



Elektrikli ve Otonom Araçlar için Direksiyon Kontrol Kartının Geliştirilmesi

Fatma Nur ORTATAŞ^{1*}, Emrah ÇETİN², Muhammet AYDOĞAN², Eren YALÇIN²

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi
23.12.2022
Kabul tarihi
03.01.2023
Yayın tarihi
06.01.2023

Anahtar Kelimeler:

Otonom araç
Direksiyon kontrolü
Otonom sürüş kontrol kartı
Elektronik kart tasarımı
STM32F407

Ö Z E T

Trafik kazaları büyük oranda sürücü kusurlarından ve trafik kurallarına uyulmamasından kaynaklanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile elektrikli ve otonom araç teknolojilerindeki gelişmeler ile sürücü kaynaklı kazaların önüne geçilerek bu oranların düşürülmesi amaçlanmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında elektrikli ve otonom araçların direksiyon kontrolünün sağlanması için bir elektronik kontrol kartı tasarlanmıştır. Geliştirilen kontrol kartında işlemci olarak STM32F407 kullanılmış ve prototip bir elektrikli otonom araç üzerinde test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında elektronik kontrol kartına ait tasarım, üretim ve yazılım işlemleri başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Prototip elektrikli otonom araç üzerinde yapılan test işlemleri ile aracın ileri-geri yönlü hareketi, fren sistemi ve direksiyon kontrolü gibi temel sürüş fonksiyonları başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Development of Steering Control Board for Electric and Autonomous Vehicle

ARTICLE INFO

Article history:

Received
23.12.2022
Accepted
03.01.2023
Published
06.01.2023

Keywords:

Autonomous vehicle
Steering control
Autonomous Driving control board
Electronic board design
STM32F407

ABSTRACT

Traffic accidents are mostly caused by driver faults and non-compliance with traffic rules. With the studies carried out in recent years, it is aimed to reduce these rates by preventing driver-related accidents with the developments in electric and autonomous vehicle technologies. Within the scope of the study, an electronic control card was designed to provide steering control of electric and autonomous vehicles. In the developed control card, STM32F407 was used as the processor and tests were carried out on a prototype electric autonomous vehicle. Within the scope of the study, the design, production and software processes of the electronic control card were successfully completed. Basic driving functions such as forward-backward movement of the vehicle, braking system and steering control were successfully performed with the test processes on the prototype electric autonomous vehicle.

1. GİRİŞ

Otonom araçların gelişimi son yıllarda ivme kazanmıştır. Sürücüsüz araç teknolojisindeki gelişim sürücü kaynaklı meydana gelen trafik kazaların oranlarının yüksekliğidir. Yaşanan trafik kazaların %94' ü ise riskli sürüş ve sürücülerin direksiyon başında yaptıkları hatalardan kaynaklanmaktadır [1]. Türkiye İstatistik Kurumu 2019 verileri göz önünde bulundurulduğunda ise gerçekleşen trafik kazalarının %91.04 oranında sürücülerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur [2]. Otonom araç teknolojisinde yapılan çalışmaların temel amacı bu yüksek oranların düşürülmesidir. Ayrıca araç stabilitesi ve sürücü konforunu arttırmak yine

ORCID ID: Fatma Nur ORTATAŞ: 0000-0001-7897-9958; Emrah ÇETİN: 0000-0002-7023-6604; Muhammet AYDOĞAN: 0000-0001-5508-0894; Eren YALÇIN: 0000-0002-0408-5561

*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

Tel:+90 354 242 10 01

Fax:

E-mail: f.nur.ortatas@bozok.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: F. N. Ortataş, E. Çetin, M. Aydoğan, E. Yalçın "Elektrikli ve Otonom Araçlar için Direksiyon Kontrol Kartının Geliştirilmesi", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 1, no. 2, pp. 1-7, 2022

