

1. Introduction (Giriş)

Bu bölüm, otomasyonlu (otonom) araç teknolojilerinin arka planını, insan hatasından kaynaklı kaza istatistiklerini ve otomatik sürüşün güvenlik ile verimlilik açısından potansiyel faydalarını anlatmaktadır. Ayrıca tez kapsamında neden yalnızca otoyol ve kırsal yol senaryolarına odaklanıldığı ve hangi problem tanımlarının yapılacağı açıklanır.

2. Automated Research Vehicles (Otomasyonlu Araştırma Araçları)

- **Google Driverless Car:** Temel olarak çatıya yerleştirilmiş 360° LIDAR ünitesi, radarlar ve kamera sensörleriyle çalışır; haritalama ve konumlamayı ileri seviye algoritmalarla yapar.
 - **BMW Connected Drive:** Araç üzerinde radar, LIDAR, ultrasonik ve kamera sensörleriyle donanım; daha çok otoyol işlevlerine odaklanır.
 - **Mercedes S 500 Intelligent Drive:** Birden fazla kısa/uzun menzilli radar, stereo kamera ve ek sensörler barındıran lüks segment test aracı.
 - **Toyota/Lexus Research Vehicle:** 360° LIDAR, çoklu kamera ve radarlar kullanarak araç, yaya ve trafik ışığı algılaması yapar.
 - **VisLab BRAiVE:** Genellikle stereo ve mono kameralar ağırlıklı olmak üzere LIDAR'lar ve GPS/INS sistemleriyle, daha çok görüntü işleme ağırlıklı bir yaklaşımı benimser.
 - **DARPA Urban Challenge:** Tam otonom araçların karmaşık kentsel koşullarda yarıştığı etkinlik; çoklu LIDAR, radar ve kamera birleşimi kullanılır; ancak gerçekçi pazar koşullarından ziyade araştırma odaklıdır.
-

3. ADAS Systems (Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri)

- **Adaptive Cruise Control (ACC):** Aracın hızını ayarlar; öndeki araç ile güvenli takip mesafesini korur. Radar veya bazen LIDAR + kamera füzyonu kullanır.
- **Advanced Emergency Braking System (AEBS):** Olası çarpışma durumunda sürücüyü uyarır; gerekirse otomatik fren uygular.
- **Lane Departure Warning (LDW) / Lane Keeping Assist (LKA):** Şerit ihlali uyarısı veya aktif şerit merkezleme desteği sağlar; genellikle kamera tabanlıdır.
- **Lane Change Assist (LCA):** Kör nokta izleme (BSM) veya şerit değiştirme uyarısı (LCW) radar ya da kamera sensörleriyle yapılır.
- **Night Vision:** Kızılötesi (NIR veya FIR) kamera ile gece sürüşü sırasında yaya/hayvan tespiti.

- **Traffic Sign Recognition (TSR):** Kameralarla trafik işaretlerini (ör. hız sınırı) tanır.
 - **Pedestrian Detection:** Genelde radar + kamera füzyonuyla yaya tespiti ve çarpışma önleme/azaltma.
 - **Automatic Parking:** Ultrasonik sensörler, bazen kameralarla desteklenerek otomatik park manevrası.
 - **Digital Maps:** ADAS sistemleriyle harita bilgisini entegre ederek rota ve konforlu sürüş optimizasyonu.
-

4. Sensors and Metrics (Sensörler ve Metrikler)

Bu bölüm, otonom sürüşte kullanılan sensörlerin ortak performans ölçütlerini ve her sensörün artı-eksi yönlerini inceler.

4.1 Sensor Metrics (Sensör Metrikleri)

- **Menzil & Görüş Alanı (Range & Field of View):** Sensörün ne kadar uzaktan ve hangi açı aralığında algılama yapabildiği.
- **Çözünürlük (Resolution):** Hem menzil çözünürlüğü (objeler arası dikey mesafe ayırtetme) hem açısal çözünürlük (yatay ayrıştırma).
- **Doğruluk (Accuracy):** Sensörün raporladığı mesafe/açı değerlerinin gerçek değerlerden sapma miktarı.

