



SUV Tipi Bir Aracın Bagaj Kapağı Açma- Kapama Mekanizmasının Kinematik Analizi ve Geogebra ile Benzetiminin İncelenmesi

Elif ERZAN TOPÇU¹, Sinan SEFERTAŞ²

¹ B.U.Ü., Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Görükle, Bursa, TURKEY, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-6115-3110>

² İnsu Teknik Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş. Turanköy Mah., Kestel / BURSA, TURKEY, ORCID ID <https://orcid.org/0009-0006-8098-7870>

Corresponding Author: Elif ERZAN TOPÇU, erzan@uludag.edu.tr

Özet

Bu çalışmada elektrikli pistonu sahip SUV tipi bir aracın bagaj kapağı açma-kapama mekanizmasının matematiksel modellenmesi yapılarak konum analizi yapılmıştır. İkinci aşamada "Geogebra" yazılımında bagaj kapağının ve pistonun temsilleri yapılarak konum analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Ardından kuvvet analizi gerçekleştirilerek kapağı açmak ve kapamak için gerekli olan el kuvveti değerleri hesaplanmıştır. Bu aşamada elektrikli piston kuvveti için ölçüm sonucu elde edilen deneysel piston konum-kuvvet değerleri kullanılmıştır. Bu veriler eğri uydurma yöntemi ile fonksiyon olarak tanımlanarak el kuvveti değerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen model ile farklı SUV araçlardaki ölçülere göre konum analizinin ve kuvvet ile ilgili değişimlerin kolaylıkla yapılabileceği görülmüştür.

Article Info

Research Article
Received: 16/10/2024
Accepted: 12/11/2024

Anahtar Kelimeler

Geogebra, kinematik analiz, elektrik tahrikli bagaj kapağı, elektrikli piston

Öne Çıkanlar

SUV tipi araç bagaj kapağı kinematik analizi, Geogebra ile analiz, elektrikli pistonlu bagaj kapağı kullanımı

Kinematic Analysis of the Trunk Lid Opening-Closing Mechanism of an SUV Type Vehicle and Investigation of Its Simulation with Geogebra

Abstract

In this study, we first obtained the mathematical modeling of the tailgate opening-closing mechanism of the sports utility vehicle (SUV) with an electric piston and investigated its

Keywords

Geogebra, kinematic analysis, tailgate, power lift, electric strut

position analysis. In the second stage, we modeled this system in the “Geogebra” software and examined the position analysis results comparatively. It was seen that the obtained results were compatible with each other. Then, we performed force analysis and calculated the hand force required to open and close the tailgate. Experimental piston position-force values were used at this stage to determine the electric piston force. These data were defined as a function using the curve fitting method and used to calculate the hand force value. It was seen that with the model obtained in this way, position analysis and changes related to force could be easily performed according to the measurements in different SUV vehicles.

Highlights

Kinematic analysis of SUV type tailgate, analysis with Geogebra, tailgate with electrical piston

1. Giriş

Günümüzde araçlardaki konfor ve kullanım şartlarının iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar hızlanarak devam etmektedir. Bunun için araçlarda pek çok elektrik motoru tahrikli mekanizma kullanılmaktadır. Kapı camı açma- kapama, cam sileceği, açılır tavan, kapı kilit, yan ayna, bagaj kapağı, koltuk ayarlama mekanizmalarının hepsi elektrik motoru tahrikli sistemlere örnek olarak verilebilir. Elektrikli araçlarda sürüşün de elektrik motorlarıyla sağlanmasıyla beraber bu boyut daha ileri bir düzeye geçiş yapmıştır.

Çalışma konumuza yönelik yapılan araştırmaların büyük çoğunluğunun gazlı amortisörlü sistemlerin tasarımı, analizi üzerine olduğu gözlenmiştir. Şahan ve diğ. [1] gazlı amortisörlerin gerçek gaz denklemleri kullanılarak modellenmesini incelemişlerdir. İçinde azot gazı bulunan gazlı amortisörün itme kuvvetinin sıcaklıkla değişimi dikkate alınarak gerçek gaz formülleri ile hesaplamalar yapmışlardır. Bu hesaplamalardan elde edilen sonuçları bagaj kapağı mekanizmasının kinematik analizine de dahil etmişlerdir. Teorik sonuçların deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu ve elde edilen sonuçların kabul edilebilir sınırlarda olduğunu gözlemlemişlerdir. Öz [2] çalışmasında gazlı amortisörün araç gövdesi ve bagaj kapağındaki yerleşim yerlerinin amortisör kuvveti, sönümlenme etkisi, strok, performans ve maliyet üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buruk ve diğ. [3] araç bagaj kapağı mekanizmasında amortisör bağlantı noktalarını, kapak ağırlığını, kapak dönme noktasını, kapak ağırlık merkezini, yolcunun kapağı açma ve kapama noktalarını dikkate alarak Recurdyn Kinematik Analiz programında analizler gerçekleştirmişlerdir. Ye [4] çalışmasında sıcaklık değişiminin gazlı amortisörlerin performansı üzerindeki etkisini incelemek için bir hesaplama yöntemi geliştirmiştir. Pistonların araç üzerindeki montaj noktalarına ait koordinat bilgilerini kullanarak CATIA ve Excel programları yardımıyla yaptığı hesaplamaların test sonuçları ile karşılaştırmasını yapmış ve yeterli doğrulukta sonuçlar elde ettiğini belirtmiştir. Baykuş ve diğ. [5] midibüs ve otobüs gibi ticari araçlarda kullanılabilecek bir bagaj kapağı mekanizmasının tasarımını ve analizini yapmışlardır. Dört çubuk mekanizması olarak inceledikleri sistemin tasarımını yaptıktan sonra kinematik analiz için uyguladıkları yöntemin benzetimini MATLAB/Simulink ve ANSYS programlarını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Cho ve Han [6] gazlı pistonlu bir sistemin matematiksel modellemesi ve optimizasyonu konusunda çalışmışlardır. Gazlı pistonun

