

Biçimbilimsel Çözümleme

Morphological Analysis

Gülşen ERYİĞİT

İTÜ Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi

gulsen.cebiroglu@itu.edu.tr

Özetçe

Doğal Dil İşleme'de, konuşulan dil öncelikle kayıtlı olduğu ortamdan düzgün yazılı bir metin haline dönüştürülür. Bu aşamada, dilin kayıtlı olduğu ortama göre (ses kaydı, sosyal medya, basılı yayınlar vb...) farklı işlemler kullanılması gerekebilir. Bunlardan başlıcaları sesden-metne çeviri, bölütleme ve metin normalizasyonu gibi işlemlerdir. Doğal dili düzgün bir yazılı metin haline çevirdikten sonra yapılacak en temel işlem aşaması sözcüklerin analizinin yapıldığı Biçimbilimsel Çözümlemedir. Bu yazıda, Biçimbilimsel Çözümleme'nin ne olduğu, kullanım alanları, insan beyninin bu konudaki yaklaşımı, bu konuda dünya dilleri ve Türkçe üzerine yapılan çeşitli çalışmaların ayrıntılı incelemesi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler

Biçimbilimsel Çözümleme, Morfoloji

Abstract

In natural language processing, the spoken language is first of all transferred into a well-written text from the media in which it is stored. In this stage, different procedures may be applied depending on the different medias(i.e. speech records, social media, publications). Some of these are speech-to-text systems, tokenization and text normalization. After transferring the natural language into a well-written text, the principal stage of processing is the analysis of the words, which we call Morphological Analysis. In this survey, we make a detailed investigation of the following issues: Morphological Analysis, its use cases, the approach of human brain into this problem, variant studies focused on morphological analysis of world languages and Turkish in particular.

Key Words

Morphological Analysis, Morphology

1. Biçimbilimsel Çözümleme Nedir?

Doğal Dil İşleme'nin en temel seviyelerinden biri olan biçimbilimsel çözümleme, bir sözcüğün yapısının bilgisayarlar tarafından otomatik olarak çözümlenmesi işlemidir. Biçimbilimsel çözümleme işlemi sonucunda bir sözcüğün en küçük anlamlı birimleri olan morfemlerin (biçimbirimlerin) bulunması ve sözcük yapısının çözümlenmesi hedeflenmektedir. Örneğin "arabalar" sözcüğünün gövdesinin "araba" olduğu ve bu sözcüğün çoğul eki almış bir isim olduğunun otomatik olarak belirlenmesi bir biçimbilimsel çözümleme işlemidir. İşlem sırasında, sözcüğü oluşturan morfemlerin birbirlerinden ayrılmasından yola çıkılarak, bu işleme aynı zamanda Biçimbilimsel Ayırıştırma adı da verilmektedir.

Bir çok doğal dilde, bir sözcüğün görülebileceği farklı biçimleri ve bu biçimlerin yapı bilgilerini listeyerek, gerektiğinde kullanmak bir biçimbilimsel çözümleme işlemi olarak yeterli kabul edilebilir. Örneğin İngilizce'de "araba" sözcüğünün tekil (*car*) ve çoğul (*cars*) hallerinin bir listede tutulması bu sözcüğün çözümlenmesinin yapılması için yeterli olarak görülebilir. Böylelikle, "You had been in the car." (arabaymışsınız) cümlesindeki "car" sözcüğünün çözümlenmesi kolayca yapılabilir. Ancak Türkçe gibi daha karmaşık bir biçimbilimsel yapıya sahip olan dillerde, sözcüğün olası tüm görülmüş biçimlerini listelemek gibi basit bir çözüm mümkün olamamaktadır. Aşağıda "arabaymışsınız" sözcüğünün çözümlenmesi verilerek bu durum örneklenmeye çalışılmıştır. Bu örnekte, her satırda sözcüğe ait alt parçalar gösterilmekte ve İngilizce'de bu parçalara karşılık düşen sözcükler verilmektedir.

Örnek:

Arabaymışsınız – *you had been in the car*

araba(isim) – *the car*

+da(ismin –de hali) – *in*

+ymış (-miş ekfil eki ile eyleme dönüşme) – *had been*

+sınız (2. çoğul kişi eki) – *you*

Yukarıdaki örnekte görüldüğü üzere, Türkçede tek bir sözcük, üzerine aldığı eklerle bir çok anlamı üzerinde taşımaktadır. Böylelikle, Türkçe bir sözcük kimi zaman başka bir dildeki bir bütün cümleye karşılık gelebilmektedir. Türkçe'nin zengin biçimbilimsel yapısı sayesinde, bir Türkçe sözcük yüzlerce farklı biçimde görülebilmektedir. Bu

biçimlerin hepsini üretmek ve bir listede saklamak imkansızdır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1) "araba" sözcüğünün, bazı farklı görülmüş biçimleri listelenmiştir. Bu tablodan da görülebileceği gibi, bu türemiş halleri daha da çoğaltmak mümkündür. Tek bir sözcük için üretilebilecek görülmüş biçimlerinin sayısı yüzlü rakamlara kolayca ulaşabilmektedir.

Tablo 1. Araba sözcüğünün bazı çekimli halleri

araba	arabalar	arabam	araban
arabası	arabamız	arabanız	arabaları
arabalarım	arabaların	arabaları	arabalarım
arabalarınız	arabayı	arabada	arabalarda
arabayım	arabadası	arabasinda	arabasind
arabayımı	arabasind	arabalarlak	arabandan

Biçimbilimsel ayırıştırma sonucunda birden fazla olası çözümleme ortaya çıkabilir. Örneğin "kalem" sözcüğünün, iki farklı çözümlenmesi vardır: 1. Yalın haldeki "kalem" sözcüğü, 2. '-m' 1.tekil kişi iyelik eki almış "kale" sözcüğü. Hangi çözümün doğru olduğuna ise ancak sözcüğün içerisinde yer aldığı bağlama bakılarak karar verilebilir. Örneğin "Bu kalem yazmıyor." cümlesindeki "kalem" sözcüğünün çözümlenmesi birinci şekilde, "Benim kalem yıkıldı." cümlesindeki ise ikinci şekilde çözümlenmelidir. Bu kararı vermek biçimbilimsel çözümleyicinin görevi değildir. Bir biçimbilimsel çözümleyiciden beklenen, bir sözcük için olası tüm çözümlenmeleri üretmesidir. Aşağıda üretilmesi beklenen örnek bir çıktı gösterilmektedir. Bu gösterimde her bir olası çözümleme "sözcük gövdesi + sözcük sınıfı + sözcük sınıfına ait ek özellikler" olarak gösterilmektedir. Her bir çözümlenmenin yanında parantez içerisinde ilgili çözümlenmenin geçerli olacağı örnek bir cümle verilmektedir.

Örnek: **çocukları**

çocuk+İsim+ Çoğul+ 3.tekil kişi iyelik
(Sevgi'nin çocukları Ayşe ve Mehmet geldiler.)

çocuk+İsim+ Çoğul+ -i hali
(Yeni gelen çocukları gördünüz mü?)

çocuk+İsim+ Çoğul+ 3. çoğul kişi iyelik
(Ayşe ile Mehmet'in çocukları Gökhan ile Sevgi'dir.)

çocuk+İsim+ Tekil+ 3. çoğul kişi iyelik
(Ayşe'nin çocukları Gökhan ile Sevgi'dir.)

2. Kullanım Alanları

Doğal dil işleme gerektiren birçok gerçek dünya uygulamasında biçimbilimsel çözümleyicilere ihtiyaç duyulur. Örneğin Türkçe, Macarca, Almanca, Rusça ve bunlara benzer karmaşık biçimbilimsel yapıya sahip birçok dil için arama motorları kullanılarak internette arama yapabilmek için aranan sözcüğün tüm çekimli hallerinin taranabilmesi gerekmektedir. İnternette herhangi bir arama motorunda “Rumeli Hisar Konserleri”, “Rumeli Hisarı Konseri”, “Rumeli Hisarı Konserleri” aramaları için bulunan sonuçların benzerlik göstermesi beklenmektedir. Bu tür bir uygulamada, sözcüklerin ayrıntılı biçimbilimsel çözümlerine ihtiyaç duyulmasa da, sözcüğün eklerinden arındırılması ve doğru sözcük gövdelerine ulaşılabilmesi gerekmektedir. Böylelikle internet sayfalarının doğru bir şekilde indislenmesi mümkün olabilmektedir.

Biçimbilimsel çözümleyicilere ihtiyaç duyulan bir diğer uygulama alanı da, doğru yazım denetimi yapan, yanlış yazılan sözcüklere yeni önerilerde bulunabilen programlardır. Örneğin metin editörlerinde, kullanıcıların düzgün sözcükler yazıp yazmadığı kontrolünün yapılması önemli bir işlemdir. Bir metin elektronik ortamda hazırlanırken, hızlı yazım nedeniyle bazı harflerin atlanması veya harflerin yerlerinin karıştırılması sık karşılaşılan durumlardır. Karmaşık sözcük yapısına sahip olmayan dillerde, önceden hazırlanmış bir sözlük kullanılarak problem şu şekilde çözülebilir:

1. Metin içerisindeki her sözcüğün sözlükte olup olmadığı kontrol edilir.
2. Eğer sözcük sözlükte yer almıyorsa, sözlükteki sözcüklerden yazılan sözcüğe en yakın olan çeşitli algoritmalar kullanılarak bulunur ve kullanıcıya önerilir.

Ancak karmaşık sözcük yapısına sahip dillerde böyle bir sözlük hazırlanması imkansızdır. Bu nedenle hatalı yazılan sözcüklerdeki hatayı bulabilmek ve öneride bulunabilmek için biçimbilimsel bilgiye ihtiyaç duyulur.

Hata denetleme ve öneride bulunma sistemlerindeki benzer bir durum bul/değiştir işlemlerinde de ortaya çıkmaktadır. Bul/değiştir işlemleri sırasında, öncelikle aranan sözcüğün metin içerisinde bulunması daha sonra bu sözcüğün düzgün biçimde yeni sözcük ile yer değiştirmesi

amaçlanmaktadır. Bu işlemin Türkçe gibi ses uyumları, harf düşmeleri içeren dillerde bir biçimbilimsel çözümlene yapılarak gerçekleştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu gerekliliğin ilk nedeni aranan sözcüğün aldığı ekler ile farklı şekilde görülebiliyor olmasıdır. Örneğin “oğul” sözcüğünün “kız” sözcüğü ile değiştirilmesi istendiğinde, bu sözcüğün metin içerisinde 1. Tekil kişi iyelik eki almış hallerinin (“oğlum”) de bulunabilmesi gerekmektedir. Başka bir örnek de “dolap” sözcüğü için verilebilir. Bu sözcüğün -i hal eki almış durumu “dolabı” olacaktır. Karakterleri birebir karşılaştıran basit bir arama işlemi bu sözcükleri bulamayacaktır. Benzer şekilde değiştirme işlemi aşamasında da, yeni sözcüğün orijinal sözcüğün çekimli haline benzer bir halde oluşturulması gerekmektedir. Örneğin bir metindeki “ev” sözcükleri “bina” sözcüğü ile değiştirilmek istendiğinde, öncelikle “ev” sözcüğünün bütün çekimli hallerinin bulunması, daha sonra bulunan bu sözcüklerdeki çekim eklerinin “bina” sözcüğüne eklenmesi ve yeni sözcüğün oluşturulması gerekmektedir.

Örnek: evlerimizden → binalarımızdan.

Farklı iki doğal dil arasında makine çevirisi yapmayı hedefleyen bir sistemin de sözcük seviyesinde çözümlene yapması gerekebilir. Yukarıda verdiğimiz “arabadaymısınız” örneğinde görülebileceği gibi, Türkçeden İngilizceye çeviri yapmak istendiğinde, Türkçe sözcükteki her bir biçimbirimin İngilizce karşılığı bulunmalıdır. Bu amaçla, öncelikle Türkçe sözcüğün biçimbilimsel ayrıştırması yapılmalı, daha sonra da ayrılan biçimbirimler için çeviri işlemi yapılmalıdır.

