

# Otomatik Kontrol

---

Kontrol sistemlerine giriş

Hazırlayan: Dr. Nurdan Bilgin

# Ders Politikası

---

**Öğretim Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Nurdan Bilgin, Oda No: 309, e-mail: [nurdan.bilgin@omu.edu.tr](mailto:nurdan.bilgin@omu.edu.tr)

**Ders Kitabı:** Modern Kontrol Engineering, Katsuhiko OGATA

**Web Sayfası:** <http://otomatikkontrol.omu.edu.tr/dersler/>

## References:

- Dorf, R.C. and Bishop, R.H., Modern Control Systems, 11th Ed., Pearson Prentice-Hall, 2008.
- Franklin, G.F., Powell, J.D., and Emami-Naeini, A., Feedback Control of Dynamic Systems, 6th Edition, Pearson Prentice Hall, 2010.
- Kuo, B.C. and Golnaraghi, F., Automatic Control Systems, 9th Ed., John Wiley & Sons, 2010.
- Nise, N.S. , Control Systems Engineering, 5th Ed., John Wiley, 2008.
- Phillips, C.L., and Harbor, R.D., Feedback Control Systems, 4th Ed., Prentice-Hall, 2000.
- Raven, F. H., Automatic Control Engineering, 5th Ed., McGraw-Hill, 1995.

**Değerlendirme Sistemi:** Kısa Sınavlar %20, Ara Sınav %20, Final %60

**Derse Katılım:** Finale katılma koşulu, derse %70 devamdır.

# Otomatik Kontrol Uygulama Alanları

---

- Otomatik kontrol, bilim ve mühendisliğin gelişiminde önemli bir role sahiptir.
- Otomatik kontrol, modern üretim ve endüstriyel işlevlerin ayrılmaz ve önemli bir parçası olması yanında uzay, savaş ve robot teknolojilerinde çok daha önemli yer almaktadır.
- Örnek vermek gerekirse
  - İmalat Sanayii
    - Takım tezgahlarının numerik kontrolü (CNC tezgahlar vs.), İleri otomasyon ve robotik uygulamaları
  - Havacılık ve Uzay Sanayii
    - Uzay araçları, füze güdüm sistemleri, oto pilot uygulamaları vs.
  - Kara Ulaşım Araçları
    - ABS frenler, Hız sabitleme kontrolü, klima kontrolü, kayma kontrolü vs.
  - Savunma Sanayii
    - Füze korunma sistemleri, radar sistemleri, hedef takip sistemleri, silah platformlarının stabilizasyonu
  - Diğer Endüstriyel Uygulamalar
    - Binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinde, yangın ve güvenlik sistemleri, aydınlatma, acil durum enerji dağıtımı, asansörlerde vs. Endüstriyel tesislerde basıncın, akışın, sıcaklığın veya yoğunluğun kontrol edildiği sistemlerde
  - Bilgisayar Endüstrisi
    - Veri depolama, koruma saklama, disk sürücüleri vs.
  - Ev Araç Gereçleri
    - TV, çamaşır makinası, bulaşık makinası, buzdolabı, mikrodalga fırın vs.

# Otomatik kontrolün tanımı ve amacı

---

## Tanım

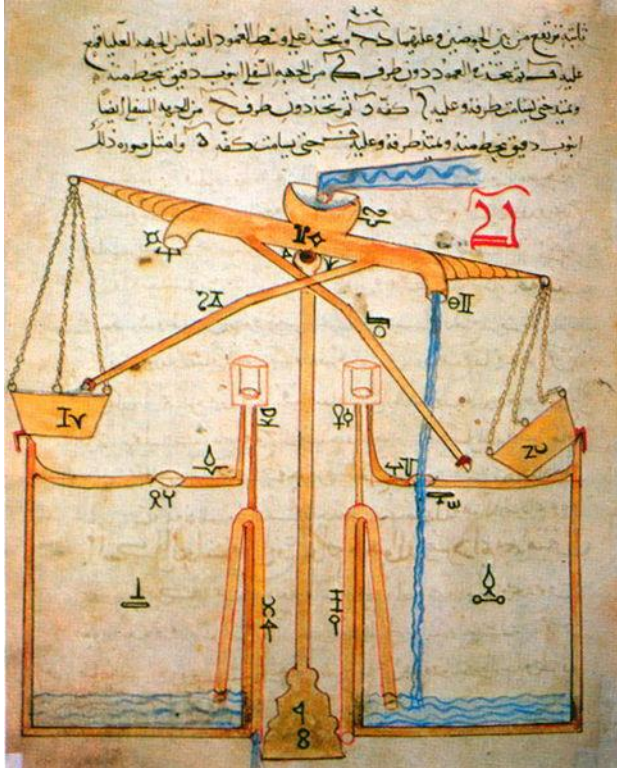
Otomatik kontrol, bir nesnenin, bir sistemin veya bir işleyişin arzu edilen şekilde davranmasını sağlama işlemidir.

