



# BİÇİMSEL DİLLER VE OTOMATA TEORİSİ

Biçimsel Diller ve Otomata Teorisi

5. Hafta

DR. ÖĞR. ÜYESİ. HÜSEYİN VURAL



# Ders İzlenesi

---

- NFA-DFA

# DFA Tanımı

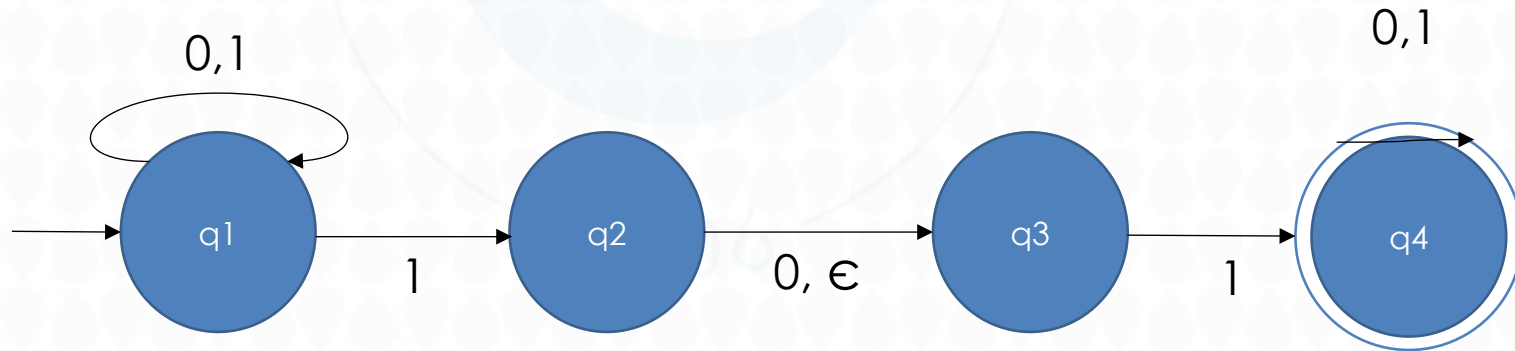
- $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$
- 1.)  $Q$ , sonlu durumlar kümesidir. Otomatın bulunabileceği durumları gösterir.
- 2.)  $\Sigma$ , alfabeyi gösterir.
- 3.)  $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$ .  $\delta$ (delta) geçiş fonksiyonudur
- 4.)  $q_0$  başlangıç durumunu gösterir
- 5.)  $F$ , kabul durumlarının kümesini gösterir.

# NFA Tanımı

- $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$
- 1.)  $Q$ , sonlu durumlar kümesidir. Otomatın bulunabileceği durumları gösterir.
- 2.)  $\Sigma$ , alfabeyi gösterir.
- **3.)  $\delta : Q \times \Sigma_{\epsilon} \rightarrow \mathbf{P(Q)}$ .  $\delta$ (delta) **geçiş fonksiyonudur****
- 4.)  $q_0$  başlangıç durumunu gösterir
- 5.)  $F$ , kabul durumlarının kümesini gösterir.

# NFA Örneği

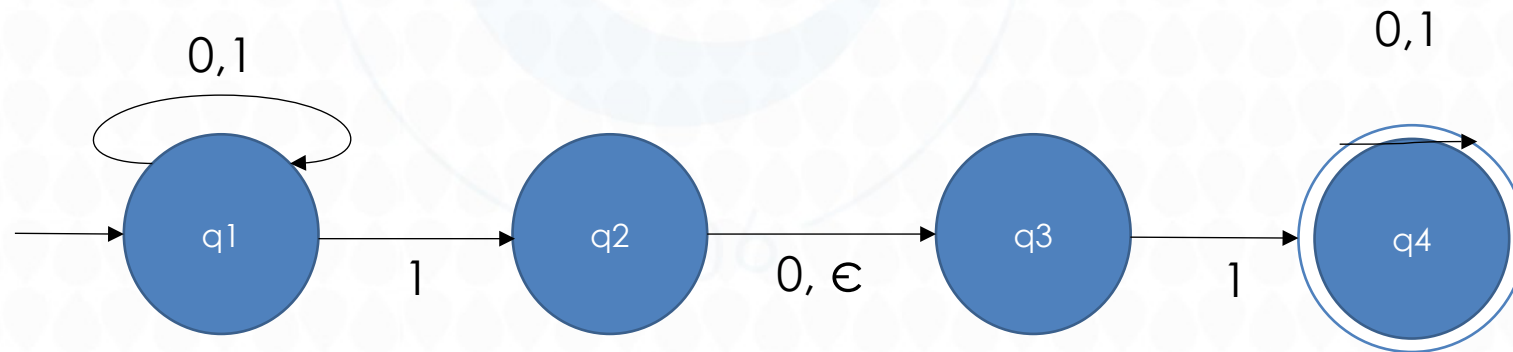
- $N1 = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ 
  - $Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}$
  - $\Sigma = \{0, 1\}$
  - $q_1 = \text{başlangıç durumu}$
  - $F = \{q_4\}$



# NFA Örneği

- $\delta$  : geçiş fonksiyonu'nun
- tablo ile gösterimi

	0	1	$\epsilon$
$q_1$	$q_1$	$q_1, q_2$	$\emptyset$
$q_2$	$q_3$	$\emptyset$	$q_3$
$q_3$	$\emptyset$	$q_4$	$\emptyset$
$q_4$	$q_4$	$q_4$	$\emptyset$





# NFA-DFA

---

- DFA ve NFA'ın amacı dilleri tanımlayabilen otomatların oluşturulmasıdır.
- Bu amaca yönelik geliştirilmiş matematiksel modellerdir.
- Eğer iki otomat aynı dili tanımlayabiliyorsa o zaman bu 2 otomat birbirinin eşleniğidir.

# NFA-DFA

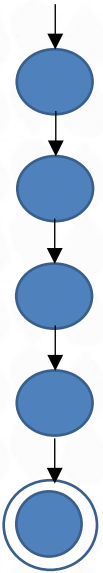
---

- NFA her ne kadar DFA'ya göre modellenmesi daha basit olsa da NFA'ın tanımladığı her dili DFA'da tanımlamak mümkündür.
- Bu nedenle her NFA'ın bir eşlenik DFA'sı vardır.
- Eğer bir dil her hangi bir NFA tarafından tanımlanabiliyorsa o zaman bu dil için **düzenli dil** denilmektedir.