Yukarıda biçimbilimsel çözümleyicilerin kullanılabileceği bazı doğal dil işleme uygulamalarından bahsedilmiştir. Bu örnekler daha da arttırılabilir. Biçimbilimsel çözümlene, doğal dil işleminin en temel seviyelerinden biridir ve üst düzey uygulamaların çoğunda kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.




3. İnsan Beyni Biçimbilimsel Çözümlene Yapar mı?

Doğal dil işleme, yapay zekanın en üst düzey araştırma konularından biridir. Tüm yapay zeka uygulamalarında olduğu gibi bu alanda da insan zekası modellenmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle bir biçimbilimsel çözümleyici tasarlanmaya çalışılırken, insan beyninin bu işi nasıl yaptığının düşünülmesi

gerekir. İnsanların bu işi nasıl yaptığına dair iki uç durum öne sürülebilir:

1. İnsanlar olası tüm sözcükleri beyinlerinde tutmaktadırlar.
2. İnsan beyininde sadece bazı temel kavram isimleri vardır ve her yeni sözcük görüldüğünde bu temel kavramlardan türeyen yeni sözcüğün ne olduğu anlaşılmaya çalışılmaktadır.

Bu iki uç durumun arasında bir işleyişin olduğu da düşünülebilir. Bu durumlardan hangisinin geçerli olduğu sorusuna cevap aramak için şu örnekleri ele alalım. “Gözlük”, “kitaplık”, “rujluk”. Aşağıda Şekil 1’de bu sözcüklerin karşılık gelebileceği kavramlar gösterilmektedir.

Gözlük		✓
Kitaplık		✓
Rujluk		?

Şekil 1. Gözlük, Kitaplık ve Rujluk Sözcükleri ve Denk Düşükleri Kavramlar

“-lık” yapım eki Türkçede bir sözcüğün ardına gelerek yeni yer isimleri (kömürlük), alet ve araç isimleri (kulaklık), topluluk isimleri (gençlik), meslek isimleri (doktorluk), durum bildiren isimler (güzellik), soyut isimler (kulluk) ve yeni sıfatlar (kışlık odun) yapabilirler. Ancak kişi bu eki her gördüğünde beyininde bir çözümleme yapıp yeni oluşan sözcüğün bu ekle beraber ne tür bir anlam taşıdığını belirlemeye çalışmaz. Türkçe konuşan bir kişiye “gözlük” denildiğinde, kişinin beyininde “daha

iyi görmek için kullanılan bir araç” kavramı canlanır. Kişinin beyininde önce “göz” kavramı canlanıp, daha sonra -lük ekinin bu sözcüğe ne tür bir anlam katabileceği sorgulanmaz. Kişi bu sözcüğü daha önce birçok kez kullanmıştır ve bu sözcüğün “göze takılan bir araç” kavramına denk düşüğünü bilmektedir. Benzer şekilde kitaplık dendiğinde de, kişinin aklına ilk olarak bu sözcüğün en sık kullanıldığı anlam gelecektir: “Kitapların yerleştirildiği yer”. Bu yer bir mobilya, bir oda veya bir bina olabilir. Az da olsa, bazı durumlarda bu sözcük sıfat olarak da kullanılabilir: “Bu, kitaplık bir kağıt değil.” Kişi sözcüğün kullanıldığı bağlama bakarak daha sonra bu anlamlardan birini seçebilir. Peki “rujluk” denildiğinde, kişinin aklında ne canlanacaktır? “Rujluk” sözcüğü Türkçede sık kullanılan bir sözcük değildir. Ancak, bir kişinin bu sözcüğü daha önce hiç kullanmamış veya duymamış olması, bu sözcüğü beyininde işleyemeyeceği anlamına gelmez. “Ruj” sözcüğünün anlamı bilinmektedir. Dolayısıyla “rujluk” sözcüğünün “rujların yerleştirildiği yer” veya “tek bir ruj taşıyan kutu” kavramlarından birine karşılık geleceği düşünülebilir. Bu örnekte görülmektedir ki, insan beyni gerekli olduğunda biçimbilimsel çözümleme yapmaktadır. Ancak daha önceden tanıdığı kavramlar için bir çözümleme yapmasına gerek yoktur.

İnsan beyni aynı zamanda sözcüklerin buldukları bağlama (kullanıldıkları cümlelere) bakarak farklı olası çözümler (kavramlar) arasından doğru olanı seçebilmektedir. “Kalemi gördün mü?” cümlesindeki “kalem” (kalem+isim+yalın hali) “yazı yazılan nesne” mi dir? Yoksa, (kale+isim+1.kişi iyelik eki) o kişiye ait olan bir “kale”den mi bahsedilmektedir? Bu cümle hangi bağlamda kullanıldıysa o bağlama bakılarak doğru karar verilecektir. İnsan beyni bağlama bakarak doğru biçimbilimsel çözümlemeyi yapacak ve ilgili kavramı belirleyecektir. Ayrıca ikinci çözümün seçilmesi durumunda bu kalenin bir satranç kalesi mi, futbol kalesi mi olduğunun belirlenmesi de ayrı bir problemdir. Yine bağlama bakılarak doğru anlam seçilebilir.

4. Biçimbilimsel Çözümleme Çıktıları

Bu bölümde, önceki bölümde ele alınan örneklemeleri değerlendirerek şu soruya cevap arayacağız: İdeal bir biçimbilimsel çözümleyicinin ne düzeyde çözümler üretmesini beklemek

anlamlıdır? Önceki bölümde sözü geçen, bağlama bakarak belirsizlik giderme işlemlerinin her biri, üzerinde yoğun olarak çalışılan ayrı bir doğal dil işleme problemidir. Bu problemlere çözüm üreten algoritmaların, güvenilir ve tutarlı çözümler üreten bir biçimbilimsel çözümleyicinin çıktılarını ihtiyaçları vardır. Dolayısıyla, yukarıda örnekler ile ayrıntılı olarak anlattığımız, söylenen bir sözcüğe karşılık düşen anlamın bulunması işlemi, bir bilgisayar için tek bir doğal dil işleme adımı değildir. Bu problemin düzgün olarak çözülebilmesi için bir biçimbilimsel çözümleyiciye ve bunun sonuçları üzerinde çalışacak belirsizlik gidericilere ihtiyaç vardır.

4.1 Gereksiz Sonuçların Filtrelenmesi

“Biçimbilimsel Çözümleme Nedir?” bölümünde de anlatıldığı gibi, iyi bir biçimbilimsel çözümleyiciden beklenen, bir sözcüğün ilgili doğal dildeki tüm olası çözümlerinin listelenmesidir. Ancak bu çözümler bir insan tarafından incelendiğinde anlamlı ve birbirlerinden ayırt edilebilir olmalıdırlar. Bu nedenle, bazı durumlarda bazı çözümlerinin filtrelenmesi anlamlı olacaktır. Örneğin bir biçimbilimsel çözümleyicinin “gözlük” ve “yaptırdı” sözcükleri için aşağıdaki sonuçları üretmesi mümkündür.

gözlük	yaptırdı
<ol style="list-style-type: none">gözlük+isim+yalınhaligöz+isim+yalınhali+TS+lük+isim+yalınhaligöz+isim+yalınhali+TS+lük+sıfat	<ol style="list-style-type: none">yaptır+fiil+geçmişzaman+3.tekilkişiyap+fiil+TS+tır+fiil+geçmişzaman+3.tekilkişi
TS etiketi sözcüğün türetim eki olarak başka bir sözcüğe dönüştüğü türetim sınırını ifade etmektedir.)	

Tüm çözümler geçerlidir. Ancak, bu sonuçlardan birinin doğru olarak seçilmesi işlemi bir insan için dahi oldukça zordur. Çünkü her iki örnekte de birinci ve ikinci çözümler aynı kavramları belirtmektedirler. “Gözlük” örneğinde ilk çözümleme yalın haldeki “gözlük” sözcüğüdür. İkinci çözümleme ise “-lük” yapım eki almış “göz” sözcüğünü belirtmektedir. Üçüncü çözümleme, -lük yapım eki ile bir isimin sığata dönüşmesi durumunu belirtmektedir. Bu sözcüğün ilk iki çözümlemesi tamamen aynı kavramları ifade etmektedir. Benzer şekilde “Yaptırmak” fiilinin geçmiş zaman 3. Tekil

kişi eki almış hali ile, “yapmak” fiilinin ettirgen çatıda geçmiş zaman 3. Tekil kişi eki almış hali aynı eylemi ifade etmektedir. Buradan yola çıkılarak ikinci çözümlerinin gereksiz olduğu sonucuna varılabilir. Her iki durumda da sözcük, üzerine aldığı bir ek ile Türkçe sözlükte anlamı olan başka bir sözcüğe dönüşmüştür. Sözcüğün bu yapım eki ile aldığı yeni anlam o dil içerisinde tanımlıdır ve dilin sözlüğünde belirtilmiştir. Ancak eğer sözcüğün yeni aldığı anlam o dilin sözlüğünde yer almıyorsa, bu sefer ilk çözümler üretilmeyecektir. Bu durumda ise ikinci çözümleme sonuçlarının gösterilmesi gerekecektir. Aşağıdaki sözcük bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Bu örnekte, sözlükte “rujluk” diye bir sözcük yer almadığı için, bir ismin -lık yapım eki ile türemesi çözümlenmesinin yapılabilir olması gerekmektedir.

Rujluk

ruj+isim+yalınhali+TS+luk+isim+yalın hali

ruj+isim+yalınhali+TS+luk+sıfat

Bir biçimbilimsel çözümleyici yukarıda gösterilen tüm çözümlerini yapabilmeli ancak yaptığı çözümler aynı kavramlara denk düşüyorsa bunlardan bazılarını sonuç listesinden elemelidir.

4.2 Olası çözümlerin genişletilmesi

Bazı durumlarda sözcükler cümle içerisinde farklı rollerde bulunabilirler. Örneğin “öğrencilerim” sözcüğünün çözümlenmesi yapılmak istense oluşturulacak çözüm, bu sözcüğün gövdesi “öğrenci” olan birinci tekil kişi iyelik eki almış yalın halde çoğul bir isim olduğudur: (“öğrenci+isim+çoğul+1.tekil kişi iyelik+yalın_hali”). Ancak bazı durumlarda bu sözcük cümle içerisinde fiil rolünde de görülebilir. Buna örnek olarak “İşte, bunlar benim öğrencilerim.” cümlesini

ele alalım. Cümlede söylenmek istenen “öğrencilerimdir” sözcüğüdür. Ancak “-dir” ek fiil yapım eki düşmüş ve “öğrencilerim” denmiştir. Türkçede bu kullanımın şekli de geçerlidir. Burada, “öğrencilerim” sözcüğünün içerisinde yer aldığı bağlama bakılarak, çözümlemesi seçilmek istense, bu bağlamdaki rolü (“öğrenci+isim+çoğul+1.tekil_kişi_iyelik+yalın_hali +TS+Fiil”), ürettiğimiz çözümlemeler arasında yer almayacaktır.

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi, iyi bir biçimbilimsel çözümleyici, sözcüğün o dildeki kullanımına yönelik olası tüm çözümlemeleri üretmelidir. Tabii ki, her yalın haldeki isim için bir de fiil çözümlemesi üretmek karmaşıklığı artırıcı ve gereksiz bir durum olarak görülebilir. Ancak bir cümledeki sözcüklerin doğru olarak etiketlenmesi istendiğinde bu işlem gereklidir. Biçimbilimsel çözümleyicinin seçime bağlı olarak bu ek çözümlemeleri üretmesi veya bazı önsezilerde bulunarak üretmesi anlamlı olabilir.

5. Biçimbilimsel Çözümleme Yaklaşımları

Doğal Dil İşleme üzerine yapılan çalışmalar genelde istatistiksel ve kural tabanlı olmak üzere iki ana sınıfa ayrılırlar. Ancak herhangi bir yöntemi bu iki ana sınıftan sadece birine atamak çoğu zaman kolay bir işlem değildir. Bir doğal dil işleme uygulaması, genel olarak

- Dilin yapısı ile ilgili bilginin bilgisayarda tutulması,
- Bu bilginin eldeki doğal dil verileri üzerinde kullanılması ve
- Sonuçların değerlendirilmesi

aşamalarından oluşur. Dolayısıyla, bu aşamalardan her biri istatistiksel veya kural tabanlı olabilir. Bir uygulama, bu aşamalardan biri veya daha çoğunda iki yaklaşımdan birini kullanabilir. Biçimbilimsel çözümleme yaklaşımlarını, yukarıda sıralanan ilk aşama olan dilin yapısı ile bilginin çıkarılmasına göre istatistiksel ve kural tabanlı olarak ikiye ayırabiliriz.

