

Akıllı Yol Sistemleri Uygulaması

¹Hakan Aslan and * ²Doruk Özdemir

¹ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, ² Çanakkale Belediyesi, İnşaat Mühendisi, Türkiye

Abstract

In this project, gradual transition to smart road systems were analyzed with respect to costs, benefits and clean energy production. In prototype project design, electronic circuits were built in PIC programming. The essential aim of this study is to develop a panel system to be located on critical points of the road systems considering the changing traffic and weather conditions in order to increase the comfort and traffic safety through the use of led-light systems. The system is thought to play an important role for the mid and long-term future safety strategies of the highway system in Turkey.

Key words: Smart roads, blackspots, road safety, traffic operation

1. Giriş

Ulaşım sistemlerinin performansı; kişisel hareketlilikte, ticaretle ve tüm ulusların ekonomik gelişimi ile refahında hayati bir öneme sahiptir. Bu anlamda bakıldığında, Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin (AUS) kullanılması ile çözüme ulaştırılabilecek önemli miktarda problem, ulaşım sistemlerinde bulunmaktadır.

Akıllı Ulaşım Sistemleri en genel anlamda bakıldığında, trafik ve yol durumuna ait bilgilerin toplanması, analiz edilmesi ve transfer edilmesi ile, yolcu ve kargo taşımacılığı hareketliliğini iyileştiren, geliştiren, daha güvenli hale getiren ekipmanlar, sistemler ve prosedürlerle ilgilenmektedir. Dolayısıyla kompleks ve intermodal AUS'nin dizaynı ve işletimi, farklı disiplinlerden elde edilecek detaylı bilgilere ve analizlere ihtiyaç duyacaktır. İnşaat mühendisleri, elektrik-elektronik mühendisleri, endüstri mühendisleri, makine mühendisleri, trafik planlayıcıları ve yazılımcılar, yol ve sürüş güvenliğinin iyileştirilmesinde, AUS sistemlerinin geliştirilmesinde ortak çalışma alanlarına sahip disiplinler olarak öne çıkmaktadır.

AUS teknolojileri trafiğin, mevcut şartlara ve trafik ortamına göre ayarlanmasına, daha esnek ve dinamik bir yapıda olmasına imkan sağlamaktadır.

Yol ve Trafik güvenliğinde kullanılan akıllı ulaşım sistemleri, sürücülerin sürüş görevlerinde onlara destek olmak için kullanılarak, daha az hata yapmalarını sağlamakta ve yanlış

tercihlerde bulunmaları engellenmeye çalışılmaktadır. Bu sistemler **Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri** olarak bilinmektedir.

Akıllı Ulaşım Sistemleri, sistem tipleri olarak ele alındığında şunlardan bahsedilebilir.

- Araç dışındaki veri kaynakları ile etkileşim ve iletişim halinde olmayan araç içi sistemler
- Özel araçlarla iletişim halinde olmayan yol kenarı sistemleri
- Araçlar arasında ve araçlarla diğer veri kaynakları arasında etkileşimi sağlayan sistemler

Bu listede bulunanlar arasında, son sistemler, sistem tipleri arasında en sofistike olan sistemlerdir, zira bu sistemler son dakika bilgilerini derleyip, analiz edip sürücülere sunabilmektedirler. Hava durumu bilgileri, uygulamada olan anlık hız limitleri, yolun ileriki bölümlerinde olan tehlikeli durumlar vb gibi bilgiler, bu sistem kategorilerinde ele alınan veriler olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada temel olarak yağmur işareti, buzlanma işareti ve yavaş gidiniz uyarı mesajlarının dinamik trafik ve hava koşulları dikkate alınarak, gerçek zamanlı sürücü uyarı sistemleri olarak kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

Önerilen sistem güncellenebilir ve değiştirilebilirdir. Gerekli olması halinde, örneğin, belli noktalarda araç sayımı yapılacaksa bu sistemin içine x-ray dedektörü koyulabilmekte ve gerekli akım parametrelerine dönük veriler elde edilip, sistem güncellenebilmektedir. Kablosuz sistem yöntemiyle uygulama ana merkezden kontrol edilebileceği için, yeni özellikler programa kolayca entegre edilebilmektedir.

