



RASES

Platformların RF İzi Kestirimi Yazılımı

RASES, TÜBİTAK BİLGEM tarafından tamamen milli algoritmalarla geliştirilen ve platformların yüksek frekansta Radar Kesit Alanı (RKA) değerini parametrik olarak hesaplama, platformların saçılma merkezlerini belirleme ve alıcının kargaşa altında tespit özelliklerini inceleme temel fonksiyonlarına sahip olan bir yazılımdır.

Teknik Özellikler

- › Üçgenlenmiş modeli girdi olarak yüksek Frekans RKA kestirimi
- › Yüksek performans - Yüksek doğruluk
- › Üç farklı yüksek frekans tekniği ile hesap yapma imkanı (PO, SIY ve FKT)
- › Monostatik ve Bistatik analiz imkanı
- › Farklı elektriksel özelliklere sahip malzemelerin modellenilebilmesi
- › Manevra sırasında RKA hesaplama imkanı
- › Paralel hesaplama destekli çekirdek
- › Menzil profili, 2 ve 3 boyutlu TYAR görüntüsü hesaplama
- › Saçılma merkezi tespiti
- › Saçılma merkezleri ile aradeğerleme imkanı

www.bilgem.tubitak.gov.tr





E-Pasaport'la işlemler

Daha güvenli, daha hızlı, daha kolay.

- ICAO LDS v.1.7
- ICAO Temel Erişim Denetimi (BAC)
- ICAO Etkin Asıllama (AA)
- ISO/IEC 14443-3,4 Type A
- ISO/IEC 7816-4,8,9
- CC EAL4+ (BSI-CCPP-0055)
- 424kbps/848kbps iletişim hızı
- RSA1848, SHA-1/SHA-256
- PKCS#11 ve PKCS#15'e göre anahtar ve sertifika yönetimi

www.bilgem.tubitak.gov.tr



Değerli Okurlar,

Benzetim (simülasyon), bir sistemi temsil edebilecek modelin tasarlanması ve bu modelle sistemin çalışmasına yönelik olarak, sistemin davranışlarını ve değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir. Benzetim çalışmaları sayesinde gerçek hayatta yapılması imkânsız veya riskli olan ya da büyük maliyet gerektiren çalışmalar sanal dünyada gerçekmiş gibi denenebilmektedir. Yakın geleceğin en önemli teknolojileri arasında gösterilen benzetim ve modelleme teknolojileri için gelişmiş ülkeler oldukça büyük yatırımlar yapmaktadır.

Biz de bu sayımızda TÜBİTAK BİLGEM çatısı altında yer alan Bilişim Teknolojileri Enstitüsü'nün geliştirdiği benzetim ve modelleme projelerine yer verdik. Bu kapsamda; benzetim ve modellemenin temel öneminden tren sürüş simülatörü TRENSİM'e, gömülü benzetimden erken uyarı, gerçek zamanlı bilgi paylaşımı ve gözetleme kabiliyetlerini barındıran C4ISR'a kadar birçok konuya değindik.

Elektronik İmza yazı dizisi bu sayıdaki son bölümüyle okurlara veda ederken Sayısal Damgalama konusu da siz değerli okuyucularımıza merhaba diyor. Serbest kürsü bölümünde ise TÜBİTAK BİLGEM bünyesinde ilkinin gerçekleştirdiğimiz fotoğraf yarışmasında dereceye giren çalışmaları sizinle paylaştık. Eser sahiplerini bir kez daha tebrik eder, iyi okumalar dileriz.

2012'de görüşmek üzere, hoşçakalın.

Dergi Yayın Kurulu

**Özgürlük ve bağımsızlık
benim karakterimdir.**

Sahibi
TÜBİTAK BİLGEM adına Merkez Başkan v.
Tevfik Alparslan BABAÖĞLU

Dergi Yayın Kurulu
Asım ALTUNBAŞ
Aziz Ulvi ÇALIŞKAN
Mustafa Ümit ÇEŞMECİ
Ersin EVİN
Cumhur Nezh GEÇKİNLİ
Bilal KILIÇ
Ahmet Hakan KUMBASAR
Levent Balamir TAVACIOĞLU
Bahattin TÜRETKEN
Umut ULUDAĞ

Kapak Tasarımı
Kamil AYDİLEK

Genel Yayın Yönetmeni
Aziz Ulvi ÇALIŞKAN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Asım ALTUNBAŞ

Edisyon-Redaksiyon
Levent Balamir TAVACIOĞLU
Cumhur Nezh GEÇKİNLİ
Bilal KILIÇ

Mali İşler Sorumlusu
Ahmet Serdar ADALI

Grafik Tasarım
Kamil AYDİLEK

Yayın Türü
Dört aylık, süreli, ücretsiz

İletişim Adresi
BİLGEM Dergisi
P.K. 74, 41470 Gebze KOCAELİ

Telefon
(262) 648 1000

Faks
(262) 648 1100

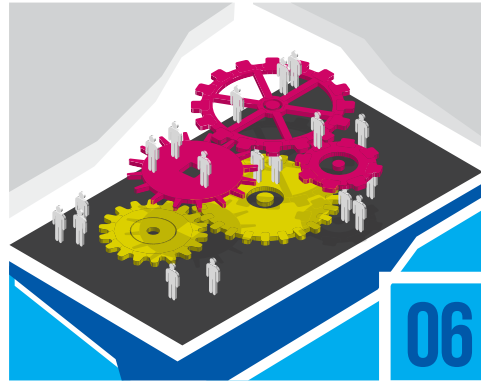
İnternet
www.uekae.tubitak.gov.tr/dergi

E-posta
dergi@uekae.tubitak.gov.tr

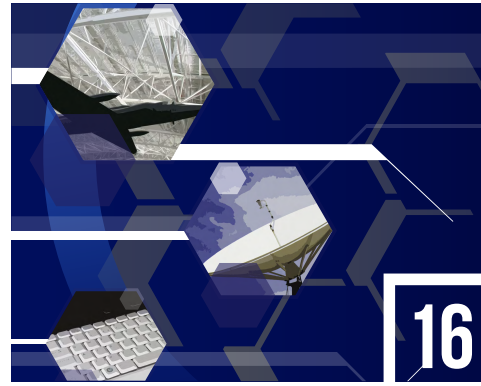
Baskı
Bilnet Matbaacılık
Biltur Basım Yayın
(216) 444 44 03

Baskı Tarihi
Eylül 2011

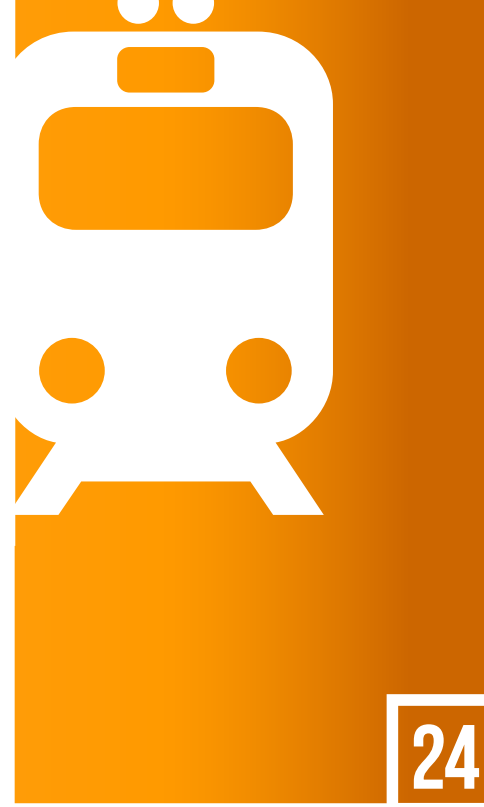
ISSN 1309-3444



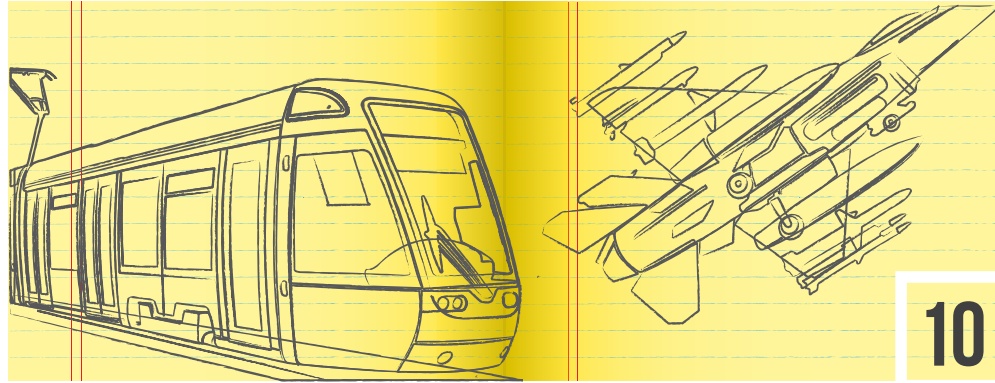
06



16



24



10

İşini Sevmek

Tevfik Alparslan BABAOĞLU

04

KAPAK KONUSU

Benzetim ve Modellemenin Önemi

Veysi ÖZTÜRK, Burak Selçuk SOYER, Ercan ÖZTEMELE

06

Benzetim ve Modellemede Temel Kavramlar

Veysi ÖZTÜRK, Burak Selçuk SOYER

10

Dağıtık Simülasyon Sistemlerinde HLA ve Federe Yönetim Katmanı

Oğuz DİKENELLİ, Cemil AKDEMİR, Yasemin TİMAR

16

TRENSİM - Sanal Ortam Tren Sürüş Eğitimleri İçin Milli Benzetim Sistemlerinin Geliştirilmesi Projesi