Dille ilgili biçimbilimsel yapının istatistiksel yöntemler ile çıkarılması yaklaşımı bazı çalışmalarda (Gelbukh & Sidorov, 2009) (Hirsimäki, Creutz, Siivola, Kurimo, Pykkönen, & Virpioja, 2006) (Kurimo, Creutz, Varjokallio, Arisoy, &

Saraclar, 2005) benimsense de, dilin biçimbilimsel yapısının genel olarak sistematik olmasından ötürü, bu konuda kural tabanlı yaklaşımlar ağırlık kazanmaktadır (Sproat, 1992) (Beesley & Karttunen, 2003). Bu işlem sırasında, bir doğal dilin o dil üzerinde çalışan dilbilimciler tarafından ayrıntılı olarak hazırlanmış yapı bilgisi bir bilgisayar gözüyle irdelenerek, bir bilgisayarın anlayabileceği biçime dönüştürülür. Bu işlem, bir bilgisayarın bir dilbilimci titizliği ile dilin kurallarını incelemesini ve işlemesini gerektirir. Bu nedenle ki doğal dil işleme konusunda çalışan grupların her iki bilim alanında uzmanlaşmaları gerekmektedir.

Biçimbilimsel çözümleme konusunda ilk yapılan kural tabanlı çalışmalar alttan-üste veya üstten-alta ayırıştırma algoritmalarından birine yönelmişlerdir (Jurafsky & Martin, 2009). Burada üst ve alt terimleri, bir sözcüğün görülüş biçimi ve onun altında yatan biçimbilimsel yapı kavramlarını ifade etmektedirler. Üstten-alta analiz yapan çalışmalarda eldeki sözcüğe karşılık düşen analizlerin bulunabilmesi için sözcük üzerindeki ekler tek tek yakalanıp, bunların kurallara uyumları kontrol edilerek analiz yapılmaya çalışılır. Bu tür çalışmalara örnek olarak Brodda ve Fred (1980)’in Fince için, Kaalep (1997)’in Estonyaca için, Cebiroğlu ve Adalı (2004)’nın Türkçe için, Packard (1973)’in eski Yunanca için yaptığı sistemler gösterilebilir. Alttan-üste ayırıştırma yapan çalışmalarda ise, bir gövdeye eklenebilecek olası tüm ekler eklenerek oluşturulan yeni sözcüğün, incelenmesi istenen sözcükle eşleşip eşleşmedikleri kontrol edilir. Eşleşen çözümlemeler doğru kabul edilir. Bu tür çalışmalara örnek olarak da Hankamer’in Türkçe için geliştirdiği KECI (Hankamer, 1986) isimli çözümleyicisi gösterilebilir.

Biçimbilimsel Çözümleme konusunda 1970’li ve 1980’li yıllar arasında en çok araştırma sonlu durumlu dönüştürücüler üzerinde yapılmıştır (Johnson, 1972) (Kaplan & Kay, 1981). Bu yaklaşım, bir dilin biçimbilimsel kurallarının bağlam duyarlı basit yeniden yazım kuralları ile belirtilebileceği düşüncesini savunmaktadır. Dilin biçimbilimsel özelliklerini tanımlayacak bu tür kurallar hazırlanarak bir sonlu durumlu dönüştürücüde toplanacaktır. Bu kurallar, dönüştürücüye verilen girdi üzerine ard arda uygulanarak sonuç üretilecektir. Ancak, kurallar üzerindeki kısıtlamalar sadece dönüştürücüye verilen giriş dayalı kısıtlar olacağından, bir kural

kendinden önce uygulanan başka bir kuralın çıktısı üzerinde değişiklik yapamayacaktır.

Sonlu Durumlu Dönüştürücülerin yarattığı sorunlar, 1983 yılında Kimmo Koskenniemi'nin "İki Seviyeli Biçimbilimsel Çözümleyici" si ile çözülmüştür (Koskenniemi, 1983). Çözümleyici ilk olarak Fince üzerinde denenmiş. Ancak bu yöntem daha sonra aralarında Fransızca, İngilizce, İspanyolca, Hollandaca, İtalyanca ve Türkçe'nin de bulunduğu birçok dil için uygulanmıştır. Bu yaklaşımda, sonlu durumlu dönüştürücülerden farklı olarak, oluşturulacak biçimbilim kuralları art arda değil eş zamanlı olarak uygulanacaklardır. Buna ek olarak, kurallardaki kısıtları, oluşturulacak çıktıya bağımlı kılmak da mümkündür. İki seviyeli yaklaşım, bilgisayarlar tarafından çok ilgi görmüş, birçok çalışmada kullanılmış ancak zamanın dilbilimcileri tarafından paralel çalışacak dilbilgisi kuralları yazımının zorluğu nedeniyle kabul görmemiştir. Ancak günümüzde sıkça benimsenen optimalite teorisinin de benzer bir görüşü yansıttığı kaynaklarda vurgulanmaktadır (Karttunen & Beesley, 2001).

Koskenniemi'nin iki seviyeli biçimbilim yaklaşımı, literatürde karmaşık biçimbilimsel yapıya sahip dillerin çözümü için genel kapsamlı ilk pratik model olmuştur. Model çift yönlüdür ve hem üretim (analizi verilen bir sözcüğün yeniden oluşturulması) hem de çözümleme (verilen bir sözcük için analiz oluşturulması) için kullanılabilir. Bu yaklaşım için üretilmiş, Xerox'un iki seviyeli derleyicisi birçok büyük ölçekli biçimbilimsel çözümleyici geliştirilmesinde kullanılmıştır.

Bir biçimbilimsel çözümleyicinin 3 temel unsurdan oluştuğu söylenebilir. Bunlar sırasıyla

1. Sözcükleri ve sözcüklerin bazı temel özelliklerini tutan "leksikon" adı verilen bir sözcük listesi,
2. Dilin ses bilgilerini belirleyen ortografik kuralları ve
3. Eklerin ekleniş sıralarını belirleyen morfolotik kurallardır.

6. Türkçe'nin Biçimbilimsel Çözümü

Altay dil ailesinde yer alan ve bitişken bir dil olan Türkçe, biçimbilimsel olarak oldukça karmaşık bir

yapıya sahiptir. Bu bölümde öncelikle Türkçe'nin biçimbilimsel çözümü üzerine yapılan araştırmalardan ve uygulamalardan kısaca bahsedilecek, daha sonra da Türkçe'nin biçimbilimsel yapısı ve eklerin art arda sıralanış kuralları (morfolotik kuralları) ile ilgili ayrıntılı bilgi verilecektir.

6.1 Türkçe Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türkçenin biçimbilimi biçim açısından birçok çalışmada incelenmiştir. Bunlardan bazıları Köksal (1975), Hankamer (1986), Oflazer (1994) ve Cebiroğlu (2002)'nin çalışmalarıdır. Günümüzde, bu incelemeler üzerine geliştirilmiş birçok uygulama bulunmaktadır: Türkçe Sözcük Veritabanı projesi (Oflazer, 2009), Zemberek - Açık Kaynak Kodlu Türkçe DDi kütüphanesi (Akın & Akın, 2009), Snowball (Cilden, 2009), Biçimbilimsel Ayrıştırıcı (Sak, Güngör, & Saraçlar, 2008). Ancak, Türkçe için en ses getiren ve bugüne kadar en sık kullanılan biçimbilimsel çözümleyici Kemal Oflazer'in ilk olarak 1992 yılında PC-Kimmo üzerinde yaptığı daha sonra 1994 yılında Xerox sonlu durumlu araçları kullanarak geliştirdiği biçimbilimsel çözümleyicisidir. Bu çözümleyici de, ses kuralları Koskenniemi'nin (1983) iki-seviyeli kuralları kullanılarak tanımlanmış, morfolotik kuralları (eklerin yapı ve sıralanış kuralları) ise sonlu durumlu makineler kullanılarak tanımlanmıştır. Uygulamanın kullandığı sözlüğün de bir sonlu durumlu dönüştürücü şeklinde tasarlanmış olması ve kullanılan derleyicinin özellikleri sayesinde oldukça hızlı bir uygulama olduğu söylenebilir. Bu çözümleyici oldukça geniş kapsamlı olmasına rağmen halen %100 doğrulukla çalıştığı söylenemez. Yukarıda söz edilen uygulamalar üzerinde karşılaşılan aksaklıklar Yılmaz (2009)'ın çalışmasında ayrıntılı biçimde anlatılmıştır.

6.2 Türkçe'nin Yapısı

Bitişken bir dil olan Türkçe çok zengin biçimbilimsel bir yapıya sahiptir. Sözcükler sonlarına art arda ekler konularak yüzlerce farklı sözcüğe dönüştürülebilirler. Birçok dilde sözcükten ayrı olarak yazılan ilgeçler, Türkçede genelde bir sonek olarak kelimeye eklenip tek bir sözcük oluştururlar. Benzer şekilde kişi, yardımcı eylem gibi birçok ayrı yazılan sözcük, Türkçede yine ekler vasıtasıyla ifade edilirler. Bu nedenle, bir başka dilde uzun bir cümle ile ifade edilen deyişlerin Türkçede tek bir sözcük ile ifade edilmesi çok

rastlanan bir durumdur. Türkçede bir sözcüğün ekler yardımı ile dönüştürülebileceği farklı sözcük sayısı kuramsal olarak sonsuzdur. Her ne kadar günlük dilde çok kullanılan bir yapı olmasa da "Osmanlılaştıramadıklarımızdan-mışsınızcasına" türünde örnekler birçok yazar tarafından Türkçe'nin bu özelliğine dikkat çekmek üzere gösterilmiştir.

6.2.1 Çekim Kümeleri

Türkçede sözcükler sonlarına eklenen eklerle farklı türde sözcüklere de dönüşebilirler; eylemler isimlere, isimler eylemlere vb ... Türkçenin bu özelliği ilgili yayınlarda (Oflazer, Say, Tür, & Tür, 2003), (Oflazer, 2003), (Eryiğit, Statistical Dependency Parsing of Turkish, 2006), (Eryiğit, 2006), (Hakkani-Tür, Oflazer, & Tür, 2002) sözcüklerin çekim kümelerine (ÇK) ayrılması biçiminde gösterilmektedir. Bu gösterimde, Türkçe bir sözcüğün bir dizi çekim kümesinden oluştuğu ve bu ÇK'lerinin türetim sınırlarından (TS) bölündüğü varsayılmaktadır. Bu özellik aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\text{gövde} + \text{ÇK}_1 + \text{^TS} + \text{ÇK}_2 + \text{^TS} + \dots + \text{^TS} + \text{ÇK}_n.$$

Burada her ÇK_i, ilgili olduğu çekim kümesine ait biçimbilimsel özellikleri ve sözcük sınıflarını belirtmektedir. Aşağıda, bu durum türemiş bir niteleyici olan "sağlamlaştırdığımızdaki" sözcüğünün Oflazer (1994)'in biçimbilimsel çözümleyicisi ile çözümlenmesi üzerinde gösterilmektedir. Bu gösterimde kullanılan etiketler şöyledir: +Adj: Sıfat, +Verb: Eylem, +Become: oluşmak, +Caus: Ettirgen, +Pos: olumlu, +Noun: İsim, +PastPart: geçmiş zaman ortacı, +A3sg: 3. tekil kişi kişi/sayı uyum imi, +P3sg: 3. tekil kişi iyelik imi, +Loc: -de hali, +Rel: ilişkilendirici.

sağlam+Adj

+^TS+Verb+Become

+^TS+Verb+Caus+Pos

+^TS+Noun+PastPart+A3sg+Plpl+Loc

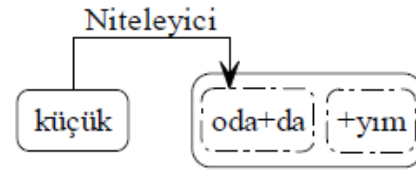
+^TS+Adj+Rel

^TS sınırları sözcük üzerinde gösterilmek istenirse şöyle görünecektir:

| sağlam | ^TS | laş | ^TS | tır | ^TS | dığımızda | ^TS | ki |
 ÇK₁ ÇK₂ ÇK₃ ÇK₄ ÇK₅

Buradaki beş çekim kümesi, ^TS türetim sınırı işaretleri ile birbirinden ayrılmış özellik dizileridir. İlk ÇK gövdenin tek özelliği olan sözcük sınıfını göstermektedir. "sağlam" sözcüğü bir sıfattır. İkinci ÇK, önceki sığata "oluşmak" anlamı katılarak bir eylem üretmeyi göstermektedir. Üçüncü ÇK, önceki eylemden olumlu bir ettirgen eylemin türetildiğini belirtmektedir. Dördüncü ÇK, alt sözcük sınıfı olarak geçmiş zaman ortacı taşıyan, birinci çoğul kişi iyelik ve -de hal eki almış bir isimin türetilmesini belirtmektedir. Son olarak da, beşinci ÇK, ilişkilendirici bir sıfat türetilmesini belirtmektedir.

