

KÖPRÜLERDE BAKIM ONARIM YÖNETİMİ TEMEL KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Halil İ. Erdal¹, Ekrem Manisalı², Ömer F. Kültür³, Ömer Giran⁴, Tuncer Çelik⁵

SUMMARY

Since the bridges are constructed for carrying heavy dynamic loads, they are risky structures that are needed to be inspected periodically. Apart from it, Turkey's traffic truck ratio is very high. Hence this situation is one of the main reasons for bridge deterioration. In particular, Turkey is located in the active seismic zone, which causes a serious risk for bridges.

Being in such kind of situation, Turkey, which has a great number of bridges of different types, should start an effective bridge management system. The first and important step in bridge management is to practice a regular inventory system and developing a robust inspection and maintenance techniques.

In this study, a general bridge rating calculation and consequently software for inventory automation, including bridge condition evaluation facility, is developed. The purpose of the software is to create reports about general condition of bridges and determining maintenance and retrofitting prioritization of bridges. Thus the first step will be taken toward the developing a national bridge management system that is very important for our country.

ÖZET

Köprüler, üzerlerinden büyük ölçekli dinamik yükler geçmesi için inşa edildiklerinden, yapısal durumları periyodik olarak takip edilmesi gereken riskli yapılardır. Bunun yanı sıra, Türkiye trafik yoğunluğunda ağır vasıtaların oranı son derece yüksektir. Bu durum da köprü yıpranma nedenlerinin başında gelmektedir. Ayrıca, Türkiye aktif deprem bölgesi içerisinde ve bu sebep de köprülerimiz için ciddi risk oluşturmaktadır. Bu kadar ciddi risklere maruz, çok sayıda ve tipte köprüye sahip Türkiye'nin etkin bir köprü yönetimi sistemini hayata geçirmesi gerekmektedir. Köprü yönetiminin ilk ve önemli basamağı, düzenli bir envanter sistemine sahip olmak ve ciddi bir köprü kontrol ve bakım yönetimi geliştirmektir.

Bu çalışmada, köprüler için içinde köprü durum puanlaması da bulunan bir envanter programı geliştirilmiştir. Bu program ile köprülerle ilgili genel durum raporları alınması ve köprü bakım onarım öncelik sıralamasının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylece ülkemiz için çok önemli olan ulusal köprü yönetimi sistemi geliştirilmesi için ilk adımlardan biri atılmış olacaktır.

1. GİRİŞ

Herhangi bir engelle ayrılmış iki yakayı birleştiren veya trafik akımının, başka bir trafik akımını kesmeden üstten geçmesini sağlayan betonarme, çelik, kâgir veya ahşaptan yapılmış yapılara köprü denmektedir. Trafik akışının sağlanması açısından köprüler son derece önemli yapılardır. Yollardaki herhangi bir tahribat ve bozulma sonucu oluşabilecek geçici trafiğe kapanma durumu çoğu zaman rahatlıkla çözülebilirken, köprülerde yaşanabilecek bir problem trafiğin aylarca kapalı kalmasına neden olabilir. Bu yüzden mevcut köprülerin bakımı hayati derecede öneme sahiptir.

'Türkiye'nin ulusal trafik yoğunluğunda ağır vasıtaların oranı çok yüksektir. Bu sebeple ülkemizde' de yollar ve köprüler çok çabuk yıpranmaktadır. Türkiye'de köprülerin bakımının yeterince yapılması ve trafikteki ağır vasıta oranının yüksek olması Türk köprülerinin servis ömrünü çok kısaltmaktadır.

Bütün bunların yanı sıra Türkiye'nin aktif deprem bölgesinde olması köprülerimizin durumunu çok daha kritik hale getirmektedir. 17 Ağustos depreminde bazı köprülerimiz köprü kirişlerinin mesnetten kurtulması sonucu düşüp yıkılmıştır, diğerleri ise ya hasar almışlardır ya da yıpranmışlardır.