Veysi ÖZTÜRK, Burak Selçuk SOYER

24

Gömülü Benzetim

Burak Selçuk SOYER

38

C4ISR - Kavramsal Modelleme ve Benzetim Sistemi

Ramazan CENGİZ

44

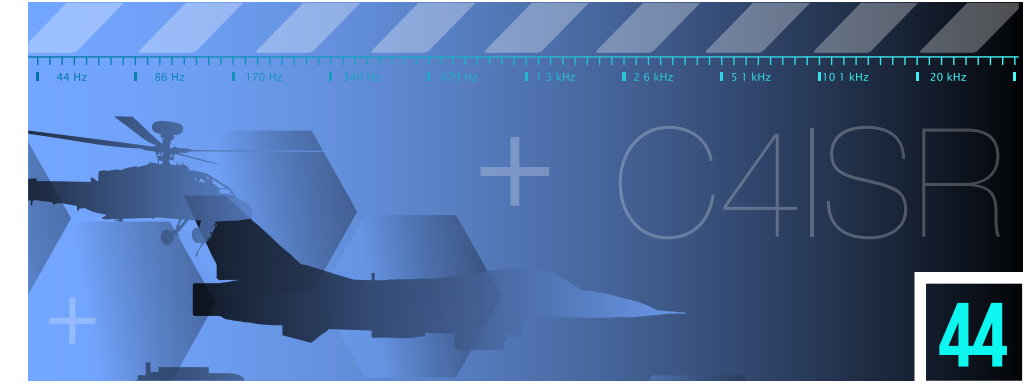
Platformların RF İzi Kestirimi Yazılımı: RASES

Deniz BÖLÜKBAŞ

52



38



44



62



68

YAZI DİZİLERİ

Bilişim Sistemleri Güvenliği: Bilgi Güvenliği Bilincinin Geliştirilmesi

Asım Gençer GÖKCE

62

Elektronik İmza: Kamu Serifikasyon Merkezi

Ersin GÜLAÇTI

68

Sayısal Damgalama 1: Temel Özellikler

Umut ULUDAĞ

76

Proje Yönetim Ofisleri ve Kurumsal Proje Yönetimi

Elif KURTARAN ÖZBUDAK, S. Gökhan TANYER

82

MAKALELER

FPGA Üzerinde Kanallaştırıcı Gerçeklenmesi

Serkan SEMİZ, H. Ercüment ZORLU

89

Olasılık Kuramına Bir Giriş - II: Uygulamalar

C. Nezih GEÇKİNLİ

94

SERBEST KÜRSÜ

Fotoğraf Yarışması

Asım ALTUNBAŞ

104

Şifresayar

Umut ULUDAĞ

114



İşini Sevmek

*Bir saatliğine mutlu olacaksınız, şekerleme yapın.
Bir günlüğüne mutlu olacaksınız, balık avlamaya gidin.
Bir aylığına mutlu olacaksınız, evlenin.
Bir yıllığına mutlu olacaksınız, bir servete konun.
Tüm yaşam boyunca mutlu olacaksınız, işinizi sevin.*

Çin Atasözü

Yukarıdaki deyişte anlatılmak istenenin doğruluğunu hemen herkes kabul eder. Ama ben daha basit bir şekilde şöyle düşünmeyi öneriyorum. Günün yirmi dört saatini üç temel sekiz saatlik parçaya bölebiliriz. İlk sekiz saat uyku, ikinci sekiz saat iş ve son sekiz saat yakınlarımızla geçirmekteyiz. Bunlardan birinde bile sorun varsa hayatınızı ne kadar sıkıntılı geçireceğinizi hiç düşündünüz mü?

Ancak günümüzün üçte birini, başka bir deyişle her gün hayattan payımıza düşen yirmi dört saatten sekizini, hatta zaman zaman günümüzün yarısını işimize ayırdığınızı düşününce, işinizi sevmenizin, yaptığınız işten zevk almanın, insanın hazinesi ve sermayesi olan hayat için ne kadar önemli bir yatırım olduğu daha iyi anlaşılıyor.

İşini sevmek, yaşamınızı daha güzel yapar. İşini sevmek, hayattaki en büyük lükslerinizden birisidir. İşini sevmek, ruh sağlığınız için gerekli iksirin en önemli parçasıdır. İşini sevmek, iş dışındaki zamanlar için huzur demektir. Eğer işte geçen zamanımızda mutluyuzsak, işimizi severek yapıyorsak, o gün mutlu bir gündür. Bu günlerin toplamı da hayatta mutlu olmamızı, hayatı sevmemizi sağlar.

İşini sevmek, sevdiği bir işi yapmak her insanın hayalini süsleyen, ama her insanın kolay kolay elde edemeyeceği bir olgudur.

İşini sevmek insanın verimli çalışabilmesi için en gerekli unsurdur. İşini sevmeyen insana, her gün aynı işi sevmeyerek yapmasından daha kötü bir ceza verilemez. Bu durum da insanı hayatı boyunca mutsuzluğa itebilir.

Peki işini sevmek ne anlama gelmektedir? İnsanın işini sevmesinin ne anlama geldiğini gerçekte biliyor muyuz? İşini sevmek işyerinde huzurlu olmak mıdır? İşyerinde iyi vakit geçirmek midir? Yaptığı işten keyif almak mıdır?

İnsanlar, yöneticilerinin beğenisini kazanmak ya da onların desteğini almak için mi işlerini çok sevdiğini söyler? Bazen o kadar çok söylerler ki sonuçta kendileri de işlerini çok sevdiğine inanırlar.

Halbuki işini gerçekten sevmek, mücadele etmeyi gerektirir. İşini iyi yapmak için stres içinde çalışan, işi için zaman harcayan ve harcadığı süreyi kesinlikle kayıp olarak görmeyen, risk alan, belirsizliklere katlanan, gerektiğinde özel hayatından özveride bulunan, hasta olsa bile koşa koşa iş yerine gelen, bütün gün yorgun olması gerekirken, yorgunluk hissetmeyen insanlar işlerini gerçekten severler.

İşini sevmekle işkolik olmayı birbirine karıştırmamalıdır. İşkolikler, doğru ve akıllı çalışmanın nasıl olması gerektiğini bilmeden çalışır. İşini gerçekten seven insanlar ise işlerini ne için yaptığını, yaşama ne tür değerler kattığını, başkalarına ne tür faydalar sağladığını bilen insanlardır.

Kurumlara baktığımızda; çalışanların verimliliğini yükseltebilmek için birçok farklı çalışma yapıldığını görürüz. Gerek performans değerlendirme sistemleri, gerekse çeşitli eğitimlerle çalışanlar desteklense dahi, performans istenilen seviyelere gelemeyebilmektedir. Kimi yönetici "Ben sanırım çok yumuşak yüzlüyüm, biraz daha katı davranmalıyım" diyerek çözüm bulmaya çalışırken bir diğeri "Galiba biraz katı davranıyorum, esneklikler olmalı" diyebilmektedir.

İşini sevmeyenlerin huzursuzluğu ve isteksizliği, içinde bulunduğu kuruma görünen ve görünmeyen zararlar verir. Birçok kişi içinde bulunduğu huzursuzluğun faturasını haksız bir şekilde çalıştığı kuruma çıkarır. Eğer hayatımızda bulunduğumuz konumdan memnun değilsek, geçmişte bir takım seçimler yaptığımızı ve o seçimler sonucu bulunduğumuz noktaya geldiğimizi hatırdan çıkarmamalıyız. İş hayatı söz konusuysa sadece iki seçim hakkımız olmalıdır. Ya sevdiğimiz, arzu ettiğimiz bir işi yapmalıyız ya da gereken sorumlulukları alarak yaptığımız işi sevmenin yollarını aramalıyız.

Kurumları ileriye götürenler sadece çok yetenekli insanlar değil, o kurumu çok seven ve sahiplenenlerdir.

