillerden alınmış eylemler ve deyimler için daha ayrıntılı bir karar aşaması gerekmektedir.

Paydaşlar ve Anlamsal Görevleri: Anlamsal çerçevelerdeki paydaşlara karar verilirken de benzer şekilde, uzmanlar tarafından belli bir sıklığın üzerinde ortak olarak kullanılan paydaşlar belirlenmiş ve bunlar sıfırdan başlayarak çerçeveye eklenmiştir. Paydaşlar argüman olarak da anılmaktadır. İki tür paydaş tanımlanır:

- İlk eyleme özel, eylemin numaralı paydaşlarıdır;
- İkinci ise, eylemler tarafından paylaşılan geçici görevlerde kullanılanlardır.

Paydaş numaraları her zaman aynı anlamsal görevi göstermek için kullanılsa da genellikle Çizelge-2'deki gibi kullanılırlar. Tanımlanan geçici anlamsal görev listesi de Çizelge-3'te verilmiştir.

Çizelge-2: Numaralı Paydaşların Genellikle Eşleştirildiği Konusal Görevler

Paydaş	Konusal Görev
Arg0 – P0	yapıcı, kılıcı, deneyimleyen, hisseden
Arg1 – P1	eylemden birebir etkilenen nesne/kişi, konu
Arg2 – P2	yararlanan, enstrüman/araç-gereç, alıcı
Arg3 – P3	kaynak, eylemden yararlanan, enstrüman/araç-gereç
Arg4 – P4	hedef, varış yeri

Çizelge-3: Geçici Anlamsal Görev Kodları ve Açıklamaları

Kodu	Açıklaması
A	Ettirgen eylemlerdeki yaptırın, ettiren vb
COM	Kiminle (Kardeşimle, NATOyla, onlarla)
LOC	Nerede (mahallede, konuşmasında, hayalinde)
DIR	İzlediği yol (patikadan)
GOL	Amacı, bitiş noktası (Eve, odaya vb.) ya da faydalanan (annem için, arkadaşşıma vb)
MNR	Nasıl (hızlıca, güzel, yavaş, yapıp, koşup vb)
EXT	Miktarı (yüzde elli), (az, çok, biraz), (benden fazla) vb.
PRD	Yan cümlecik (.olarak, ... olmak üzere vb...)
CAU	Nedeni ya da kaynağı (yüzünden, onun için, dağdan vb)
DIS	Tümce başındaki Bağlaç (Ayrıca, Fakat, Buna rağmen vb.) ya da Seslenme (Allahım, duy sesimi)
NEG	Olumsuzluk anlamı ekleyici (Hiçbir zaman, asla, değil, yok, hiç)
LVB	Yardımcı eylem elemanı (mezun olmak'taki mezun, hayal etmek'teki hayal vb...)
TMP	Ne Zaman (Eylül, Pazartesi), Ne Sıklıkla (her zaman, bazen), Kaçınıcı (ilk, son) ya da Ne kadarlığına (bir aylığına)
ADV	Tüm tümceyi etkileyen, diğer tanımlara uymayan zarflar (Mutlaka, muhtemelen vb...)
TWO	Eylem ikilemesi (yapıp yapıp, bakıla bakıla, ister istemez, olursan ol, vb...)
INS	Ne ile (uçakla, gözleriyle, çekiçle vb...)

Ad soylu sözcüklerden türeyen eylemler: Bu sözcüklerin kökü ad soyludur ve sayılarının çok olması nedeniyle adların baş sözcük olarak kullanılması uygun değildir. Bu nedenle, bu sözcükleri göstermek için üç farklı ek-baş sözcüğü tanımlanmıştır: x1A, x1Aş ve x1An. Burada x, ad soylu sözcüğe karşılık gelirken, A sembolü a veya e harfi için kullanılır. Örneğin sessizleşmek eyleminde x, “sessiz”i sembolize ederken, 1Aş, “leş” ekini belirtir. x1A ve x1An ile temsil edilen eylemlere örnek olarak da “yara-la” ve “yara-lan” eylemleri verilebilir.

