



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 2A0056

TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: May 2010
Accepted: July 2010
Series : 2A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Mahmut Ünalı

Fatih Aydın

Selcuk University
munaldi@selcuk.edu.tr
faydin@selcuk.edu.tr
Konya-Turkey

OTOMOBİLLERDE YENİ AKTİF GÜVENLİK SİSTEMİ: ADAPTİF FAR SİSTEMİ

ÖZET

Geçmişten günümüze otomobil farları için önemli teknolojik gelişmelerden biri Xenon farların icat edilmesidir. Xenon farların gece görüş yeteneği halojen farlara göre daha iyidir. Xenon farlar, trafik yoğunluğuna, taşıtın yönlendirilmesine ve hızına bağlı olarak adım motorları ve elektronik devreler sayesinde aşağı-yukarı hareket edebilir hale getirilmiştir. Farların oluşturduğu ışık deseni, direksiyonunun çevrilme miktarına (yönlendirme) ve taşıt hızına bağlı olarak değişebilir. Hareket edebilen farlar sürücüye daha fazla güvenlik, daha çok görüş kabiliyeti ve geceleyin veya görüş imkanının az olduğu durumlarda daha az kaza riski sunar. Bu çalışmada, karanlık veya görüşün yetersiz olduğu ortamlarda kaza meydana gelmesini önlemek için geliştirilen hareket edebilen far sistemlerinin çalışmasından ve sistemin güvenliğe etkilerinden bahsedildi.

Anahtar Kelimeler: Far, Adaptif Far, Aydınlatma, Halojen, Xenon

NEW ACTIVE SECURITY SYSTEM IN AUTOMOBILES: ADAPTIVE HEADLIGHT SYSTEM

ABSTRACT

In automotive history one of the important technological developments for automobile headlight has been to invent the Xenon headlights. Xenon headlights have a better night vision capability than halogen headlights. Xenon headlights have been made moving up and down thanks to stepper motors and electronic circuits, depending on traffic intensity, vehicle steering and vehicle speed. The lighting pattern which is formed by the headlights can change depending on the amount of steering input and the speed of the vehicle. Movable headlights provide the driver with greater security, more visibility and decrease the number of night time accidents when driving at night or when visibility is poor. In this study, moving headlight systems, which were developed in order to prevent accidents at night, and their functioning and their impact on vehicle security system were mentioned.

Keywords: Headlight, Adaptive Headlight, Illuminate, Halogen, Xenon

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İlk otomobillerde aydınlatma için kullanılan cihazlar, ışık şiddetlerinin zayıf olması sebebiyle sadece otomobilin diğer sürücüler ve yayalar tarafından fark edilmesi için kullanılmaktaydı. Farlar konusunda teknolojik olarak en büyük gelişme elektrik kullanımına geçilmesi sonrasında çift filamanlı ampul ile 1950'lerin başında uzun-kısa huzmeli (ışık demetli) farların bir arada bulunduğu ilk asimetric lambanın icat edilmesi olarak sayılabilir. Günümüzdeki çoğu aracın farlarında kullanılan ve normal ampullerden daha az enerji harcarıp daha fazla ışık şiddeti verebilen halojen ampuller 1980 yılında icat edilmiştir. Ampulü içerisinde halojen, iyot, brom ve diğer gaz karışımları bulunan halojen farın tercih edilme sebebi maliyetinin düşük ve bakımının kolay olmasıdır. Halojen far ampulü içerisinde bulunan Tungsten tel (filaman) üzerinden akım geçerken telin ısısı 3000 °C'a kadar çıkabilir ve burada harcanan enerjinin ancak %10 kadarı ışığa dönüşebilir. Halojen farın icadından sonra ampulün içerisine değişik gazlar konularak değişik özelliklere sahip ampuller geliştirildi. Bu tür ampullerden biri olan xenon far 1990 yılından itibaren otomobillerde kullanılmaya başlandı. İçerisi özel bazı metalik gazlarla dolu olan xenon far ampulünde iki elektrot arasında sıçrayan ark ile ışık elde edilir (Şekil 1). Bu sayede halojen ampullere göre 2,5 kat daha fazla (yaklaşık 3200 lümen) ışık verebilmekte ve kullanım ömrü de 5 kat (yaklaşık olarak 3000 saat) daha fazladır [1].



