



Ağır Vasıtalarda Otomatikleştirilmiş Manuel Şanzımana Ait Parametrelerin K-Means Algoritması Kullanılarak Optimizasyonu ve Yakıt Tüketimine Etkilerinin İncelenmesi

Optimization of Parameters of Automated Manual Transmission in Heavy Vehicles Using K-Means Algorithm and Researching of Their Effects on Fuel Consumption

Duran Arif Göçer^{1*}, **İbrahim Yıldız²**

¹Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanayi A.Ş., Konya, Türkiye

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya, Türkiye

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: duranar96@gmail.com

Geliş Tarihi / Received: 19.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 01.11.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2023257409

Atıf şekli/ How to cite: GÖÇER, D.A., YILDIZ, İ. (2023). Ağır Vasıtalarda Otomatikleştirilmiş Manuel Şanzımana Ait Parametrelerin K-Means Algoritması Kullanılarak Optimizasyonu ve Yakıt Tüketimine Etkilerinin İncelenmesi. DEUFMD, 25(74), 371-380.

Öz

Şanzıman, motordan aldığı torku aracın tekerleklerine ileten güç aktarım organlarından kritik öneme sahip olan bir mekanizmadır. Araçlarda ise şanzıman tipine göre yakıt tüketimi farklılık göstermektedir. Yakıt ekonomisini iyileştirmek, emisyonu azaltmak ve sürüş performansını artırmak için son yıllarda şanzıman alanında birçok çalışmalar yapılmış olup araçlar üzerinde uygulanmıştır. Günümüzde birçok şanzıman çeşidi olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan manuel ve otomatik şanzımanlardır. Bu şanzıman tiplerinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmakta olup farklılıklar göz önünde bulundurularak yeni bir şanzıman arayışı ortaya çıkmıştır. Çalışmada manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek vites değiştirme bileşenleri ile robotize(otomatikleştirilmiş manuel) şanzıman geliştirilmiştir. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri şanzımanın otomatikleştirilmesinde kullanılmıştır. Robotize hale getirilen otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için kontrolü sağlanacak vites değişim parametreleri belirlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerlerin bulunması için araç üzeri test çalışmaları yapılarak dinamik test sürüşleri gerçekleştirilmiştir. Bilindiği üzere manuel şanzımanlar otomatik şanzımanlardan daha verimli olmasına rağmen otomatik şanzımanda vites değişimi sürücüyü bırakılmaksızın vites değişim parametrelerine göre otomatik olarak değişmektedir. Yapılan çalışmada ise vites değişimi sürücüdün bağımsız halde bir vites değiştirme algoritmasına bağlı olarak kontrol edilmiştir. Sürücü ve vites değiştirme algoritması kontrolüne bağlı olarak yakıt tüketimleri dinamik test sürüşü ile ölçülmüştür.

K-means algoritması kullanılarak optimum vites değiştirme parametrelerine ait değer aralıkları belirlenmiştir. Optimum vites değiştirme parametrelerine göre araç ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmiştir. Sürücü algoritmadan bağımsız şekilde aracı kullanması sonucu ortalama 8,62 L/100km yakıt tükettiği gözlemlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerinin optimize edilmesi ile %27 oranında yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç üzeri test, güç aktarım organı, k-means algoritması, manuel şanzıman, otomatik şanzıman, robotize şanzıman, vites değişim parametresi, yakıt ekonomisi

Abstract

The gearbox is a critical component that transfers torque from the engine to the vehicle's wheels. Fuel usage varies depending on the type of transmission. Different types of gearbox have been tested and used on vehicles in recent years to improve fuel efficiency, decrease emissions and, improve driving performance. Although there are different types of transmissions available today, manual and automatic transmissions are the most often used. These transmission types have advantages and disadvantages when compared to one another, and a search for a better one has evolved that considers these differences.

The features of manual and automatic transmissions, as well as shifting components and robotized transmission (automated manual), were developed in the study. Gear shift components integrated into the manual transmission system are used to automate the transmission. Gear shift parameters are determined to provide control for the automated manual transmission that has been robotized. On-vehicle test studies and dynamic test drives were performed to determine the best values for the gear shift settings. Although manual transmissions are more economical than automatic transmissions, gear changing in automatic transmissions is changed automatically based on the gear shift parameters, rather than leaving it up to the driver. The study used a gear shifting algorithm to regulate gear changing independently of the driver. Fuel consumption is determined using a dynamic test drive, with the driver and gear shifting algorithm under control.

The value ranges of optimum shifting parameters were calculated using the K-means method. The vehicle spent an average of 6.79 L/100 km of fuel according to the optimal shifting settings. As a consequence of using the vehicle independently of the algorithm, the driver spends an average of 8.62 L/100 km of fuel. Fuel savings improved 27% with gear shift characteristics.

