

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE GERÇEK ZAMANLI ÜSTYAPI
YÖNETİM SİSTEMİ YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

Süleyman GÖKOVA

Danışman: Doç. Dr. Serdal TERZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA, 2012

TEZ ONAYI

Süleyman GÖKOVA tarafından hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemi ile Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Yazılımı Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç.Dr. Serdal TERZİ
Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :
Prof.Dr. Mehmet SALTAN
Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Mesut TIĞDEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof.Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ.....	ix
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Üstyapı yönetiminin amacı	7
3.1.2. Ağ düzeyindeki yönetim	8
3.1.2.1. Üstyapı envanteri ve mevcut durumu	8
3.1.2.2. Performans tahmini	9
3.1.2.3. Bütçe tahmini	10
3.1.2.4. Sınırlandırılmış bakım ve onarım programı	11
3.1.2.5. Yıllık ve uzun-sürelili iş planları.....	11
3.1.3. Proje düzeyindeki yönetim.....	12
3.1.3.1. Geçmiş veri toplama	12
3.1.3.2. Tahribatsız defleksiyon testi	13
3.1.3.3. Tahribatlı testler	14
3.1.3.4. Düzgünsüzlük (Roughness)	14
3.1.3.5. Kayma direnci	14
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri	15
3.2.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili tanımlamalar	16
3.2.1.2 Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri.....	16
3.2.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin avantajları.....	17
3.2.2. ARCGIS 9.0	17
3.2.2.1. ArcGIS Desktop	17

3.2.3. Visual Studio 2008.....	19
3.2.4. Visual Basic	20
3.2.5. Genetik Algoritma.....	21
3.2.6. Yapay Sinir Ağları	22
3.2.7. Gen İfade Programlama	23
3.2.8. Doğrusal Regresyon	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Tasarlanmış Üstyapı Yönetim Sistemi Platformu	26
4.1.1. Web tabanlı ara yüz ile veri girişi	27
4.1.2. Windows tabanlı ara yüz ile verilerin görüntülenip işlenmesi.....	32
4.1.3. Sonuçlar	36
4.2. Örnek Çalışma.....	37
4.2.1. Ağ tanımı.....	38
4.2.2. Ağın kesimlere ayrılması	38
4.2.3. Veri tabanı ve veriler.....	38
4.2.4. Performans tahmini	41
4.2.4.1. Gen ifade programlama yöntemi ile geliştirilen modeller	41
4.2.4.2. Çoklu regresyon yöntemi ile geliştirilen modeller.....	43
4.2.4.2. Yapay sinir ağları yöntemi ile geliştirilen modeller.....	47
4.2.5. Optimizasyon çalışması ile bakım ve onarım takviminin belirlenmesi	50
4.2.5.1. CBS ile optimizasyon çalışması ile B ve O takviminin belirlenmesi	57
4.2.6. Sorgulamalar	67
4.2.7. Raporlamalar	68
4.2.8. Yardımcı özellikler.....	68
4.2.8.1. Veri tabanına ait istatistiksel bilgiler.....	68
4.2.8.2. Tanımlama.....	70
4.2.8.3. Veri tabanı görüntüleme.....	70
5. SONUÇ	72
5.1. Öneriler	74
6. KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	78

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE GERÇEK ZAMANLI ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ

Süleyman GÖKOVA

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serdal TERZİ

Gelişen teknolojiyle beraber, hayatı zorlaştıran birçok iş; teknolojik yenilikler ile zaman kaybetmeden, en az iş gücü ile kolay bir şekilde yapılabilir hale gelmiştir. Bu teknolojik gelişmelerin de birbirleri ile bağlantı kurmasıyla, özellikle bilgisayar teknolojisinin diğer yenilikler ile birleşmesiyle yapılabilecek sınırları zorlamaya başlamıştır.

Ulaştırma alanında daha aktif kullanılmaya başlanan bilgisayar yazılımları ve donanımları; hem hızlı veri toplamada hem de toplanan verileri hızlı bir şekilde işlemede fayda sağlamıştır. Veri toplamada internet ağının kullanılması, bilgilerin ortak bir havuzda toplanmasını sağlamış ve bilgi dağınıklığını önlemiştir. Toplanan verilerin işlenmesinde de yazılan bilgisayar programları hem model oluşturmada hem de oluşturulan modellerin formülize edilmesinde büyük katkı sağlamıştır.

Bu çalışmada oluşturulan üstyapı performans tahmin modelleri Üstyapı Yönetim Sistemine (ÜYS) adapte edilmiş ve bu modellerin sahada çalışabilirliğini göstermek için ArcGIS MapObject bileşeni, Microsoft Visual Basic ve Microsoft Visual Studio programları kullanılarak gerçek zamanlı bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı oluşturulmuştur. Önceden toplanmış veriler kullanılarak da bazı örnek uygulamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üstyapı Yönetim Sistemi, Coğrafi Bilgi Sistemi

2012, 88 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPING A REAL-TIME PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM SOFTWARE WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Süleyman GÖKOVA

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Construction Education Department**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serdal TERZİ

Considering the improving technology, many business make it difficult for life, without losing time with technological innovations, can be done easily with a minimum of labor has become. These technological developments in the establishment of a connection with each other, especially in combination with other innovations of computer technology has started to push the boundaries of what can be done.

Computer software and hardware that was introduced more active in the area of transport, both rapid data collection and processing the collected data have shown benefits in a quick manner. Using the internet connection to collect data from network, has provided the collect data in a pool and prevented the data clutter. In the processing of the collected data, created computer programs has made a major contribution to creating model and formulate to the created model.

Pavement performance prediction models generated in this study Pavement Management System (PMS), and these models have been adapted to demonstrate interoperability with ArcGIS MapObject component of the field, using the Microsoft Visual Basic and Microsoft Visual Studio programs, created a real time Geographic Information System software. Some sample applications are also made using previously collected data.

Key Words: Pavement Management System, Geographic Information System

2012, 88 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yol ağının uygun bir durumda olmasının ülke ekonomisindeki önemi yaygın olarak kabul edilen bir gerçektir. Karayolu ulaştırması, birçok ülkede ulaştırmanın en önemli modudur ve ekonomi için hayati önem taşır.

Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS), toplam ağ için en yüksek kârla sonuçlanacak bakım ve Onarım ölçümlerinin (proje aşaması) bir listesini üretebilmektir. En iyi çözüm önerisi, yol ağının mevcut durumu hakkında verilerin sağlıklı bir biçimde elde edilmesine bağlıdır.

İyi tasarlanmış bir coğrafi bilgi sistemiyle, tüm yönleriyle bir üstyapı yönetim sistemi oluşturulabilir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) için üstyapı bilgilerinin önemi büyüktür. ÜYS'nin bileşenleri veri toplama, ön veri analizi ve yorumlama, sistem değerlendirmesi, stratejilerin belirlenmesi, proje tanımlama ve geliştirme ve proje uygulama olaylarından oluşmaktadır. Bu basamakların hepsi CBS ile desteklenmektedir. ÜYS' de toplanan bilgiler Coğrafi Bilgi Sisteminin fonksiyonları sayesinde CBS&ÜYS bütünlüğünü oluşturmaktadır. Bu fonksiyonlar; tematik harita, esnek bir veri tabanı editörü, formül düzenleme, istatistik, grafik, matris manipülasyon, ağ oluşturma, modeller ve algoritmalar, ve dış işlemler için servis verebilir.

Çalışma sırasında bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve hocam Doç. Dr. Serdal TERZİ' ye en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım. Çalışma süresinde görüş ve önerileri ile çalışmaya katkıda bulunan Prof. Dr. Mehmet SALTAN' a ve Arş. Görevlisi Nihat MOROVA' ya teşekkürlerimi sunarım. Araştırma süresince bana yardımlarını esirgemeyen hocam İsmail UZUN ve arkadaşım Mustafa TAHTA' ya teşekkür ederim. Ayrıca çalışmanın her safhasında anlayış gösteren ve manevi katkıda bulunan ve bu günlerimi borçlu olduğum aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmayı maddi olarak destekleyen TÜBİTAK' a ayrıca teşekkür ederim.

Süleyman GÖKOVA

ISPARTA, 2011

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Mevcut hizmet yeteneği indeksi (PSI) formu.	2
Şekil 3.1. Bir ÜYS'nin yapısı (Terzi, 2004).	8
Şekil 3.2. Bir üstyapının performans eğrisi ve onarım seçeneklerinin etkisi (Terzi, 2004).	9
Şekil 3.3. Tipik bir kritik PCI aralığını gösteren bozulma eğrisi (Terzi, 2004).	11
Şekil 3.4. Örnek bir ifade ağacı.....	24
Şekil 3.5. Karva dil örneği	24
Şekil 4.1. CBS iş akış adımları	26
Şekil 4.2. CBS, web ara yüzü iş akış adımları	27
Şekil 4.3. Web uygulaması akış şeması	28
Şekil 4.4. Şube yönetici giriş ekranı.	29
Şekil 4.5. Arama Kriterini Belirleme.	29
Şekil 4.6. Web Ara Yüzünde Kayıtların Listelenmesi.....	30
Şekil 4.7. Web ara yüzünde listelenen kayıttın düzenlenmesi	31
Şekil 4.8. CBS, web ara yüzü iş akış adımları	32
Şekil 4.9. Geliştirilen Windows ara yüzü yazılımının akış diyagramı.....	33
Şekil 4.10. Geliştirilen yazılımın akış diyagramı.....	34
Şekil 4.11 Geliştirilen windows ara yüz yazılımının ana ekranı.....	35
Şekil 4.12. Geliştirilen Windows ara yüz yazılımının kullanıcı arabirimi.....	35
Şekil 4.13. Bakım ve onarım yöntemlerinin maliyet ve ilave ömürlerine ait kullanıcı arabirimi	36
Şekil 4.14. Kaza maliyetlerine ait kullanıcı arabirimi	36
Şekil 4.15. Örnek çalışmanın yapısı.....	37
Şekil 4.16. Örnek bölgedeki karayollarının kesimlerini gösteren harita.....	38
Şekil 4.17. Katman ekleme menüsü.....	42
Şekil 4.18. Gen İfade Programlama yöntemiyle gerçekleştirilen performans tahmini	43
Şekil 4.19. Çoklu regresyon metoduyla gerçekleştirilen performans tahmini	46
Şekil 4.20. Geliştirilen ilk YSA mimarisi	47
Şekil 4.21. Geliştirilen ikinci YSA mimarisi	48
Şekil 4.22. Yapay sinir ağları yöntemi ile gerçekleştirilen performans tahmini.....	49

Şekil 4.23. Yığışımli eşdeğer standart dingil yükü hesaplama ekranı	50
Şekil 4.24. Optimizasyon çözümü	54
Şekil 4.25. Yıllık bakım ve onarım yöntemleri ile toplam fayda ve maliyetler.....	54
Şekil 4.26. Farklı bütçe değerlerinin bakım ve onarım maliyetlerine etkisi	55
Şekil 4.27. Farklı bütçe değerlerinin kullanıcı faydalarına etkisi	55
Şekil 4.28. Faydalar ile maliyetler arasındaki ilişki.....	56
Şekil 4.29. 6.000.000 TL bütçe kısıtının kullanıcı faydalarına etkisi	56
Şekil 4.30. 6.000.000 TL'lik bütçenin bakım ve onarım maliyetlerine etkisi	57
Şekil 4.31. 2010 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	58
Şekil 4.32. 2010 yılı için IRI değerleri 1,59 ile 1,80 arasında olan kesimler.....	58
Şekil 4.33. 2015 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	60
Şekil 4.34. 2015 yılı için IRI değerleri 1,81'den büyük olan kesimler	61
Şekil 4.35. 2015 yılı için IRI değerleri 1,81'den büyük olan kesimlerin raporlanması	61
Şekil 4.36. 2020 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	62
Şekil 4.37. 2025 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	63
Şekil 4.38. 2030 yılı için tahmin edilen IRI değerleri.....	64
Şekil 4.39. 2030 yılı için IRI değerleri 2,13'den büyük olan kesimler	65
Şekil 4.40. 2010 yılı çalışma alanı yol kalınlıklarının grafikler ile görüntülenmesi..	65
Şekil 4.41. Türkiye karayolu ağı yol kesimlerinin görüntülenmesi	66
Şekil 4.42. 2010 yılı çalışma alanı yol kesim uzunluklarının grafikler ile görüntülenmesi.....	66
Şekil 4.43. Çalışma alanı yol inşaat tarihlerinin görüntülenmesi.....	67
Şekil 4.44. Örnek bir sorgulama ekranı kullanıcı ara birimi.....	68
Şekil 4.45. Örnek bir raporlama ekranı kullanıcı ara birimi	69
Şekil 4.46. İstatistik alt programı ekran görüntüsü	69
Şekil 4.47. Bir tanımlama örneği sonucu	70
Şekil 4.48. Öznitelik görüntüleme kullanıcı ara birimi.....	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Geliştirilen modelin yapısı	42
Çizelge 4.2. Çoklu regresyon yöntemi model sonuçları	43
Çizelge 4.3. Çoklu regresyon yöntemi model katsayı sonuçları	44
Çizelge 4.4. Çoklu regresyon yöntemi model sonuçları	45
Çizelge 4.5. Çoklu regresyon yöntemi model katsayı sonuçları	45
Çizelge 4.6. İlk YSA model sonuçları	48
Çizelge 4.7. Kaza maliyetleri (Tramer, 2010).....	51
Çizelge 4.8. Dikkate alınan bakım ve onarım yöntemleri ve ilave ömür değerleri ...	51
Çizelge 4.9. Bakım ve onarım maliyetleri	52
Çizelge 4.10. IRI değerleri ve bakım-onarımda öncelik sıralaması (KGM, 2010)....	59

SİMGELER DİZİNİ

<i>AASHTO</i>	American Association of State Highway and Transportation Officials (Amerikan Devlet Otoyolları ve Resmi Taşımacılık Birliği)
<i>B ve O</i>	Bakım ve onarım
<i>BM</i>	B ve O maliyeti
<i>C</i>	100
<i>CBR</i>	Yerinde Kaliforniya Taşıma Oranı
<i>CBS</i>	Coğrafi Bilgi Sistemleri
<i>DCP</i>	Dinamik Konik Penetrasyon Ölçer
<i>e</i>	Birim şekil değiştirme
<i>EDYS</i>	Eşdeğer dingil yükü sayısı
<i>ESRI</i>	Environmental Systems Research Institute
<i>FHWA</i>	The Federal Highway Administration (Federal Otoyol İdaresi)
<i>GA</i>	Genetik Algoritma
<i>GIS</i>	Geographic Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemi)
<i>GPS</i>	Global konum belirleme sistemi
<i>IRI</i>	International Roughness Index- Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi
<i>KM</i>	Kaza Maliyeti,
<i>N</i>	Yığışımli tek dingil yükü eşdeğeri
<i>n</i>	Yıl sayısı
<i>N</i>	Yorulma ömrü
<i>NDT</i>	Nondestructive Deflection Testing- Tahribatsız Defleksiyon Testi
<i>PCI</i>	Üstyapı Durum İndeksi
<i>PQI</i>	Üstyapı kalite indeksi
<i>PSI</i>	Üstyapı Hizmet yeteneği İndeksi
<i>PSR</i>	Present Serviceability Rating (Mevcut Servis Değeri)
<i>QI</i>	Düzgünsüzlük

<i>R</i>	Bakım ve onarım seçeneklerinin sayısı
<i>RCI</i>	Sürüş konforu indeksi
<i>RCI_B</i>	Bir önceki RCI
<i>RN</i>	Sürüş Sayısı
<i>S</i>	Ağdaki kesim sayısı
<i>SN</i>	Skid number
<i>T</i>	Planlama periyodunun yıl sayısı
<i>ÜYS</i>	Üstyapı yönetim sistemi
<i>X</i>	Enlem
<i>Y</i>	Boylam
<i>YAŞ</i>	Üstyapının yaşı
<i>YOGT</i>	Yıllık ortalama günlük trafik
<i>YSA</i>	Yapay sinir ağları
<i>Z</i>	Yükseklik

1.GİRİŞ

İlk gerçek yol inşaatı M.Ö. 3500 yılları civarında tekerleğin icadından sonra Mısır'da yapılmıştır. Bilimsel anlamda ilk yolu inşa edenler ise Romalı'lardır. Via Appia veya Appian Yolu M.Ö. 312'lerde Romalılar tarafından yapılmıştır. En eski ve en ünlü uzun mesafeli karayolu (yaklaşık 2825 km uzunluğunda) Persler tarafından "Kraliyet Yolu" olarak isimlendirilmiştir.

Appian Yolu 0,9 ile 1,5 m kalınlığındaki üç tabakadan oluşmuştur. Tüm tabakalarda taşlar el ile yerleştirilmiştir. Bu yapım yöntemi McAdam'ın hafif üstyapı tabakası 19. yüzyılda yerini alıncaya kadar 2000 yıl boyunca standart uygulama haline gelmiştir

Sistematik bir biçimde üstyapı yönetiminin ilk ne zaman başladığını söylemek zordur. Birçok kişiye göre, Mühendislik İlkeleri kullanılarak uygulanan Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS) 1956-1960 yıllarında AASHO (American Association of State Highway Officials) Road Test ile başlamıştır. ÜYS, yol deneylerinde üstyapıların mevcut hizmet yeteneğinin (sürüş konforu) kullanılmasını da esas alır. O yıllarda sürüş konforunun nasıl tahmin edileceği ve bunun uygulayıcılar tarafından nasıl kullanılacağı önemli bir problemdi. Çözüm, Carey ve Irick tarafından 1960'da Highway Research Bulletin 250' de yayınlanan "The Pavement Serviceability-Performance Concepts," isimli çalışmada basitçe tanımlanmıştır. Önce bir grup yol kullanıcısı, seçilen bölgede sürüş kalitesini kendi düşüncelerine göre belirleyecekti. Sonra aynı yol kesiminde fiziksel ölçümler yapılacaktı. Üçüncü olarak ise fiziksel durum için sürüş kalitesi ile fiziksel ölçümler arasındaki ilişkiden cevaplar bulunacaktı. Yol deneylerinde birçok mühendis, 1 ile 5 arasındaki oranlarda (çok kötü, kötü, orta, iyi ve çok iyi), seçilen üstyapılar için bu tahminleri yaptı. Bu oran, Mevcut Hizmet yeteneği Oranı (Present Serviceability Rating (PSR)) olarak isimlendirilmektedir. Her bir kesim için bu oranlama yapıldıktan sonra üstyapının kabul edilebilir olup olmadığı sorgulanmıştır. AASHTO Road Test'in kullandığı Mevcut Hizmet yeteneği İndeksi (PSI- Present Serviceability Index) formu Şekil 1.1'de görülmektedir.

		Kabul edilebilir?			
Evet	 			5	
Hayır				4	Çok İyi
				3	İyi
Bölüm Tanımı		Oranda			
Puanlayıcı		Tarih		Zaman	
				Araç	

Şekil 1.1. Mevcut hizmet yeteneği indeksi (PSI) formu.

Bir sonraki adım bu üstyapılarda gerekli fiziksel ölçümleri yapmaktı. Tekerlek izi, çatlak, oyuk ve sökölme gibi alışılmış bozulmalar ölçülmüştür. Çünkü hizmet yeteneğinin (sürüş konforu) üstyapı düzgünsüzlüğünün bir fonksiyonu olabileceği varsayılyordu. Bu özellik ayrıca AASHO profilometresi (Clhoe-Carey, Leathers, Huckins, vd. tarafından geliştirilen) kullanılarak da ölçülmüştür. Bu aygıt, birbirine çok yakın iki küçük tekerlek kullanılarak, tekerlek izindeki eğim değişiminin bir fonksiyonu olan düzgünsüzlüğü ölçmek için tasarlanmıştır. Sonuçta bunların birbirleri ile olan ilişkileri Illinois, Indiana ve Minnesota'daki üstyapılarda ortalama panel oranları (PSRs) ve fiziksel ölçümle belirlenmiştir. Bunların ortalaması ile ölçümler arasındaki ilişkiyi belirlemek için bir yöntem bulunmuştur. Artık bu ilişki, hizmet yeteneği göstergesi olarak kullanılmıştır. Carey ve Irick, yüzey profili ve düzgünsüzlük bilgisinin, üstyapının hizmet yeteneği hakkında % 95 civarında bilgi verdiğini göstermiştir.

1970'de, FHWA ve Karayolu Araştırma Odası (şimdiki adıyla Ulaştırma Araştırma Odası) Texas Üniversitesinde bir çalıştay düzenlenmiştir. Bu çalıştay katılımcıları ulusal seviyede ilk kez üstyapı yönetimini ve potansiyel uygulamalarını tartışmıştır. Yine 1970'de Haas ve Hutchinson, Australian Road Research Board' da "karayolu üstyapısı için bir yönetim sistemi" isimli bir çalışma sunmuşlardır.

1974’de the Washington State Department of Transportation (DOT) çeşitli bakım ve onarım uygulamalarının farklı tipleri için modeller ve zamanlama önerilerine sahip aşamalı bir ÜYS ortaya koymuştur.

1977’de, Haas ve Hudson, “Üstyapı Yönetim Sistemleri (Pavement Management Systems)” isimli kitaplarının ilk baskısını yayınlamışlardır.

1979’ da Hudson, Haas ve Pedigo tarafından “Üstyapı Yönetim Sistemi Geliştirilmesi” isimli NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) Report 215 yayınlandı ve bu raporda ÜYS’nin geliştirilmesi için bir rehber oluşturulmasına çalışılmıştır.

1980’den beri ÜYS’nin gelişmesi yönünde birçok çalışma yapılmıştır. International Conferences on Pavement Management isimli konferansın üçüncüsü gerçekleştirilmiştir. The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), “ÜYS için Yönerge (Guidelines for Pavement Management Systems)” isimli rehberi yayınlamıştır. (Terzi, 2004).

Bu çalışmada; ikinci bölümde kaynak özetleri verilmiştir. Üçüncü bölümde ise materyal ve metot tartışılmıştır. Araştırma bulguları bölümünde ise elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen modeller ile örnek çalışmalardan bahsedilmiştir. Sonuçlar ve öneriler bölümünde ise varılan sonuçlara yer verilerek, ileride yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tez çalışmasının bu bölümünde tez çalışması ile ilgili kaynaklarda yayımlanmış bilgiler özetlenmiştir.

Peng ve Huang (2000), çalışmalarında, web tabanlı ağ analizi ve veri tabanı barındıran bir coğrafi bilgi sistemi oluşturmuşlardır. Bu coğrafi bilgi sisteminde yapılan ağ analizleri sonucunda elde edilen veriler veri tabanına kaydedilmektedir ve bu veriler işlenerek web sayfasında yayınlanması sağlanmaktadır.

ILLIPIMS (2001), Illinois Üstyapı bilgisi ve yönetim sistemi (ILLIPIMS) ESRI's ArcView® GIS 3.2 ile geliştirilmiş bir yapıdır. Modifiye, raporlama, tahmin yürütme ve Illinois'in tüm bölge sistemi için üstyapı ve trafik bilgilerini analiz etme yeteneğine sahiptir. Sistem uzamsal bilgi kadar zamansal bilgileri de gösterir. Trafik mekansal bilgisi, üstyapı onarım türü ve üstyapı kondisyonu sunumunu en iyi şekilde sağlar. Yıllara göre seçim yapılarak istenilen uzamsal bilgiler görüntülenebilir. Dahası istenilen seçimlere göre güncel ve geçmiş verilerin harita ve bilgi ekranında görüntülenmesini sağlar.

Akın ve Eryılmaz (2001), Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) destekli bir trafik kaza analizinin nasıl yapılabileceği ve kaza verilerinin coğrafi konum ve saha verileri ile birlikte beraber değerlendirilmesinin mühendisler ve uzmanlar açısından ne gibi bir önem arz ettiğini örneklerle anlatmışlardır. Kaza sayısı yüksek olan yerlerin tespiti, kazaya sebep olan faktörlerin belirlenmesi için kaza noktalarının detaylı fonksiyonel değerlendirilmesi, genel kaza eğiliminin ve sebeplerinin neler olduğuna, benzer bilgilere daha fazla vâkıf olabilmek için kazalarla ilgili çeşitli faktörlere ait genel istatistiksel kriterlerin geliştirilmesi, çok sayıda kaza meydana gelmeden önce tehlike yaratan yol ve trafik kontrolü elemanlarının tespit edilmesini sağlayacak metodların geliştirilmesi ve trafik kaza istatistiklerinin CBS ortamında elde edilmesi konusunda örnek bir çalışma yapmışlardır.

Terzi ve Karaşahin, (2002), çalışmalarında, Coğrafi Bilgi sistemlerinin çalışma prensipleri hakkında kısa bilgiler verdikten sonra, ulaştırma mühendisliği ile alakalı çeşitli uygulamaları kısaca tanıtmışlardır. Bu uygulamalardan, trafik bilgilerinin online olarak elde edilmesi, trafik kaza analizleri, kavşak kontrolleri, döküm

çalışmaları, ulaştırma planlaması, Coğrafi Bilgi Sistemi ile Global Pozisyon Sisteminin (GPS) entegrasyonuna değinmişlerdir.

Karavaşahin ve Terzi (2003), çalışmalarında, Isparta-Antalya (Dereboğazı), Isparta-Burdur ve Burdur-Antalya şehirlerarası devlet yollarında 1996-1999 yılları arasındaki kara noktalarını Coğrafi Bilgi Sistemi ile çeşitli analizlerini yaparak çalışmalarda bulunmuşlardır.

Güler vd. (2004), çalışmalarında Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) şebekesinin; bilgilerini CBS ortamında toplatarak bir veri tabanı oluşturmuş ve bu veriler ile çeşitli analizler gerçekleştirmişler. Demiryolları yönetim sistemi için Coğrafi Bilgi Sisteminin faydalarını vurgulamıştır.

Tuncuk (2004), çalışmasında Isparta ilindeki trafik kazalarının yoğun olduğu bölgeler ve kaza kara noktalarını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak tespit etmiştir. Arcinfo 7.21 programı kullanılarak digitizer ile sayısallaştırılan Isparta ili imar haritası üzerinde, tespit edilen kara noktalar ve kaza meyilli bölgeleri gösterilmiştir. Isparta İli Trafik Bölge Müdürlüğü'nden alınan, 1998-2002 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının tespit tutanakları ile veri tabanı oluşturulmuştur. Trafik kazası çarpışma diyagramları ile coğrafi kodlama referans sistemleri kullanılarak topoloji kurulmuştur. CBS' nin kaza analizinde niçin kullanıldığı, çalışmada kullanılan veri tabanının oluşturulması ve kullanılan yöntem gösterilmiştir.

