

# TAŞITLARDA İVMENİN ETKİLERİ VE İVME ÖLÇÜMLERİ

## THE EFFECT OF ACCELERATIONS ON VEHICLES AND ACCELERATION MEASUREMENTS

Hüseyin Bayrakçeken<sup>a\*</sup>, Mehmet Yeşilirmak<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar/Türkiye, E-posta: bceken@aku.edu.tr

<sup>b</sup> M.E.B. Merkez Endüstri Meslek Lisesi Afyonkarahisar/Türkiye, E-posta: myesilirmak03@hotmail.com

### Özet

Genel olarak hızdaki değişikliğin zamana oranı ivme olarak ifade edilmekte ve birim olarak da  $m/s^2$  kullanılmaktadır. İvme doğrudan ifade edilebildiği gibi g birimi olarak da sunulmaktadır. İvme bir kuvvetin etkisi ile ortaya çıkmaktadır. İvme ölçümleri dinamik şartlarda yapılmakta ve çeşitli kontrol teknikleri kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada otomobil sınıfındaki benzinli bir taşıtla gerçek yol şartlarında ivme ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde; ağırlık merkezine bağlanan 1 adet 3 eksenli ivme ölçerle birlikte USB veri toplama sistemi ve verileri kaydetmek için diz üstü bilgisayar kullanılmıştır. Çeşitli yol (doğrusal ve yanal eğim, viraj vb.) ve hız şartlarında ivme ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde doğrusal, yanal ve düşey olmak üzere anlık olarak veriler alınmış ve eş zamanlı olarak Excel formatında kaydedilmiştir. Elde edilen veriler grafik haline dönüştürülmüş ve analiz edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Taşıt, İvme, İvme ölçümleri

### Abstract

In general the ratio of change of velocity to time is defined as acceleration with the unit of  $m/s^2$ . Acceleration can be both expressed directly and in terms of g. Acceleration appears with effect a force. Acceleration measurements are performed in dynamic conditions and various control techniques are used.

In this study acceleration measurements were performed in real road conditions by a gasoline vehicle in automobile category. In measurements; a 3 axis acceleration measurement instrument connected to the center of the gravity with USB data collector system. Also in order to record data computer was used. At different roads (linear and lateral gradient, curve etc.) and speeds, acceleration measurements were performed. Data was obtained instantly in linear, lateral and perpendicular positions and recorded as Excel format synchronously. Obtained data was converted to graphs and analyzed.

**Keywords:** Vehicle, Acceleration, acceleration measurement

### 1. Giriş

Hareket halinde olan bir cismin hızı, hareket süresince değişim gösterir. Bir cismin ivmesi, o cismin hızının zamana göre değişim miktarıdır.

Newton'un II. Hareket yasasına göre bir taşıtın hızlanması veya yavaşlaması sırasında, bu hareketlere ters yönde

atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Taşıtın hareketi sırasında karşılaşılan bu kuvvet ivme ile ters yönlü olduğundan ivme direnci olarak tanımlanır ve ivme direnci doğrusal hareket halindeki kütlelerin atalet kuvvetleri ile dönme hareketi yapan tekerlekler, aktarma organları ve motorun dönel atalet kuvvetlerinden oluşmaktadır [1].

İvmeölçerler dönme, ivmelendirme ve frenleme sebebiyle meydana gelen kuvvetlerin ölçülmesini sağlamaktadır.

Birçok eğitim algılayıcısı yerçekiminin yönünü referans yön olarak algılar. Bir aracı frenlemek, hızlandırmak ve yönünü değiştirmek araç üzerinde ivmeler ortaya çıkartmaktadır. Eğimli yüzeylerde yapılan ivme ölçümlerinde yer çekim ivmesi daha önemli iken, düz alanlarda yapılan doğrusal ve yanal ivme ölçümlerinde, hareket değişimleri ivme üzerinde daha etkili olmaktadır.

Son zamanlarda taşıtlarının hızlarının çok artması ile taşıt performanslarında iyileşme sağlanırken diğer taraftan da taşıt güvenliğinde de iyileşme yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Taşıt güvenliği bakımından ivme değişimine bağlı olarak bazı sistemlerin devreye girmesi sağlanabilmektedir.

İvme ölçümleri ve taşıttaki ivme değişimleri ile ilgili olarak yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda sunulmuştur.