Keywords: *On-vehicle testing, transfers torque, k-means method, manual transmission, automatic transmission, robotized gearbox, gear shift parameter, fuel economy*

1. Giriş

Şanzıman, motordan aldığı torku aracın tekerleklerine ileten güç aktarım organlarından kritik öneme sahip olan bir mekanizmadır. Araçlarda ise şanzıman tipine göre yakıt tüketimi farklılık göstermektedir. Yakıt ekonomisini iyileştirmek, emisyonu azaltmak ve sürüş performansını artırmak için son yıllarda şanzıman alanında birçok çalışmalar yapılmış olup araçlar üzerinde uygulanmıştır. Modern şanzıman sistemlerine sahip araçlar, yüksek yakıt ekonomisi, düşük egzoz emisyonu ve mükemmel sürüş kabiliyeti sergilemektedir. Ağır hizmet kamyonların yakıt verimliliği, yalnızca otomotiv ve ulaşım endüstrisi için değil, aynı zamanda ülke ekonomisi ve küresel çevre için de faydalı olabilir. Tüketilen yakıt maliyeti, ağır hizmet kamyonunun yaşam döngüsü maliyetinin yaklaşık %30'una katkıda bulunur. Yakıt tüketiminde sadece birkaç yüzde azalma, ulaşım endüstrisi için maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir.

Bu çalışmada manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek robotize şanzıman geliştirilmiştir. Bilindiği üzere manuel

şanzımanlar otomatik şanzımanlara göre daha yüksek mekanik verimliliğe sahiptir. Otomatik şanzımanda vites değişimi sürücüyü bırakılmaksızın vites değişim parametrelerine göre otomatik olarak kontrol edilmektedir. Vites değişimi sürücüdün bağımsız halde bir vites değiştirme algoritmasına bağlı olarak kontrol edilmiştir. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri ile şanzıman kontrol ünitesi eş zamanlı olarak çalışmaktadır. Şanzıman kontrol ünitesinden gelen sinyaller şanzıman bloğuna eklenen bileşenlere bilgi sağlamaktadır. Şanzıman kontrol ünitesinden gelen bilgi ile vites değiştirme bileşenlerine hava yönlendirmesi sağlanarak şanzıman iç mekanizmasının hareketi gerçekleşir. Vites değişimi motor ve şanzıman kontrol ünitesinden gelen bilgiye göre otomatik olarak gerçekleşir. Robotize hale getirilen otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için araç üzerinde dinamik yol testleri yapılarak optimum vites değişim parametre değerleri belirlenmiştir.

Vites değiştirme parametreleri esas olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncını içermekte olup, bu karakteristik parametrelere dayalı k-means algoritma sonuçlarının, sürücü işlemlerine rehberlik etmek

için kullanılabilirliğini göstermektedir. Otomatikleştirilmiş manuel şanzıman ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiği zaman çalışmalar genelde teori ve simülasyona dayanmaktadır. Konu olarak vites değiştirme parametreleri farklı algoritmalar ile ele alınmış olsa da birçok çalışma simülasyon ve teoriye dayalı olduğu için gerçek bir sistem üzerindeki sonuçları ile simülasyon sonuçları kıyas edilemez. Yapmış olduğumuz çalışmada şanzıman üzerine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri gerçek çalışma koşullarında test edilmiş ve algoritma gerçek çalışma verileri doğrultusunda oluşturulmuştur. Literatür incelendiği zaman, bazı çalışmalarda[1] kontrolcü, dc motor kontrollü elektro-mekanik bir sistem olduğu için araç da ek bir güç tüketimi ortaya çıkmaktadır. Çalışmamızda ise pnömatik kontrollü bir sistem kullanılarak vites değişimleri motor kontrolünden bağımsız şekilde hava kompresörünün ürettiği hava ile kontrol edilmiştir. Bazı sistemlerde[2] ise hidrolik kontrol kullanılmıştır. Hidrolik sistemin vites değişiminde kullanılması akış hızı düşük olduğu için olumsuzluk meydana getirmektedir. Bu durum vites değişimi için en önemli parametrelerden biri olan süre değişkenini artırmaktadır.

Yakıt tahmini için yapılan çalışmalarda Jian ve arkadaşları, Ajinkya ve arkadaşları, Sasanka ve Arvid, Filippos ve arkadaşları, Akshay ve arkadaşları, tarafından birçok algoritma(yapay sinir ağı, karar ağacı, doğrusal regresyon, rastgele orman) incelenmiş olup algoritmalar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda makine öğrenmesi yöntemlerinin doğruluğa daha yakın olduğu tespit edilmiştir[3, 4, 5, 6, 7]. Çalışmada makine öğrenmesi yöntemi olan k-means algoritması kullanılmış olup algoritmanın kullanım amacı tahminden daha çok, optimum yakıt tüketimi sağlayacak parametre değerlerini belirlemektir. K-means algoritması kümelemede en çok kullanılan bir algoritmadır. Algoritmada araç üzeri test çalışmasında kaydedilen veriler kullanılmıştır. Heng ve arkadaşları yapmış olduğumuz çalışmayla ilişkili bir çalışma yapmış ve dinamik programlama optimizasyon algoritmasını kullanarak simülasyon sonuçları sunmuştur. Yakıt tüketiminde farklılıkların meydana gelme sebebi farklı yük ve sürüş koşullarından kaynaklanmakta olup simülasyon sonuçlarının gerçek dinamik sürüş verilerine oranla doğruluğunun net olmamasıdır[20].