otonom araç teknolojisinin temel amacı olarak ifade edilebilmektedir. Elektrikli ve otonom araç teknolojileri motorlardan güç elektroniğine, şarj sistemlerinden otonom sürüş algoritmalarına birçok alt sistemi içermektedir. Bu nedenle otonom araçla direksiyon kontrolü bu alt sistemlerden biridir. Günümüz teknolojisiyle mevcut yeni model araçlarda sürüş konforunu artıran, sürücü ve yayaların güvenliği açısından sürüş kalitesini artıran ve muhtemel gerçekleşebilecek kazaları önlemek amacıyla geliştirilen geliştirilmiş sürücü asistan sistemi (ADAS) karşımıza çıkmaktadır. ADAS sistemleri birçok farklı özelliği ile karşımıza çıkmaktadır. Temel olarak günümüz araçlarında mesafe sensörleri, adaptif hız kontrolü, çarpışma uyarı sistemi, şeritten ayrılma uyarı sistemleri gibi özellikleri yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır [3-5]. Şeritten ayrılma durumunda araca müdahalenin söz konusu olduğu bu destekleyici sistemlerde yine direksiyon kontrolü karşımıza çıkmaktadır. Otonom araçlarda tasarlanan ve geliştirilen direksiyon kontrol sistemleri ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur.

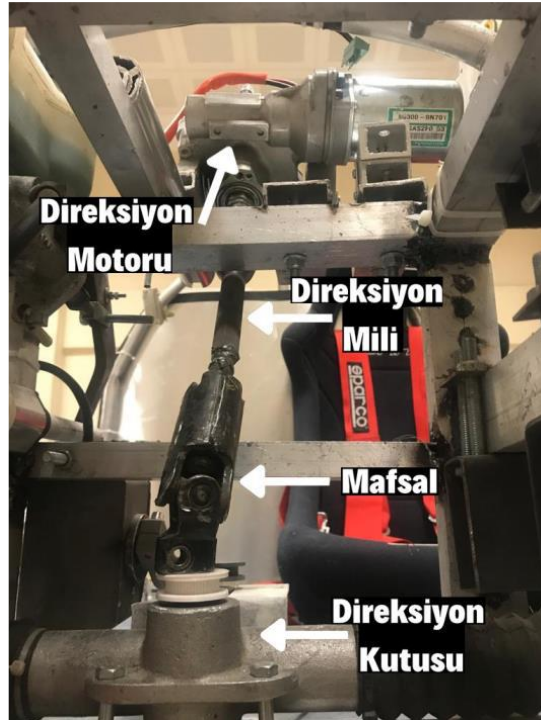
Günümüzde birçok araçta bulunan direksiyon sistemi, motorlu hidrolik direksiyon sistemidir. Kullanılan bu motorlu hidrolik direksiyon sistemi, sistemde kullanılan elektrikli motor ile aracın dönüşünü sağlayacak direksiyon uygulanacak torkun azaltılması ile sürücünün uygulayacağı çaba azaltılmaktadır. Bu alanda yapılan bir çalışmada otonom araçlarda direksiyon sisteminin kontrol edilmesi için direksiyonda kullanılan motor üzerine bir potansiyometre bağlanmıştır. Bağlanan potansiyometre yardımıyla motor konumu ölçülmüş ve araç kontrolü için kullanılacak olan mikroişlemciye RS232 aracılığıyla haberleşme sağlayarak kontrol sağlanmıştır. Burada kontrol motorun hızı ve konumuna bağlı mikroişlemci yardımıyla verilen pwm değerleri ile sağlanmıştır [6]. Yine yapılan başka bir çalışmada simülasyon ortamında gerçekleştirilen otonom araç kontrolü için aracın pozisyon ve açı değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir [7]. Yine bu alanda yapılan başka çalışmalarda PID kontrolden faydalanılarak aracın direksiyon kontrolünün yapıldığı gözlenmektedir [8-10].

Yapılan çalışma kapsamında elektrikli ve otonom aracın ileri-geri yönlü hareketini, fren işlemini ve direksiyon kontrolünü gerçekleştirecek bir kontrol kartı tasarlanmıştır. Prototip olarak üretilen elektrikli ve otonom araç üzerinde geliştirilen kartın tüm testleri yapılmış ve başarılı şekilde tüm fonksiyonları yerine getirdiği gözlemlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Direksiyon Sistemi

Otonom araç için kullanılacak ve şerit takip işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için en önemli kısımlardan biri direksiyon sistemidir. Mevcut araç üzerinde kullanılan direksiyon sistemi direksiyon kutusuna bağlanan bir dc direksiyon motorundan oluşmaktadır. Makale çalışması kapsamında çalışmanın test işlemlerinin uygulandığı elektrikli ve otonom olarak üretilen prototip araç üzerinde bu sistemin gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Direksiyon sistemi temel olarak direksiyon kolu, direksiyon motoru, mafsal ve direksiyon kutusundan oluşmaktadır. Direksiyon kutusuna bağlı rot kolları vardır. Tekerlekler bu rot kollarının uç kısmında bulunan rot başlarına bağlanmaktadır.