3 yönlü mikro elektromekanik sistem (MEMS) kullanılarak taşıttaki ivme ölçümleri yapılmış, bu amaçla ivme metreler kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Taşıt performansını etkileyen unsurların ivme değişimine olan etkisi araştırılmıştır [2].

Taşıt üzerinde ivmelenmeyi etkileyen tekerlek-yol arasındaki sürtünme katsayısı ve durma mesafesi üzerinde çalışılmış, bu amaçla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir [3].

SAE J1491 otomobil ve hafif ticari araçların, ivmelenme performanslarını belirlemek için standartlar oluşturulmuş ve test yöntemleri geliştirmiştir. Taşıt yavaşlama ivmesinin belirlenmesi için, referans şartlarında ölçümü ve değerlendirilmesi yapılmıştır [4].

TS 13325 tekerlekli askerî araçların ivmelenme ve performans deneyleri için standartlar geliştirmiştir [5].

Yüksek değerdeki yanal ivmenin etkisi için bir çalışma yapılmış ve bu amaçla analitik bir metot belirlenmiş, iki tekerleğe sahip bir araç modeli seçilmiştir. Standart manevralar, standart olmayan değişimler ve taşıt tutunma davranışlarının taşıt performansına etkileri analiz

edilmişlerdir. Özellikle doğrusal ve yanal sürüş davranışlarını kapsayan yeni bir model geliştirmişler ve bu modelin taşıt davranışları incelemelerinde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır [6]. Yük taşıyan taşıtlarda, yüklü aracın ivmelendirilmesinde yerçekimi ve ağırlık merkezinin etkisini analiz etmek için çalışma yapılmıştır. Aracın ağırlık merkezini, yükün ve yerçekiminin fonksiyonu gibi durumların ivme üzerindeki etkilerini belirlemiş olup, aracın ivmelendirilmesi, ağırlık merkezi yer çekimi dikkate alınarak hesaplanmıştır [7].

## 2. İvme Ölçerler

İvmeölçerler, genel amaçlı mutlak hareket ölçümlerinde, şok ve titreşim ölçümlerinde kullanılırlar. Bir yapının ya da bir makinenin ömrü, çalışma sırasında maruz kaldığı ivmenin şiddeti ile orantılıdır. İvmeölçerler değişik alanlarda kullanılmakla birlikte; Saha, bina, köprü, madencilik gibi alanların yanı sıra otomotiv, iş makinesi, kamyon gibi taşıtlarda da dinamik değişimleri ölçmek için de kullanılmaktadır. Yüksek frekanslı ivmeölçerler ile çarpma testleri, çok yüksek devirli motorların testleri yapılabilmektedir. İvmeölçerler ölçme tekniğine göre (yüksek sıcaklığa dayanıklı, sismik, şok, hassas, üç eksenli vb.) farklı sınıflara ayrılmaktadır. İvmeölçerlerin kullanım alanlarından en büyük pay otomotiv sektörüne aittir.

## 3. Materyal ve metot

Deneylerde ölçüm sonucu taşıtın dingil ağırlığı değerleri 6800 (ön) – 4400 (arka) N bulunmuştur. Testler, hava sıcaklığı yaklaşık 25 °C güneşli ve rüzgârsız ortamda yapılmıştır. Aracın lastik aşınmasının %75'i geçmediğine ve lastik havalarının katalog değerlerinde olmasına dikkat edilmiştir. Deneyler, yolun trafik akışını bozmayacak şekilde, Afyonkarahisar- İzmir karayolunun 10-40. km arasında yapılmıştır. Deney yapılan yol, kuru ve temiz olup en fazla %5 eğim bulunmaktadır. Aynı zamanda yol yüzeyi sıcak asfalt kaplıdır. Deneylerden önce taşıtın fren ve diğer aksamlarının; genel bakım ve kontrolleri yapılmıştır. Deneyler yapılırken, aracın üretici firmasının tavsiye ettiği yakıt kullanılmıştır. Test esnasında, farlar, klima, araç camları ve tüm elektrikli alıcılar kapatılmıştır. Frenleme testlerinde ABS'nin devreye girdiğine dikkat edilmiştir. Deneylerde aracı sürekli aynı kişi kullanmıştır ve 4 kişi aktif olarak görev almıştır. Ölçümler doğrusal (X) ve yanal (Y) doğrultudaki değişimleri kapsamaktadır. Deney taşıtı ve sahası Şekil 1 'de görülmektedir.