Bütün bunların yanı sıra köprü ve yollar bir ülkenin imajıdır. Avrupa Birliği ile tam bir entegrasyona girmek isteyen Türkiye'nin lojistik ve ulaşım güvenliği kriterleri açısından üzerine düşeni yapması gerekmektedir. Avrupa'nın kıtalararası kara trafiğini sağlayan Türkiye'nin ulaşım güvenliğini tesis etmesi ulusal ve uluslararası çıkar ilişkileri gereğidir.

Köprülerin durumlarının tespiti için ilk etapta detaylı bir köprü envanter sisteminin geliştirilmesi gereklidir. Çünkü hâlihazırdaki köprü sisteminin verimli kullanılabilmesi için, mevcut köprülerin sayısını, geometrik yapı bilgilerini, yapısal durumlarını ve servis durumlarını bilmemiz gerekmektedir.

Köprü envanter bilgilerinin kaydının tutulmasının ardından köprülerin gözle, fiziksel olarak ayrıca gerekli ise ileri kontrol yöntemleri ile muayenelerinin yapıp, önceden kapsamı ve sistematığı belirlenmiş bir puanlama sistemi ile puanlandırılmaları gerekmektedir. Bu sayede köprü yapısal ve servis verebilirlik durumu tam tespit edilebilmiş olur. Ardından bu puanlama ve muayene sistemine göre gerekli olan her bir köprü için bakım, onarım projeleri hazırlanmalıdır.

Bu çalışmada köprü ve köprü elemanları için mevcut sistemlerden yararlanarak detaylı bir değerlendirme sistemi geliştirilecektir. Bu sayede köprü puanlaması temel kriterleri belirlenmiş olacaktır. Ardından çalışmanın asıl konusu olan köprü envanter veritabanı programı geliştirilecektir. Bu program köprü ile ilgili her türlü envanter bilgisinin depolanabildiği, gerektiği taktirde istenilen kriterlere göre rapor hazırlayabilen bir program olacaktır. Ayrıca içinde bulunan puanlama sistemi sayesinde mevcut köprü durumunu girer girmez köprü genel puanı hesaplanacaktır.

2. KÖPRÜ YÖNETİMİ

Ülkelerin gelişmişliğinin en önemli kriterlerinden bir tanesi de sahip oldukları karayolları ağlarıdır. Gelişmiş ülkeler binlerce kilometre uzunluğunda karayolu ağlarına sahiptirler. Karayolu denince akla gelen en önemli stratejik yapılar köprülerdir. Köprülerin fonksiyonelliğinin devamı için düzenli ve planlı kontrollere; gerekli durumlarda da bakım onarım gibi düzeltici faaliyetlere ihtiyaç vardır.

Köprülerin işlevselliğinin korunması için yapılan köprü envanterinin oluşturulması, kontrol, bakım ve onarım planlarının oluşturulması, bakım onarım faaliyetlerinde öncelik sıralamasının belirlenmesi ve optimum maliyet hesapları yapılması gibi faaliyetlerin geneline köprü yönetimi denilmektedir. Ülkeler çığ gibi büyüyen köprüler problemini çözebilmek için ulusal köprü yönetimi sistemlerini geliştirmektedirler. Köprü yönetimi sistemlerinin temel kriterleri ve bu sistemlerden beklenen faydalar şunlardır:

1. Köprülerin envanterinin çıkarılması,
2. Köprü ve köprü elemanlarının durumlarının belirlenmesi ve ileriye dönük yapısal tahminler yapılması,
3. Köprülerin yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ve ileriye dönük olarak bu kapasitelerdeki değişimlerin hesaplanması veya tahmin edilmesi,
4. Köprü ve köprü elemanlarındaki bozulma oranının belirlenmesi,
5. Bakım onarım yöntemlerinin maliyetlerinin hesaplanması,
6. Maliyet eksenli olarak bakım onarım yöntemlerinin karşılaştırılması,
7. En uygun maliyetli bakım onarım yönteminin tahmin edilmesi,
8. Köprü servis ömrü bakım onarım maliyetleri arasındaki ilişkinin irdelenmesi,
9. Yapılması gerekli bakım onarım işlerinin ertelenmesinin trafik güvenliğine ve trafik akışına etkilerinin bulunması,
10. Köprülerde yapılması gerekli bakım onarım sıralamasında optimum önceliğın bulunması,
11. Gerekli genel finansman planlarının yapılmasında temel oluşturmasıdır.