İşini çok sevmek denince bu yazıyı okuyan bütün BİLGEM çalışanlarının hatta hemen herkesin aklına Eylül 2011'de emekliye ayrılarak tecrübesi ve birikimini başka kurumların hizmetine sunacağından şüphemiz olmayan eski başkanımız Sn. Önder Yetiş'in geldiğinden eminim. 1993 yılında 65 çalışanla devraldığı Marmara Araştırma Merkezi Elektronik Araştırma Enstitüsü'nü 2011 yılında 1300'ün üzerinde çalışanıyla dev bir araştırma merkezine dönüştüren Sayın Yetiş'e, yine merkezimize bağlı Bilişim Teknolojileri Enstitüsü Müdürü ve BİLGEM Başkan v. İken Ekim 2011'de emekliye ayrılan Prof. Dr. Sayın Bülent Örencik'e, tüm BİLGEM çalışanları adına şükranlarımı sunuyorum. Bu nöbet değişikliği ile devraldığımız bayrağı devraldığımız noktadan daha ileriye taşıyacağımız konusunda tüm çalışma arkadaşlarım adına söz veriyorum.

Tüm mesai arkadaşlarımın ve okurlarımızın Kurban Bayramlarını tebrik eder, ülkemize huzur ve mutluluk getirmesi temennisiyle saygılar sunarım.

Tevfik Alparslan BABAĞLU

Merkez Başkan v.



Benzetim ve Modellemenin Önemi

Veysi ÖZTÜRK, Burak Selçuk SOYER, Ercan ÖZTE MEL

Benzetim ve Modellemenin Önemi

BENZETİM VE MODELLEMENİN ÖNEMİ

Benzetim (simülasyon) bir sistemi temsil edebilecek modelin tasarlanması ve bu modelle sistemin çalışmasına yönelik olarak, sistemin davranışlarını ve değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir. Her geçen gün yaşantımızda biraz daha etkin olmaya başlayan benzetim çalışmaları için gelişmiş ülkeler oldukça büyük yatırımlar yapmaktadır. Benzetim çalışmaları sayesinde gerçek hayatta yapılması imkânsız veya zor olan ya da çok maliyet gerektiren çalışmaları sanal dünyada gerçekmiş gibi deneyerek etkilerini görebiliriz. Tehlikeli koşullar içeren ortamlarda benzetim sistemlerinin kullanılması olası zararların bertaraf edilmesini sağlar. Uzay çalışmaları ve nükleer santraller gibi hem tehlikeli hem de maliyetli çalışmalar yapılmadan önce sanal ortamlarda çalışmaların etkileri değerlendirilebilmektedir. Böylece gerçek araştırma çalışmaları yönlendirilebilmekte ve milyarlarca dolarlık araştırma fonlarının daha etkili kullanılmasının önü açılmaktadır.

Sentetik ortamlar (synthetic environments), bilgisayar tarafından oluşturulan sanal bir dünyada, katılımcıların birbirleriyle iletişimini ve etkileşimini sağlamaya yarayan bir teknolojidir [1]. Bu ortamların temel amacı, ilgili alanda uygulanabilecek stratejilerin belirlenmesi, yeteneklerin geliştirilmesi ve kullanıcı işi gerçekte gerçekleştiriyormuş gibi eğitime olanak vermesidir. Sentetik ortamlar, çok sayıda etmenin (makine, insan, coğrafi nitelikler vb.) oluşturulmasını ve eğitim sırasında kullanıcılara sorumluluklar/roller yüklenmesini sağlar. Bu sayede daha maliyet etkin eğitim ve uygulamalar yapılabilmektedir. Genel olarak benzetim teknolojisi ile [2,3];

- Gerçek dünyada yapılması can kaybı gibi telafisi olmayan uygulamalar (trenin bir arabaya çarpma durumu vb.) gerçekleştirilebilmektedir.
- Gerçek sistemlerin üzerinde eğitimlerin riskleri ve maliyetleri yüksek olduğundan sistem benzetimlerinin kullanılması risksiz ve daha ucuz eğitimler yapmayı sağlamaktadır.
- Gerçek sistemler üzerinde uygulamalar ve eğitimler sürekli olarak ve istenen tekrarda yapılamayabilir. Benzetim yolu ile defalarca tekrarlanabilmektedir.
- Sistemlerin farklı koşullardaki davranışları izlenebilmekte ve ona göre sistemleri yönetecek planlar kolaylıkla oluşturulabilmektedir.
- Herhangi bir alanda istenilen sayıda aktörün (bileşenin) modellenmesi yoluyla karmaşık durumlar modellenebilmekte ve günün koşulları altında durumları izlenebilmektedir.
- Eğitim ve uygulamalar sırasında her türlü alternatifi denemek mümkün olabilmektedir.
- Risk analizleri daha kolay gerçekleştirilebilmektedir.

• Uygulamadan önce yeni tasarımların denenmesine imkân sağlamaktadır.

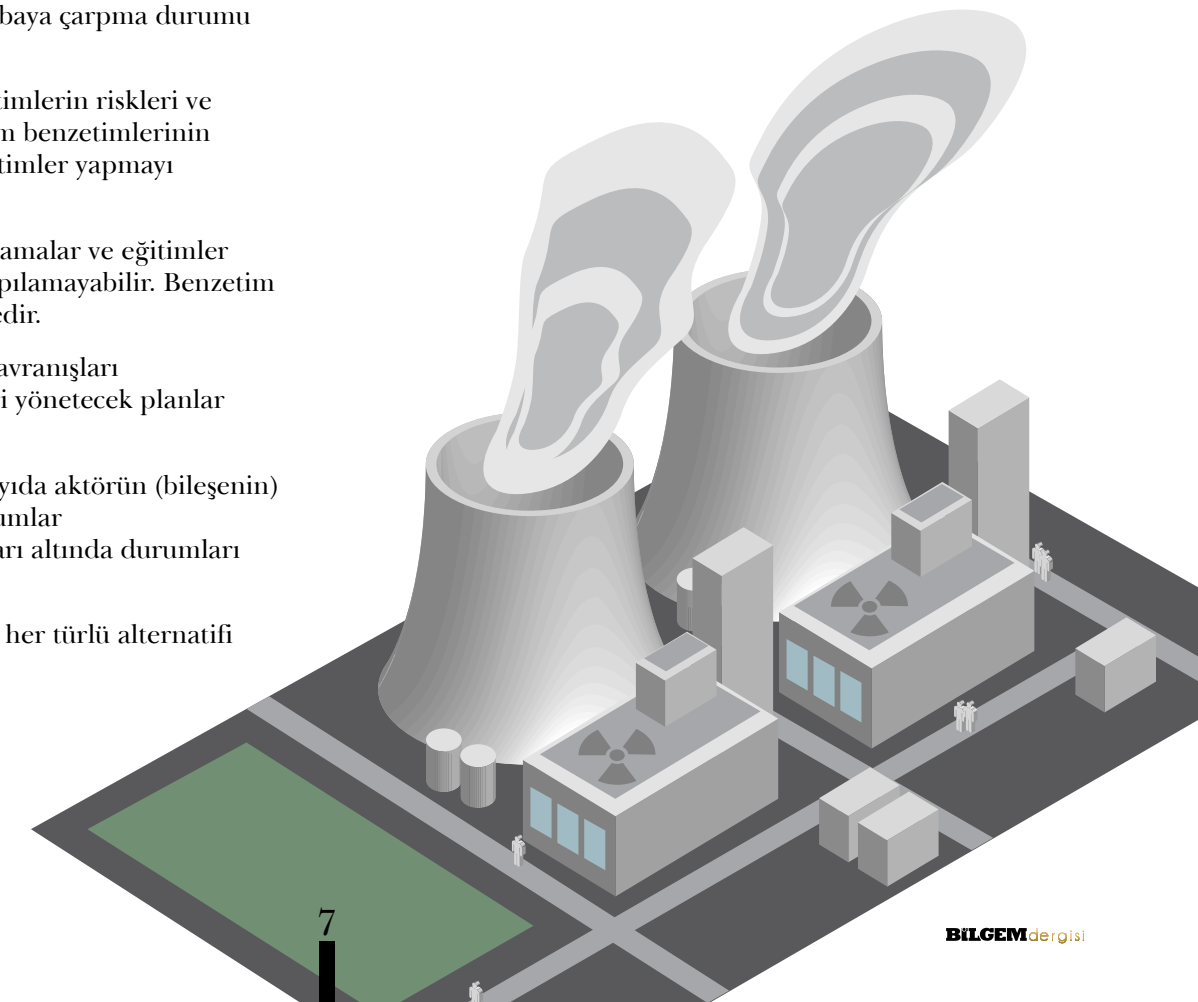
• Sistemlerin etkin olarak kullanılmasını sağlayacak yöntemler ve metotlar geliştirilebilmekte ve bunların etkinlikleri izlenebilmektedir.

Uydu ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerindeki gelişmelerle beraber benzetim ve modelleme çalışmaları da önemli bir ivme kazanmıştır. Bu sayede yeryüzünün her bölgesinin coğrafi bilgileri sanal dünyaya aktarılabilir. Özellikle olayların 3 boyutlu sentetik ortamlarda benzetilmesi ile gerçek sistemlere yakınlık daha çok artmış ve benzetim çalışmalarının sonuçları gerçek hayatta daha çok kullanılabilir olmuştur. Bu çalışmalar gerçek dünyanın modellenmesini kolaylaştırmakta ve modellerin geçerliliklerini artırmaktadır. Bilişim teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak benzetim teknolojisinde de özellikle son yıllarda ortaya çıkan gelişmeler bu teknolojiye olan ilgiyi her zamankinden daha çok artırmaktadır [4].