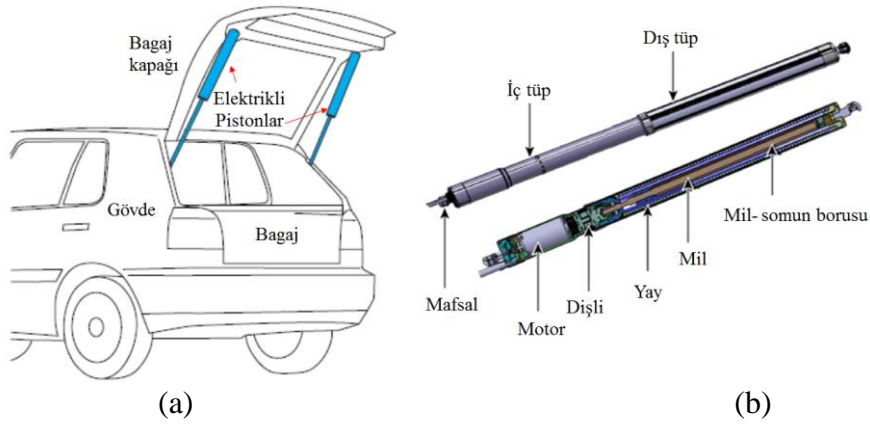
dinamiğini de yaptıkları çalışmaya dahil ederek el ile açma-kapama kuvvetlerini de hesaplamışlardır. Ko ve Yu [7] gazlı amortisörlü veya burulma çubuklu mekanizmalardan oluşan bagaj kapağı sistemlerinin kinematik analizlerini ve açma-kapama zamanlarının hesaplarını yapmak için yazdıkları programı sunmuşlardır. Lee [8] otomobil bagaj kapağında kullanılan gazlı pistonların dinamik karakteristiklerini incelemiştir. Lee [9] gazlı pistonların optimum tasarım parametrelerinin elde edilmesi konusunda çalışmıştır. AmeSIM ortamında modellediği sistemde NLPQL (Kvadratik Lagrangian ile doğrusal olmayan programlama) ve GA (genetik algoritma) yöntemleri ile optimizasyon çalışması gerçekleştirmiştir. Yıldız ve diğ. [10] binek bir araçtaki gazlı pistonlu bagaj kapağı mekanizmasını teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Dört çubuk mekanizması olarak ele aldıkları yapıda konum analizini yapmışlardır. İkinci aşamada ise virtüel işler prensibini uygulayarak sanki-statik analizler yaparak kapağı açma-kapama için gerekli olan el kuvvetlerini hesaplamışlardır ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Yıldız [11] popülasyon tabanlı optimizasyon algoritmalarını kullanarak sedan tipteki araçlarda kullanılabilen burulma çubuklu ve gazlı pistonlu tiplerdeki iki farklı mekanizmanın parametrik sentezini yapmışlardır.

Elektrikli pistonlu bagaj kapağı açma-kapama mekanizmalarına yönelik pek çok patent çalışması bulunmakla beraber bu sistemlerin tasarım ve analizine dair literatürdeki çalışmaların kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elektrikli pistonla sahip SUV tipi bir aracın bagaj kapağı açma-kapama mekanizmasının matematiksel modellemesi ve konum analizi yapılmıştır. Sistemin yapısal büyüklüklerine göre “Geogebra” programının da modellemesi yapılarak konum analizi sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ardından kuvvet analizi gerçekleştirilerek kapağı açmak ve kapamak için gerekli olan el kuvveti hesaplanmıştır. Burada elektrikli piston için deneysel veriler kullanılarak elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu bölümde elektrikli pistonla tahrik edilen bagaj kapağı mekanizmasının konum analizi yapılmıştır. Daha sonra bagaj kapağını açma-kapama işlemi sırasında gereken el kuvveti ile ilgili işlemler anlatılmıştır.