2. Materyal ve Metot

Otomotiv sektöründe farklı çalışma prensiplerine sahip şanzımanlar bulunmaktadır. Bütün şanzımanların genel fonksiyonu motordan aldığı gücü tekerleklerle iletmektir. Şanzımanların görevlerinin aynı olmasına rağmen sistemlerin birbirlerine göre farklı vites değişiminin manuel veya otomatik olarak gerçekleşmesidir. Viteslerin kontrolünün sürücüyü bağlı olmasının dezavantajı kavrama yapısının açık kalma süresince motor torkunda düşüşün yaşanmasıdır. Özellikle ağır vasıtalarda araç seyir halinde iken vites geçişlerinin çok seri olması gerekmektedir. Sebebi ise aracın taşıdığı yük miktarına bağlı olarak vites değişimi sırasında tork kaybından oluşan titreşim ve yığılmanın meydana gelmesidir. Bu gibi negatif durumlar sürüş konforu ve yakıt tasarrufu açısından olumsuzluklar meydana getirir. Vites geçiş kontrolünün sürücüyü bırakılmaksızın aracın vites değişiminin otomatik kontrol edildiği sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem Mercedes Axor 1840 ağır vasıta şanzımanına entegre edilerek optimum vites geçiş parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada ki amaç vites geçiş süresini en aza indirerek sürüş konforu ve yakıt tasarrufu sağlamaktır. Araç şanzımanı için aşağıdaki temel gereksinimler uygulanmaktadır.

- Aracın yüksek çekiş ve dinamik özelliklerinin sağlanması
- Yüksek verim
- Minimum boyutlar ve ağırlık
- Yüksek operasyonel güvenilirlik
- Basitlik ve yönetim kolaylığı
- Yapımın üretilebilirliği
- Düşük bakım
- Sürdürülebilirlik

2.1. Şanzıman Bileşenlerine Ait Tasarım Çalışmaları

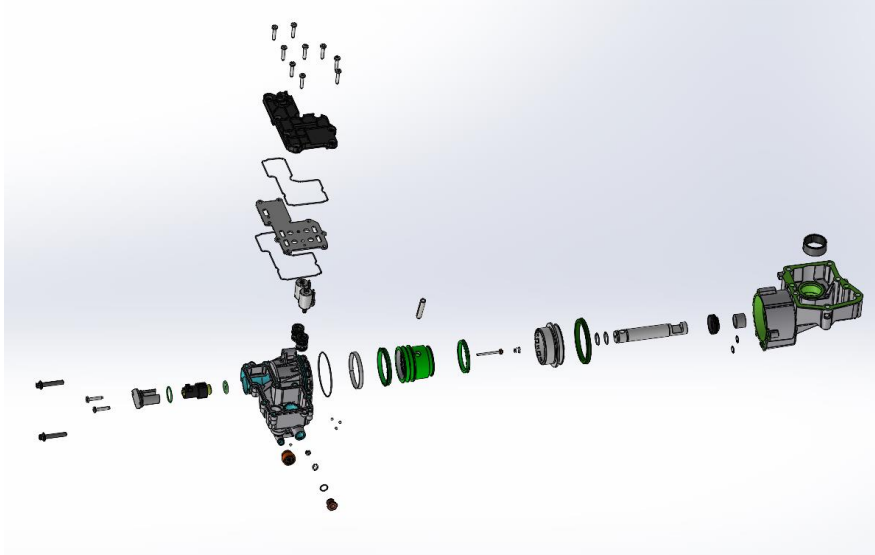
Mercedes Axor G211-12 şanzımanı toplam 16 vites kademesinden oluşmaktadır. 16 vites kademesinde 12 ileri yön kontrol ve 4 geri yön kontrolü bulunmaktadır. Aracın hız ve tork kontrolü vites değişimleri sırasında dişliler arasındaki oranlar ile sağlanır. Motor torku ile araç hızı ters orantılıdır. Sebebi ise aracın sağlayabileceği maksimum güç sabittir. Maksimum güce nominal tork seviyesinde ulaşıldıktan sonra hızın artması ile maksimum güç

sabit kalacağı için tork azalacaktır. Aracın hızlanması ile tork düşer ve araç vites değişme ihtiyacı duyar. Motor torkunun en yüksek olduğu durum, dişliler arasındaki oranın en yüksek olduğu anda görülmektedir[8].