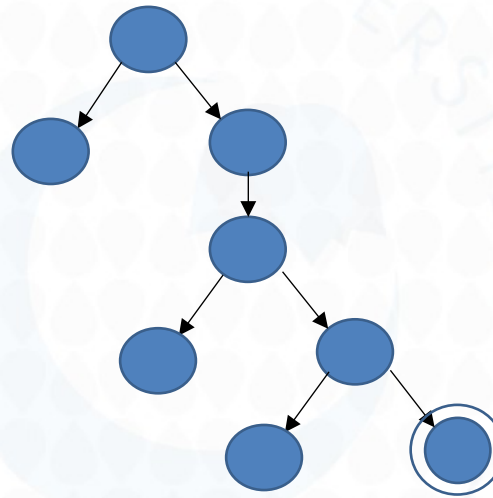


# NFA-DFA Örneği

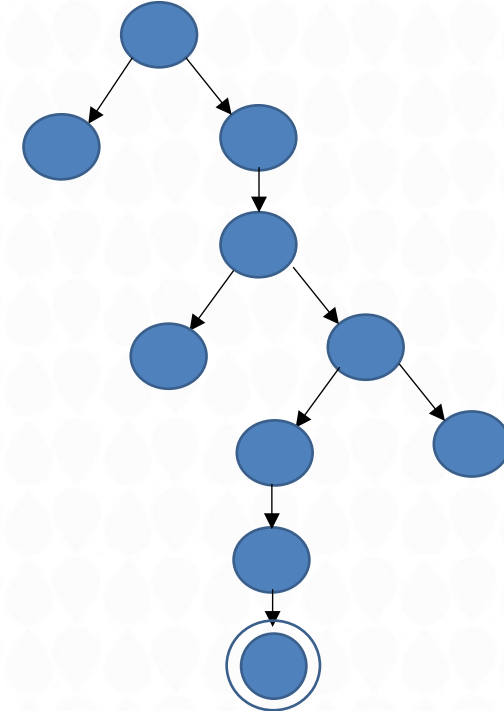
DFA



NFA

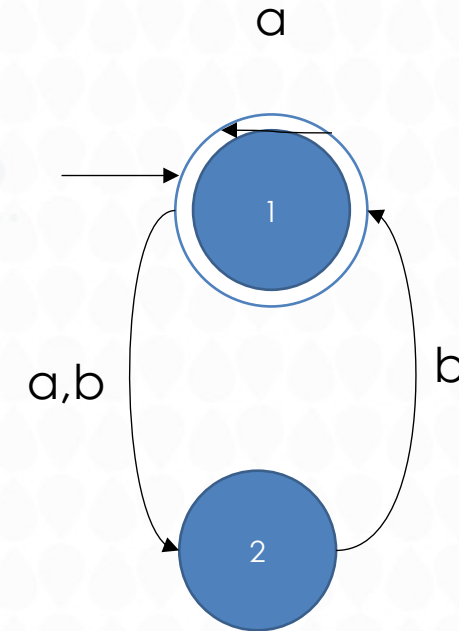


NFA



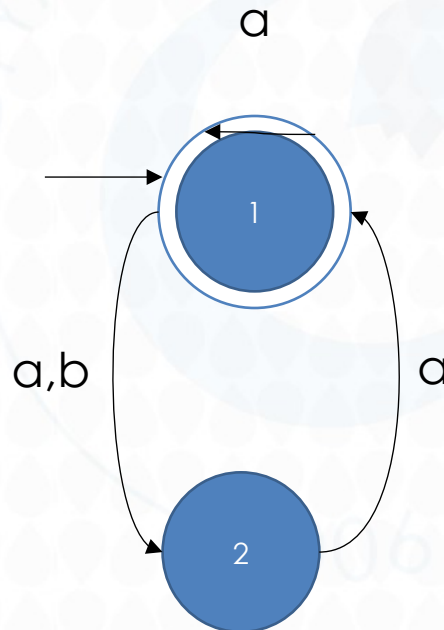
# NFA-DFA Dönüşümü

- Aşağıdaki NFA'yı DFA'ya çevirelim
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \emptyset$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{1\}$
- $\{1,2\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1,2\} \xrightarrow{b} \{1,2\}$



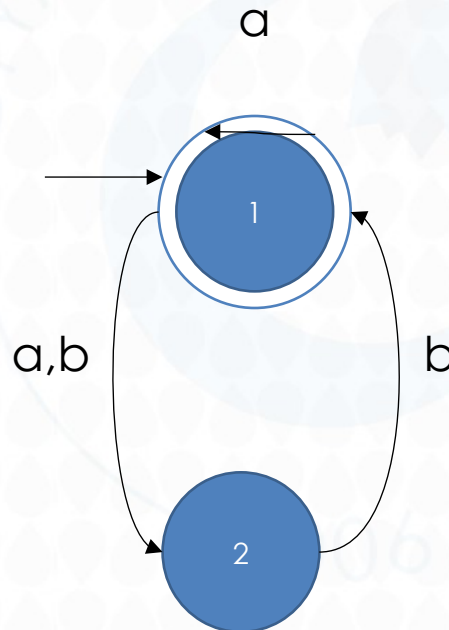
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu: {1}



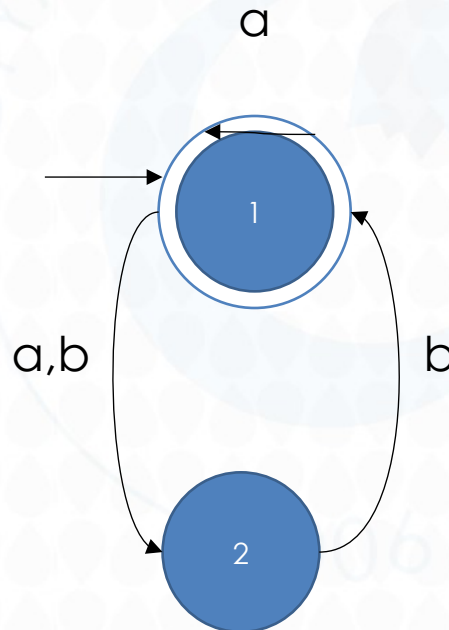
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu: {1}
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$



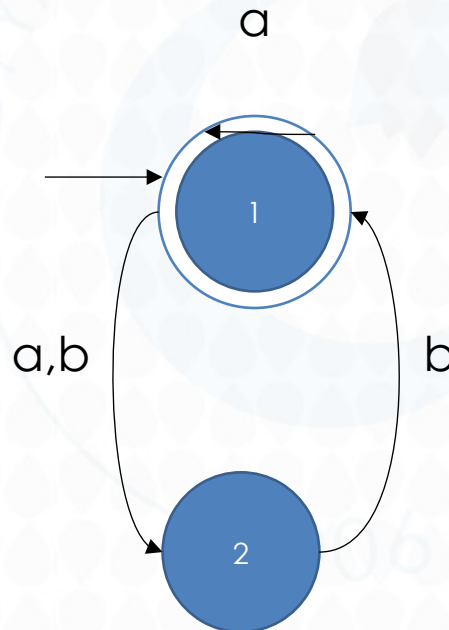
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu: {1}
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$



# NFA-DFA Dönüşümü

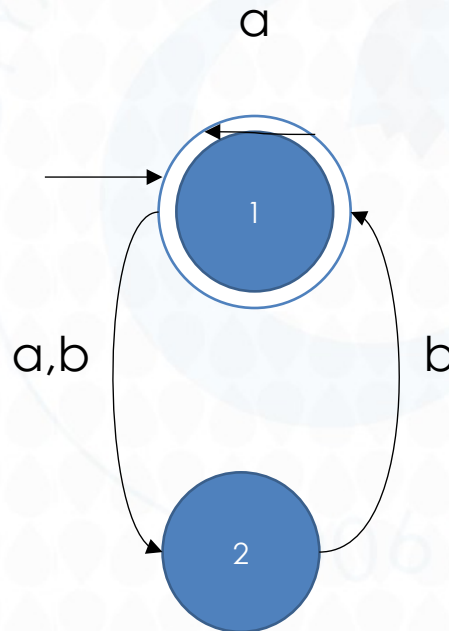
- Kabul durumu:  $\{1\}$
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \emptyset$





# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1\}$
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \emptyset$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{1\}$