## Amaçlar

- ❑ İnsanları sıkıcı ve tekrarlanan iş ve etkinliklerden kurtarmak.
- ❑ Yapılan iş veya etkinliğin hızını ve doğruluğunu artırmak.
- ❑ Zaman ve para tasarrufu sağlamak

Otomatik kontrol teori ve pratiğindeki ilerlemeler, dinamik sistemlerden optimal performans elde etmeyi, verimliliğin artmasını ve rutin tekrar eden el işçiliğinin ağır yükünde hafiflemeyi sağladığı için günümüz mühendis ve bilim adamlarının yoğun ilgisi bu alanı daha iyi anlamaya yönelmek zorundadır.

# Otomatik Kontrole Tarihsel Bakış



Çok eski zamanlardan beri otomatik kontrol sistemleri uygulamalarına rastlamak mümkündür.

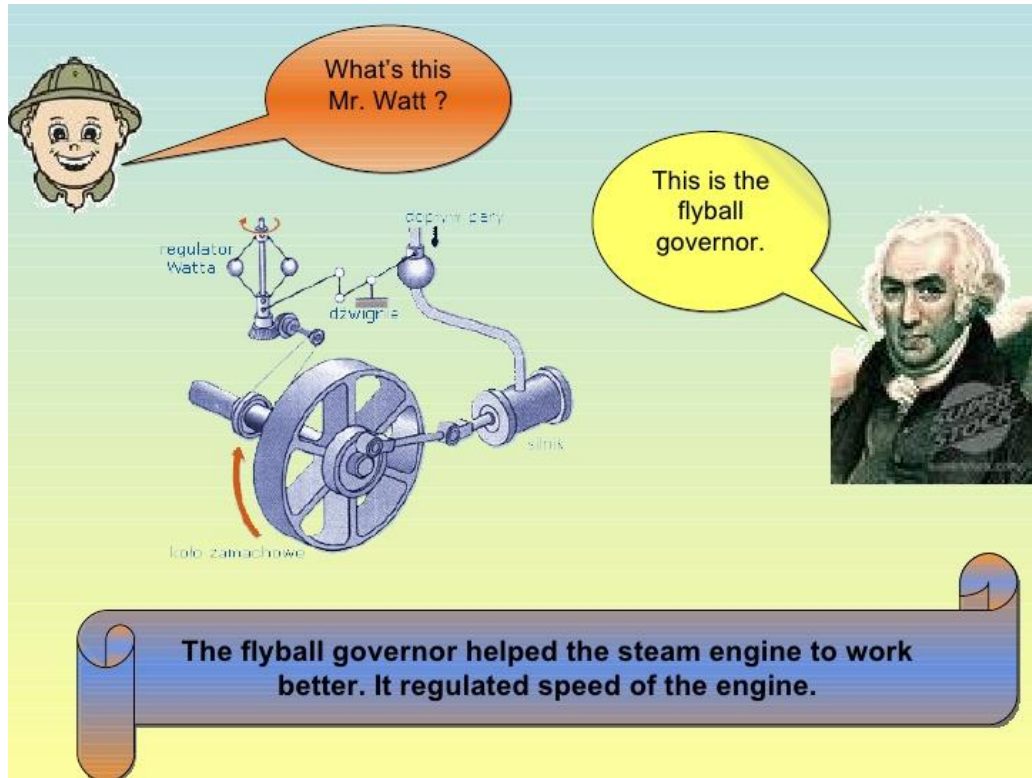
Bu uygulamalar , açık çevrim olarak adlandırılan ve bir kere tasarlandıktan sonra aynı rutini tekrarlayan mekanizmalardır.

Daha çok su debisi kontrolü üzerine çalışmalara bulunmuştur.