2.2. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri

Üç konumlu vites değiştirme silindirinin şanzıman üzerinde bağlantıları tamamlanır. Ürün yapısında bulunan piston mekanizması vites değiştirme sırasında şanzıman miline hareket sağlayarak vitesin ileri-geri konumda değişimini sağlamaktadır. Piston mekanizması pnömatik

olarak kontrol edilmektedir. Sistemde hava akışı ile kontrol sağlandığı için hidrolik sistemlerde olduğu gibi kirlilik meydana gelmemektedir. Sistemin pnömatik olarak kontrol edilmesi kullanılabilirlik yönünden kolaylık sağlamaktadır. Üç konumlu vites değiştirme silindiri bir döngü içerisinde dört vitesi kontrol etmektedir. Araç 4'üncü vites durumuna geldiği anda aralık kontrolünü sağlayan sistem devreye girerek kademe atlatılır. Beşinci vitesin aktif olması için aralık belirleyici şanzıman bileşeni devreye girerek şanzıman iç mekanizmasında vites değişim kademesine yön verir. Vites değişim kademesinin hareketi ile ikinci döngü başlayarak üç konumlu vites değiştirme silindiri tekrar devreye girer.



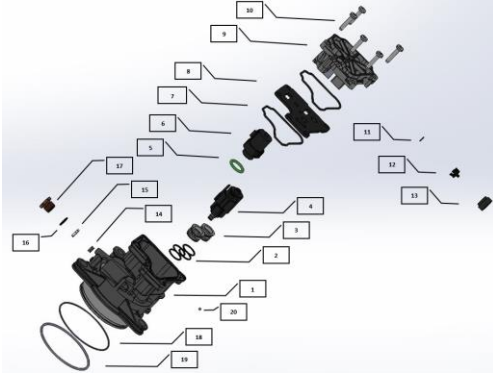
Şekil 1. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Patlatılmış Görüntüsü

Figure 1. Exploded View of Three Position Shift Cylinder

Vites değişim senaryosu bu döngü içerisinde ilerleyerek 12 ileri, 4 geri vites kontrolü sağlanır. Pnömatik sistemin bileşenler üzerinde çalışabilmesi için havaya yön veren bir sistemin olması gerekmektedir. Hava yön kontrolü ise bileşenler içerisinde bulunan solenoidler ile sağlanır. Silindir mekanizması ve kademe aktarımı yapan mekanizmalar içerisinde iki adet solenoid bulunmaktadır. Solenoid kontrolü TCM(Transmission Control Module) üzerinden gelen sinyaller ile gerçekleşir. Üç konumlu vites değiştirme silindirine ait patlatılmış görüntü Şekil 1. de verilmiştir.

2.3. Aralık Modülü

Üç konumlu vites değiştirme silindiri ile senkronize çalışan aralık modülü, şanzımanın yan tarafına entegre edilmiştir. Şanzıman içerisinde bulunan vites değiştirme milinin hareketi ürün içerisindeki çift solenoid tetiklemeleri ile gerçekleşir. Solenoidlerin aktif olması, aracın hareket halindeki değerlerine göre TCM tarafından gönderilen sinyaller ile sağlanır. Şanzıman iç kısmında bulunan mil hareket ederek vites kademesi oluşturulur. Kademenin oluşması ile vites değiştirme silindiri tekrar devreye girer. Solenoid tetiklenmesi ile değişen milin konumu ürün üzerinde bulunan kodu mesafe sensörü tarafından ölçülmektedir.



Şekil 2. Aralık Modülü Patlatılmış Görüntüsü

Figure 2. Range Module Exploded View

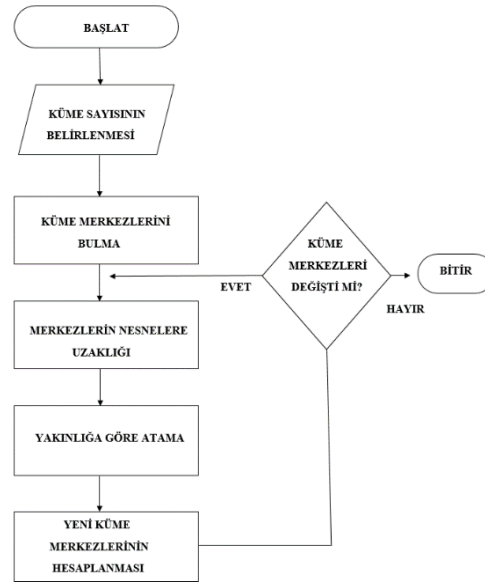
Vites değiştirme silindirine göre ürün yapısı daha basit şekildedir. Ürün tek gövde yapısından meydana gelir. Vites değiştirme silindirinde olduğu gibi şanzıman üzerinde çalıştığı için çevresel faktörlere karşı dayanıklı yapıda olmak zorundadır. Aralık modülüne ait patlatılmış görüntü Şekil 2. de verilmiştir.