Işıklı veya konvansiyonel ikaz ve uyarı levhaları ile önerilen sistem arasındaki en temel fark, önerilen sistemin, değişken trafik ve hava koşulları dikkate alındığında çok daha etkin ve yol güvenliğine katkıda bulunucu bir özellik taşımasıdır.

2. Akıllı Yol Sistemleri

2009 yılında küresel ısınma raporunun önem kazanması ile güneş enerjisi üreten yollar gündeme gelmiştir. Asfalt gibi petrol kaynaklı yol için gerekli malzemelerin birim maliyetinin artması ve çevresel kaynaklı etmenler, alternatif kaynakların aranması sonucunu doğurmuştur.

2009 yılında American Federal Highway Administration-FHWA, “ *Solar Roadway – Güneş Enerjili Yolar* ” alanındaki çalışmaları birinci öncelikli proje olarak kabul edip prototipini oluşturmuştur. Zaman içinde projesi, teknolojisi ve yapımı farklı yaklaşımlarla daha da geliştirmiştir [1].

Fosfor katkılı özel şerit boyalarıyla, gün boyu güneş ışığı absorbe edilerek hava karardığında ışık salınımı sağlanmıştır. Ayrıca “ *dynamic paint* ” adlı boyayla, hava sıcaklığının sıfır derecenin altına düşmesiyle yolda önceden boyanmış kar işaret ve sembolleri aktive edilerek

sürçülere gerekli uyarılar yapılabilir. [2].Van-Gogh-Roosegaarde Cycle Path yolu bu anlamda güzel bir örneklik teşkil etmektedir.

Fotocelli yol aydınlatma sistemleri vasıtası ile, yalnızca araç geçişi sırasında yol aydınlatması sağlanarak enerji verimliliği artırılmıştır. Bu tip sistemlerin gereksinim duyduğu enerji, yol kenarına döşenen küçük rüzgar gülleri ile sağlanmıştır. Bu sistem; araba geçişi sırasında oluşacak rüzgarın, rüzgar güllerini döndürmesiyle elektrik sağlamak ve akü yardımıyla bu elektriği depolamaktadır. Fotoceller arabanın gelişini algıladığında yol aydınlatmaları çalışmaya başlamakta, araba geçişi sona erdiğinde ise ışıklandırma tekrar sönmektedir. [3]

Ayrıca piezo kristal malzemenin asfalt altına döşenmesi ile, elektrikle çalışan arabalara öncelikli şeritlerin atandığı sistemler de kullanımdadır. Bu sistemler sayesinde, elektrikle çalışan arabaların bataryalarının azalması söz konusu olduğunda, araçların bu öncelikli şeritleri kullanmaları durumunda, sürtünmeden dolayı elektrik kazanımı olmakta ve araç hareket halinde kalarak kendi kendini şarj edebilmektedir [4].

Akıllı yolların en önemli avantajları güneş panelleri sayesinde temiz enerji üretebilmeleridir [1]. Bu suretle, yolun kendisi bir enerji koridoru olacağı için, enerji nakil hatlarında gerçekleşen enerji kayıplarının da önüne geçilmiş olacaktır. Mevcut sistemde kayıp oranı üretilen elektrik miktarının %7 sini oluştururken, akıllı yolların yapılmasıyla kayıp oranının %2 lere düşmesi söz konusu olabilecektir [5].

Yollarda, trafik işaretlemelerinin farkındalık oluşturma etkinliklerini artırarak trafik kazalarını gerek sayıları gereksede şiddetleri açısından azaltmak, dolayısı ile de can ve mal kayıplarını düşürmek mümkün olabilecektir. İngiltere’de bulunan bir kavşakta, güneş enerjili ışıklı şeritlerin ve işaretlendirmelerin kullanılmasıyla, gece yapılan kazalarda %70 oranında azalma temin edilebilmiştir [1].

Klasik bitümlü sıcak karışım (BSK) yollarının malzeme erişiminin kolay olması, yerel deformasyonlarının kolay tamir edilebilir olması, üzerlerine işaretlemelerin kolay yapılabilmesi, teknolojik yeniliklerden etkilenmemesi, uzun yıllar geçerliliğini koruması, teknolojik yollara göre ilk yatırım maliyetinin düşük olması bu tip yolların üstün özellikleri olarak ifade edilebilir. Akıllı yolların en temel dezavantajı ise, ilk yatırım ve altyapı maliyetinin konvansiyonel sistemlere göre daha yüksek olmasıdır. Bununla beraber, orta ve uzun dönemli işletme perspektifi dikkate alındığında, sağladığı can ve mal güvenliği, enerji tasarrufuna olan olumlu katkısı ve ithalat, ihracattan doğan cari açığı kapatmada ki rolü ile bu olumsuzluk ortadan kaldırılabilir.