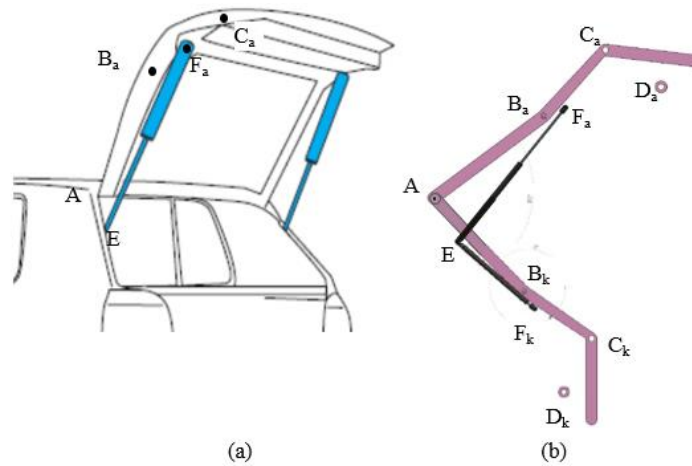
Çalışmanın temel konusunu içeren bagaj kapağı açma-kapama mekanizmaları günümüzde pek çok araçta gazlı pistonlu mekanizmalarla tahrik edilmektedir. Ancak hem elektrikli araçların hem de SUV tipi araçların kullanımının yaygınlaşması ile elektrik motoru tahrikli elektromekanik bagaj kapağı açma-kapama mekanizmalarına (elektrikli piston) geçiş eğiliminin gün geçtikçe arttığı söylenebilir. Şekil 1’de elektromekanik tipte bagaj kapağı açma-kapama mekanizmasına sahip SUV tipi bir araç ve bağlantı noktaları gösterilmiştir. Şekilden de görülebileceği üzere iki adet elektrik tahrikli piston üst ve alt bağlantı noktalarından bagaj kapağına ve gövdeye bağlanmaktadır. Pistonlar araç içinden kontrol panelinden, ayak sensörlerinden veya uzaktan kumandadan gelen sinyaller ile çalıştırılmaktadırlar.



Şekil 1. Elektrikli pistonun araç üzerinde yerleşimi ve temel bileşenleri
 a) SUV tipi aracın bagaj açma-kapama mekanizması ve gövde üzerinde yerleşimi
 b) Elektrikli piston bileşenleri [12]

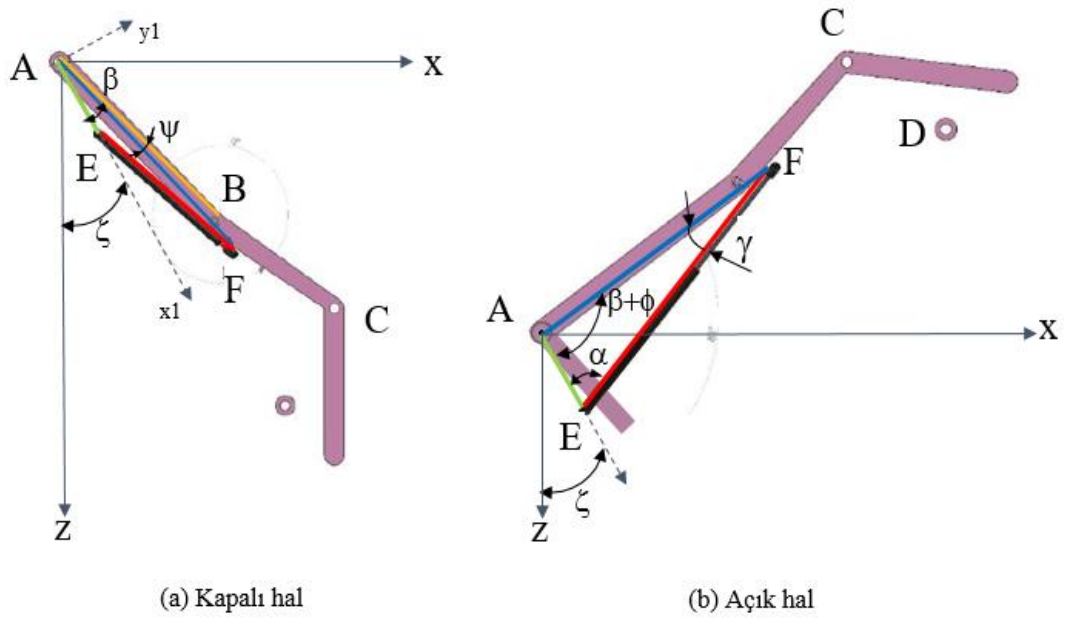
2.1. Mekanizmanın konum analizi

Bu bölümde mekanizmanın elektrikli pistonun konum değişimi ve mekanizmanın açılma yer değiştirme değerleri geometrik ilişkiler kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü üzere incelediğimiz mekanizma temel olarak iki adet elektrikli piston, araç gövdesi ve bagaj kapağından meydana gelmektedir. Sistem tek serbestlik derecelidir. Bagaj kapağı araç gövdesine A gövde bağlantı noktası etrafında dönme hareketi yaparken, elektrikli pistonlar E noktası etrafında dönme ve EF doğrusu boyunca uzama-kısalma şeklinde doğrusal hareket yapmaktadırlar. Bagaj kapağının açık-kapalı hali ve kinematik analizde önem arz eden bağlantı noktalarının yerleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Kapak A noktasından gövdeye bağlanmaktadır. Elektrikli piston ise E ve F noktalarından gövde ve kapağa monte edilmektedir. B noktası kapağın ağırlık merkezini temsil etmektedir. Kapak $0-83^0$ arasında dönmektedir. Hareket sırasında da elektrikli silindirde $0-144.56$ mm arasında konum değişimi meydana gelmektedir.