2.4. Veri Madenciliği

Makale kapsamında kullanılan K-Means algoritması veri madenciliği yöntemlerinden birini ifade etmektedir. Veri madenciliği, mevcut verilerden, çeşitli yöntemlerin kullanılması sonucunda yeni bilgilerin elde edilme işlemidir[12]. Özellikle verinin büyük olduğu, ilişki ve istatistiksel bağlantıların kolay ortaya çıkmadığı ya da optimum parametre tahminleri için mevcut verilerin kullanıldığı durumlarda işlem yapmaktadır. Ayrıca veri madenciliği, veri tabanı sistemleri içerisinde gizli kalmış bilgilerin çekilmesini sağlayan veri analizi tekniğidir[13]. Çalışma kapsamında kullanılan yöntem, K-Means algoritmasıdır. K-Means algoritması temelde bir kümeleme algoritmasıdır. Yine bu çalışma kapsamında da mevcut veri kümesini gruplandırma ve bu gruplarla optimum vites değiştirme parametre değerlerini bulma amacı ile kullanılmıştır. Kümeleme analizi, bir veri setindeki bilgileri yakınlık kriterlerine göre gruplandırma işlemidir. Oluşturulan gruplara "küme" adı verilir. Kümeleme işleminde küme içindeki elemanların benzerliği fazla, kümeler arası benzerliğin ise az olması gerekmektedir.

Küme sayısı k ile gösterilir. Her bir verinin birbirlerine olan yakınlık durumuna göre oluşacak küme sayısını ifade eder. Kümeleme işlemi verilerin en yakın veya benzer oldukları küme merkezleri yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir. K adet rastgele küme merkezleri

belirlenir veya ilk k eleman merkez olabilir. Verilerin merkez noktalarına mesafeleri hesaplanarak yakın olduğu merkezlere göre kümeleme işlemi gerçekleştirilir. Uygunluk hesaplaması için genelde, Öklid uzaklığı kullanılmakla beraber, farklı yaklaşımlar da kullanılabilir[14]. Oluşan kümelerin ortalamaları hesaplanarak yeni küme merkezleri belirlenir. Verilerin tamamı bir kümeye dahil olana kadar bu işlemler tekrarlanır.



Şekil 4. Algoritma Akış Şeması

Figure 4. Algorithm Flow Chart

3. Bulgular

Mercedes Axor 1840 otomatik vites ağır vasıtalar için geliştirilen vites değiştirme bileşenlerinin gerçek sürüş koşullarında araç üzeri test verileri değerlendirilmiştir. Araç üzeri test verilerinin dinamik olarak gözlemlenebilmesi için arıza tespit cihazı TEXA NAVIGATOR TXTs kullanılmıştır. TEXA NAVIGATOR TXTs cihazı ile araç arasındaki haberleşme CAN protokolü ile gerçekleştirilir.



Şekil 5. TEXA NAVIGATOR, Bilgisayar ve Araç Bağlantısı

Figure 5. TEXA NAVIGATOR, Computer and Vehicle Connection

Şekil 5. te araç ve TEXA NAVIGATOR arasında haberleşme kablo bağlantısı yapıldıktan sonra bilgisayarın TEXA NAVIGATOR aracılığı ile araç beynine erişebilmesi için kablo bağlantısı gerçekleştirilir.

3.1. Vites Değiştirme Parametreleri

Temel olarak motor sistemi; motor devri, motor torku, araç hızı, motor gaz keleşi ve motor ataleti gibi ana parametrelere sahiptir. Otomotiv sektöründe vites değiştirme algoritması gaz keleşi konumuna ve araç (veya motor) hızına bağlıdır [15]. Yapılan çalışmada yakıt ekonomisini iyileştirmek amacı ile ağır vasıta için vites değiştirme parametreleri referans alınarak optimum değer aralıkları belirlenip bu parametreler optimize edilmiştir. Parametrelerin optimize edilmesi için K-means algoritması kullanılmıştır. K-means algoritmasında araç üzerinden verisi alınan 4 farklı(gaz pedal konumu, araç hızı, motor devri ve yağ basıncı) vites değiştirme parametresi kullanılmıştır.

3.2. K-Means Algoritmasının Veri Setinde Uygulanması

Şanzıman üzerine entegre edilen vites değiştirme bileşenlerine ait veriler dinamik test sürüşü yapılarak oluşturulmuştur. Test sürüşü esnasında araç yüksüz durumdadır. Vites değiştirme parametreleri olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncı kullanılmıştır. Algoritmanın çıkışı ise aracın dinamik test anında ölçülen yakıt miktarıdır. Algoritmada kullanılan parametrelere ait

birimler ve değer aralıkları Tablo 1. de verilmiştir.