3. Önerilen Akıllı Yol Sistemi.

Akıllı yol sistemlerinin temel parametreleri olarak hareketlilik verimliliği, çevresel performanslar, gelişmiş trafik kontrol stratejileri, uzun dönemli finansman çözümleri ile yol ve trafik güvenliği kazanımları sayılabilir [6].

Adwani et.all., Xbee ve GSM teknolojilerini kullanarak dijital sensörler sayesinde yol sisteminde ortaya çıkan heyelan, trafik tıkanıklıkları ve drenaj sorunları ile ilgili verilerin değerlendirilip sürücülerin uyarıldığı *WALT* sistemini geliştirmişlerdir [7].

Miller ve Zaloshnja yol geometrisinin ve malzeme kusurlarının trafik güvenliği ve ekonomisi üzerine olan etkilerini ortaya koyarak, akıllı sistemlerin bu anlamdaki önemini vurgulamıştır[8].

Bu makaledeki çalışma çerçevesinde geliştirilen akıllı yol sistemi, yağışlı ve karlı hava koşullarında trafik durumu da dikkate alınarak sürüş güvenliğini temin etmek adına, sürücü ve sistem kullanıcılarının yeni duruma göre algılama ve davranış pratiklerine dönük farkındalıklarını artırmak üzere geliştirilen yazılım ve uygulama bütünü olarak düşünülebilir.

Temel amaç, kullanılan ekipman ve geliştirilen yazılım sayesinde, görünürlük düzeyi yüksek led ışıklandırma sistemleri ile kaza riskini azaltacak, mümkünse tamamen elimine edecek, bir uyarı sisteminin gerçek zamanlı olarak yol kullanıcılarına sunulmasıdır.

3.1 Hava Durumu Bilgileri

Önerilen sistemde iki tip hava durumu tanımlanmıştır. Karlı havalar için kar işareti ve yağmurlu havalar için yağmur işareti göstergesine dönüşen uyarılar ledler yardımıyla sürücülere görsel etkinliği yüksek bir şekilde sunulmaktadır. Sistemin çalışma kontrolü, oluşturulan prototipte hava durumları manuel kullanımla test edilerek yapılmıştır. Pratik uygulamada, üretilen ve uygulamaya konan sistemlerle, anabilgisayarla olan kablosuz iletişim sayesinde entegre çalışma söz konusudur. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü merkez veri bankası ile irtibatlı olan sistem, anlık olarak güncellenen hava durumu sayesinde İstanbul'da yağmur yağıyorsa, bu bölgedeki yollarda yağmur ikazı ile ilgili yapıyı harekete geçirirken, aynı anda Van'da kar yağışı uyarısını ve Bolu Tünel'i girişinde sis uyarı sistemini aktive edebilecektir.

3.2 Hız Limiti Bilgileri

Önerilen sistemde tek tip hız limiti durumu tanımlanmıştır. Hava ve Trafik koşullarının riskli seviyelere ulaşması durumunda, ilgili yol kesimlerinde “*Yavaş Gidiniz!*” uyarı yazısı ledler yardımıyla oluşturulmuştur. Test amaçlı olarak önerilen ve üretilen prototipte ki kullanımda, hız limiti uyarısı manuel olarak girilmiştir. Ana bilgisayarla bağlantının olması durumunda, örneğin şehir içinde bir etkinlik yapılacak ve orada sürücülerin hızlarını yavaşlatması istenmekte ise, güvenli hız değerleri sisteme girilerek güncel durumla ilgili sistem aktivasyonu hızlı ve etkin bir şekilde sağlanabilmektedir. Bu suretle sabit hız değerlerinin olduğu trafik levha sistemine göre, trafik ortamı sistem kullanıcıları için çok daha güvenli bir hale getirilebilmektedir. Önerilen sistemin bir diğer avantajı, sabit uyarı sistemlerinin sebep olduğu görüntü kirliliği ve arazi işgali problemine çözüm öneriyor olmasıdır.