# NFA-DFA Dönüşümü

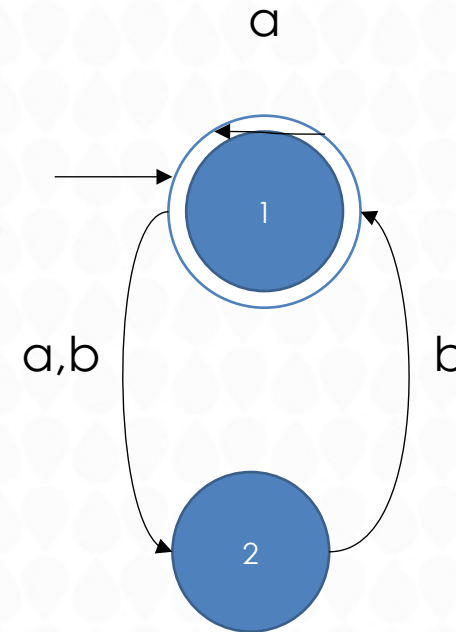
- Kabul durumu: {1}

- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$        $\{1,2\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$

- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$

- $\{2\} \xrightarrow{a} \emptyset$

- $\{2\} \xrightarrow{b} \{1\}$

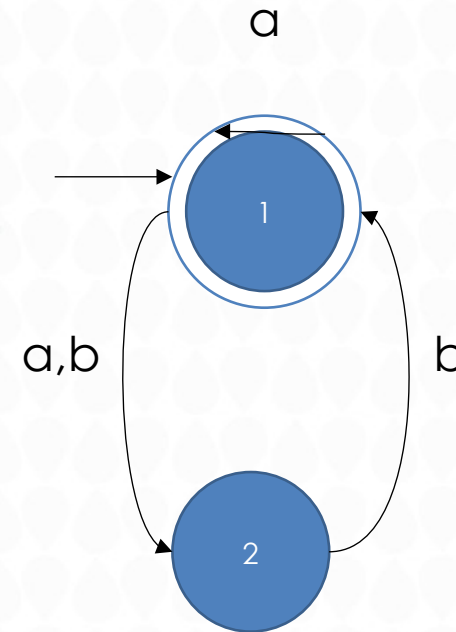


# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1\}$
- $\{1\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{1\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \emptyset$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{1\}$

$$\{1,2\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$$

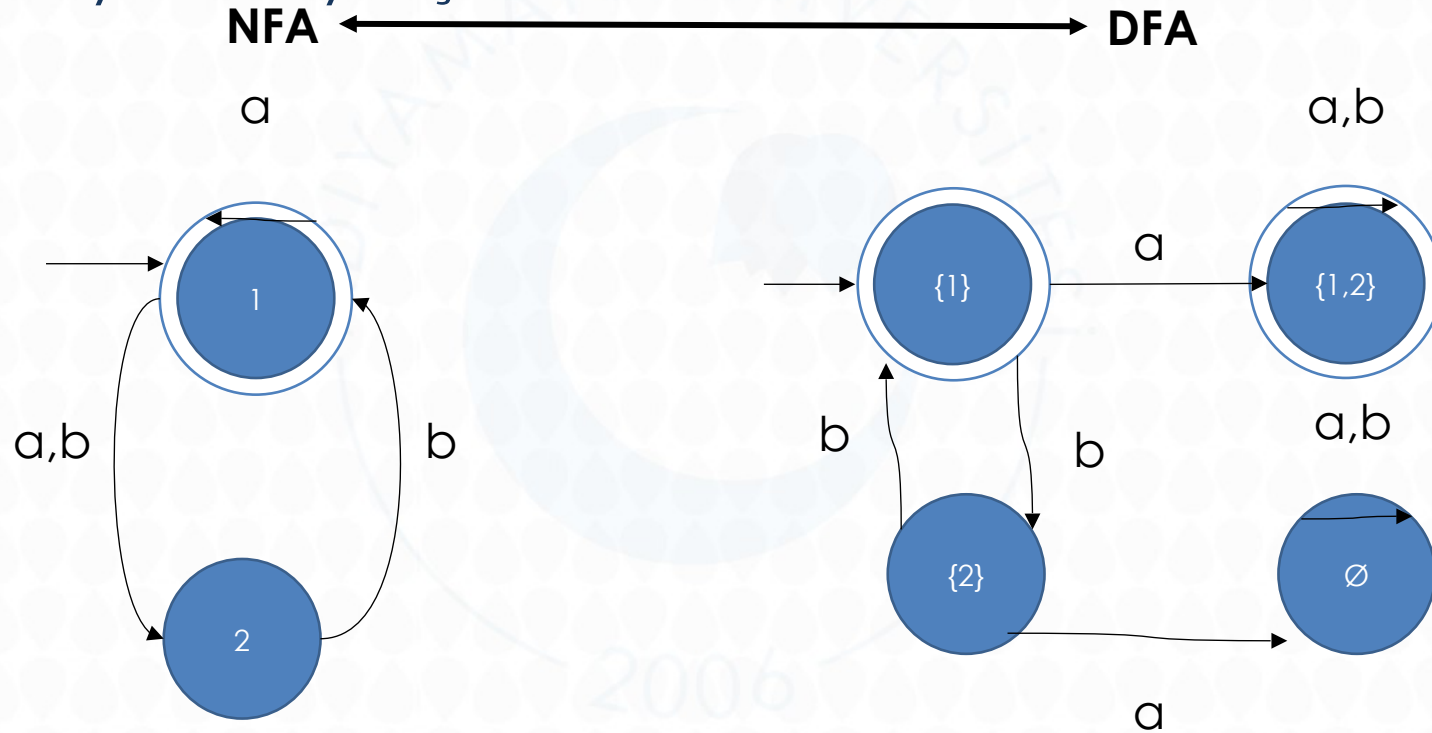
$$\{1,2\} \xrightarrow{b} \{1,2\}$$



# NFA-DFA Dönüşümü

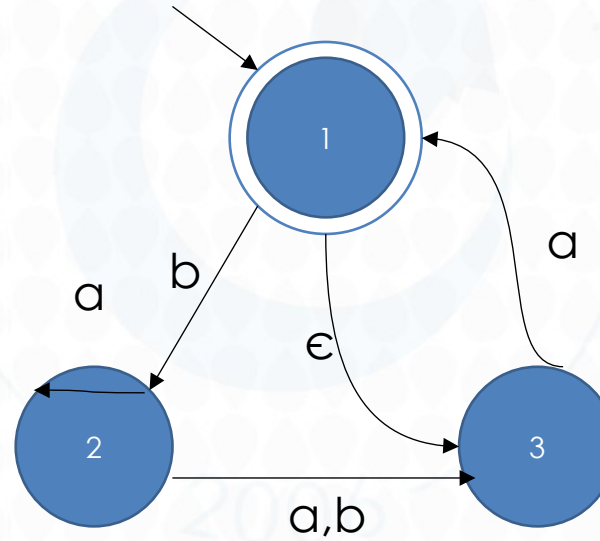
- Aşağıdaki NFA'yı DFA'ya çevirelim

- $\{1\}$   $\{1,2\}$
- $\{1\}$   $\{2\}$
- $\{2\}$   $\emptyset$
- $\{2\}$   $\{1\}$
- $\{1,2\}$   $\{1,2\}$
- $\{1,2\}$   $\{1,2\}$