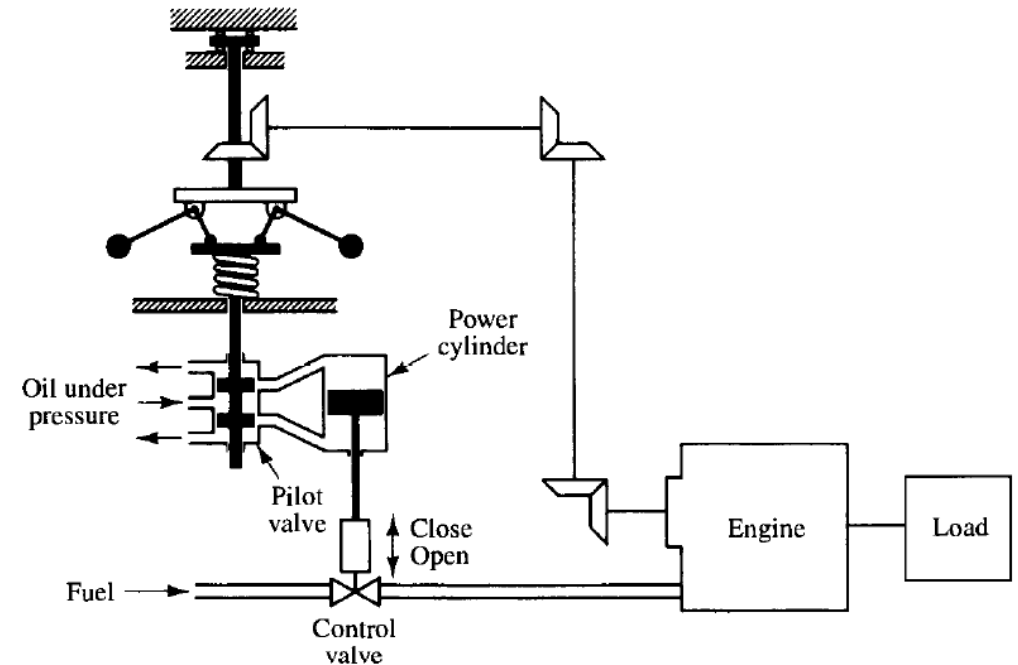
Örnek vermek gerekirse, bu günkü cizrede 1153-1233 yıllarında yaşamış olan El-Cezeri isimli zanaatçının üretimi önemlidir. Buradaki mekanizma şu şekilde çalışır; belli aralıklarla terazi ucundaki kovalardan biri dolar diğeri boşalır; böylece ardışık zamanlı sıra ile her iki tarafta da eşit aralıklarla su dağıtımı sağlanır.

Daha eski zamanlarda helen, mısır, arap vs. uygarlıklarında da otomatik mekanizmaların buluntularına rastlanılmıştır.

# Otomatik Kontrolde Tarihsel Bakış



Modern Kontrolün başlangıcı kaynaklarda, James Watt'ın 18. yüzyılda buhar motorunun hız kontrolü için geliştirdiği ağırlıklı mekanik regülatöre dayandırılır.



# Otomatik Kontrole Tarihsel Bakış

---

- ❑ 20. yüzyılın başlangıcı, kontrol mühendisliğinin altın çağı olarak bilinir.
- ❑ Bu süre zarfında, Bell Laboratuvarında Hendrik Wade Bode ve Harry Nyquist tarafından klasik kontrol yöntemleri geliştirildi.
- ❑ Dümenli gemilerin otomatik denetleyicileri Rus Amerikan Matematikçisi Minorsky tarafından geliştirildi. Aynı zamanda, Minorsky 1920'lerde İntegral ve Türevsel Kontrol kavramlarını da ilk geliştiren kişidir.
- ❑ Bu arada kararlılık ("stability") kavramı Nyquist tarafından öne sürüldü ve ardından Evans izledi.
- ❑ Oliver Heaviside tarafından dönüşümler kontrol sisteminde uygulandı.
- ❑ Klasik Yöntemlerin sınırlandırılmasının üstesinden gelmek için 1950'lerden sonra Rudolf Kalman tarafından Modern Kontrol Yöntemleri geliştirildi.
- ❑ PLC'ler 1975'te piyasaya sürüldü.

# Temel Kavramlar ve Tanımlar

---

- ❑ Bir sistemin enerjisi deęiřiyorsa veya deęiřtirilebiliyorsa böyle sistemlere **dinamik sistem** adı verilir.
- ❑ Bir dinamik sistem, arzu edilen şekilde davranmak üzere kontrol edilebiliyorsa bu sistemlere tesis, tesisat veya teçhizat adı verilebilir. İngilizcede **kontrol edilecek fiziksel süreç yada sisteme (“Plant”)** adı verilir.
- ❑ **Değiştirilebilir değişkenler** (“Manipulated variables”), fiziksel süreç yada sistemi arzu edilen davranışa getirmek için kullanılacak, sistemin üzerine etki edebilen iç veya dış değişken.