Şekil 2. Elektrikli pistonlu bir bagaj kapağı mekanizmasının açık ve kapalı durumunun şematik gösterimi a) Pistonların araç üzerindeki konumları, b) Mekanizmanın açık-kapalı durumunun şematik gösterimi (a: açık, k:kapalı)

Analizlerde aracın amortisör bağlantı noktalarına ait ölçüler, aracın kapak ağırlığı, kapak dönme noktası ve ağırlık merkezi bilgileri kullanılmıştır. Şekil 3' te mekanizmanın konum analizinde kullanılan temel uzunluklar ve açılar gösterilmiştir. Kapağın açılma açısına (ϕ) göre piston milinin uzunluk değişimi denklem (1) ile tanımlanabilir. l_{EF} elektrikli pistonun uzunluğunu ifade etmektedir. l_{AE} , l_{AF} uzunlukları ve ζ açısı sabittir. β kapak kapalı halde iken gövde ve kapak arasındaki açı olup bu açının da değeri sabittir. Değerleri Tablo 1' de sunulmuştur. ϕ bagaj kapağı açılma açısı $0-83^\circ$ aralığında değişmektedir. Cosinüs teoremi x1-y1 eksenindeki açı ve uzunluk durumuna göre yazılmıştır.



Şekil 3. Mekanizmanın temel uzunlukları ve açıları

$$l_{EF}^2 = l_{AF}^2 + l_{AE}^2 - 2 \cdot l_{AE} \cdot l_{AF} \cdot \cos(\beta + \phi) \quad (1)$$

Buna göre piston stroğu yine açığa bağlı olarak denklem (1) ile değerlendirildiğinde

$$l_p = l_{EF(açık)} - l_{EF} \quad (2)$$

ifadesiyle, benzer şekilde α açısı da cosinüs teoremi ile hesaplanabilir.

$$\alpha = \arccos \left(\frac{l_{AE}^2 + l_{EF}^2 - l_{AF}^2}{2 \cdot l_{AE} \cdot l_{EF}} \right) \quad (3)$$

Buna göre ϕ açısının fonksiyonu olarak γ açısı ise

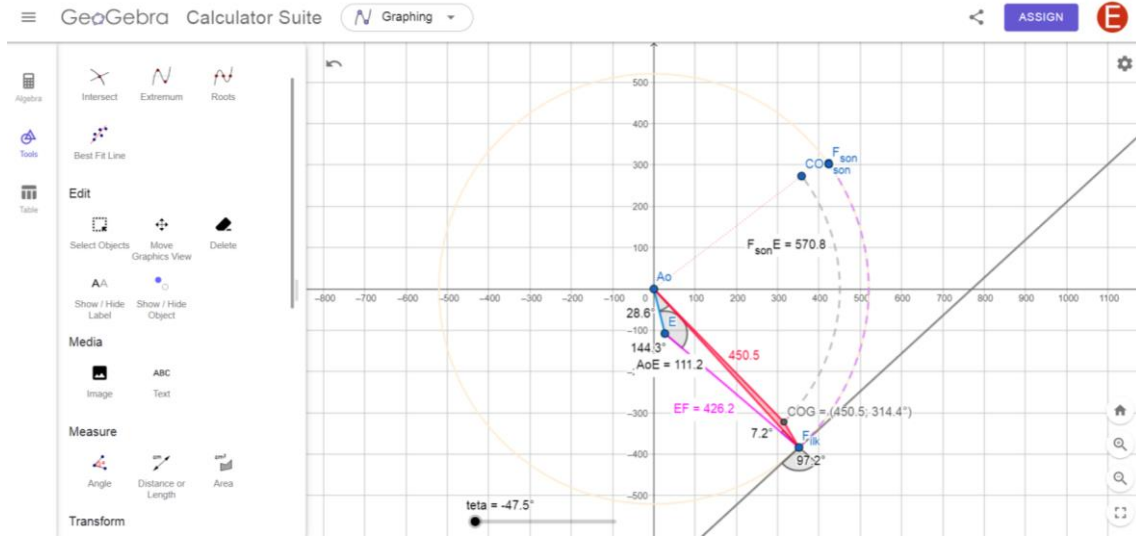
$$\gamma = \pi - \beta - \alpha - \phi \quad (4)$$

denklemleri ile elde edilir.