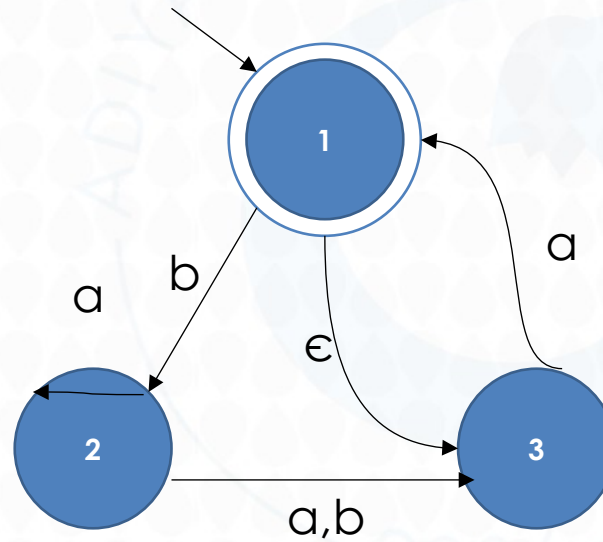
# NFA Örneği

- Durum kümesi:  $\{1,2,3\}$
- Alfabe:  $0,1$
- Geçiş fonksiyonu:  $\delta$
- Başlangıç durumu: 1
- Kabul durumu: 1



# NFA Örneği

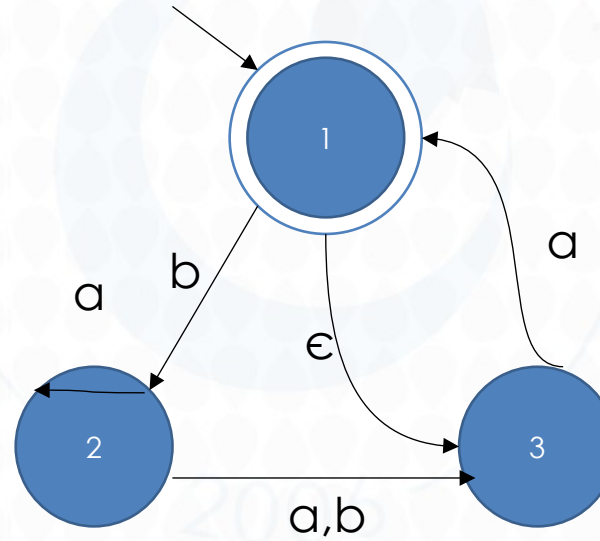
- Aşağıdaki NFA'yı DFA'ya çevirelim





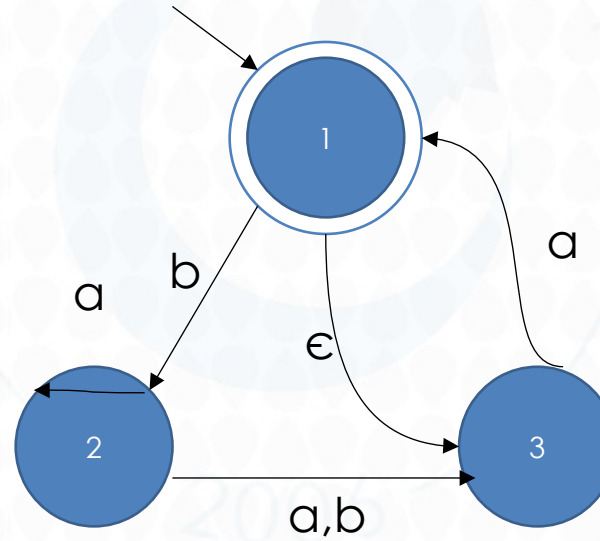
# NFA-DFA Dönüşümü

- NFA'da ki 3 durum için DFA'da en fazla  $2^n$  durum olabilir.
- DFA durumlarının kümesi:  $\{\emptyset\}, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1,2\}, \{1,3\}, \{2,3\}, \{1,2,3\}$



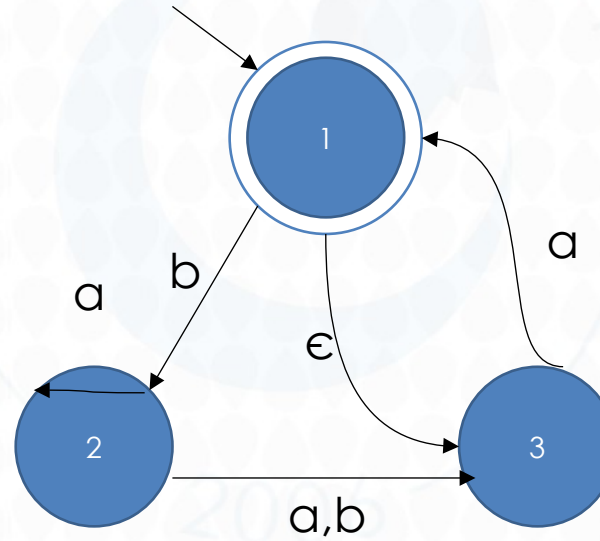
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$



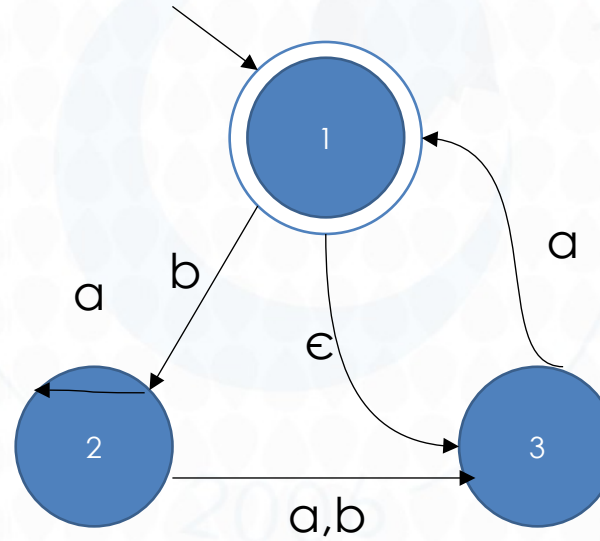
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$



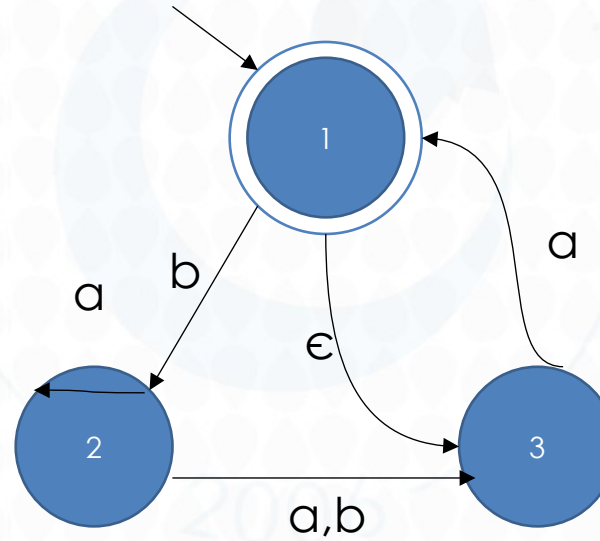
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$



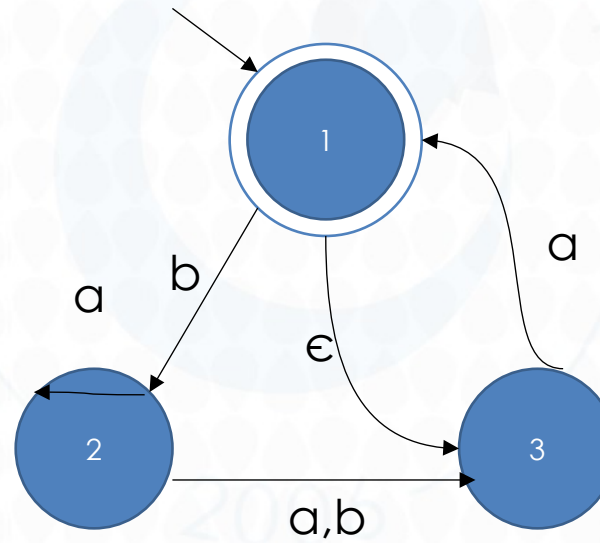
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$