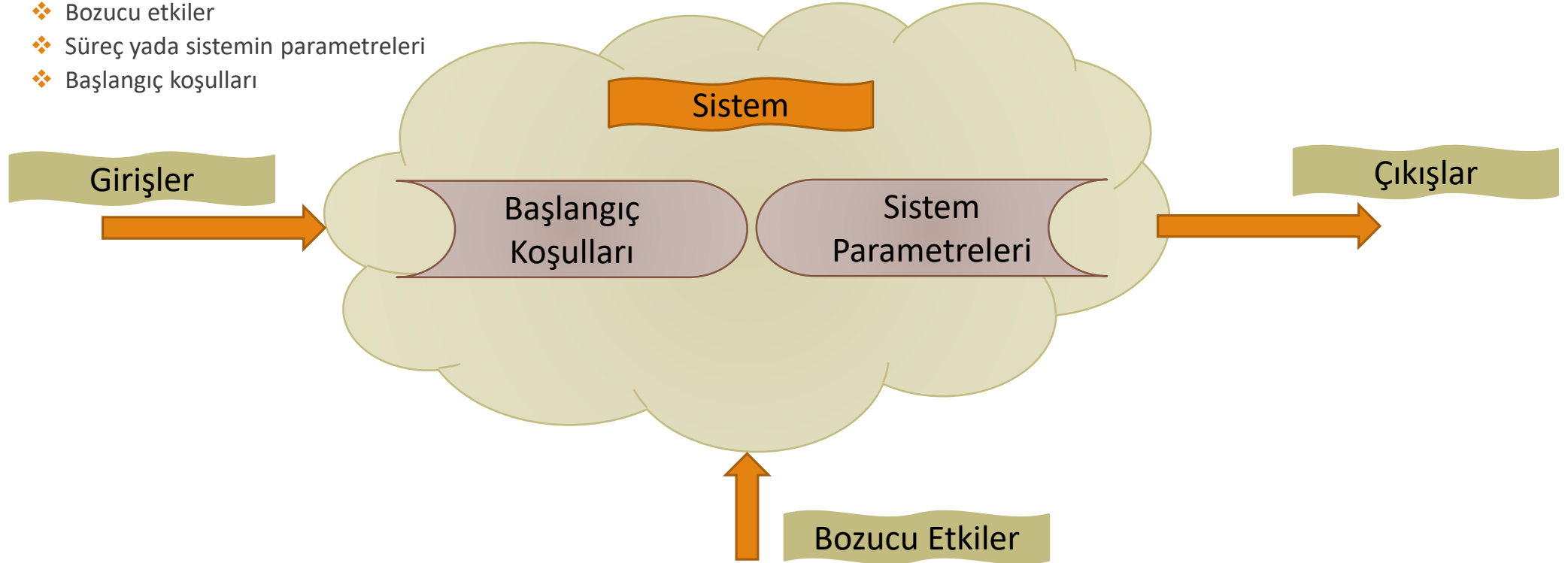
# Temel Kavramlar ve Tanımlar

---

- ❑ **Bozucu Etki (“Disturbance”)** kontrol edilen süreç yada sistemin davranışını arzu edilen yönden saptıran ve **üzerine etki edilemeyen (değiştirilemeyen)** iç ve dış etkilere bozucu etki diyoruz.
- ❑ **Giriş (“Input”)**, kontrol edilecek süreç yada sistemin dışında üretilen, ve onun belirli bir yönde davranmasını sağlayacak etkidir.
- ❑ **Değiştirilebilir Giriş (“Manipulated Input”)  $[u(t)]$** , kontrol edilecek süreç yada sistemin dışında üretilen ve üzerine etki edilebilen, ve sistemin arzu edilen yönde davranmasını sağlayan etkidir.
- ❑ Bozucu etki (“Disturbance”)  $[d(t)]$ , kontrol edilen süreç yada sistemin davranışını arzu edilen yönden saptıran iç ve dış etkilere bozucu etki diyoruz. Aynı zamanda bozucu etkiler, sistemin kontrol edilemeyen girişleridir. Örn. Rüzgar.