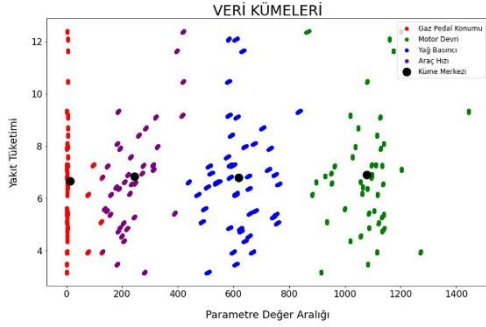
Tablo 1. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Birimler

Table 1. Units of Gear Shift Parameters

Parametreler	Katsayı	Birim	Değer Aralıkları
Araç Hızı	*0,1	km/sa	0-60
Motor Devri	*1	dev/dk(RPM)	0-1500
GazPedal Konumu	*8	%	0-100
Yağ Basıncı	*155	bar	0-10
Yakıt Tüketimi	*1	L/100 km	0-15

Vites değiştirme parametrelerinin değerlerinin dağılım tablosunda daha net incelenebilmesi için Tablo 1. de belirtilen katsayılar parametreler üzerinde uygulanmıştır. Vites değiştirme bileşenleri aynı model 2 araca uygulanarak, aynı ortam şartlarında belirli aralıklarla yapılan 10 test sürüşünden 200 dakikalık test verisi ile veri kümesi oluşturulmuştur. Test aracı manuel ve otomatik olmak üzere iki farklı sürüş moduna sahiptir. Araç test anında yüksüz durumdadır ve manuel modda kullanılmamıştır. Sebebi ise manuel modda sürüş, sürücü kontrolüne bağlı olduğu için yakıt tüketim değerlerinin farklı aralıklarda olduğu tespit edilmiştir. Testler otomatik modda gerçekleştirilmiş olup araç hızı ve gaz pedal konumu doğrusal şekilde artırılarak test sürüşleri tamamlanmıştır. Sürücünün otomatik modda aracı ani hızlanmalardan kaçınarak kullanması sonucunda Şekil 6. da oluşturulan veri kümesi ortaya çıkmıştır. Sürücünün aracı kontrolsüz kullanarak ani hızlanmalar gerçekleştirmediği durumunda k-means algoritmasına göre bulunan değerler tablo 3. de verilmiştir.

Şekil 6. da K-means algoritması sonucunda merkez noktaları tespit edilmiştir. Merkez noktalarında veriler daha yoğun haldedir ve bu noktalar araç için optimum vites değiştirme değerleridir.



Şekil 6. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Merkez Noktaları

Figure 6. Center Points of Gear Shift Parameters

Tablo 2. de K-means algoritmasına ait sonuçlar verilmiştir. Araç, Tablo 2. de verilen optimum vites değiştirme parametre değerlerine göre kullanıldığı durumlarda ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmektedir. Ortalama yakıt tüketimi dört parametrenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Tablo 2. de bulunan değerler şekil 6. da algoritma sonucu belirlenen merkez noktalarını kapsamaktadır ve her bir renk parametre ile eşleştirilmiştir.

Tablo 2. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Birimler

Parametre	Optimum Vites Değiştirme Değerleri	Yakıt Tüketim	Veri Dağılım Renkleri
Araç Hızı (km/h)	27	6,72	●
Motor Devri (rpm)	1078	6,9	●
Gaz Pedal Konumu (%)	29,75	6,75	●
Yağ Basıncı (bar)	3,98	6,78	●

Algoritmanın ilk adımında vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerler bulunmuştur. Sırada ki adımda ise sürücünün vites değiştirme parametrelerini kontrolsüz şekilde kullandığı durumdaki sonuçları

incelenecektir. Tablo 3. de araç üzerinden raporlanan test verilerine ait sonuçlar mevcuttur. Yeni bulunan merkez noktalarına göre hesaplanan yakıt tüketimi optimum yakıt tüketim değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Kontrolsüz Yakıt Tüketimi

Table 3. Uncontrolled Fuel Consumption of Gear Shift Parameters

Parametre	Vites Değiştirme Değerleri	Yakıt Tüketimi
Araç Hızı(km/h)	44	8,29
Motor Devri(rpm)	1216	8,58
Gaz Pedal Konumu(%)	35,12	8,73
Yağ Basıncı(bar)	4,48	8,87

Sürücü vites değiştirme parametrelerini optimum şekilde kullanmadığı zaman ortalama 8,62 L/100km yakıt tüketmektedir. K-Means algoritması bütün vitesler için de uygulanarak her bir vites için optimum değerler bulunmuştur. Algoritma sonucunda bulunan optimum değerler Tablo 4. de verilmiştir.

Tablo 4. de bulunan parametre değerleri test sürüşü sırasında kaydedilen veriler ile belirlenmiştir. Her bir vites için k-means algoritması uygulanarak yakıt tüketimini optimum seviyede tutacak parametre değerleri verilmiştir. Algoritma sonucunda bulunan parametre değerleri tekrar araç üzerinde uygulanarak yakıt tüketimindeki düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 4. Viteslere Ait Optimum Parametre Değerleri**Table 4.** Optimum Parameter Values of Gears

Vitesler	Gaz Pedal Konumu(%)	Yağ Basıncı (bar)	Araç Hızı (km/h)	Motor Devri(rpm)	Yakıt Tüketimi (L/100km)
1					
2	15	3,17	3,6	1007	3,07
3	16,1	3,2	4,2	1060	3,12
4	17,8	3,28	5,9	1065	3,17
5	19,6	3,59	8,6	1057	4,6
6	21	3,71	9,3	1040	5,1
7	22,8	3,79	14,5	1062	5,38
8	25,8	3,86	17,6	1083	5,52
9	27,6	4,04	22,1	1080	5,95
10	30,8	4,08	26,6	1075	6,58
11	32,1	4,18	33,9	1102	6,85
12	35,6	4,26	39,3	1099	7,01