Şekil 1. Araç üzerinde bulunan direksiyon sistemi tasarımı

Direksiyon sistemine bağlanan bu dc motorun kontrolünün gerçekleştirilmesi için direksiyon kutusuna paralel olarak bir lineer potansiyometre yerleştirilmiştir. Yerleştirilen lineer potansiyometre yardımıyla tekerlerin hareket miktarlarının ölçümü gerçekleştirilecektir. Ölçümü gerçekleştirilen bu dönüş miktarları ile tekerleğin konumunun belirlenmesi sağlanmaktadır. Lineer potansiyometre, tasarlanan bu direksiyon sisteminde temel olarak direksiyon kutusuna bağlı olarak tekerlek dönüşleri için gerçekleştirilecek olan uzun rotaların hareketi ile lineer potansiyometreye bağlı ölçüm ucu da hareket edeceği için bir değer okunması amacıyla kullanılmaktadır. Böylelikle araç üzerinde bulunan tekerlerin istenen başka bir konuma getirmek için gerekli olan gerilim değeri ve yönü lineer potansiyometreden okunan değere bağlı olarak tasarlanarak kontrol kartı üzerinden dc motora verilmektedir. Tüm bu tasarlanan sistem ile aracın dönüşlerinin daha doğru ve stabil gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında lineer potansiyometreden okunacak değerlerin stabilitesi için lineer potansiyometre araç şasisi üzerine sabitlenmiştir. Şekil 2’de bu işleme ait görsel verilmiştir.



Şekil 2. Lineer potansiyometrenin araca entegrasyonu

Lineer Potansiyometre çalışma prensibi olarak tıpkı normal bir potansiyometre gibi dışardan bir müdahale ile direnç değeri değişecek şekilde çalışmaktadır. Temel görsel olarak farkı lineer potansiyometre ucunda bulunan çubuğun ileri veya geri gitmesi durumunda lineer potansiyometreden okunan analog değer artışı ve azalış şeklinde değişmesi ile bir değer okunması gerçekleşmektedir. Lineer potansiyometre ile direksiyon kutusunun ucunda bulunan rot kolunun tasarlanan parçalar ile birbirine bağlanması ile herhangi bir hareket durumunda bir değer okunması gerçekleştirilmektedir. Bu okuma işlemi, sensör üzerinde bulunan 3 kablo çıkışı ile yapılmaktadır. Bu kablolardan güç kablosu, toprak kablosu ve veri kablosu olarak adlandırılan analog okunan değer alınacağı kablo ucu tasarlanan kontrol kartı üzerinde bulunan STM32F407 kartı üzerinden analog-dijital dönüştürücü (ADC) portuna bağlanarak gerçekleştirilmektedir.

2.2. Kontrol Kart Tasarımı

Otonom araç üzerinde bulunan birçok sensör ve çeşitli donanımlar bulunmaktadır. Proje kapsamında şerit tespit ve takip işleminin yapılmasını sağlayacak olan kameradan gelen verinin projede kullanılan bilgisayar yardımıyla işlenmesi başta olmak üzere direksiyon yönlendirmeleri için kullanılacak olan lineer potansiyometreden veri alınması işlemleri için bir kontrol kartı tasarlanmıştır. Bu kart için işlemci olarak STM32F407 işlemciye sahip bir geliştirme kartı kullanılmıştır.