2.2 Geogebra ile konum analizi

GeoGebra geometri cebir ve analizi birleştiren dinamik bir matematik yazılımı olarak tanımlanmaktadır [13]. Bu yazılım okullarda matematik öğretimi ve öğrenimini geliştirmek için Markus Hohenwarter ve bir grup uluslararası yazılım uzmanı tarafından geliştirilmiştir. Bu program her ne kadar ilk ve ortaöğretime yönelik tasarlanan bir program olarak görülse de yükseköğretimde de fonksiyon, grafik ve analiz işlemleri için etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir [14]. Özellikle mekanizmaların kinematik analizlerinin yapılması ve animasyon olarak izlenmesinde oldukça kullanışlı bir yazılım olduğu görülmektedir [15-18].

Bu çalışmada da Kısım 2.1’ de kinematik analizi yapılan bagaj kapağı mekanizmasının konum analizi Geogebra yazılım ortamında modellenmesi ve animasyonu yapılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Şekil 4’ de Geogebra yazılımında bagaj kapağının kinematik analizi için hazırlanan çizim ile ilgili görsel sunulmuştur. Burada kırmızı ile gösterilen çizgiler rijit bagaj kapağını, EF ile isimlendirilen doğru (pembe renkli çizgi) ise pistonu temsil etmektedir. “Teta” ile isimlendirilen sürgünün ileri-geri hareketi ile kapağın hareketi izlenebilmekte ve istenilen bir noktanın konum değerleri elde edilebilmekte, ayrıca açı değişimine karşılık gelen değerler grafik olarak da incelenebilmektedir.

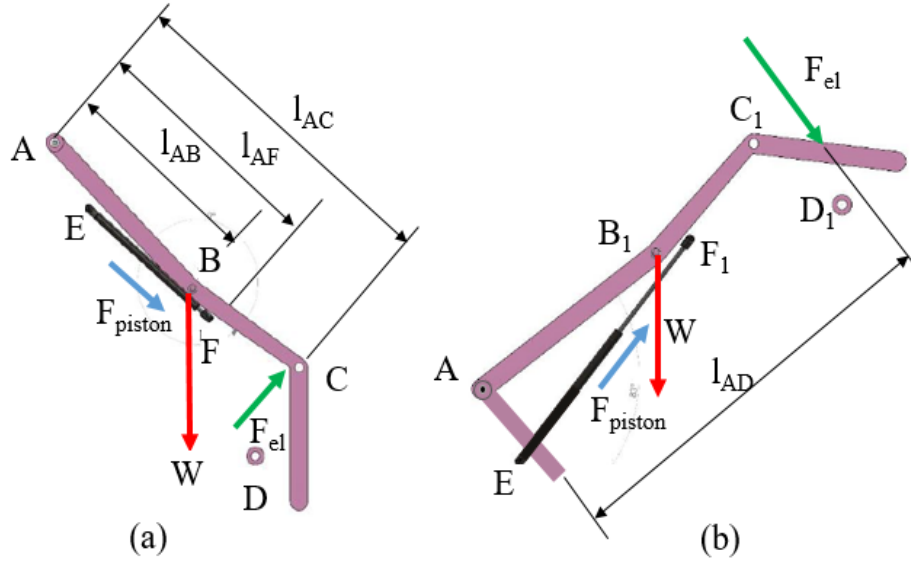


Şekil 4. Geogebra yazılımında bagaj kapağı sisteminin görseli

2.3. El kuvvetinin Hesaplanması

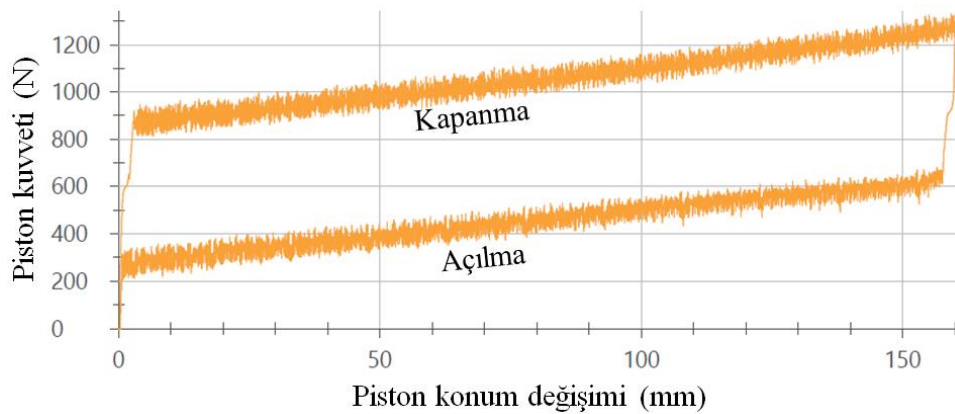
Bagaj kapağı ve tahrik sistemi ile ilgili tasarım çalışmalarında müşteriden gelen taleplere ve ergonomik standartlara göre kullanıcının bagaj kapağını açıp kaparken uyguladığı el kuvvetinin tespit edilmesi gerekmektedir [1]. El kuvvetini bulmak için bagaj kapağı açma-kapama mekanizmasının analizinin yapılması gerekmektedir. Şekil 5’ te bagaj kapağının açık ve kapalı halinde etkiyen kuvvetler gösterilmiştir. Mesnet

kuvvetleri burada verilmemiştir. B noktası bagajın ağırlık merkezini göstermektedir. El kuvvetinin ise kapak açılırken C noktasından, kapanırken de D noktasından kapağın dönme merkezine dik şekilde uygulandığı kabul edilerek incelemeler yapılmıştır.