4. Tartışma ve Sonuç

Manuel ve otomatik şanzımanlı araçlarda sürücüler debriyaj, fren pedalı, gaz pedalı, vites ve direksiyon simidini ilgili trafik koşullarında kendi alışkanlıklarına göre kontrol etmektedirler. Motorun çalışma durumu ise araçların yakıt tüketimini belirler. Sürüş stiline neden olduğu yakıt tüketim farkı, deneyimli sürücüler dahil olmak üzere yol koşullarına göre %10'u aşmakla beraber %20 seviyelerine ulaşmaktadır[16]. Çok sayıda çalışma sürüş stiline yakıt tüketimi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Jeffrey ve arkadaşları(2012), araç üzerinde deneyler yapmış ve farklı sürücü stillerinin yakıt tüketiminde yaklaşık %30'luk fark meydana getirdiğini tespit etmişlerdir[17]. Örneğin motor devri çok yüksek ise ağır vasıtalarda yakıt tüketimi de artabilir bu da sürücülerin düşük

viteste ve yüksek hızda sürüşten kaçınmaya çalışmasını gerektirir. Jinghui ağır hizmet kamyonunda yaptığı çalışmada optimum yakıt ekonomisi seyir hızının 32 ile 52 arasında değiştiğini göstermiştir[18]. Jinghui otobüs üzerinde yaptığı yakıt tüketimi çalışmada ise optimum yakıt ekonomisi seyir hızlarının 40 ile 50 arasında değiştiği sonucuna varmıştır[19].

Makale çalışmada manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek vites değiştirme bileşenleri ile robotize (otomatikleştirilmiş manuel) şanzıman geliştirilmiştir. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri ile şanzıman robotize hale getirilmiştir. Otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için kontrolü sağlanacak vites değişim parametreleri belirlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerlerin bulunması için araç üzeri

test çalışmaları yapılarak dinamik test sürüşleri gerçekleştirilmiştir. Vites değiştirme bileşenleri aynı model 2 araca uygulanarak, aynı ortam şartlarında belirli aralıklarla yapılan 10 test sürüşünden 200 dakikalık test verisi ile veri kümesi oluşturulmuştur. Test aracı manuel ve otomatik olmak üzere iki farklı sürüş moduna sahiptir. Araç test anında yüksüz durumdadır ve manuel modda kullanılmamıştır. Sebebi ise manuel modda sürüş, sürücü kontrolüne bağlı olduğu için yakıt tüketim değerlerinin farklı aralıklarda olduğu tespit edilmiştir. Farklı yakıt tüketim aralıkları ise optimum yakıt tüketim değerinin doğruluk payını azaltmaktadır. Testler otomatik modda gerçekleştirilmiş olup araç hızı ve gaz pedal konumu doğrusal şekilde artırılarak test sürüşleri tamamlanmıştır. Test sonucunda vites değiştirme algoritmasını oluşturan optimum parametre değerleri belirlenip, araç üzerinde yakıt tüketimi kontrol edilmiştir. Araç otomatik modda kullanılırken sürücü stiline göre yakıt tüketiminin artışına sebep olacak durumdaki veriler kontrolsüz yakıt tüketimi olarak sınıflandırılmıştır. Vites değiştirme yol haritasının oluşturulması ile algoritma kontrolüne bağlı optimum yakıt tüketimi ile sürücü kaynaklı kontrolsüz yakıt tüketim değerleri karşılaştırılmıştır. Otomatik modda belirlenen optimal vites değiştirme değerleri aynı zamanda manuel kullanım içinde uygulanabilir.

K-means algoritması kullanılarak optimum vites değiştirme parametrelerine ait değer aralıkları belirlenmiştir. Optimum vites değiştirme parametrelerine göre araç ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmiştir. Sürücü algoritmadan bağımsız şekilde aracı kullanması sonucu ortalama 8,62 L/100km yakıt tükettiği gözlemlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerinin optimize edilmesi ile %27 oranında yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

Vites değiştirme parametreleri esas olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncını içermekte olup, bu karakteristik parametrelere dayalı k-means algoritma sonuçlarının, sürücü işlemlerine rehberlik etmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

5 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

“Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur”

“Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.”

