

## Kinematik "Bicycle" Modelinin Tanımı ve Varsayımları

- Bicycle (bisiklet) yaklaşımı:** Gerçekte bir otomobilin/araç platformunun dört tekerleği olmasına rağmen, soldaki ve sağdaki tekerlekler sırasıyla tek bir "ön teker" ve tek bir "arka teker" olarak birleştirilerek modellenir. Böylece araç şematik olarak iki tekerlekli "bisiklet" gibi temsil edilir.
- Düşük hız ve sıfır kayma açısı varsayımı:**
  - Bu modelde, **ön ve arka** tekerleğin yanal (lateral) kayma açılarının (slip angle) sıfır olduğu kabul edilir. Yani, her tekerleğin hız vektörü tekerleğin kendi dönme eksenine tam paraleldir.
  - Bu, hızın düşük olduğu, viraj yarıçaplarının büyük olduğu veya sürtünme kuvvetlerinin nispeten az olduğu durumlar için makul bir basitleştirmedir (örneğin düşük hızlı park manevraları gibi).
- Düzlemde hareket ve kütle merkezi (C.G.):** Araç, zeminle temasta ve düzlemde (iki boyutlu) hareket eder. Kütle merkezi (Center of Gravity, C.G.) noktasının  $(X, Y)$  konumu ve gövdenin (şasinin) yön açısı  $(\psi)$  genellikle sistemin ana durum değişkenleri olarak ele alınır.
- Hem ön hem de arka tekerin yönlenebilmesi:** Kinematik model, ön tekerin dönüş açısı  $(\delta_f)$  ve arka tekerin dönüş açısı  $(\delta_r)$  olacak şekilde de yazılabilir. Tek yönlendirmeli (sadece ön teker) durumunda arka teker açısı sıfır  $(\delta_r = 0)$  kabul edilir.



## Temel Denklemler

Dokümanda (Bölüm 2.2'de) kinematik model şu şekilde özetlenir (ön-arka tekerleğin bağımsız olarak dönebildiği varsayımıyla):

- Araç konumu ve oryantasyonu:**

$(X, Y)$  (kütle merkezinin düzlemdeki konumu),

$\psi$  (araç gövdesinin, yani boylamasına eksenin küresel/inerçiyel koordinata göre açısı).

- Tekerlek dönüş açıları:**

$\delta_f, \delta_r$ .

$\delta_f$  ön teker,  $\delta_r$  arka teker dönüş açılarıdır. Eğer sadece önden yönlendirme varsa  $\delta_r = 0$ .

- Tekerlekler arası mesafeler:**

- $L_f$ : Kütle merkezinden ön tekerin iz düşümüne olan mesafe.
- $L_r$ : Kütle merkezinden arka tekerin iz düşümüne olan mesafe.
- Tam dingil mesafesi:  $L = L_f + L_r$ .

- Hız değişkenleri:** Aracın boylamasına eksenindeki hız bileşeni  $V_x$  (sabit veya düşük hızda kabul edilir) ve yanal hareketi küçük kabul edilerek, hızın büyüklüğü  $\dot{X}, \dot{Y}$  cinsinden ifade edilir.

- Kinematik Eşitlik:**



#### 5. Kinematik Eşitlik:

- Kütle merkezinin  $X$ - $Y$  konum hızları, gövdenin açısına ( $\psi$ ) ve hız değerine ( $V$ ) göre:

$$\dot{X} = V \cos(\psi), \quad \dot{Y} = V \sin(\psi).$$

(Buradaki  $V$ , araç gövdesinin ileri yöndeki hızıdır. Düşük hız ve sıfır kayma varsayımı altında, bu hız tam olarak ileri eksen doğrultusundadır.)

- Araç oryantasyonunun (yön açısı  $\psi$ ) türevi, ön ve arka teker dönüş açılarına göre değişir. Eğer hem ön hem de arka teker dönebiliyorsa, aşağıdaki gibi bir ilişki kurulur:

$$\dot{\psi} = \frac{V}{L} (\tan(\delta_f) - \tan(\delta_r)) \text{ (bazı varyantlarda açıların işaretlerine veya teker uzaklıklarına göre ufak değişiklikler olabilir)}$$

Tek ön teker yönlendirme ( $\delta_r = 0$ ) durumunda daha basit bir form:

$$\dot{\psi} = \frac{V}{L} \tan(\delta_f).$$

6. **Yüksek hızda uygunluğu:** Bu kinematik eşitlikler temel olarak **düşük hız** ve **küçük kayma açısı** altında geçerlidir. Lastik kuvvetleri, sürtünme ve dinamik etkiler ihmal edilir.

## Kısa Sonuç

- Kinematik bicycle modeli**, otomotiv veya mobil robot alanında düşük hızlı yanal kontrol sorunlarını incelemek için kullanılan, **en basit** "araç yönlendirme" modelidir.
- Temel varsayımı, **tekerlek kayma açılarının sıfır** olması ve aracın dinamik etkilerinin ihmalidir.
- Formülasyon:**

$$\dot{X} = V \cos(\psi), \quad \dot{Y} = V \sin(\psi), \quad \dot{\psi} = \frac{V}{L} \tan(\delta_f) \quad (\text{tek-aks yönlendirme için}).$$

- Kullanım Alanları:** Otomatik şerit takibi (lane-keeping), düşük hızlı manevralar, robotik araçların rotalama sorunları ve kontrol tasarımları.

Böylece kinematik model, ileri kontrol tasarımına veya simülasyon yaklaşımlarına temel teşkil eder; ancak gerçek yüksek hızlı sürüşlerde, lastik kuvvetleri ve yanal kaymalar ihmal edilemeyeceğinden **dinamik bicycle modellerine** (dokümanda Bölüm 2.3 vb.) geçilmesi gerekir.