Şekil 1. Deney taşıtı (Volkswagen Bora, 2001) ve yolun genel görünüşü

Deneylerde Kullanılan ekipmanlar;  
 - ASC 5411LN-005-6A ivmeölçer  
 - LJU3 USB veri toplama sistemi  
 - Uydu destekli koordinat belirleyici  
 - Taşınabilir bilgisayar

## 3.1 Piezoelektrik İvmeölçer

Kullanılan ivme ölçer genel amaçlı, doğrusal ivme ve/veya titreşim ölçümü yapan tiptedir. İvme ölçer sensörleri doğrudan yüksek seviye analog voltaj çıkışı sağlamaktadır. Geleneksel basınçlı elektrik ve basınç dirençli akümülatör teknolojileriyle karşılaştırıldığında silikon mikro makine sensörler önemli ölçüde düşük bir maliyette eşdeğer bir performans sunmaktadır. ASC 5411LN-005-6A serisi ivmeölçer sensörleri; 8VDC ile 30VDC arasında çalışmaktadır. Güç ihtiyacı araç çakmağına takılan ünite ile sağlanmıştır. Piezoelektrik tip ivmeölçerler genelde otomotiv testlerinde kullanılmaktadır. İvmeölçerin montaj aşamasında, sabitleyici bir aparat kullanılarak hareketsiz durması sağlanmıştır. Kullanılan aparatın gerekli hallerde sökülebilmesi ve yön değişikliği yapabilmesi mümkündür. İvmeölçerin x,y,z eksenleri, uydu alıcısı (GPS) eksenleri ile kesişmesi sağlanmıştır.

Şekil 2 de İvmeölçerin taşıta bağlantısı görülmektedir.



Şekil 2. İvme ölçer sensorunun araca montajı

## 3.2 U3 Veri Ölçüm Aktarım Ekipmanı

U3 veri aktarım ekipmanı, ivmeölçerden gelen sinyalleri değerlendirip, USB bağlantısı ile veri ortamında görüntülenmesini sağlamaktadır. Veri aktarıcısı, ivmeölçer ile dizüstü bilgisayar arasında bulunup, ivmeölçerden aldığı sinyalleri LAN kablosu ile bilgisayar ortamına aktarmayı gerçekleştirmiştir.



Şekil 3. U3 Veri aktarıcı genel görünüşü ve taşıt içindeki montajı

## 3.3 Uydu destekli koordinat belirleyici

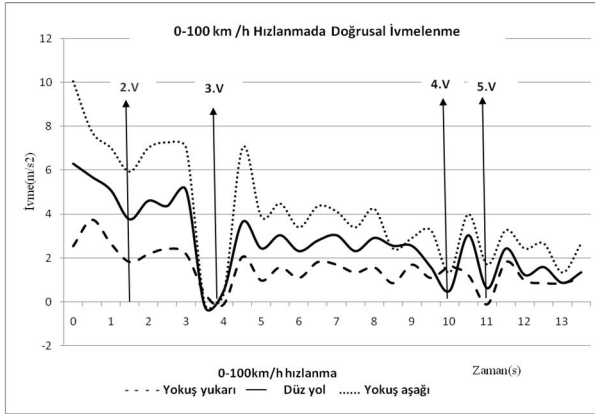
Uydu destekli koordinat belirleyici (GPS) sistemden bağımsız olup herhangi bir kablo bağlantısı gerektirmemektedir. GPS test aşamasında yapılan ölçümlerde taşıtın konum bilgilerini sağlamıştır. Yapılan testler sonucu elde edilen veriler GPS tarafından gelen konum bilgilerine göre değerlendirilmiştir. Test sırasında yaklaşık 3 saniyede bir GPS cihazı ile uydudan koordinat alınmış ve cihaz hafızasına kaydedilmiştir. Bu veriler ile özellikle viraj alma, hızlanma ve yavaşlama testlerinde taşıtın yer değiştirmesini ve eksenden sapmasını belirlemiştir. GPS cihazının hareketli olduğu durumda ki hassasiyeti 15-20 m arasındadır.