İstatistikler: Çizelge-4’te kaç baş sözcüğün, kaç farklı anlamsal çerçeveye sahip olduğuna ilişkin istatistik değerler verilmiştir. Çizelge-4’e göre toplam 773 baş sözcük için, 1285 farklı anlamsal çerçeve oluşturulmuştur. Baş sözcüklerin yaklaşık %75’i (583/773) tek çerçeveye sahiptir. Baş sözcükler için ortalama çerçeve sayısı ise 1,66’dır. Çizelge-5’te ise, numaralı paydaş sayıları ve baş sözcük sayıları istatistiği verilmiştir. Buna göre, bir çerçevedeki ortalama numaralı paydaş sayısı 2,11’dir.

Çizelge-4: Çerçeve sayısı-na karşılık gelen baş sözcük sayısı

Çerçeve sayısı	Baş sözcük sayısı	Çerçeve sayısı	Başsözcük sayısı
1	583	9	2
2	113	11	1
3	40	12	1
4	10	13	2
5	6	18	2
6	4	26	2
7	2	61	1
8	4		

Çizelge-5: Numaralı paydaş-Baş sözcük sayıları

1 numaralı	2 numaralı	3 numaralı	4 numaralı	5 numaralı	6 numaralı
210	750	303	17	4	1

3.2 Derlemin, Eylem Anlamları ve Anlamsal Görevlerle Etiketlemesi

Tümce içerisinde geçen eylemlerin hangi anlamda kullanıldığını belirlemek ya da sözcüğün eylemle ilişkisini belirlemek için dil uzmanlarına gerek yoktur. Bu nedenle, bu iş büyük oranda ana dili Türkçe olan fakat özel bir dil uzmanlığı olmayan insanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun için imece topluluklarına belli bir ücret karşılığında etiketleme gibi basit işler yaptırılabilen, “crowdsourcing” platformları kullanılmıştır.

İmece yöntemiyle imleme yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Bunların en önemlisi imleme kalitesini belli bir seviyenin üzerinde tutabilmektir. Bu çalışmada kalite kontrolü şu üç ilkeyle sağlanmıştır:

- İmeciler, gerçek işlemeye başlamadan önce kısa sınava çekilmişlerdir. Sınavı geçemeyenler imece topluluğuna alınmazlar.
- Gerçek işe başladıktan sonra da imecilerin başarımları sürekli olarak ölçülür. Başarımları belli bir eşik değerinin altındaysa topluluktan çıkarılırlar.
- Yanıldıkları sorulardan sonra, doğru yanıt ve açıklamasını görürler. Böylelikle aynı yanlışları yinelenmemeleri beklenir.

Bu ilkeler, işi imece topluluklarına teslim etmeden önce, toplam soruların %10'luk kısmının sınama sorusu olarak hazırlanması ile sınınmıştır.

Hem eylem anlamlarının etiketlenmesi hem de anlamsal görevlerin etiketlenmesi işlerinde benzer kurallar kullanılmıştır. Bu kurallar şöyledir:

- Her soru, en az üç farklı kişi tarafından cevaplanmıştır.
- Her sayfada biri sınama sorusu olmak üzere, beş soru gösterilmiştir.
- Sayfa başına 5 USD senti ödenmiştir.
- İmecilerin, göreve katılabilmeleri için ana dillerinin Türkçe olması gerekmektedir
- Başarı eşik düzeyi %70 olarak belirlenmiştir. Katılımcıların başarı (güvenilirlik) düzeyleri doğru ve yanlış yanıtladıkları sınama sorularının sayılarına göre ölçülmektedir.

Eylemin anlamını imlemek için katılımcılara gösterilen arayüz Şekil-5'te gösterilmiştir. Önce imlenmesi istenen eylem ve kullanıldığı tümce verilir ve sonra imleyicilerden eylemin tümcedeki anlamına en yakın anlam tanımını seçmesi istenir. Bir önceki kesimde tanımlanan önerme veri tabanından eyleme karşılık gelen baş sözcük için hazırlanmış tüm anlam çerçeveleri ve örnek tümceler, kullanıcının anlayacağı biçime çevrilir ve seçenek olarak gösterilir. Son olarak, anlam çerçevesinin bulunmadığı durumlar için önlem olarak "Hiçbiri" seçeneği eklenir.

Eylem anlamını imleme işlemi sonucunda, 68 saatte toplam 5855 eylem etiketlenmiş (yalnızca bir anlamsal çerçeveye sahip eylemler işe katılmamıştır); 39 ilden 100'den fazla katılımcı işe katılmış; toplamda 277 USD ödenmiştir.