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KÖPRÜ YÖNETİMİ SİSTEMLERİ

Gelişmiş ülkeler ellerindeki köprülerle ilgili problemleri belirlemek ve çözmek için ayrıca uzun vadeli maliyet ve köprü durum tahminleri yapabilmek için bilgisayar destekli köprü yönetimi sistemleri (BDKYS) kullanmaktadırlar veya bu sistemlerin geliştirilmesi için ciddi emek harcamaktadırlar. Bilgisayar sistemlerinin her geçen gün biraz daha gelişip hayatı kolaylaştırdığı çağımızda büyük problemleri ve inanılmaz maliyetleri içerisinde barındıran mevcut köprülerin yönetimi probleminin çözümünde BDKYS' inin önemi her geçen gün kendini biraz daha hissettirmektedir. Bilgisayar destekli köprü yönetimi sistemlerinin temel fonksiyonları şunlardır:

a) Genel envanter bilgilerinin depolanması: BDKYS' in en temel fonksiyonu bünyelerinde köprüler için temel envanter programları içermeleridir. Köprüler için depolanan envanter bilgilerinin başlıca olanları şunlardır:

1. Köprü kimlik bilgileri (Numarası, Adı, Sahibi vs.),
2. Yol bilgileri (Yol ismi, tipi vs.),
3. Köprü yer bilgileri (Konumu, Enlemi, Boylamı vs.),
4. Köprü servis bilgileri (Serviste, Şerit sayısı, YOGT vs.),
5. Köprü tarih bilgileri (Yapım yılı, Proje ömrü vs.),
6. Köprü geometrisi bilgileri (Boyu, Eni, Açıklık sayısı vs.),
7. Köprü ve köprü elemanları yapı tipi (Yapı tipi, Mesnet tipi, Kiriş tipi vs.).

b) Köprü genel durumunun belirlenmesi: Köprülerin genel durumunun belirlenmesinde köprü ve köprü elemanları puanlaması esastır. BDKYS'i kullanan ülkeler kendi puanlama sistemlerini oluşturmuşlardır. Köprü puanlama sisteminin

uzmanlar gözetiminde muayene oluşturur. Uzman köprü mühendisleri köprüyü gözle muayene ederler. Gerekli durumlarda ise fiziki muayene ve ileri kontrol yöntemleri ile muayene yapılır. Mesela köprü elemanları içindeki kılcal çatlakların boyutu ultrasonik ses dalgaları ile hesap edilmektedir. Muayene sonrasında ise köprülerin üstyapı servisleri, üstyapıları ve altyapıları puanlanır. Gelişmiş ülkeler köprülerdeki yıpranma ve bozunmaları tahmin edebilecek yöntemler geliştirmeye çalışmaktadır.

c) Bakım onarım kararının belirlenmesi: Bakım onarım kararının alınmasında BDKYS 'inin kullanılabilirliği için akademik olarak çalışmalar devam etmektedir. ABD' de kullanılan Pontis adlı BDKYS programının karar alma sürecinde Markov zincirleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde göre Markov zincirleri ile köprüye ait bilgiler matrislerde depolanır [27] ve köprü için yıpranma tahminleri yapılır. BDKYS kullanan çoğu ülke bakım onarım kararı alırken bu programları kullanmamaktadır. Bu ülkeler bakım onarım kararını tamamen mühendislik yargıları ile almaktadırlar. Finlandiya bakım onarım cetveli kullanırken, ABD ve İngiltere uzun dönem maliyet kriterlerini kullanmaktadırlar[17]. Fakat bu ülkeler bakım onarım kararını mühendislik yargularından ziyade ekonomik kaygılarla almaktadırlar.