Otonom sürüş için aracın ileri veya geri yönde hareket etmesi, frenleme işlemi ve direksiyon kontrolü gibi temel fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi için bir otonom sürüş kontrol kartı tasarlanmıştır. Bu sürüş kartına temel olarak bilgi kontrol bilgisayarından seri haberleşme yöntemi ile gelmektedir. Otonom sürüş kontrol kartında ise gelen tüm bu bilgilere göre araç donanımlarının kontrol edilmesini sağlayan bir işlemci bulunmaktadır. Temel olarak bu işlemciden faydalanılarak bir kontrol kartı geliştirilmiştir. Bu kontrol kartı üzerinde bulunan başlıca kısımları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kontrol kart kısımları

Kontrol Kart Kısımları

1	5V Giriş ve Çıkış Devresi (Güç Kartı)
2	12V Giriş ve Çıkış Devresi (Güç Kartı)
3	3.3V Giriş ve Çıkış Devresi (Güç Kartı)
4	İşlemci (STM32F407)
5	Motor Yön Kontrol Devresi
6	STM32F407 Giriş ve Çıkış Devresi
7	Yedek Motor Yön Kontrol Devresi
8	Regülatör Devresi

Otonom sürüş kontrol kartı kısımları temel olarak 8 kısımdan oluşmuştur. Bu kısımlara ait güç katı, işlemci ve motor kontrol devresi hakkında genel bilgiler aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

STM32F407

STM32F407 kısaca 168 Mhz saat frekansına sahip 32-bit'lik mikrodenetleyicidir. Çalışmada bu mikrodenetleyiciye ait bir geliştirme kartı kullanılmıştır. Bu geliştirme kartının üzerinde STM32F4VG çekirdeği bulunmaktadır. Kullanılan bu geliştirme kartı 3- eksen ivme ölçer, dahili ses girişi ve buna bağlı dijital analog dönüştürücü, 4 adet programlanabilir LED ve 2 adet buton bulundurmaktadır. Otonom sürüş kontrol kartı için geliştirilen kart tasarımında STM32F407 geliştirme kartı kullanılmıştır.

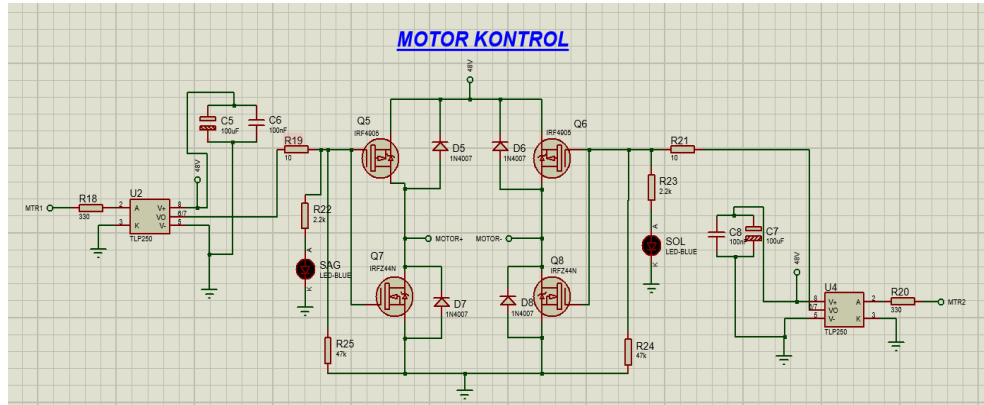
Güç Katı

Prototip olarak üretilmiş olan elektrikli ve otonom araç üzerinde bulunan sensör ve bazı donanımların çalışabilmesi için belirli bir gerilim aralığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle prototip araç için geliştirilen otonom sürüş kontrol kartı üzerinde gerilimi düşürme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sırasında 3.3V, 5V ve 12V olarak üç farklı voltaj çıkış değeri alınmıştır. 12V çıkış prototip araç üzerinde bulunan bataryadan doğrudan 12V dönüştürücüler yardımıyla alınmaktadır. 12V dönüştürücülerden alınan bu değer 5V ve 3.3V gerilimlere düşürülme işlemi ise LM2596 regülatör kartı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan regülatör kartının maksimum giriş gerilimi 30V'dur.

Motor Yönü Kontrolü

Prototip olarak üretilen elektrikli ve otonom aracın motor yönü ve frenleme mekanizmasının kontrolünün sağlanabilmesi için otonom sürüş kontrol kartında H tipi sürücü devre modeli kullanılmıştır. H tipi sürücüler basit olmasına rağmen, endüstride motor sürücülerin temeli olarak kullanılmaktadır. Genel anlamda bir H köprüsü, H benzeri bir şekil yapısıyla merkezde bir yük ve bunun kontrolünün sağlanması amacıyla dört adet anahtarlama elemanı içermektedir. Bu yapı, prototip olarak geliştirilen elektrikli ve otonom aracın direksiyon kontrolünde direksiyon dc motorunun kontrolü için kullanılmıştır.