4.2 Sensor Types (Sensör Tipleri)

- **Vision (Kamera):** Monoskopik ya da stereoskopik olabilir; görsel spektrumda nesne tanıma, şerit algılama, trafik işareti okuma vb. İşleme algoritmalarına bağımlıdır ve ışık/hava durumundan etkilenir.
- **LIDAR:** Döner lazer taramasıyla yüksek çözünürlüklü ortam haritalaması; özellikle nokta bulutu oluşturarak hassas mesafe ölçümleri yapar. Kötü hava/aydınlatma performansı ve maliyet, başlıca dezavantajlar.
- **RADAR:** Uzun menzil ve doğrudan hız ölçümü avantajına sahip; hava koşullarından az etkilenir. Ancak açısal çözünürlük sınırlıdır ve “ghost target” üretebilir.
- **Ultrasonik:** Kısa mesafede (park vb.) yaygın kullanılan, düşük maliyetli; ancak menzil çok sınırlı.
- **Night Vision:** Yakın Kızılötesi (NIR) veya Uzak Kızılötesi (FIR) teknolojisiyle gece sürüşünü iyileştirir.

- **Time-of-Flight (ToF):** Nispeten yeni bir teknoloji; tek seferde geniş bir alanın derinlik haritasını çıkarabilir fakat otomotiv alanında henüz yaygın ve erişilebilir değil.

4.3 Sensor Fusion (Sensör Füzyonu)

Farklı sensörlerin çıktılarının birleştirilerek (ör. radar + kamera, LIDAR + kamera) çok daha güvenilir ve doğru algılama sonuçları elde edilmesini amaçlar. Özellikle obje sınıflandırma ve hayalet hedeflerin elenmesi gibi konularda önemlidir.

5. Highway Analysis (Otoyol Analizi)

Otoyollarda yüksek hızda, aynı yönde çoklu şeritler halinde ilerleyen araçlar söz konusudur; yaya ve bisiklet gibi kırılgan kullanıcılar beklenmez.

5.1 Scenario Analysis (Senaryo Analizi)

- **Emergency Stop (Acil Frenleme):** 130 km/sa hızla giderken durmak için gerekli mesafe ve algılama alanı. Radar/LIDAR/ kamera menzili ve açısal çözünürlük ihtiyacı vurgulanır.
- **Maintaining Speed / Headway (Hız ve Takip Mesafesi Koruma):** Öndeki araçla konforlu frenleme mesafesi ve bunun sensör menziline etkisi.
- **Changing Lanes (Şerit Değiştirme):** Yana ve arkaya doğru algılamanın (kör nokta, hız farkı tespiti) gerekliliği. Otobanda gelen araçların tek yönde olması işleri kolaylaştırır.

5.2 Requirements Summary (Gereksinim Özeti)

Otoyolda özetle 100+ metre ileri menzil, şerit değişimi için 60-70 metre geri menzil ve makul açısal çözünürlük gerekir. Yaya/bisikletli tespiti bu bölümde göz ardı edilir çünkü otoyolda pek karşılaşılmaz.

6. Rural Analysis (Kırsal Yol Analizi)

Kırsal yollarda düşük-orta hız, iki yönlü trafik, yaya/bisiklet/ hayvan gibi çeşitli kullanıcılar ve sıkça kavşak/ dönel kavşak bulunması durumu incelenir.

6.1 Scenarios (Senaryolar)**

- **Emergency Stop:** Farklı kullanıcı türleri (araç, yaya, hayvan) için kaç metrede tespit edilmesi gerektiği (ör. 50-60 m civarı).
- **Maintaining Speed / Headway:** Öndeki araçla takip mesafesini koruma, ancak kırsal yolun yaya ve bisiklet kaynaklı sürprizlerine de hazırlıklı olma.

- **Changing Lanes (Şerit Değişirme):** İki şeritli yolda aynı yönde birden fazla şerit varsa benzer gereksinimler; çoğunlukla tek şeritli kırsal yollarda bu nadirdir.
- **Overtaking Against Direction:** Karşı şeride geçerek sollama durumunda hız farkı 160 km/sa'e kadar çıkabilir. Çok uzun menzil gerekir (300 m üstü), mevcut sensörlerle zorlu.
- **Lane Sharing (Tek Şeridi Paylaşma):** Karşıdan araç geldiğinde hız düşürerek omuz/ banket kullanarak geçiş yapma senaryoları.
- **Turning at an Intersection:** Sağa-sola sapmak için yan taraftan gelen araçların boşluğunu (gap acceptance) hesaplama ve menzil gereksinimleri.
- **Crossing an Intersection:** Kavşakta tamamen karşıya geçmek; karşıdan gelen trafiği güvenle bekleme ve gereken algılama mesafeleri.
- **Roundabouts (Dönel Kavşaklar):** Genelde 30-40 km/sa hız, çemberde dönen araçların önceliği ve 180°'ye yakın bir görüş alanı ihtiyacı.