Aşağıda bu konuda bilinen bazı gerçekler listelenmiştir [5,6]:

• ABD, yılda 4 milyar dolar eğitim amaçlı benzetim için harcamaktadır. Bunun 1.4 milyar doları sadece hava kuvvetlerinin eğitim ve benzetim çalışmaları için harcanmaktadır. Günümüzde bunun çok daha arttığını söylemek mümkündür.

• ABD'de, sadece bir proje için (JSIMS) şu ana kadar 1 milyar dolardan fazla harcanmıştır. ABD, WARSIM (War Fighter Simulation) 2000 projesi için 540 milyon dolar bütçe ayırmıştır.



- NATO görev öncesi, sentetik ortamda görev tatbikatı benzetimini şart koşturmuştur.

- Avustralya hükümeti 32.75 milyon dolar ile benzetime dayalı savaş eğitim merkezi kurmuştur.

- Teknoloji hızla ilerlerken modellenen ile gerçek dünya her geçen gün birbirine daha fazla yaklaşmaktadır. Örneğin, Körfez Savaşı'ndan önce sentetik ortamda yapılan savaş tatbikatının gerçeğe uygunluğunun %5 civarında olduğu, Bosna Savaşı için %20'lere yükseldiği, son olarak NATO'nun müdahalede bulunduğu Kosova için ise %90'lara çıktığı tatbikatlarda görev alan bir İngiliz subay tarafından dile getirilmiştir. Bu sebeple hızla gelişen benzetim teknolojilerinin takip edilmesi NATO birliklerinden istenilmektedir.

- Benzetim sistemlerinde risk ve maliyetler gerçek tatbikat ve eğitimlerden çok daha az olmaktadır. Gerçek tatbikatlar veya uygulamalar daha az sayıda yapılabilirken benzetim teknolojisi ile bu iş defalarca tekrarlanabilmektedir. Dahası, askeri ve diğer bazı sistemlerin karmaşıklığının sürekli artması gerçek sistemler üzerinde eğitim ve tatbikatların yapılmasını güçleştirmektedir.

Yukarıdaki örnek ve açıklamalar benzetim ve modelleme teknolojilerinin eğitimde, endüstride ve savunmada her geçen gün daha fazla önem kazandığını açıkça göstermektedir. Benzetim ve modelleme teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde gerçek sistemler her geçen gün biraz daha aslına uygun ve gerçekçi modellenebilmektedir. Bunun yanı sıra, yapay zekâ gibi teknolojilerle de sistemlerin davranışları hatta insanların davranışları öngörülerek modellenebilmektedir [6].

Genel olarak, benzetim sistemleri ve teknolojileri Şekil 1'de gösterildiği gibi satın almadan ar-geye kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Teknolojilere ayrılan bütçeler o teknolojinin önem ve öncelik seviyesini ortaya koyar. Gelişmiş ülkelerde özellikle askeri amaçlı benzetim için ayrılan pay bu teknolojinin kritik teknolojiler arasında yer aldığı göz önüne sermektedir. Örneğin, ABD benzetim

teknolojisini en önemli 21 teknoloji arasında kabul etmektedir [8]. Bunun yanı sıra, yapılan araştırmalar, benzetim teknolojisinin özellikle askeri alan başta olmak üzere sentetik ortamlarda tatbikat gerçekleştirmek ve eğitim faaliyetlerini sağlamak için kullanılmasına yönelik çalışmaların bütün dünyada yoğun olarak yürütülmekte olduğunu göstermektedir. Bu konuda Avrupa ülkelerinde şirketler birliği (konsorsiyum) oluşturulmakta ve geliştirilen teknolojileri kullanıma almak için çalışmalar yapılmaktadır.

Teknolojinin gelişme hızı dikkate alındığında benzetim ve modelleme gibi teknolojilere yatırım yapmak ülkemizin bu teknolojilerdeki geleceği açısından da önem arz etmektedir.

Türkiye'de benzetim, modelleme ve simülasyon sektöründe yaşanan gelişmeler 15-20 yıllık bir geçmişe dayanmaktadır. Diğer gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında bu süre son derece azdır. Yine de ülkemizde bazı firmalar bu süre içerisinde rekabet edebilen, yeni teknolojileri uygulayan ve geliştiren altyapılar oluşturarak kendi simülasyonlarını geliştirme ve dış pazarlara sunma aşamasına ulaşmışlardır. Bunun yanı sıra Türkiye'de üniversitelerin (İTÜ, ODTÜ vb.) arge birimlerinde, özel sektör ve Havelsan gibi bazı vakıf şirketlerinde ve KOBİ'lerde benzetim, modelleme ve simülasyon projeleri yapılmakta ve ürünler geliştirilmektedir.

Türkiye içinde benzetim sektöründe bu tür gelişmeler devam ederken Türkiye'nin devlet destekli başlıca araştırma kurumu olan TÜBİTAK'ta da bu konuda çalışmalar yapılmış olup günümüzde de benzetim ve modelleme projeleri gerçekleştirilmeye devam etmektedir. Yeni kurulan TÜBİTAK BİLGEM çatısı altında benzetim, modelleme ve yakın zamanda da simülasyon konusunda ciddi çalışmalar ve ürünler ortaya konmuştur.

Kronolojik olarak bakıldığında ilk benzetim çalışmaları TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) çatısı altında gömülü benzetim konsepti ile başlamıştır. Bu bağlamda 1990'lı yılların ortalarında gerçekleştirilen WaSiF (Weapon Sytems Simulation in Flight) adlı proje gömülü benzetim alanında hem merkez içinde hem dünyada ilk proje olmuştur. Bu proje kapsamında bir avcı uçağına eğitim amacıyla bir uçuş içi (gömülü) benzetim sistemi bilgisayarı yerleştirilerek gerçek uçuş şartlarında hava muharebe eğitimlerinin yapılabilirliği gösterilmiştir.

Bir teknoloji gösterim projesi olan WaSiF başarılı bir şekilde sonuçlanmış, projeyi gerçekleştiren ülkeler bu projenin devamını getirmek istemişlerdir. Dört ülke ve yedi endüstri biriminden oluşan bir ekip 2000'li yılların başında NetWorked WaSiF, kısaca NetWaSiF, projesini planlayıp

2000'li yılların ortalarına doğru sonuçlandırdılar. NetWaSiF, WaSiF gibi bir teknoloji gösterim projesi olarak gerçekleştirildi ve büyük bir başarı kazandı. Proje bu kez bir avcı uçağı yerine iki uçağı birbirleriyle ve bir yer ortamıyla sürekli irtibatlı olarak gerçek uçuş şartlarında sanal kuvvetlere karşı hava muharebelerinin yapılabilirliğini kanıtlamış oldu.

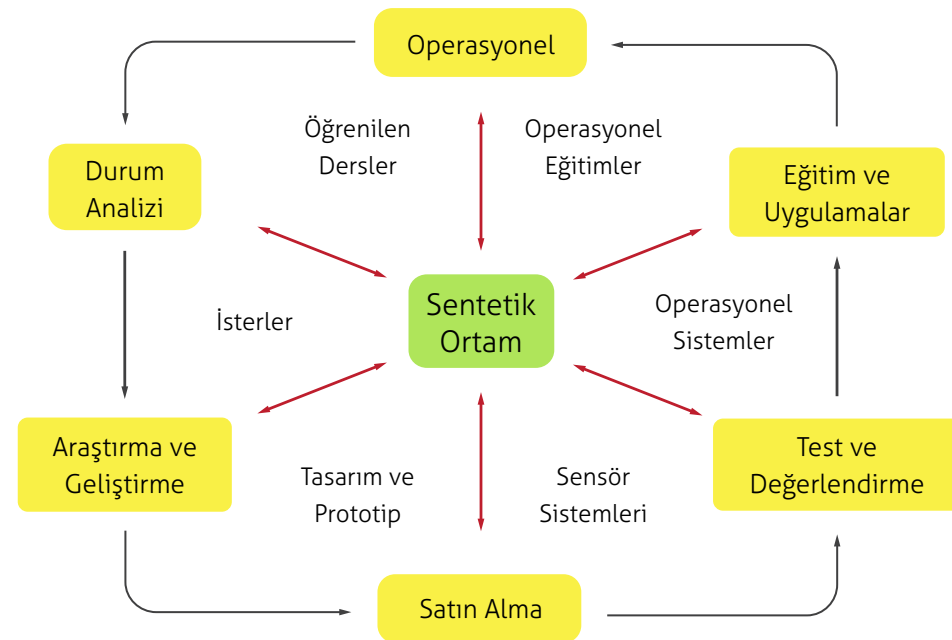
NetWaSiF projesi devam ederken, TÜBİTAK MAM'da TSK bünyesinde bir ihtiyaç olarak değerlendirilen C4ISR (Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) konseptine milli bir boyut kazandırmak üzere bir proje başlatıldı. C4ISR, düşmanı uzun mesafelerden izlemek, düşman faaliyetleri hakkında erken ikaz-ihbar sağlamak ve istihbarat elde etmek, müşterek resmi gerçek veya gerçeğe yakın zamanlı oluşturmak ve kullanıcılara eş zamanlı olarak ulaştırmak amacıyla kullanılmayı öngören bir kavramdır. C4ISR ve benzer sistemlerin geliştirilmesi/tedarik edilmesi süreci son derece karmaşık olmasından dolayı, bu sistemlerin analizlerinin analitik düzeyde dahi yapılmasını imkânsız kılmaktadır. Ülke ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurarak gerçekleştirilen projede, C4ISR kapsamında bilinen zor problemlerin çözümü için bir benzetim ortamı ve yazılımlar geliştirilmiş; başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır.