Şekil 1. Halojen filamanı ve xenon arkının görünüşü [21]
(Figure 1. The appearance of halogen filament and xenon arc [21])






Şekil 2. Halojen ve xenon farların görünüşü [2]
(Figure 2. Appearance of halogen and xenon headlights [2])

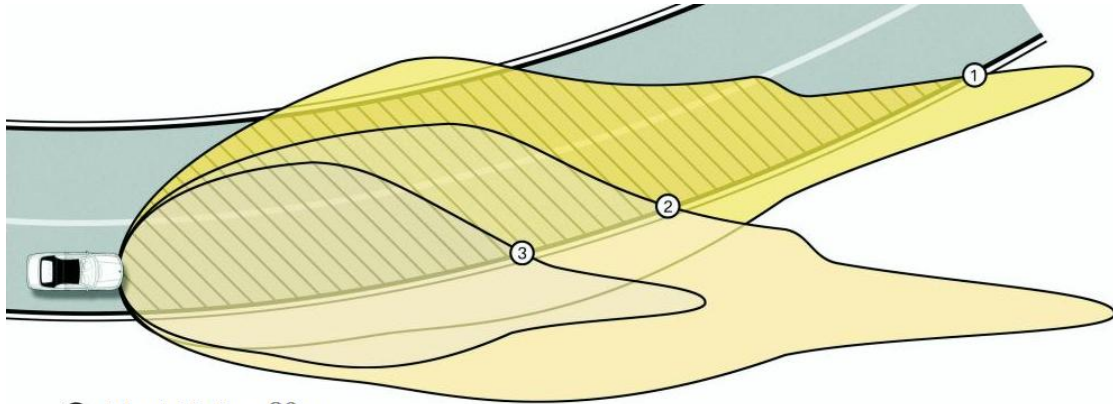
Xenon farların normal farlara göre %15 oranında gün ışığına daha yakın bir ışıması mevcuttur ve bu nedenle Xenon farlar standart farlara kıyasla sürücü için daha iyi ve net bir aydınlatma sağlamaktadır (Şekil 2). Xenon ampulün ısınma süresinin uzun olması ve karşıdan gelenlerin gözlerini kamaştırması sebepleriyle Xenon far genellikle kısa far olarak kullanılırken uzun far huzmesi için Halojen

far reflektörü ve ampulü kullanılmaktadır. Bi-Xenon olarak isimlendirilen farlarda ise elipsoidal projektörün önündeki hareketli siper küçük bir motor ile yukarı-aşağı hareket ettirilerek tek Xenon ampül ile kısa-uzun far geçişi sağlanmaktadır [1].

Farlar için önemli bir özellik olan Renk Sıcaklığı, ışığın renginin ve insan gözüne etkisinin belirtilmesi için kullanılmaktadır. Renk sıcaklığının birimi Kelvin (K)'dir. Xenon farlarda renk sıcaklığı değeri 3300-5000 K aralığındadır. Renk sıcaklık değerinin yüksek olmasıyla ışığın şiddeti (parlaklığı) arasında herhangi bir ilişki yoktur. Renk sıcaklığı arttığında ışıktaki mavi renk oranı artarken kırmızı renk oranı azalır. Renk sıcaklık değeri arttıkça ışığın göze yaptığı etki yani kamaştırma etkisi azalır ve böylece göz yorgunluğu daha az oluşur. Üç gruba ayrılan renk sıcaklığı değerleri ve bunların insan gözüne etkileri Tablo 1'de verilmiştir [3]. Göz kamaşması özellikle geceleyin seyahat eden sürücüler için tehlikeli bir durum oluşturmaktadır ve sürücünün dikkatinin dağılarak araç hakimiyetini kaybetmesine sebep olabilmektedir.

Tablo 1. Renk sıcaklığı grupları ve göze etkileri [3]
(Table 1. Groups of color temperature and its affects to eyes [3])

Renk Sıcaklığı	Renk		Etki
5000K ve üstü	Günüşiği beyazı		Daha fazla mavi Azalan göz hassasiyeti
5000K - 3300K	Doğal beyaz		Daha fazla beyaz Uygun değer göz hassasiyeti
3300K ve altı	Sıcak beyaz		Daha fazla kırmızı Artan göz hassasiyeti



- ① Adaptif far 89m
② Xenon 65m
③ Halojen 53m
-  Aydınlatılan alan

Şekil 3. Farklı farların aydınlatabildiği alanlar [4]
(Figure 3. Illuminated area of different headlights [4])

Otomobillerinin aydınlatma sistemi gereksinimleri diğer sistemlerde olduğu gibi çok tercihlidir. Bunlardan bazıları; geceleyin veya görüşün yetersiz olduğu koşullarda araç kullanırken otomobil farının oluşturacağı ışık deseni yeterli genişlikte ve uzunlukta olmalıdır. Ayrıca ışık şiddeti de karşıdan gelenlerin gözlerini kamaştırmayacak şekilde ayarlanabilmeli ve güvenlik açısından gündüz farı olmalıdır. Trafiğin durumuna göre sürücü, görüş alanını

artırabilmek için kısa huzmeli farlar yerine uzun huzmeli farları kullanmaktadır. Otomobilin farından çıkan ışık konisinin şekli, alanı ve kesit çizgisi karşıdan gelenleri rahatsız etmeyecek şekilde tasarlanmaktadır. Yapılan tasarımlarda standart farların kısa-uzun huzmeli farlarının aydınlatma mesafeleri (ışık konisi şekilleri) sabit olmaktadır (Şekil 3). Bu tip farlarda önceden farlarda ayarlama yapılarak ışık konisi şekli imkanlar dahilinde ayarlanabilmektedir. Fakat aracın düz bir zeminde hareket etmeyip sürekli olarak yoldan gelen titreşimlere maruz kalması sebebiyle zamanla far ayarı bozulmaktadır [5].

