

OTOMATA TEORİSİ

HAFTALARA GÖRE İŞLENECEK KONULAR

2.HAFTA

- Genel tanımlar
- 3.HAFTA
- Düzenli İfadeler

4.HAFTA

- Düzenli Dillerin Özellikleri

5.HAFTA

- Düzenli Dillerin Karar Özellikleri

6.HAFTA

- Bağlamdan Bağımsız Gramerler ve Belirsizlik
- 7.HAFTA

HAFTALAR AŞAĞIDA İŞLENECEK KONULAR

7.HAFTA

- İtmeli Otomatlar

8.HAFTA

- İtmeli Otomatlar ve Bağlamdan Bağımsız Gramerlerin Denkliği

9.HAFTA

- Bağlamdan Bağımsız Gramerler Üzerindeki İşlemler

10.HAFTA

- Bağlamdan Bağımsız Gramerlerin Kapalılık Özellikleri

11.HAFTA

- Turing Makineleri ve Karmaşıklık

12. HAFTA

- Farklı Turing Makine Modelleri

13. HAFTA

- Karar Verilen ve Verilemeyen Problemler

14. HAFTA

- NP-Tam Problemler

Zihin ve Makine



İnsanlar gibi düşünebilen bir makine yapılabilir mi?

- Otomata teorisi, “**düşünebilen**” sistem fikrinin temelinde yatan **kural-tabanlı işlemeyi** inceler.
- Bir makine, belirli girdileri alıp **durum geçişleri** ile çıktılar üretir; karmaşık davranışlar bile **basit kuralların birleşimi** ile ortaya çıkabilir.
- “Düşünebilme” iddiası felsefidir; fakat **hesaplanabilir olanın sınırları** otomata teorisi ve Turing makineleriyle formel olarak tartışıılır.

Örneğin;

- Satranç motorları, dil modelleri, öneri sistemleri → hepsi **kural/öğrenilmiş kural + durum geçişleri** mantığında işler.

Kurallar ve Özgürlük



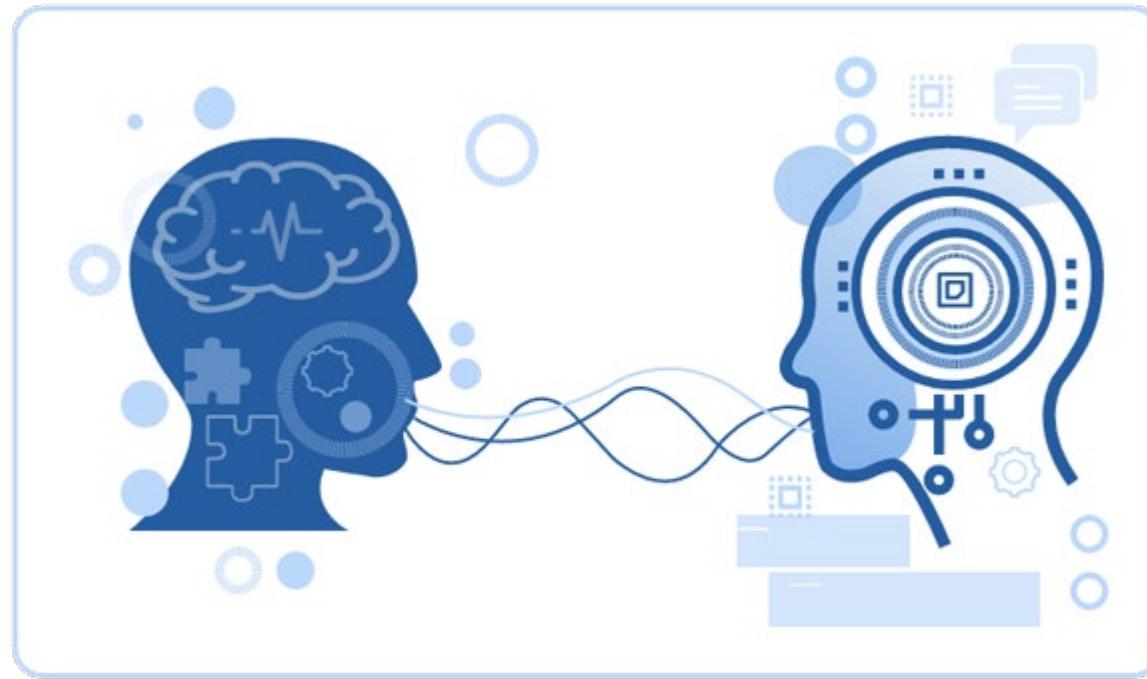
Hayatımız tamamen kurallarla yönetiliyor olsaydı, seçim özgürlüğümüz olur muydu?