C4ISR projesinin bitiminden hemen sonra önceleri TÜBİTAK MAM çatısı altında başlayan, daha sonra yeni kurulan TÜBİTAK BİLGEM çatısı altında devam edip 2011 yılının ilk çeyreğinde başarıyla tamamlanan eğitim amaçlı bir tren sürüş simülasyonu projesi gerçekleştirilmiştir. Bu projenin çıktısı olan E 43000 tipi elektrik lokomotifi simülasyonu TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne teslim edilmiştir. TRENSİM adlı bu simülatörümüz yeni dönem kursiyer eğitimlerinin hazırlıklarını müteakip 2011 Kasım ayı içinde kullanıma alınması planlanmaktadır. Bu proje TÜBİTAK BİLGEM çatısı altında gerçekleştirilmiş KAMAG destekli tek eğitim simülasyonu projesidir. Projenin başarısı ardından bu alanda yeni projelerin de önü açılmıştır.

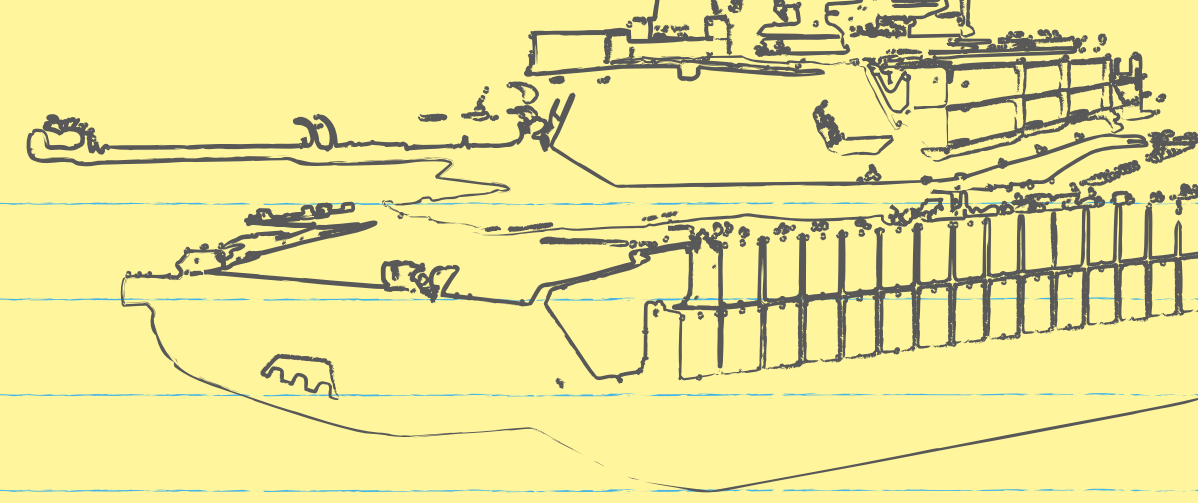
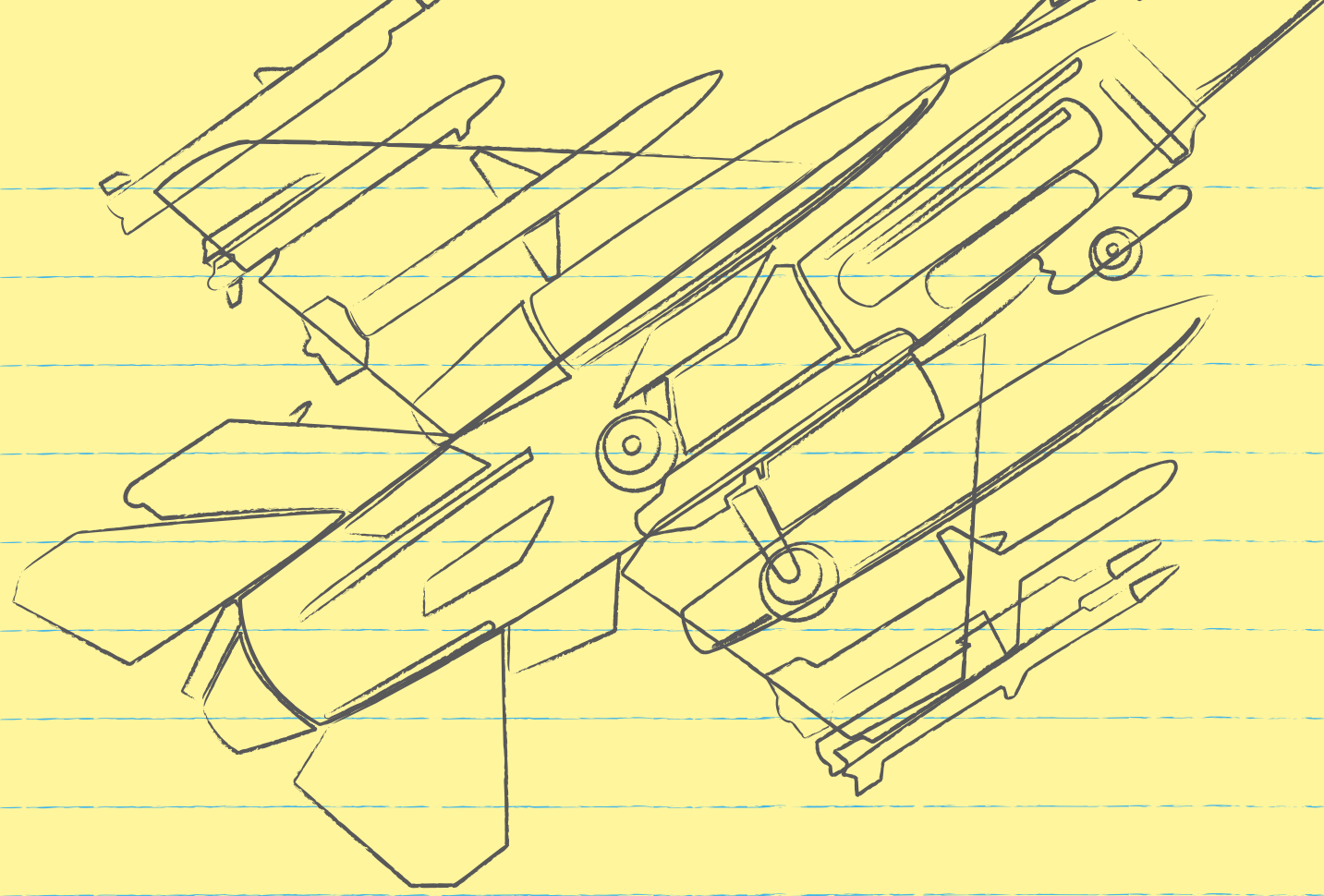
Derginin bu sayısında daha ayrıntılı anlatılacak olan radar kesit alanı azaltımını sağlayacak algoritmaları barındıran RASES (RAdar Signature Estimation Software) yazılım aracı projesi de yakın bir zamanda bitirilmiştir. Tüm algoritmaların BİLGEM'de geliştirilmiş olması ve seçilen model üzerinde uygulanarak ürettiği sonuçların doğruluk değerinin yüksek olması bu projenin en önemli neticesini oluşturmaktadır. RASES, platformların yüksek frekansta Radar Kesit Alanı (RKA) değerini parametrik olarak hesaplayan, platformların saçılma merkezlerini belirleyip alıcının kargaşa altında tespit özelliklerinin incelenmesine olanak tanıyacak temel fonksiyonları içeren bir yazılım aracıdır. Proje ürettiği başarılı sonuçlardan sonra TÜBİTAK BİLGEM bu aracı artık ticari olarak ta pazarlama imkânına sahip olabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] DMSO glossary. DMSO web sitesi. [Çevrimiçi] [Alın Tarihi: 14 2009.] <http://www.dmsomil.com>.
- [2] Z. Maamar, *Design of a simulation environment based on software agents and the high level architecture*. 45, s.1. : Elsevier, 2003, s. 137-148 . Information and Software Technology.
- [3] S. Mephram, *Synthetic Environments Delivering Real Benefits for UK Defence*. 1998. Simtect 98 Proceedings.
- [4] F. Kuhl, R. Weatherly, ve J. Dahmann. *Creating computer simulation systems*. New Jersey : Prentice Hall, 2000.
- [5] *Training & Simulation*, Trends and Technology Review. Crain. 2000.
- [6] G. Ferguson, *Australia's virtual field of fire*. 2, 2000, MS&T Magazine, s. 6-14.
- [7] M. Özsu, E. Öztemel, ve K. Kiran. *Simülasyon ve modelleme teknolojisinin sentetik ortam eğitimlerine uygulanması; Bu konuda Avrupada yapılan araştırmalar ve Türkiye'nin gelişmeler içindeki yeri*. 13, Ankara : s.n., 5 2000, Türkiye Milli Savunma Bakanlığı Araştırma Teknoloji Faaliyetler Bülteni, Cilt 4.
- [8] A. Manioğlu. *Dağıtık Simülasyon Teknolojileri ve HLA Performans İncelemesi*. 6 2001. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.