Türkçe'nin bilişimsel dil işleme konusunda çalışanların sözcüklerden daha küçük birimler (ÇK'leri) tanımlama ihtiyaçları, Türkçe bir cümledeki cümle içi ilişkilerin sözcüklerin alt bölümleri arasında gerçekleşebilmesinden doğmaktadır. Türkçe'nin türetim sistemi çok üretkendir ve bir sözcüğün uydu veya iye olarak içerisinde bulunduğu cümle yapısı ilişkileri, sözcüğün içerdiği bir veya daha fazla türemiş yapının biçimbilimsel özellikleriyle belirlenmektedir. Bu ilişkileri, sadece sözcükler arasında göstermek çoğu doğal dil işleme uygulaması için yeterince anlamlı bilgi taşımamaktadır. Bu durum Şekil 2'de "küçük odadayım" cümleciği içerisindeki bağıllık ilişkisi ile örneklendirilmektedir. Şekildeki gösterimde sözcükler dikdörtgenler içerisinde ve bunların içerdikleri çekim kümeleri de noktalı dikdörtgenler içerisinde gösterilmektedirler.



Şekil 2. Türkçe Sözcükler Arası İlişki Yapısı

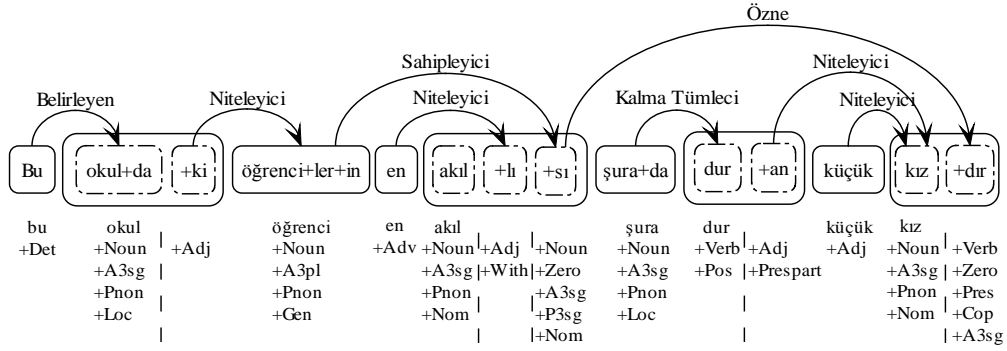
Şekilde 'deki "odadayım" sözcüğü iki ÇK'den oluşmaktadır:

oda+Noun+A3sg+Pnon+Loc ^TS Verb+Pres+A1sg.
 ÇK₁ ÇK₂

Birinci ÇK "oda" isimi ve bu isime ait biçimbilimsel özellikleri içermektedir. Bu özellikler, isimin tekil, iyelik eki almamış ve -de halinde olduğunu belirtmektedir. İkinci ÇK ise bu isimden türemiş "odada olmak" eylemini ve biçimbilimsel özelliklerini içermektedir. Eylem birinci tekil kişi eki almıştır ve şimdiki zamandadır. Örnekte "küçük" olan, "odadayım" sözcüğü değil "oda"dır. "odadayım" isimden eyleme dönüşmüş bir sözcüktür. İki sözcük arasında kurulan bağlantı "odadayım" sözcüğünün eyleme dönüşmeden önceki isim halinde kaynaklanmaktadır. Bu durum sıfatların genel olarak isimlere bağlanması kuralından kaynaklanmaktadır. Bu cümlecikte, "küçük olan nedir?" sorusunun cevabı bir sözcük

sadece iye olarak bulunurlar. Bu ara ÇK'lerin arkalarından gelen ÇK'ye biçimbilimsel olarak bağlı oldukları varsayılır. Ancak bu bağılıklar özellikle belirtilmez. İye ÇK ise iye sözcüğün herhangi bir ÇK'si olabilir. Bir başka deyişle, bağıllık herhangi bir sözcüğün herhangi bir ÇK'sinde sonlanabilir.

Şekilden de görülebileceği gibi bir sözcükten sadece bir bağıllık oku çıkarken, birden fazla bağıllık oku girebilmektedir. Bir diğer deyişle, her sözcüğün sadece bir iyesi vardır ancak bir iye sözcüğün birden fazla uydusu olabilir. Birden çok ÇK içeren sözcüklere gelen bağıllıklar sözcüğün farklı ÇK'lerinde sonlanabilir. Şekildeki "akıllısı" sözcüğü bu duruma güzel bir örnek teşkil etmektedir. "en"



Det: Belirleyen, Noun: İsim, Adj: Sıfat, Adv: Belirteç, Verb: Eylem, A3sg: 3. tekil kişi eki, A3pl: 3. çoğul kişi eki, Pnon: iyelik eki yok, Loc: -de hali, Gen: sahip olma hali, Nom: yalın hali, With: -li isimden sıfat türetme eki, Zero: ek almadan türetme, Pos: olumlu, Prespart: Şimdiki zaman ortacı, Pres: Şimdiki zaman, Cop: Koşaç

Şekil 3. Türkçe Cümlelerde Cümle içi bağılıklar

değil, bir çekim kümesidir.

Cümle içi ilişkilerin sözcüklerden daha küçük birimler arasında kurulabildiğine güzel bir örnek de Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekil "Bu okuldaki öğrencilerin en akıllısı şurada duran küçük kızdır" cümlesi üzerinde çekim kümelerini ve bunlar arasında oluşan ilişkileri göstermektedir. Bağıllıkların yönü uydu ÇK'den iye ÇK'ye doğru gösterilmiştir. Bağıllık türleri bağıllık oklarının üzerinde belirtilmektedir. Her sözcüğe ait biçimbilimsel çözümleme ilgili sözcüğün altında Oflazer (1994)'in gösterimiyle verilmiştir. Bağıllıklar uydu sözcüğün sadece son ÇK'sinden çıkmaktadırlar. Bu nedenle, şekilde bağıllık çıkmayan bazı ÇK'ler bulunmaktadır (örn., okuldaki sözcüğünün ilk ÇK'si). Bu tip ÇK'ler bağıllıklarda

sözcüğü "akıllısı" sözcüğünün ikinci ÇK'sine ("en akıllı") bağıllıdır. "öğrencilerin" sözcüğü ise aynı sözcüğün üçüncü ÇK'sine bağıllıdır ("öğrencilerin akıllısı").

Türkçe için bu tür bir yaklaşımın makine çevirisi, otomatik cümle analizi gibi üst düzey doğal dil işleme uygulamalarının başarımını önemli ölçüde arttırdığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Eryiğit, Nivre, & Oflazer, 2008), (El-Kahlout & Oflazer, 2009), (Hakkani-Tür, Oflazer, & Tür, 2002).

6.2.2 Eklerin Diziliş Kuralları

Kullanılacak herhangi bir yöntemden (Bknz Bölüm 5) bağımsız olarak, Türkçe eklerin birbiri ardına geliş kuralları aşağıda iki farklı biçimde

gösterilecektir. Bunlardan birincisi eklerin bir sözcük içerisinde soldan sağa doğru sözcük gövdesine hangi sırada ekleneceklerini sonlu durumlu makineler (SDM) ile gösterilmesidir. İkinci gösterim ise bu makinelerin ters çevrilmiş halleri yani sağdan sola halleridir. Birinci gösterim temel olarak Oflazer (1994)'in çalışmasındaki sonlu durum makineleri ile aynıdır. İkinci gösterim ise Cebiroğlu (2002)'nin çalışmasından alınmıştır. Cebiroğlu (2002)'nin geliştirmiş olduğu üstten-alta ek-atmalı ayrıştırma algoritmasında, bir sözcüğün ekleri sözcük sonundan başlanarak gövdeye doğru sözcükten birer birer çıkarılarak çözümleme yapılır. Bu çıkarma işlemi sonucunda elde edilen sözcük gövde kabul edilebileceği gibi, bu varsayımı doğrulama için bir sözlük de kullanılabilir.

Sadece bu makineleri kullanmak, Türkçe sözcüklerin tümünü doğru bir şekilde çözümleyecek yetkin bir çözümleyici oluşturmaya yeterli değildir. Yetkin bir çözümleyicinin çok fazla istisna durumu ve farklı kuralı ele alması ve Bölüm 4'de anlatılan kısıtlara uyması gerekecektir. Ancak bu SDM'ler ile hızlıca basit bir çözümleyici geliştirmek mümkündür.

Türkçede ekler sözcüklere bazı kurallara sadık kalınarak eklenirler. Benzer şekilde bir sözcük gövdesine birden fazla ek eklenmek istendiğinde bunların da belirli bir sıraya uyarak eklenmeleri gerekmektedir. Örneğin “kitap” sözcüğüne çoğul ve 1. Tekil kişi iyelik eki eklenmek istendiğinde, oluşacak sözcük “kitaplarım”dır. Bu durumda, “kitabımlar” şeklinde bir türeme yanlış kabul edilecektir. Buradan görülebilir ki, Türkçede iyelik ekleri genelde çoğul ekinden sonra gelmektedirler: arkadaşlarım, ödevleriniz vb... Ancak bazen kural dışı durumlar ortaya çıkabilir. Örn: halamlar, babaannemler vb.

Bölüm 1'de “kalem” örneği üzerinde gösterilen, bir sözcüğün birden fazla olası gövdesi olabilmesi durumunda ortaya çıkan belirsizlikler, sözcüğün üzerine farklı ekler eklendikçe ortadan kalkmaktadır. Bu fayda, Türkçede sadece bazı eklerin birbirlerinin ardına gelebilmesi sayesinde ortaya çıkmaktadır. Örneğin “kalem” sözcüğünün gövdesinin hem “kalem” hem de “kale” olabileceği önceki bölümlerde belirtilmiştir. Ancak “kalemlerim” sözcüğünün gövdesi sadece “kalem” olacaktır. “kale” gövdesi bu sözcük için mümkün değildir çünkü bir sözcük içerisinde hem iki tane

iyelik eki olamaz hem de iyelik ekleri genelde çoğul ekinden sonra gelirler.

Bu bölümde, Türkçe dilbilgisinin ayrıntılarına girilmeyecektir. Bu tür bilgiler, herhangi bir Türkçe dil bilgisi kitabından kolayca elde edilebilirler. Ancak bu yapıların bilişimsel açıdan nasıl temsil edilebileceği ve bilgisayar tarafından nasıl işlenebileceği gibi konulara açıklık getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, aşağıdaki bölümlerde Türkçe ekler gruplanarak, birbirleri ardına eklenişleri sonlu durum makineleri kullanılarak modelleneyecektir. Bu modelleme sayesinde, oluşturulan makineler bir bilgisayar yazılımı sayesinde kolaylıkla işlenebilirler. Bu makineler tamamen doğru olmayıp, ekleniş kurallarının genel hallerini temsil etmektedirler. Bazı istisnai durumlar için makinelerde güncellemeler yapılması gerekebilir.