# Temel Kavramlar

- ❖ Çıkış (“Output”)  $[c(t)]$ , kontrol edilen süreç veya sistemin dinamik davranışını ifade eden niceliktir.
- ❖ Her hangi bir Çıkış (“Output”)  $[c(t)]$  aşağıdaki nicelikler tarafından belirlenir.
  - ❖ Girişler
  - ❖ Bozucu etkiler
  - ❖ Süreç yada sistemin parametreleri
  - ❖ Başlangıç koşulları



# Örnek

**Sistem:** Odanın içerisindeki hava

**Sistem Parametreleri:**

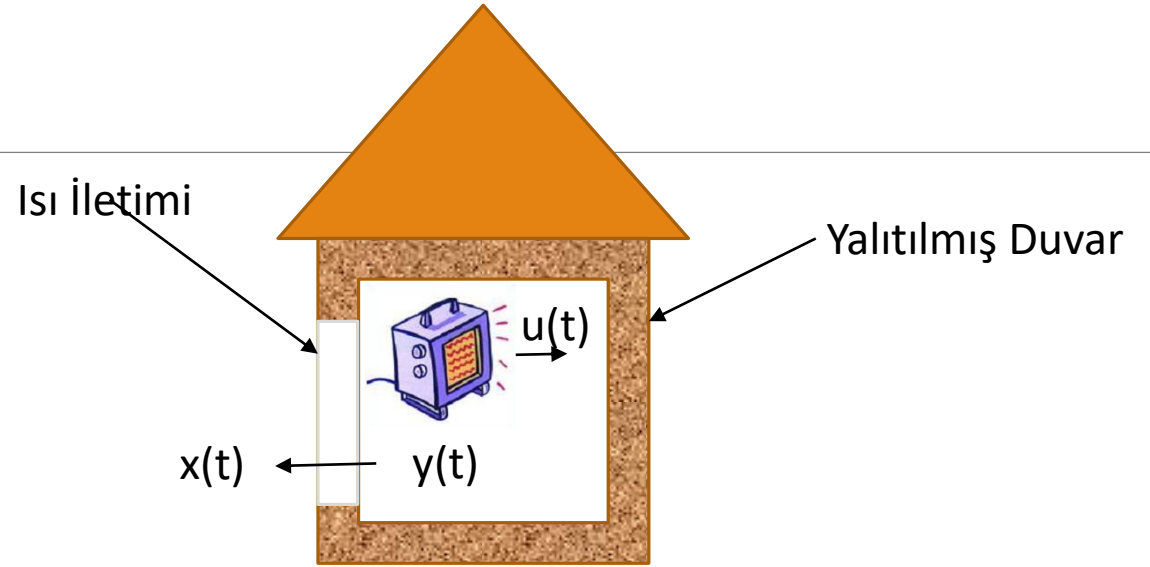
1. C, Odanın içindeki havanın ısı kapasitesi
2. R, Isıl geçirgen pencerenin ısı iletim katsayısı

**Kontrollü Giriş [u(t)]:** Isıtıcı tarafından üretilen ısı üretim oranı (Jul/sn.)

**Bozucu Giriş [x(t)]:** Dış hava sıcaklığı

**Çıktı [y(t)]:** İç ortam sıcaklığı

**Başlangıç koşulu [y<sub>0</sub>=y(0)]:** t=0 anındaki oda sıcaklığı



$$\dot{U} = \sum q$$

$$U = Cy(t) \Rightarrow \dot{U} = C\dot{y}(t)$$

$$\sum q = q_{giriş} - q_{kayıp} = u(t) - \left( \frac{y(t) - x(t)}{R} \right)$$

$$C\dot{y}(t) = u(t) - \left( \frac{y(t) - x(t)}{R} \right)$$

$$CR\dot{y}(t) + y(t) = Ru(t) - x(t)$$

$$y(t) = y_0 e^{-t/RC} + (x_0 + Ru_0)(1 - e^{-t/RC})$$

# Temel Kavramlar

---

- ❖ Kontrol edilen süreç veya sistem aynı olmasına rağmen, sistemde ilgilenilen özelliğe bağlı olarak farklı çıktılar üretilebilir.
- ❖ Kontrol Edilen Çıkış (“Controlled Output”) [ $c(t)$ ], kontrol edilen sistemin arzu edilen şekilde davranması için harcanan çaba sonucu elde edilen çıktıdır.
- ❖ Gözlenen Çıkış [ $b(t)$ ], kontrol edilen süreç veya sistemin dinamik davranışının ölçülen değeri, ölçülemeyen durumlarda gözlenen değer.
- ❖ Not: Genellikle gözlenen çıkış ve kontrol edilen çıkış aynı olur. Ancak eğer kontrol edilen çıkışı ölçmek zor, pahalı yada imkansızca bu durumda ölçülen çıkış ile kontrol edilen çıkış farklı olabilir.
- ❖ Örnek
  - ❖ Elektrik Motoru, Kontrol Edilen Çıkış=Hız; Gözlenen Çıkış=Hız
  - ❖ Güdümlü Füze, Kontrol Edilen Çıkış=Füzenin konumu ve yönelimi; Gözlenen Çıkış=Füzenin ivmesi ve açisal hızı
- ❖ Referans giriş (“Reference Input”) [ $r(t)$ ], Sistemin arzu edilen davranışını tanımlayan sinyal