Griffiths (2005), çalışmasında, nüfus yoğunluğu ve trafik verilerini CBS içerisinde kullanarak bir ulaşım planlaması gerçekleştirmiş ve bu planlamayı analizler ve çeşitli sorgulamalar ile güçlendirmiştir.

Heinrich (2005), çalışmasında trafik kazalarını en aza indirmek için bir çok trafik verilerini Coğrafi Bilgi Sistemi çerçevesinde toplayarak analizler gerçekleştirmiştir.

Çelik (2006), çalışmada, Zonguldak kent merkezine ait QuickBird Standart görüntüsü üzerinden yolların otomatik çıkarımı, eCognition V4.0,6 yazılımı altında nesne tabanlı görüntü analizi tekniğiyle yapılmıştır. Daha sonra CAD yazılımı altında 1/5000'lik halihazır haritalardan elde edilmiş referans veri ile otomatik çıkarımı

yapılmış görüntü verisi, MapInfo 7.0 Professional yazılımı kullanılarak CBS ortamında değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda kullanılan nesne tabanlı otomatik detay çıkarma tekniğinin, yol bilgisi çıkarmadaki başarısı ve eksiklikleri ortaya konulmuştur.

Güvenal (2006), araştırmasında, Eskişehir kent merkezindeki ulaşım sorunsalına bağlı olarak, trafik kazaları verileri, CBS ve Uzaktan Algılama yardımıyla analiz etmiştir. Bu kapsamda belirlenmiş olan trafik kazalarının yoğun olduğu kritik noktalara göre, Eskişehir ulaşım planı kararlarının yeniden gözden geçirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalar için önemli olan bilgiler oluşturulmuştur. Çalışmada Eskişehir kenti örnek olarak kullanılarak ulaşım planlamasında CBS ve Uzaktan Algılama tekniklerinin önemi ortaya konmuştur.

Küçük (2007), çalışmasında, Toplu Taşıt Doluluk Etüdü, Taşıt Doluluk Etüdü ve Hareketli Gözlemci Yöntemi kullanarak Niğde il merkezi örneğinde CBS' ye bütünleşmiş bir ulaşım bilgi sistemi (UBS) tasarlamaya çalışmıştır. Niğde kent içi ulaşım sisteminin verimli çalışıp çalışmadığını ve trafik öğelerinin kent içinde trafik kompozisyonunu ne şekilde etkilediği belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada sorunların belirlenmesi, bu sorunları azaltacak gerçekçi ve uygulanabilir çözüm önerileri getirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayımlar mevcut metotlarla birleştirilerek Coğrafi Bilgi Sistemlerini de kullanarak işlemleri daha kolaylaştıracak ve verileri görsel olarak ta göz önüne getirecek bir sistem oluşturulmuştur. Analizler CBS kullanılarak yapılmış ve bu analizlerden çıkan sonuçlar, sorunların en iyi şekilde nasıl çözülebilirliğine göre görsel olarak CBS de tanımlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak üstyapı yönetim sistemi kullanılmıştır. Bu bölümde genel olarak üstyapı yönetiminin amacı, üstyapının ağ düzeyindeki ve proje düzeyindeki analiz bileşenleri anlatılmıştır.

3.1.1. Üstyapı yönetiminin amacı

Yol ağının uygun bir durumda olmasının ülke ekonomisindeki önemi yaygın olarak kabul edilen bir gerçektir. Karayolu ulaştırması, birçok ülkede ulaştırmanın en önemli modudur ve ekonomi için hayati önem taşır. ÜYS'nin temel amacı, şu soruyu cevaplama da karayolu yapımçı kuruluşlarına yardım etmektir:

Hangi bakım ve onarım yöntemi ile verilen kesin bütçe, nerede ve ne zaman gerçekleştirilebilir?

ÜYS, toplam ağ için en yüksek kârla sonuçlanacak bakım ve onarım ölçümlerinin (proje aşaması) bir listesini üretebilmektir. En iyi çözüm önerisi, yol ağının mevcut durumu hakkında verilerin sağlıklı bir biçimde elde edilmesine bağlıdır.

ÜYS aşağıdaki soruları da cevaplamaya yardım edebilir:

-Mevcut bütçeye bağlı olarak, yol ağının standart üstyapısı gelecekte ne olacak?

-Hangi bakım ve onarım stratejisi, yol üstyapısının korunmasında yapılacak yatırımların topluma en yüksek dönme oranıyla sonuçlanacak?

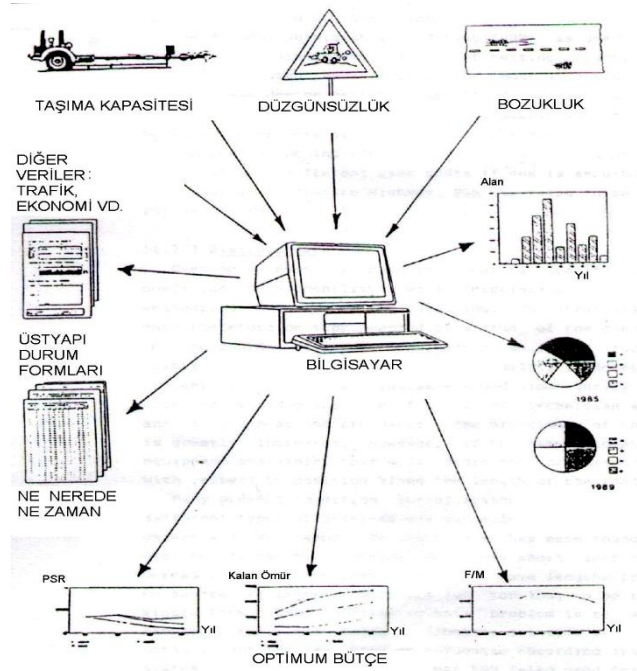
ÜYS bakım çalışmaları fon tahsisinden sorumlu olan yetkililer için olduğu kadar, yol ağının bakımından sorumlu karayolu mühendisleri için de yardımcı bir araç olabilir.

ÜYS, ağ aşamasında olduğu kadar proje aşamasında da gelecekteki yol durumunu tahmin etme yeteneğine sahiptir ve bütçenin optimum kullanımını sağlayacak bakım ve onarım ölçümlerini belirlemek amacıyla bir optimizasyon yöntemi içermektedir. Bu sistem tarafsız ölçme fonksiyonları ve yapısal yol karakteristiklerini temel

almaktadır, fakat bunun yanında uygulayıcıların deneyim ve bilgisini birleştirmesine de olanak sağlar.

ÜYS, Taşıma Kapasitesi, Düzgünsüzlük, Bozukluk ve diğer veriler Üstyapı Durum Formlarında toplandıktan sonra Optimum Bütçeyi veren çözüm, bir bilgisayar yardımıyla yapılır. Sonuçta rapor ve grafikler oluşturularak bakım ve onarım takvimi oluşturulur. Şekil 3.1’de şematik olarak bir ÜYS görülmektedir.

ÜYS, analizler için yoldan alınan verilerin toplanmasında veri akışını sağlar. Veri tabanı oluşturmada ve bilgisayardan veri elde etmede kullanılabilir (Terzi, 2004).



Şekil 3.1. Bir ÜYS'nin yapısı (Terzi, 2004).

ÜYS, Ağ Düzeyindeki Yönetim ve Proje Düzeyindeki Yönetim olmak üzere iki aşamadan oluşur.

3.1.2. Ağ düzeyindeki yönetim

3.1.2.1. Üstyapı envanteri ve mevcut durumu

Üstyapı envanteri ve mevcut durumu, kullanılan üstyapının tanımı (karayolu, park alanı vb.), tipi (esnek, rijit vb.), fonksiyonel sınıfını, yaşını, en son incelemedeki durumunu (PSI, RN vb. ölçüm), bölgesini ve diğer etkenleri içermelidir. Böyle bir

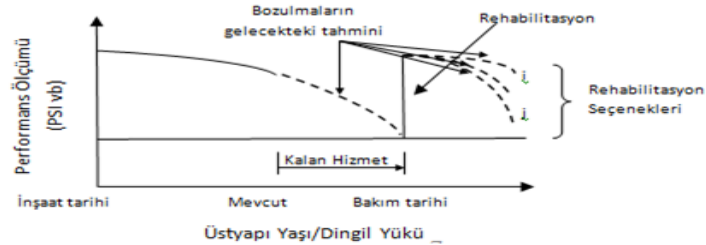
rapor üzerinde istenilen istatistik değerlendirmeler ve grafik gösterimler yapılabilir. Ayrıca kullanıcı isterse sorgulama yapabilmeli, sorgulama sonucunu rapor olarak alabilmelidir.

Trafik altında, üstyapı performansı ve yapısal kapasite verilerini toplamak çok pahalıdır ve ÜYS'nin en çok zaman alan kısımlarıdır. Ancak bu verilerin toplanması ve saklanması sistem için çok önemlidir. Hemen kullanılmayacak, fakat gelecekte yarar sağlayacağı düşünülen verilerin ekonomik getirileri dikkatli bir biçimde düşünülmelidir. Çünkü gereksiz yere saklanan veriler ciddi veri kirliliğine neden olabilir (Terzi, 2004).

3.1.2.2. Performans tahmini

Bütün üstyapılar aynı zamanda incelenemeyeceği için, yolun incelendiği tarihte veya daha sonraki bir tarih için üstyapı kesiminin durumunun tahmin edilmesi gerekebilir. Belirli bir zaman dilimi için performans eğrileri kullanılarak tahmin yapılabilir. Performans tahmini için çeşitli modellerin gelişmesi üstyapı mühendisleri için önemli bir değişim olmuştur. Bir üstyapı ağındaki kesimler için gelecek yıllardaki durumu tahmin etmek amacıyla, dikkate alınan ölçütlerdeki değişim oranını belirlemek gerekir.

Şekil 3.2, bir üstyapı kesiminde gelecekteki bozulma durumuna göre bakım zamanını tahmin etmek için kullanılacak performans eğrisini şematik olarak göstermektedir. Ayrıca aynı şekil, bakım yılında uygulanan onarım seçenekleri için bozulma modellerinin uygulamasını gösterir (Terzi, 2004).



Şekil 3.2. Bir üstyapının performans eğrisi ve onarım seçeneklerinin etkisi (Terzi, 2004).

Herhangi bir tahmin modeli için temel gereksinim duyulan bilgiler şunlardır (Terzi, 2004):

1. Bir veri tabanı (örneğin inşaat tarihi, YOGT, PSI değeri vb.),
2. Bozulmayı etkileyen tüm önemli değişkenlerin belirlenmesi,
3. Gerçek yol koşullarını kapsayacak şekilde dikkatli bir model seçimi,
4. Kriterlerin belirlenmesi (örneğin PSI değeri 2,5 olduğunda onarım programına alınması).

Üstyapı performans tahmini için kullanılan modeller aşağıdaki gibi gruplandırılabilir: (Terzi, 2004).

- a) Lineer azalan tahmin modeli,
- b) Regresyon (ampirik) modeli,
- c) Mekanistik-Ampirik model,
- d) En küçük kareler yöntemi ile polinom modeli,
- e) S-şekilli eğriler
- f) Olasılık dağılımı
- g) Markov modeli,
- h) Yapay zeka modelleri.

3.1.2.3. Bütçe tahmini

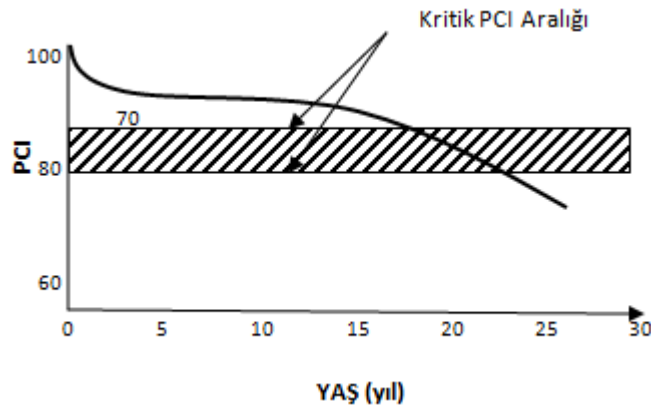
Üstyapıya belirli bir standardın üzerinde bakım ve onarım yapabilmek için gereken yıllık bütçenin tahmin edilmesi gereklidir. Bütçe tahmini yapıldığında, farklı senaryolar analiz edilebilir. Böyle bir rapor, üstyapı performansını belirli bir düzey üzerine getirebilmek için gereksinim duyulan ana bakım ve onarım uygulamalarının gerektirdiği bütçe gereksinimlerini içerir. Bu maliyet, birim bakım ve onarım maliyeti ile yol üstyapı kesimi alanının çarpılmasıyla tahmin edilir. Kullanıcı, birim bakım ve onarım maliyeti ile enflasyon oranı arasındaki ilişkiyi mutlaka tanımlamalıdır (Terzi, 2004).

3.1.2.4. Sınırlandırılmış bakım ve onarım programı

Sınırlandırılmış bakım ve onarım programı, mevcut üstyapı bozulmaları ve bakım ve onarım için kurumun politikalarını esas alır. Sınırlı bütçe nedeniyle ağda bulunan ve bakım veya onarıma gereksinim duyan kesimlerin tamamına ödenek ayrılamayabilir. Bu gibi durumlarda bakım ve onarım uygulamalarını sınırlandırmak gerekir. Bakım ve onarım farklı koşullarda ve farklı kullanıma açık üstyapılar için birden fazla sınırlandırılmış bakım ve onarım programı geliştirilmesi önerilmektedir. Örneğin, iyi durumdaki üstyapılar geciktirici bakım ve onarım için daha kapsamlı ölçüm gerektirebilir. Daha kötü durumdaki bir üstyapı için aynı politikanın uygulanmasının getireceği maliyet gerçekçi olmayacaktır (Terzi, 2004).

3.1.2.5. Yıllık ve uzun-sürelî iş planları

Yıllık ve uzun süreli bakım ve onarım iş planları için, kritik durum (Üstyapı Durum İndeksi(PCI-Present Condition Index) veya diğer göstergeler) kavramı kullanılır. Kritik PCI süreci, kritik PCI değerinin üzerindeki üstyapıları korumak için daha ekonomiktir. Bu yöntem, dinamik programlama, ağ optimizasyon çözümlemesi sonuçları ve birçok projedeki ömür döngüsü (life-cycle) maliyet analizleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bir kritik PCI, zamanla PCI kaybındaki artış oranı olarak tanımlanır. Şekil 3.3, 55 ile 70 arasındaki alışılagelmiş kritik PCI aralığını gösteren örnek bir bozulma eğrisinin şematik gösterimidir (Terzi, 2004).



Şekil 3.3. Tipik bir kritik PCI aralığını gösteren bozulma eğrisi (Terzi, 2004).

Üstyapı davranışı, tepkisi, performansı, bozulması veya gerçek ölçümlerle tahminlerin karşılaştırmasını yapılabilmesi için bazı ölçütler koymak gereklidir. Örneğin, PSI (Mevcut Hizmet yeteneği İndeksi) için minimum kabul edilebilir değer 2,0 olarak alınır, herhangi bir kesimde PSI değeri 2,0'ye eşit veya daha az olduğunda mevcut bir bozulma olduğu veya "bakım zamanının" gelmiş olduğu anlaşılır. Proje düzeyinde, ölçüt genellikle şartnameler esas alınarak belirlenir. Örneğin, bir karayolu kuruluşu düzgünsüzlük için maksimum bir sınır koyabilir. Bu ölçütü koymanın ana sebebi, kaliteyi güvence altına almaktır (Terzi, 2004).

3.1.3. Proje düzeyindeki yönetim

Proje Düzeyindeki Yönetim, proje düzeyindeki araştırmaların yürütülmesini ve bir proje için en iyi bakım ve onarım seçeneğinin seçimini sağlar. Proje düzeyi değerlendirmeleri, bakım ve onarım projesi için planlar hazırlanmadan önce yapılır. Proje düzeyinden elde edilen üstyapıya ait veriler bakım ve onarım tasarım sürecinde kullanılacaktır.

Proje Düzeyindeki Yönetiminde geçmiş verilerin yanında üstyapının mevcut durumunun belirlenmesi için tahribatlı ve tahribatsız deneyler, düzgünsüzlük ve kayma direnci ölçümleri de yapılabilir. Bu deneylerin hepsi bir arada yapılabileceği gibi sadece bir tanesi de yeterli olabilir (Terzi, 2004).

3.1.3.1. Geçmiş veri toplama

Geçmiş verilerin toplanması; üstyapı ne kadar süre ne tür etkilere hangi şekilde tepki vermiş bunları görmemizi ve gelecekte üstyapıdaki olabilecek durumları önceden tahmin edebilmemizi sağlamaktadır. Toplanan bu veriler aşağıda belirtilmiştir.

- a) İnşaat ve Bakım Tarihi
- b) Trafik Kayıtları
- c) Proje Seviyesi Üstyapı Durum İndeksi (PCI) Denetimi
- d) Drenaj
- e) Sıcaklık (Terzi, 2004).

3.1.3.2. Tahribatsız defleksiyon testi

Servise açık bir üstyapının yapısal durumunu belirlemek için mevcut en güvenilir yöntemlerden biri, tahribatsız deney yöntemlerini (Nondestructive Deflection Testing-NDT) kullanmaktır. NDT, tahribatlı deneylere göre iki önemli faydaya sahiptir. Birincisi, tahribatlı deneyler üstyapıya zarar verir veya deney için üstyapı malzemesinin çıkarılmasını gerektirir. Oysa NDT üstyapıya zarar vermeden üstyapının değerlendirilmesini sağlar. İkinci faydası ise, tahribatlı deneylere göre trafiğin daha az kesintiye uğraması ve ucuz olmasıdır. Tabaka elastisite modülünün doğru bir şekilde geri hesaplanması için tabaka kalınlığının karot alınarak belirlenmesi önerilir. Ancak genellikle, bu gereksinim çok az ortaya çıkar.

Tahribatsız defleksiyon deneyi (NDT), proje çözümlemesi için değerli bilgileri içerir. NDT donanımlarının bir çok tipi mevcuttur. NDT sonuçları, esnek üstyapılarda aşağıdaki bilgileri belirlemede kullanılır:

- Yapısal tabakaların herbirinin elastiklik modülü,
- Üstyapı yapısal yeterliliği,
- Takviye tabakası kalınlık tasarımı,
- Hem trafiğe açık hem de açık olmayan alanlar için defleksiyon profili,
- Kalan yapısal ömür.

Üstyapı durumunu belirleme çalışmalarında tahribatsız deneylerden elde edilen defleksiyon verileri; öncelikle kabaca üstyapının yapısal durumunu anlamak için aynı noktada belli aralıklarla ölçüm yapılarak üstyapının zamanla geldiği noktanın belirlenmesi, ya da üstyapı tabaka karakteristiklerinin ölçülmüş defleksiyon verileri yardımıyla belirlenmesi şeklinde kullanılmaktadır.

NDT verileri, en iyi bakım ve onarım seçeneğinin seçimi için bozulma incelemesinden elde edilen bilgilerle ilişkilendirilebilir. NDT, eğer gerekirse karot ve malzeme örnekleme için seçilecek bölgedeki tahribatlı deney için de ön bilgi verebilir (Terzi, 2004).

3.1.3.3. Tahribatlı testler

1. Arazi Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Testi
2. Dinamik Konik Penetrasyon Ölçer (DCP)
3. Alttemel Reaksiyon Modülü

3.1.3.4. Düzgünsüzlük (Roughness)

Düzgünsüzlük ve kayma direnci ölçümleri, proje düzeyi değerlendirmesi için gereklidir. Üstyapıda bozulma olmadığı ya da az olduğu durumlarda düzgünsüzlük ölçümü en değerli bilgidir. Eğer yeniden inşa yakın bir zamanda yapılacaksa, mevcut üstyapının düzgünsüzlük ölçümünün herhangi bir değeri yoktur (Terzi, 2004).

3.1.3.5. Kayma direnci

Taşıt kontrolü ve uçak iniş güvenliği, büyük bir oranda üstyapı yüzey özelliklerine bağlıdır. Üstyapı kuru olduğunda, lastikler ile üstyapı arasında oluşan sürtünme normalde yüksektir. Yağışlı havalarda, özellikle üstyapının kayma direnci düşük olduğunda patinajdaki veya durma mesafesindeki potansiyel artışla kritik bir durum oluşabilir. Yeterli kayma direnci olmadığında, sürücü veya pilot direksiyon hâkimiyetini sağlayamayabilir ve ıslak üstyapıda duramayabilir. Kayma direnci verisi toplamanın ana sebebi, kazaları azaltmak veya artmasına engel olmaktır. Bu veriler, kayma direncinin yavaş veya hızlı bozulma düzeyine sahip üstyapı kesimlerini tanımlamada kullanılır. Bu bilgi daha sonra uygun bakım ve onarım seçeneğini seçmek için ve öncelikli üstyapı bakım ve onarım bulmak için bir yönetim aracı olarak kullanılabilir (Terzi, 2004).

3.2. Yöntem

3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Günümüzde bilginin gücü çok daha belirgin bir hal almıştır. Bilgiyi etkin kullanan toplumların çok daha hızlı ve dinamik bir gelişme göstermeleri yanı sıra, yine bu toplum bireylerinin çağdaş hizmetlerden en iyi düzeyde yararlandıkları görülmektedir. İnsanların bilgi toplumu olma yönündeki gayretleri, ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda daha iyi olma arzusundan kaynaklanmaktadır. Bugün bilgi teknolojisindeki hızlı gelişmeler bilim ve sanatın yanında artık yönetsel işlevlerde de etkili olmaktadır. Yaşadığımız bilgi çağında, bilgi teknolojisi çok değişik alanlarda insanlığa hizmet vermektedir. Özellikle konuma bağlı bilgilerin yönetilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) birçok konumsal uygulamada önemli rol oynamaktadır.

Günümüzde verilerin güncelliği ve doğruluğu, planlama çalışmaları gibi verilerin analiz edilmesinin karmaşık olduğu disiplinlerde coğrafi bilgi sistemleri ile kolaylıkla sağlanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri verilerle ilgili her türlü yönetim ve depolama işini yaparak, kullanıcılara hız ve doğruluk kazandırmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri ise çalışma alanı ile ilgili görüntüler sağlayarak coğrafi bilgi sistemlerine güncel altlıklar sağlamaktadır. Altlığın güncel olması, kullanıcı veya yönetici tarafından çalışma alanının tanınmasını, doğru analiz edilebilmesi dolayısı ile oluşturulacak kararların doğruya yakınlığını sağlamaktadır.

CBS güncel verilerle, planlama ve veri yönetimi gibi karmaşık işlemleri anlaşılır ve hızlı hale getirmektedir. Böylelikle alınacak kararlar için karar destek sistemini oluşturmakta ve eski yöntemlere göre daha hızlı, doğru çözümler üretmeyi sağlamaktadır. Eski yöntemlerle tutanaklarda yığın halinde bulunan veriler veri yönetim sistemleri ile daha güvenli depolanabilmektedir. Eski yöntemlerle on binlerce verinin analiz edilmesi mümkün olamazken, veri yönetim sistemleri bütün verilere anında erişmeyi ve verileri analiz etmeyi sağlamaktadır. Ayrıca kamu kurumları gibi veri paylaşımının gerekli olduğu birimlerde verilerin görev ve yetki dâhilinde paylaşımı sağlanmaktadır. Coğrafi bilgi teknolojileri sayesinde verilerin yönetimi ile birlikte veri paylaşımı sağlanabilmektedir. Böylelikle veriler,

yapılabilecek her türlü uygulamaya ve geliştirilmeye açık olmaktadır (Terzi. vd. (2011).

3.2.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri ile ilgili tanımlamalar

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) yaygın olarak kullanılan genel bir tanımı yoktur. Kullanım alanına göre farklı tanımlamalar yapılabilir. Bu tanımların birkaç tanesi aşağıdaki gibidir;

Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographical Information System- GIS), en genel anlamıyla mekânsal verilerin belirli bir amaç doğrultusunda, bilgisayar ortamında depolanması, modellenmesi, analiz edilmesi ve raporlanması için gerekli yazılım, donanım ve personel bütünüdür. CBS sorgulama ve istatistiki analiz gibi ortak veri tabanı işlemleri, haritalar tarafından sunulan coğrafi analiz yararlarını eşsiz görselleştirmeyle entegre eden teknolojidir

CBS, yeryüzünde mevcut olan ve sonradan oluşan her türlü veriyi haritalamaya ve analiz yapmaya yarayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. CBS teknolojisi sorgulama, görüntüleme, istatistik analiz ve haritalarda gösterilen coğrafi analiz gibi ortak veri tabanı işlemlerini birleştirir. Bütün bu özellikler CBS'yi diğer bilgi sistemlerinden ayırır ve strateji planlamada, sonuçları tahmin etmede, olayları açıklamada genel ve özel işlemlere cevap vermesi ile önemli hale getirir.

CBS; coğrafi verilerin işlenerek üzerinde çeşitli analiz ve modellemelerin yapılabildiği bilgisayar sistemidir (Goodchild vd. 1993). CBS; dünya üzerindeki bölgeleri tarif eden, verileri saklayan ve kullanan bilgisayar sistemi olarak tanımlanabilir (Foody ve Curran, 1994). CBS, yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, paylaşımı ve görüntülenmesi işlemlerini yerine getiren bilgisayar destekli araçlar bütünüdür (Terzi vd. 2011).

3.2.1.2 Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri

CBS; bölgedeki konumu belirtilmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan insan, yazılım, veriler, yönetim çemberinden oluşan bir sistemdir.

3.2.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin avantajları

CBS özellikle karar vermede önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Zira sürekli haritalarla görsel veri elde etmek mümkündür. Çok fazla sayıda senaryo üreterek, önemli olan faktörler belirlenebilir. Ayrıca grafik üzerinde fare konumlandırıldığında o coğrafi noktaya ait veri tabanı (mevcutsa) kullanıcıya gösterilebilir.

Veriler sürekli güncellenebilir ve internet ortamında diğer kuruluşlarla paylaşılabilir. Bu nedenle, kuruluşlar arasında aynı işlerin yapılması tekrarı önlenir ve şeffaflık artırılabilir. Bu şekilde hareket ederek, personel sayısı azaltılabilmekte, maliyet azalmakta ve üretim hızı artmaktadır. Bunlara ilave olarak, belki de en önemlisi yapılan işin niteliği artmaktadır (Terzi, 2004).