# NFA-DFA Dönüşümü

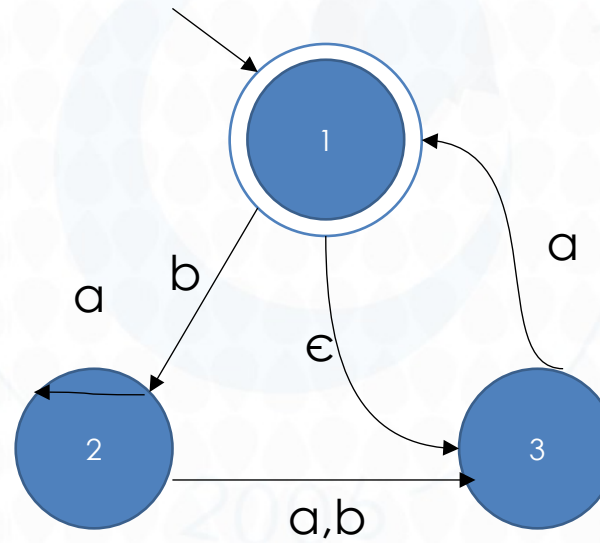
- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$





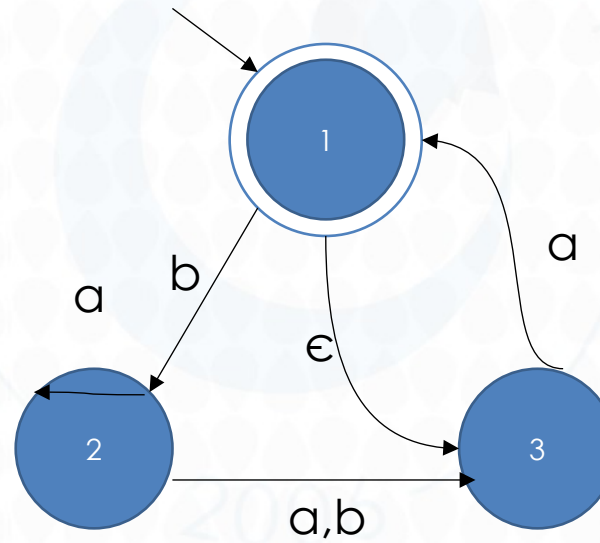
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$



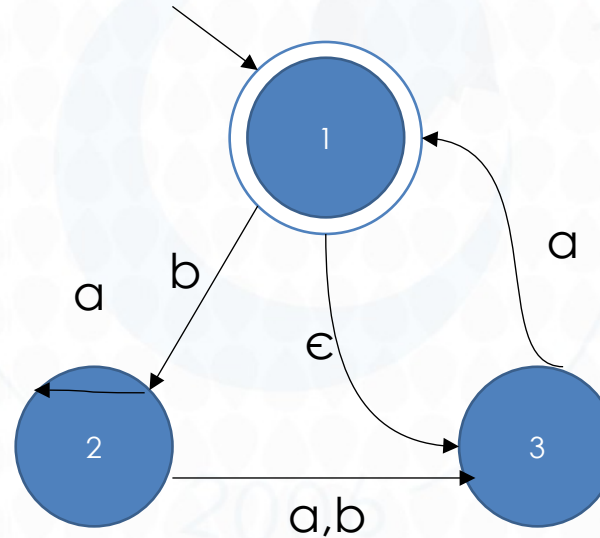
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$



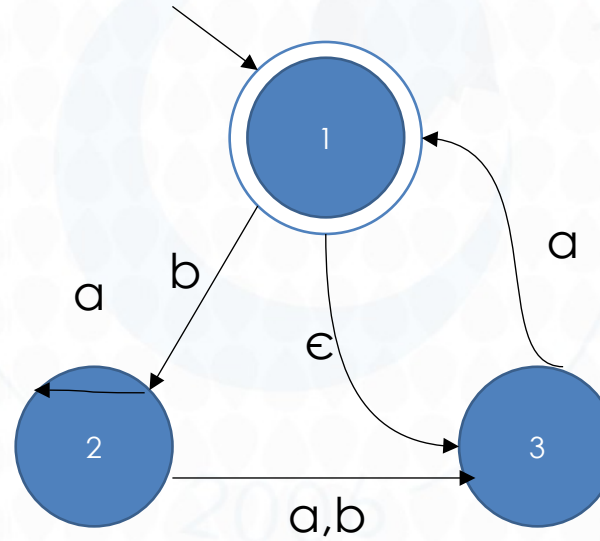
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{b} \emptyset$



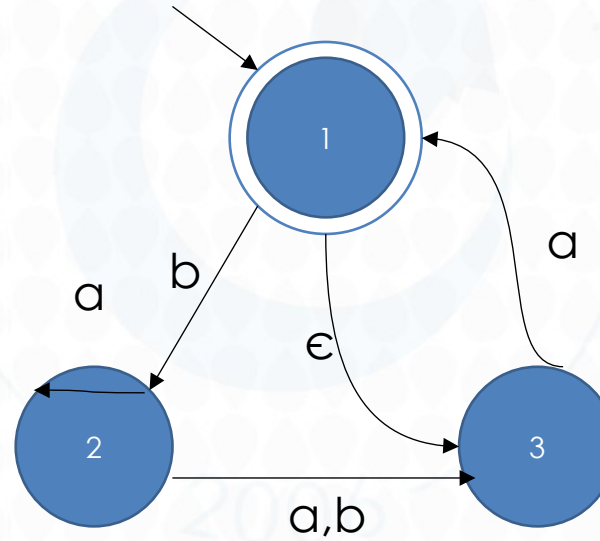
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{b} \emptyset$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$



# NFA-DFA Dönüşümü

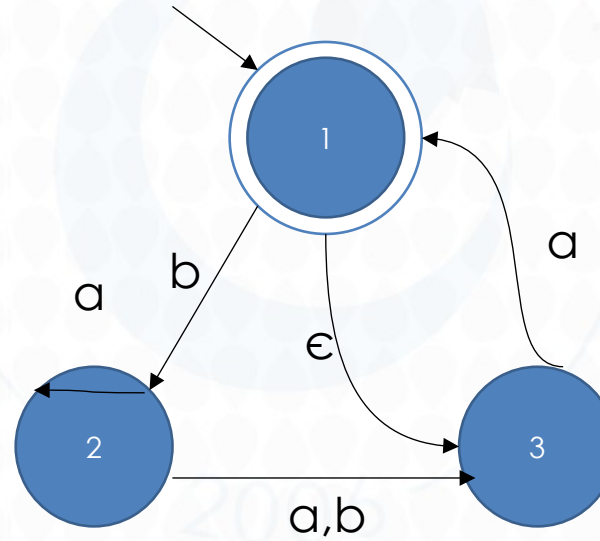
- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{b} \emptyset$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{b} \{2,3\}$