Hız değerlerinin, mevcut trafik akım değerlerine bağlı olarak şekilleneneceği dikkate alındığında, trafik koşullarına uygun yol şebeke hız değerlerinin bu akım değerlerine göre güncellenmesi ve gerekli işletim sisteminin uygulanabilmesi için, araç sayım sistemleri ve bunların üreteceği verilerin önerilen sisteme entegre edilmesi son derece önemlidir.

3.3 Kaza Kara Noktalarına Uygulanması

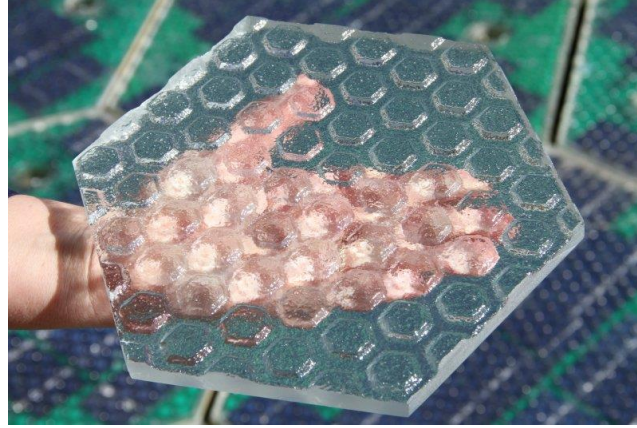
Trafik kazalarının yoğunlaştığı karayolu kesim veya noktalarına yol ve trafik güvenliği terminolojisinde kara nokta denilmektedir [6]-Müge khramangil/Şevket Şenkal . Bu noktalarda yol şebeke sisteminin diğer kesimlerine göre, daha çok sayıda ölümlü ve maddi hasarlı kazalar meydana gelmektedir. 2015 yılı itibari ile Karayolları Genel Müdürlüğü'nün kara nokta olarak tanımladığı ve iyileştirme yapmayı programına aldığı 65 nokta vardır [9]. Bu noktalarda trafik, hava durumu ve hız limiti bilgilerinin, önerilen akıllı yol sistemi uygulamalarına entegre edilerek sistem kullanıcılarına sunulması sonucunda, kazaların yüzdesel değişimi kontrol edilip, sistemin etkinliği ve başarı performansı belirlenebilecektir.

Niğde ili özelinde yapılan bir çalışmada 2011 yılında meydana gelen 864 kazanın, 242 tanesinin yüzeyin karlı, buzlu ve ıslak özellikte olduğu bir ortamda meydana geldiği tespit edilmiştir[10]. Türkiye’de trafik kazalarının %95’i sürücü hatalarından kaynaklandığı için bu noktalarda daha çok sürücü uyarı sistemleri trafik ve yol güvenliği açısından etkin sonuçların alınmasını kolaylaştıracaktır. Viyadük, köprü ve tünel giriş-çıkış lokasyonları bu anlamda uygulamanın yapım önceliğine sahip noktalar olarak öne çıkmaktadır.

3.4 Kullanılan Ekipmanlar

Uygulaması yapılacak sistemde kullanılan ekipmanlar şu şekilde sıralanabilir.

14 Adet 8*8-5mm Dot Matrix Katot, 10 Adet 33pF Seramik Kondansatör, 10 Adet 330nF Seramik Kondansatör, 10 Adet 100nF Seramik Kondansatör, 10 Adet 100nF Seramik Kondansatör, 100 Adet 100 Ω 1/4 W Direnç, 75 Adet BC 558, 2 Adet Tactile Buton 6*6mm, 1 Adet 4 MHz Kristal, 1 Adet PIC 16F84A Mikroişlemci, 2 Adet Breadboard Tekli, 5 Adet 74LS154 DEMUX Çoklayıcı, 1 Adet 74LS04 Değil Kapısı, 1 Adet WP7-LONG 12 Volt 7Ah Akü, 1 Adet 20 Watt Monokristal Güneş Paneli, 1 Adet 12mm Solid Polikarbon Levha (205*305).