3.2.2. ARCGIS 9.0

ARCGIS™ 9.0 sistemi, entegre bir coğrafi bilgi sistemidir. CBS yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi ArcObjects üzerine kurulmuş bir sistemdir.

3.2.2.1. ArcGIS Desktop

ArcGIS Desktop, (ArcInfo, ArcView ve ArcEditor) içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolBox, ArcGlobe ve Model Builder ara yüzleri ile, haritalama, coğrafi analizler, veri düzenleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebilecek entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. ArcGIS Desktop çok çeşitli kullanıcı tiplerinin gereksinimlerini yerine getirebilmek amacıyla ölçeklenebilir.

ArcView çok kapsamlı veri kullanımı, haritalama ve analizler üzerine odaklanır. ArcEditor, ArcView yazılım özelliklerine ek olarak, gelişmiş coğrafi düzenleme ve veri üretimi sağlamaktadır. ArcInfo, çok kapsamlı CBS fonksiyonları ve çok zengin coğrafi işlemler içeren profesyonel bir yazılımdır. ArcCatalog, mekânsal verilerin yönetimi ve veri tabanı tasarımı için kullanılabilir gibi, depolama, görüntüleme ve meta veri yönetimi için de kullanılabilen bir ara yüzüdür.

ArcView; ArcView profesyonel CBS kullanıcıları için anahtar bir veri kullanımıdır. kullanımıdır. ArcGIS Desktop kullanabilecek üç fonksiyonel ürün düzeyinden

ilkidir. ArcView 9.0, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolBox ve ModelBuilder uygulamalarının bir bütünüdür.

ArcView yazılımı, vektör ve raster kökenli coğrafi veri tabanlarından grafik ve grafik olmayan veri sorgulama olanağı veren, öğrenilmesi kolay olan masa üstü haritalama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımıdır.

ArcView yazılımı kullanıcının değişik formatlardaki (dxf, dgn, dbf, txt, tif, bmp.. vs) veriyi kolayca seçmesini ve görüntülemesini sağlamaktadır. Bu yazılım, Arc/Info, ArcCad ve PC Arc/Info gibi programların ürettiği mekânsal veriyi direkt olarak kullanarak görüntüleme ve sorgulama işlerini yapabilen ortamı sağlamaktadır (Morova, 2006).

ArcEditor; Geodatabase, shapefile ve diğer coğrafi bilgi formatlarını yapılandırma için CBS veri otomasyonu ve derleme ortamıdır. ArcEditor, topoloji, Subtypes, domain ve geometrik network gibi geodatabase davranışlarını oluşturma yeteneklerine sahiptir. Ayrıca, meta veri oluşumu, coğrafi veri inceleme, analiz ve haritalama araçları da içermektedir.

ArcMap ara yüzü, bütün haritalama ve düzenleme işlemlerini yerine getirmek için kullanılabilirliği gibi, harita tabanlı analizler için de kullanılmaktadır. ArcGIS Desktop Extensions (Modüller) kullanılarak bütün yazılımlara yeni yetenekler eklenebilmektedir. Kullanıcılar ArcObjects (ArcGIS yazılım bileşenleri kütüphanesi) kullanarak kendilerine özel modüller geliştirebilmektedirler. Ayrıca, Visual Basic, .NET, Java, Visual C++ gibi standart Windows programlama ara yüzleri kullanılarak yeni modüller ve özel araçlar da geliştirilebilmektedir (Morova, 2006).

ArcGIS Desktop yazılımlarının (ArcInfo, ArcEditor ve ArcView) içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcCatalog uygulaması, grafik ve sözel verileri tanımlama, gözden geçirme, yönetme ve organize etme işlemlerini üstlenmiş olan uygulamadır. ArcCatalog uygulaması, CBS verileri ile ilgili şu fonksiyonları yerine getirmektedir; (Morova, 2006).

- Veri tipleri, içerikleri ve ikon görüntüleme

- ArcCatalog’da, ilişkisel veri tabanlarına direk bağlantı
- Drag, Drop Özelliği (ArcMap ve ArcToolBox için)
- Projeksiyon sistemlerinin görüntülenmesi ve yönetilmesi
- Veri tabanında yer alacak olan alanların yaratılması ve tüm özelliklerinin yönetimi

3.2.3. Visual Studio 2008

Genel Bakış

Microsoft® Visual Studio® 2008, program geliştiricilerin, en yüksek kaliteye sahip, zengin kullanıcı deneyimleri sunan bağlantılı uygulamaları hızla geliştirebilmelerini sağlayarak, Microsoft’un, akıllı istemcilere ilişkin vizyonunu hayata geçirmektedir. Organizasyonlar Visual Studio 2008 sayesinde, işle ilgili etkili kararlar vermelerine yardımcı olacak bilgileri yakalamanın ve analiz etmenin her zamankinden daha kolay olduğunu görmektedirler. Visual Studio 2008, her boyutta organizasyonun, Windows Vista™ ve 2007 Office sisteminden faydalanan daha güvenli, yönetilebilir ve güvenilir uygulamaları hızla oluşturabilmelerini sağlamaktadır(Microsoft, 2007).

Visual Studio 2008, program geliştiricileri için, üç ana temelde önemli ilerlemeler sunmaktadır (Microsoft, 2007):

- Hızlı uygulama geliştirme
- Etkili Ekip İşbirliği
- Devrim Niteliğinde Bir Kullanıcı Deneyimi

Visual Studio 2008’in kullanıcıya ve projelere sağladığı kolaylıklar aşağıdaki başlıklarda belirtilmektedir (Microsoft, 2007).

Visual Studio 2008, program geliştiricilerin, akıllı istemciler inşa etmeleri ve geliştirmeleri için yeni ve kolay yollar sunmaktadır (Microsoft, 2007).

Dil ile Bütünleşik Sorgu (LINQ)’nin piyasaya sürülmesi ve diğer veri erişim iyileştirmeleri, program geliştiricilerin, verilerin işlenmesine ilişkin daha tutarlı, programatik bir yaklaşım uygulamalarını, veri erişimini yeni veri tasarım yüzeyleri

ile gerçekleştirmelerini ve zaman zaman bağlantı sağlayan tasarım modeli için yerleşik sınıflar kullanmalarını mümkün kılmaktadır (Microsoft, 2007).

Program Geliştiriciler, etkili ve etkileşimli Web uygulamalarını Visual Studio 2008 ile kolaylıkla oluşturabilirler. Alışılmış ASP.NET AJAX programlama modelinin sorunsuz entegrasyonu ve daha etkin istemci taraflı uygulamayı mümkün kılarak, son kullanıcılara çok daha uyumlu bir Web arabirimi sunmaktadır. JavaScript IntelliSense hata ayıklama ve geliştirme deneyimini daha da iyileştirecektir (Microsoft, 2007).

Visual Studio 2008, ürün kalitesindeki önemli iyileştirmelerin ve en popöler tasarım yüzeylelerinin, kullanıcıya nasıl hata mesajı verdiğine ilişkin yapılan değişiklikler sayesinde, daha iyi bir program geliştirici deneyimi sunmaktadır. Buna ek olarak, Visual Studio 2008, program geliştiricilerin farklı .NET Framework platformlarını hedefleyebilmesini mümkün kılarak, kullanıcının, araç seti ve çerçevesini ayrı ayrı benimseyebilme yeteneğini de basitleştirmektedir (Microsoft, 2007).

Visual Studio içerisindeki ALM özellikleri, sadece yazılım geliştirme yaşam döngüsünün yönetimi için değil, bir kuruma ait uygulamanın nihai son kullanıcıları ve IT görevlileri ile kritik öneme sahip etkileşimlerin yönetimi için de büyük destek sağlamaktadır (Microsoft, 2007).

Yapılmış olan uygulamada; web ara yüzü geliştirmede ve veri işleme olaylarında Microsoft Visual Studio kullanılmıştır. Ayrıca Visual Studio'nun işleri kolaylaştırıcı veri bileşenleri ve web bileşenleri kullanılmıştır. Visual Studio programının kolay kod yazma olayları, çalışmanın yapılması esnasında yol gösterici olarak, kolaylıklar sağlamıştır.

3.2.4. Visual Basic

Visual Basic (VB olarak da anılır) Microsoft tarafından geliştirilmiş görsel programlama programıdır. Visual Basic'in bir programın yazılıp çalıştırılmasından öte, program geliştirmek için çok sayıda araca sahip olması; kullanıcı arabiriminin tasarlanması, hataların giderilmesi, veri tabanı yaratmak, gibi gelişmiş özelliklere sahiptir.

Visual Basic ile farklı düzeylerde (konularda) programlar geliştirilebilir. Visual Basic ile küçük işlemler için program geliştirilebileceği gibi, profesyonel programlar, veri tabanı uygulamaları ve hatta Internet uygulamaları bile geliştirmek mümkündür. Örneğin bir cari hesap, stok, satış, imalat vb. uygulamaları, oyun programı vb.

Visual Basic'in sahip olduğu araçlar:

- Kullanıcı ara birimi geliştirmek için çok sayıda kontrol.
- Programı derleme ve hata bulmaya yönelik çok sayıda araç.
- Değişik veri tabanlarına erişim.
- Diğer uygulamaların fonksiyonlarını kullanmayı sağlayan Active X™ teknolojisi.
- Uygulamanın EXE dosya olarak üretilebilmesi ve dağıtılması.
- Raporlama araçları.
- Veri yapısı araçları.

3.2.5. Genetik Algoritma

Evrin mekanizmasını kullanarak, araştırmacılar herhangi bir insanın yapısını anlayamadığı problemleri çözen programları yazabilir. Aslında, Genetik Algoritmalar böyle karmaşık sistemlerin tasarımındaki çözüm bulmada geleneksel yöntemlerden üstündürler. Genetik algoritmalar, bir problemin potansiyel çözümünün geleneksel programların yapabileceğinden daha geniş aralıktaki olasılıklarını araştırır.

Genellikle bir gen, göz rengi gibi tek bir öznelikle tanımlanan veya etkilenen bir kromozomun parçası olarak tanımlanır ve DNA'nın bir kesimini içerir. Genetik Algoritma (GA) yönteminde, daha güçlü bireylerin kazandığı doğal seçim mekanizmasından esinlenilmiştir. GA böyle bir doğal seçim için doğrudan benzerlik yöntemini kullanır. Genetik evrim yöntemleri ve genetik oyunun kazananı ile en uygun çözüm bulunabilir ve gösterilebilir.

GA'ların geleneksel yöntemlerden farkları

- GA’larda parametreler kodlanarak kullanılır. Genelde kodlama biçimi ikilik sayı sistemindedir. Bu sistem bilgisayarların çalışma sistemi ile aynıdır. Eğer istenirse bilgiler daha farklı sayı sistemlerinde de kodlanabilir.
- GA’larda tek bir nokta yerine noktalar topluluğundan hareket edilir. Bu da genel maksimuma ulaşmayı kolaylaştırır. Yani sistem yerel maksimumlara takılmaz.
- GA’larda sadece amaç fonksiyonu değerleri kullanılır. Türev ve integral gibi daha farklı bilgilere gerek yoktur. Bu da yöntemi belirli kabul ve şartlardan uzak tutar.
- GA’lar; belirlilik değil, olasılık kuralına dayanır. Seçim işlemi olasılık doğrultusunda gerçekleştirilir (Terzi, 2004).

3.2.6. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. YSA günümüzde birçok probleme çözüm üretebilecek yeteneğe sahiptir. Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi YSA’nın da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay bir sinir hücresi girdiler (X_n), ağırlıklar (W_n), toplam fonksiyonu (Σ), aktivasyon fonksiyonu $F(\Sigma)$ ve çıktı (y) olmak üzere beş ana kısımdan oluşur.

Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir. Bunlar ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Ağırlıklar, girdi seti veya kendinden önceki bir tabakadaki başka bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir.

Toplam fonksiyonu girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanına etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Bu fonksiyon bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Hücrede toplanan net girdinin tümü (net) ise,

$$net = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i + b \quad (3.1)$$

olarak elde edilebilir. Burada x_i i. sinir hücresinin girdi değeri, w_{ij} ağırlık katsayıları, n bir hücreye gelen toplam girdi sayısı, b eşik değeri ve Σ toplam fonksiyonudur.

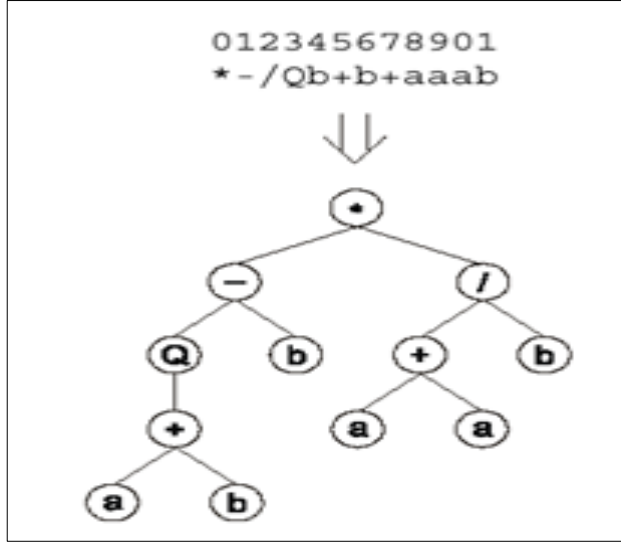
Aktivasyon fonksiyonu ise toplam fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemde geçirerek hücre çıktısını belirleyen bir fonksiyondur. Genel olarak çok tabakalı algılayıcı modelinde aktivasyon fonksiyonu ($f(.)$) olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılarak hesaplanan sinir hücresinin çıktısı Eşitlik (3.2)'deki gibi gösterilmektedir.

$$y_i = f(net) = \left[\frac{1}{1 + e^{-net}} \right] \quad (3.2)$$

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar; Girdi Katmanı, Ara Katmanlar (Gizli Katman) ve Çıktı Katmanı'dır (Morova ve Terzi, 2011).

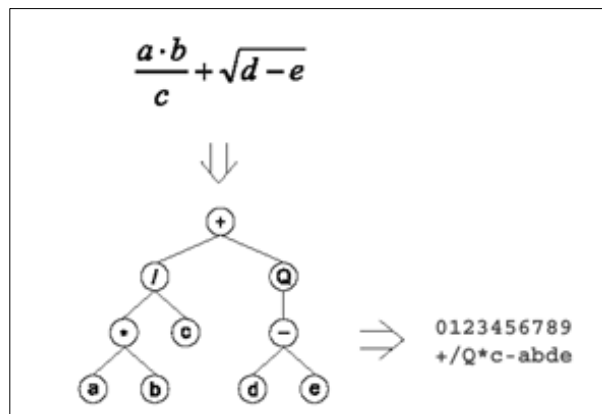
3.2.7. Gen İfade Programlama

GEP bireylerin fenotip dallanmış yapıları genetik programlama kullanılan aynı tip oluşur. Ancak, bu karmaşık taraftaki kodlanmış basit, sabit uzunlukta doğrusal yapılar - kromozom. Dolayısıyla, GEP'de kromozomlar ve dallanmış yapıları veya ifade ağaçları olmak üzere iki ana oyuncu vardır. Genetik bilgi eski kodlanmış bir ifadesi olarak örnek bir ifade ağacı Şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4. Örnek bir ifade ağacı

Doğada olduğu gibi, bilgi çözümlenmesi sürecine çeviri denir. Bu çeviri açıkça kodu bir tür ve kurallar kümesi anlamına gelir. Genetik kodu çok basittir: bire bir - kromozomu ve işlevleri ya da temsil terminallerinin sembolleri arasında bir ilişki kurulur. Kurallar da çok basittir; onlar fonksiyonları ve ifade ağaçları terminalleri ve alt arasında etkileşim tipi mekansal organizasyonu-çok da ifade ağaçları sistemleri belirlemek. GEP yılında Dolayısıyla iki dil: genlerin dil ve ifade ağaçları dili vardır. Ancak, basit kurallar sayesinde bu ifade ağaçları ve etkileşimlerinin yapısını belirlemek, hemen bir genin sıra verilen fenotip kısırlık ve mümkün tersi ile mümkündür. Bu iki dilli ve koşulsuz sisteme karva dil denir. Şekil 3.5’de karva dil örnek görülmektedir (Ferreira, 2002).



Şekil 3.5. Karva dil örneği

3.2.8. Doğrusal Regresyon

Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır. Basit ve çoklu doğrusal regresyon denklemlerinin formülize edilmiş biçimi sırasıyla Denklem (3.3) ve Denklem (3.4)'de verilmiştir.

Basit ve çoklu lineer regresyon model denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır (Şener ve Morova, 2011).

$$y = b_0 + b_1X + \varepsilon \quad (3.3)$$

$$y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (3.4)$$

Model denklemlerde,

Y= Bağımlı değişkeni,

X_i=Bağımsız değişkenleri

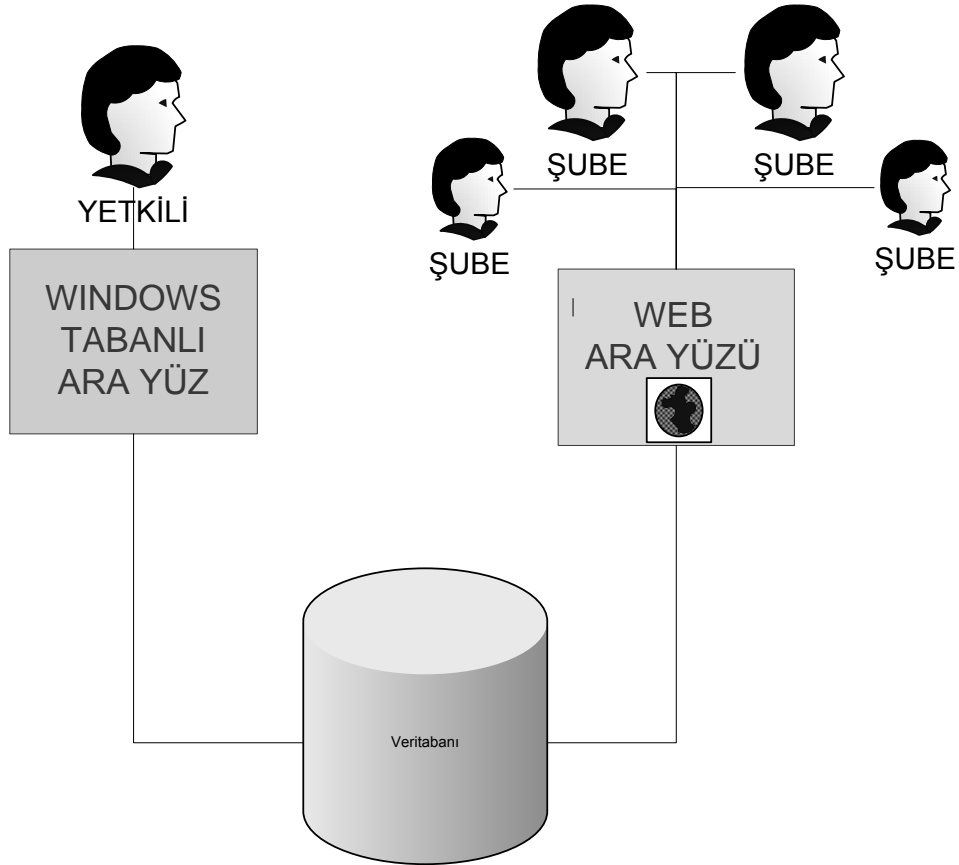
b_i= Hesaplanan katsayı parametreleri

ε = Hata terimini ifade etmektedir

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Tasarlanmış Üstyapı Yönetim Sistemi Platformu

Geliştirilen yazılım temel olarak üç parçadan meydana gelmektedir (Şekil 4.1.). Windows tabanlı ara yüz, Web tabanlı ara yüz ve Ortak veri tabanı bu sistemi oluşturan parçalardır. Sistemin bütünlüğünü sağlayan en önemli parça veri tabanıdır. Veri tabanı ortak olup, herhangi bir konumdan veri değişikliği ya da eklemesi gerçekleştiğinde gerçek zamanlı olarak başka bir konumdan görüntülenebilmektedir ve işlenebilmektedir. Bu bize zamandan tasarruf sağlayarak amaçladığımız işlemleri kısa sürede gerçekleştirmemizi sağlamaktadır. Bu sistemin parçalarını oluşturan kullanıcıların bu konuda eğitilmiş olmaları esastır; çünkü yapılacak yanlış bir değişiklik ya da ekleme diğer tarafta yanlış bir sonuç alınmasına sebep olabilmektedir. Bu bize zaman kaybettirir, eğer zamanında düzeltilmezse büyük zararlara sebep olabilmektedir.

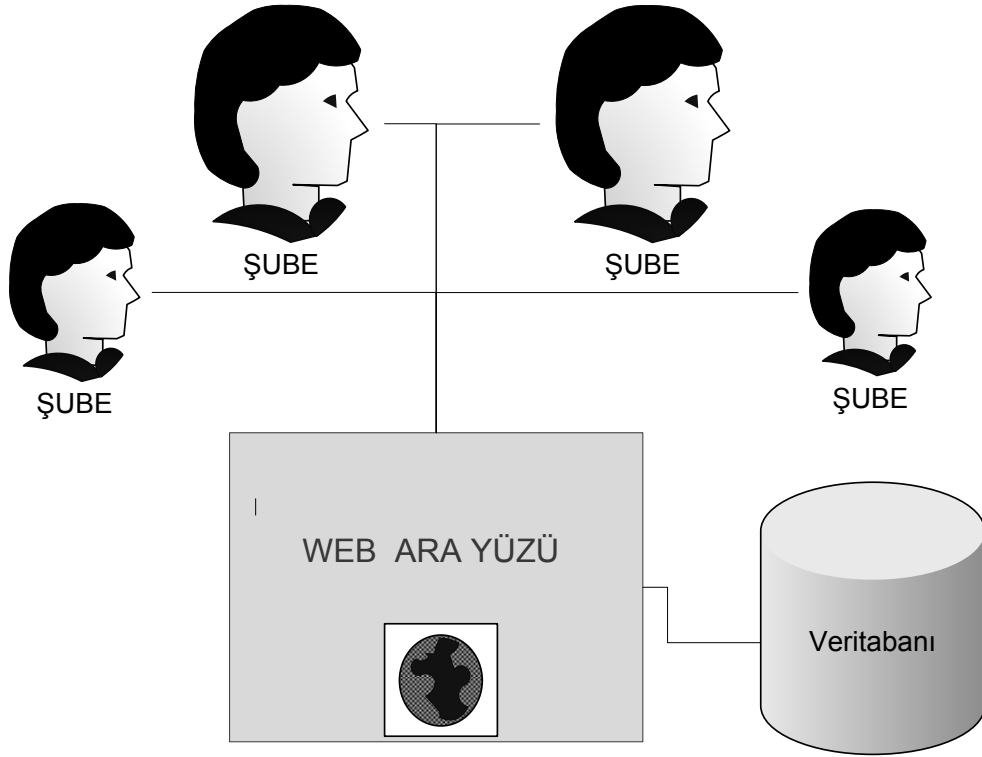


Şekil 4.1. CBS iş akış adımları

4.1.1. Web tabanlı ara yüz ile veri girişi

Hazırlanan bu Web Ara Yüzü kullanılarak, kullanıcılar (şubeler) yapılan değişiklikleri ya da eklemeleri sayısallaştırarak veri girişini internet üzerinden gerçekleştirebilmektedirler. Yapılan değişiklikler doğrudan veri tabanına kaydedilmektedir.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi şubeler tarafından bilgiler web ara yüzü kullanılarak veri tabanına gönderilmektedir. Bu akış adımlarında internet ağının büyük önemi vardır; çünkü Türkiye’nin farklı bölgelerindeki şubelerde yapılan değişiklikleri girebilmek için internet ağını kullanarak merkez sunucuda bulunan uygulamaya ulaşılması gerekmektedir. Uygulamaya ulaşmak için bir web tarayıcısı kullanacak ve sunucunun IP numarasına bağlı bir domain ismi ile bağlanacaktır. Güvenlik açısından şube kendi kullanıcı kodu ve şifresi ile sunucuya bağlanacaktır ve gerçekleştirmek istediği işlemleri sadece o şubeye özel giriş yapabileceği bölümlerde uygulayacaktır.



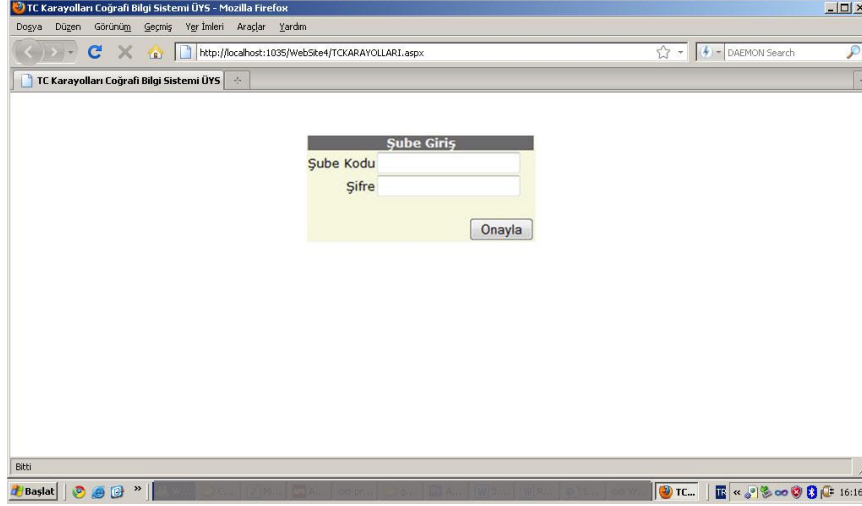
Şekil 4.2. CBS, web ara yüzü iş akış adımları

Kullanıcı sunucusuna bağlanabilmek için web tarayıcısını kullanarak tanımlı olan web adresini yazarak sayfaya bağlanacaktır. Giriş sayfası olarak karşısına sisteme giriş sayfası gelecektir. Bu giriş sayfasında şube kodunu ve şifresini girebileceği bir ekranla karşılaşılacaktır. Şubedeki kullanıcı kendisine verilmiş ve daha önceden sunucuda tanımlanmış olan kullanıcı kodunu ve şifresini girerek veri giriş sayfasına yönlendirilecektir. Burada şube kodunun kullanılma sebebi; kullanıcının sadece kendi bölgesine ait verileri görebilmesi ve sadece bu bölgedeki verileri değiştirebilmesini sağlamaktır. Böylece kullanıcıdan doğacak hatalar kısıtlanmış olmaktadır. Web ara yüzünün işlem akış şeması Şekil 4.3.'de gösterilmektedir.