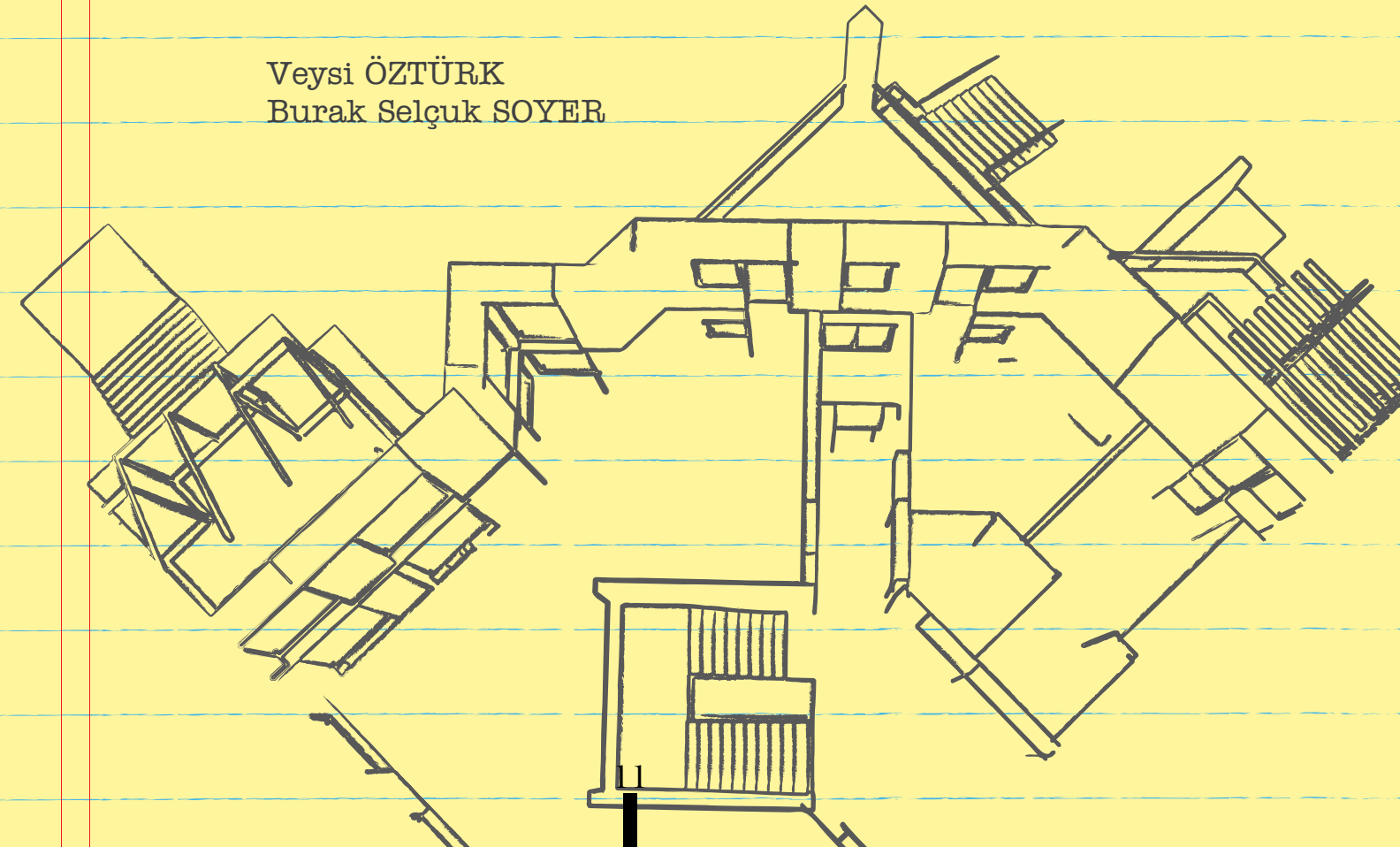
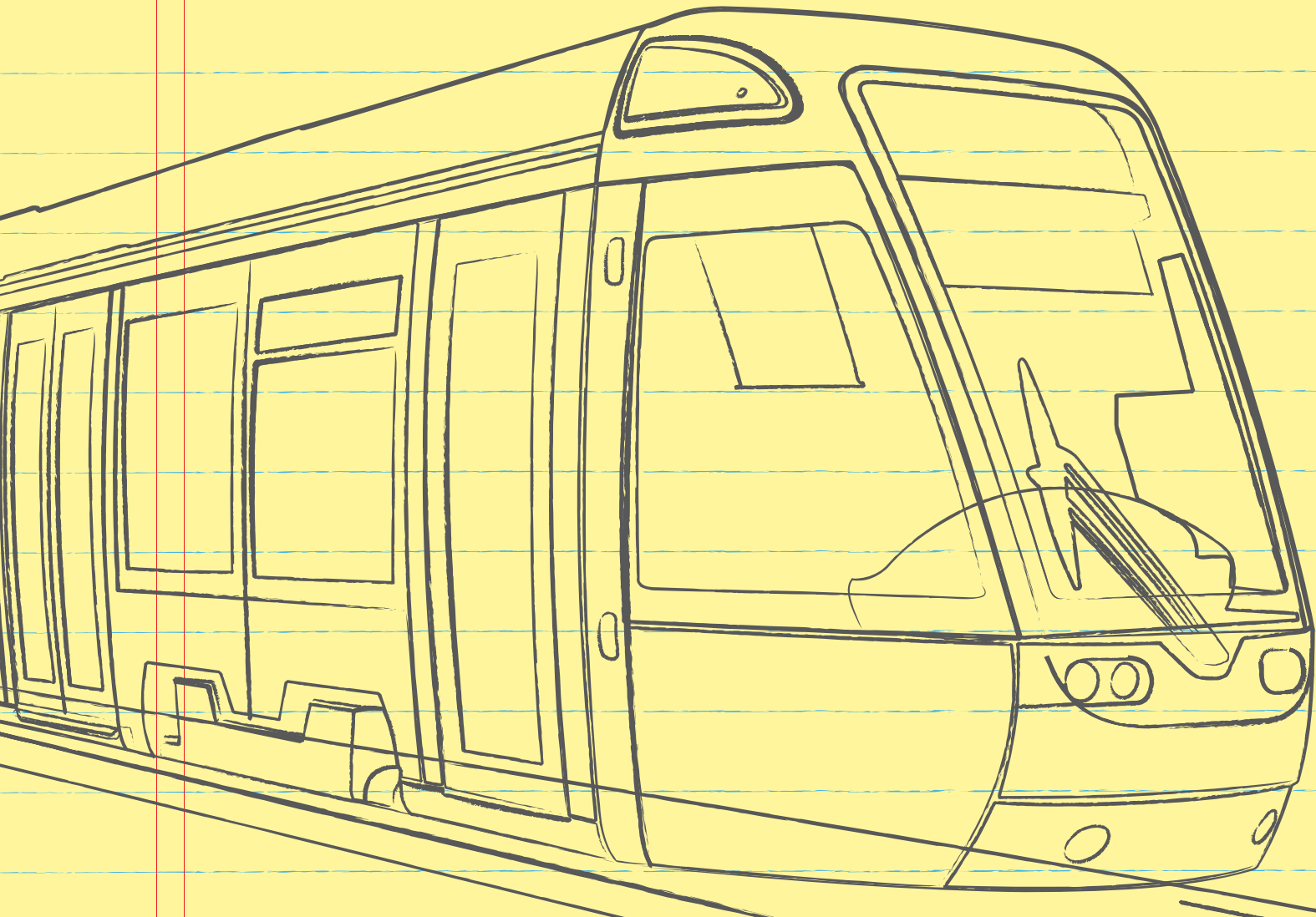
Şekil 1. Sanal ortamların kullanım alanları.



Benzetim ve Modellemede Temel Kavramlar

Benzetim (simülasyon) ve modelleme, uzun zamandır kullanılan ve yakın zamanda kullanımı hızla artan hem zaman azaltarak hem maliyeti düşürerek, eğitim vermeye, araştırma ve tasarım yapmaya olanak sağlayan teknolojilerdir. Benzetim ve modelleme konusunda bazı temel kavramları bu yazıda bulacaksınız.