d) Maliyetlerin depolanması ve belirlenmesi: BDKYS' i ile geçmişe dönük bakım onarım maliyetleri depolanabileceği gibi gerekli düzenlemelerle ileriye dönük maliyet hesapları yapılabilmektedir. BDKYS kullanan Avrupa devletleri ile ABD geçmiş maliyet bilgilerini veri tabanlarında depolamaktadırlar. İngiltere gecikme maliyetlerini bile hesaplarken ABD ileriye dönük her türlü maliyeti tahmini olarak Pontis adlı programla hesaplamaktadır. Japonya'nın kullandığı J-BMS 'in de maliyet modülleri vardır[12].

e) Tahmin: BDKYS ile ileriye köprü durumu belirlenmesi, bakım onarım maliyetleri hesaplanması gibi tahminler yapılabilmesi için gerekli akademik araştırmalar devam etmektedir. ABD bu fonksiyonları kullanırken diğer ülkeler bu tür programları geliştirebilmek için yoğun çaba harcamaktadırlar.

f) Bakım onarım öncelik sırası belirleme: Avrupa ülkeleri genelde köprü bakım onarım sıralamasında öncelik sırası belirlenmesinde BDKYS kullanmamaktadır. Ama ABD ve Finlandiya bu yöntemi kullanmaktadır. Danimarka ise bu yöntemi sadece onarım sıralamasında kısmi olarak kullanmaktadır. Norveç ve Finlandiya dışındaki ülkelerde bakım onarım kararı ulusal seviyedeki kuruluşlar tarafından alınmaktadır.

g) Köprü ömrünün belirlenmesi: Köprülerle ilgili en önemli problemlerin başında mevcut köprülerin kalan ömrünün tahmini gelir. Uzun vadeli gerek yapısal gerek ekonomik planlamalar yapabilmek için bu bilgi çok kıymetlidir. Köprü ömrünü etkileyen en önemli etmenlerden birisi şüphesiz köprü üzerinden geçen ağır vasıta oranıdır. Çünkü köprü üzerinden ağır vasıta geçiş oranı arttıkça köprü yük kapasitesi kullanma oranı çok yükselmektedir. ABD'de Akyüz ve Frangopol 'ün yaptığı kapsamlı araştırmalarda ağır vasıta geçiş oranının köprüde yorgunluğa sebep olduğu, bunun da köprüdeki yıpranmaları tetiklediği ve sonuç olarak köprü ömrünün kısalacağı tespit edilmiştir[1].

3.1. Veri Tabanı Yapısı

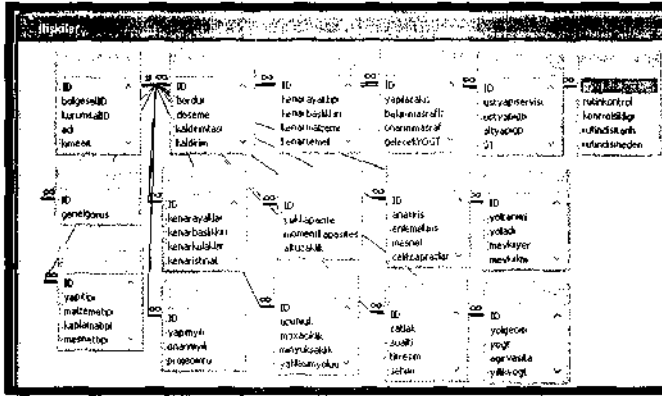
Geliştirdiğimiz yazılımın amacı köprü envanter bilgilerini depolamak ve köprü öncelik puanını hesaplamak. Bu yazılımın arayüzü Visual Studio 6.0 yazılım

geliştirme ortamı altında ve Visual Basic programlama dili kullanarak geliştirilmiştir. Veri tabanı ise Microsoft Access kullanarak tasarlanmıştır.