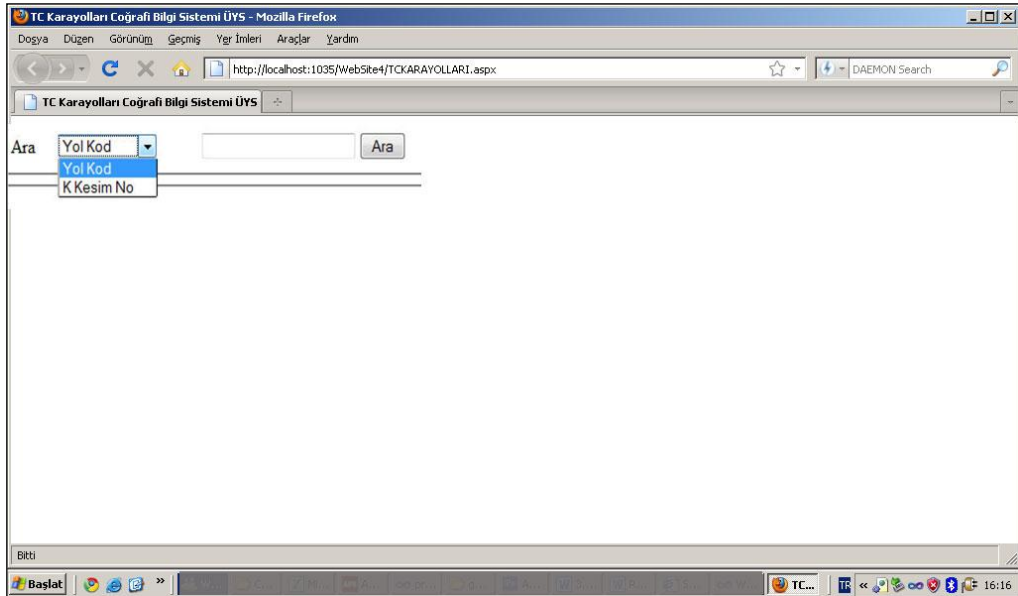
Şekil 4.3. Web uygulaması akış şeması

Şubedeki kullanıcı şube kodunu ve şifresini girdikten sonra verileri görebileceği ve değişiklikler yapabileceği sayfaya yönlendirilecektir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Şube yönetici giriş ekranı.

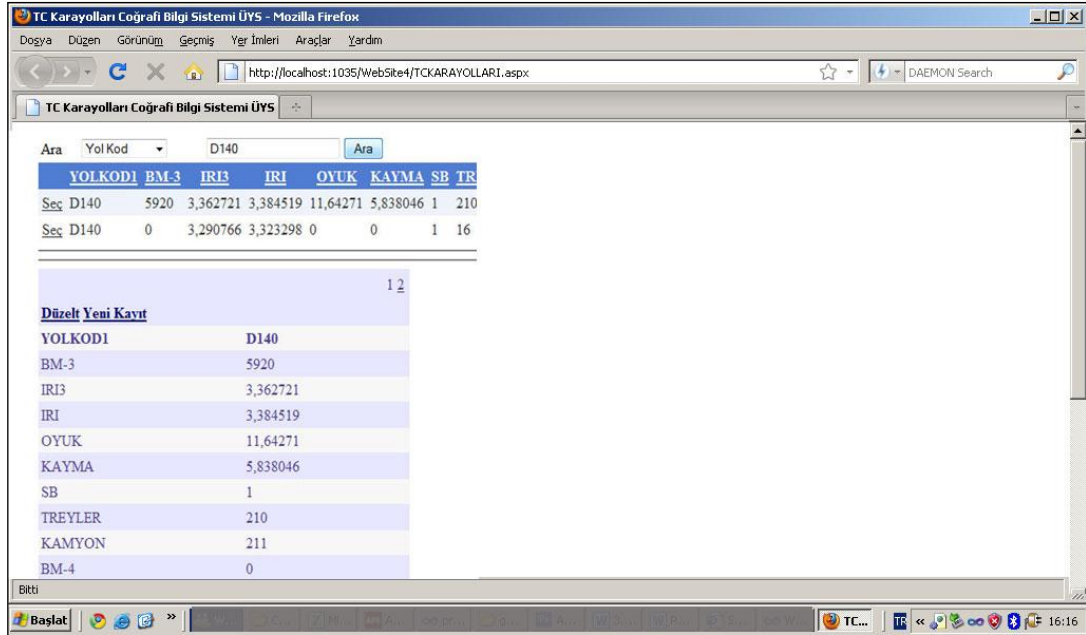
Kullanıcının yönlendirildiği sayfada ilk olarak Şekil 4.5.'teki ekranla karşılaşmaktadır. Bu ekranda arama yapmak istediği kriteri belirleyecektir. Arama kriterleri istek durumuna göre genişletilebilir. Kullanıcı arama kriterini belirledikten sonra kutucuğa arama yapmak istediği kelimeyi girecektir ve ara butonunu tıklayarak arama işlemini başlatacaktır.



Şekil 4.5. Arama Kriterini Belirleme.

Arama işlemi ortak veri tabanında yapılarak sonuçlar arama ekranının hemen altında hem toplu olarak hem de tek tek görülebilecek şekilde listelenmektedir. Kullanıcı üstteki listede kayıtları yatay sıralanmış liste şeklinde tümünü görebilmektedir. Bu listenin bir altında ise kayıtlar tek tek sıralanmaktadır. Yani aynı anda sadece bir kayıt görüntülenebilmektedir. Eğer aramada birden çok satır var ise bu listenin hemen üst sağ kısmında bulunan rakamları tıklayarak istediği kayıta gidebilir (Şekil 4.6.).

Şekil 4.6’da görmüş olduğumuz gibi kullanıcı arama kriteri olarak yol kodunu seçmiş ve arama metnini yazdıktan sonra ara butonunu tıklayarak aşağısında bulunan verilerin ekrana gelmesini sağlamıştır. Görüldüğü gibi arama sonrasında 2 kayıt bulunmuştur. 1. listede kayıtlar alt alta sıralanmıştır. 2. listede ise sadece tek bir kayıt görülmektedir ve istenildiğinde Şekil 4.6.’da görüldüğü gibi sağ üst köşedeki 1 – 2 rakamlarını tıklayarak kayıtlar arasında gezinilebilir. Bir kaydın tümünü görmek için ise web tarayıcısının kaydırma çubuğu kullanılmalıdır. Bunların dışında alt listenin sol üst kısmında ‘Düzeltilen Yeni Kayıt’ seçeneklerini görüyoruz. Bu seçenekler adlarından da anlaşılacağı gibi aktif olan kaydın düzenlenmesi veya yeni bir kayıt eklenmesi için gerekli olan linklerdir.

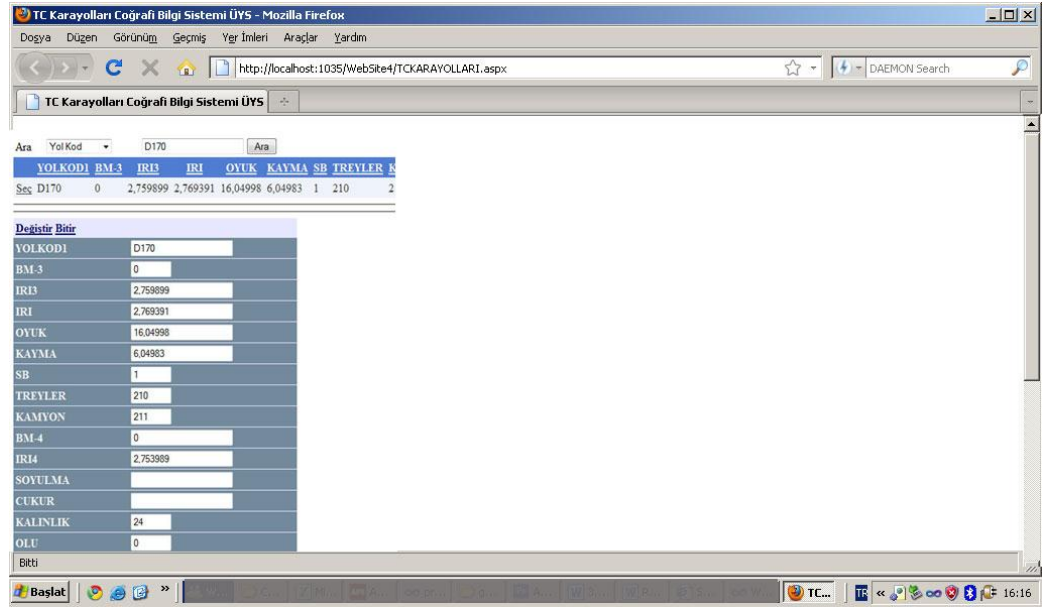


YOLKODI	BM-3	IRI3	IRI	OYUK	KAYMA	SB	TR
Sec D140	5920	3,362721	3,384519	11,64271	5,838046	1	210
Sec D140	0	3,290766	3,323298	0	0	1	16

YOLKODI	D140
BM-3	5920
IRI3	3,362721
IRI	3,384519
OYUK	11,64271
KAYMA	5,838046
SB	1
TREYLER	210
KAMYON	211
BM-4	0

Şekil 4.6. Web Ara Yüzünde Kayıtların Listelenmesi

Değiştirmek istenen kayıt aktif görüntüdeyken değiştir linkine basıldığında başlıkların karşılarındaki metinler düzenlenebilir kutucuklar haline dönüşmektedir. Değişiklik yapılmak istenen kayıttın karşısındaki değerler değiştirildikten sonra, yine alttaki listenin sol üst köşesinde yer alan ‘Değiştir’ linkine tıklayarak; değişikliklerin ortak veri tabanına kaydedilmesi sağlanmış olur (Şekil 4.7.).



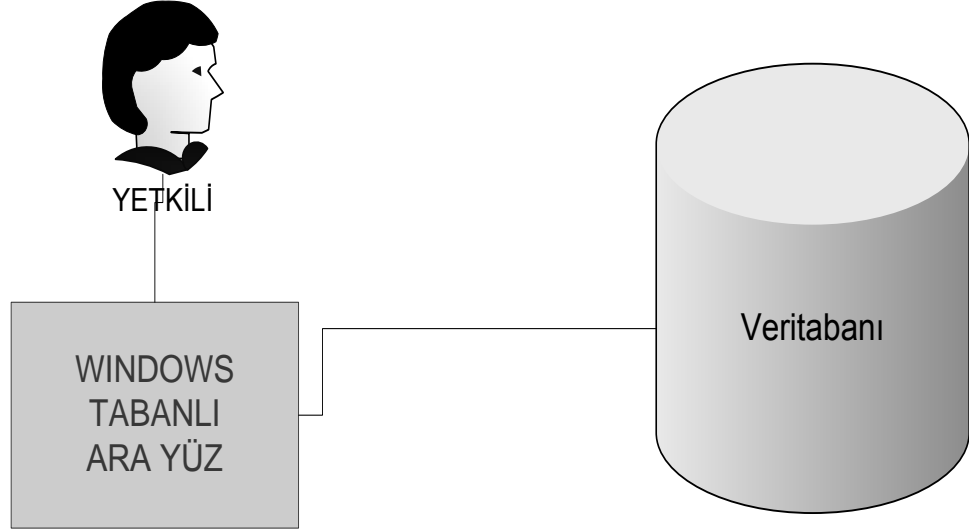
Şekil 4.7. Web ara yüzünde listelenen kayıttın düzenlenmesi

Yukarıda bahsedilen web ara yüzünün tasarımı ve yazılımı için bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Bilgisayar programı için kullanılan programlama dili Visual Basic’ tir ve tasarımı Microsoft Visual Studio’da yapılmıştır.

Yukarıda bu bilgisayar programının örnek bir çözümüne ait kullanıcı ara yüzleri gösterilmektedir (Bkz. Şekil 4.4., 4.5., 4.6. ve 4.7.).

4.1.2. Windows tabanlı ara yüz ile verilerin görüntülenip işlenmesi

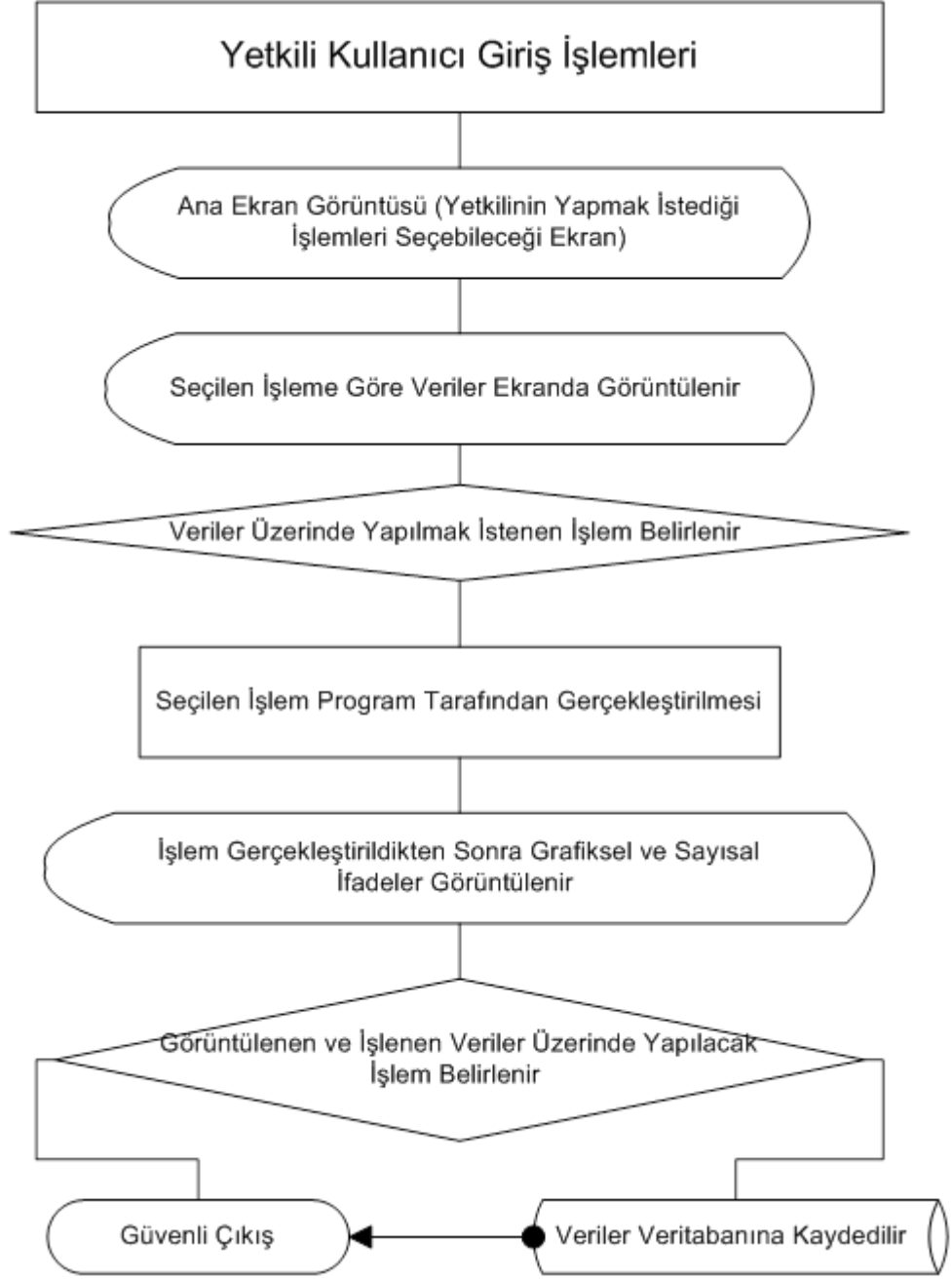
Geliştirilen bu ara yüzde yetkili kullanıcılar programa giriş yapıp veri tabanındaki bütün bilgilere ulaşabilmekte ve veri tabanında bulunan verilerle analizleri yapıp gerekirse tekrar veri tabanına kayıt yapabilmektedir. Bu programla veriler ortak veri tabanından alınmaktadır.



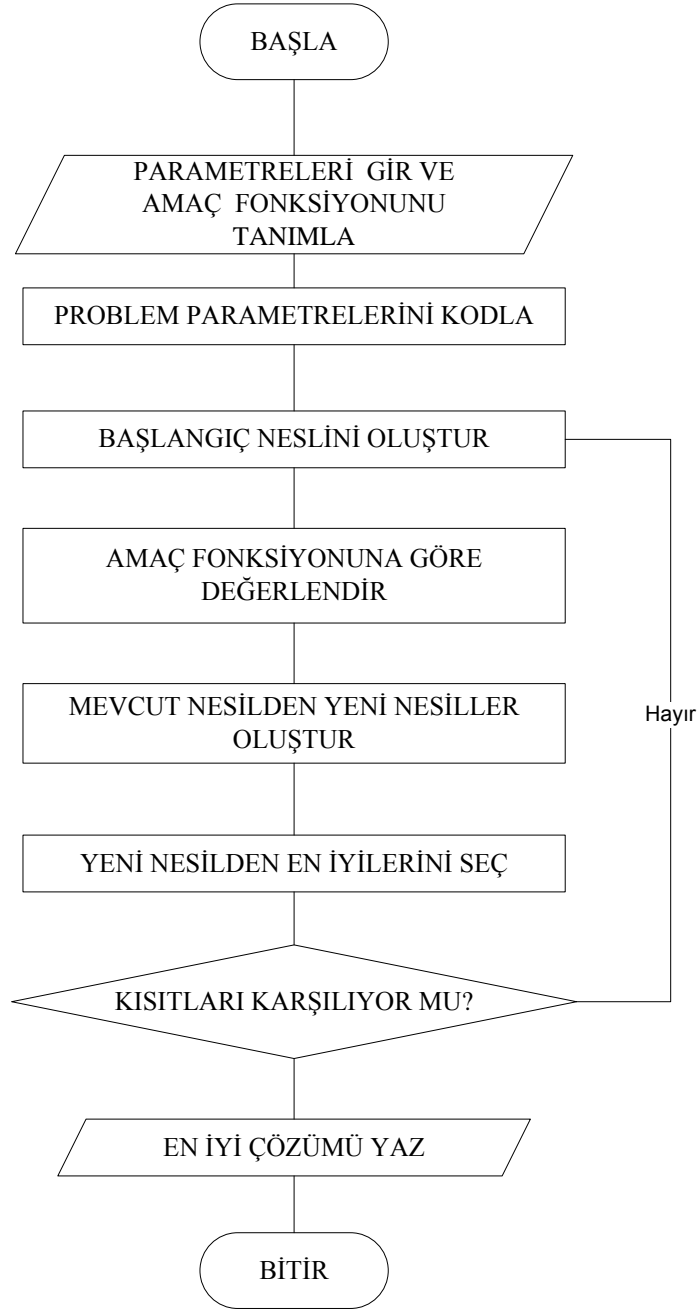
Şekil 4.8. CBS, web ara yüzü iş akış adımları

Yukarıda bahsedilen veri analizlerinin ve veri analizlerinin modellerinin çözümü için bu Windows tabanlı bilgisayar programı yazılmıştır. Bilgisayar programı için kullanılan programlama dili Visual Basic'tir ve tasarımı Microsoft Visual Studio'da yapılmıştır. Yazılan bu bilgisayar programında hesaplamalarda genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır. Bilgisayar programına ait ara yüz akış diyagramı ve yazılım algoritmaları Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.'da verilmiştir.

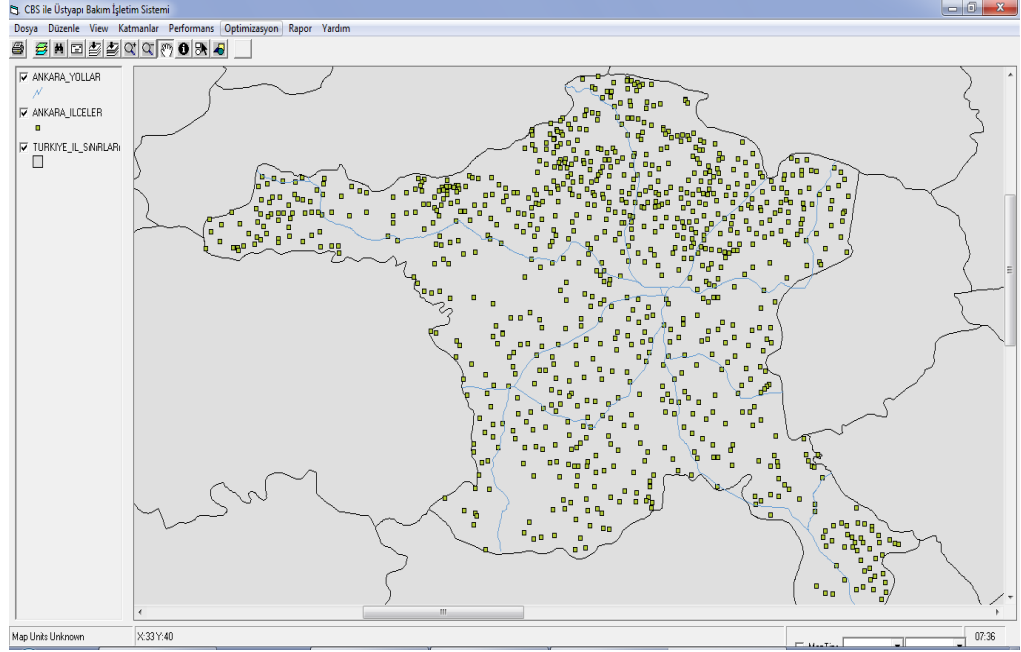
Şekil 4.11 ve 4.12, bu bilgisayar programının örnek bir çözümüne ait kullanıcı ara birimini göstermektedir. Ayrıca kullanıcı, isterse kaza maliyetlerini ve bakım ve onarım yöntemi maliyet ve ilave ömür değerlerini değiştirebilmektedir. Şekil 4.13, bakım ve onarım maliyet ve ilave ömür değerlerine, Şekil 4.14 ise kaza maliyetlerine ait kullanıcı arabirimlerini göstermektedir.



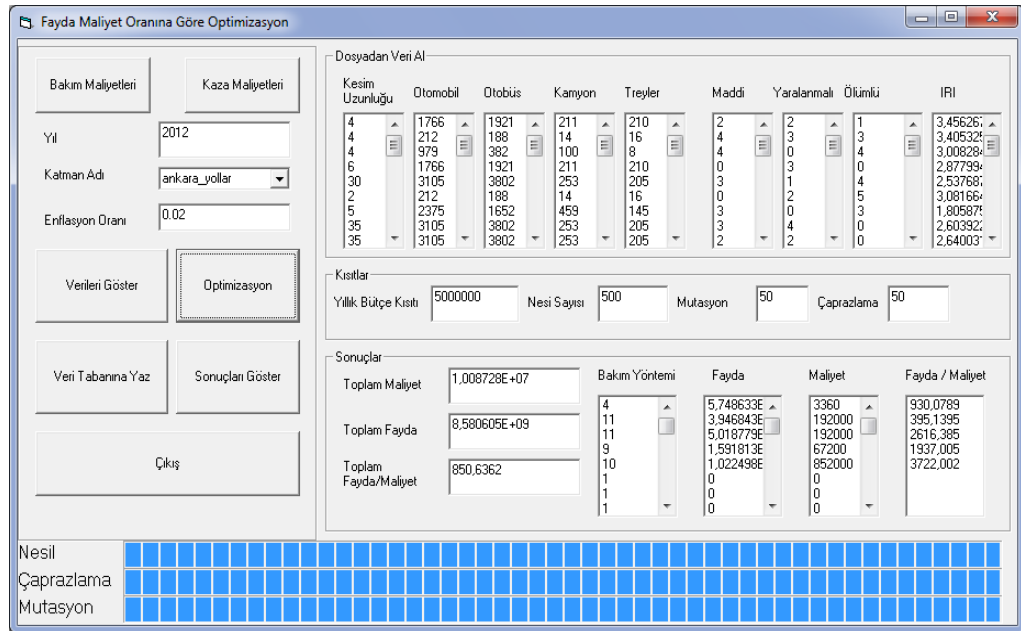
Şekil 4.9. Geliştirilen Windows ara yüzü yazılımının akış diyagramı



Şekil 4.10. Geliştirilen yazılımın akış diyagramı



Şekil 4.11 Geliştirilen windows ara yüz yazılımının ana ekranı



Şekil 4.12. Geliştirilen Windows ara yüz yazılımının kullanıcı arabirimi

Kod	B&R Yöntemi	Maliyet (\$)	İlave Ömür (Yıl)
1	Uygulama Yok	0	0
2	Çatlak Doldurma	1.2	2.5
3	Derz Doldurma	1.2	2.5
4	Yüzeysel Yama	2.1	2.5
5	Parçalı Yama	3.7	3.0
6	Tam Derinlikte Yama	6.5	4.0
7	Çukur Doldurma	2.8	3.5
8	Asfalt Püskürtme Uygulaması	0.9	3.5
9	Sathi Kaplama	2.8	5.0
10	Takviye Tabakası (5 cm)	7.1	7.0
11	İki kat takviye tabakası (5+5 cm)	12.0	11.0
12	İki kat takviye tabakası (5+8 cm)	15.2	15.0
13	Yeniden inşaat	20.0	20.0

Şekil 4.13. Bakım ve onarım yöntemlerinin maliyet ve ilave ömürlerine ait kullanıcı arabirimi

Kaza Türü	Kaza Başına Maliyet(\$)
Ölümlü Kazalar	4754311
Yaralanmalı Kazalar	5877643
Maddi hasarlı Kazalar	98926130
Yoldan Kaynaklanan Kaza Oranı	0.0698

Şekil 4.14. Kaza maliyetlerine ait kullanıcı arabirimi

4.1.3. Sonuçlar

Herhangi bir ülkenin karayolu ağının etkin bir şekilde bakımı ve onarımı, ekonomik büyümesi için zorunludur. Karayolunun bir bölümünün bakımı için kaynaklara ve gereksinimlere göre formüle edilen bir Üstyapı Yönetim Sistemi kullanılarak, minimum bakım maliyetlerine sahip tatmin edici bir üstyapı performansı sağlanması mümkündür.