İş bitiminde, katılımcıların üzerinde uzlaşmadığı veya "Hiçbiri" seçeneğini seçtiği sorular uzmanlar tarafından incelenmiş ve nedenleri şöyle açıklanmıştır:

Eylem : gir

Tümce: Onun garip çekimine girmişimdir artık.

Lütfen en yakın anlamı giriniz: (gerekli alan)

- Dışarıdan içeriye girmek (Birlikte okuldan içeri giriyoruz, ben topallıyorum.)
- Sığmak (Elim bu eldivene girmiyor.)
- Katılmak (Bugün edebiyat sınavına girdim.)
- Erişmek (Yaş olarak) (Yirmisine girdi.)
- Karışmak, eklenmek (Devreye girmek, araya girmek.)
- Bir duruma geçmek (Şoka girdim.)
- Hiçbiri

Şekil-5: Eylem anlamı işaretleme arayüzü

- Biçim bilimsel çözümleme yanlışından kaynaklanabilir. Örneğin sokulma eyleminin baş sözcüğünün sok olarak saptanması ve katılımcılara yanlış anlamsal çerçeveler gösterilmesi,
- Önerme veri tabanında olmayan anlamsal çerçeveye sahip eylemlerin varlığından kaynaklanabilir,
 - Değişmece kullanımların neden olduğu karışıklıklardan olabilir.

Bu yanlışlar uzmanlar tarafından düzeltilmiş, gerekli anlamsal çerçeveler önerme veri tabanına eklenmiştir.

Sözcüklerin anlamsal görevleri ile etiketlenmesi için hazırlanan arayüz de Şekil-6'da gösterilmiştir.

Katılımcılara öncelikle etiketlenmesi istenen tümce, önceden anlamını imlediğimiz eylem ve imlenmiş bir örnek tümce gösterilir. Sonra da anlamsal görevi bulunmak istenen sözcük gösterilir. Katılımcılar öncelikle sözcüğün eylemle ilişkili olup olmadığına karar verir. Daha sonraki aşamada, öncelik eyleme özgü temel numaralı paydaşlardan biri olup olmadığına karar vermektedir. Eğer temel görevlerden birinde değilse, eylemlerin paylaştığı geçici görevlerden en uygununu seçmeleri beklenir.

Çalışmanın sonucunda, 276 saatte, 351 USD ödenerek 20060 adet paydaş, 400'den fazla katılımcı tarafından anlamsal görevleriyle etiketlenmiştir.

Bir önceki işe benzer şekilde, katılımcıların uzlaşmadıkları soruların yanıtları uzmanlar tarafından düzeltilmiştir. Son olarak derlemin etiketleme kalitesini ölçmek için çeşitli uzlaşma ölçütleri kullanılarak, uzlaşma oranları ölçülmüştür.

Tümce: Bismillah, özgürlükler gitti elden.

Eylem: Cümledeki 1. Git

(İmlenmiş Örnek 1)

Tümce: Gemiiler ve saray hepsi gitti.

Eylem: gitti

yok olan şey: Gemiiler ve saray hepsi

Lütfen tümceyi eylemle ilişkisi için en uygun açıklamayı seçiniz.

... Özgürlük (gerekli alan)

Eylemle ilişkili değil

Temel ilişkilerden biridir:

Yok olan şey

Yukarıdakilerden biri değilse

Ettirgen eylemlerdeki yaptırılan, ettiren vb.

Kiminle (Kardeşimle, NATO'ya, emarla)

Nerede (mahallede, konuşmasında, hayalimde)

İzlediği yol (patikadan)

Armacı, bitiş noktası (Eve, odaya vb.) Ya da faydalanılan (anırım için, arkadaşımıza vb.)

Nasıl (hızca, güzel, yavaş, yapış, koşup vb)

Miktarı (yüzde ellii), (az, çok, biraz), (benden fazla) vb.

Yan tümceciği (... Olarak, ...olmak üzere vb.)

Nedeni ya da kaynağı (yüzünden, onun için, dağdan vb)

Tümce bağındaki bağlaç (Ayrıca, fakat, buna karşın vb) ya da seslenme (Allahım, duy sesimi)

Olumsuzluk anlamı ekleyici (Hiçbir zaman, asla, değil, yok, hiç)

Yardımcı eylem ögesi (mezun olmak'taki mezun, hayal etmek'teki hayal vb)

Ne zaman (Eylül, pazartesi) ne sıklıkta (her zaman, bazen), kaçınıcı (ilk, son) ya da ne kadariğine (bir aylığına)

Tüm tümceyi etkileyen, diğer tanımlara uymayan belirteçler (mutlaka, olasılıkla)

Eylem ikilemesi (yapıp yapıp, bakıla bakıla, ister istemez, olursan ol, vb)

Ne ile (uçakla, gözleriyle, çekilce vb.)