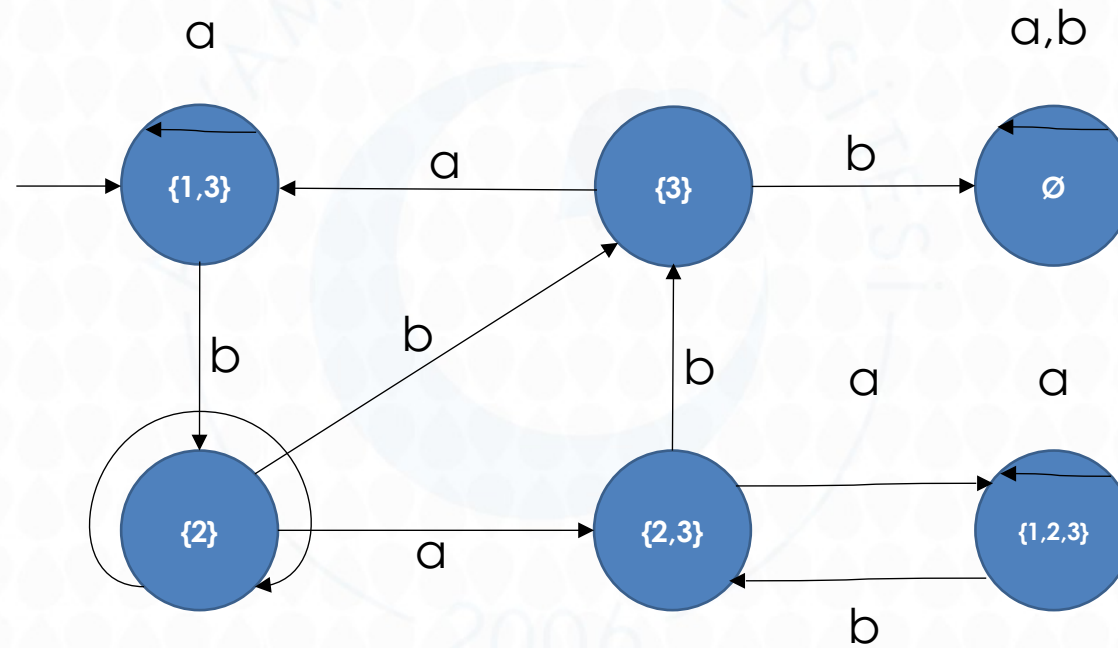
# NFA-DFA Dönüşümü

- Kabul durumu:  $\{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{1,3\} \xrightarrow{b} \{2\}$
- $\{2\} \xrightarrow{a} \{2,3\}$
- $\{2\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{a} \{1,3\}$
- $\{3\} \xrightarrow{b} \emptyset$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{b} \{2,3\}$