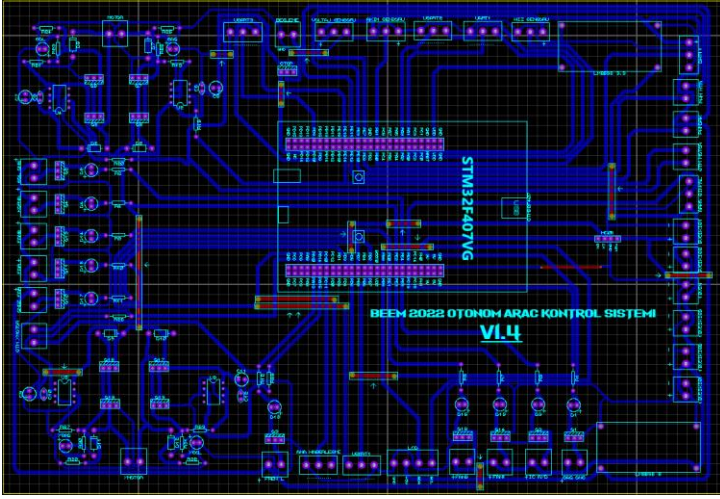
Otonom sürüş kontrol kartı üzerinde direksiyon dc motorunun döndürülmesi için hazırlanan H tipi sürücü devre modelinde mosfet anahtarlama elemanları tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan anahtarlama elemanının mümkün olduğunca az kayıplı, kolaylıkla iletime ve kesime sokulabilen, hızlı olması gerekmektedir. Bu nedenle 2 adet N kanal IRF44N, 2 adet P kanal IRFZ4905 mosfet kullanılmıştır. Optokuplör tetikleme yoluyla mosfet H köprüsü kurulmuştur. Kurulan Devre Şekil 3'de gösterilmiştir.



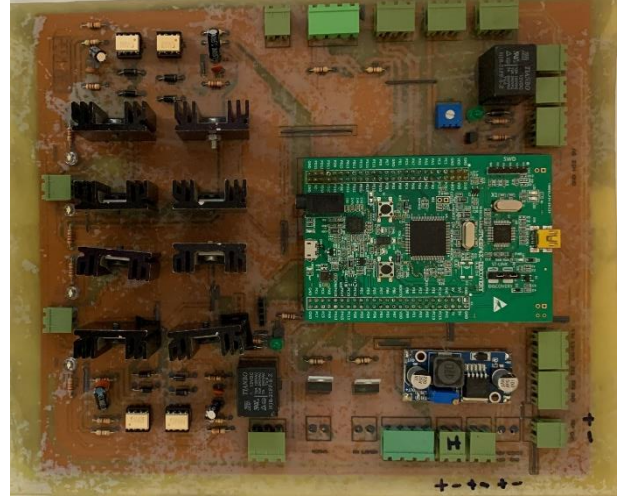
Şekil 3. Motor yön kontrol devresi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elektrikli ve otonom prototip aracın hareketini sağlaması amacıyla kontrol bilgisayarı ile direksiyon sistemi arasında haberleşmenin gerçekleşmesi için UART (Universal asynchronous receiver-transmitter) protokolünden faydalanılarak tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen kontrol kartı kullanılmaktadır. UART, birçok mikrodenetleyici mimarisinde yerleşik olarak bulunan sıklıkla kullanılan ve basit bir iletişim yöntemidir. UART donanımının kullanılmasının temel nedeni seri bir iletişim yöntemi olması ve iki kablo kullanımının yeterli olmasıdır. Kontrol kartına ait ARES çıkışı ve nihai kart Şekil 4'te verilmiştir.