Otomobilde sürüş güvenliği açısından önemli unsurlardan biri olan farlar, gece sürüş kabiliyetini artırmanın yanında artık gündüzleri (hava güneşli iken) de kullanılmaya başlanmıştır. Gündüz farı olarak isimlendirilen bu çalışma konumu, kısa-uzun far huzmesinden farklı bir ışık demeti oluşturmakta ve bazı model araçlarda motor çalıştığı anda otomatik olarak aktif hale geçmektedir (Şekil 4). Gündüz farı konumunun olmadığı araçlar içinse güvenliği artırmak ve trafik kazalarını azaltmak için çeşitli firma ve kurumlar tarafından sürücülerin farlarını gündüzleri de geceleri olduğu gibi açık tutmaları için reklam ve promosyon çalışmaları yapılmaktadır.

Dönme hareketi yapabilen ilk otomobil farı 1948 yılında icat edilmesine rağmen ancak 2003 yılından itibaren otomobillerde kullanılmaya başlanmıştır [6,7]. İcat edilmesi ile kullanımı arasında uzun süre olmasının en büyük sebepleri arasında otomobil üreticilerinin satış politikaları ve güvenliğe verilen önemin etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Gündüz farı [22]
(Figure 4. Daytime headlight [22])

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada geçmişten günümüze otomobillerde kullanılan far sistemlerinin gelişimine değinilmiş ve sistemin geldiği son nokta olarak otomobilin yönlendirilmesine uygun hareket edebilen adaptif far sisteminden bahsedilmiştir. Sistemin sürüş güvenliği açısından önemi belirtilerek, sistem tanıtılmıştır.

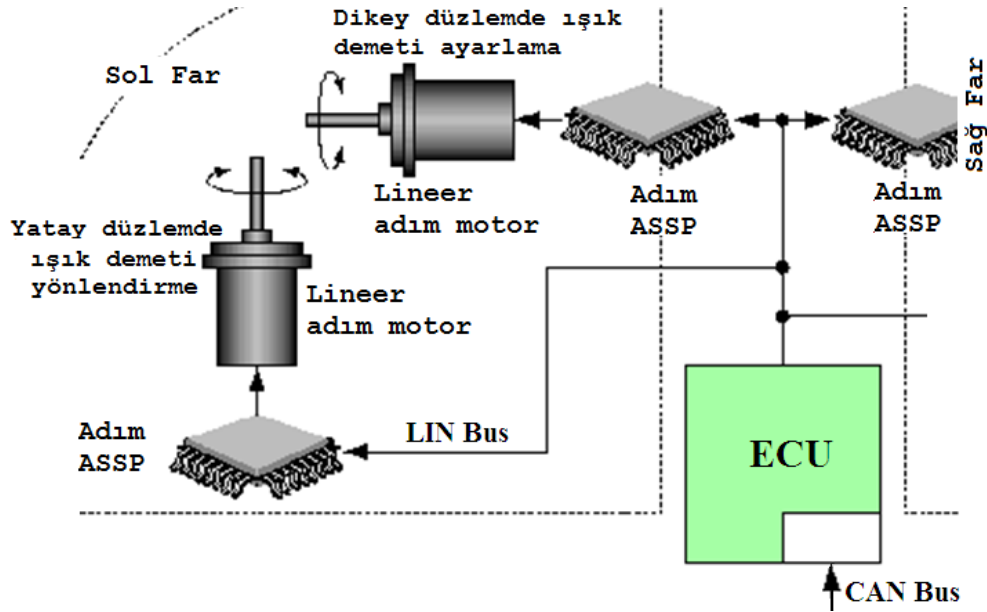
3. ADAPTİF FAR SİSTEMİ (ADAPTİVE HEADLIGHT SYSTEM)

Otomobilin yönlendirilmesine uygun olarak hareket edebilen teknolojik olarak gelişmiş farlar farklı firmalar tarafından farklı uygulamalarla ve isimlerle tüketiciye sunmaktadırlar. Yeni teknoloji ve güvenlik ile alakalı olan bu sistem, üst segment araçlarda standart paket diğer segmentteki araçların çoğunda ise seçenekli satış sınıfında tüketiciye sunulmaktadır. Hareketli far sisteminin taşıtlarda kullanılan en basit

uygulaması far yükseklik ayarının el ile yapılanı olup en gelişmiş uygulamasında ise taşıt sensörlerinden sistem ECU'ne gelen verilere GPS'den (Global Positioning System) gelen veriler de dahil edilmektedir.