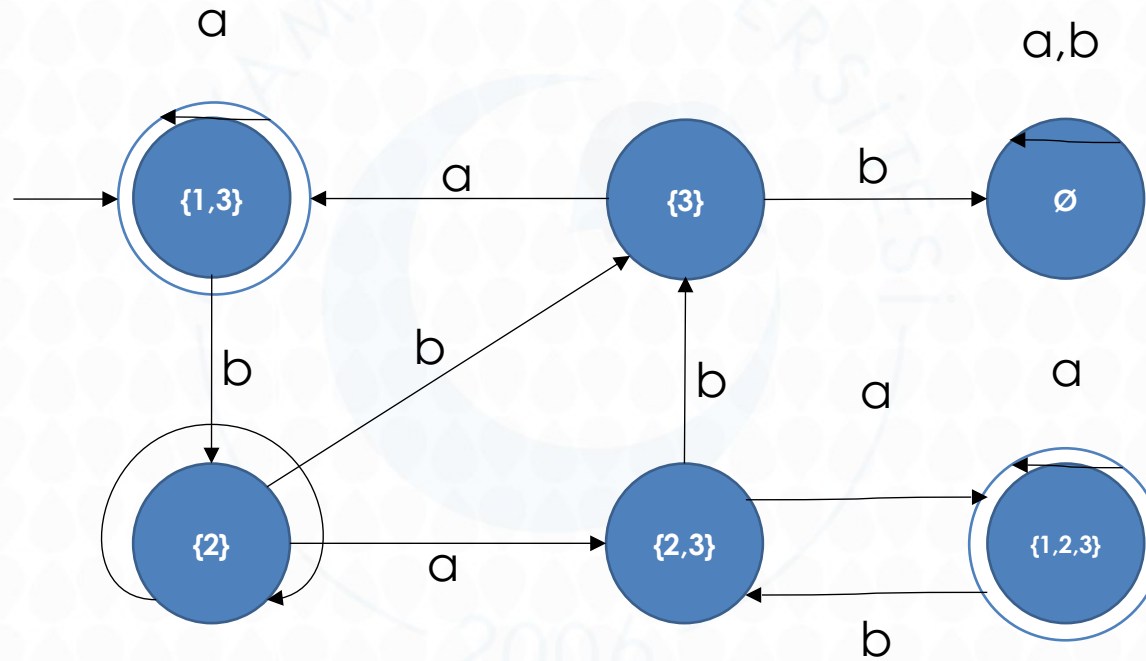




# NFA Örneği

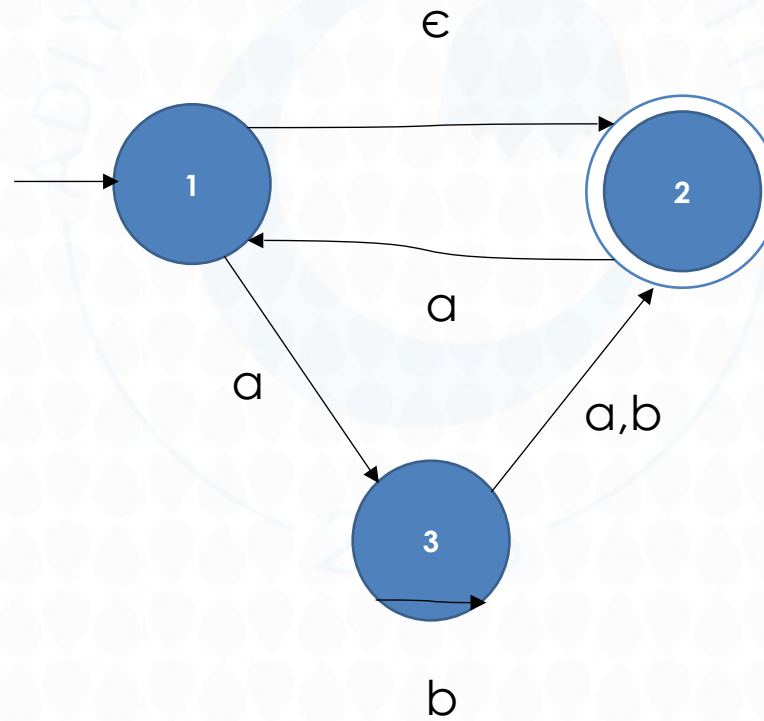


# NFA Örneği



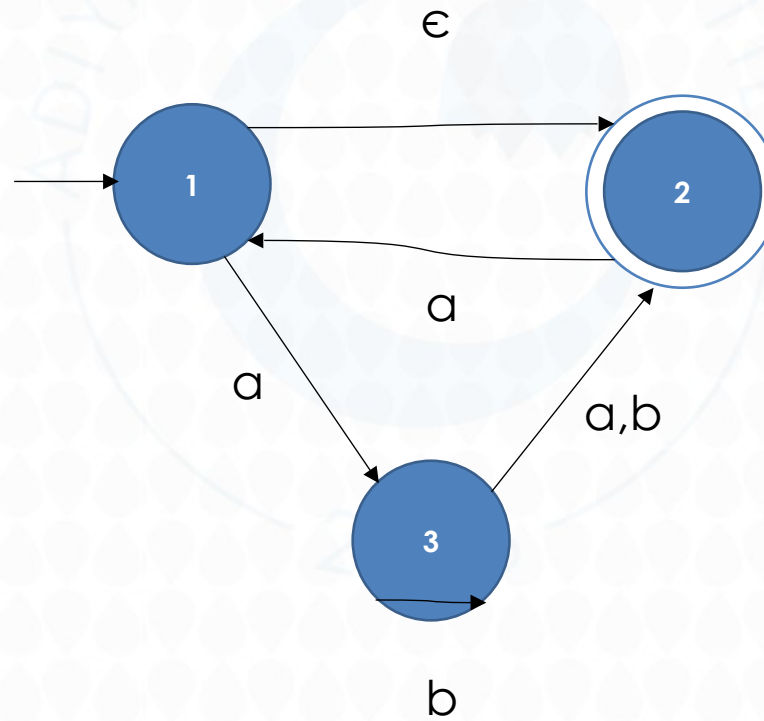
# NFA Örneği

- Aşağıdaki NFA'yı DFA'ya çevirelim



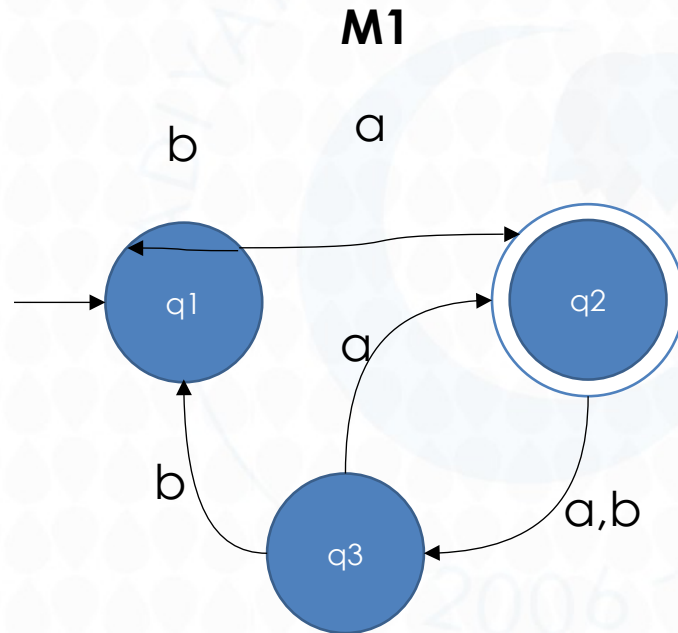
# NFA Örneği

- $\{1,2\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{1,2\} \xrightarrow{b} \emptyset$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2,3\}$
- $\{1,2,3\} \xrightarrow{b} \{2,3\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{a} \{1,2\}$
- $\{2,3\} \xrightarrow{b} \{2,3\}$



# DFA Geçiş Tablosu

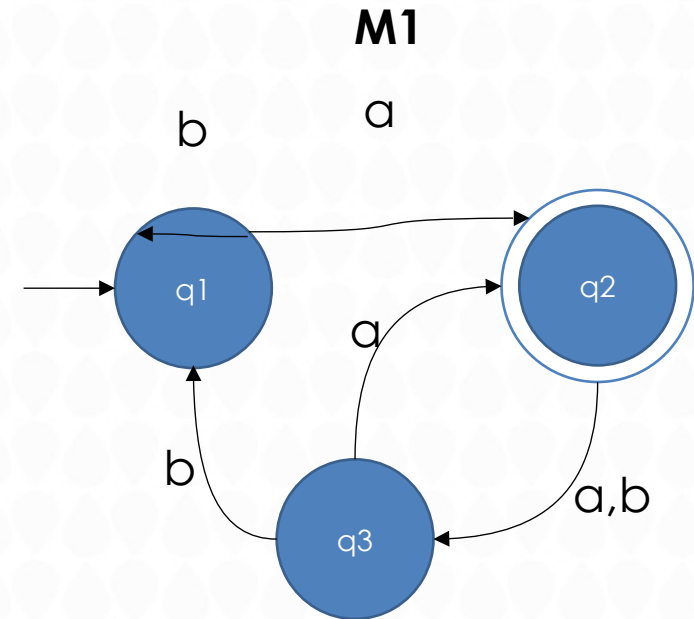
- Aşağıdaki M1 DFA örneği için geçiş tablosunu oluşturun.