Veysi ÖZTÜRK
Burak Selçuk SOYER



BENZETİM

Benzetim, gerçek dünya olayları ve süreçlerinin birbirleri ile etkileşimini gösteren temsili modellerin çalıştırılmasıdır. Bir sistemin zamana dayalı işlevlerinin ve davranışının bilgisayar ortamında gösterilmesidir. Literatürde ve bazı diğer kaynaklarda, benzetimle ilgili birçok tanım verilmektedir.

Bunlardan bazıları şunlardır:

- Benzetim, gerçek bir sürecin veya sistemin zamana bağlı olarak işletilmesinin taklit edilmesidir [1].
- Benzetim, gerçek bir sistemin davranışını anlamak veya işleyişini belli kriterler altında değerlendirmek amacıyla sistemin modelini tasarlamak ve bu model üzerinde birtakım deneyleri yürütme sürecidir [2].
- “Benzetim, taklit edilen gerçek bir olayın genelde bilgisayar yardımıyla modellenmesidir” [3].
- Benzetim, teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayarda izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Benzetim, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Bir sistemin benzetimi, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir [4].
- “Benzetim, gerçek sistemin modelinin tasarlanması ve bu model ile sistemin işletilmesi amacıyla yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir. Bir olay, süreç veya sistemle ilgili bir özelliğin ya da davranışın model üzerinde gözlenmesidir” [5].

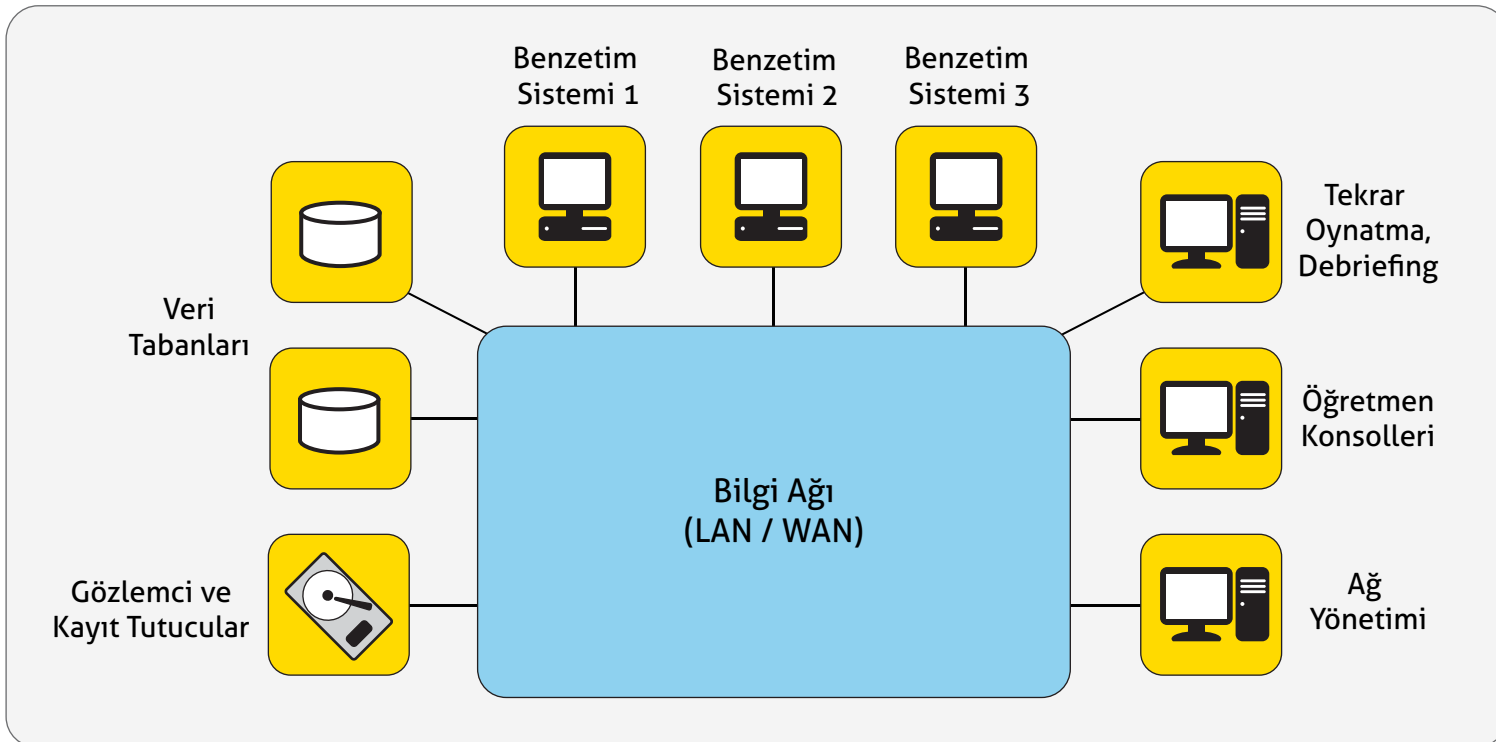
MODELLEME

Modelleme, gerçek dünyanın temsili gösterimidir. Modelleme çalışmaları, tedarik edilecek ürünlerin, sistemlerin ve onların kullandıkları ortamın niteliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Modelleme çalışmaları sonucunda oluşturulan modeller, modellenen sistemlerin bir örneği ve basit biçimindedir. Modelleme sınıflandırılması örneği ve modellere yönelik örnekler aşağıda verilmiştir;

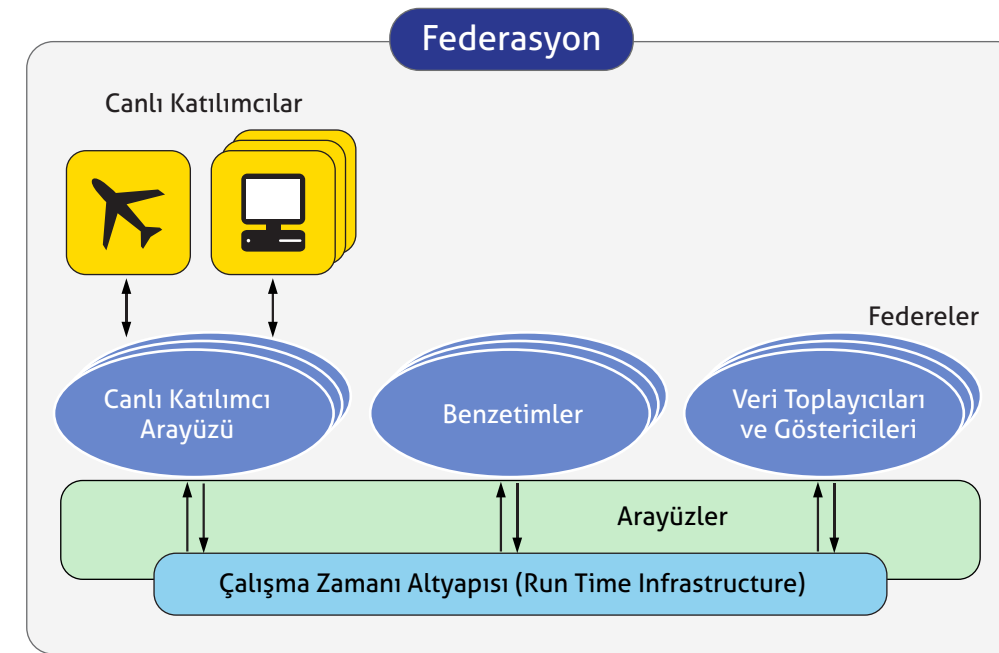
- Fiziksel Modelleme: Sistemin birebir aşımın aynı ya da çok yakın olacak şekilde prototipinin oluşturulmasıdır. Buna örnek olarak haritalar, rüzgâr tünelleri, simülasyonlar verilebilir.
- Matematiksel modelleme: Sistemin matematiksel karşılığının oluşturularak sistem davranışının kestirilebilmesi ve izlenebilmesidir. Doğrusal programlama modelleri, stok kontrol ve depo yönetim sistemleri, optimizasyon çalışmaları, tahmin modelleri vb. çalışmalar bu kapsama girer.
- Mantıksal modelleme: Mantıksal önermelerin işletilmesini sağlayacak yapıların oluşturulmasıdır. Örnek: Bilgisayar kodları

DAĞITIK BENZETİM SİSTEMLERİ [6]

Dağıtık benzetim sistemleri, farklı coğrafi bölgelerde (veya farklı yerlerde) bulunan benzetim sistemlerinin (simülasyonlar, benzetim yazılımları, gömülü benzetim sistemleri vb.) bir araya getirilerek tümleşik bir ortam sağlayan ve belirli amaçlar doğrultusunda eğitim, uygulama ve alıştırma yapılmasını mümkün kılan sistemlerdir. Dağıtık olan bu sistemler günümüzde altyapı olarak genelde LAN veya WAN tabanlı ağ teknolojilerini kullanılmaktadır.



Şekil 1. Dağıtık benzetim sistemi.



Şekil 2. HLA federasyon yapısı.

