

Kinematik "Bicycle" Modelinin Tanımı ve Varsayımları

1. **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.
2. **Düşük hız ve sıfır kayma açısı varsayımları:**
 - Bu modelde, **ön** ve **arka** tekerliğin yanal (lateral) kayma açılarının (slip angle) sıfır olduğu kabul edilir. Yani, her tekerliğin hız vektörü tekerliğin kendi dönme eksenine tam paraleldir.
 - Bu, hızın düşük olduğu, viraj yarıçıaplarının büyük olduğu veya sürtünme kuvvetlerinin nispeten az olduğu durumlar için makul bir basitleştirmektedir (örneğin düşük hızlı park manevraları gibi).
3. **Düzlemdede hareket ve kütle merkezi (C.G.):** Araç, zeminle temasta ve düzlemdede (iki boyutlu) hareket eder. Kütle merkezi (Center of Gravity, C.G.) noktasının (X , Y) konumu ve gövdenin (şasının) yön açısı (ψ) genellikle sistemin ana durum değişkenleri olarak ele alınır.
4. **Hem ön hem de arka tekerin yönlenebilmesi:** Kinematik model, ön tekerin dönüş açısı (δ_f) ve arka tekerin dönüş açısı (δ_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 tekerlein bağımsız olarak dönebildiği varsayımlıyla):

1. **Araç konumu ve oryantasyonu:**

$$(X, Y) \quad (\text{kütte merkezinin düzlemdeki konumu}),$$

ψ (araç gövdesinin, yani boyamasına eksenin küresel/inerçiyel koordinata göre açısı).

2. **Tekerlek dönüş açıları:**

$$\delta_f, \quad \delta_r.$$

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

3. **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: $L = L_f + L_r$.

4. **Hız değişkenleri:** Aracın boyamasına eksendeki 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.

5. **Kinematik Eşitlik:**



5. Kinematik Eşitlik:

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

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

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

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

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

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 varsayımlı, **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 tasarımasına veya simülasyon yaklaşımlarına temel teşkil eder; ancak gerçek yüksek hızlı sürümlerde, lastik kuvvetleri ve yanal kaymalar ihmal edilemeyeceğinden **dinamik bicycle modellerine** (dokümanda Bölüm 2.3 vb.) geçilmesi gereklidir.