# Temel Kavramlar

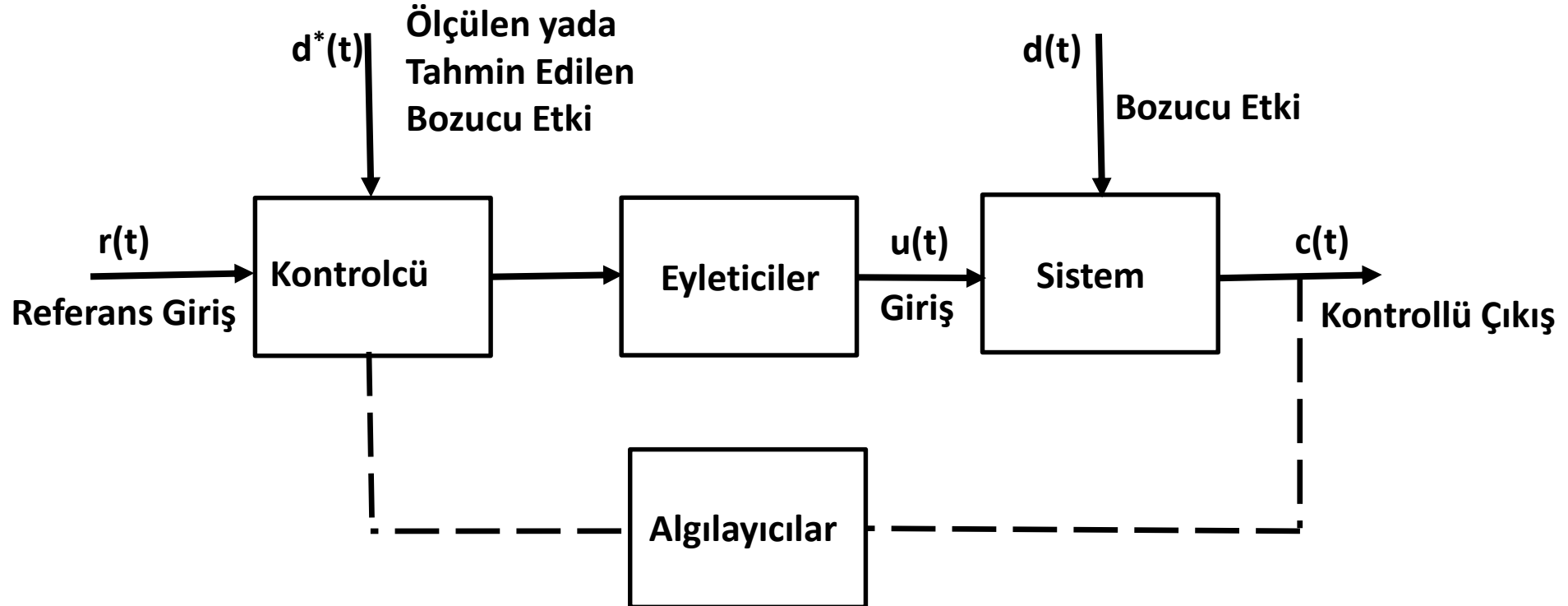
---

- ❖ **Kontrol**, kontrol edilen sistem veya sürecin **kontrol edilebilir girişlerine** etki ederek **bozucu giriş** ve/veya **sistemin parametre belirsizliklerine** rağmen, sistemi arzu edilen değerde tutmak veya arzu edilen şekilde değiştirmek üzere gösterilen çaba ve işlevdir.
- ❖ **Kontrolcü**, **kontrol edilebilir girişlere** etki eden, belirlenen kontrol kuralını yerine getirecek şekilde tasarlanmış araçtır. **Elle kontrol**'de kontrolcü insandır. **Otomatik kontrolde** ise, kontrolcü, kontrol süreci boyunca, bağımsız olarak, insan müdahalesi olmaksızın çalışan bir araçtır.
- ❖ **Kontrol kuralı**: Sistemin arzu edilen davranışı yerine getirebilmesi için girişin ayarlanmasını sağlayan önceden tanımlı kurallar kümesidir.