- Otomatlar **katı kurallarla** çalışır ama buna rağmen **çok çeşitli davranışlar** üretebilir.
- **Deterministik** sistemlerde bile, farklı girdiler ve başlangıç durumları **farklı yollar** doğurur.
- Tasarımcının seçtiği **durumlar, geçişler ve girişler** aslında “**özgürlük alanını**” belirler.

Örneğin;

- ATM, asansör, oyun menüsü: Hepsi **sonlu durum makinesi**; özgürlük, **izin verilen geçişlerin çeşitliliği** kadardır.

Dil ve Anlam



Bir bilgisayar dili gerçekten ‘anlayabilir’ mi, yoksa sadece semboller işler mi?

- Otomata teorisi, dilleri **bİçimsel** olarak ele alır: alfabe, kelime, dil, **kabul edici**.
- Makine, anlamdan ziyade **yapıyı** kontrol eder (ör. düzenli diller için DFA).
- “Anlam” felsefi ve anlambilimsel bir mesele; fakat **hangi yapıları tanıabileceğimizi** otomata sınıfları net biçimde sınırlar.

Örneğin;

- Yazım denetimi/regex arama → **sonlu otomat**; parantez dengeleme → **yığıtlı otomat**; genel hesaplama → **Turing makinesi**.

Giriş

Otomata Teorisinin Tanımı ve Kapsamı

Otomata Teorisi, hesaplama makinelerinin (otomataların) **davranışlarını** ve bu makinelerin **hangi tür problemleri çözüleceğini** inceleyen matematiksel bir alandır. Temel olarak, otomatlar aracılığıyla çeşitli dil türleri ve bu dillerin tanımlanabilirliği araştırılır.

Otomata: Belirli kurallara göre giriş alıp, bu girişlere karşılık çıktılar üreten soyut makineler. En yaygın otomata türleri arasında Sonlu Otomatlar (DFA ve NFA), Yığıtlı Otomatlar (PDA) ve Turing Makineleri bulunmaktadır.

Otomata Türleri

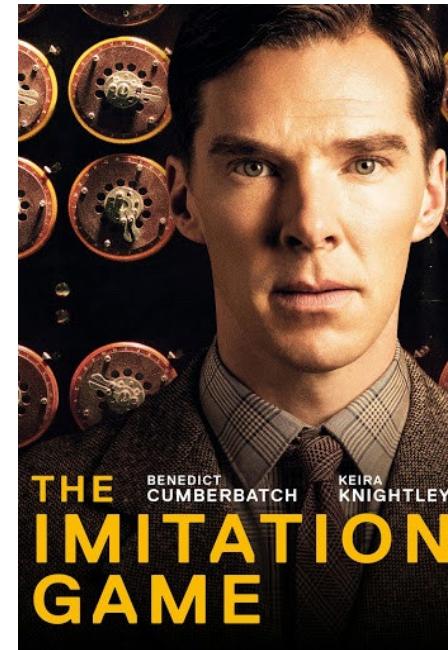
- **Sonlu Otomatlar (Finite Automata):** Sınırlı bellek kapasitesine sahip otomatlar olup, düzenli dilleri tanımlarlar. Deterministik (DFA) ve Deterministik Olmayan (NFA) olmak üzere iki çeşidi bulunur.
- **Yığıtlı Otomatlar (Pushdown Automata):** Ekstra bir yığıt belleğe sahip olup, bağlamdan bağımsız dilleri tanırlar.
- **Turing Makineleri:** Daha güçlü otomatalar olup, herhangi bir hesaplanabilir problemi çözebilirler. Hesaplanabilirlik ve karar verilebilirlik konularında temel rol oynarlar.