Genellikle, planlanma aşamasında analiz periyodu boyunca esnek üstyapılar için bir onarım bütçe programına karar vermek zordur. Bunun yanında, projelerin sayısındaki artışla birlikte, ömür-döngü maliyetindeki değişim bütçedeki değişime duyarlıdır. Bu çalışmada üstyapı onarım programındaki bu belirsizlikleri dikkate almak amacıyla, genetik algoritma yöntemini uygulayan bir optimizasyon sistemi uygulanmıştır.

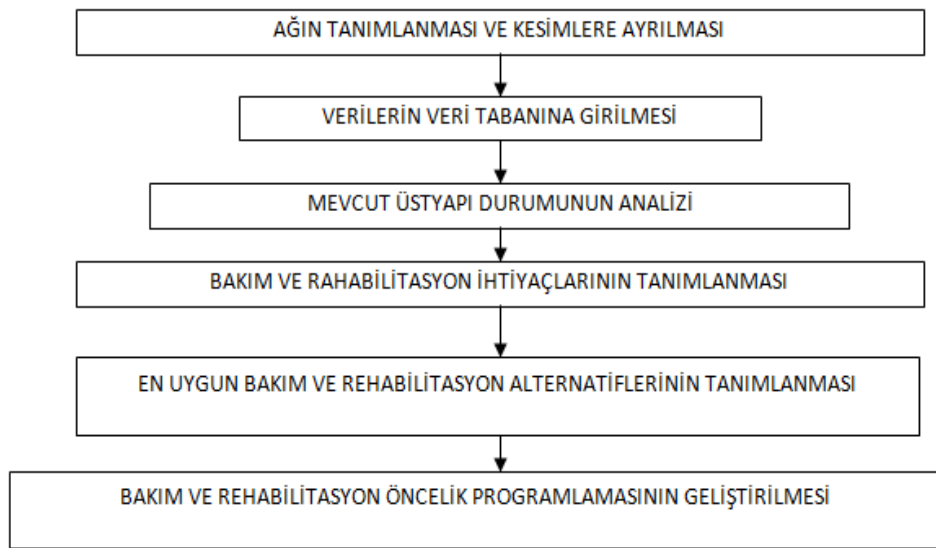
Ayrıca, yeni bir amaç fonksiyonu geliştirilmiş ve kaynaklardan farklı olarak hizmet yeteneğine göre bakım ve onarım stratejileri dikkate alınmıştır.

4.2. Örnek Çalışma

Bu çalışmada geliştirilen modellerin bir Üstyapı Yönetim Sistemine adapte edilmesi ve bu modellerin çalışabilirliğini göstermek amacıyla örnek bir çalışma yapılmıştır. Genel olarak bir ağ çalışmasının başlıca amaçları şunlardır:

Bir ağın durumunu değerlendirmek ve miktarını belirlemek,

- Beş (5) yıllık programlama periyodunda pilot ağın bakım ve onarım gereksinimlerini tahmin etmek,
- Çeşitli fon senaryoları için ağın beş yıllık bakım ve onarım programlarını geliştirmek,
- Beş (5) yıllık programlama periyodunda üstyapı performansında bu potansiyel programların etkisini belirlemek,
- Geliştirilen yazılım ile Üstyapı Yönetim Sistemi için gerekli olan verilerin sisteme aktarılması, çözümlemesi ve sonuçların gösterimi için pilot ağıdaki senaryoların uygulanmasına olanak sağlamaktır. Şekil 4.15, örnek çalışmanın yapısını göstermektedir.



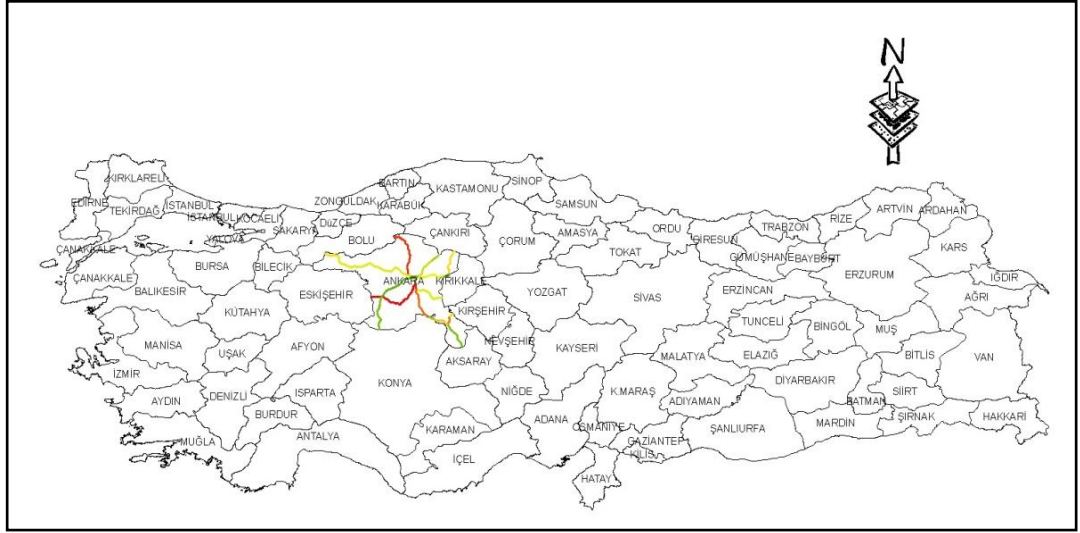
Şekil 4.15. Örnek çalışmanın yapısı

4.2.1. Ağ tanımı

Ağ olarak Ankara merkezli Karayolları 4. Bölge seçilmiştir. 1994 yılında Türkiye'deki ilk ÜYS uygulaması da Pavement Management Systems Limited tarafından bu bölgede yapılmıştır. Belirtilen ağ üzerindeki karayolları, sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ayrıca altlık olması bakımından, Türkiye il sınırları da sayısallaştırılarak bilgisayar ortamında bu katmanlar üst üste görüntülenmiştir.

4.2.2. Ağın kesimlere ayrılması

Seçilen ağ, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tanımlanan kesimlere bölünmüştür. Şekil 4.16'da bu ağı ve kesimleri göstermektedir.



Şekil 4.16. Örnek bölgedeki karayollarının kesimlerini gösteren harita

4.2.3. Veri tabanı ve veriler

Coğrafi bilgi sistemlerinin özelliğinden dolayı, her bir nesne için zaten bir veri tabanı bulunmaktadır. Bu mevcut veri tabanı üzerine performans tahmini ve optimizasyon modelleri için gerekli olan bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Çalışmada daha önceden elde edilmiş bazı veriler bulunmadığı için sentetik veriler kullanılmıştır. Veri tabanında aşağıdaki bilgiler bulunmaktadır.

- Yol kodu (D140 vb.)

- Kesim Numarası
- Kesim Uzunluğu
- Yol Tipi (Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Veya Sathi Kaplama)
- İnşaat veya Yapısal Onarım Tarihi
- Yıllık Ölümlü kaza sayısı
- Yıllık yaralanmalı kaza sayısı
- Yıllık maddi hasarlı kaza sayısı
- Otomobil YOGT değeri
- Otobüs YOGT değeri
- Kamyon YOGT değeri
- Treyler YOGT Değeri
- Drenaj Yapısı Varlığı
- Malzeme Durumu
- İklim Durumu (0 ile 40 °C)
- Şişme-büzülme varlığı
- Banket Genişliği
- Üstyapı Tabaka Kalınlıkları Toplamı
- Oturma Varlığı
- Yapışma Eksikliği
- Sıkıştırma Eksikliği
- Bitüm Fazlalığı
- Agregada Dayanımı
- EDYS (mevcut değeri)
- EDYS2 (Gelecek yıl oluşacak değeri)
- EDYS3 (iki yıl sonraki değeri)
- EDYS4 (üç yıl sonraki değeri)
- EDYS5 (Dört yıl sonraki değeri)
- Timsah Sırtı Çatlak Genişliği
- Kenar Çatlağı Genişliği
- Yansıma Çatlağı Genişliği
- Blok Çatlağı Genişliği
- Kayma Çatlağı Genişliği

- Boyuna Çatlak Genişliği
- Enine Çatlak Genişliği
- Tekerlek İzi Derinliği
- Ondülasyon Yüksekliği
- Kabarma Yüksekliği
- Çökme Derinliği
- Oyuk Derinliği
- Sökülme Yüzdesi
- Kusma Yüzdesi
- Cilalanma Yüzdesi
- Yama Yüzdesi
- IRI (mevcut değer)
- IRI2 (gelecek yıl oluşacak değer)
- IRI3 (iki yıl sonra oluşacak değer)
- IRI4 (iki yıl sonra oluşacak değer)
- IRI5 (iki yıl sonra oluşacak değer)
- Bakım Yöntemi (1.yıl)
- Bakım Yöntemi (2.yıl)
- Bakım Yöntemi (3.yıl)
- Bakım Yöntemi (4.yıl)
- Bakım Yöntemi (5.yıl)
- Bakım Maliyeti (1.yıl)
- Bakım Maliyeti (2.yıl)
- Bakım Maliyeti (3.yıl)
- Bakım Maliyeti (4.yıl)
- Bakım Maliyeti (5.yıl)

Üstyapının hizmet ömrünü etkileyen bir diğer önemli parametre olan iklim verilerinin ilişkilendirilmesinde ise, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1984-2006 yılları arasındaki istatistiklerinden sağlanan ve göz önüne alınan otoyol kesimlerinin bulunduğu bölgelerin il bazında olmak üzere;

- Aylık ortalama nem miktarı,

- Aylık toplam yağış miktarı,
- Aylık maksimum yağış miktarı,
- Aylık ortalama sıcaklık değeri,
- Aylık minimum ortalama sıcaklık,
- Aylık maksimum ortalama sıcaklık,
- Aylık minimum sıcaklık,
- Aylık maksimum sıcaklık,
- Aylık maksimum ve minimum sıcaklık farkları ortalaması,
- Aylık minimum Maks. Sıcaklık değeri ile Max Min. Sıcaklık değerinin farkı,
- Aylık maksimum sıcaklık değeri ile minimum sıcaklık farklarının minimumu,
- Aylık maksimum Maks. Sıcaklık değeri ile Min. Min. Sıcaklık değerinin farkı,
- Aylık maksimum ve minimum sıcaklık farklarının maksimum değeri,
- Aylık maksimum kar örtüsü verileri kullanılmıştır (Hergüner, 2009)

Veri tabanına bilgilerin girilmesinden sonra, bir sonraki adım karayolunun gelecekteki performansını tahmin etmektir.

4.2.4. Performans tahmini

4.2.4.1. Gen ifade programlama yöntemi ile geliştirilen modeller

Bu geliştirilen modellemede sekiz girdili (Üstyapı Kalınlığı, $T_{8,2}$, Max. Kaplama Yüzeyi Sıcaklığı, Min. Kaplama Yüzeyi Sıcaklığı, Max Toplam Yağış TS, Max Nem TS, Yıllık Max Mim Sıcaklık Farkı Max Sıcaklık Farkı TS, Yıllık Max Kar Ortalama TS) ve tek girdili ($T_{8,2}$) olmak üzere iki modelleme oluşturulmuştur.

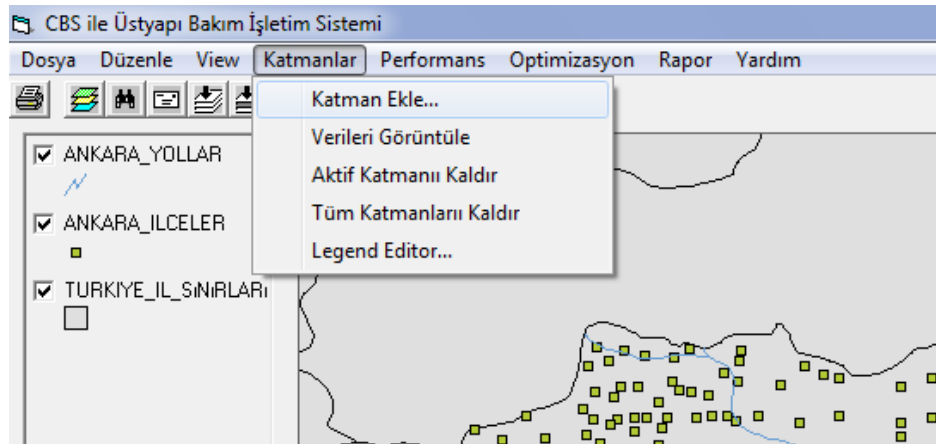
Sekiz girdi kullanılarak geliştirilen modele ait sonuçlar: Eğitim setine ait R^2 değeri 0.89 iken test setine ait R^2 değeri 0.80 civarında olmuştur. Sadece $T_{8,2}$ değeri girdi olarak kullanılan alternatif modelden elde edilen sonuçlara göre eğitim seti R^2 değeri 0.92, test seti R^2 değeri 0.91 olmuştur Tek girdili modellemeden alınan sonuçlar daha başarılı olduğu için oluşturulan bu modelden formüller alınarak Windows tabanlı bir bilgisayar programı oluşturulmuştur (4.1).

$$IRI = \text{Sqr}(\text{Minimum Kaplama yüz Sıcaklığı}) + (((\text{Sqr}(y \text{ MAX MİN SF MAX SFTS}) \wedge (\text{üstyapı kalınlığı} \wedge \text{Maksimum Kaplama yüzeyi Sıcaklığı})) * (\text{Minimum Kaplama yüz Sıcaklığı} \wedge \text{Minimum Kaplama yüz Sıcaklığı})) * \text{üstyapı kalınlığı}) + ((\text{max nem TS} - \text{Minimum Kaplama yüz Sıcaklığı}) - \text{max nem TS}) \quad (4.1)$$

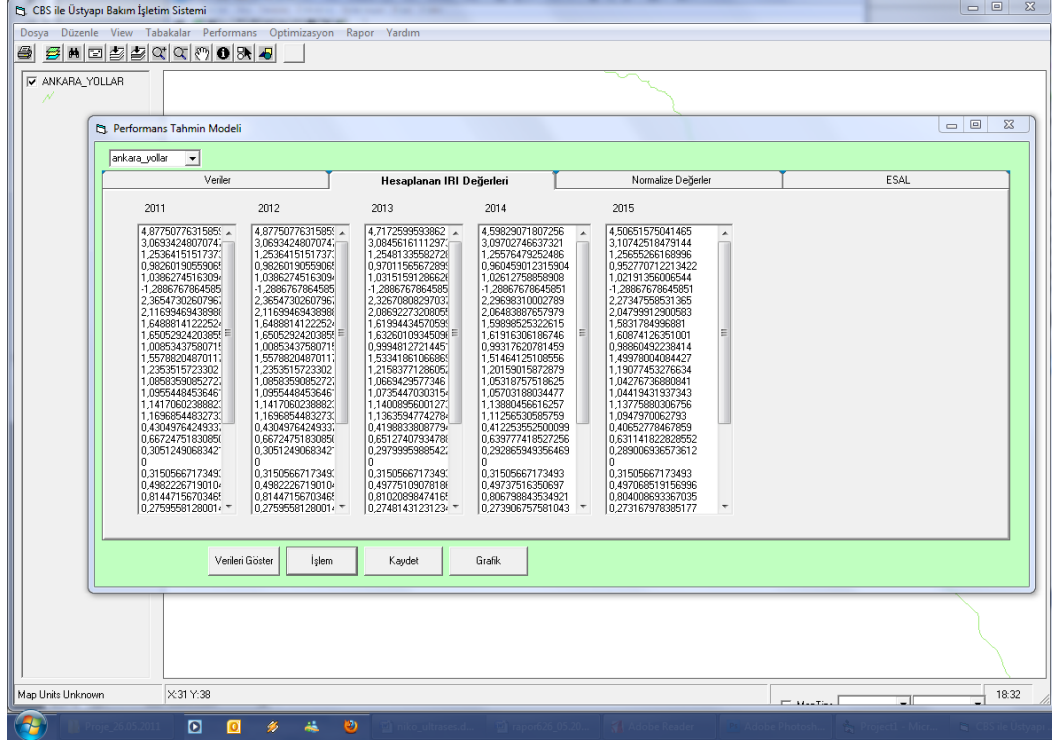
Yine bu program diğer modellerle oluşturulan programlarla ilişkili olarak Microsoft Visual Studio ortamında C# kodlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan programda; öncelikle ana ekrandan katmanlar menüsünden katman eklendikten sonra (Şekil 4.17.) Performans menüsünden Gen İfade Programlama İle Performans Tahmini seçilir. Gelen pencereden önce veri tabanından veriler ‘Verileri Göster’ butonu tıklanarak veriler ekranda görüntülenir. Veriler geldikten sonra ‘İşlem’ butonu tıklanarak gerçekleştirilmek istenen tahmin modeli oluşturulur ve ekranda gelecek 5 yılın IRI tahminleri görüntülenir (Şekil 4.18.). İsteğe bağlı olarak ‘Kaydet’ butonu tıklanarak bu tahmin edilen veriler veri tabanına kayıt edilebilir.

Çizelge 4.1. Geliştirilen modelin yapısı

Özellik	Sayı
Kromozom Sayısı	50
Gen Sayısı	8
Mutasyon oranı	0.044
Tek noktalı yeniden kombinasyon oranı	0.3
İki noktalı yeniden kombinasyon oranı	0.3
Gen yeniden kombinasyon oranı	0.1
Gen geçiş oranı	0.1



Şekil 4.17. Katman ekleme menüsü



Şekil 4.18. Gen İfade Programlama yöntemiyle gerçekleştirilen performans tahmini

4.2.4.2. Çoklu regresyon yöntemi ile geliştirilen modeller

Yapay zekâ gibi karmaşık modelleme teknikleri kullanılmadan önce daha basit modelleme yöntemlerinden biri olan çoklu regresyon yöntemi ile de model geliştirilmiştir. Yine sekiz girdi kullanılarak modelleme yapılmıştır. Model sonuçları Çizelge 4.2.'de görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi R^2 değeri 0.918 olarak elde edilmiştir. Çizelge 4.3.'de ise, bu modele ait katsayılar görülmektedir.

Çizelge 4.2. Çoklu regresyon yöntemi model sonuçları

Model	R	R^2	Ayarlanmış R^2	Std. Tahminlerin hatası
1	0,958(a)	0,918	0,891	0,12970

Çizelge 4.3. Çoklu regresyon yöntemi model katsayı sonuçları

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standardize Katsayılar	t	Sig.
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	0,959	0,215		4,465	0,000
Üstyapı kalınlığı cm.	1,339E-03	0,003	0,032	0,474	0,640
T 8.2	1,251E-08	0,000	0,871	5,392	0,000
Maksimum Kaplama yüzeyi sıcaklığı	-1,003E-05	0,000	-1,005	-1,187	0,247
Minimum Kaplama yüzey sıcaklığı	-2,708E-05	0,000	-0,199	-0,775	0,446
Maksimum top yağış TS	2,795E-06	0,000	0,813	1,878	0,073
Maksimum nem TS	1,557E-07	0,000	0,191	0,286	0,777
Y MAX MİN SF MAX SFTS	1,588E-07	0,000	0,011	0,047	0,963
YMAX KAR ORT TS	2,674E-06	0,000	0,025	0,168	0,868

Çoklu regresyon yöntemi ile de tek girdili (T 8.2) model geliştirilmiştir. Model sonuçları Çizelge 4.4.'te görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi R² değeri 0.89 olarak elde edilmiştir. Çizelge 4.5.'te ise, bu modele ait katsayılar görülmektedir.

Çizelge 4.4. Çoklu regresyon yöntemi model sonuçları

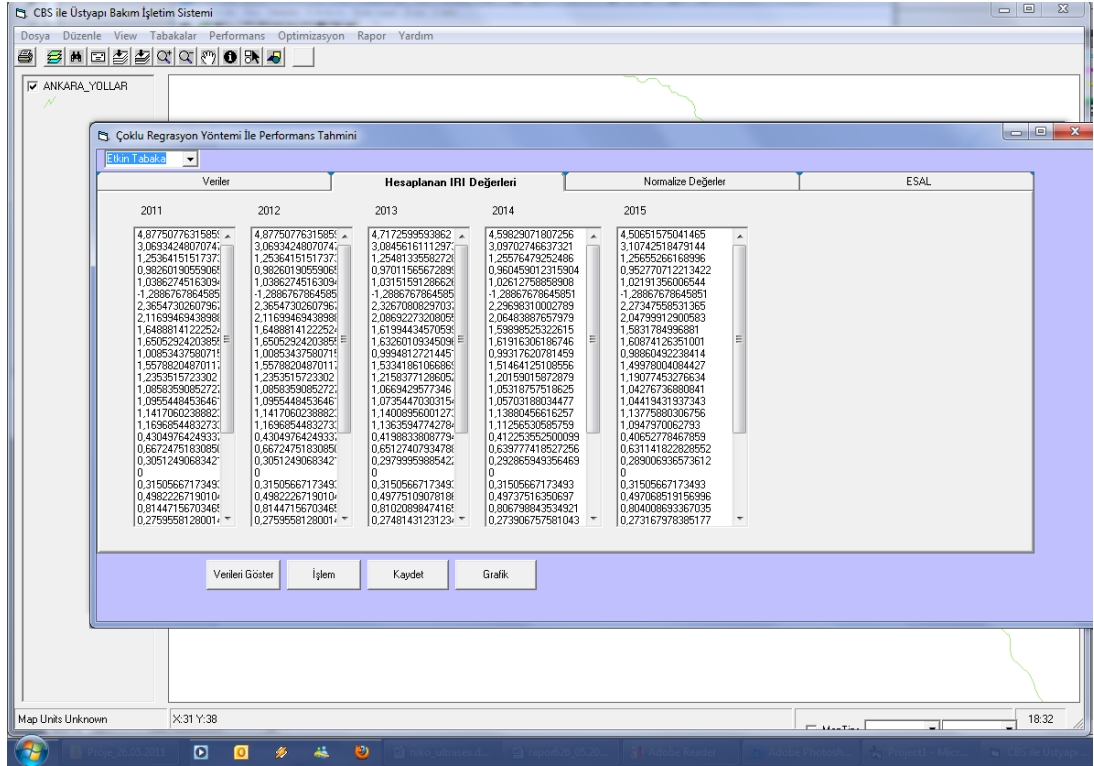
Model	R	R ²	Ayarlanmış R ²	Std. Tahminlerin hatası
1	0,943(a)	0,890	0,886	0,13235

Çizelge 4.5. Çoklu regresyon yöntemi model katsayı sonuçları

Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standardize Katsayılar	t	Sig.
		B	Std. Hata	Beta		
1	Sabit	1,086	0,036		29,772	0,000
	T 8.2	1,355E-08	0,000	0,943	15,823	0,000

Geliştirilen modelden çıkan formül ile birlikte Microsoft Visual Studio programı kullanılarak Windows tabanlı bir program yazılmıştır (4.2). Oluşturulan programda; öncelikle ana ekrandan katmanlar menüsünden katman eklendikten sonra (Şekil 4.17.) Performans menüsünden Çoklu Regresyon İle Performans Tahmini seçilir. Gelen pencereden önce veri tabanından 'Verileri Göster' butonu tıklanarak veriler ekranda görüntülenir. Veriler geldikten sonra 'İşlem' butonu tıklanarak gerçekleştirilmek istenen tahmin modeli oluşturulur ve ekranda gelecek 5 yılın IRI tahminleri görüntülenir (Şekil 4.19.). İsteğe bağlı olarak 'Kaydet' butonu tıklanarak bu tahmin edilen veriler veri tabanına kayıt edilebilir.

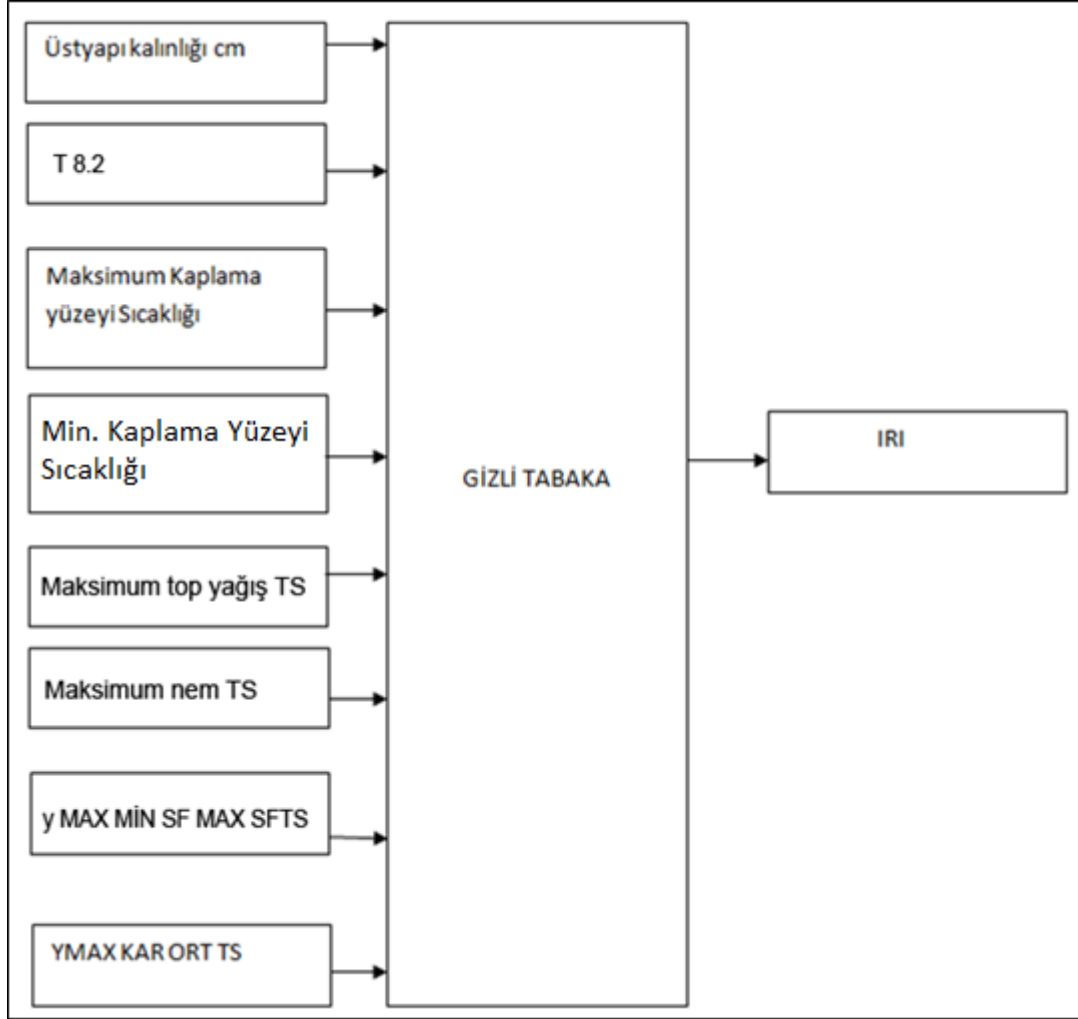
$$\begin{aligned}
 \text{IRI} = & (0.959 + (0.001339 * \text{Üstyapı kalınlığı cm}) + (0.00000001251 * \text{Üstyapı} \\
 & \text{kalınlığı cm}) + (-0.00001 * \text{T 8.2}) + (-0.0000271 * \text{Maksimum kaplama yüzeyi} \\
 & \text{sıcaklığı}) + (0.000002795 * \text{Minimum kaplama yüz sıcaklığı}) + (0.0000001557 * \\
 & \text{Max top yağış TS}) + (0.0000001588 * \text{Max nem TS}) + (0.000002674 * \text{Yıllık Max} \\
 & \text{min Sıcaklık Farkı Max Sıcaklık Farkı TS))
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$



Şekil 4.19. Çoklu regresyon metoduyla gerçekleştirilen performans tahmini

4.2.4.2. Yapay sinir ağı yöntemi ile geliştirilen modeller

Yapay Sinir Ağları yöntemi kullanılarak temelde iki farklı model geliştirilmiştir. Bunlarda ilki, mevcut tüm verileri kullanarak IRI tahmin edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.20.'de modelin mimarisi görülmektedir.