Şekil 5. Elektrikli pistonlu bagaj kapağı mekanizmasının açık ve kapalı durumunda kapağa etkileyen kuvvetler a) Kapak kapalı, b) Kapak açık

Elektrikli pistonun enerjisiz halde iken oluşturduğu açma kuvvetinin eldesi için Şekil 6’da verilen SUV tipi bir araca ait elektrikli pistondan elde ettiğimiz deneysel strok-kuvvet eğrileri kullanılmıştır. Bu eğri firmada bulunan Zwick çekme test cihazına bağlanan elektrikli pistonun sistem enerjisiz halde iken açılması ve kapanması sırasında ölçülen kuvvet değerlerine göre elde edilmektedir. Bu kuvvet eğrisine göre açma ve kapama durumları için MATLAB programında lineer interpolasyon ile eğri uydurularak piston kuvveti piston yer değiştirmesine göre bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6. Elektrikli pistonun konum-kuvvet karakteristiği deneysel grafiği

Buna göre kapağın açılması sırasındaki piston kuvveti;

$$F_{piston-açma} = 1,92s + 340,94 \quad (5)$$

Kapağın kapanması sırasındaki piston kuvveti;

$$F_{piston-kapama} = 2,67s + 878,11 \quad (6)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanarak el kuvveti hesabında kullanılmıştır. Burada s pistonun hareketi sırasındaki konum değişimini ifade etmektedir. El kuvvetinin tespiti için bagaj kapağının dönme noktası olan A noktasına göre moment alınır. Her bir açı değeri için gerekli olan el kuvveti sırasıyla denklem (7) ve denklem (8) ile elde edilir.

$$F_{el-açma} = \frac{W \cdot l_{ABx} - 2 \cdot F_{piston-açma} \cdot l_{AF} \cdot \sin(\gamma)}{l_{AC}} \quad (7)$$

$$F_{el-kapama} = \frac{-W \cdot l_{ABx} + 2 \cdot F_{piston-kapama} \cdot l_{AF} \cdot \sin(\gamma)}{l_{AD}} \quad (8)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada incelenen SUV aracın koordinat bilgilerine göre elde edilen temel ölçüler Tablo 1' de verilmiştir. Şekil 4' de gösterilen Geogebra yazılımında hazırlanan çizim ve kinematik analiz için elde edilen bağıntılar Tablo 1' deki değerler kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 1. İncelenen SUV aracın bagaj kapağı mekanizmasına ait temel ölçüler

Parametre	Değer, birim	Parametre	Değer, birim
l_{AE}	111.12 mm	β	28.6^0
l_{AC}	746.66 mm	ζ	13.95^0
l_{AB}	450.5 mm	ϕ	$0-83^0$
l_{AD}	828.72 mm	ψ	2^0
l_{AF}	520.52 mm	W	364.93 N

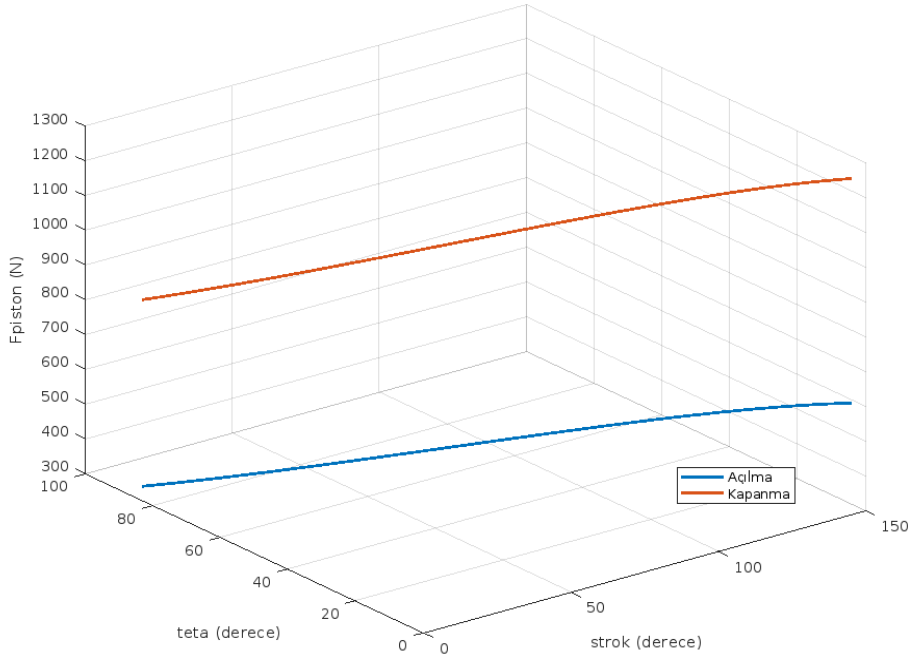
Tablo 2' de Geogebra programı ile yapılan çizim ile elde edilen kinematik değerleri ile mekanizmanın geometrik ilişkileri kullanılarak elde edilen denklemlerin sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablodan da görülebileceği üzere değerler birbirini doğrulamaktadır.