Otomata Teorisinin Modern Uygulama Alanları

Bugün, otomata teorisi bilgisayar bilimlerinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir:

- **Derleyici Tasarımı:** Otomatalar, programlama dillerinin yapılarının tanınmasında ve analiz edilmesinde kullanılır.
- **Doğal Dil İşleme:** Otomata teorisi, doğal dilin formel yapılarının analiz edilmesi ve işlenmesinde rol oynar.
- **Veritabanı Arama:** Düzenli ifadeler ve sonlu otomatlar, metin arama ve veri işleme işlemlerinde sıkça kullanılır.

İkinci Dünya Savaşı ve Alan Turing



TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

➤ KELİME(Word)

➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)



➤ KELİME(Word)

➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)



➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Örnek Kelimeler

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ alfabesinden üretilen kelimeler: Ahmed, mehmed, fatih, aaaG,

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ alfabesinden üretilen kelimeler:

1234,0945,345102, 670, 0,9

Boş kelime (empty word), her alfabe üzerinden geçerli olan bir kelimedir ve Λ simbolü ile gösterilmektedir. Buradaki önemli nokta, Λ simbolünün alfabetin elemanı olmamasıdır: $\Lambda \notin \Sigma$

➤ DİL(Language)

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Örnek Kelimeler

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$
alfabesinden üretilen kelimeler: Ahmed, mehmed, fatih, aaaG,

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ alfabesinden üretilen kelimeler:

1234,0945,345102, 670, 0,9

➤ DİL(Language)

Boş kelime (empty word), her alfabe üzerinden geçerli olan bir kelimedir ve Λ simbolü ile gösterilmektedir. Buradaki önemli nokta, Λ simbolünün alfabetin elemanı olmamasıdır: $\Lambda \notin \Sigma$

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Örnek Kelimeler

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ alfabesinden üretilen kelimeler: Ahmed, mehmed, fatih, aaaG,

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ alfabesinden üretilen kelimeler:

1234,0945,345102, 670, 0,9

Boş kelime (empty word), her alfabe üzerinden geçerli olan bir kelimedir ve Λ simbolü ile gösterilmektedir. Buradaki önemli nokta, Λ simbolünün alfabenin elemanı olmamasıdır: $\Lambda \notin \Sigma$

➤ DİL(Language)

Bir alfabe üzerinden üretilmiş olan kelimelerin kümesi dildir.

Dile ait olan kelimelerin nasıl üretileceğiniin kuralları tanımlanmış ise söz konusu dil biçimsel (formal) dil olarak adlandırılmaktadır

Bir dili tanımlamak için iki bileşenin tanımı gerekmektedir:

1. Bir alfabe tanımlanması.
2. Hangi kelimelerin dildeki geçerli kelimeler olduğunu belirten kuralların tanımlanması.

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Örnek Kelimeler

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ alfabesinden üretilen kelimeler: Ahmed, mehmed, fatih, aaaG,

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ alfabesinden üretilen kelimeler:

1234,0945,345102, 670, 0,9

Boş kelime (empty word), her alfabe üzerinden geçerli olan bir kelimedir ve Λ simbolü ile gösterilmektedir. Buradaki önemli nokta, Λ simbolünün alfabenin elemanı olmamasıdır: $\Lambda \notin \Sigma$

➤ DİL(Language)

Bir alfabe üzerinden üretilmiş olan kelimelerin kümesi dildir.

Dile ait olan kelimelerin nasıl üretileceğiniin kuralları tanımlanmış ise söz konusu dil biçimsel (formal) dil olarak adlandırılmaktadır

Bir dili tanımlamak için iki bileşenin tanımı gerekmektedir:

1. Bir alfabe tanımlanması.
2. Hangi kelimelerin dildeki geçerli kelimeler olduğunu belirten kuralların tanımlanması.

$\Sigma = \{x\}$ ve $L_1 = \{x^n, n=1, 2, 3, \dots\}$

Örnek kelimeler?