Takip eden bölümlerde, ekler aşağıdaki şekilde kümelerle ayrılarak incelenmektedir. Her bir bölümde, ilgili kümeye ait çekim eklerinin listesi bir tablo şeklinde verilecek, daha sonra sıra ile eklerin soldan sağa ve sağdan sola sıralanış kurallarını belirten sonlu durumlu makineler gösterilecektir.

- İsim Çekim Ekleri Kümesi
- Ek-Eylem Ekleri Kümesi
- Eylem Zaman Ekleri Kümesi
- Eylem Çekim Ekleri Kümesi

İsim Çekim Ekleri Kümesi

Tablo 2'de isim soylu bir sözcüğe eklenebilecek çekim ekleri numaralandırılmış ve örneklendirilmiştir. Tablodaki “Ek” isimli sütunda yer alan ek tanımlamalarında kullanılan büyük harfler ve parantezler şu anlamlara gelmektedirler:

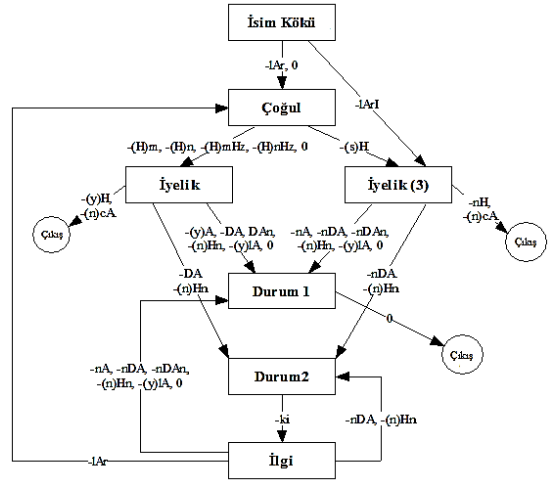
- A: a veya e harfi yerine
- C: c veya ç harfi yerine
- D: d veya t harfi yerine
- H: ı, i, u veya ü harfi yerine
- I: ı veya i harfi yerine
- (): parantezi içerisindeki harf ek içinde yer almayabilir

Tablo 2. İsim Çekim Ekleri

Ek No	Ek	Açıklama	Örnek
1	-lAr	Çoğul	anne-ler
2	-(H)m	1. tekil kişi iyelik	anne-m
3	-(H)mHz	1. çoğul kişi iyelik	anne-miz
4	-(H)n	2. tekil kişi iyelik	anne-n
5	-(H)nHz	2. çoğul kişi iyelik	anne-niz
6	-(s)H	3. tekil kişi iyelik	anne-si
7	-lArI	1. çoğul kişi iyelik	anne-leri
8	-(y)H	-i hali	anne-yi
9	-nH	-i hali (3.t.k. iyelikten sonra)	anne-si-ni
10	-(n)Hn	toplama	anne-nin
11	-(y)A	-e hali	anne-ye
12	-nA	-e hali (3.t.k. iyelikten sonra)	anne-si-ne
13	-DA	-de hali	anne-de
14	-nDA	-de hali (3.t.k. iyelikten sonra)	anne-si-nde
15	-DAn	-den hali	anne-den
16	-nDAn	-den hali (3.t.k. iyelikten sonra)	anne-sin-den
17	-(y)IA	birliktelik	anne-yle
18	-ki	ilgi	annem-de-ki
19	-(n)cA	görelilik	annem-ce

Örneğin, bu gösterimde “-lAr” şeklinde temsil edilen çoğul eki ekleneceği sözcükle birlikte uğrayacağı sesli uyumuna göre “-lar” veya “-ler” şeklinde görülebilir. Benzer şekilde “-(H)nHz” şeklinde gösterilen 2.çoğul kişi iyelik eki de ekleneceği sözcüğe göre “-nız, -niz, -nuz, -nüz, -ımız, -iniz, -unuz, -ünüz” (hurkanız, iğneniz, kokunuz, ütünüz, gözünüz vb...) şekillerinde görülebilir.

Şekil 4’deki makine, bir isim köküne getirilebilecek çekim eklerini ve bunların sıralanışındaki kuralları belirler. Bu SDM’de dikdörtgenler bir sözcüğün makine içerisinde bulunduğu durumları belirtirler. Daire içerisinde bulunan çıkışlar ise makinenin sonlanma durumlarını belirtirler. Makinenin bir tek başlangıç durumu “İsim Kökü” ve birden fazla sonlanma durumu vardır. Durumlar arası geçişler oklar ile belirtilmiştir. Oklar üzerinde yazılı ekler, makine içerisinde bir durumdan öteki duruma geçiş için sözcükte bulunması gereken ekleri belirtir. Örneğin “İsim Kökü” durumundan “İyelik (3)” durumuna geçilmesi için “-lArI” ekinin kök sonuna getirilmesi gerekir.



Şekil 4. İsim Çekim Ekleri Soldan Sağa Sonlu Durum Makinesi

Oyuncaklar oyuncak - ları

İsim Kökü $\xrightarrow{-lArH}$ İyelik (3)

Aynı şekilde “İsim Kökü” durumundan “Çoğul” durumuna geçilmesi için şu ekler bulunmalıdır: “-lAr, 0”. Bu gösterimde, oklar üzerinde yazılı eklerin yanında bulunan ‘0’ bir ek değildir. Durumlar arası boş geçişleri gösterir. Böylece başlangıç durumu olan “İsim Kökü” durumundan “-(H)m, -(H)n, -(H)mHz, -(H)nHz” ekleri ile geçiş yapılabilir. Bu eklerden önce kökün sonuna “-lAr” çoğul eki getirilmesi zorunlu değildir.

simitler simit - ler

İsim Kökü $\xrightarrow{-lAr}$ Çoğul

simitiniz simit - iniz

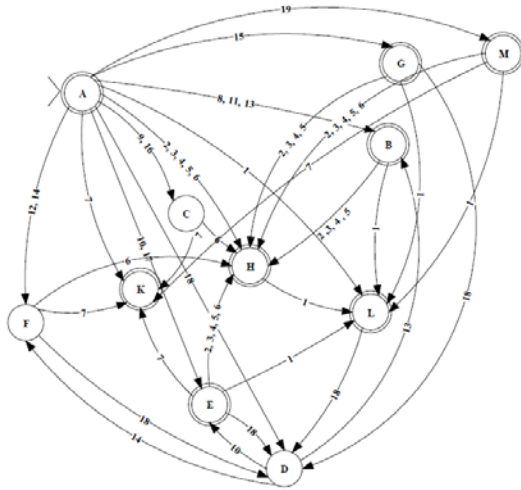
İsim Kökü $\xrightarrow{0}$ Çoğul $\xrightarrow{-(H)nHz}$ İyelik

Bu sonlu durum makinesi ile yapılan analizde, isim soylu köke eklenen ekler ekleniş sıralarına göre incelenir ve “çıkış” durumuna ulaşılması ile sonlanır.

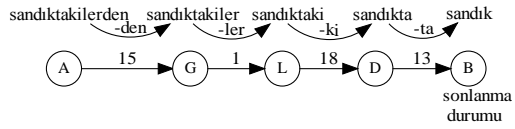
“sandıktakilerden” sözcüğünün İsim Çekim Ekleri Soldan Sağa SDM’si ile incelenmesi sırasında üzerinden geçilen durumlar aşağıda gösterilmiştir.

sandık - ta - ki - ler - den
İsim Kökü → 0 → Çoğul 0 → İyelik DA → Durum 2-ki → İlgi
-1Ar → Çoğul 0 → İyelik DAn → Durum 10 → Çıkış

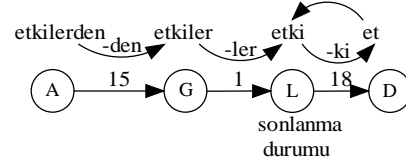
Şekil 5’de Şekil 4’deki makinenin ters çevirme ve indirgeme işlemleri uygulanarak, gerekirci bir hale dönüştürülmesi ile ortaya çıkan ve eklerin sözcük sonundan başlanarak başa doğru sözcükten ayıklanmasını sağlayan sonlu durumlu makine gösterilmektedir. Bu gösterimde, durumlar daireler içerisinde, sonlanma durumu olabilen durumlar çift daire içerisinde, giriş durumları ise dairenin yanına büyük bir ok işareti konularak belirtilmiştir. Durumlar arası geçişlerin üzerinde yer alan sayılar, Tablo 2. İsim Çekim Ekleri tablosundaki eklerin numaralarıdır. “Sandıktakilerden” sözcüğünün bu makine ile incelenmesi sırasında üzerinden geçilecek durumlar aşağıdaki gibidir. İnceleme sonucu *sandık* isim kökü bulunmuştur.



Şekil 5. İsim Çekim Ekleri Sağdan Sola Sonlu Durum Makinesi

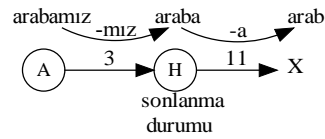


İnceleme sonuçlandığında üzerinde bulunulan son durum bir sonlanma durumu olmalıdır. Aksi takdirde, üzerinden geçilmiş olan en son sonlanma durumu, incelemenin durdurulduğu yer olarak kabul edilir. Buna örnek olarak *etkilerden* sözcüğünün incelenmesi gösterilebilir.

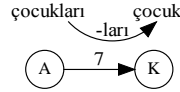
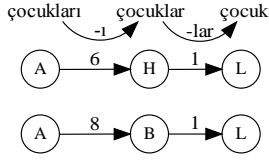


Bu örnekte en son durum olan ‘D’ durumu bir sonlanma durumu değildir. Bu sebeple, kendisinden bir önceki sonlanma durumu olan ‘L’, incelemenin sonlandığı nokta olarak belirlenir. Bulunan isim kökü ‘et’ değil, ‘etki’ dir.

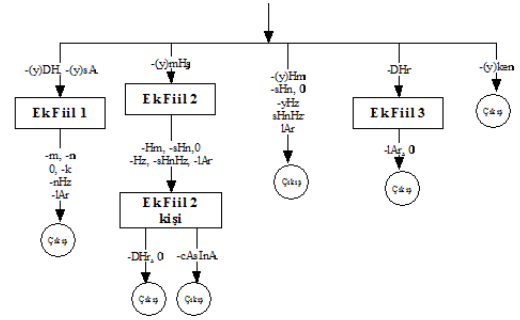
Sözcük üzerinde, sondan başa doğru inceleme yapılması sırasında, veri tabanında öncelikle olası bir ek bulunur. Üzerinde bulunulan durumdan, bu ek numarası ile başka bir duruma geçiş var ise bir sonraki duruma geçilir. Geçiş olmadığı durumda inceleme sonlanır. *Arabamız* sözcüğünün incelenmesi bu olaya bir örnek olarak gösterilebilir. Bu incelemede ulaşılan isim kökü ‘arab’ değil ‘araba’dır.



Bazı sözcükler için birden çok biçimbilimsel analiz söz konusudur. Bu durum sözcük sonunda bulunan olası ekin birden fazla olduğu zamanlarda ortaya çıkar. Aşağıdaki örnekte *çocukları* sözcüğü için isim çekim ekleri kümesi için yaratılmış sonlu durum makinesi kullanılarak, üç farklı biçimbilimsel analiz yapılmıştır. Örnekte sözcük sonunda bulunan ilk ek ‘-ı’ veya ‘ları’ eki olabilir. ‘-ı’ eki ‘6’ numaralı üçüncü tekil kişi iyelik eki olabileceği gibi, ‘8’ numaralı ismin –i hali eki de olabilir. Bu sebeple aynı sözcük için üç farklı inceleme yapılabilir.



okulda - ysa - lar
İsim Soylu_ysa → Ekfiil1-lar → Çıkış
Sözcük



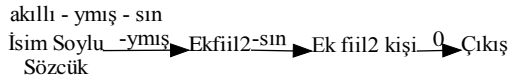
Şekil 6. Ek-Eylem Ekleri Soldan Sağa Sonlu Durum Makinesi

Şekil 7’de gösterilen makine ile incelenen sözcüklerin sonunda ek-eylem eklerine rastlanması durumunda, bu ekler sözcükten çıkarılarak isim soylu sözcüğe ulaşılır. Elde edilen bu sözcük isim kökü olabileceği gibi, isim çekim ekleri almış isim soylu bir sözcük de olabilir. Aşağıdaki örneklerde incelenen *korkakturlar* ve *okuldaysalar* sözcüklerinde elde edilen sonuç sırasıyla *korkak* ve *okulda* sözcükleridir. Bunlardan *korkak* bir isim kökü iken, *okulda* ‘okul’ isim kökünün çekim eki almış halidir.