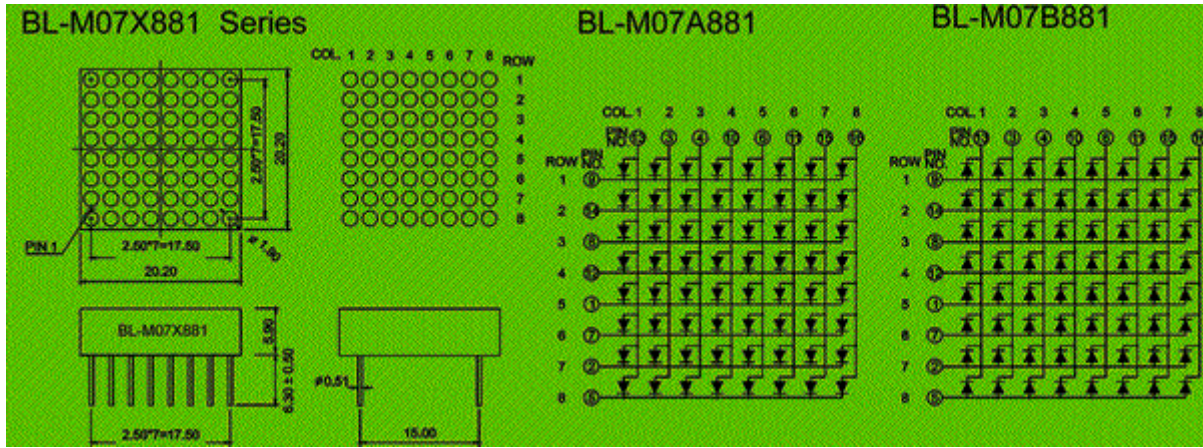
Şekil 1. Solid Polikarbon Levha 12 mm

8*8-5mm Dot Matrix Katot ana bilgisayarda girilen verileri uzaktan kontrol vasıtasıyla sürücülere görsel olarak aktarmaya yarayan led dizinidir. Ultra led teknolojisiyle daha yüksek görünürlük sağlayan bu dizinin çalışma sıcaklığı $-40/+85\text{ C}^{\circ}$ 'dir.



Şekil 2. Dot Matrix

Normal yol uygulamalarında 10mm'lik ledler kullanımı ideal iken, bu çalışmada üretilen sistemde prototip uygulama olması nedeniyle 5mm lik led ler kullanılmıştır. Bir led'in maksimum ihtiyacı 0.2 Watt ve 2.1 Volttur. Şekil 3 de 8*8 uygulamasına sahip Dot Matris projelendirmesi görülmektedir.

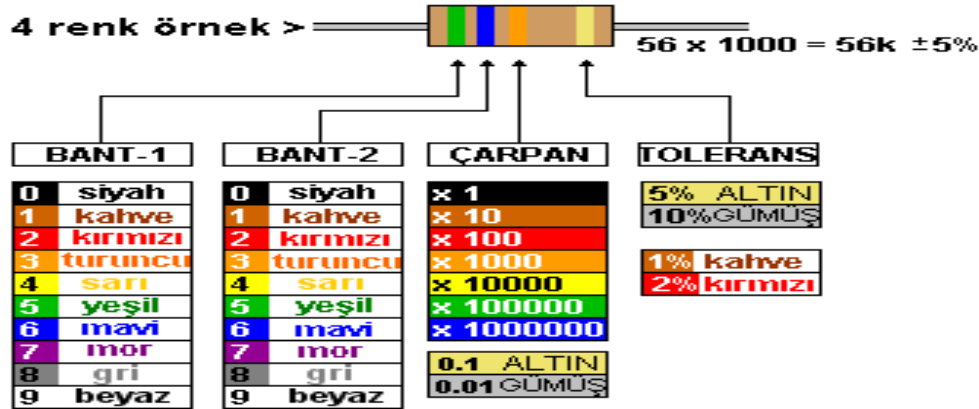


Şekil 3. 8*8 Dot Matrix Projelendirilmesi

Kondansatörler, elektronların kutuplanarak, elektriksel yükü elektrik alanın içerisinde depolayabilme özelliklerinden faydalanılarak, bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan temel elektrik ve elektronik devre elemanıdır.

Bu projede kristalle birlikte seramik kondansatörlerin kullanım amacı, mikroişlemcinin saat ayarını yapabilmek ve frekans değerini 4MHz'te tutabilmek içindir. Bir diğer amaç olarak, mikroişlemciyi beslemek için 14. Bacak ile 9. Bacak arasında ki kullanımları ifade edilebilir.