# DFA Geçiş Tablosu

- Geçiş tablosu

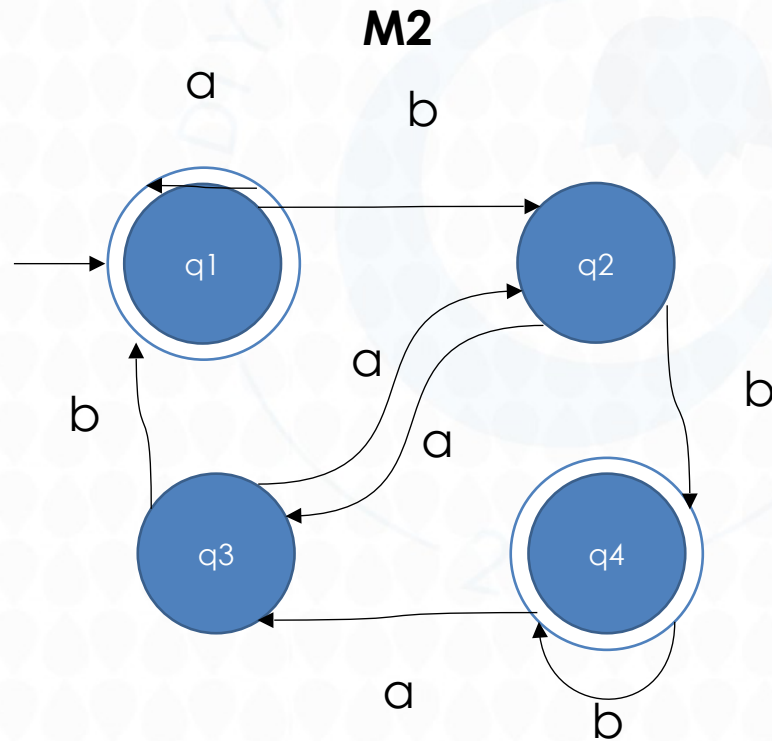
	a	b
q1	q2	q1
q2	q3	q3
q3	q2	q1





# DFA Geçiş Tablosu

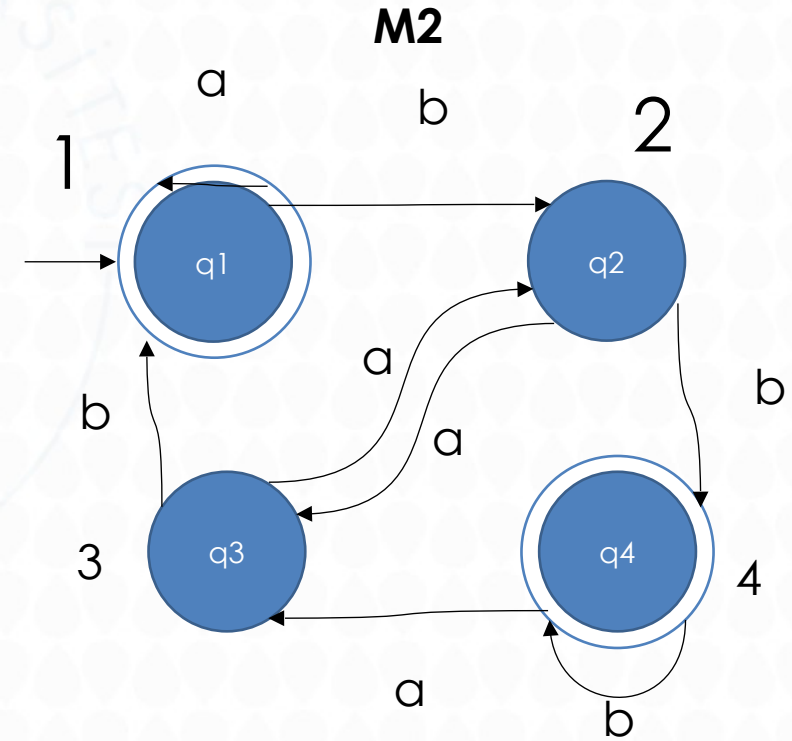
- Aşağıdaki M2 DFA örneği için geçiş tablosunu oluşturun.



# DFA Geçiş Tablosu

- Geçiş tablosu

	a	b
q1	q1	q2
q2	q3	q4
q3	q2	q1
q4	q3	q4



# DFA Örneği

- M DFA'sının tanımı şu şekildedir.  $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$
- 1.)  $Q : \{q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$
- 2.)  $\Sigma : \{u, d\}$
- **3.)  $\delta$ (delta) geçiş fonksiyonu**
- 4.)  $q_0$  başlangıç durumu:  $q_3$
- 5.)  $F$ , kabul durumu:  $\{q_3\}$

# DFA Örneği

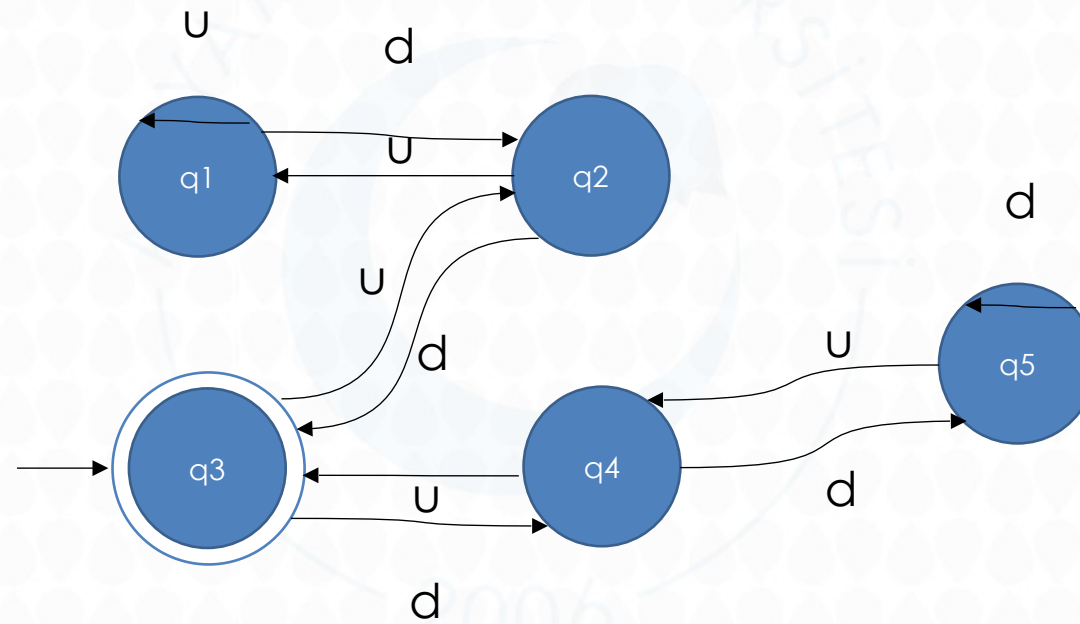
- 3. Madde'de ki geçiş tablosu aşağıda verilen  $M$  otomatının diyagramını çiziniz.

- **3.)  $\delta$ (delta) aecis fonksivonu**

	u	d
q1	q1	q2
q2	q1	q3
q3	q2	q4
q4	q3	q5
q5	q4	q5

# DFA Örneği

M Otomatı



# DFA Örneği

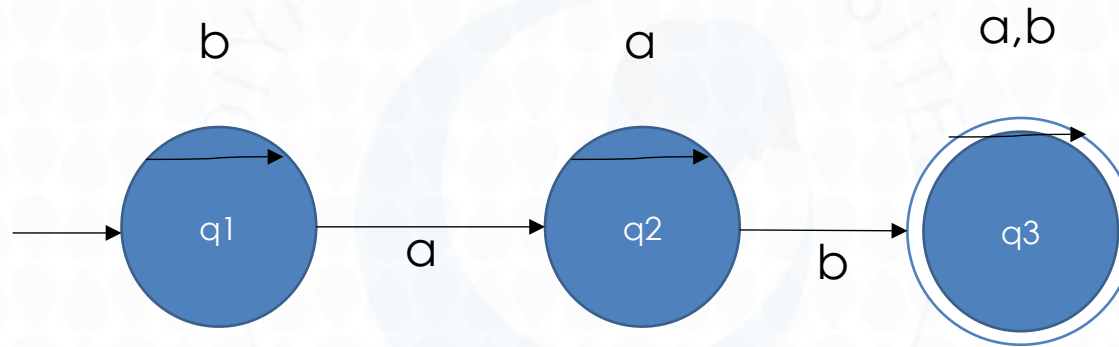
---

- Alfabesinde  $\{a,b\}$  karakterlerini bulunduran ve  $ab$  substringini içermeyen DFA otomatının diyagramını çiziniz. Durum sayısını, başlangıç ve kabul durum veya durumlarını kendiniz belirleyeceksiniz.



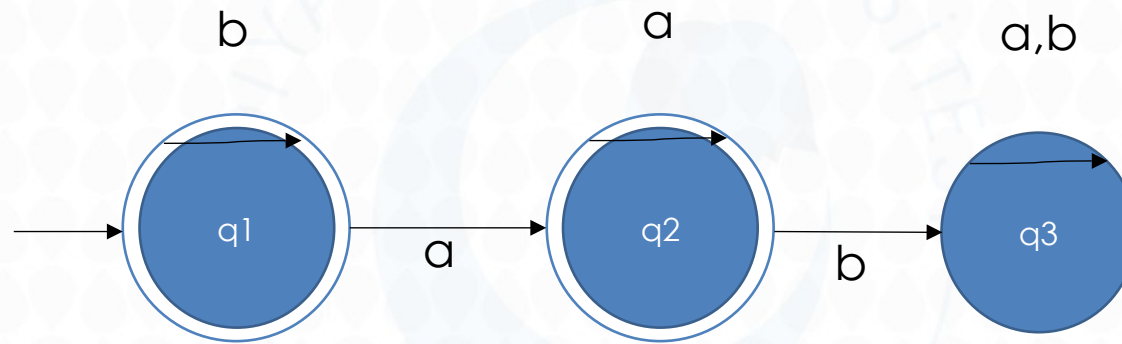
# DFA Örneği

- ab substringini içeren DFA otomati



# DFA Örneği

- ab substringini içermeyen DFA otomatu





## **DERS SONU**

Non-Deterministic Finite Automata

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin VURAL