TEMEL KAVRAMLAR

➤ ALFABE(Alphabet)

Kelimelerin üretiminde kullanılan birimlerin sonlu kümesine alfabe denir. Alfabenin elemanları genelde "sembol" veya "harf" olarak adlandırılmaktadır. Alfabe genelde Σ simbolü ile gösterilmektedir

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ ile gösterilen alfabe Türkçe kelimelerin oluşturulması için gereken sembollerini içeren örnek bir alfabetidir.

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ ile gösterilen alfabe çeşitli tamsayılar oluşturmak amacıyla kullanılabilecek bir alfabetidir.

➤ KELİME(Word)

Kelime, Σ alfabesinden seçilen sonlu sayıdaki simbolün bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Örnek Kelimeler

$\Sigma = \{a, b, c, \dot{c}, \dots, z, A, B, C, \dot{C}, \dots, Z\}$ alfabesinden üretilen kelimeler: Ahmed, mehmed, fatih, aaaG,

$\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ alfabesinden üretilen kelimeler:

1234,0945,345102, 670, 0,9

Boş kelime (empty word), her alfabe üzerinden geçerli olan bir kelimedir ve Λ simbolü ile gösterilmektedir. Buradaki önemli nokta, Λ simbolünün alfabetin elemanı olmamasıdır: $\Lambda \notin \Sigma$

➤ DİL(Language)

Bir alfabe üzerinden üretilmiş olan kelimelerin kümesi dildir.

Dile ait olan kelimelerin nasıl üretileceğiniin kuralları tanımlanmış ise söz konusu dil biçimsel (formal) dil olarak adlandırılmaktadır

Bir dili tanımlamak için iki bileşenin tanımı gerekmektedir:

1. Bir alfabe tanımlanması.
2. Hangi kelimelerin dildeki geçerli kelimeler olduğunu belirten kuralların tanımlanması.

$\Sigma = \{x\}$ ve $L_1 = \{x^n, n=1, 2, 3, \dots\}$

Örnek kelimeler?

$\Sigma = \{x, y\}$ ve $L_1 = \{x^n y^n, n=1, 2, 3, \dots\}$

Örnek kelimeler?

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Birleştirme (Concatenation)

➤ Ters (Reverse) Fonksiyonu

➤ Uzunluk (Length) Fonksiyonu

➤ Alt Kelime (Subword)

➤ Önek (Prefix)

➤ Sonek (Suffix)

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Birleştirme (Concatenation)

Σ alfabesi üzerinde tanımlı w_1 ve w_2 gibi iki kelime olduğu varsayıldığında, w_1 kelimesinin w_2 kelimesi ile birleştirilmesi (concatenation), w_2 kelimesinin w_1 kelimesinin sonuna eklenmesi ile oluşmaktadır ve w_1w_2 olarak gösterilmektedir.

İki boş kelimenin birleştirilmesi boş kelimedir: $\Lambda \Lambda = \Lambda$.

$w\Lambda = \Lambda w$ yazılabilicektir

Örnekler:

$K1=aabba$, $K2=abab$

$K1K2=aabbaabab$

- $L_1=\{x, xx, xxx, xxxx, \dots\}$ dili için birleştirme işlemi geçerlidir. Örneğin, $xx \in L_1$ ve $xxx \in L_1$ olmak üzere, bu iki kelimenin birleştirilmesi ile oluşan $xxxx$ kelimesi L_1 dilinin elemanıdır.

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Birleştirme (Concatenation)

Σ alfabesi üzerinde tanımlı w_1 ve w_2 gibi iki kelime olduğu varsayıldığında, w_1 kelimesinin w_2 kelimesi ile birleştirilmesi (concatenation), w_2 kelimesinin w_1 kelimesinin sonuna eklenmesi ile oluşmaktadır ve w_1w_2 olarak gösterilmektedir.