Şekil 4. GPS uydu destekli koordinat belirleyici

## 4. Deneysel ve Tartışma

### 4.1 Hızlanma Testi

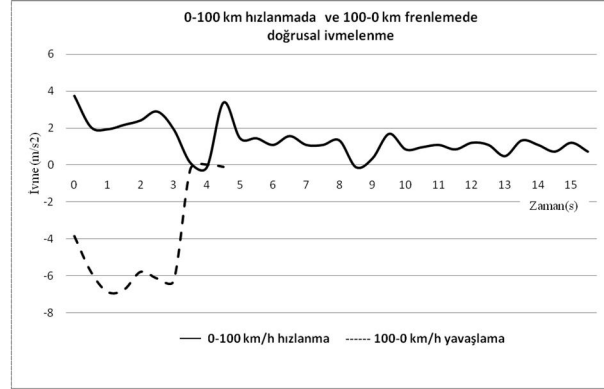


Şekil 5. 0-100 km/h ivmelenme grafiği

Hızlanma testi 0' dan 100 km/h'lik hıza, yokuş yukarı, yokuş aşağı ve düz yol olmak üzere farklı şekillerde yapılmıştır (Şekil 5). Hızlanma deneylerinin yönü pozitif olarak alınmıştır. Düz yol ve yokuş aşağıda testlerinde araç hareket ettikten yaklaşık, 1,5, 4, 10 ve 11' s lerede vites değişimleri yapılmış olup 5. vites kademesine ulaşılmıştır. Yokuş yukarı testlerinde ise diğer testlerden farklı olarak 10. saniye de işlem yapılmayıp 11' s de 4 vites geçilmiş 5. vites kullanılamamıştır. Vites değişim alanlarında taşıt dirençleri nedeniyle ivmede ani değişimler görülmektedir. 3.vites ile 4.vites arasında taşıtın kararlı olması ile ivmelenmedeki dalgalanma da azalma görülmüştür. Diğer bir etkende taşıtın birim zamanda ki hızdaki değişim azalmaya başlamıştır.

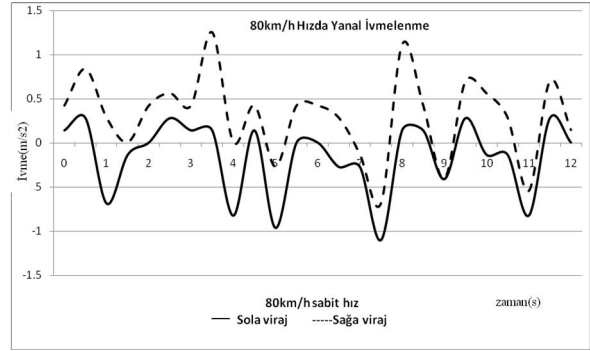
### 4.2 100–0 Yavaşlama ve 0-100 Hızlanma Testi

Taşıtın 100–0 km/h yavaşlama deneyinde X(doğrusal) ivmelenmesi negatif yönde olmaktadır. Şekil 6'da hızlanmadaki ivme değişimi pozitif olarak, yavaşlamadaki ivme değişimi ise negatif olarak görülmektedir. Yavaşlama testinde ayak gaz pedalından çekilmiş ve optimum frenleme yapılmıştır. Hız azalması, vites değişimi olmadan gerçekleşmiştir. Hızlanma testinde ivme değerleri yavaşlama testindeki ivme değerlerinden daha düşük seviyededir. Bu durumda taşıt daha kısa sürede yavaşlama sağlamaktadır. Taşıtın 0-100 km hıza ulaşması yaklaşık 15 s sürerken, 100-0 km/h hıza ulaşması ise yaklaşık 4 s sürmüştür.