Şekil 4 den de görülebileceği üzere, 1 ve 2 numaralı renkler anlamlı sayı dizisidir ve aynen yazılmaktadır. Ç (çarpan) harfinin belirttiği renkler anlamlı rakamların yanına eklenecek sıfır sayısını belirtmektedir. T (tolerans) ise kapasite değerindeki oynamayı göstermektedir.



Şekil 4. Direnç renklendirmesi ve anlamları

Bu şekilde özetlenen direnç renklendirmesi uygulaması, direnç akımı ve gerilimi kısıtlayarak ledlerin istenilen akım ve gerilim değerleriyle, 2.1-2.5 V ve 30mA, malzemeye zarar verilmeden yakılmasını sağlamaktadır.

NPN transistör yapılırken iki adet N tipi özelliğe sahip yarı iletken malzemenin arasına ince bir katman halinde P tipi malzemenin beyz tabaka yerleştirilmiştir. Araya yerleştirilen beyz tabakası iki büyük tabaka arasındaki elektron-oyuk geçişini kontrol etme bakımından görev

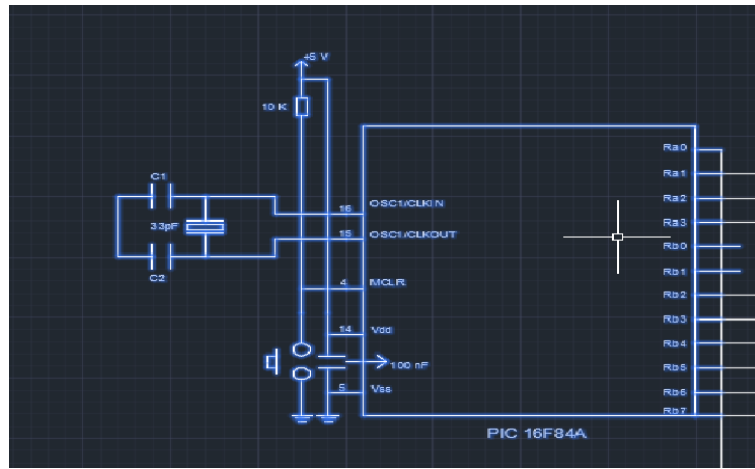
yapmaktadır. Transistör ise geçen akımı denetleme fonksiyonu görmektedir. Bu şekilde küçük akımlar aynı biçimde kalmak kaydıyla büyütülebileceği gibi, küçük bir akım ile büyük bir alıcının çalışması da sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada transistör akım kuvvetlendirici olarak kullanılmıştır. Baz bacağı toprağa, kolektör bacağı demuxa ve emiter bacakları da Dot matrixe bağlanarak sistem oluşturulmuştur.

Tactile butonları, modları değiştirmek için kullanılmakta olup, “YAVAŞ” uyarısından “YAĞIŞLI” yazım uyarısına geçişlerin sağlanmasında kullanılmışlardır.

PIC (Peripheral Interface Controller), çevresel (Dış) üniteleri denetleyen arabirim anlamına gelmektedir. PIC aracılığı ile çeşitli alıcılar, (lamba, röle, motor vb.) kolaylıkla kontrol edebilmektedir..

PIC, RISC mimarisi (Reduced Instruction Set Computer) mimarisi adı verilen bir yöntem kullanılarak üretildiklerinden, bir PIC programlamak için kullanılacak olan komutlar oldukça kullanışlı ve etkin olabilmektedir. Örneğin PIC 16F84 mikro denetleyicisi 35 komut kullanılarak programlanabilmektedir. PIC16F84 normal bir PIC mikro denetleyici olup, CPU’lardan çok daha ucuza maledilebilmektedir. Yazacağımız yazılımın tamamı bu PIC’in içinde yer alacağı için, PIC16F84 bu çalışmanın en önemli ekipmanlarından birini oluşturmaktadır.



Şekil 5 . PIC programlayıcısının ana kurulum konsepti

Çalışmada kullanılan önemli malzemelerden biri olan polikarbon levhaya ait temel özellikler aşağıdaki Tablo 1 de sunulmuştur.