6.2 Requirements Summary (Gereksinim Özeti)**

Genel olarak kırsal yollarda daha fazla varyasyon ve daha çok taraflı algılama ihtiyacı söz konusu. Yayalar, bisikletliler ve hayvanlar için 20-50 m civarı menzil kısa senaryolarda acil durum için yeterli olsa da, konforlu sürüş için daha da yüksek menzil gerekebilir.

7. Discussion (Tartışma)

Tüm senaryoların ve sensör gereksinimlerinin genel değerlendirmesi yapılır. Temel çıkış noktaları şunlardır:

7.1 Limitations of this Study (Çalışmanın Sınırlılıkları)

- Gerçek sürüş, hava koşulları, veri gecikmeleri, araç konum hatası vb. etmenlerin teorik analize dahil edilmesi kısıtlıdır.
- Sürücü davranış modellemeleri, sensör güvenilirliği gibi konularda literatürde eksikler vardır.

7.2 Sensor Characteristics (Sensör Karakteristikleri)

- **Radar:** Sağlam menzil ve doğrudan hız tespiti avantajlı, düşük açısal çözünürlük dezavantajlı.
- **LIDAR:** Yüksek çözünürlük ve nokta bulutu avantajlı, maliyetli ve hava durumundan etkileniyor.
- **Vision:** Obje sınıflandırma ve trafik işareti okuma için gerekli; hava/ışık şartlarına duyarlı.

- **Ultrasonik:** Yakın mesafelerde düşük maliyetli fakat menzil çok sınırlı.

7.3 State-of-the-art sensors, are they good enough? (Mevcut sensör teknolojileri yeterli mi?)

- Otoyol senaryolarının çoğu mevcut radar + kamera + LIDAR füzyonuyla büyük oranda yapılabilir.
- Kırsal yollarda çeşitlilik, iki yönlü trafik ve yaya/bisiklet/ hayvan faktörleri nedeniyle güvenilir tam otomasyon zor, ama kısmi otomasyon veya sürücü devri isteğiyle desteklenebilir.

7.4 Implications of not meeting requirements (Gereksinimleri karşılamamanın sonuçları)

- Yetersiz menzil: Yüksek hızlarda çarpışma önleme için zaman kalmaması.
- Yetersiz açısal çözünürlük: Şerit ve obje ayrıştırmada hatalar.
- Çeşitli sensör füzyonu ve harita desteği, bazı açıkları kapatabilir.

7.5 Comparison to other research vehicles (Diğer araştırma araçlarıyla karşılaştırma)

- Farklı projelerin kullandığı sensör kombinasyonları (çoklu LIDAR'lar, kamera setleri, radarlar vb.) kıyaslanır. Çok yönlü ve kapsamlı sensör yerleşimlerinin ciddi maliyet/fiziksel yer gerektirdiği görülür.

7.6 Digital Maps (Dijital Haritalar)

- Hassas haritaların (HD maps) kullanımı, konum hatalarını azaltıp sensör yükünü hafifletebilir.

8. Conclusion (Sonuçlar)

- Otoyol ortamında otomasyon daha erişilebilir çünkü yaya/bisiklet vb. zorluklar az ve mevcut sensörlerin menzil/ çözünürlük kabiliyeti çoğu senaryoya yetebiliyor.
- Kırsal yollarda ise, yüksek algılama menzili gerektiren sollama veya yan yaklaşma senaryoları ve yaya/hayvan gibi öngörülmesi zor etkenler tam otomasyonu kısıtlıyor.
- Sensör füzyonu, yüksek çözünürlüklü haritalar ve ilerleyen teknolojilerle bu engellerin aşılabileceği; fakat gerçek yol testleriyle daha ayrıntılı doğrulama gerektiği vurgulanarak tez noktalanır.