Şekil-6: Sözcüklerin anlamsal görevlerinin işaretlenmesi örneği

Uzman-İmleyici Uzlaşması: Bu uzlaşma değeri, uzmanlar tarafından hazırlanan sınama soruları üzerinde Cohen'in Kappa Ölçütü kullanılarak 0,936 olarak ölçülmüştür.

İmleyicilerin kendi aralarındaki uzlaşma: Bu uzlaşma, sınama soruları dışında kalan 18000 soru için Fleiss'in Kappa Ölçütü ile 0,65 olarak ölçülmüştür. Bunun dışında tüm etiketli derlem üzerinde bulma, tutturma ve F1 değerleri sırasıyla 0,906, 0,908 ve 0,907 olarak hesaplanmıştır. Anlamsal görevler için ayrı ayrı uzlaşma değerleri ölçülmüş ve eyleme özgü numaralı paydaşların etiketlenmesinde uzlaşma düzeyinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Daha sonra anlamsal görevlerin hata matrisi hesaplanmış ve en çok karıştırılan görevlerin numaralı ve geçici görevler olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, bazı numaralı görevlerin tanımının (git.01 - Arg2: gidilen yer), geçici görevlerle (AM-GOL: hedef) benzer tanımlara sahip olmasıdır. Katılımcılara, önceliğin temel görevler olduğu söylenmişse de bazı durumlarda yönergeler uymadıkları görülmüştür.

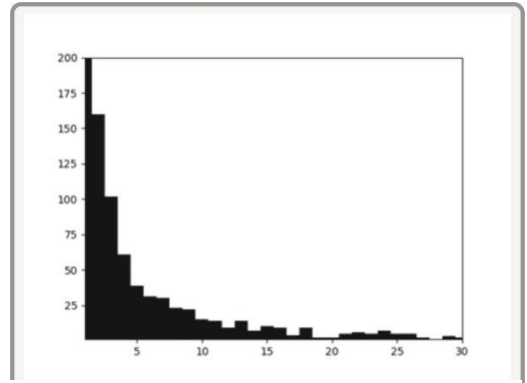
Derlem İstatistikleri: Tüm anlamsal katman etiketlemeleri, İTÜ-ODTÜ-SABANCI Ağaç Yapılı Derlemi (IMST) üzerinde yapılmıştır [15,16,17,18].

Eğitim, geliştirme ve sınama parçaları için tüm değerler Çizelge-6'da verilmiştir.

Çizelge-6: IMST Üzerindeki Anlamsal Katman İşaretlemeleri İstatistikleri

	Eğitim	Geliştirme	Sınama	Toplam
Tümce sayısı	3947	844	842	5633
Sözcük sayısı	39444	8627	8330	56401
Andaç sayısı	44034	9687	9337	63058
Eylem sayısı	8151	1834	1757	11742
Başsözcük türü sayısı	634	356	333	685
Çerçeve türü sayısı	960	504	506	1052
Paydaş sayısı	14778	3241	3180	21199

Şekil-7'de verilen anlamsal çerçeve histogramına göre, çerçevelerin büyük çoğunluğu eğitim verisinde 5'ten az defa görülmüştür.



Şekil-7: Eğitim seti üzerinden çıkarılan anlamsal çerçeve histogramı

3.3 Anlamsal Görev Çözümlemesi

Anlamsal Görev Çözümlemesi (AGÇ) için izlenen yöntem genellikle AGÇ'yi önceki kesimde anlatılan 4 bölüme ayırıp, her biri için birbirinden bağımsız yerel sınıflandırıcılar eğitmektir. Bu bölümler sırasıyla

- Eylemi Saptama (ES),
- Eylem Anlamı Atama (EA),
- Paydaş Tespiti (PT),
- Anlamsal Görev Atama (AGA)'dır.

Geleneksel olarak derleme beraber eylemler de verildiğinden, ES parçası genellikle es geçilir. Diğer alt işler için ise, alt işe ve dile özgü nitelikler çıkarılıp, eğitim verisi üzerinde lojistik regresyon sınıflandırıcı

eğitilir. Dolayısıyla geleneksel yöntemler kullanıldığında, başarılı bir AGÇ için en önemli aşama, etkin niteliklerin belirlenmesidir.