Bu yazılım kullanıcının köprü envanter bilgilerini çok rahat şekilde depolamasını sağlamaktadır ve daha sonra bu bilgileri kolayca arama ve güncelleme imkanını sağlamaktadır.

Veri tabanı (oldbridge.MDB) Microsoft Access kullanarak tasarlanmıştır ve onaltı tablodan ibarettir. Program arayüzü ile veritabanı arasında veritabanı kontrol elemanı (Data control) kullanarak bağlantı sağlanmaktadır. Bu tabloların arasında IDSorumlu tablosu ana tablo olarak hazırlanmıştır, çünkü bu tablo birincil anahtar (primary key) olan ID alanını (field) içermektedir. Diğer tablolar ise ID alanını ikincil anahtar olarak içerir ve IDSorumlu tablosuna ID alanı aracılığı ile “bire-çok” (one-to-many) olarak ilişkilendirilir (Şekil1).

Veritabanındaki depolanan bilgilerinden kolayca yararlanmak için bu veritabanı dosyası Sorgu (Query) nesnesi “Köprü Rapor” adlı sorgu içermektedir. Bu sorgunun sonucu ise aşağıdaki şekildeki gibi bir tablo oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1 Tablolar arasındaki ilişki yapısı

ID	Adı	Yoladı	YOGT	Yapım Yılı	Uzunluk	Yol En	Tipi	Malzeme	Mesnet	Yük	Genel Pn.
100	Sirineyler		50	1975	60	30	kafes liris	beton	elastomer	30	91,281786
500	k13		25	1983	150	40	yekpare	beton		15	61,848097
700	k50		50	2001	50	40				30	83,785508
800	k250		25	1999	50	25				40	37,492917
900	b75		1000	19801	25	20				40	29,575
200	avcılar		250	1970	55	35	liris			20	70,762873
300	adapazarı		75	1995	100	18	kutu	ongerilmeli	elastomer	40	92,493831

Şekil 2 Sorgu ekranı

3.2. Envanter Programı

Bu çalışmada hazırlanan yazılımın arayüzü Visual Studio 6.0 yazılım geliştirme ortamı altında ve Visual Basic programlama dili kullanarak dört arayüz olarak (Şekil 3a/3b/3c/3d) geliştirilmiştir. Veri tabanı ise Microsoft Access kullanarak tasarlanmıştır. Programın akış diyagramını şekil 4'te gösterilmiştir.

Bu programda kullanılan köprü puanı nesabına %55 oranında altyapı, üstyapı ve yük taşıma kapasitesi durumu, %30 oranında üstyapı servis ve köprü geçiş kolaylığı durumu ve %15 oranında köprü öncelik durumu katılmıştır.