Avrupa'da yapılan birçok bilimsel ve özel araştırma sonucuna göre gece kaza yapma oranının yüksek olması ve bu kazaların önemli kısmının yetersiz aydınlatma sebebiyle gerçekleşmesinden dolayı otomobil üreticileri kazaları önlemeye yardımcı olması için çalışmalarını far sisteminin teknolojik olarak geliştirilmesi üzerine yoğunlaştırdılar. Bu nedenle gece/gündüz kaza oranlarını düşürebilmek için farların mevcut işlevselliğini ve görüş mesafesini iyileştirerek sürücü-yaya güvenliğini artırmayı amaçlayarak ar-ge çalışmalarına hız verdiler. Bu çalışmaların sonucunda farklı uygulamalarla farklı tip adaptif far sistemleri ortaya çıktı [8,9].

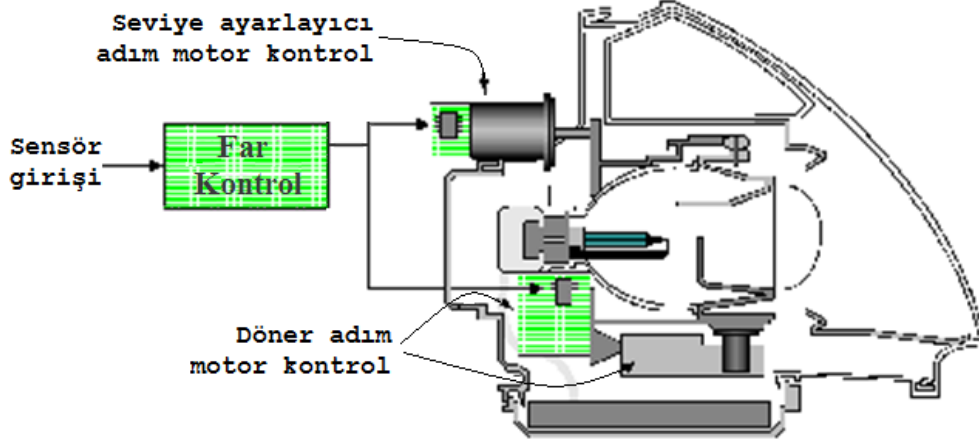
Adaptif far sistemi, otomobil viraj alırken veya kavşaktan dönerken otomobil farlarını direksiyon ile koordineli olarak çalıştırarak yol yüzeyinin daha geniş alanlarının aydınlatılmasını sağlayan bir sistemdir [10]. Adaptif far sisteminin en önemli parçaları ECU, adım motorları, sensörler ve veri iletim yollarıdır. Adaptif far sistemi ve taşıtın çeşitli sensörleri arasındaki veri iletimi LIN (Local Interconnect Network) Bus ve CAN (Controller Area Network) Bus aracılığıyla gerçekleştirilir. CAN Bus veri yolu sensörlerin gönderdiği bilgilerin ECU'ya iletilmesini sağlarken ECU'dan gönderilen veri LIN Bus veri yolu aracılığıyla adım motorlarına iletilir ve far kontrolü sağlanır (Şekil 5) [8].



Şekil 5. Adaptif far sisteminde veri iletimi [8]
(Figure 5. Data transfer on adaptive headlight [8])

Her farın içerisinde iki adet adım motoru vardır; bunlardan biri yatay düzlemdeki diğeri dikey düzlemdeki ışık demetini kontrol eder. Far ECU'su, taşıtın hareketine uygun olan far açılarını belirlemek için taşıtın süspansiyon, savrulma, direksiyon açısı ve hız sensörlerinden verileri toplar. Bir çift adım motoru ASSP'si (Application Specific Standard Product) ECU'dan gelen yüksek-seviyeli ayarlama emirlerini yükseklik ve dönme açısı olarak gerekli sinyallere