Kullanılan Öznitelikler

Çalışmada kullanılan öznitelikler, Çizelge-7 ve Çizelge-8'de kabaca verilmiştir. Çizelge-8'deki sözcük vektörleri, AGÇ'den önce büyük bir Türkçe derlem üzerinden öğrenilmiştir.

Çizelge-7: Kullanılan ayırık nitelikler

Sözcüsel	Sözcüğün görülen formu (sözcük), sözcük köktü
Konumsal	Sözcüğün yeri (eylemle arasındaki mesafe gibi)
Biçimbirimsel	Biçimbirimsel analiz sonuçları, çatı ekleri, sözcüğün aldığı ismin halleri ekleri vb.
Sözdizimsel	Sözcük tipi (POS), Bağlılık etiketi, Bağlılık ağacı patikası
Anlamsal	Tahmin edilen eylem anlamsal çerçeve numarası

Çizelge-8: AGÇ tarafından kullanılan Dağıtık/Vektörel nitelikler

Sözcük Vektörü-Paydaş	\vec{a}
Sözcük Vektörü-Eylem	\vec{p}
Sözcük Vektörü-Bileşim	$\vec{a} + \vec{p}$
Sözcük Vektörü-Ortalama	$\sum_j \vec{w}_j$
Sözcük Vektörü-Bağlılık Ağacı Patikası	$\sum_{w \text{ ebağlılık ağacı patikası}(a,p)} \vec{w}$

4.Sonuçlar

LR algoritması ve farklı öznitelikler kullanılarak, AGÇ sonuçları, CoNLL-09 "Shared Task" (Yarışma) tarafından katılımcılara dağıtılan F1 değerini hesaplayan eval09.perl betiğiyle hesaplanmıştır. Özet sonuçlar Çizelge-9'da verilmiştir.

Çizelge-9: AGÇ F1 Değerleri

Kullanılan Nitelik Kümesi	Adımlar	EA	PT+AGA	Genel
Temel		81,10	70,32	74,21
+Adın durumları	EA,PT,AGA	82,34	74,99	77,67
+Çatı Ekleri	EA,PT,AGA	82,34	75,68	78,11
+Dağıtık Nitelikler	AGT	82,34	77,36	79,19

Çizelge-9'un ilk satırda gösterilen temel nitelikler, çoğu dil tarafından ortak olarak kullanılan, dile özgü

olmayan nitelikleri göstermektedir. Yalnızca bu nitelikler kullanıldığında bile, 75 F1 değerine yakın bir sonuç elde edilmiştir. Başarım üzerindeki etkili niteliklerden biri adın durumları niteliği olmuştur. Bu da Türkçenin yapısı göz önüne alındığında beklenen bir sonuçtur. Sözcük vektörlerine dayalı nitelikler kullanmak, eğitim verisinin azlığından kaynaklanan, seyrek nitelik verisi sorununun çözümüne katkı sağlamış ve genel sonuçları artırmıştır. Bunlara ek olarak, nitelik takımları ve eğitim verisi boyutlarıyla farklı deneyler tasarlanmış ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Biçim anlamsal nitelikler (ör: ismin halleri), Türkçe AGÇ için oldukça önemlidir,
- Eylem anlamı atama (EA) başarımı, eğitim verisinin boyutuna PT ve AGT işlerinden daha bağımlıdır. Diğer bir deyişle, daha fazla eğitim verisi sağlandığında, EA başarımının diğerlerine oranla daha hızlı artması beklenmektedir,
- Eğitim verisinin %60'ı ve iyi tasarlanmış niteliklerle, paydaş tespiti ve bunlara anlamsal görev ataması işi kabul edilebilir derecede başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir,
- Başarılı bir sistem için en azından söz dizimsel seviyeden (özellikle bağlılık ağacından) niteliklere gerek vardır.