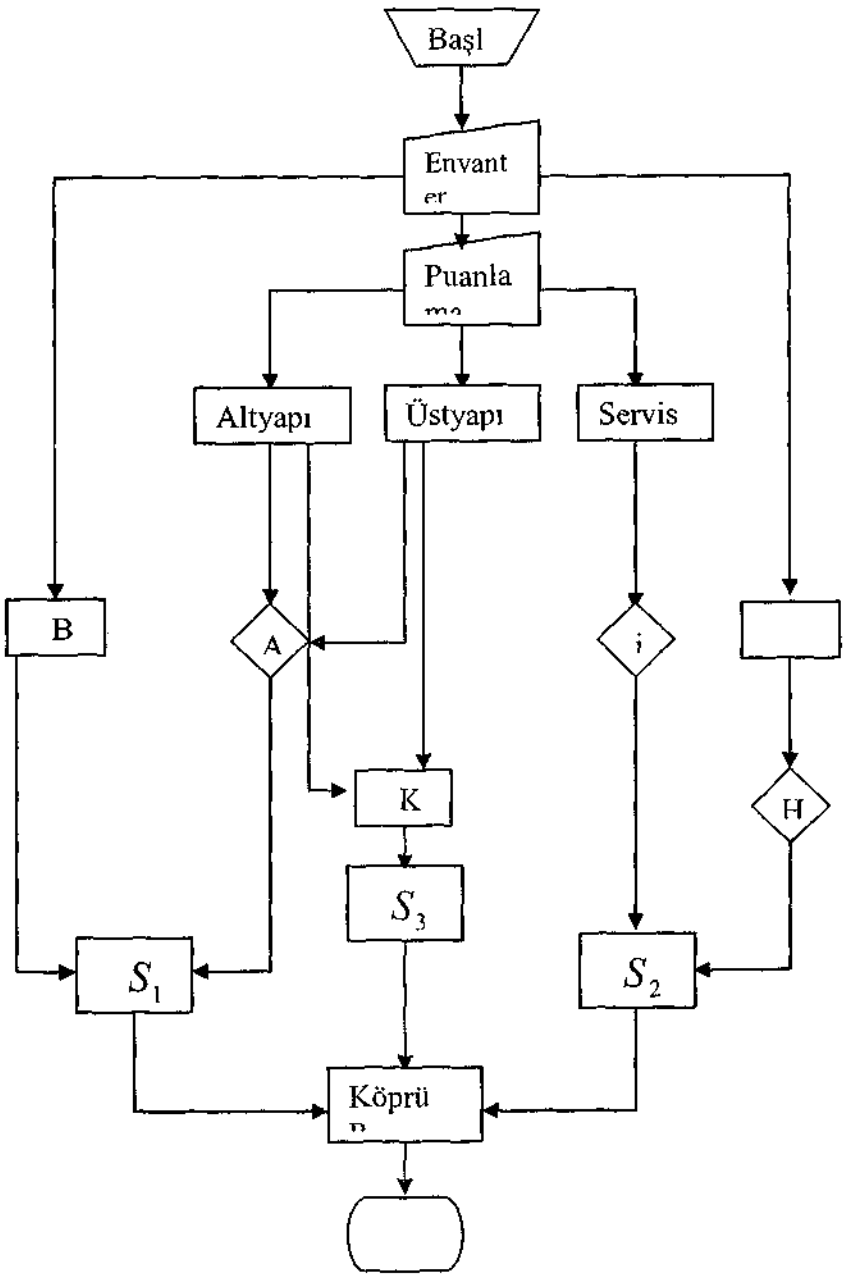
Hazırlanan köprü envanter programı ile sorumluluk alanları dahilinde köprüler bulunan KGM. ve Belediyeler gibi bütün kurumlar ortak bir envanter sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Programda sorgulanan köprü bilgisinin hazırlanması aşamasında gerek yurtiçi gerek yurtdışı birçok envanter sistemi incelenmiştir böylece geliştirilen programda içerik olarak mümkün olduğunca temel kısımların olması amaçlanmıştır. Yani programda dünya standartlarında gerekli bütün sorguların olması arzulanırken uygulanması şuan zor olan sorgular program dahiline alınmamıştır.

4. SONUÇLAR

Dünyada gelişmiş ülkelerde kullanılan bilgisayar destekli köprü yönetim sistemleri mevcuttur. Ama bilhassa Avrupa Birliği ülkeleri genelinde kullanılan köprü envanter programları içerik bakımından sığdır ve köprü bakım onarım öncelik sıralaması yapmak için köprü puanı hesabı yapmamaktadır. Amerika’ da kullanılan bilgisayar destekli köprü yönetim sistemleri ise son derece kapsamlı ve karmaşıktır. Türkiye’ de ise MS. Excel ve Access gibi programlar içinde oluşturulan kapsam bakımından dar tablolarda köprü envanter bilgileri depolanmaktadır.