Şekil 4.20. Geliştirilen ilk YSA mimarisi

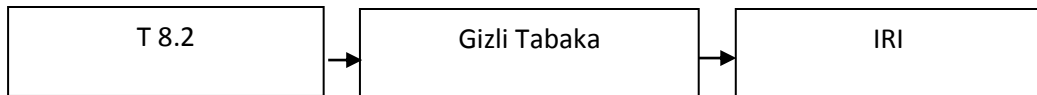
Oluşturulan modelde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi, gizli tabakadaki nöron sayısı ve aktivasyon fonksiyonu değiştirilmiştir. İki farklı aktivasyon fonksiyonu (tanjant sigmoid ve logaritmik sigmoid) kullanılmıştır. Tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılarak geliştirilen modellerde nöron sayısı 1 ile 6 arasında değiştirilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi bazı modellerde eğitim setinin R^2 değeri maksimum değer olan 1'e ulaşmıştır. Fakat dikkat edilmesi gerek bir diğer nokta olan test setinin R^2 değeri bu

mimariler için düşük kalmıştır. Bu nedenle 8-1-1 ve 8-2-1 modelleri daha yüksek test seti R^2 değeri vermesi açısından seçilebilir. Logaritmik sigmoid aktivasyon yöntemi kullanılan modellerde ise, 8-2-1. mimarisi en yüksek R^2 değeri vermiştir. Kendi aralarında karşılaştırma yapıldığında da bu model en yüksek R^2 değerini vermiştir (Terzi vd. 2011).

Çizelge 4.6. İlk YSA model sonuçları

Model	Eğitim	Test
8.1.1 tan	0,9	0,94
8.2.1 tan	0,944	0,918
8.3.1 tan	1	0,0542
8.4.1 tan	1	0,858
8.5.1 tan	1	0,889
8.6.1 tan	1	0,897
8.1.1 log	0,893	0,948
8.2.1 log	0,976	0,951
8.3.1 log	1	0,736

Genellikle, tüm dünyada kullanılan performans tahmin modellerinde yıl veya yığılımlı eşdeğer standart dingil yükü ($T_{8.2}$) sayısına bağlı olarak performans eğrisi geliştirilmektedir. Bu nedenle, mümkün olan en az girdi verisi kullanarak daha ucuz ve daha hızlı sonuca gitmek amacıyla sadece $T_{8.2}$ girdi parametresi kullanılarak modelleme yapılmıştır. Model mimarisi Şekil 4.21.'de görülmektedir.



Şekil 4.21. Geliştirilen ikinci YSA mimarisi

8-2-1 mimarisi ile yapılan model kullanılarak geliştirilen Windows uygulamasında, modelden çıkan formül kullanılmıştır (4.3). Yazılan programda veriler ait oldukları alanlara manuel olarak giriliyor ve bu veriler program içerisinde normalize edildikten sonra modelden elde ettiğimiz formül ile işleme tabi tutulur. İşlem sonucunda elde edilen IRI değerleri ekranda ait olduğu alanda gösterilir (Şekil 4.22.).

$$E1[J] = ((\text{üstyapı kalınlığı cm}) * 0.26568 - (T_{8,2}) * 1.1974 + (\text{Maksimum Kaplama Yüzeyi Sıcaklığı}) * 0.076635 + (\text{Minimum Kaplama Yüzeyi Sıcaklığı}) * 0.04748 - (\text{Max top yağış TS}) * 0.68278 - (\text{Max nem TS}) * 0.75076 + (\text{Y MAX MİN SF MAX SFTS}) * 0.50889 + (\text{Y MAX KAR ORT TS}) * 0.44486) - 2.3013;$$

$$F1[S1,J] = 1 / (1 + (\text{Math.Exp}(-E1[j])));$$

$$IRI = ((-0.66511 * F1[S1,1]) - (1.6746 * F1[S1,2]) + (1.0346 * F1[S1,3]) + (1.2457 * F1[S1,4]) + (1.2541 * F1[S1,5]) + (1.05487 * F1[S1,6]) + (1.4568 * F1[S1,7]) + (1.8689 * F1[S1,8])) - 0.1828; \quad (4.3)$$

	Üstyapı Kalınlığı	Max Kap. Yüz Sıcaklık	Min Kap. Yüz. Sıcaklık	Max. Toplam Yağış	Max. Nem	y Max-Min SF Max.	Y Max Kar Ort. TS	IRI
54	95272825	120170.5	-3347.7	364356	1469211	53325	13440	2,61
54	29368988,66	13658,5	-484,7	52230	170589	5016	1410	1,50
54	10946693,61	13658,5	-484,7	52230	170589	5016	1410	1,18
54	26947890,81	13658,5	-484,7	52230	170589	5016	1410	1,38
54	23553241,37	11921,1	-805,7	70826	256212	8526	4080	1,41
54	58224485	65889,2	-1695,2	196866	772866	28617	7350	1,75
54	57887167,45	65889,3	-1695,4	196866	772866	28617	7350	1,75
54	61894235,51	72316,2	-2006,1	227907	860013	31977	8280	1,88
54	57776376,55	65889,3	-1695,4	196866	772866	28617	7350	1,67

Şekil 4.22. Yapay sinir ağları yöntemi ile gerçekleştirilen performans tahmini

Eğer elimizde $T_{8,2}$ değeri yok ve elimizde sadece araç sayıları var ise; programımızda bulunan ikinci sütündeki $T_{8,2}$ hesapla butonu tıklanır ve buradan treyler, kamyon, otobüs, otomobil sayıları ve yol yapım yılı, bulunduğumuz yıl gerekli alanlara girilerek; “Hesapla ve Ekle” butonuna tıklanır. Tıklandığı anda program otomatik olarak $T_{8,2}$ 'yi hesaplayarak gerekli elana ekler (Şekil 4.23.).

Yapay Sınır Ağları Metodu

Üstyapı Kalınlığı: T 8.2 Hesapla Max Kap. Yüz Sıcaklık: Min Kap. Yüz. Sıcaklık: Max. Toplam Yağış: Max. Nem:

Treyler: 200 Kamyon: 1000 Otobüs: 250 Otomobil: 3000 Yapım Yılı: 1983 Bulduğumuz Yıl: 2011

Hesapla ve Ekle

	23553241,37	11921,1	-805,7	70926	256212
54	58224485	65889,2	-1695,2	196866	772866
54	57887167,45	65889,3	-1695,4	196866	772866
54	61894235,51	72316,2	-2006,1	227907	860013
54	57776376,55	65889,3	-1695,4	196866	772866

Şekil 4.23. Yığılımlı eşdeğer standart dingil yükü hesaplama ekranı

4.2.5. Optimizasyon çalışması ile bakım ve onarım takviminin belirlenmesi

Optimizasyon çalışması, eşdeğer yıllık maliyet (ya da bugünkü değeri) ile eşdeğer yıllık fayda (ya da bugünkü değeri) dikkate alınarak amaç fonksiyonuna göre karşılaştırmasıdır. Bu çalışmanın başlıca amacı, proje bakım ve onarım çalışmalarından en yüksek faydayı elde etmektir.

Faydaların Belirlenmesi

Kullanıcı faydaları; üstyapıdaki bozulmalar nedeniyle oluşan ilave taşıt işletme maliyeti, kaza maliyeti ve kullanıcıların saatlik gecikme maliyetinin toplamıdır.

Taşıtların işletme maliyeti, üstyapıdaki bozulmalar nedeniyle oluşan ekstra yakıt tüketimi, lastik aşınması, taşıtların bakımı maliyetlerini içerir. Çalışmada, Berger vd. (1989)' da verilen değerler kullanılmıştır.

Kaza maliyetleri ise, Tramer. (2010)'den alınmıştır. Çizelge 4.7'de, çalışmada dikkate alınan kaza maliyetlerini göstermektedir. Bu değerlerin doğrudan kullanılması mümkün değildir. Çünkü karayollarında meydana gelen kazaların tamamı üstyapıdaki bozulmalardan kaynaklanmaz. Her ne kadar, ülkemizde trafik kazalarında üstyapıların etkisinin az olduğu iddia edilse de gerçek değerler daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Buna karşın çalışmada KGM (2002)'de belirtilen şehirlerarası yollar için üstyapıdan kaynaklanan kusur oranı olan % 0,69 kullanılmıştır.

Çizelge 4.7. Kaza maliyetleri (Tramer, 2010)

Kaza Tipi	Kaza başına maliyet (TL)	Kaza başına maliyet (\$)
Ölümlü kazalar	7,305,000	4,754,311
Yaralanmalı kazalar	9,031,000	5,877,643
Maddi hasarlı kazalar	152,000,000	98,926,130
TCMB Döviz Kurları ---Dolar(\$) Döviz Alış 1.5291 Döviz Satış 1.5365 (19.05.2010)		

Bir diğer kullanıcı faydası ise, seçilen bakım ve onarım uygulamasının üstyapı ömrüne eklediği ilave ömür değeridir. Bakım ve onarım uygulamasının ömrünü tanımlamak çok zordur. Fakat, bazı üstyapı uygulayıcıları bu konuda araştırmalar yapmaktadır. Little vd. (1997), bu konuda bazı bakım ve onarım yöntemleri için ilave ömür değerleri tanımlamışlardır. Çizelge 4.8, çalışmada dikkate alınan bakım ve onarım yöntemleri ve bu yöntemlerin uygulanmasıyla elde edilecek ilave ömür değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.8. Dikkate alınan bakım ve onarım yöntemleri ve ilave ömür değerleri

Bakım ve Onarım Uygulaması		İlave Ömür (Yıl)
Kod	Tanım	
1	Uygulama yok	0
2	Çatlak doldurma	2,5
3	Derz doldurma	2,5
4	Yüzeysel yama	2,5
5	Parçalı yama	3,0
6	Tam derinlikte yama	4,0
7	Çukur doldurma	3,5
8	Asfalt püskürtme uygulaması	3,5
9	Sathi kaplama	5,0
10	Asfalt betonu takviye (5 cm)	7,0
11	İki kat asfalt betonu takviye (5+5 cm)	11,0
12	İki kat asfalt betonu takviye (5+8 cm)	15,0
13	Yeniden inşaat	20,0

Maliyetlerin Belirlenmesi

Optimizasyon araştırmasında, 15 farklı bakım ve onarım yöntemi dikkate alınmıştır. Bu yöntemler ve birim maliyetleri, Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Bu yöntemlere ait maliyetler de kaynaklardan alınmıştır.

Çizelge 4.9. Bakım ve onarım maliyetleri

Bakım ve Onarım Yöntemi		Maliyet	Birim
Kod	Tanım	(\$)	
1	Uygulama yok	0	
2	Çatlak doldurma	1,2	m
3	Derz doldurma	1,2	m
4	Yüzeysel yama	2,1	m ²
5	Parçalı yama	3,7	m ²
6	Tam derinlikte yama	6,5	m ²
7	Çukur doldurma	2,8	m ²
8	Asfalt püskürtme uygulaması	0,9	m ²
9	Sathi kaplama	2,8	m ²
10	Asfalt betonu takviye (5 cm)	7,1	m ²
11	İki kat asfalt betonu takviye (5+5 cm)	12,0	m ²
12	İki kat asfalt betonu takviye (5+8 cm)	15,2	m ²
13	Yeniden inşaat	20,0	m ²

Amaç Fonksiyonu

Modelin amaç fonksiyonu, tüm yol ağındaki uygulanabilecek en düşük maliyetli bakım ve onarım maliyetini belirlemeyi sağlar. Amaç fonksiyonu, toplam maliyetleri minimize edebileceği gibi, faydaları maksimize etmeyi de amaçlayabilir. Çalışmamızda ise, faydaların maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Bunun nedeni, özellikle düşük maliyetli (çok az onarım yapılması durumunda), kesim eğer uzun olursa fayda/maliyet oranının aşırı derecede yüksek çıkarak sonucu olumsuz

etkilemesidir. Optimizasyon çalışmasında kullanılan amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir (4.4):

$$Max \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \left(\frac{1}{(1+d)^t} \right) * (UC_{rst} * AL_r) \quad (4.4)$$

Burada, R bakım ve onarım seçeneklerinin sayısını, S ağdaki kesim sayısını, T planlama periyodunun yıl sayısını, d indirim oranı, UC ise t yılındaki s kesiminin r yönteminin uygulanmasıyla oluşacak kullanıcı faydalarıdır. AL ise, r yönteminin uygulanmasıyla elde edilecek ilave ömür değerini göstermektedir.

Kısıtlar

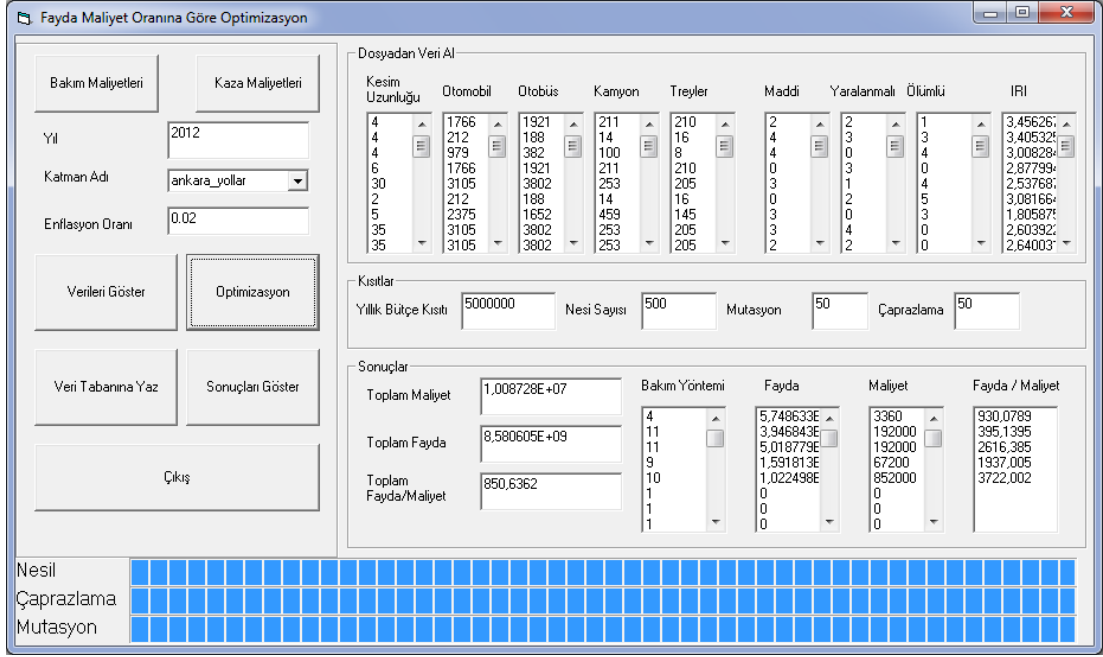
Optimizasyon planlamasında, gereksinim duyulan bakım ve onarım uygulamalarının tümünün aynı yıl veya planlama periyodunda uygulanması mümkün değildir. Bunun en önemli nedeni, bakım ve onarım işlerine ayrılan bütçe miktarıdır. Planlamada dikkate alınan bütçe kısıtına ait fonksiyon aşağıda görülmektedir (4.5).

$$\sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T AC_{rst} \leq B_t \quad (4.5)$$

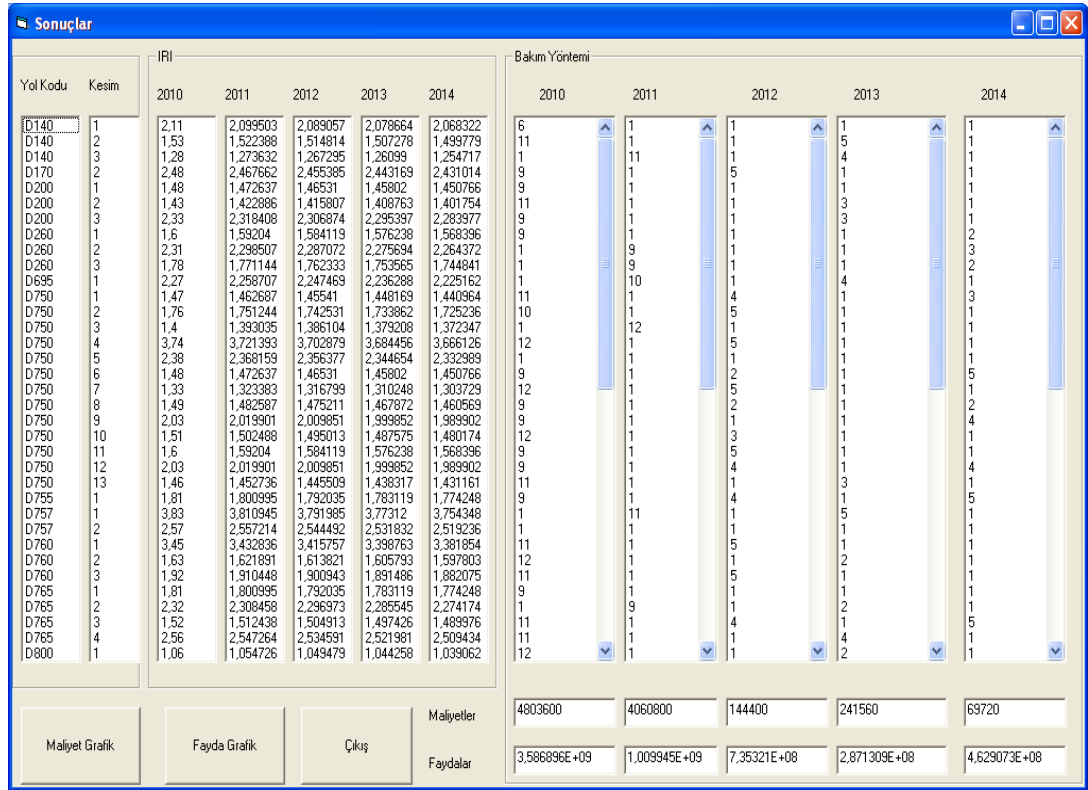
Burada B, t yılında bakım ve onarım işlerine ayrılan yıllık toplam bütçeyi, AC ise t yılındaki s kesiminin r yönteminin uygulanmasıyla oluşacak yapımçı kuruluş maliyetleridir.

Bütçe dışındaki bir diğer kısıt ise, üstyapı hizmet yeteneği değerine göre uygulanacak yöntemin seçilmesidir (Terzi vd. (2011)).

Optimizasyon bölümünde anlatılan amaç fonksiyonu ve maliyetler dikkate alınarak, örnek sistemin bakım ve onarım yönteminin çözümü geliştirilen yazılım kullanılarak yapılmıştır. Analiz amacıyla oluşturulan veri tabanında, kesimlerin otomobil, kamyon, treyler ve otobüs YOGT değerleri, üstyapıların hizmet yeteneği değerleri (analiz periyodu boyunca), yıllık kaza (ölümlü, yaralanmalı ve maddi hasarlı) değerleri ve kesimlerin uzunluğu bulunmaktadır. Şekil 4.24 ve Şekil 4.25, bu çözümlere ait ekran görüntüsünü vermektedir.

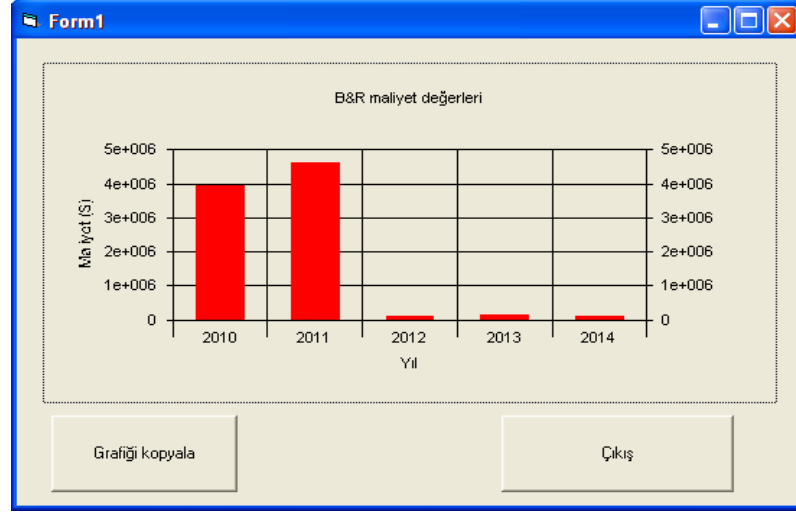


Şekil 4.24. Optimizasyon çözümü

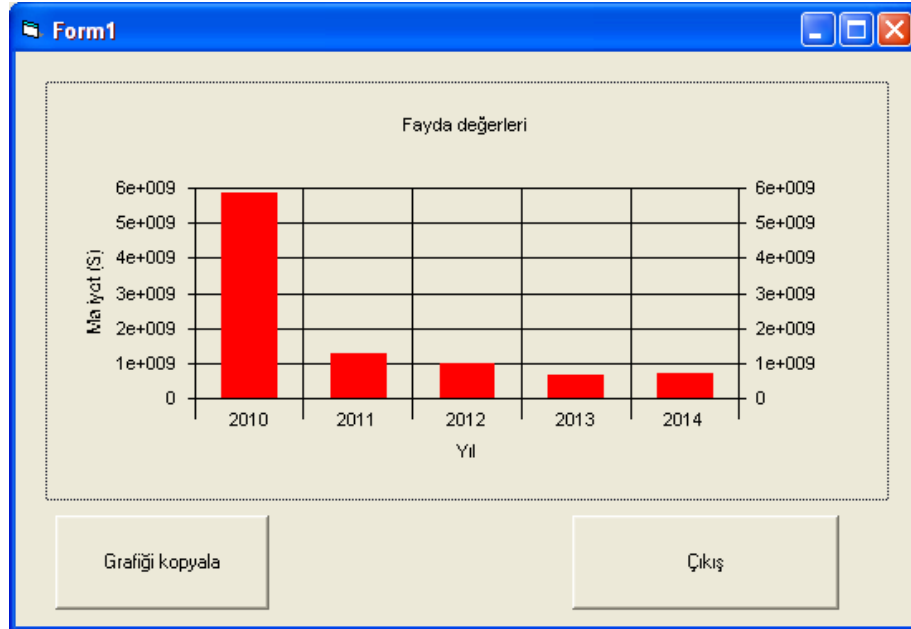


Şekil 4.25. Yıllık bakım ve onarım yöntemleri ile toplam fayda ve maliyetler

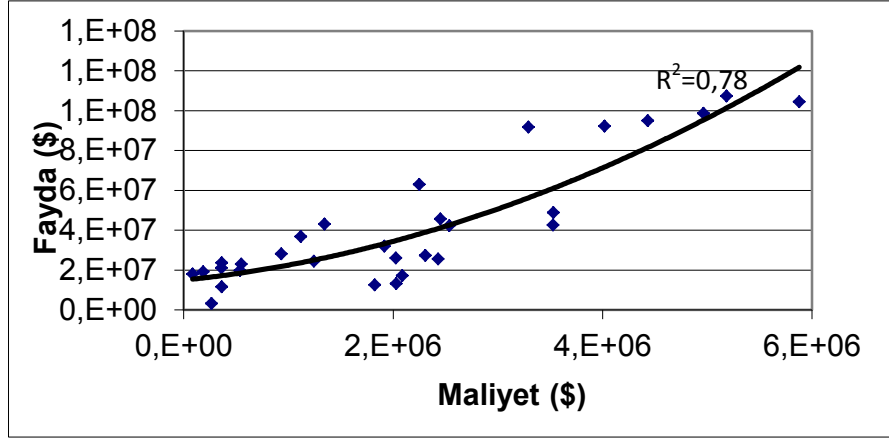
Örnek çalışmada, 4 farklı yıllık bütçe için 5 yıllık bakım ve onarım maliyetleri, bu yöntemlerin uygulanmasıyla oluşacağı düşünülen bakım ve onarım maliyetleri, kullanıcı faydaları ve maliyetler arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 4.26., 4.27. ve 4.28.'de görülmektedir.