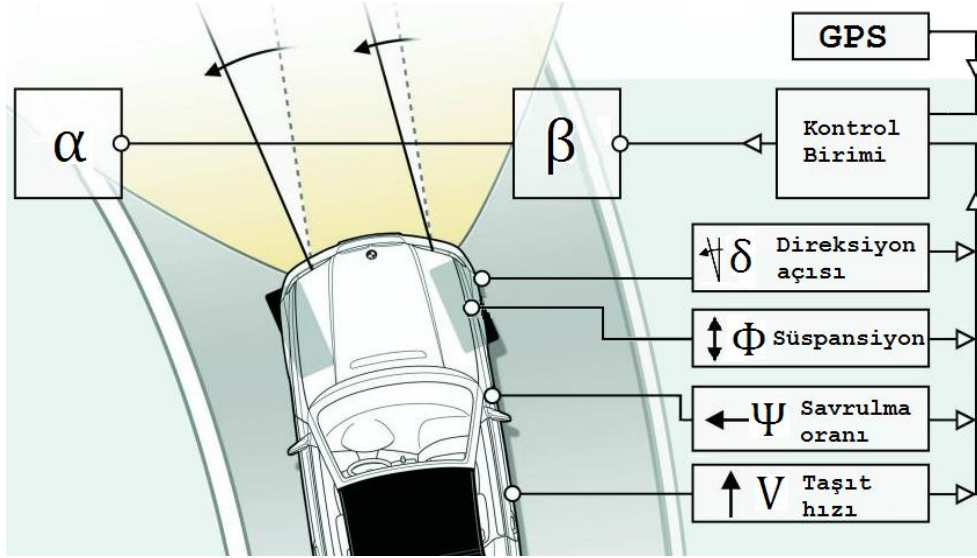
dönüştürerek adım motorlarına gönderir. Bu sayede otomobil farında ışık huzmesi ayarlanmış olur. Adım motorları far ayarlamaları için düşük maliyetli, dayanıklı, ölçülerine göre yüksek torklu olmaları ve doğru konumlanmaları için geri-besleme sinyaline gerek olmaması sebebiyle kullanılan elemanlardır [8].



Şekil 6. Adaptif far sisteminde motor kontrolü [8]

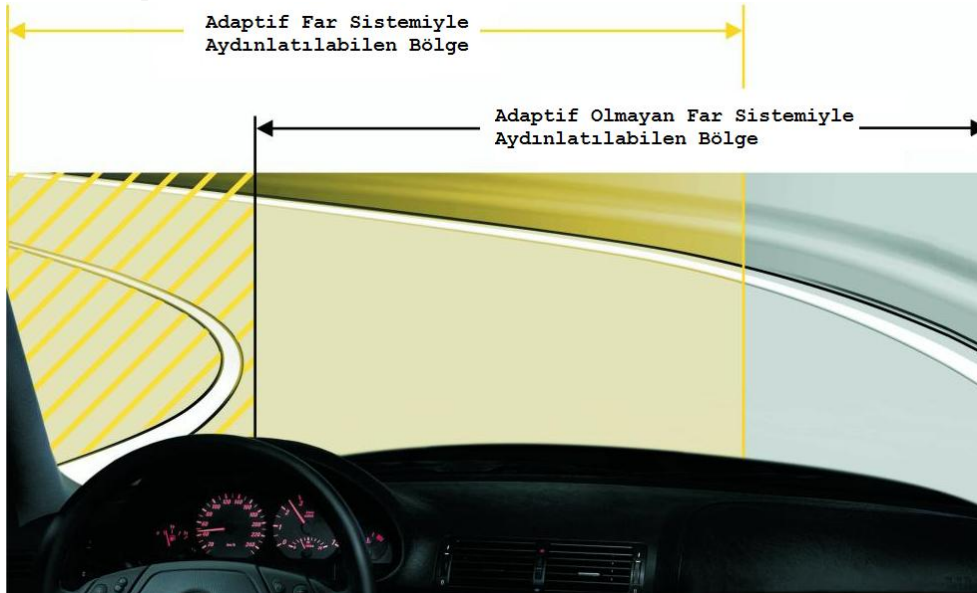
(Figure 6. Control of stepper motor on adaptive headlight system [8])

Direksiyon açısı, taşıt hızı, taşıtın yoldan sapma (savrulma) ve süspansiyon sensörleri ile GPS uydu navigasyonu ve dijital yol haritalarından gelen veriler sistemin girişlerini, adım motorların hareket miktarları ise sistemin çıkışlarını oluşturmaktadır. Sistemdeki ECU giriş değerlerine uygun olarak sağ ve sol farların adım motorlarına farklı döndürülme dereceleri ile döndürülme hızları belirleyerek adım motorlarının ASSP'sine gerekli sinyalleri gönderir (Şekil 6-7). Sistem ECU'suna gelen giriş sinyallerine göre otomobil farının ışık deseni (biçimi, örüntüsü) yanında ışık şiddeti de değişebilir. Sistem taşıtın direksiyon açısına, yoldan sapma oranına ve hızına göre gerçek zamanlı olarak cevap verebilir. GPS ve dijital yol haritası donanımı olan adaptif far sistemlerine sahip araçlarda sürücü direksiyonu çevirmeden önce yol şartlarına göre adaptif far sistemi dijital yol haritası ve GPS tarafından uyarılarak ışığın şiddeti ve aydınlatılan bölge yolun eğriliği de dikkate alınarak araç viraja girmeden far ayarlaması yapılır [7,11].