# Bir Kontrol Sisteminin Temel Bileşenleri

## Kontrol sistemi

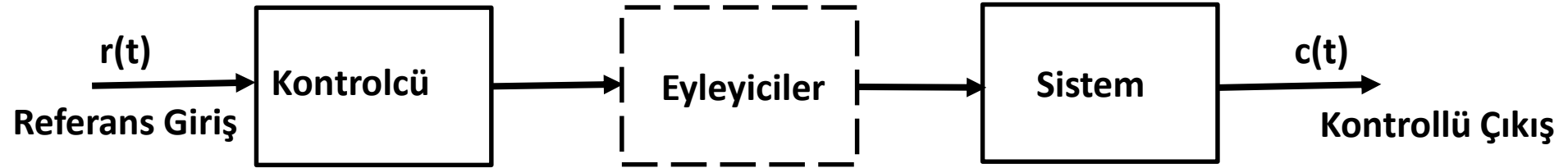
- Kontrol edilecek fiziksel süreç yada sistem [Sistem]
- Eyleticiler (Actuators) Grubu [Eyleticiler]
- Kontrolcü
- Algılayıcılar Grubu (Eğer gerekliyse) [Algılayıcılar]



# Temel Kontrol Çeşitleri

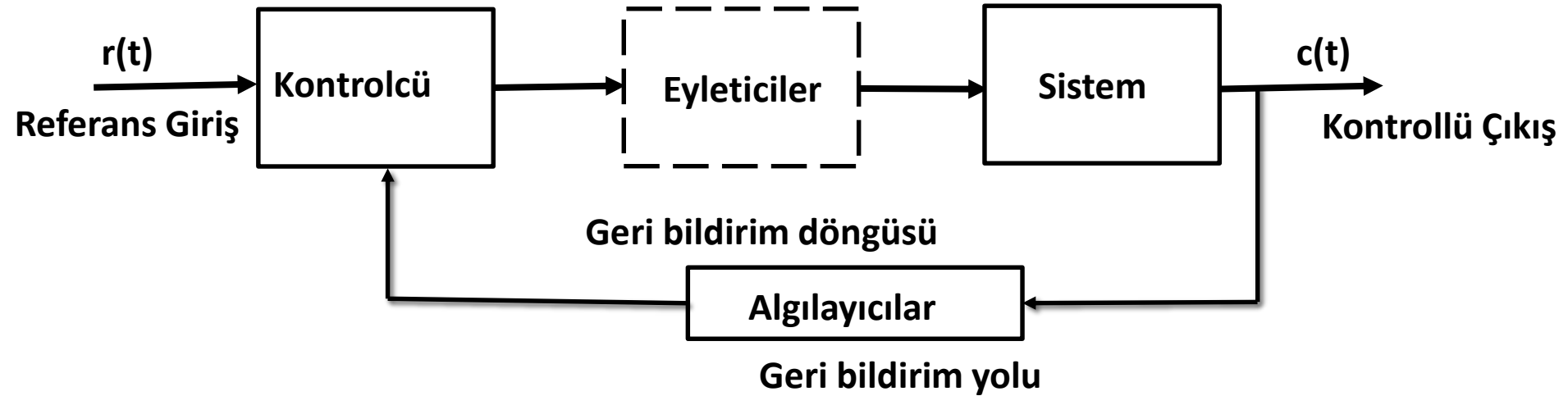
**1. Açık Çevrim (Open Loop) Kontrol:** Kontrolcü, kontrollü çıktı hakkında bilgi ile ikmal edilmez. Yani kontrolcü bir kere tasarlanır ve aynı şekilde tasarlanır, çıktı hakkında bilgisi olmaz.

- ❑ Trafik Işıkları
- ❑ Çamaşır makinası, bulaşık mak. vs
- ❑ Basit Sıvı Düzeyi Kontrolü (Tuvalet Sifonu)



# Temel Kontrol Çeşitleri

2. Geribildirimli (Feedback) yada Kapalı Çevrim (Closed Loop) Kontrol: Kontrolcü, algılayıcılar (sensors) aracılığıyla kontrollü çıktı hakkında bilgi ile ikmal edilir.