İki boş kelimenin birleştirilmesi boş kelimedir: $\Lambda \Lambda = \Lambda$.

$w\Lambda = \Lambda w$ yazılabilicektir

Örnekler:

$K1=aabba$, $K2=abab$

$K1K2=aabbaabab$

- $L_1=\{x, xx, xxx, xxxx, \dots\}$ dili için birleştirme işlemi geçerlidir. Örneğin, $xx \in L_1$ ve $xxx \in L_1$ olmak üzere, bu iki kelimenin birleştirilmesi ile oluşan $xxxx$ kelimesi L_1 dilinin elemanıdır.

- **Soru:** $L_2=\{x^{2n+1}, n=0,1,2,3,\dots\}$ için birleştirme işlemi geçerli midir?

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Ters (Reverse) Fonksiyonu

w kelimesi bir dile ilişkin kelime olmak üzere, w kelimesindeki sembollerin sondan başa doğru yazılması ile oluşan yeni kelime denir. $\text{ters}(w)$ veya w^R olarak gösterilmektedir.

Örneğin,

$w=abba \text{ ters}(w)=abba$

$w=aaab \text{ ters}(w)=baaa$

$w=145 \text{ ters}(w)=541$ 'dir.

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Ters (Reverse) Fonksiyonu

w kelimesi bir dile ilişkin kelime olmak üzere, w kelimesindeki sembollerin sondan başa doğru yazılması ile oluşan yeni kelime denir. ters(w) veya w^R olarak gösterilmektedir.

Örneğin,

w=abba ters(w)=abba

w=aaab ters(w)=baaa

w=145 ters(w)=541'dir.

Soru: Ters fonksiyonu sonucunda elde edilen kelimenin dilin elemanı olmama olasılığı var mıdır?

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Uzunluk (Length) Fonksiyonu

Bir dile ait w_1 kelimesinin uzunluğu, o kelimedeki simbol sayısına eşittir ve $|w_1|$ olarak gösterilmektedir.

Örneğin,

$$w=abba \quad |w|=4$$

$$w=aaaba \quad |w|=5$$

$$w=010101 \quad |w|=6$$

$$w= \Lambda aaaba \quad |w|=?$$

$$w= aaa\Lambda ba \quad |w|=?$$

$$|\Lambda|=?$$

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Uzunluk (Length) Fonksiyonu

Bir dile ait w_1 kelimesinin uzunluğu, o kelimedeki simbol sayısına eşittir ve $|w_1|$ olarak gösterilmektedir.

Örneğin,

$$w=abba \quad |w|=4$$

$$w=aaaba \quad |w|=5$$

$$w=010101 \quad |w|=6$$

$$w= \Lambda aaaba \quad |w|=5$$

$$w= aaa\Lambda ba \quad |w|=5$$

$$|\Lambda|=0$$

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Alt Kelime (Subword)

Eğer t ve z bir alfabe üzerinden tanımlı kelimeler ise ve $tw_1z=w_2$ geçerli ise w_1 kelimesi w_2 kelimesinin alt kelimesidir (subword).

Türkçe dilinden örnek verilecek olursa, "afyonkarahisar" kelimesi, "afyon", "kara" ve "hisar" şeklinde parçalanabilecektir.

"substring" kelimesinin alt kelimesi "string" , olabilir

Örneğin,

"apple" kelimesinin alt kelimeleri

"apple", "appl", "pple", "app", "ppl", "ple", "ap", "pp", "pl", "le", "a", "p", "l", "e",
""

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Önek (Prefix)

- Eğer z , Σ üzerinde tanımlı bir kelime ise ve $w_1z=w_2$ ise w_1 kelimesi w_2 kelimesinin öneki (prefix) olarak adlandırılmaktadır.
- Boş kelime Λ her kelimenin önekidir

Örneğin,

İngilizce dilindeki, "disagree" kelimesinde ön ek "dis" kelimesidir.

«banana» ön eki «ban»

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Sonek (Suffix)

- Eğer z , Σ üzerinde tanımlı bir kelime ise ve $zw_1=w_2$ ise w_1 kelimesi w_2 kelimesinin soneki (suffix) olarak adlandırılmaktadır.