Ek-Eylem Ekleri Kümesi

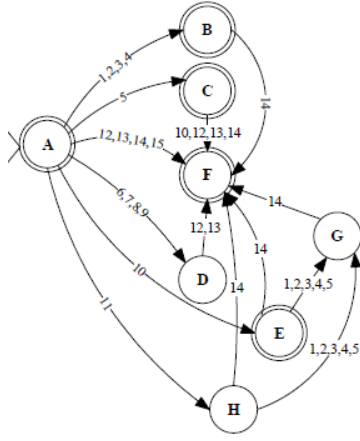
Bu alt bölümde isim soylu sözcüklere eklenen ek-eylem ekleri için oluşturulan SDM tanımlanacaktır. Ek-eylem ekleri, bir isme getirilen zaman ve kişi eklerini içermektedirler. Tablo 3’de ek listesi açıklamalar ve örneklerle birlikte verilmektedir. İsim Çekim Ekleri bölümüne benzer şekilde bu bölümde de iki farklı gösterimde SDM verilecektir (Şekil 6. Ek-Eylem Ekleri Soldan Sağa Sonlu Durum Makinesi, Şekil 7. Ek-Eylem Ekleri Sağdan Sola Sonlu Durum Makinesi). Benzer şekilde, Şekil 7’deki SDM’de geçişlerde kullanılan sayılar, Tablo 3’deki ilk sütun olan ek numaralarını belirtmektedirler.

Aşağıdaki örneklerde *akıllıymişsin* ve *okuldaysalar* sözcüklerinin soldan sağa SDM ile incelenmeleri gösterilmektedir.

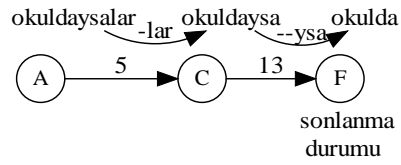
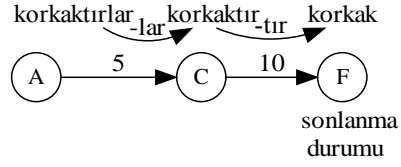


Tablo 3. Ek-Eylem Ekleri

Ek No	Ek	Açıklama	Örnek
1	-(y)Hm	1. tekil kişi	akıllı-yım
2	-sHn	2. tekil kişi	akıllı-sın
3	-(y)Hz	1. çoğul kişi	akıllı-yız
4	-sHnHz	2. çoğul kişi	akıllı-sınız
5	-lAr	3. çoğul kişi	akıllı-lar
6	-m	1. tekil kişi ((y)DH ve (y)sA eklerinden sonra)	akıllı-ydı-m
7	-n	2. tekil kişi ((y)DH ve (y)sA eklerinden sonra)	akıllı-ysa-n
8	-k	1. çoğul kişi ((y)DH ve (y)sA eklerinden sonra)	akıllı-ysa-k
9	-nHz	2. çoğul kişi ((y)DH ve (y)sA eklerinden sonra)	akıllı-ydı-nız
10	-DHr	çevrik kip	akıllı-dır
11	-cAsInA	tarz zarfı	akıllı-ymış-casına
12	-(y)DH	di’li geçmiş zaman	akıllı-ydı
13	-(y)sA	dilek-şart kipi	akıllı-ysa
14	-(y)mHş	miş’li geçmiş zaman	akıllı-ymış
15	-(y)ken	zaman zarfı	akıllı-yken



Şekil 7. Ek-Eylem Ekleri Sağdan Sola Sonlu Durum Makinesi



Eylem Zaman Ekleri Kümesi

Eylem soylu sözcüklere eklenen çekim ekleri, eylem çekim ekleri ve eylem zaman ekleri olmak üzere iki kümeye ayrılabilir. Bu alt bölümde, eylem zaman ekleri kümesi için geliştirilen SDM tanıtılacaktır.

Tablo 4. Eylem Zaman Ekleri

Ek No	Ek	Açıklama	Örnek
1	-(y)Hm	1. tekil kişi	gör-üyor-um
2	-sHn	2. tekil kişi	gör-üyor-sun
3	-(y)Hz	1. çoğul kişi	gör-üyor-uz
4	-sHnHz	2. çoğul kişi	gör-üyor-sunuz
5	-lAr	3. çoğul kişi	gör-üyor-lar
6	-mHş	miş'li geçmiş zaman	gör-müş
7	-(y)AcAk	gelecek zaman	gör-ecek
8	-(H)r	geniş zaman	gör-ür
9	-Ar	geniş zaman	iste-r
10	-(H)yor	şimdiki zaman	gör-üyor
11	-mAktA	sürerlilik	gör-mekte
12	-mAlI	gereklilik	gör-meli
13	-m	1. tekil kişi	gör-dü-m
14	-n	2. tekil kişi	gör-dü-n
15	-k	1. çoğul kişi	gör-dü-k
16	-nHz	2. çoğul kişi	gör-dü-nüz
17	-DH	di'li geçmiş zaman	gör-dü
18	-sA	dilek-şart kipi	gör-se
19	-lIm	1. çoğul kişi	gör-e-lim
20	-(y)A	istek kipi	gör-e
21	-(y)HnHz	2. çoğul kişi	gör-ünüz
22	-(y)Hn	2. tekil kişi	gör-ün
23	-sHnlAr	3. çoğul kişi	gör-sünler
24	-DHr	çevrik kip	gör-müş-sün-dür
25	-(y)DH	hikaye bileşik zaman	gör-müş-tü-m
26	-(y)sA	şart bileşik zaman	gör-müş-se-m
27	-(y)mHş	rivayet bileşik zaman	gör-meli-ymiş
28	-cAsInA	tarz zarfı	gör-müş-cesine
29	-(y)ken	zaman zarfı	gör-müş-ken

Üzerinde çalışılan bu kümede ekler, bir eyleme getirilebilecek zaman ve kişi eklerinden oluşmaktadır.

Şekil 8’de eylem zaman ekleri kümesi için oluşturulmuş soldan sağa SDM görülmektedir. Bu makinenin ‘olumsuz’ ve ‘fiil kökü’ durumları olmak üzere iki adet başlangıç durumu ve ‘çıkış’ olarak adlandırılan birden çok sonlanma durumu vardır. Aşağıda *görüyorsunuz* ve *yapmasanız* eylemlerinin bu makine ile inceleme evreleri gösterilmiştir.

gör - üyor - muş - sunuz

Fiil kökü-(H)yor → Zaman Tip II-(y)mHş → Bileşik Z.II-sHnHz → Çıkış

yapma - sa - nız

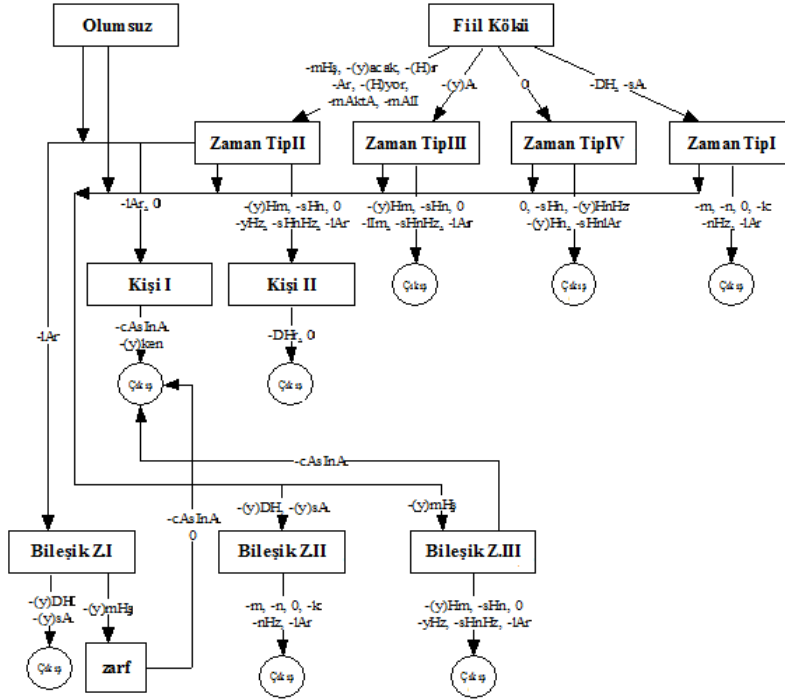
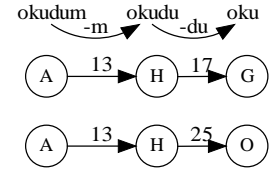
Fiil kökü-sA → Zaman Tip I -nHz → Çıkış

Makinede ‘olumsuz’ durumu olumsuz geniş zaman girişi için kullanılır. Olumlu durumlarda -(H)r veya -Ar ekleri ile oluşturulan geniş zaman, olumsuzluk halinde kendini -z eki ile gösterir. Aşağıdaki örnekte *yapmazlarsa* eylemi incelenmiştir. İnceleme sonucunda elde edilen ‘yapmaz’ sözcüğüdür. Bu sözcüğün üzerindeki -z geniş zaman olumsuzluk eki ve -mA olumsuzluk ekinin incelenmesi, bu SDM’nin görevi değildir.

yapmaz - lar - sa

olumsuz -lAr → Bileşik Z.I-sA → Çıkış

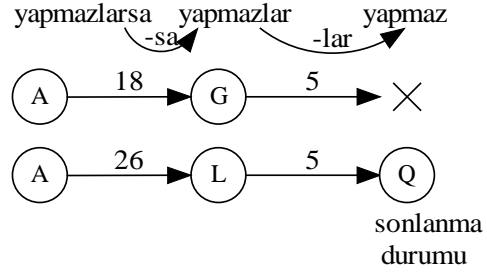
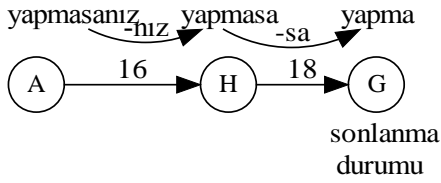
Eylem zaman ekleri kümesi için oluşturulmuş sağdan sola SDM Şekil 9’da görülmektedir. Aşağıda *okudum*, *yapmasınız*, *yapmazlarsa* ve *gezermişiz* eylemleri için inceleme aşamaları görülmektedir.



Şekil 8. Eylem Zaman Ekleri Soldan Sağa Sonlu Durum Makinesi

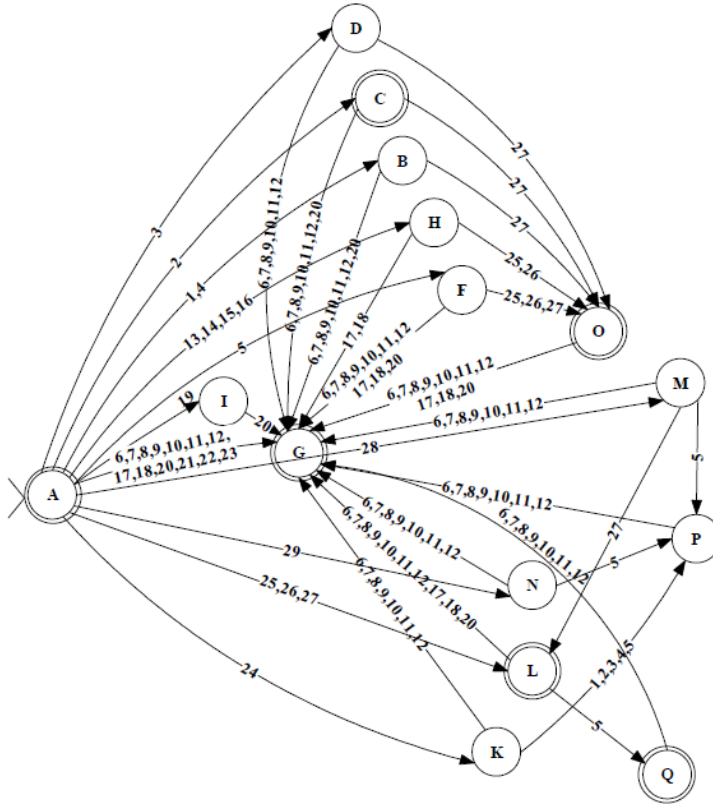
Bir eylem bileşik zaman ekinin getirilebilmesi için kendisinden önce gelen bir normal zaman ekinin bulunması şarttır. Yukarıdaki örnekte -du eki veri tabanında arandığında iki farklı sonuç elde edilir: -di’li geçmiş zaman eki veya hikaye bileşik zaman eki. Bu sonuçların her ikisi de sonlanma durumuna geçiş sağlar. Ancak, ‘O’ durumu olumsuz eylemler için bir sonlanma durumu olduğundan, ilk inceleme doğru olarak kabul edilmesi gerekendir. SDM eylemin olumsuz olup olmadığını kontrolünü

yapamaz. Bu görev bir sonraki SDM olan Eylem Çekim Ekleri Kümesi'ne aittir. İki farklı inceleme sonucu üretilir. Diğer SDM'ler tarafından yapılan incelemelerde eylemin olumsuz olduğu belirlenemez ise 'O' çıkışlı inceleme kaydı silinir.