Şekil 6. 100-0 ve 0-100 km/h ivmelenme grafiği

### 4.3 80km/h Sabit Hızda Sağa ve Sola Viraj Yanal İvmelenme Testi

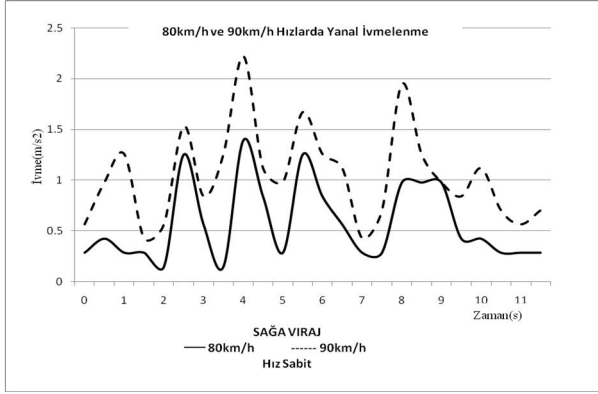


Şekil 7. Sabit hızlarda sola ve sağa viraj

Aynı virajda, aynı hızda, geliş ve gidiş olmak üzere iki farklı yön ve farklı hızlarda deneyler yapılmış, örnek olarak 80km/h hızda yapılan deney sonucu incelenmiştir. Araç viraja girdiğinde yanal kuvvet, merkezkaç kuvvet gibi faktörlerin etkisiyle dışa doğru savrulmak istemektedir. İvme ölçüm cihazının araca yerleştiriliş şekline göre; sola viraj negatif yönde, sağa viraj pozitif yönde alınmıştır. Hızdaki değişime bağlı yanal ivmelenme değişimi Şekil 7. de görülmektedir. Yanal ivmelenme ve merkezkaç kuvvetlerin etkisiyle oluşan atalet kuvvetinden dolayı takla atma eğilimi görülmüş olup, doğrusal ivmelenme virajın en keskin olduğu bölgede karallığını yitirmiştir.

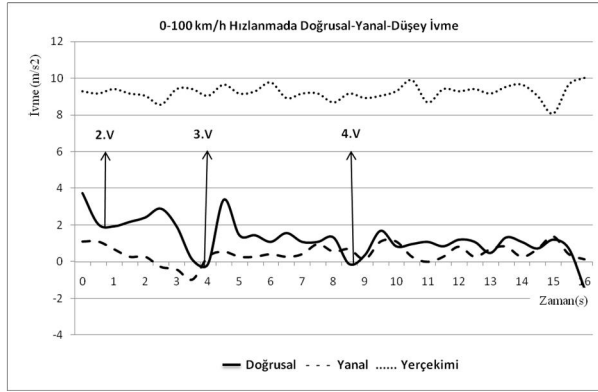
### 4.4 80km/h–90km/h Hızlarda Sağ Viraj Yanal İvmelenme Testi

Taşıt hızının dönemeçlerdeki ivmelenmeye etkisini belirlemek için örnek olarak sağa virajda ve farklı hızlarda deneyler yapılmış olup örnek olarak 80-90 km/h hızlardaki değişimler Şekil 8'de görülmektedir. Hızdaki değişimin zamana oranı ivme olarak ifade edildiğinden hızın 80-90 km/h arasında 10 km/h'lik değişim göstermesi ivmenin de hız değişimine paralel olarak artış göstermesini sağlamaktadır. Her iki hızda da ivmenin en fazla olduğu bölge, kurb'un en fazla olduğu bölgede ortaya çıkmaktadır. Virajlarda hem kurb yarıçapı hem de taşıt hızı ivmelenme açısından önemli bir faktördür.



Şekil 8. Sabit hızlarda sağa viraj

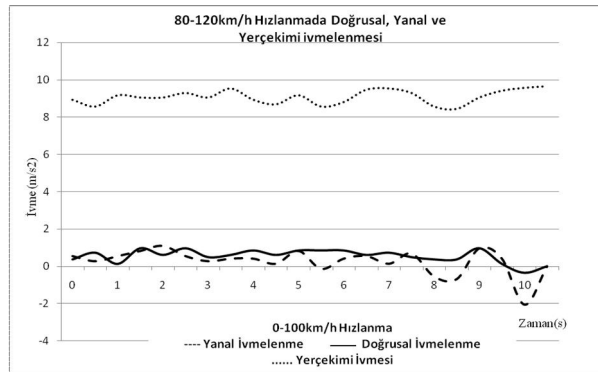
#### 4.5 0-100km/h Hızlanmada Doğrusal, Yanıl ve Yerçekimi İvmelenmesi Testi



Şekil 9. 0-100km/h hızlanmada doğrusal, yanıl ve yerçekimi ivmelenmesi grafiği

Hızlanma testi 0-100km/h, düz yolda yapılmış ve doğrusal, yanıl ve yerçekimi ivmelenmesi değişimleri eş zamanlı olarak incelenmiştir (Şekil 9). Bu testte de hızlanma yönü pozitif alınmıştır. Taşıt düz yol şartlarında olduğundan yanıl-düşey ivmelenmedeki değişiklikler oldukça azdır. Vites değişim noktalarında kısmi değişiklikler meydana gelmiştir.