Hata Analizi

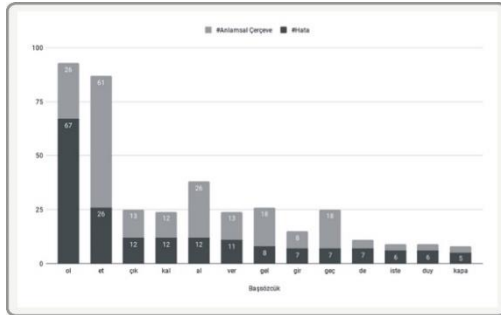
Eylemlere anlam atama için sözcük sınıfları ve yapılan hata oranları hesaplanmıştır. Sözcük türü ile sözcüğün türeyerek aldığı en son tür kastedilmektedir. Örneğin eylem kökünden, ad, önad ve sonra ad türeyorsa, sözcük türü ad olacaktır. Sonuçlar Çizelge-10'da verilmiştir.

Çizelge-10: EA Sözcük Sınıfına Göre Hata İncelemesi

Sözcük Türü	Yanlış	Doğru	Toplam	Hata Oran
Sıfat	58	201	259	0,22
İsim	68	285	353	0,19
Zarf	16	88	104	0,15
Fiil	161	880	1041	0,15
Toplam	303	1454	1757	0,17

Çizelge-10'a göre, en sık hata yapılan sınıflar önad ve ad türleridir. Baş sözcük türlerine göre daha ayrıntılı inceleme yapıldığında, hataların özellikle ol baş sözcüğü için yapıldığı görülmektedir, ve ol baş

sözcüğü sıklıkla ad ve önad olarak görülmektedir. Ayrıntılı inceleme Şekil-9'da verilmiştir.



Şekil-9: Eylemlere anlam atama için sözcük sınıfları ve yapılan hata oranları hesapları

Paydaşlara anlamsal görev atanması işinin hata incelemesi için, her anlamsal görevin F1 başarısı ayrı ayrı ölçülmüş, sonuçlar Çizelge-11'de verilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere, F1 değerleri, bir önceki kesimde anlatılan etiketleme uzlaşma değerleriyle paralellik göstermektedir. Örneğin yardımcı eylem ve eyleme özgü numaralı anlamsal roller (Arg0, Arg1,...,Arg4) makine tarafından yüksek başarıyla bulunurken, uzlaşma değeri düşük olan geçici/paylaşımli anlamsal görevler (AM-DIS, AM-COM) başarılı bir şekilde bulunamamış ve tutturulamamıştır.

Çizelge-11: Anlamsal Görev Umlarına Göre Başarım

B: Bulma, T: Tuturma, n: Paydaş sayısı

Anlamsal Görev	n	B	T	F1
AM-LVB	100	0,93	0,85	0,89
A1	1209	0,85	0,89	0,87
A0	567	0,81	0,79	0,80
A4	74	0,76	0,81	0,78
AM-NEG	11	1,00	0,64	0,78
AM-TMP	218	0,77	0,78	0,77
AM-LOC	138	0,71	0,81	0,76
AM-PRD	34	0,91	0,62	0,74
AM-MNR	208	0,70	0,75	0,73
A3	46	0,71	0,70	0,70
A2	201	0,72	0,66	0,69
A-A	23	0,71	0,65	0,68
AM-EXT	67	0,69	0,60	0,64
AM-TWO	13	0,58	0,54	0,56
AM-ADV	38	0,62	0,47	0,54
AM-GOL	57	0,59	0,47	0,52
AM-INS	22	0,53	0,45	0,49
AM-CAU	62	0,47	0,40	0,43
AM-COM	13	0,67	0,31	0,42
AM-DIS	27	0,53	0,30	0,38
AM-DIR	12	0,36	0,33	0,35
C-A1	20	0,00	0,00	0,00