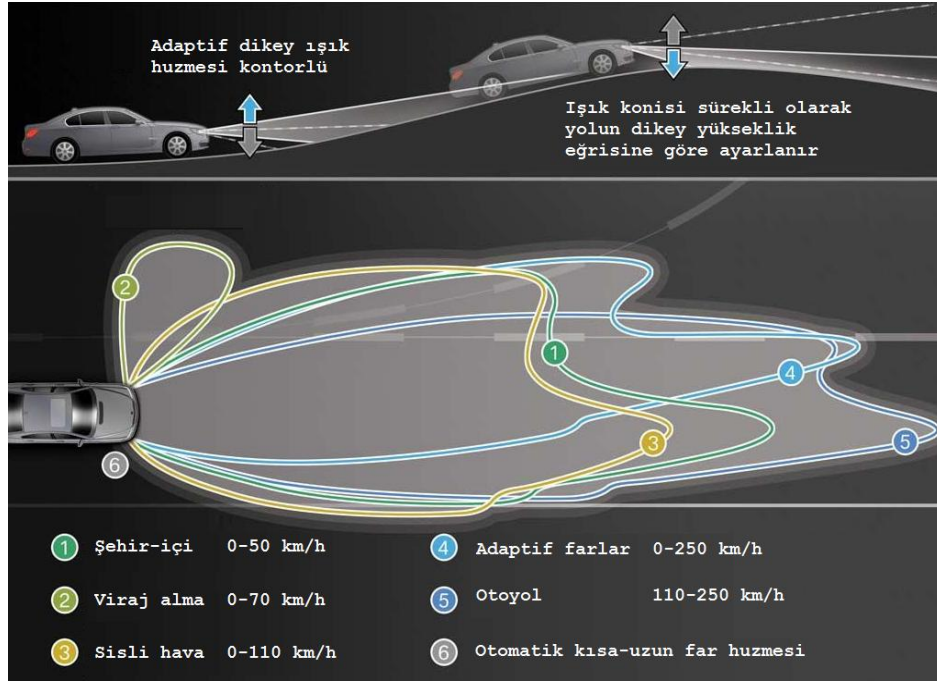


Şekil 7. Adaptif far sistemi girişleri ve çıkışları [12]
(Figure 7. Adaptive headlight system inputs and outputs [12])

Gelişmiş adaptif far kontrol sistemine ait önemli parçalarından biri de iç dikiz aynasının önüne yerleştirilen kamera sensörüdür. Bu sensörün çektiği resimlere görüntü işleme tekniği uygulanarak trafik yoğunluğu derecelendirilmektedir ve ECU'ya gönderilen bu veriler sistemin diğer girişleriyle birlikte yorumlanarak trafik yoğunluğu ve yolun virajı ile eğimi azlık-çokluğa göre derecelendirilir. ECU'nun adım motorlarına gönderdiği veriye göre farlar aşağıya-yukarıya belirli açı ve hızlarla dönerek sürücünün görüş mesafesini maksimuma çıkartır. Yani dikiz aynasındaki kameranın verilerine göre uzun-kısa far huzmesi ayarlanır (Şekil 9).



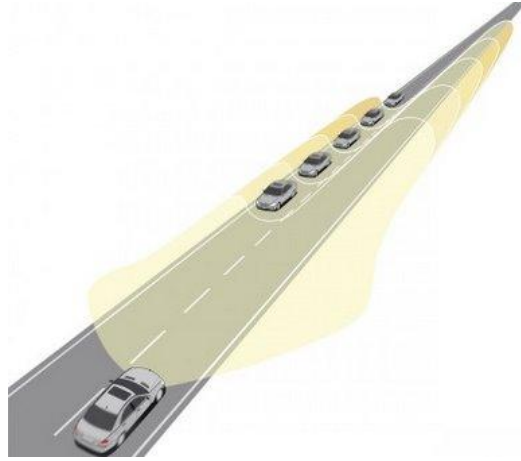
Şekil 8. Adaptif olan ve olmayan farların aydınlatma alanları [12]
(Figure 8. Areas that can be illuminated by adaptive and non-adaptive headlights [12])



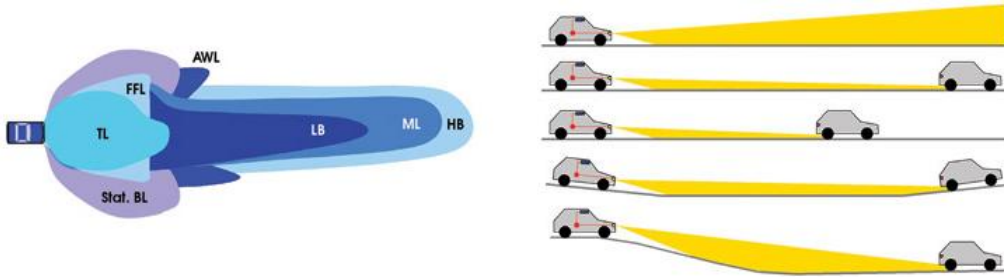
Şekil 9. Adaptif far sisteminin çalışması[13]
(Figure 9. Adaptive headlights details [13])

Kamera sensörünün etki alanı içerisinde herhangi bir farklılık olmadığında Adaptif Far Kontrol sistemi uzun huzmeli farları aktif hale getirerek sürücünün görüş alanını artırır. Ters durumda ise trafik yoğunluğundaki farklılıklara göre farların kısa huzmeli olarak aydınlatma yapmasını sağlayacak şekilde sistem motorlarını kontrol eder. Gerekli durumlarda ise karşıdan gelenlerin gözlerinin kamaşmaması için farların ışık şiddeti düşürülebilir (Şekil 10) [5].