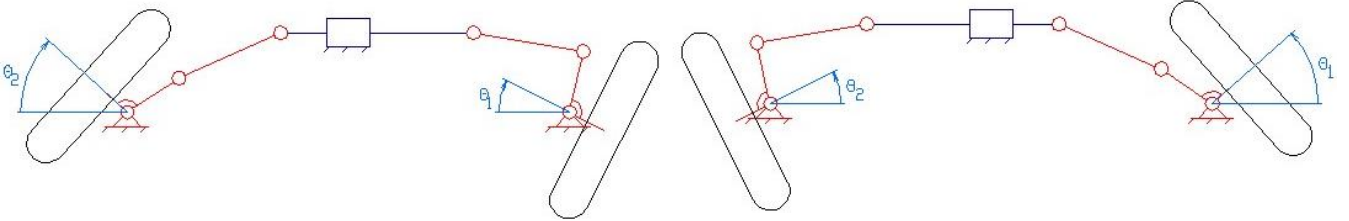
a) Devreye ait ARES çıktısı



b) Nihai kontrol kartı

Şekil 4. Otonom sürüş kontrol kartı

Elektrikli ve otonom prototip aracın direksiyon kontrolünün gerçekleşmesi için öncelikli olarak tekerlek açılarının belirlenmesi işlemi yapılmıştır. Araç üzerinde kullanılan tekerlek sistemi temel olarak ackerman prensibi ile dönüşünü sağlamaktadır. Ackerman prensibi temel olarak dönüşü gerçekleştirecek olan tekerleklerin iç ve dış açılarının farklı olması ancak dönme merkezlerinin aynı olması şeklinde ifade edilmektedir [11]. Şekil 5'te ackerman prensibine ait görsel verilmiştir.



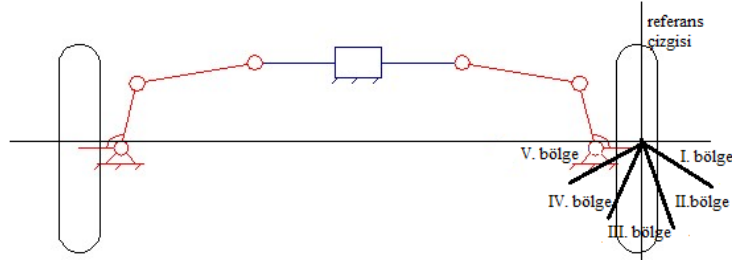
Şekil 5. Ackerman prensibi

Araç üzerinde bulunan tekerlek sistemi için dönüşlerin belirlenmesi için ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sağ ve sol dönüşler için tekerleklerin dış dönüş açılarından faydalanılarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında ortada bulunan direksiyon kutusuna bağlı lineer potansiyometre yardımıyla hangi yönde ne kadar dönüş olduğuna bağlı olarak bir değer aralığı belirlenmiştir. Yani açı ve lineer potansiyometrede okunan değerler arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkilendirmeyle ilgili yapılan çalışma ile ilgili Şekil 6'dan faydalanılarak Tablo 2 oluşturulmuştur.

Tablo 2. Lineer potansiyometre ile tekerlek açıları arasındaki bağlantı

Lineer Potansiyometre Değer Aralığı	Tekerlek Açısı	Hareket Tanımı
<15	25	Keskin Sol
40-50	45	Yarım sol
76-84	90	Ortala
105-115	115	Yarım sağ
120 >	135	Keskin sağ

Tablo 2' de verilen tablo yardımıyla aracın direksiyon kontrolününün daha stabil hareketi için yarım sol, tam sol, orta, yarım sağ ve tam sağ olacak şekilde değer aralıkları belirlenmiştir. Lineer potansiyometre de tam sağ ve tam sol değerleri yaklaşık olarak 15-120 değer aralığındadır. Bu değerler referans alınarak bölge tayinleri ve hareket aralığı belirlenmiştir. Bu işleme ait şematik gösterimi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Tekerlek dönüş açısında bölge tayini şematik gösterimi