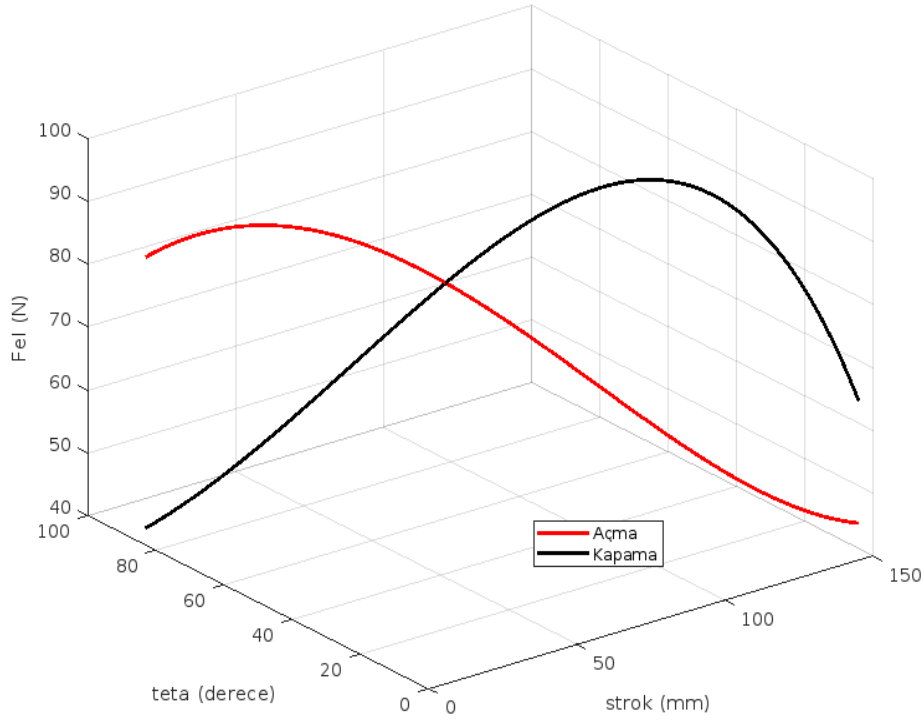
Tablo 2. Geogebra programı ve kinematik analiz denklemleri ile sonuç karşılaştırma tablosu

Kapak açısı	Değişken	Denklem sonucu	Geogebra programından okunan değer
20 ⁰	l_p	28.44 mm	28.4 mm
	α	120.84 ⁰	120.9 ⁰
	γ	10.56 ⁰	10.6 ⁰
47 ⁰	l_p	78.21 mm	78.2 mm
	α	92.07	92.1 ⁰
	γ	12.32 ⁰	12.3 ⁰
80 ⁰	l_p	139.56 mm	139.6 mm
	α	60.67 ⁰	60.7 ⁰
	γ	10.72 ⁰	10.7 ⁰

Bagaj kapağının açılma-kapanma açısına göre elde edilen piston stroğu ve piston kuvveti değişimi eğrisi Şekil 7’ de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 6’ da gösterilen piston kuvvet-strok eğrileri ile uyumlu sonuçlar vermiştir.

Elektrikli piston enerjisiz halde iken bagaj kapağını açmak-kapatmak için gerekli el kuvveti değişimi ise Şekil 8’ de gösterilmiştir. El ile kapama kuvvetinin maksimum değerinin 26⁰’ de olduğu ve 98.94 N olarak hesaplandığı görülmüştür. „Açma kuvvetinin en yüksek değerinin ise 91.32 N olarak bagaj kapağının 69⁰ açısı yaptığı durumda olduğu tespit edilmiştir. Verilen boyutlara ve yerleşime göre bagaj açma ve kapama kuvvetlerinin 45-95 N aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

**Şekil 7.** Bagaj kapağı açısına göre piston kuvveti ve strok değişimi



Şekil 8. Bagajın açılma-kapanma durumu için el kuvveti değişimi

4. Sonuç

Bu çalışmada bir SUV aracın elektrikli pistonlu bagaj kapağı açma-kapama mekanizmasının konum analizi yapılmış ve açma-kapama sırasındaki el kuvveti incelemesi sunulmuştur. Sisteme ait geometrik ilişkiler kullanılarak piston ve kapağın çeşitli noktalarının konum ve açısal değişimlerine ait matematiksel denklemler elde edilmiştir. İkinci aşamada Geogebra programı ile bagaj kapağının iki boyutlu çizimi kapağın araç üzerindeki konum verilerinden yararlanılarak yapılmıştır. Denklemlerden ve Geogebra programındaki çizimden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Geogebra programı ile animasyon yapılarak sistemin çalışması incelenmiştir. Sistemin açığa bağlı çalışmasının animasyon olarak incelenebilmesi de mekanizma analizinde görsel açıdan izlenebilirliği iyileştirmiştir. Bu şekilde kurulan matematiksel model ile kapak üzerinde yapılacak boyutsal değişikliklerde sistemde kullanılacak piston gibi elemanlarda ve el kuvvetinde oluşacak değişimlerin incelenebilmesi için kolaylık sağlanmıştır.