Standart farlarda kısa far huzmesinin aydınlatma mesafesi 25-40 metre uzun far huzmesi ise 100-150 metre arasında değişirken kısa ve uzun far seçenekleri arasında sürücü tarafından geçiş yapılır. Adaptif far sisteminde ise kısa-uzun far geçişi yapan bir düğme/kol yoktur, sürücü sadece farı aktif hale getirir veya kapatır. Bazı uygulamalarda ise farlar otomatik olarak açılıp-kapanmaktadır. Sürücünün uzun-kısa far geçişi yapamadığı bu sistem sayesinde sürücü tüm dikkatini yola verebilir. Güçlü görüntü alma sensörleri ve görüntü işleme yazılımı kullanılan adaptif far sistem sayesinde trafik yoğunluğuna göre farın aydınlatma menzili 30 metreden 800 metreye kadar çıkabilir. Adaptif far sistemi trafik yoğunluğunun az olduğu yolda taşıt hızı da göz önünde bulundurularak farı 800 metre mesafeyi aydınlatabilecek konuma ayarlar ve bu mesafe içerisinde bir araç tespit ettiğinde bir kaç milisaniye içinde aydınlatma mesafesini bu araca göre Şekil 10'daki gibi ayarlayabilir. Standart farlarla en fazla 150 metre kadar ilerideki yayalar görülebilirken, adaptif far sistemi sayesinde 260 metre ilerideki yayalar görülebilmektedir [14].



Şekil 10. Trafik yoğunluğuna göre farın aydınlatma mesafesinin ayarlanması [20]
(Figure 10. Adjustment of the illumination distance according to the traffic intensity[20])



Şekil 11. Adaptif far sisteminin oluşturabileceği ışık desenlerinin kesit görüntüleri [16]
(Figure 11. The cross sectional views of light patterns which is formed by the adaptive headlight system [16])

Adaptif far sistemleri otoyol, şehiriçi gibi yol koşullarına, taşıt hızına ve yağmur ya da sis gibi hava koşullarına uygun aydınlatma yapılabilen değişik çalışma modlarına sahip olabilmektedir. Şekil 11'de adaptif far sistemine sahip bir aracın farklı çalışma modlarında aracın ön kısmında oluşturabileceği ışık desenleri (dağılımları) kuşbakışı ve trafik ile yol topografyasına bağlı olarak değişebilen kesit görüntüleri gösterilmektedir. Şekil 11'deki kısaltmalar; TL= Şehir-içi ışık, FFL= Ön sis ışığı, AWL= Kötü hava ışığı, Stat.BL= Sabit viraj ışığı, LB= Kısa ışık, ML= Otoyol ışığı ve HB= Uzun ışık. Işık huzmesi düz yolda ve trafik olmadığı durumda maksimum mesafedeyken yol eğimine ve öndeki araçla olan mesafeye bağlı olarak aydınlatma mesafesi otomatik olarak azaltılır (Şekil 10-11). Adaptif far sistemi karşıdan gelen trafiği algılayarak dikey ışık dağılımını sınırlandırır [15,16].

Adaptif far sistemi uygulamalarının en gelişmiş olanları otomobil sensörlerinden gelen bilgiye ek olarak GPS'den faydalanan ve ayrıca otomatik olarak açılıp-kapanabilen far sistemleridir. Bu sistemlerde araç önden az hasarlı kaza yaptığı veya far kısmına darbe aldığı anda sistemdeki seviye sensörü sayesinde adım motorlarına gerekli açılar verilerek uygun aydınlatma sağlanır. Ayrıca bu sistem sayesinde taşıtla engebeli yollarda hareket esnasında oluşan sellektöre benzer hareketlerin oluşması da önlenmektedir [16].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