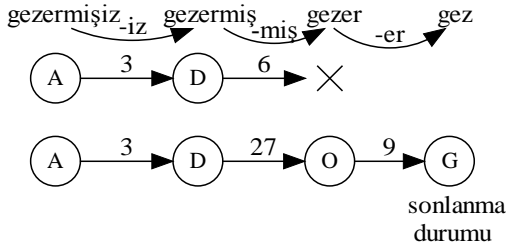


Yukarıdaki örnekte olumsuz bir eylem için inceleme görülmektedir. Kullanılan -sa eki hem dilek-şart eki hem de şart bileşik zaman eki olabilir. Bu yüzden veri tabanında arama yapıldığında birden fazla sonuç geriye döner: '18' ve '26'.

Yukarıdaki örnekte birinci incelemede analiz 'G' durumuna kadar ilerleyebilir, '5' numaralı ek ile bu durumdan başka herhangi bir duruma geçiş yoktur. Elde edilen sözcük *yapmazlar*' dir. İkinci inceleme de ise 'Q' sonlanma durumuna kadar ulaşılmıştır, elde edilen sözcük *yapmaz*' dir.



Şekil 9. Eylem Zaman Ekleri Sağdan Sola Sonlu Durum Makinesi

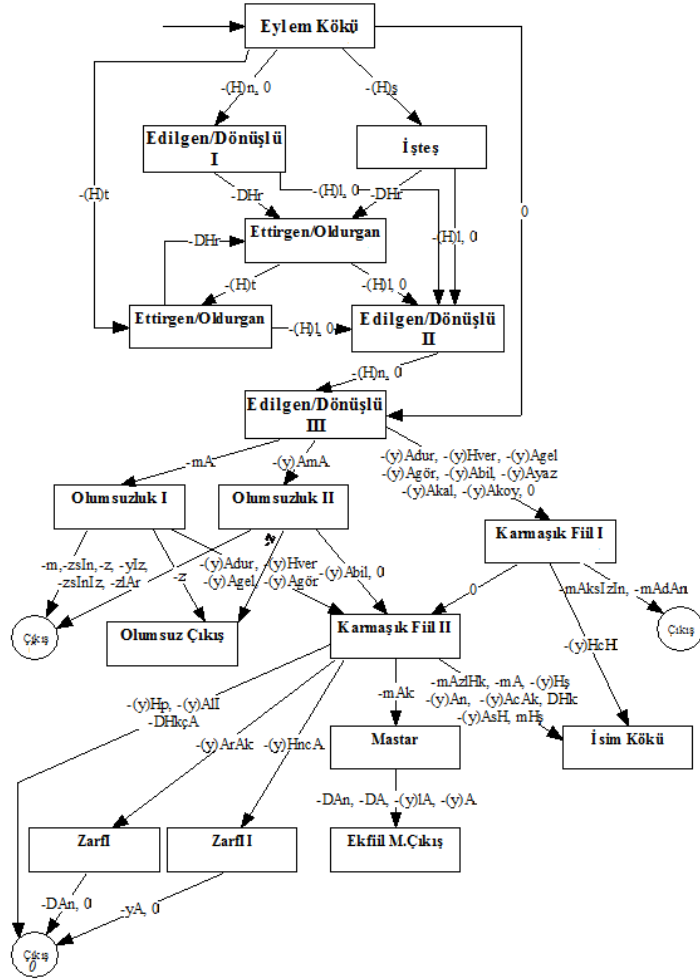


SDM'lere geçişi sağlar. Farklı çıkışları tanıtmak üzere aşağıda görüşmezler, gönderilebilir, okuyucular, okumak, okumaktadır ve okuyamazmışım sözcükleri üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Yukarıdaki örnekte, birinci inceleme 'D' durumuna kadar ilerleyebilir, bu durum bir sonlanma durumu olmadığından kendisinden önceki ilk sonlanma durumu, son durum olarak kabul edilir. Sözcük birinci incelemeden herhangi bir değişikliğe uğramadan çıkar. İkinci inceleme de ise 'G' sonlanma durumuna ulaşılır, elde edilen sözcük *gez* eylem köküdür.

Eylem Çekim Ekleri Kümesi

Kişi ve zaman ekleri dışında, eylemlere eklenen çekim ekleri, eylem çekim ekleri kümesi altında toplanmıştır. Bu küme, karmaşık fiil eklerini, tasvir fiil eklerinin ve çatı eklerini içerir. Bu alt bölümde eylem çekim ekleri kümesi için oluşturulmuş SDM tanımlanacaktır. Şekil 10'da verilen eylem çekim ekleri kümesi için oluşturulmuş soldan sağa SDM'de "Eylem Kökü" durumu makinenin giriş durumudur. Eylem çekim ekleri SDM'sinde, sonlanma durumları sadece "çıkış" durumları değildir. "Çıkış" durumlarının dışında, kendisinden farklı SDM'lere geçişi sağlayan sonlanma durumları vardır. Bunlar 'Karmaşık Fiil II', 'İsim Kökü', 'Mastar', 'Ekfiil Çıkış' durumlarıdır. Bunlar



Şekil 10. Eylem Çekim Ekleri Soldan Sağa Sonlu Durum Makinesi

gör - üş - me - zler

Eylem Kökü $\xrightarrow{-(H)Ş}$ İşteş $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü II $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III
 $\xrightarrow{-mA}$ Olumsuzluk I $\xrightarrow{-zAr}$ Çıkış

” Çıkış” normal sonlanma durumudur, inceleme bu SDM’de başlar ve sona erir.

gönder - il - ebil - ir

Eylem Kökü $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü I $\xrightarrow{-(H)I}$ Edilgen/Dönüşlü II
 $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III $\xrightarrow{-(y)Abi}$ Karmaşık Fiil I $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil II

“Karmaşık Fiil II” durumu, bu SDM’den eylem zaman ekleri SDM’sine geçişi sağlayan kapıdır. Bu duruma gelen bir inceleme, Şekil 3.8’de eylem zaman ekleri için soldan sağa SDM’deki “Fiil Kökü” durumundan, eylem zaman ekleri makinesine girer. Yukarıdaki örnekte “-ir” eki, eylem çekim eklerinde incelenecek bir ek değildir. “Karmaşık Fiil II” sonlanma durumuna ulaşan inceleme, buradan eylem zaman ekleri SDM’sine geçer ve devam eder.

oku - yucu - lar

Eylem Kökü $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil I $\xrightarrow{-(y)HcH}$ İsim Kökü

“İsim Kökü” sonlanma durumu bu SDM’sinden isim çekim ekleri SDM’sine geçişi sağlar. İnceleme bu aşamadan sonra isim çekim ekleri SDM’sinden devam eder.

oku - mak

Eylem Kökü $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil I $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil II
 $\xrightarrow{-mAk}$ Mastar

“Mastar” normal sonlanma durumudur, inceleme bu SDM’de başlar ve sona erer.

oku - mak - tan - dır

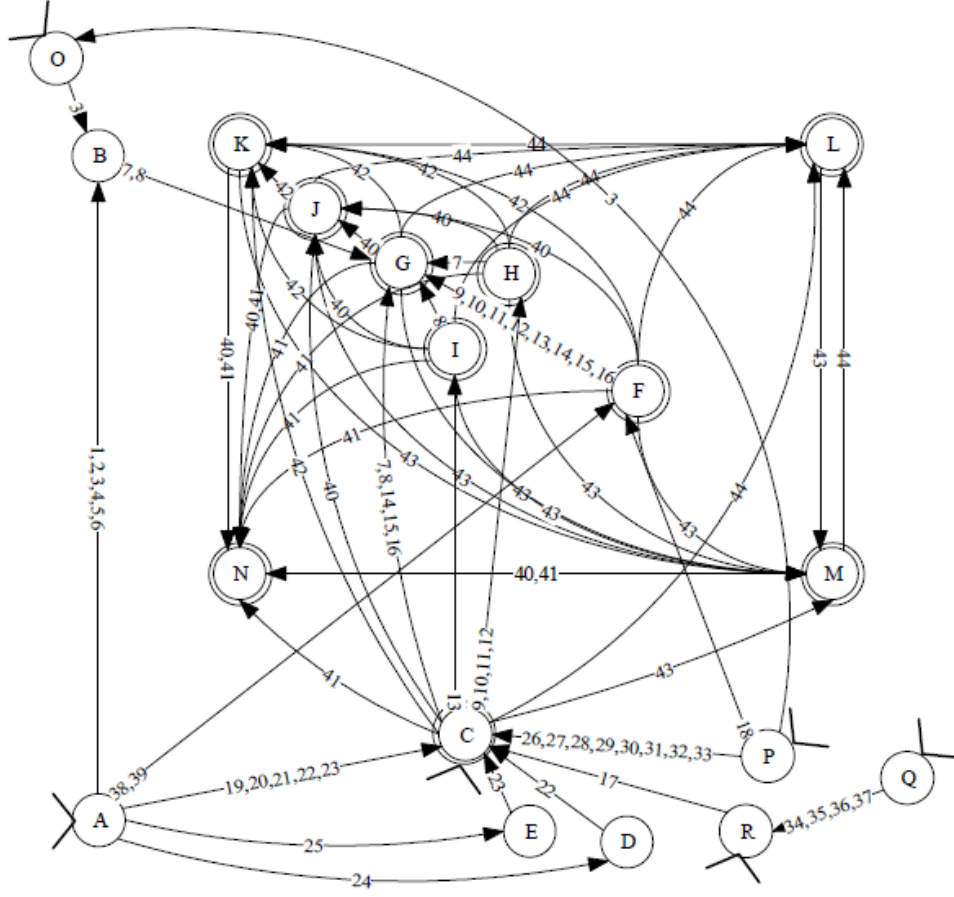
Eylem Kökü $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil I $\xrightarrow{0}$ Karmaşık Fiil II
 $\xrightarrow{-mAk}$ Mastar $\xrightarrow{-dAn}$ Ekfiil M.Çıkış

“Ekfiil M.Çıkış” sonlanma durumu bu SDM’den ekeylem ekleri SDM’sine geçişi sağlar. Bu duruma gelmiş inceleme ekeylem ekleri SDM’sinden devam eder. “-dır” eki ekeylem ekleri SDM’sinde incelenir.

oku - yama - z - mış - im

Eylem Kökü $\xrightarrow{0}$ Edilgen/Dönüşlü III $\xrightarrow{-(y)AmA}$ Olumsuzluk II $\xrightarrow{-Z}$ Olumsuz Çıkış

“Olumsuz Çıkış” durumu bu SDM’den, eylem zaman ekleri SDM’sine geçişi sağlar. Bu duruma gelmiş inceleme, eylem zaman ekleri SDM’nin Şekil 3.8 soldan sağa SDM’deki “Olumsuzluk” girişinden girerek devam eder. Örnekteki “-mış” ve “-im” ekleri eylem zaman ekleri SDM’si tarafından incelenecektir.