Hazırlanan envanter programının içeriğinin dünya standartlarında Türkiye’nin ihtiyacını karşılayacak seviyede olması için büyük çaba harcanmıştır. Ayrıca ileriye dönük köprü ile ilgili her türlü tahmin ve hesaplamayı yapabilecek bir programın ilk çekirdeği oluşturulmaya çalışılmış ve belirli standartlar içinde köprü puanı hesabı yapılmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda programda köprü bakım onarım maliyetlerini envanter bilgilerinden yararlanarak tahmini olarak hesaplamayı yapacak güncellemelerin yapılması planlanmaktadır. Bununla birlikte araç geçiş yoğunluğu ve köprü yük kapasitesine bağlı olarak köprü ömür tahmini yapılabilmesi amaçlanmaktadır. İleriye dönük bütün bu çalışmalarda Türkiye için tam kapsamlı bir bilgisayar destekli köprü yönetimi sistemi geliştirilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 4 Akış Diyagramı

KAYNAKLAR

1. CHASE, Steven B., GASPAR, Laszlo, 2000, Modeling The Reduction In Load Capacity Of Highway Bridges With Age, Journal of Bridge Engineering, 5(4) Paper No. 16524
2. GODART, B., VASSIE, P.R., 1999, Review of existing BMS and definition of inputs for the proposed BMS. Project Funded By The European Commission Under The Transport Rtd. Program Of The 4th Framework Program, Proje no.: P97-2220
3. MIYAMOTO, Ayaho, KAWAMURA, Kei, NAKAMURA, Hideaki, 2001, Development of a bridge management system for existing bridges, Advances in Engineering Software, 32 (2001) 821–833.
4. AKGÜL, Ferhat, FRANGOPOL, Dan M., 2004, Time-dependent interaction between load rating and reliability of deteriorating bridges, Engineering Structures, 26 (2004) 1751–1765.
5. YANG, Seung-Ie, FRANGOPOL, Dan M., NEVES, Luis C., 2003, Service life rediction of structural systems using lifetime functions with emphasis on bridges, Reliability Engineering and System Safety, 86 (2004) 39–51.
6. Joint Departments of the Army and Air Force, 1994, 5-600/AFJPAM 32-1088, Bridge Inspection, Maintenance and Repair, WASHINGTON, DC, 21-91.
7. ABUDAYYEH, Osama, AL BATAINEH, Mohammed, ABDEL-QADER, Ikhlas, 2004, An imaging data model for concrete bridge inspection, Advances in Engineering Software, 35 (2004) 473–480.
8. DE BRITO, J., BRANCO, F. A., THOFT-CHRISTENSEN, P., SORENSEN, J. D., 1996, An expert system for concrete bridge management, Engineering Structures, 19 (7), 519-526.
9. KAWAMURA, Kei, MIYAMOTO, Ayaho, 2003, Condition state evaluation of existing reinforced concrete bridges using neuro-fuzzy hybrid system, Computers and Structures, 81 (2003) 1931–1940.
10. ZHAO, Zhiye, CHEN, Chuanyu, 2002, A fuzzy system for concrete bridge damage diagnosis, Computers and Structures, 80 (2002) 629–641.
11. VAN NOORTWIJK, J.M., KLATTER, H.E., 2004, The use of lifetime distributions in bridge maintenance and replacement modeling, Computers and Structures, 82 (2004) 1091–1099.
12. FHWA (Federal Highway Administration), 2002, Bridge Inspector's Reference Manual, Publication No. FHWA NHI 03-001, 211-245.
13. FHWA (Federal Highway Administration), 1995, Recording And Coding Guide For The Structure Inventory And Appraisal Of The Nation's Bridges, Report No. FHWA-PD-96-001, 21-53.
14. ALDOT (Alabama Department of Transportatin), 2002, Hip Pocket Guide, Alabama, BI-/59 1-12.
15. ALDOT (Alabama Department of Transportatin), 2002, Bridge Inspection Manuel, Alabama, BI-5/58 1-7