- Örneğin, $w_1=ing$ $w_2=playing$ ve $z=play$ ise w_1 kelimesi olan “ing” w_2 kelimesi olan “playing” ’in sonekidir.

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Örnekler

- For example, let $w = abaa$ be a string over $\Sigma = \{a, b\}$.

Its prefixes, suffixes and substrings are as follows:

- Prefixes: $\Lambda, a, ab, aba, abaa$.
- Suffixes: $\Lambda, a, aa, baa, abaa$.
- Substrings: $\Lambda, a, b, ab, a, ba, aba, a, aa, baa, abaa$.

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Örnekler

- For example, let $w = abaa$ be a string over $\Sigma = \{a, b\}$.

Its prefixes, suffixes and substrings are as follows:

- Prefixes: $\Lambda, a, ab, aba, abaa$.
- Suffixes: $\Lambda, a, aa, baa, abaa$.
- Substrings: $\Lambda, a, b, ab, a, ba, aba, a, aa, baa, abaa$.

- X=through kelimesi için tüm önek, sonek ve alt kelimeleri yazınız?

• Önekler:

• Sonekler:

• Alt Kelimeler:

TEMEL KAVRAMLAR

KELİME İŞLEMLERİ

➤ Örnekler

- For example, let $w = abaa$ be a string over $\Sigma = \{a, b\}$.

Its prefixes, suffixes and substrings are as follows:

- Prefixes: $\Lambda, a, ab, aba, abaa$.
- Suffixes: $\Lambda, a, aa, baa, abaa$.
- Substrings: $\Lambda, a, b, ab, a, ba, aba, a, aa, baa, abaa$.

- X=through kelimesi için tüm önek, sonek ve alt kelimeleri yazınız?

Önekler: $\Lambda, t, th, thr, thro, throu, throug, through$

Sonekler: $\Lambda, h, gh, ugh, ough, rough, hrough, through$

Alt Kelimeler:

$\Lambda, t, h, r, o, u, g, th, hr, ro, ou, ug, gh, thr, hro, rou, ugh, thro, hrou, roug, ough, throu, hroug, rough, throug, hrough, through$

TEMEL KAVRAMLAR

Alfabenin derecesi ve Kleene Star

$\Sigma = \{0,1\}$ ise,

$\Sigma^0 = \{\lambda\}$

$\Sigma^1 = \{0,1\}$

$\Sigma^2 = \{00, 01, 10, 11\}$

$\Sigma^3 = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$ şeklindeki kümeler alfabenin kuvvetleri olarak adlandırılmaktadır.

- Σ^* sonsuz bir kümedir. Σ^* , aynı zamanda "Kleene Star" olarak da adlandırılmaktadır.
- Diğer bir gösterimle, $\Sigma^* = \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$ şeklinde gösterilebilecektir.
- Örneğin, $\Sigma = \{0,1\}$ ise
 $\Sigma^* = \{\lambda, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, \dots\}$ olacaktır.

- Σ alfabesi üzerinden tanımlanabilecek tüm kelimelerin dili alfabenin kapalılığı olarak adlandırılmakta ve Σ^* olarak gösterilmektedir.

TEMEL KAVRAMLAR

Alfabenin derecesi ve Kleene Star

$\Sigma = \{0,1\}$ ise,

$\Sigma^0 = \{\lambda\}$

$\Sigma^1 = \{0,1\}$

$\Sigma^2 = \{00, 01, 10, 11\}$

$\Sigma^3 = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$ şeklindeki kümeler alfabenin kuvvetleri olarak adlandırılmaktadır.

- Σ^* sonsuz bir kümedir. Σ^* , aynı zamanda "Kleene Star" olarak da adlandırılmaktadır.

- Diğer bir gösterimle, $\Sigma^* = \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$ şeklinde gösterilebilecektir.

- Örneğin, $\Sigma = \{0,1\}$ ise

$\Sigma^* = \{\lambda, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, \dots\}$ olacaktır.