Şekil 4.26. Farklı bütçe değerlerinin bakım ve onarım maliyetlerine etkisi



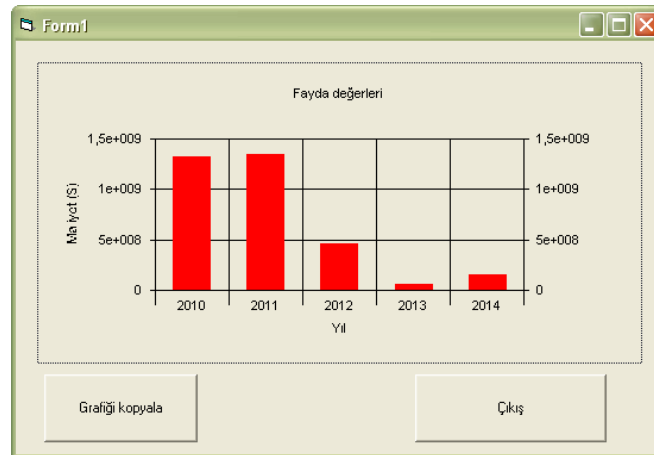
Şekil 4.27. Farklı bütçe değerlerinin kullanıcı faydalarına etkisi



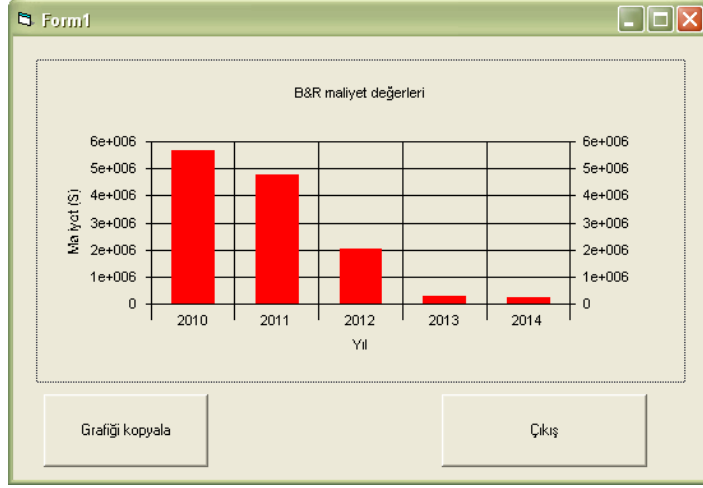
Şekil 4.28. Faydalar ile maliyetler arasındaki ilişki

Grafiklerden de görüldüğü gibi, faydalar maliyetlere oranla oldukça yüksek çıkmıştır. Faydaların aşırı yüksek çıkmasının nedeni kaza maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Fakat kaza maliyetleri faydalardan çıkarılırsa fayda/maliyet oranı çok düşük çıkmaktadır. Geliştirilen program, herhangi bir değişikliğe gerek kalmadan kaza maliyetlerinin ve üstyapıdaki bozulmalardan kaynaklanan kaza oranının değiştirilmesine olanak verdiği için, istenirse bu değerleri değiştirerek farklı senaryolar üretilebilmektedir.

Fayda/Maliyet Analizinde farklı bütçe kısıtları uygulanarak farklı senaryolar denenmiştir. Şekil 4.29 ve 4.30'da 6.000.000 TL bütçe kısıtı kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyona ait fayda-maliyet ve değerleri ile bakım ve onarım maliyetlerine etkisi görülmektedir.



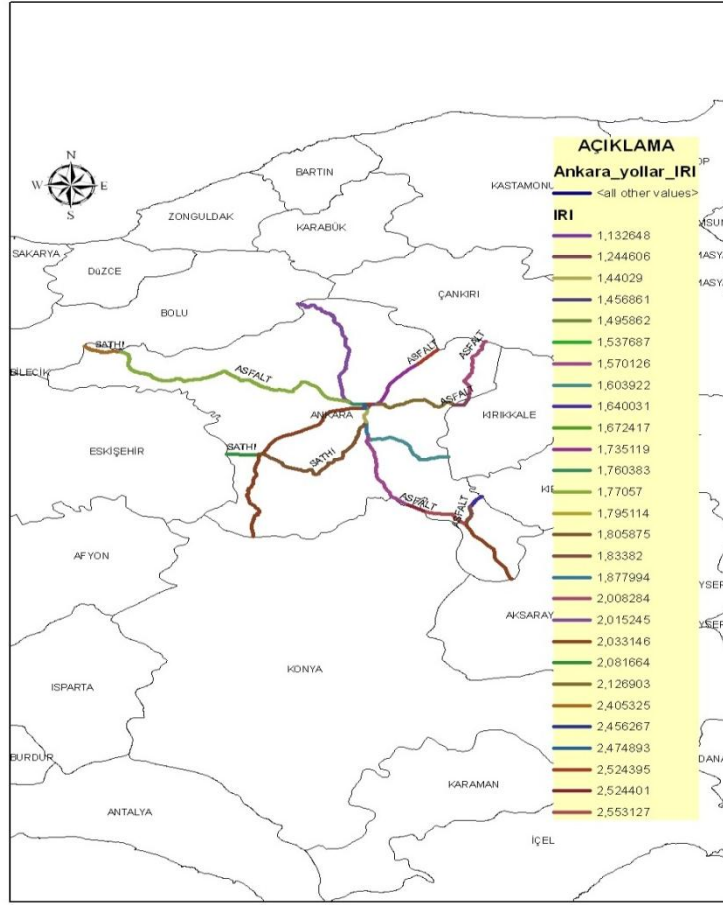
Şekil 4.29. 6.000.000 TL bütçe kısıtının kullanıcı faydalarına etkisi



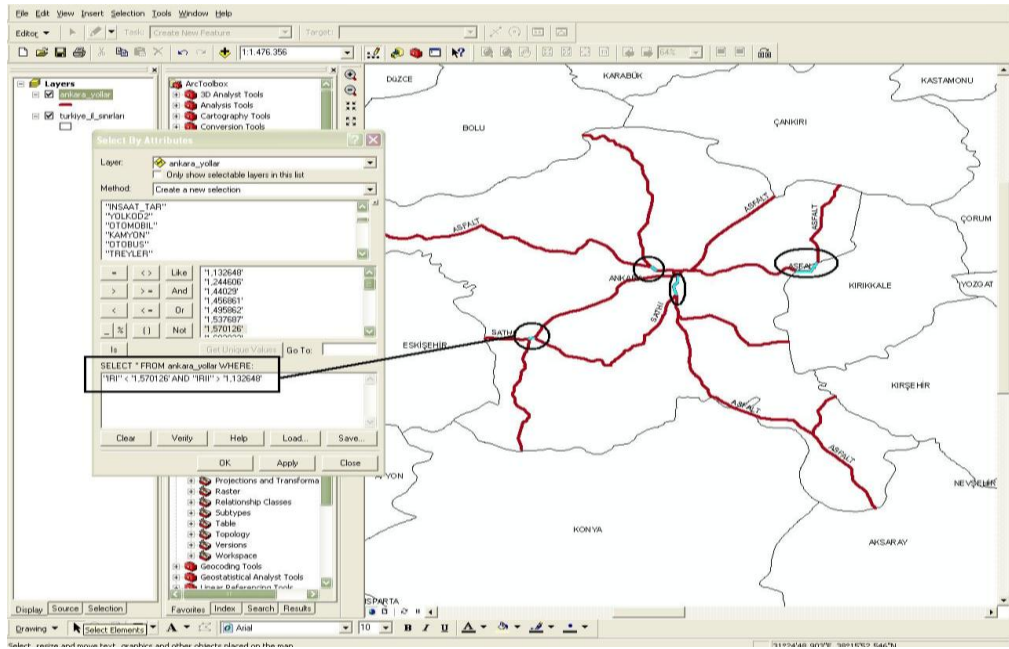
Şekil 4.30. 6.000.000 TL’lik bütçenin bakım ve onarım maliyetlerine etkisi

4.2.5.1. CBS ile optimizasyon çalışması ile bakım ve onarım takviminin belirlenmesi

Yazılan bilgisayar programına CBS ve ÜYS’nin vazgeçilmez bileşenlerinden olan sorgulama özelliği eklenmiştir. Bu amaçla, bir alt program yazılmıştır. Şekil 4.31’de 2010 yılı için tahmin edilen IRI değerleri görülmektedir. Şekil 4.32’de örnek bir sorgulama, ve sorgulama sonucu görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi sorgulama sonrasında, sorguya uyan sonuçlar, ekran üzerinde mavi renkte görüntülenmiştir. Örnekte IRI değerleri 1,59 ile 1,80’arasında olan kesimler sorgulanmıştır. Çizelge 4.10’da görüldüğü üzere kaplamanın IRI değerlerine göre yapılması gerekenler ‘Mevcut kullanılabilirliğini sürdürebilmek için yakında onarım gerekmektedir’. şeklindedir. Çizelge 4.10 IRI değerlerine göre önem dereceleri ve tanımlarını göstermektedir.



Şekil 4.31. 2010 yılı için tahmin edilen IRI değerleri

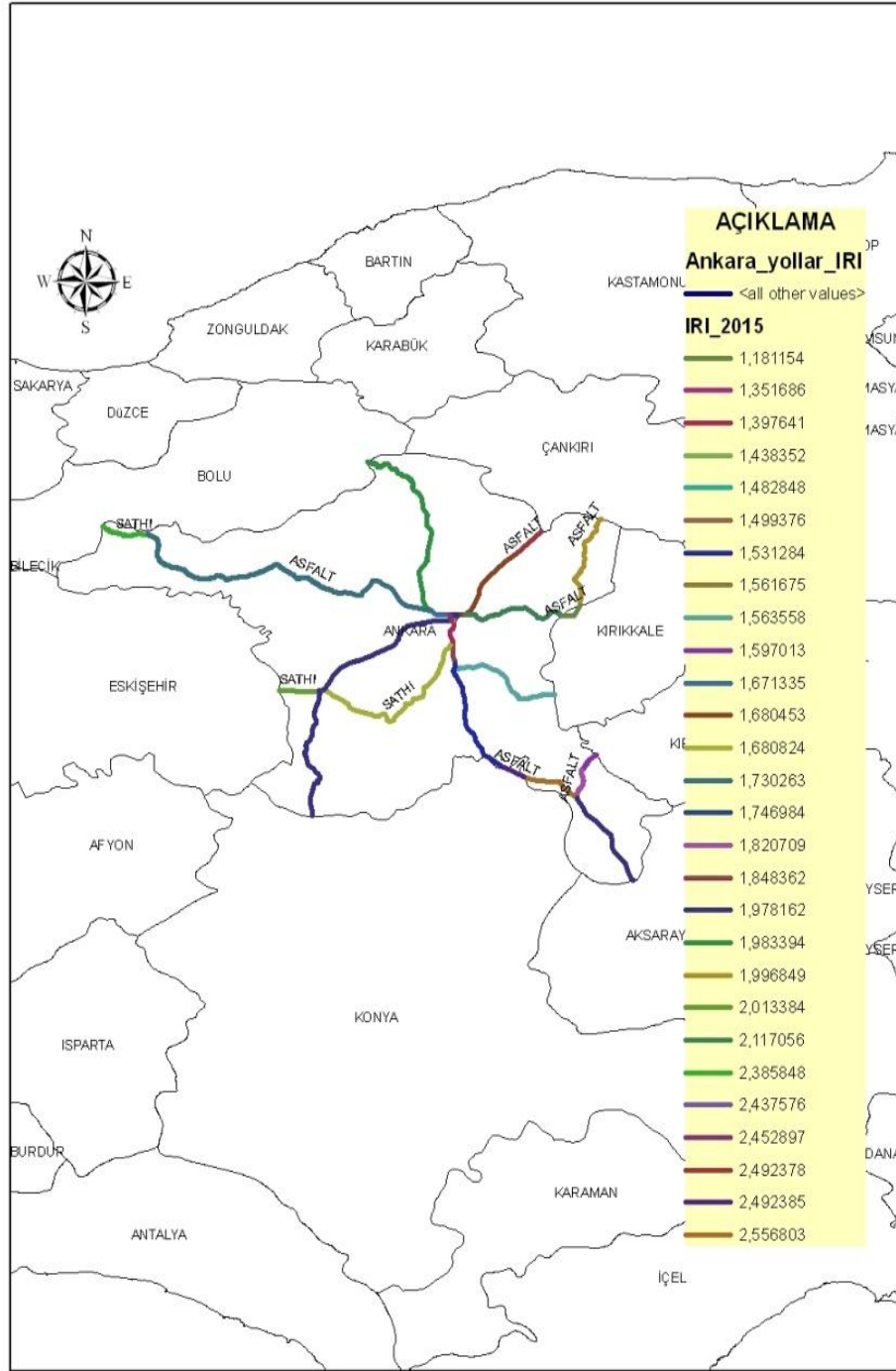


Şekil 4.32. 2010 yılı için IRI değerleri 1,59 ile 1,80 arasında olan kesimler

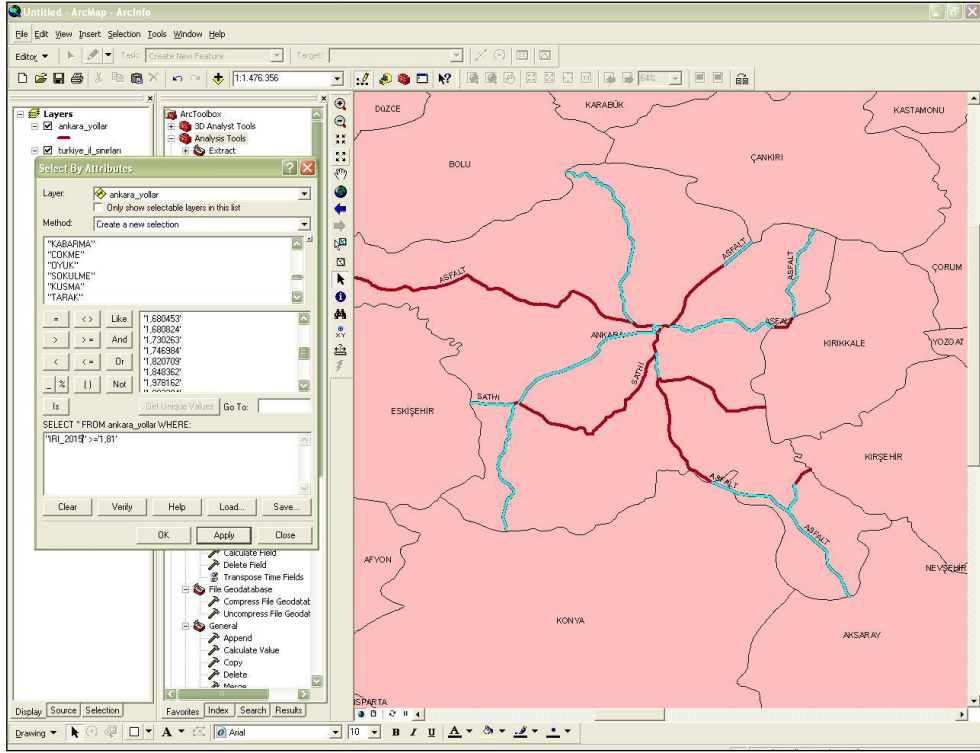
Çizelge 4.10. IRI değerleri ve bakım-onarımda öncelik sıralaması (KGM, 2010).

Düzensüzlük Değeri (IRI-m/km)	Düzensüzlük Sınıflaması	Bakım-Onarım Öncelik Sıralaması	Kaplamanın IRI Değerlerine Göre Yapılması Gerekenler
0 - 0,71	Çok İyi	6	Yeni veya yeni sayılabilen kaplama; bir süre için iyileştirmeye ihtiyaç duymaz.
0,72 - 1,11	İyi	5	İyi durumdaki kaplama; yakın gelecekte iyileştirmeye ihtiyaç duymaz.
1,12 - 1,58	Orta-İyi	4	Trafiğe bağlı olarak yakın gelecekte iyileştirmeye ihtiyaç duyacaktır.
1,59 - 1,80	Orta	3	Mevcut kullanılabilirliğini sürdürebilmek için yakında onarım gerektirir.
1,81 - 2,13	Kötü	2	Eski hizmet kabiliyetini geri kazanabilmesi için hemen iyileştirme gerekir.
> 2,13	Çok Kötü	1	-

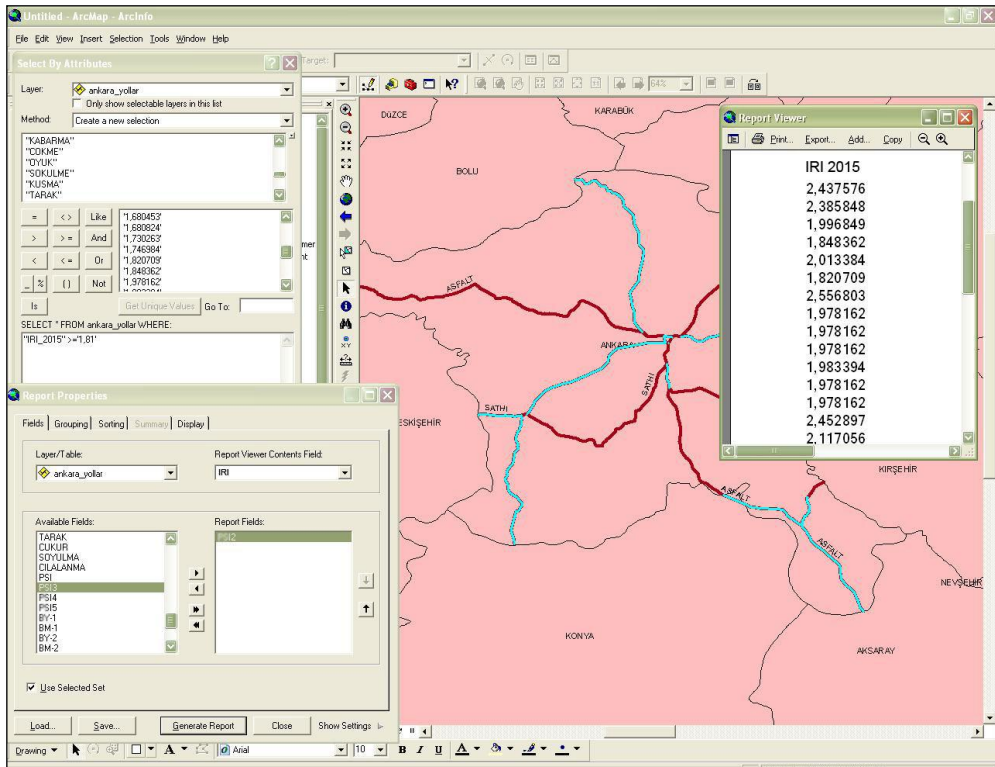
Şekil 4.33'te 2015 yılı için tahmin edilen IRI değerleri sorgulanmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi sorgulama sonrasında, sorguya uyan sonuçlar, ekran üzerinde farklı renklerde görüntülenmiştir. Şekil 4.34'te IRI değerleri 1,81'den büyük olan kesimler sorgulanmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi sorgulama sonrasında, sorguya uyan sonuçlar, ekran üzerinde mavi renkte görüntülenmiştir. Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere kaplamanın IRI değerlerine göre yapılması gerekenler 'Eski hizmet kabiliyetini geri kazanabilmesi için hemen iyileştirme gerekir.' şeklindedir. IRI değeri 2,13'den büyük kesimler ise yeniden yapılmalıdır. Şekil 4.35'te ise sorgulama sonucu bulunan IRI değerleri raporlanmıştır.



Şekil 4.33. 2015 yılı için tahmin edilen IRI değerleri

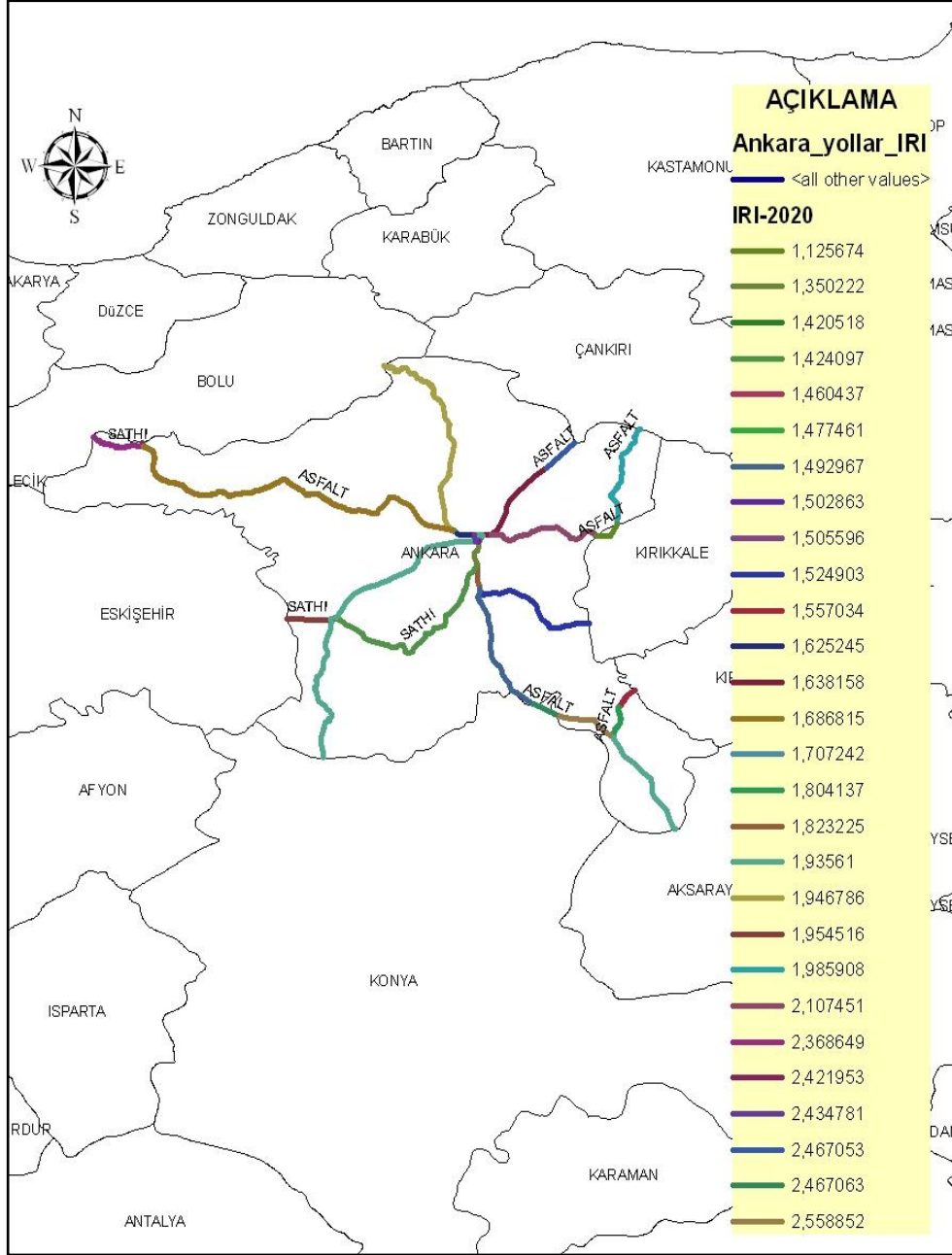


Şekil 4.34. 2015 yılı için IRI değerleri 1,81'den büyük olan kesimler

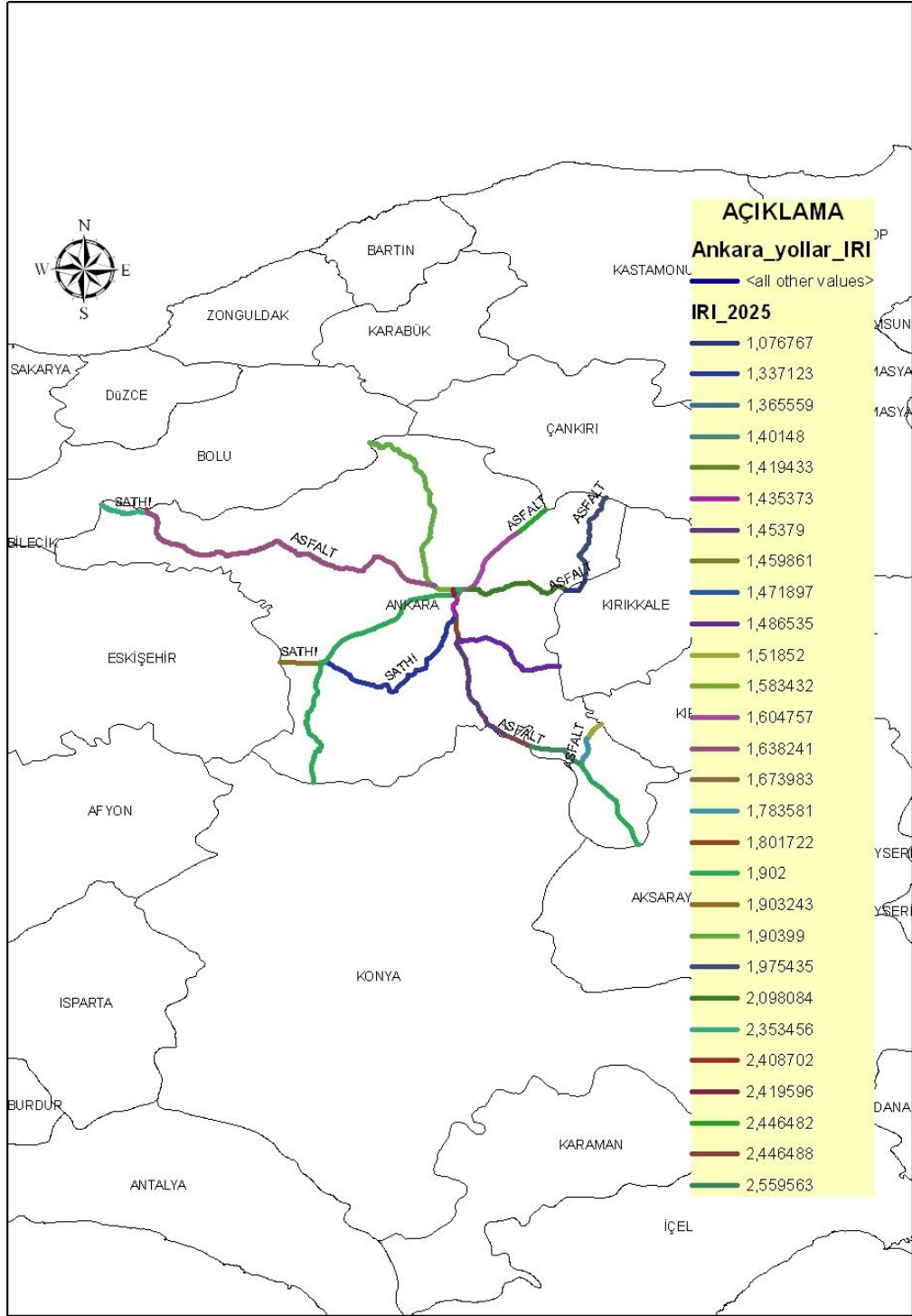


Şekil 4.35. 2015 yılı için IRI değerleri 1,81'den büyük olan kesimlerin raporlanması

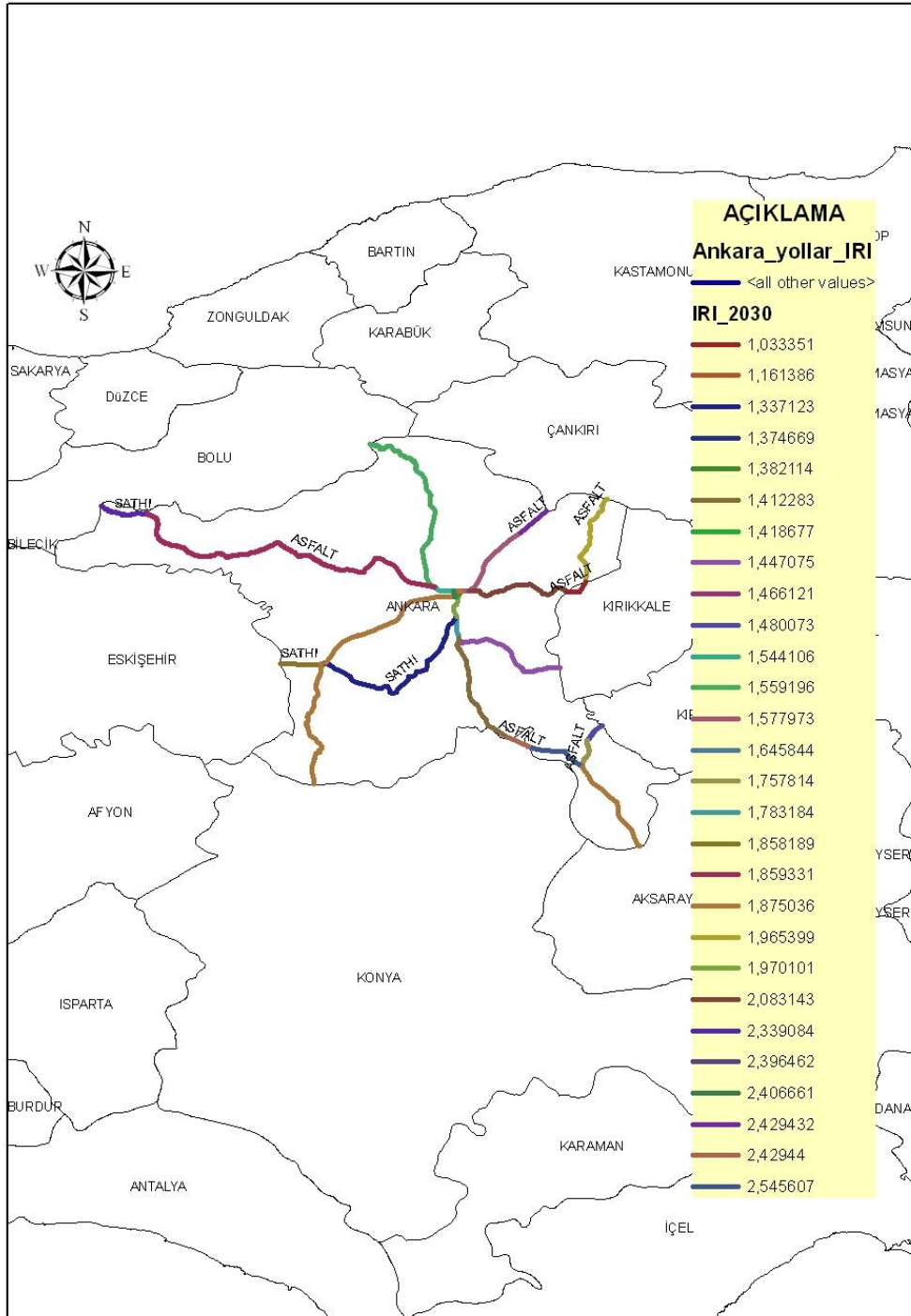
Şekil 4.36'da 2020 yılı için tahmin edilen IRI değerleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi yol kesimleri IRI değerlerine göre farklı renklerde görülmektedir. Şekil 4.37 ve 4.38'de ise sırasıyla 2025 ve 2030 yılları için tahmin edilen IRI değerleri görülmektedir.