Şekil 6' da tekerlek dönüş açısına ait ayrılan 5 bölgeye ait şematik gösterim verilmiştir. Çalışmada referans çizgisinin bölge çizgileri ile eşdeğer olana dek yapılan dönüşler esas alınmıştır. I. bölge tam sol işleme karşılık gelen bölgedir. Yani aracın tekerleklerinin sol tarafa doğru maksimum dönebildiği açı aralığı lineer potansiyometre de 15 değeri referans alınarak yazılımı gerçekleştirilmiştir. Tekerlekte okunan lineer potansiyometre değeri 15 ten küçük olana dek yapılan dönüş açısı tam sol komuta karşılık gelmektedir. II. Bölge olan yarım sol işleminde ise bu değer aralığı ise lineer potansiyometreden okunan değer olarak 40-50 arasında olacak şekilde yapılan işleme karşılık gelmektedir. III. Bölge tekerleklerin düz olduğu konuma eşdeğerdir. Bu bölge lineer potansiyometrede okunan değer olarak 76-84 değerlerine karşılık gelmektedir. IV. Bölge ise yarım sağ hareketidir ve 105-115 değer aralığına karşılık gelmektedir. V. Bölge ise tam sağ hareketidir ve lineer potansiyometrede okunan değerlerin 120 üzerine çıkacağı şekilde kodlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm yapılan bu yazılım çalışmasında dönüşlere ait nokta değer verilmemesinin temel nedeni aracın ağırlığından kaynaklı ve direksiyon motoruna verilen gerilimden kaynaklı olarak fazla hareketten kaynaklı sürekli sabitlemek ve o verilen değeri yakalayabilmek için tekerleklere müdahale edilmesinin önüne geçmektir.

4. SONUÇLAR

Sonuç olarak makale çalışması kapsamında derin öğrenme algoritmaları ile tespit edilen şerit çizgilerine ait bilgiler ve konum hesaplamaları kontrol bilgisayarından seri haberleşme yöntemi ile kontrol kartına aktarılmıştır. Kontrol kartı üzerinde bulunan işlemci yardımıyla aracın hareketi ve direksiyon kontrolü gibi temel fonksiyonların gelen bu verilerin değerlendirilmesiyle donanımlara aktarılması sağlanmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen kontrol kartı yardımıyla direksiyon kontrolünün de başarı ile gerçekleştirildiği görülmektedir.

YAZAR KATKILARI

Fatma Nur ORTATAŞ: Kart tasarımı ve makalenin hazırlanması.

Emrah ÇETİN: Kart tasarımı ve makalenin hazırlanması.

Muhammet AYDOĞAN: Kart tasarımı, üretimi ve yazılım.

Eren YALÇIN: Kart tasarımı, üretimi ve yazılım.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] World Health Organization. Road traffic injuries. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/%20detail/road-traffic-injuries/>. Last Access Date: 15.04.2022
- [2] Police Academy. https://www.pa.edu.tr/upload/editor/files/trafik_kaza_ve_denetim_istatistikleri.pdf , Last Access Date: 15.04.2022
- [3] J. Piao & M. McDonald (2008) Advanced Driver Assistance Systems from Autonomous to Cooperative Approach, *Transport Reviews*, 28:5, 659-684, DOI:10.1080/01441640801987825
- [4] Venhovens, P., Naab, K. and Adiprasito, B. (2000) Stop and go cruise control, FISITA World Automotive Congress, Seoul, 12–15 June.
- [5] D. Gerónimo, A. M. López, A. D. Sappa and T. Graf, "Survey of Pedestrian Detection for Advanced Driver Assistance Systems," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, no. 7, pp. 1239-1258, July 2010, doi: 10.1109/TPAMI.2009.122.

- [6] M. Park, S. Lee, W. Han, “ Development Steering Control System for Autonomous Vehicle Using Geometry- Based Path Tracking Algorithm”, ETRI Journal, vol. 37, pp. 617-625., June 2015, doi.org/10.4218/etrij.15.0114.0123.
- [7] K. Aki, A. E. Dirik, “Deri Öğrenme Tabanlı ve PID Kontrol Tabanlı Sürücüsüz Araç Sistemleri”, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, vol. 8, no.5, pp. 306-316,2020, doi: 10.21923/jesd.829598
- [8] A. Arıkan *et al.*, "Control method simulation and application for autonomous vehicles," 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/IDAP.2018.8620918.
- [9] E. Pekdemir, M. Güneş, “Otonom Bir Mobil Robotun Parçacık Sürü Algoritması ile Optimum Yörünge Kontrolü”, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(3),2016.
- [10] Ö. Küçük, E.m Yavşan, B. Gökçe, “ Otonom Tabanlı İşaret ve Şerit Tanıma Amacı ile Bir Öğrenme Sisteminin Geliştirilmesi”, vol 13, issue 3, 19-25, 2021, doi: 10.29137/umagd.1037237
- [11] Mitchell, W., Staniforth, A., and Scott, I., "Analysis of Ackermann Steering Geometry," SAE Technical Paper 2006-01-3638, 2006, <https://doi.org/10.4271/2006-01-3638>.