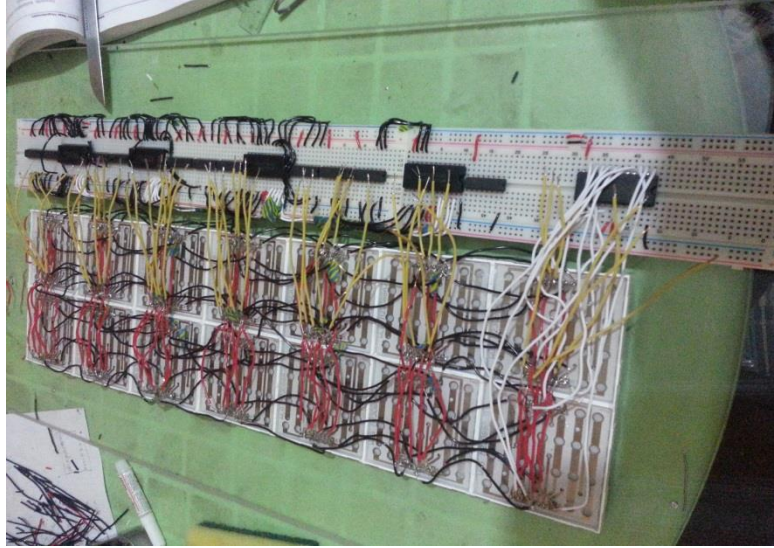
Tablo 1. Solid Polikarbon Levha Özellikleri

Fiziksel ^a –Mekanik ^b – Elektrikle İlgili ^c	Test Şartları	Tipik Değer	Birim
Yoğunluk ^a		1.20	g/cm ²
Kırılma ^a		1.586	%

Stress altında Gerilme^b		60	MPa
Kırmada Uzama^b		70	%
Baskıyı Sınırd Tutma	Charpy,unnotched	Kırılma yok	kJ/m ²
Çarpışmada Dayanım^b	Charpy,notched	ca.11	kJ/m ²
	Izod,unnotched	ca.10	kJ/m ²
	Izod notched	ca.70	kJ/m ²
Elektriğe Dayanım^c		35	KV/ mm
Dağılım Faktörü^c	At 10 Hz	0.009	-

Çalışmada kullanılan polikarbon, çizilmeye karşı yüksek mukavemete sahip olduğu için, hizmet ömrü boyunca istenilen düzeyde serviste kalabilmektedir.

Şekil 6 da satır ve sütunların birbirine lehim yardımıyla bağlanması ile elde edilen bütünleşik Dot Matrix sistemi gösterilmektedir. Sistem demux ve değıllere bağlanarak kodların doğru gönderilmesi bu sistem sayesinde sağlanmıştır.



Şekil 6. Bütünleşik sistem

Kodlama sistemi ve iletişimi temin edildikten sonra, bütünleşik sistemin yol yüzeyine uygulanabilmesi için, üzerinden araba geçecek dayanıma sahip olacak şekilde yol yüzeyine entegre edilmesi gerekmektedir. Deney amaçlı oluşturulan prototip örnek Şekil 7 de sunulmuştur.

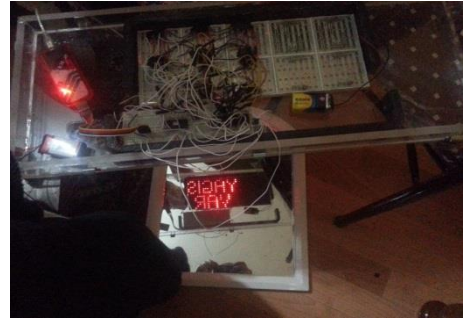


Şekil 7. Yük dayanımı sağlanmış bütünleşik sistem

Nihai olarak uygulamada kullanılacak test nümunesi elde edildikten sonra, hava ve trafik koşullarına bağlı olarak, yol ve sistem kullanıcıları için farkındalığı yüksek led sistemli uyarı düzeneği test edilmiş ve aşağıda sunulan şekillerde de görülebildiği gibi, işlevsellik sağlanmıştır.



Şekil 8. Karlı hava uyarı yazısı



Şekil 9. Yağış var uyarı yazısı

4. Maliyet Analizi

Günümüz itibari ile 10m genişlik ve 1km uzunluğa sahip bir yol kesiminin BSK-2 üst yapı malzemesi kullanılması durumundaki inşaa maliyeti 910.461 tı/km olarak verilmektedir[11]. Üretilen sistemle ilgili birim maliyet tablosu aşağıdaki Tabloda sunulmuştur.