1948 yılında icat edilmesine karşın o zamanki teknolojik yetersizlikler, ihtiyaçlar ve satış politikaları hareket edebilen farların kullanımını engellese de günümüzdeki teknolojik ilerlemeler, üretici/tüketici istekleri ve üst düzey güvenlik isteği sebepleriyle farlar, taşıtın yönlenmesine uygun olarak hareket edebilir hale getirilmiştir. Adaptif farların geliştirilmesinde en büyük etken güvenliğin artırılması isteğidir. Çünkü Avrupa ve Amerika'da yapılan bilimsel veya özel araştırmalar geceleri ve kapalı havalarda kaza yapma oranlarının %45-50 ve bu kazaların %20-30'unun ölümle sonuçlanmış olması otomobil firmalarının ar-ge bölümlerini geceleri meydana gelen kazaların azaltılması için yapmaları gerekenleri belirlemeye yöneltmiştir. Yaptıkları araştırmalar sonucunda gece kazalarının sebepleri arasında dikkatsizlik ve görüş yetersizliğinin öne çıkması dikkatleri taşıtın dış aydınlatma sistemi olan farları üzerine yoğunlaştırdı. Bundan dolayı kapalı havalarda sürücülerin görüş alanını artırmak için taşıtın yönlendirilmesine göre hareket edebilen adaptif far sistemleri geliştirildi. Günümüzde halen gelişmekte olan adaptif far sistemleri sensör, kamera, GPS ve dijital yol haritası verilerine göre işlem yapmaktadır.

2007 yılında İngiltere'de yapılan ve 140.000 kişinin katıldığı ankette "Sizce otomobildeki en büyük 100 buluş nedir?" sorusuna; katılımcılar sürücü ve yolcuları kazalarda korumaya yönelik geliştirilen güvenlik unsurları, yakıt tasarrufu veya güç sağlayan motorlar ve dünyanın kurtarıcısı olabilecek çevreci teknolojiler yerine tercihlerini klima, kedi gözü (yol şeritleri ve yol kenarındaki bariyerleri belli eden fosforlu küçük parçacıklar) ve ABS (Antilock Braking System) fren sistemini ilk üç sırayı alacak şekilde yaparlarken far sistemi yerine Xenon lamba ancak sonlara doğru listeye girebilmiştir [17]. Bu anket gösteriyor ki hala trafikteki güvenlik konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip değiliz. Bu sebeple insanların araç veya yaya güvenliği konusunda bilinçlendirilmesi konusunda ilköğretim seviyelerinden başlanarak yazılı ve görsel medyada promosyonlar yapılarak destek verilmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. <http://www.geceucusu.com/>, 2009.
2. Megep, 2006. Motorlu Araçlar Teknolojisi, Gövde Düzeltme 3, Ankara.
3. <http://tvcapture.eu/root/motorlu-tasitlar/51685-degisken-far-sistemleri.html>, 2009.
4. http://www.usautoparts.net/bmw/technology/9943_1024.jpg, 2009.
5. Datum N., 2007. "Test of an Adaptive Headlight Control", www.ika.rwth-aachen.de
6. <http://www.smartmotorist.com/car-accessories-fuel-and-maintenance/history-of-modern-lighting.html>, 2009.
7. http://wikicars.org/en/Directionally_Adaptive_Headlights, 2009.
8. Carl Falcon, 2005. "Stepper Motors Assist Adaptive Headlights", <http://www.automotivedesignline.com/howto/159900610;jsessionid=QI3QF0JX1X5KHQE1GHPSKHATMY32JVN?pgno=1>.
9. http://www.ce.rit.edu/research/projects/2003_fall/rt_headlight/Design_Review.ppt, 2009.
10. <http://world.honda.com/CSR/html/safety/active/index.html>, 2009.
11. Erjavec J., 2005. "Automotive Technology: A Systems Approach", 4. Baskı, Cengage Learning, ISBN: 9781401848316.

12. http://www.usautoparts.net/bmw/technology/9942_1024.jpg, 2009.
13. <http://image.internetautoguide.com/f/auto-news/overview-of-the-bmw-7-series-adaptive-headlight-technology/12403981+crl+re0+arl/bmw-7-series-adaptive-headlights-details.jpg>, 2009.
14. Richter M., 2009. "Illuminate The Road In An Optimum Manner In Every Situation", Company Spokesman, www.hella.com.
15. <http://www.otomotivbilgi.com/haberdetay/108-Opel-insigniadaki-adaptif-far-sistemi-AFL.html>, 2009.
16. Decker D. , 2009. "The Optics Lighting", Hella KGaA Hueck & Co., Lippstadt, Germany.
17. Levent Köprülü, "En büyük buluş hangisi?", Milliyet gazetesi, 28.5.2007.
18. Wördenweber, B., Wallaschek J., Boyce P., Hoffman D., 2007. "Automotive Lighting and Human Vision", Springer, ISBN: 978-3-540-36696-6
19. <http://www.hella-press.de>, Ekim 2009.
20. <http://www.automoblog.net/2008/09/24/mercedes-adaptive-high-beam-headlights>, Mart 2010.
21. http://www.licht.de/fileadmin/02_Automotive/Bilder/Xenon_HID_Lic htbogen_engl.jpg,
http://www.licht.de/fileadmin/02_Automotive/Bilder/Halogenwendel _engl.jpg, Mart 2010.
22. http://www.bmwjamaica.com/showroom_caribbean/en/newvehicles/1series/convertible/2007/allfacts/ergonomics/adaptive_headlights.html, Mart 2010.