Şekil 4.36. 2020 yılı için tahmin edilen IRI değerleri

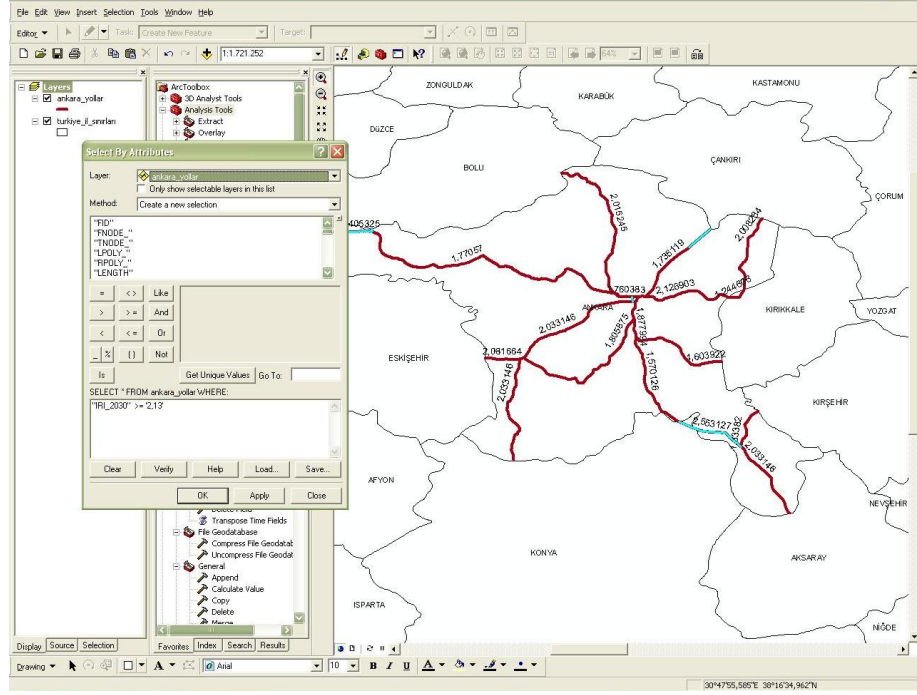


Şekil 4.37. 2025 yılı için tahmin edilen IRI değerleri



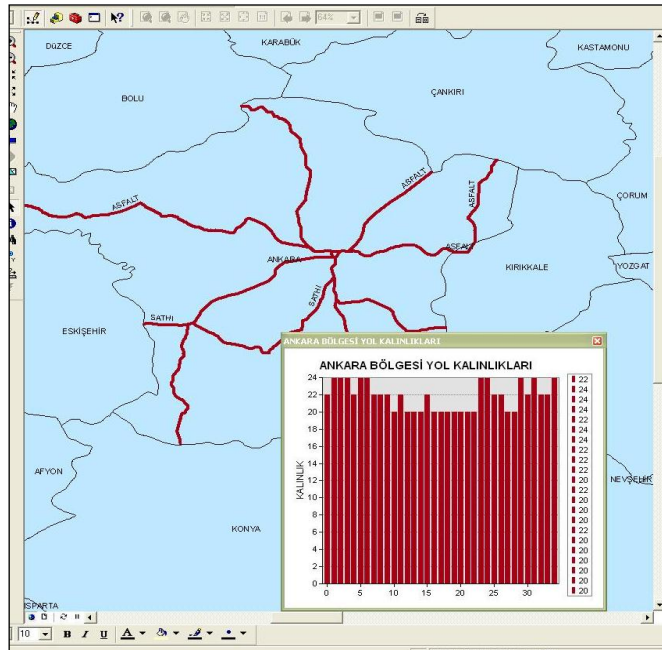
Şekil 4.38. 2030 yılı için tahmin edilen IRI değerleri

Şekil 4.39.'da ise 2030 yılı için tahmin edilen IRI değerleri içerisinde 2,13'ten büyük değere sahip olan kesimler sorgulanmıştır. Sorgulama sonucu bulunan kesimler mavi renkte görülmektedir.

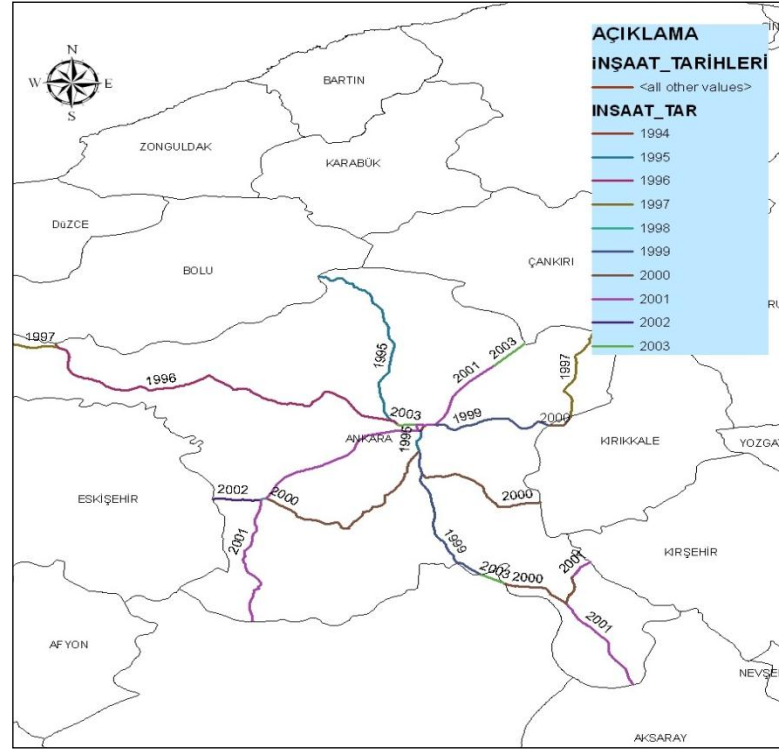


Şekil 4.39. 2030 yılı için IRI değerleri 2,13'den büyük olan kesimler

Şekil 4.40'da 2010 yılı çalışma alanı yol kalınlıkları, Şekil 4.41'de Türkiye Karayolu Ağı yol kesimleri, Şekil 4.42'de 2010 yılı çalışma alanı yol kesim uzunlukları, Şekil 4.43'te ise çalışma alanı yol inşaat tarihleri görüntülenmiştir.



Şekil 4.40. 2010 yılı çalışma alanı yol kalınlıklarının grafikler ile görüntülenmesi



Şekil 4.43. Çalışma alanı yol inşaat tarihlerinin görüntülenmesi

4.2.6. Sorgulamalar

Yazılan bilgisayar programına CBS ve ÜYS'nin vazgeçilmez bileşenlerinden olan sorgulama özelliği eklenmiştir. Bu amaçla, bir alt program yazılmıştır. Şekil 4.44'te örnek bir sorgulama ve sorgulama sonucu görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi sorgulama sonrasında, sorguya uyan sonuçlar, ekran üzerinde kırmızı renkte görüntülenmiştir. Örnekte IRI değerleri 1,76'dan büyük olan kesimler sorgulanmıştır.

DataReport1

Zoom 100%

Bakım Yöntemi ve Maliyetleri

YOLKOD1	KESIM	İRI	BY-1	BM-1
D140	1	2,11	6	20800
D140	2	1,53	11	192000
D140	3	1,28	1	0
D170	2	2,48	9	67200
D200	1	1,48	9	336000
D200	2	1,43	11	96000
D200	3	2,33	9	56000
D260	1	1,6	9	392000
D260	2	2,31	1	0
D260	3	1,78	1	0
D695	1	2,27	1	0
D750	1	1,47	11	336000
D750	2	1,76	10	113600
D750	3	1,4	1	0
D750	4	3,74	12	121600
D750	5	2,38	1	0
D750	6	1,48	9	56000

Pages: 1

Şekil 4.45. Örnek bir raporlama ekranı kullanıcı ara birimi

İstatistikler

İstatistikler

Alan İsimleri

YARA
TNODE_
BANKET
YAPISMA
OTOMOBİL
UZUNLUK
SIKISTIRMA
ANAYOL_
DRENAJ
MADDI
INSAAT_TAR
BITUM
ANAYOL_ID

Min Değer 2

Max Değer 44

Ortalama 12,94285714285

Standart Sapma 12,08290687936

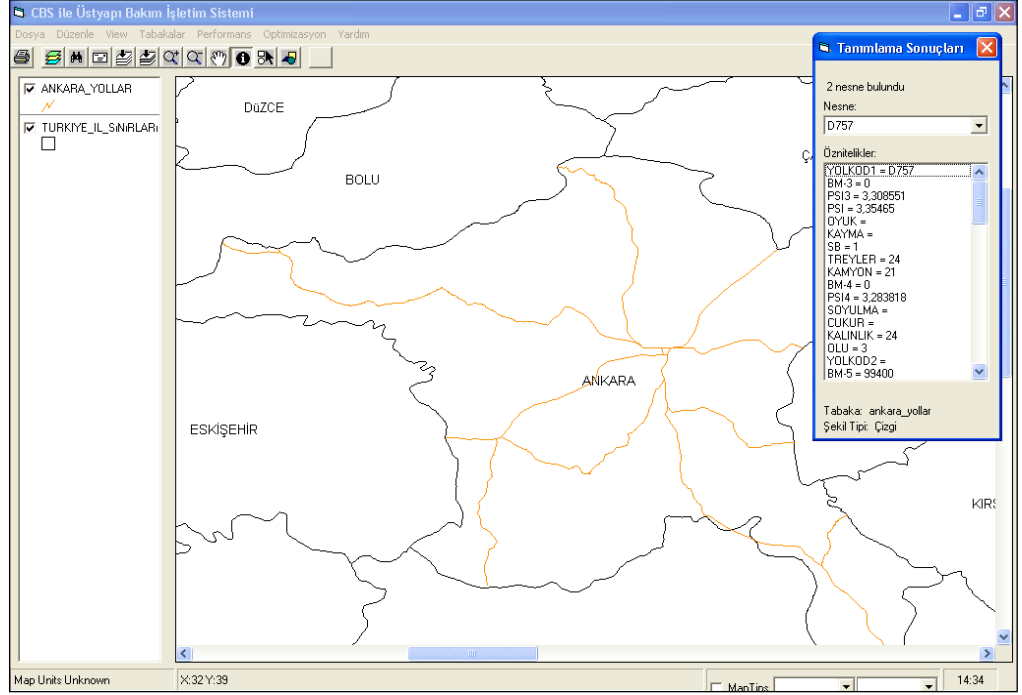
Toplam 453

Çıkış

Şekil 4.46. İstatistik alt programı ekran görüntüsü

4.2.8.2. Tanımlama

Kullanıcı eğer isterse, harita üzerindeki bir nesnenin değerlerini seçerek veri tabanındaki o nesneye ait bilgileri görüntüleyebilmektedir. Şekil 4.47, bir tanımlama sonucunu göstermektedir.



Şekil 4.47. Bir tanımlama örneği sonucu

4.2.8.3. Veri tabanı görüntüleme

Kullanıcı gerek veri girişi, gerekse veri düzeltme amacıyla veri tabanının tamamını görüntüleyebilir ve isterse değişiklikler yaparak bunları veri tabanına yazdırabilir. Şekil 4.48, bu amaçla yazılan öznetelik görüntüleme kullanıcı ara birimini göstermektedir.

Form1

ankara_yollar

Göster Değişiklikleri Kaydet Çıkış

No	BM-3	ER	KAMYON	BM-4	P
1	0	210	211	0	2
2	0	16	14	5920	1
3	0	8	100	3360	1
4	8880	210	211	0	2
5	0	205	253	0	1
6	0	16	14	960,0001	1
7	0	145	459	2400	2
8	0	205	253	0	1
9	0	205	253	0	2
10	0	205	253	0	1
11	0	573	751	25200	2
12	5880	247	161	0	1
13	5920	315	673	0	1
14	0	315	673	0	1
15	2960	463	501	0	3
16	0	205	253	0	2
17	2400	315	673	0	1
18	4440	315	673	0	1
19	1920	315	673	0	1
20	0	315	673	0	1
21	1440	315	673	0	1
22	39960	573	751	0	1
23	16800	315	673	0	1
24	0	8	245	1920	1
25	4200	463	501	0	1
26	0	205	253	66600	3
27	0	205	253	0	2
28	2960	315	673	0	3

deger

OK

Cancel

1.45

Şekil 4.48. Öznitelik görüntüleme kullanıcı ara birimi

5. SONUÇ

Bir üstyapı yönetim sisteminde bulunması zorunlu olan en önemli parametre veri tabanıdır. Doğru bir veri tabanı ancak gerçekçi bir sistem kurulmasını sağlayabilir. Sağlıklı olmayan bir veri tabanı kullanılarak hiçbir şekilde iyi bir Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS) geliştirilemez. Bu çalışmada, özellikle inşaat tarihi, trafik değerleri, tabaka kalınlıkları ve IRI ölçümü yapılmış kesimlere ait veriler elde edilmiştir.

- Trafik kaza verileri: KGM ve Emniyet Genel Müdürlüğü KGM (2002), TRAMER (Tramer, 2010)
- Üstyapı IRI verileri: KGM ve Taner Hergüner doktora tezi (Hergüner, 2009)
- Tahribatsız ve tahribatlı test verileri: TUBİTAK 108M052 nolu proje kapsamında tarafımızdan elde edilmiştir.

Performans tahmini için literatürde regresyon modeli en çok kullanılan yöntemdir. Fakat son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle birlikte yapay zekâ teknikleri de bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır. Yapay Sinir Ağları yöntemi ile geliştirilen modelin test setinde $0.94 R^2$ değeri, tek girdili modelde $0.96 R^2$ değeri elde edilmiştir. Çoklu regresyon modelinde ise, $0.918 R^2$ değeri, sadece trafiğin dikkate alındığı modelde ise $0.89 R^2$ değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, en etken parametrenin trafik olduğunu ve sadece trafik verisi kullanılarak bile yüksek başarıda performans tahmini yapılabileceğini göstermiştir.

KGM tarafından Komsa Yapı firmasına yaptırılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak yapılan çalışma sonucunda üstyapı performans göstergelerinden IRI tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Sıcaklık, Düzeltilmiş D_0 , Taban Zemini Esneklik Modülü (MR), Üstyapı, Efektif Modülü (EP), Mevcut Üstyapı Sayısı (SNM), Gerekli Üstyapı Sayısı (SNG), Fark SN (Üstyapı Sayısı) ve Eşdeğer Aşınma Kalınlığı girdi olarak seçilmiştir. Geliştirilen YSA modeli sonucunda, eğitim setinin regresyon değeri 0.76 , doğrulama setinin regresyon değeri 0.57 ve test setinin regresyon değeri ise 0.68 olarak elde edilmiştir. Genel regresyon değeri ise 0.72 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, benzer modelleme çalışmaları ile karşılaştırıldığında çok yüksek değildir. Bunun nedeni, mevcut verilerin elde edildiği karayoluna ait trafik değerlerinin neredeyse aynı olması nedeniyle trafik veya

eşdeğer standart dingil yükü sayısı (ESDYS), buna bağlı olarak yığılımlı ESDYS verilerinin girdi olarak kullanılamamasıdır. Bunun yanında tüm kesimlerin inşaat yılının da aynı olması sebebiyle yaş ta bir değişken olarak dikkate alınamamıştır. Bu nedenle, geliştirilen model, trafik ve yaş dışı faktörleri dikkate alması nedeniyle elde edilen başarı oldukça yüksek olarak değerlendirilmelidir.

Veri tabanında oluşturulan veriler kullanılarak, örnek ağın performans tahmini yapılmış ve bu tahmin değerleri veri tabanına yazılarak veri tabanı güncellenmiştir. Verilen bütçe kısıtları altında, performans, YOGT, kaza değerleri ve enflasyon oranı kullanılarak, toplam faydayı maksimize eden bir optimizasyon çalışması yapılarak, onarım yöntemi ataması yapılmıştır. Onarım yöntemi ve maliyetleri veri tabanına yazılarak veri tabanı güncellenmiştir. CBS'nin temel özelliklerinden olan tanımlama, sorgulama ve raporlama özellikleri de yazılıma eklenerek kullanılmıştır.

Çalışmada web ara yüzü ile Windows tabanlı ara yüz organize çalışacak şekilde ortak bir veri tabanına bağlanmıştır. Şubeler tarafından sisteme girilen veriler ortak bir veri tabanına kaydedildiği için Windows tabanlı ara yüzü kullanan yönetici kullanıcılar performans tahmini ve optimizasyon gibi uygulamaları güncel verileri kullanarak gerçek zamanlı olarak gerçekleştirebilmektedirler.

Ortak veri tabanına kullanıcılar tarafından internet ağı aracılığıyla girilen veriler ile üç değişik yöntemle yapılabilen performans tahmin modeli yazılımsal olarak geliştirilerek bir bilgisayar programı haline getirilmiştir. Modellerden çıkarılan formüller; oluşturulan bilgisayar programıyla birleştirilmiştir. Performans tahmininde kullanılan bu yöntemler; Yapay Sinir Ağları, Çoklu Regresyon ve Gen İfade Programlama yöntemidir.

Bu çalışmada yapılanlar CBS de yapılabileceklerin sadece çok küçük bir parçasıdır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapılabilecekler konusunda sınırlar artık zorlanmaktadır. Bu çalışmada yapılanlar, gelecekte yapılabilecek birçok CBS ve ÜYS uygulamaları için yol gösterici olacaktır.

5.1. Öneriler

- Ülkemizdeki farklı türlerdeki ve farklı etkiler altındaki karayolları için düzenli ölçümler yapılmalı ve bu ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak farklı performans tahmin modelleri geliştirilmelidir.
- Üstyapı yönetim sistemi çalışması hiçbir zaman bitmeyecek uzun soluklu çalışmalar olduğundan yapılan bu model ve veri tabanı çalışmalarının mutlaka takibinin yapılması ve sürekli güncel tutulması, doğru değerlendirme için son derece önemlidir.
- Daha faydalı üstyapı yönetim sistemleri için; dünyadaki CBS konusundaki yenilikler, geliştirilen yazılımlar takip edilmeli ve bunlar temin edilerek aktif bir şekilde kullanılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Akın, D., Eryılmaz, Y., 2001, Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Trafik Kaza Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Berger, L., Greenstein, J., Hoffman, M., 1989, Practical Applications of Models for Pavement Maintenance Management, Journal of Transportation Engineering, Vol. 117, No. 4, pp. 382-397
- Çelik, R., 2006, “Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Tam Otomatik Yol Bilgisi Çıkartma ve CBS Tabanlı Analizi”, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Zonguldak.
- C. Ferreira, Gene Expression Programming in Problem Solving, In Roy, R., Ovaska, S., Furuhashi, T., and Hoffman, F., eds, Soft Computing and Industry-Recent Applications, 635-654, Springer-Verlag, 2002.
- Griffiths, B. (2005). "Regional Transportation Data Clearinghouse Update", <http://www.mwcog.org/uploads/committee-documents/Y15XWVIZ20110121131032.pdf>. Erişim: 14.09.2011
- Güler, H., Akad, M., Ergun, M, (2004), “Railway Asset Management System in Turkey: A GIS Application”, FIG Working Week 2004, Intercontinental Athenaeum Athens, Greece, May 22–27, pp. TS20-3.1-TS20-3.11.
- Güvenal, B., 2006, “Trafik Güvenliği Bağlamında Ulaşım Planlamasında Coğrafi Bilgi Sistemi Teknolojileri”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 224s, Eskişehir.
- Heinrich J. (2005), " ETSC - Best in Europe 2006 Esafety That Matters Brussels /Collecting Road Safety Data in The Czech Republicpast – Present - Future ", www.etsc.be/documents/14Heinrich_ETSC_2006.ppt. Erişim: 24.10.2011
- Hergüner, A.T., 2009, Türkiye Otoyol Ağı için Üstyapı Yönetim Sistemi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul

- Karavaşin, M., Terzi, S., 2003. "Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Isparta-Antalya-Burdur Karayolunun Kara Nokta Analizi", Pamukkale Üniversitesi. Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 9, Sayı 3, sayfa 304-311, Denizli
- KGM, 2002. Trafik Kazaları Özeti, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı Trafik Şubesi Müdürlüğü, Ankara
- KGM, 2010, "Üstyapı Yönetim Sistemi Raporu", Ankara.
- Küçük, M., 2007, "Coğrafi Bilgi Sistemi ve Niğde Trafik Bilgi Sisteminin Tesisi", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131s, Ankara.
- Little, D.N., Memmott, J., McFarland, F., Goff, Z., Wooten, C.V., Zollinger, D., Tang, T., epps, J., 1997, Economic Benefits of SHRP Research, SHRP Research Report 596-1F, Research Study Number 9-596, Texas Transportation Institute, Texas
- Microsoft, 2007. İnternet Sitesi. <http://www.microsoft.com/vstudio>. Erişim Tarihi: 29.11.2011.
- Morova, N., 2006. Kent Bilgi Sistemi ve Uygulaması: Atabey Örneği. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Isparta.
- Morova, N., Terzi, S., 2011, "Trafik Kaynaklı Gürültünün Yapay sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi", e-Journal of New World Sciences Academy,ISSN:1306-3111,Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0116
- Peng, Z. R., Huang, R., 2000, Design and Development of Interactive Trip Planning for Web-based Transit Information Systems, Transportation Research Part C, Vol. 8, pp. 409-425.
- Şener, E., Morova, N., 2011, "Bulanık Mantık ve Doğrusal Regresyon Analizleri ile Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Modellenmesi", SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15-1, 60-66 Isparta.

- Terzi, S., Kardeşahin, M., 2002, “Ulaştırma Mühendisliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı”, GAP IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 06-08 Haziran 2002, Şanlıurfa. Proceedings of the Fourth GAP Engineering Congress, 06-08 June 2002, Şanlıurfa.
- Terzi, S., (2004), Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 187s, Isparta.
- Terzi, S., Güngör, A.G., Ünal, E.N., Saltan, M., (2011). “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gerçek Zamanlı Üstyapı Yönetim Sistemi Geliştirilmesi”, TÜBİTAK Bilimsel Araştırma Projeleri (1001), Proje No: 108M052, s.398.
- TRAMER, 2010. Araç Grup Kodu Bazında Poliçe Üretimi ve Hasar Ödemeleri Raporu, Trafik Sigortası Bilgi Merkezi, <http://www.tramer.org.tr/index.php>.
- Tuncuk, M., 2004, “Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Trafik Kaza Analizi: Isparta Örneği” Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü., 71 s, Isparta.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleyman GÖKOVA

Doğum Yeri ve Yılı: ISPARTA 1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Anadolu Ticaret Meslek Lisesi

Ön lisans : Dokuz Eylül Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı

Lisans : SDÜ TEF Yapı Öğretmenliği (II. Öğr.)

Yüksek Lisans : SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Bölümü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

- SDÜ Atabey MYO Ücretli Öğretim Görevlisi 2008-2010