Tablo 2. Prototip üretim maliyeti

MALZEME ADI	ADET	B.FİYAT	FİYAT
74LS04	1	0.63 TL	0.63 TL
74LS154	5	3.15 TL	15.75 TL
10kΩ ¼ W Direnç	10	0.017 TL	0.17 TL
33pF Ser. Kondan.	1	0.41 TL	0.41 TL
100nF Ser. Kondan	1	0.69 TL	0.69 TL
PIC16F84A	1	8.88 TL	8.88 TL
8*8 Dot Matrix	14	5.16 TL	72.24 TL
4 MHz Kristal	1	0.86 TL	0.86 TL
Tactile Buton	2	0.41 TL	0.82 TL
330nF Ser. Kondan	1	1.81 TL	1.81 TL
100Ω ¼ W Direnç	1	1.38 TL	1.38 TL
BC558	3	1.83 TL	5.49 TL
Akü 12V 3.2 Ah	1	35 TL	35 TL
Güneş Paneli 10W	1	40 TL	40 TL
Solid Pol. Lev. (6.25 m ²) 12mm	1	1200 TL	48 TL (25cm*50 cm*2yüzey)
		TOPLAM=	231.13 TL
		+KDV	251.77 TL

Yol ve trafik güvenliğini etkin bir şekilde artırmak üzere uygulanması beklenen projenin, mevcut yol inşa maliyetine olacak etkisi, kullanım sıklığı ve oranına bağlı olmakla beraber, sınırlı ve kabul edilebilir limitler içerisinde. Artan petrol fiyatları ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak akıllı sistem fiyatlarının düşeceği kabul edilirse, bu maliyet oranının orta ve uzun vadede çok daha düşük maliyet oranlarına tekabül edeceği açıktır.

Sabit uyarı levhaları kullanımının oluşturacağı statik yapı, önerilen akıllı sistemlerde yerini dinamik ve adaptif bir sisteme bırakacağı için, işletme ve trafik kazası maliyetleri açısından elde edilebilecek kazanımlar da hesaplama dahil edildiğinde, önerilen akıllı uyarı ve bilgilendirme sistemi maliyeti çok daha rasyonel ve fizibil olabilecektir.

5.Sonuç ve Değerlendirme

Türkiye öncü sistemlerin, projelerin ve teknolojilerin ülkesi olmaya başlamıştır. Akıllı yol sistemleri de geleceğin projelerinde etkin konumda rol oynayacaktır. Bu çalışma çerçevesinde geliştirilen prototip akıllı sistem uygulaması, trafiğin ve yol koşullarının değişken ve dinamik yapısını sürücülerin bilgisine ve algısına sunarak, operasyonel kazanımlar ve güvenli yol temini açısından son derece etkin bir potansiyele sahiptir. Kazanımlar, orta ve uzun vadeli projeksiyon açısından değerlendirildiğinde, teknolojik gelişmelere bağlı maliyet düşmesi sayesinde çok daha fazla ekonomik değer ifade edecektir. Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarında sağlanacak azalma ile de, hem insan sağlığı ve hayatı hemde güvenli sürüş ortamı noktasında değer kazanmış bir trafik ortamı temin edilebilecektir.

Referanslar

- [1] Rajeev Ranjan, Solar Power Roads: Revitalising Solar Highways, Electrical Power and Smart Grids 2015-Ocak
- [2] www.smarthighway.net
- [3] www.heijmans.nl
- [4] www.targetenerji.com.tr
- [5] Yüdz Abıkan, Paralel enerji nakil hatlarında dengesizlik ve kayıplar yönünden optimum faz sıralaması ve iranspozisyon seçimi,1972
- [6] Smart Roads: A Vision DISCUSSION PAPER 1/2015, Smart Transportation Alliance
- [7] Anshu Adwani , Kirti H. Madan , Rohit Hande, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 3, Issue 7, July 2015, pp.7292-7298
- [8] Miller, T., Zaloshnja, E.: On a crash course: The dangers and health costs of deficient roadways, 2009
- [9] www.kgm.gov.tr-2015
- [10] R.Koray Kıyıldı ,Osman Sivrikaya, 2006-2011 yıllarında Niğde’de meydana gelen trafik kazalarının analizi, 2013
- [11] Gürkan Erdoğan, Türkiye’deki bölünmüş yol çalışmalarının değerlendirilmesi, Aralık, 2012