Kaynakça

- [1] W.A. Woods, *Semantics for a Question-Answering System*, Ph.D. thesis, Harvard University, (1967)
- [2] C.F. Baker, C.J. Fillmore, J.B. Lowe, *The Berkeley Framenet Project, Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics-Volume 1*, Association for Computational Linguistics, pp.86–90. (1998)
- [3] K.K. Schuler, *Verbnet: a Broad-Coverage, Comprehensive Verb Lexicon*. (2005).
- [4] L. Banarescu, C. Bonial, S. Cai, M. Georgescu, K. Griffitt, U. Hermjakob, K. Knight, P. Koehn, M. Palmer, N. Schneider, *Abstract Meaning Representation (Amr) 1.0 Specification, Parsing on Freebase From Question-Answer Pairs*. In Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Seattle: ACL, pp.1533–1544. (2012).
- [5] M. Palmer, D. Gildea, P. Kingsbury, *The Proposition Bank: an Annotated Corpus of Semantic Roles*, Computational linguistics, 31(1), 71–106.(2005).
- [6] M. Palmer, R. Bhatt, B. Narasimhan, O. Rambow, D. M. Sharma, F. Xia, *Hindi Syntax: Annotating Dependency, Lexical Predicate-Argument Structure, and Phrase Structure*, Proceedings of the 7th International Conference on Natural Language Processing, ICON'09, 261—268. (2009).
- [7] N. Xue, M. Palmer, M. *Adding Semantic Roles to The Chinese Treebank*, Natural Language Engineering, 15(1), 143.(2008).
- [8] W. Zaghouni, M. Diab, A. Mansouri, S. Pradhan, M. Palmer, *The revised Arabic PropBank*, 10 Proceedings of the Fourth Linguistic Annotation Workshop, 222–226.(2010).
- [9] K. Haverinen, J. Kanerva, S. Kohonen, A. Missila, S. Ojala, T. Viljanen, V. Laippala, F. Ginter, *The Finnish Proposition Bank*, Language Resources and Evaluation, 49(4), 907–926.(2015).
- [10] M.S. Duran, S.M. Aluísio, *Propbank-Br: a Brazilian Treebank Annotated With Semantic Role Labels*, LREC. (2012).
- [11] J. May, *SemEval-2016 Task 8: Meaning Representation Parsing*, Proceedings of SemEval, 1063–1073. (2016).
- [12] A. Akbik, I. chiticariu, M. Danilevsky, Y. Li, S. Vaithyanathan, H. Zhu, *Generating High Quality Proposition Banks for Multilingual Semantic Role Labeling*, Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics,

- Association for Computational, Linguistics, Beijing, China, pp.397–407. 111(2015).
- [13] K. Oflazer, I.D. El-Kahlout, *Exploring Different Representational Units in English-to-Turkish Statistical Machine Translation*, Proceedings of the Second Workshop on Statistical Machine, (2007).
- [14] J.D. Choi, C. Bonial, M. Palmer, *Propbank Frameset Annotation Guidelines Using a Dedicated Editor*, Cornerstone., LREC.(2010).
- [15] N. B. Atalay, K. Oflazer, B. Say *The Annotation Process in the Turkish Treebank*. In Proceedings of 4th International Workshop on Linguistically Interpreted Corpora, LINC at EACL 2003, Budapest, Hungary, April 13-14, 2003.
- [16] U. Sulubacak, G. Eryiğit. *Implementing Universal Dependency, Morphology and Multiword Expression Annotation Standards for Turkish Language Processing*. Turkish Journal of Electrical Engineering Computer Sciences pages 1–23. 2018
- [17] U. Sulubacak, T. Pamay, G. Eryiğit. *IMST: A Revisited Turkish Dependency Treebank*. In Proceedings of the 1st International Conference on Turkic Computational Linguistics (TurCLing) at CICLing, Konya, Turkey, 2016.
- [18] K. Oflazer, B. Say, D. Z. Hakkani-Tür, G. Tür. *Building a Turkish treebank*. In *Treebanks*, Springer, pages 261–277. 2003.
- [19] G. G. Şahin, M. Steedman. *Character-Level Models versus Morphology in Semantic Role Labeling*. In Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL 2018, Melbourne, Australia, July 15 - July 20. Long Papers. 2018
- [20] G. G. Şahin, E. Adalı. *Annotation of semantic roles for the Turkish Proposition Bank*. Language Resources and Evaluation pages 1–34. 2017
- [21] G. G. Şahin, E. Adalı. *Verb Sense Annotation for Turkish PropBank via Crowdsourcing*. In Computational Linguistics and Intelligent Text Processing - 17th International Conference, CICLing 2016, Konya, Turkey, April 3-9, 2016, Revised Selected Papers, Part I. pages 496–506. 2016.
- [22] G. G. Şahin. *Framing of Verbs for Turkish PropBank*. In In Proceedings of 1st International Conference on Turkic Computational Linguistics, TurCLing. 2016.
- [23] G. G. İşgüder, E. Adalı *Using morphosemantic information in construction of a pilot lexical semantic resource for Turkish*. Proceedings of Workshop on Lexical and Grammatical Resources for Language Processing. 2014.
- [24] G. G. İşgüder, *Building of Turkish Propbank and Semantic Role Labeling of Turkish*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Ens. 2018