Finansal Destek

Yoktur.

Çıkar Çatışması

Yoktur.

Yazar Katkısı

Elif ERZAN TOPÇU: Makale fikir ve içeriğinin oluşturulması, modelleme çalışmaları, yazımı ve bulguların yorumlanması, makale organizasyonu

Sinan SEFERTAŞ: Tasarım çalışmaları, makale konusu ile ilgili bulguların yorumlanması

5. Kaynaklar

[1] Şahan, İ.G., Sefertaş ,S., Baran, M.Y., Araç Bagaj Kapak Sistemlerinde Gazlı Amortisörlerin Gerçek Gaz Kullanımına Bağlı Olarak Sistemdeki Kuvvetlerin İncelenmesi, 6. Uluslararası Mühendislik Bilimleri Ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi, 2-3-12.2023, İstanbul. 305-310.

[2] Öz, H. Mühendis ve Makina, 2020, Araçların Yukarı Açılan Beşinci Kapaklarından Amortisör Yerleşimi https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/18_3.pdf (Erişim: 23.09.2024)

[3] Buruk, S., Karaca, M., Kaçar, İ.E., İmren E., Araç Bagaj Kapak Sistemlerinde Kullanıcı Güvenliği ve Rahatlığını Sağlayan Amortisör Geliştirilmesi 12. Uluslararası Mühendislik, Mimarlık Ve Tasarım Kongresi, 23-25.12.2023, İstanbul. 1333-1340.

[4] Ye, W. (2022). A Method for Calculating Opening Force and Closing Force of Automobile Tailgate Gas Spring. In: Proceedings of China SAE Congress 2020: Selected Papers. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 769. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2090-4_100

[5] Baykus, B. , Anli, E. and Ozkol, I. (2011) Design and Kinematics Analysis of a Parallel Mechanism to be Utilized as a Luggage Door by an Analogy to a Four – Bar Mechanism. Engineering, 3, 411-421. doi: 10.4236/eng.2011.34047.

[6] Cho, Y.H., Han, B.K. Study of an optimized gas strut layout to improve opening and closing quality. *Int.J Automot. Technol.* **13**, 999–1004 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12239-012-0102-8>

[7] Ko, O., and Yu, C., The Opening Mechanism Analysis on Hood, Tail Gate, and Trunk Lid by Mathematical Modeling, SAE Technical Paper 950827, (1995), <https://doi.org/10.4271/950827>.

[8] Lee, Choon. A Study on the Dynamic Characteristics of the Gas Spring on the Automotive Application. *Journal of Drive and Control.* 12. 15-20. (2015). <https://doi.org/10.7839/ksfc.2015.12.4.015>.

[9] Lee, C.T. A Study on the Optimal Design of Automotive Gas Spring. *Journal of Drive and Control*, 14(4), 45–50. (2017). <https://doi.org/10.7839/KSFC.2017.14.4.045>

[10] Yıldız, A., Kopmaz, O., Yusuf, G. Binek Araçlarda Kullanılan Gazlı Pistonlu Bagaj Kapağı Açma Kapama Mekanizmalarının İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 20, 2, 1-10. (2015).

- [11] Yıldız, A., Parametric synthesis of two different trunk lid mechanisms for sedan vehicles using population-based optimisation algorithms. *Mechanism and Machine Theory*, 156. (2021).
- [12] https://www.ksportagegl.com/description_and_operation-1582.html (Erişim: 23.09.2024)
- [13] <https://www.geogebra.org/m/RypWTBSV>
- [14] Sangwin, C. A brief review of GeoGebra: Dynamic mathematics. *MSOR Connections*, 7(2), 36–38. (2007). <https://doi.org/10.11120/msor.2007.07020036>
- [15] Söylemez, Eres. Kinematic Synthesis of Mechanisms: Using Excel® and Geogebra. (2023).
- [16] Söylemez, E., Mühendisler İçin Excel ve Geogebra Youtube kanalı, <https://www.youtube.com/@muhendislericinexcelvegeog9486>. (Erişim: 22.09.2024).
- [17] Sandoval-Castro, X. Y., Muñoz-Gonzalez, S., Garcia-Murillo, M. A., Ferrusca-Monroy, P. D., Ruiz-Torres, M. F. Four-bar linkage reconfigurable robotic wheel: Design, kinematic analysis, and experimental validation for adaptive size modification. *Robotica*, 42(6), 2046–2060. (2024). doi:10.1017/S026357472400078X
- [18] Kiper G. Uzaktan eğitimin kısa tarihi ve çevrimiçi makina teorisi eğitimi. 20. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu (UMTS 2021), Diyarbakır, September 15-17, 2021, 7-16. (2021).