Şekil 11. Eylem Çekim Ekleri Sağdan Sola Sonlu Durum Makinesi

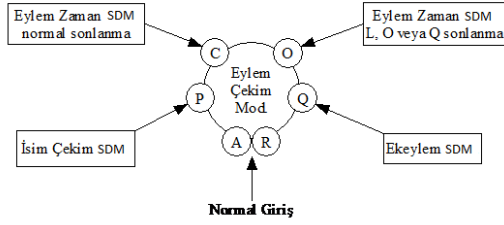
Yukarıda örnekler ile açıklanan, eylem çekim ekleri SDM'sinden diğer SDM'lere geçişler şöyledir:

“Olumsuzluk Çıkış” durumu	→	Eylem zaman ekleri SDM'si
“Karmaşık Fiil I” durumu	→	Eylem zaman ekleri SDM'si
“İsim Kökü” durumu	→	İsim çekim ekleri SDM'si
“Ekfiil M.Çıkış” durumu	→	Ekeylem ekleri SDM'si

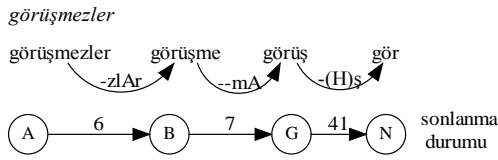
Eylem çekim ekleri için oluşturulmuş sağdan sola SDM Şekil 11'de gösterilmektedir. Bu makineden önce birçok farklı SDM çalışabileceğinde, makineye girişler öncesinde çalışan SDM'ye göre farklılık göstermektedirler. Bu girişlerin neler olduğu Şekil 12'de gösterilmektedir.

Tablo 5. Eylem Çekim Ekleri

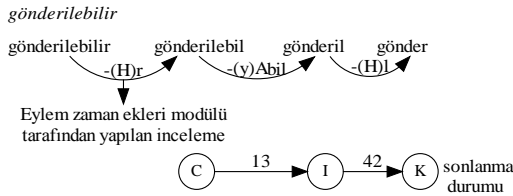
Ek No	Ek	Açıklama	Örnek
1	-m	1. tekil kişi	yap-ma-m
2	-zsIn	2. tekil kişi	yap-ma-zsIn
3	-z	3. tekil kişi	yap-ma-z
4	-ylz	1. çoğul kişi	yap-ma-yız
5	-zsInlz	2. çoğul kişi	yap-ma-zsInlz
6	-zlAr	3. çoğul kişi	yap-ma-zlar
7	-mA	olumsuzluk	yap-ma
8	-(y)AmA	olumsuzluk	yap-ama
9	-(y)Adur	sürerlik bileşik eylem kipi	yap-adur
10	-(y)Hver	tezlik bileşik eylem kipi	yap-iver
11	-(y)Agel	sürerlik bileşik eylem kipi	ol-agel-di
12	-(y)Agör	sürerlik bileşik eylem kipi	iste-yegör-sün
13	-(y)Abil	yeterlik bileşik eylem kipi	yap-abil
14	-(y)Ayaz	yaklaşma bileşik eylem kipi	düş-eyaz-dı-m
15	-(y)Akal	sürerlik bileşik eylem kipi	don-akal
16	-(y)Akoy	sürerlik bileşik eylem kipi	alı-koy-sun
17	-mAk	mastar	yap-mak
18	-(y)HcH	görev eki	yap-ıcı
19	-(y)Hp	zarf eki	yap-ıp
20	-(y)Alı	zarf eki	yap-alı
21	-DHkçA	zarf eki	yap-tıkça
22	-(y)ArAk	zarf eki	yap-arak
23	-(y)HncA	zarf eki	yap-ınca
24	-DAn	zarf eki	yap-arak-tan
25	-yA	zarf eki	yap-ınca-ya
26	-(y)An	sıfat fiil	oku-yan
27	-(y)AcAk	fiilden isim yapma eki	oku-yacak
28	-(y)Asl	sıfat fiil	oku-yası
29	-DHk	sıfat fiil	oku-duk
30	-mHş	sıfat fiil	oku-muş
31	-mAzllk	fiilden isim yapma eki	oku-ma-mazlık
32	-mA	mastar eki	oku-ma
33	-(y)Hş	fiilden isim yapma eki	oku-yuş
34	-DAn	-den hali	oku-mak-tan
35	-DA	-de hali	oku-mak-ta
36	-(y)IA	birliktelik	oku-ma-yla
37	-(y)A	-e hali	oku-ma-ya
38	-mAksızln	zarf eki	oku-maksızın
39	-mAdAn	zarf eki	oku-madan
40	-(H)n	edilgen dönüşlü	oku-n-mak
41	-(H)ş	işteş	gör-üş-mek
42	-(H)l	edilgen dönüşlü	gör-ül-mek
43	-DHr	oldurgen	oku-t-tur-mak
44	-(H)t	ettirgen	oku-t-mak



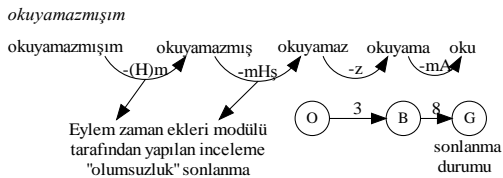
Şekil 13. Eylem Çekim Ekleri SDM'si Giriş kapıları



Yukarıdaki örnekte eylem çekim ekleri SDM'sinden önce inceleme yapan başka bir SDM olmadığından giriş 'A' durumundandır.

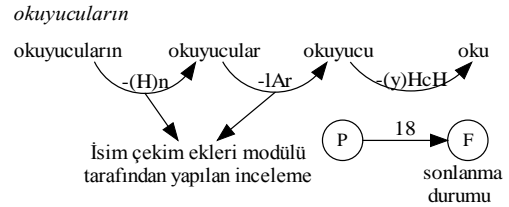


Yukarıdaki örnekte, inceleme yapan bir önceki SDM eylem zaman ekleri SDM'si olduğundan, başlangıç olarak 'C' durumu kabul edilir. Bu SDM'deki inceleme *gönderilebil* sözcüğünden başlar.

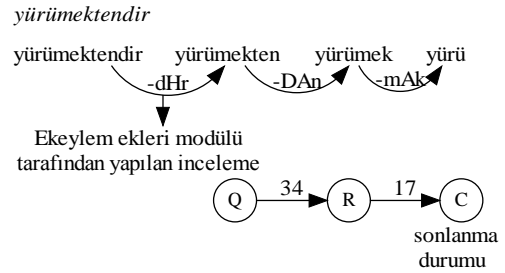


Yukarıdaki örnekte, inceleme yapan bir önceki SDM, eylem zaman ekleri SDM'si ve sonlanma durumu olumsuzluk olduğundan, başlangıç durumu

olarak 'O' kabul edilir. Bu SDM'deki inceleme *okuyamaz* sözcüğünden başlar.



Yukarıdaki örnekte, bir önceki SDM isim çekim ekleri SDM'si olduğundan başlangıç durumu olarak 'P' durumu kabul edilir. Bu SDM'deki inceleme *okuyucu* sözcüğünden başlar.



Yukarıdaki örnekte, eylem çekim ekleri SDM'sinden bir önce inceleme yapan SDM ekeylem ekleri SDM'sidir. Bu nedenle 'Q' durumu başlangıç durumu olarak kabul edilir. İnceleme, *yürümekten* sözcüğünden başlar.

Kaynakça

- [1] Akın, M. D., & Akın, A. A. (2009). *Zemberek - Açık Kaynak Kodlu Türkçe DDi kütüphanesi*. Aralık 2009 tarihinde <http://code.google.com/p/zemberek/> adresinden alındı
- [2] Beesley, K. R., & Karttunen, L. (2003). *Finite State Morphology*. CSLI Publications.
- [3] Brodda, B., & Fred, K. (1980). *An experiment with Automatic Morphological Analysis of Finnish*. Helsinki: University of Helsinki.
- [4] Cebiroğlu, G. (2002). *Sözlüksüz Köke Ulaşma Yöntemi, Y.L.Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [5] Cebiroğlu, G., & Adalı, E. (2004). An Affix Stripping Morphological Analyzer For Turkish. *International Conference on Artificial Intelligence and Applications*, (s. 209-304). Innsbruck.
- [6] Cilden, E. K. (2009). *Snowball*. Aralık 2009 tarihinde <http://snowball.tartarus.org/algorithms/turkish/stemmer.html> adresinden alındı
- [7] El-Kahlout, İ. D., & Oflazer, K. (2009). Exploiting Morphology and Local Word Reordering in English to Turkish Phrase-based Statistical. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing* .
- [8] Eryiğit, G. (2006). Statistical Dependency Parsing of Turkish. *EACL*. Trento.
- [9] Eryiğit, G. (2006). *Türkçe'nin bağlılık Ayrıştırması, Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [10] Eryiğit, G., Nivre, J., & Oflazer, K. (2008). Dependency Parsing of Turkish. *Computational Linguistic* , 34 (3), 357-389.
- [11] Gelbukh, A., & Sidorov, G. (2009). Approach to Construction of Automatic Morphological Analysis Systems for Inflective Languages with Little Effort. *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* (s. 157-162). içinde Heidelberg: Springer Berlin.
- [12] Hakkani-Tür, D., Oflazer, K., & Tür, G. (2002). Statistical Morphological Disambiguation for Agglutinative Languages. *Journal of Computers and Humanities* , 36 (4).
- [13] Hankamer, J. (1986). Finite state morphology and left to right. *Fifth West Coast Conference on Formal Linguistics*, (s. 29-34). Stanford.
- [14] Hirsimäki, T., Creutz, M., Siivola, V., Kurimo, M., Pytkönen, J., & Virpioja, S. (2006). Unlimited vocabulary speech recognition with morph language models applied to Finnish. *Computer Speech and Language* , 20 (4), 515-541.
- [15] Johnson, C. D. (1972). *Formal aspects of phonological description*. The Hague: Mouton.
- [16] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2009). *Speech and Language Processing*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [17] Kaalep, H.-J. (1997). An Estonian Morphological Analyzer. *Computers and Humanities* , 31 (2), 115-133.
- [18] Kaplan, R., & Kay, M. (1981). Phonological rules and finite-state transducers. *56th Annual Meeting of the Linguistic Society of America*. New York.
- [19] Karttunen, L., & Beesley, K. R. (2001). A Short History of Two-Level Morphology. *ESSLLI-2001 Special Event "Twenty Years of Finite-State Morphology"*. Helsinki.
- [20] Koskenniemi, K. (1983). *Two-level morphology: a general computational model for word-form recognition and production*. Department of General Linguistics. Helsinki: University of Helsinki .
- [21] Köksal, A. (1975). *A First Approach to a Computerized Model for the Automatic Morphological Analysis of Turkish, Doktora Tezi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- [22] Kurimo, M., Creutz, M., Varjokallio, Arisoy, E., & Saraclar, M. (2005). Unsupervised Segmentation of Words into Morphemes Challenge 2005, An Introduction and Evaluation Report. *In Proceedings of PASCAL Challenge Workshop on unsupervised segmentation of words into morphemes*. Venice.
- [23] Oflazer, K. (2003). Dependency parsing with an extended finite-state approach. *Computational Linguistic* , 29 (4), 515-544.
- [24] Oflazer, K. (2009). *Türkçe Sözcük Veritabanı projesi*. Aralık 2009 tarihinde

<http://www.hlst.sabanciuniv.edu/TL/>. adresinden alındı

- [25] Oflazer, K. (1994). Two-level description of Turkish morphology. *Literary and Linguistic Computing*, 9 (2).
- [26] Oflazer, K., Say, B., Tür, D. Z., & Tür, G. (2003). Building a Turkish treebank. A. Abeille içinde, *Treebanks: Building and Using Parsed Corpora*. Kluwer.
- [27] Packard, D. W. (1973). Computer-assisted morphological analysis of ancient Greek. *International Conference on Computational Linguistics*. Pisa.
- [28] Sak, H., Güngör, T., & Saraçlar, M. (2008). Turkish Language Resources: Morphological Parser, Morphological Disambiguator and Web Corpus. *GoTAL*. Springer.
- [29] Sproat, R. (1992). *Morphology and computation*. Cambridge: MIT Press.
- [30] Yılmaz, S. (2009). *Türkçe için iyileştirilmiş biçimbilimsel çözümleyici, Y.L. Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.