#### 4.6 80-120km/h Hızlanmada Doğrusal, Yanıl ve Yerçekimi İvmelenmesi Testi



Şekil 10. 80-120 hızlanmada yerçekimi ivmesinin değişimi

Taşıtın hızı 80 km/h'den 120 km/h'e yükselirken vites değişimi olmadığından ve aracın hızının artışında, ani bir değişim görülmediğinden doğrusal ivmelenmede ani değişikliklere rastlanılmamıştır (Şekil 10). Yanıl ivmelenmede ise artışlar ve azalmalar olmuştur. Yüksek hızlardaki direksiyon hakimiyetinin zorluklarından dolayı yanıl ivmelenmede küçük değişiklikler gözlemlenmiştir. Düşey eksen olan yerçekimi ivmesinde büyük değişiklikler görülmemiş olup ortalama 9-9,5m/s<sup>2</sup> ölçülmüştür.

### 5. Sonuç ve Öneriler

İvmeölçerler, günlük hayatımızın vazgeçilmezleri olan motorlu araçların maruz kaldığı kuvvetler sonucu gösterdiği ivme değişimlerini ölçmemize yarayan sensörler olup test amaçlı ya da taşıt dinamiği parametrelerini belirlemek için kullanılmaktadır.

Taşıtlarda hız değişimiyle orantılı olarak ivmelenmenin olması kaçınılmazdır. Yanıl ivmelenme artışında taşıtın hızı, tekerleklerin yol tutuşu, çevresel şartlar, yolun durumu gibi faktörler etkili olmaktadır. Yanıl ivmelenme İvme ölçüm cihazının araca yerleştiriliş şekline göre; bir taraftaki virajda pozitif iken diğer yöndeki dönüşlerde negatif olmaktadır. Taşıt hızının artması ile ivme deki değişimlerde artmaktadır. Taşıt hızlanma esnasında daha uzun bir süreye ihtiyaç duyarken, yavaşlama esnasında daha kısa sürede durmaktadır. Zamanındaki değişim ivme değerlerini doğrudan etkilediğinden yavaşlama ivmesi hızlanmaya göre sayısal olarak daha büyüktür. Hızlanma testlerinde yanıl ivmelenme en çok, vites değişimlerinde oluşan yalpalanma aralıklarında ölçülmüştür. Bu değişimler esnasında doğrusal ivmelenmenin karalılığını yitirdiği görülmüştür. Düz yol ve viraj testleri karşılaştırıldığında yanıl ivmelenmenin max-min noktaları viraj testlerinde, doğrusal ivmelenmenin max-min noktaları düz yol testlerinde görülmüştür. Yanıl ve doğrusal ivmelenme hangi şartlarda olursa olsun birbiriyle doğrudan etkileşim halinde olduğu saptanmıştır.

### Kaynaklar

- [1] Çetinkaya.S., Taşıt Mekaniği, Nobel yayın Dağıtım, 3. Baskı, 2004
- [2] Brusaroscoa. M, Cigadab. A and Manzonib. S, Experimental investigation of tyre dynamics by means of MEMS accelerometers fixed on the liner, Vehicle System Dynamics, Vol. 46-11, 1013-1028, 2008
- [3] Vangi, D and Virga, A, Evaluation of emergency braking deceleration for accident reconstruction, Vehicle System Dynamics, Vol. 45-10, 895-910, 2007
- [4] SAE, J1491 1985-06 2006-07, Vehicle Acceleration Measurement, 2006.
- [5] TS 13325, Tekerlekli askeri araçların deney metotları - Performans deneyleri - Bölüm 5 : Hız ve ivme, 2007. [6] Edelmann, J., Plöch. M. , Reinalter, W, and Tieber, W., A passenger car driver model for higher lateral accelerations. Vehicle System Dynamics, Vol. 45-12, 1117-1129, 2007
- [7] Navarro. A and Canale.C., Influences of the load centre of gravity on heavy vehicle acceleration, Int. J. of Heavy Vehicle Systems, Vol. 8, No.1, 17-47, 2001.