Teşekkür

Bu makale yüksek lisans tez çalışması sonucunda ortaya çıkmıştır. Çalışmanın planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübelerinden fazlasıyla faydalandığım, yönlendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam Doç. Dr. İbrahim YILDIZ' a, sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım boyunca desteklerini aldığım Prof. Dr. Mete KALYONCU başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca çalışma için bütün imkânları sunan YILDIZ PUL OTOMOTİV MOTOR PARÇALARI A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Kaynakça

- [1] Kumbhar, Makarand S., Dhananjay R. Panchagade, and Kapil Baidya. 2014. "Development of Actuator Control Strategy for DC Motor Controlled Automated Manual Transmission (AMT)." 14(1):124–29.
- [2] Song, X. Y., Z. X. Sun, X. J. Yang, and G. M. Zhu. 2010. "Modelling, Control, and Hardware-in-the-Loop Simulation of an Automated Manual Transmission." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering 224(2):143–60. doi: 10.1243/09544070JAUTO1284.
- [3] Gong, Jian, Junzhu Shang, Lei Li, Changjian Zhang, Jie He, and Jinhang Ma. 2021. "A Comparative Study on Fuel Consumption Prediction Methods of Heavy-Duty Diesel Trucks Considering 21 Influencing Factors." Energies 14(23). doi: 10.3390/en14238106.
- [4] Mane, Ajinkya, Boban Djordjevic, and Bidisha Ghosh. 2021. "A Data-Driven Framework for Incentivising Fuel-Efficient Driving Behaviour in Heavy-Duty Vehicles." Transportation Research Part D: Transport and Environment 95(April):102845. doi: 10.1016/j.trd.2021.102845.
- [5] Katreddi, Sasanka, and Arvind Thiruvengadam. 2021. "Trip Based Modeling of Fuel Consumption in Modern Heavy-Duty Vehicles Using Artificial Intelligence." Energies 14(24). doi: 10.3390/en14248592.
- [6] Adamidis, Filippos K., Eleni G. Mantouka, and Eleni I. Vlahogianni. 2020. "Effects of Controlling Aggressive Driving Behavior on Network-Wide Traffic Flow and Emissions." International Journal of Transportation Science and Technology 9(3):263–76. doi: 10.1016/j.ijst.2020.05.003.
- [7] Boraskar, Akshay. 2019. "Prediction of Fuel Consumption of Long Haul Heavy Duty Trucks Using Machine Learning and Comparison of the Performance of Various Learning Techniques", Delft University of Technology, Master's thesis, 78s.
- [8] Roos, Fredrik, and Jan Wikander. 2006. The Influence of Gear Ratio on Performance of Electromechanical Servo Systems. Vol. 4. IFAC.
- [9] Mehmet Fatih AYCAN. 2010. "Yaşlandırma Isil İşleminin Sic Ve Al2o3 Parçacık Takviyeli Alüminyum Alaşımı Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerine Etkisi." Tobb Ekonomi Ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120s, Ankara

- [10] Fridlyander, I. N., V. G. Sister, O. E. Grushko, V. V. Berstenev, L. M. Sheveleva, and L. A. Ivanova. 2002. "Aluminum Alloys: Promising Materials in the Automotive Industry." *Metal Science and Heat Treatment* 44(9-10):365-70. doi: 10.1023/A:1021901715578.
- [11] Delikanli Kamil, Durak Ertuğrul, Bedir Fevzi. 2006. "Alüminyum Alaşımının Otomotiv Endüstrisinde Uygulanabilirliği Ve Mekanik Özellikleri.", *Mühendis ve Makina*, 47(555), 37 - 49.
- [12] Jiawei Han, Micheline Kamber. 2006. *Data Mining Concepts and Techniques*. 2nd ed. San Fransisco: Morgan Kauffman.
- [13] Kalıkov, Anarbek. 2006. "Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması." Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Ankara
- [14] Saraç, Ömer Faruk. 2014. "Yapay Sinir Ağları ve K-MEANS Kullanarak Sınır Değerlerine Göre Yazılım Efor Tahmini." Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s, Kocaeli
- [15] Miao, Chengsheng, Haiou Liu, and Guoming G. Zhu. 2018. "Three-Parameter Transmission Gear-Shifting Schedule for Improved Fuel Economy." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 232(4):521-33. doi: 10.1177/0954407017703234.
- [16] Hongjie Ma, Hui Xie, Denggao Huang, Shuo Xiong. 2015. "Effects of Driving Style on the Fuel Consumption of City Buses under Different Road Conditions and Vehicle Masses." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 41. 205-216. 10.1016/j.Trd.2015.10.003.
- [17] Gonder, Jeffrey, Matthew Earleywine, and Witt Sparks. 2012. "Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback." *SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems* 5(2):450-61. doi: 10.4271/2012-01-0494.
- [18] Wang, Jinghui. 2017. "Fuel Consumption Model for Heavy Duty Diesel Trucks." *Model Development and Testing. Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 55. 127-141. 10.1016/j.Trd.2017.06.011.
- [19] Jinghui Wang. 2016. "Fuel Consumption Model for Conventional Diesel Buses." *Applied Energy*. 170. 394-402. 10.1016/j.Apenergy.2016.02.124.
- [20] Zhang, Heng, Xinxin Zhao, Jue Yang, and Weiwei Yang. 2021. "Shift Strategy Optimization for Automatic Transmission of Heavy Trucks Based on Dynamic Programming Algorithm" *Applied Sciences* 11,no.12:5555. <https://doi.org/10.3390/app11125555>