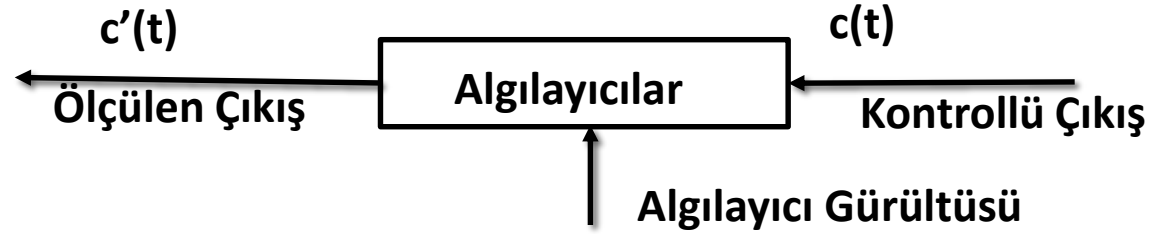


- Temel hata tabanlı geribildirimli kontrol sistemi
- Geribildirim, ileri bildirim ve bozucu etki giderici içeren kapalı çevrim kontrol sistemi
- Dolaylı geribildirimli kontrol sistemi
  - İnsan davranışı ve el kontrolcülere
  - Otomatik pilot
  - Robot manipülatörlerin kontrolü
  - İklimlendirme araçları (Isıtıcılar, soğutucular, nemlendiriciler vs.)



# Temel Kavramlar

**Ölçülen Çıkış:** Algılayıcılar tarafından ölçülen çıkış sinyalidir.



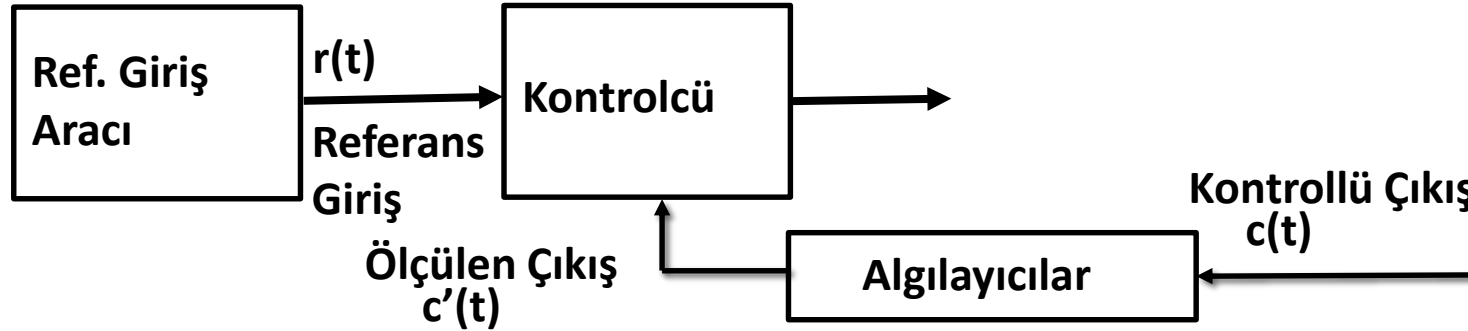
Yüksek Kaliteli Algılayıcı  
 $c'(t) \approx c(t)$

**Geri Bildirim:** Algılayıcılar aracılığıyla kontrol edilen çıkış hakkında bilginin kontrolcüye aktarılma süreç ve işlevidir. Geri bildirim işlevini kullanan kontrol sistemine **geri bildirimli kontrol sistemi** veya **kapalı çevrim kontrol sistemi** adı verilmektedir.

**Arzu Edilen Çıkış:** Kontrollü çıkışın arzu edilen değeridir.

# Temel Kavramlar

**Referans Giriş:** Kontrolcüye arzu edilen çıktının ne olduğunu söyleyen giriş sinyalidir. Bu giriş sinyalini üretmek ve kontrolcüye göndermek için sinyal üretici, kayıt cihazı vs gibi bir referans giriş aracına gereksinim duyulur.



# Temel Kavramlar

---

**Servo mekanizması:** Kontrol edilen sistem, kontrol çıktısı konum ve/veya hız olan mekanik bir sistem ise sonuçta ortaya çıkan geri bildirimli kontrol sistemine servo mekanizması adı verilir.

**Servo sistem:** arzu edilen çıktı (yani referans giriş) değişken ise bu tür sistemlere servo sistemler veya izleme kontrol sistemleri (tracking control system) adı verilir.

**Regülatör sistem:** arzu edilen çıktı (yani referans giriş) sabit ise bu tür sistemlere regülatör sistemler adı verilir. Tipik örneği sıcaklık kontrol sistemleridir.

# Özet

---

Bu derste,

- ❑ Otomatik kontrolün amacı ve uygulama hakkında konuştuk
- ❑ Genel olarak otomatik kontrol kavramlarını ve kontrol elemanlarını tanıdık.