SORU

Σ ile Σ^1 birbirine eşit mi?

- Σ alfabesi üzerinden tanımlanabilecek tüm kelimelerin dili alfabenin kapalılığı olarak adlandırılmasında ve Σ^* olarak gösterilmektedir.

TEMEL KAVRAMLAR

Alfabenin derecesi ve Kleene Star

$\Sigma = \{0,1\}$ ise,

$\Sigma^0 = \{\Lambda\}$

$\Sigma^1 = \{0,1\}$

$\Sigma^2 = \{00, 01, 10, 11\}$

$\Sigma^3 = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$ şeklindeki kümeler alfabenin kuvvetleri olarak adlandırılmaktadır.

- Σ^* sonsuz bir kümedir. Σ^* , aynı zamanda "Kleene Star" olarak da adlandırılmaktadır.

- Diğer bir gösterimle, $\Sigma^* = \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$ şeklinde gösterilebilecektir.

- Örneğin, $\Sigma = \{0,1\}$ ise

$\Sigma^* = \{\lambda, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, \dots\}$ olacaktır.

- Σ alfabesi üzerinden tanımlanabilecek tüm kelimelerin dili alfabenin kapalılığı olarak adlandırılmasında ve Σ^* olarak gösterilmektedir.

SORU

Σ ile Σ^1 birbirine eşit mi?

1. Σ is an alphabet; its members 0 and 1 are symbols
2. Σ^1 is a set of strings; its members are strings (each one of length 1)

TEMEL KAVRAMLAR

Kelimelerin Birleştirilmesi

S bir kelimeler kümesi olmak üzere, S kümesinden seçilen kelimelerin birleştirilmesi ile oluşan kelimelerin kümesi S^* olarak gösterilmektedir.

Örneğin, $S=\{aa, b\}$ ise

$S^*=\{\lambda, \text{ ve } aa \text{ ile } b \text{ kelimelerinin faktörlerinden oluşan kelimeler}\}$ veya

$S^*=\{\lambda, b, aa, bb, aab, baa, bbb, \dots\}$ olarak tanımlanabilecektir.

Bir kelimenin S^* içinde olduğunu göstermek için S kümesindeki semboller cinsinden faktörlere ayrılması gerekmektedir.

- Örnek-1:

$S=\{a, ab\}$

$S^*=\{\lambda, a, aa, ab, aaa, aab, \dots\}$

$abaab \rightarrow (ab) (a) (ab)$ tekil (unique) faktörlere ayırma.

TEMEL KAVRAMLAR

Kelimelerin Birleştirilmesi

- Örnek-2:

$S = \{xx, xxx\}$

$S^* = \{\lambda, xx, xxx, xxxx, xxxxxx, \dots\}$

$xxxxxx \rightarrow (xx) (xx) (xxx) \text{ veya } (xx) (xxx) (xx) \text{ veya } (xxx) (xx) (xx)$

- Örnek-3:

$S = \{W1, W2, W3\}$

S^+ : Null (λ) kelime dışındaki S^* kümesidir.

$S^+ = \{W1, W2, W3, W1W1, W1W2, W1W3, W2W1, W2W2, W2W3, W3W1, W3W2, W3W3, W1W1W1, W1W1W2, \dots\}$

TEMEL KAVRAMLAR

Kelimelerin Birleştirilmesi

soru:

$S=\{a, bb, bab, abaab\}$ ise S^* nedir?

abbabaabab kelimesi S^* kümesinin elemanı mıdır?

Toplam b'lerin sayısı tek olan herhangi bir kelime S^* kümesinde var mıdır?

Kaynaklar

- http://erkanulkur.bayebilisim.com/dersler/2019_2020/Otوماتا_Theory/Otوماتا_Theory.htm
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Substring>
- <http://www.m-hikari.com/ams/ams-2014/ams-125-128-2014/singhAMS125-128-2014.pdf>
- <https://www.univ-orleans.fr/lifo/Members/Mirian.Halfeld/Cours/TLComp/TLComp-introTL.pdf>