Şekil 1’de gösterildiği gibi, çoğunlukla dağıtık bir benzetim sisteminde yer alan bileşenler, başta benzetim sistemleri olmak üzere, veri tabanları, öğretmen (instructor) ve izleyici istasyonları, gözlemci ve kayıt tutucular, tekrardan oynatma istasyonları ve ağ yönetim sistemi gibi alt sistemlerdir.

YÜKSEK SEVİYELİ MİMARİ (HLA) [6]

Yüksek Seviyeli Mimari (HLA:High Level Architecture), dağıtılmış ortamlarda ve farklı coğrafi bölgelerde bulunan benzetim sistemlerinin (simülasyonlar, silah benzetim modelleri vs.) birbirleri ile karşılıklı etkileşim halinde birlikte çalışmalarını (interoperability) sağlayan yazılım mimarisidir. Esnekliği, modüler olması, modellerin yeniden kullanılabilmesine imkân tanımları önemli özelliklerden bazılarıdır.

HLA’nın tanımladığı önemli kavramlar arasında federasyon ve federe gelmektedir. Federasyon, benzetim sistemine katılan federelerden meydana gelir. Federeler, Şekil 2’de görüldüğü gibi çeşitli benzetim sistemleri, simülasyonlar, benzetim verilerini pasif olarak toplayan ya da benzetim etkinliklerini izleyen araçlar ve bilgisayar tarafından üretilen kuvvetler (CGF: Computer Generated Forces) olabilmektedir.

HLA, genel olarak bir yazılım mimarisi [6] ve sistemi meydana getiren bileşenleri tanımlar. Dolayısıyla HLA, bileşenleri, bileşenler arası ilişkileri ve dağıtık bir benzetim sistemi oluşturulurken bileşenlerin hangi yolla ve hangi kısıtlar altında bir araya getirileceğini belirler. HLA bir mimari olduğundan, herhangi bir yazılımı ya da belli bir protokolün kullanılmasını zorunlu tutmaz.

HLA’nın geliştirilmesinin altında yatan bazı gerçekler şunlardır [7]:

- Büyük ve tek parçadan oluşan bir benzetim sistemi, bütün kullanıcıların gereksinimlerini karşılamaz.
- Kullanılması olası bütün benzetimlerin isterlerinin önceden bir kerede hazırlanması ve kestirilmesi olası değildir.
- Gelecekte oluşacak teknolojiler ve yeni modüller rahatlıkla kullanılabilir.

HLA mimarisinin, dağıtık ortamlarda gerçekleştirilecek benzetimlerin birlikte çalışabilirliğini ve özellikle yeniden kullanılabilirliğini özendiriyor olması, HLA’yı, HLA önceki yöntemlerden (DIS; Distributed Interactive Simulation ve ALSP; Aggregate Level Simulation Protocol gibi) belirgin bir şekilde ayırt etmektedir. Buna göre HLA’nın belki de en önemli işlevi federasyonun fonksiyonlarını iki kısım olarak yapılandırmasıdır. Bunlardan birincisi

benzetime özgü olan fonksiyonların federelere de bulunmasıdır. İkincisi ise birlikte çalışabilirliği olası kılan fonksiyonların altyapıya tahsis edilmesidir. Olaya bu açıdan bakıldığında bir federasyonun iki katmandan oluştuğu görülür (bkz. Şekil 2). Birinci katmanı federeler, ikinci katmanı RTI (Run-Time Infrastructure) oluşturmaktadır. **RTI yazılımı**, Yüksek Seviyeli Mimariyi gerçekleştirmek için gerekli olan ara katman yazılımıdır.

HLA FEDERASYON GELİŞTİRME VE ÇALIŞTIRMA SÜRECİ (FEDEP)

FEDEP, IEEE 1516.3-2003 standardı olan ve birlikte çalışabilir HLA tabanlı federasyon oluşturmak için geliştirilmiş bir süreçtir. FEDEP (Federation Development and Execution Process), HLA’nın başlangıcından bu yana geliştirilen federasyonlardan elde edilen deneyimler ışığında belirlenmiş bir süreç olması, bu sürecin modelleme ve benzetim topluluğu tarafından benimsenmesini ve kullanılmasını sağlamıştır.

FEDEP’in geliştirilmesindeki ana amaçlardan birisi değişik kullanıcı topluluklarının modelleme ve benzetim gereksinimlerini karşılamaktır. Bu nedenle, FEDEP sürecini oluşturan adımların çeşitli kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak nitelikte olması gerekmektedir. Dolayısıyla, bir federasyonun oluşturulmasını isteyen bir kullanıcı ya da kullanıcı grubu geliştirme ekibiyle birlikte Şekil 3’te belirlenen adımları izler [8].

SİMÜLATÖR

Ses, görüntü, hareket, vb. unsurların bir birleşimi olarak gerçek bir durumu tecrübe etmemizi hissettiren sistemlerdir. Örnek olarak, uçak simülasyonları pilotların, uçak kullanma eğitimi almasına ve uçağı sanal ortamda tecrübe etmesine izin verir.

BENZETİM TÜRLERİ

Günümüzde, birçok benzetim türü ortaya konmuştur. Aşağıdaki sınıflandırmada, benzetimler geniş anlamda sınıflandırmaya çalışılmıştır [9]:

Canlı (Live) Benzetim : İnsanların ve/veya cihazların yer aldığı gerçek sistemleri işleterek gerçekleştirilen benzetimdir. Örnek: Sanal tatbikatta tüfeğini kullanan bir piyade, avcı uçağını uçuran bir pilot.

Sanal (Virtual) Benzetim : İnsanların benzetimi yapılan sistemleri kullanarak gerçekleştirilen benzetimdir. Örnek: Bir uçak simülatörünü kullanan pilot.

Kurgu tabanlı (Constructive) Benzetim : Bu benzetim türünde gerçek insan ya da cihazlar yer almaz. Benzetime girdi bir insan tarafından sağlanır; ama çıktıyı kendisinin kontrol etmesine izin verilmez. Bilim tabanlı benzetimler (hortumların bilgisayarda modellenmesi, gibi) kurgu tabanlıdır.

BENZETİME DAYALI TEDARİK (BDT) [10]

Benzetime Dayalı Tedarik (BDT), benzetim teknolojisinin satın alma yaşam döngüsü ile tümleştirilerek tedarik fonksiyonlarının gerçekleştirilmesini desteklenmesi amacıyla benzetim teknolojisini kullanarak tedarik zamanının ve maliyetin azaltulmasını sağlamaktır. Satın alınacak sistemlerin sanal prototiplerinin üzerinde analizler yaparak gerçek nitelikleri hakkında bilgi sahibi olunması hedeflenmektedir.

Benzetime dayalı bazı tedarik örnekleri aşağıda verilmiştir:

Avustralya WedgeTail Havadan Erken İhbar ve Kontrol (HEİK) Uçağı Projesi [11] : İhaleye teklif veren firmaların önerdiği sistemler, 2.5 yıl boyunca modelleme ve benzetim

teknolojileri kullanılarak test edilmiş, farklı senaryolarda denenmiş ve başarımlarıyla ilgili raporlar hazırlanmıştır.

Joint Strike Fighter (JSF) Programı [12]: JSF, Amerikan Savunma Bakanlığının geleceğin savaş uçaklarının geliştirmesini hedeflediği bir programdır. Bu programda ayrıca, benzetime dayalı tedarik yapılmıştır. Bu kapsamda modelleme ve benzetim çalışmaları planlanmış ve uygulamaya alınmıştır. BDT, pilotların kullandıkları tam-görev benzetimler ve simülatörlerle tasarımların doğrulanması ve risklerin azaltılması gibi faydalar sağlamaktadır.

YAPAY ZEKÂ

Yapay zekâ, insanlardaki zeki davranışların otomatikleştirilmesiyle ilgilenen bilgisayar bilim dalıdır [13]. Yapay zekâ konusunda, günümüzde birçok alanda uygulama çalışmaları ve araştırmaları yapılmış ve yapılmaktadır. Oyunlarda, teorem ispatlamada, doğal dili anlama ve çevirmede, bilgi tabanlı sistemlerde, makine öğrenmesinde, robotik, şekil tanıma ve benzetim alanlarında yoğun bir biçimde kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] J. Banks, J. S. Carson, *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey : Prentice-Hall , 1984.

[2] R. E. Shannon, *Systems Simulation*. New Jersey : Prentice Hall, Inc., 1975.

[3] MODSİM Terimler Sözlüğü. *Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Türk Silahlı Kuvvetleri Modelleme ve Simülasyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Web Sitesi*. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 21 7 2011.] http://www.modsimmer.metu.edu.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=174.

[4] *Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Türk Silahlı Kuvvetleri Modelleme ve Simülasyon Araştırma ve Uygulama Merkezi*. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 21 7 2011.] http://www.modsimmer.metu.edu.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=41.

[5] *Scribd Inc.* [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 21 7 2011.] <http://www.scribd.com/doc/50710078/simulatorler>.

[6] E. Öztemel, V. Öztürk, A. Gürbüz, *Dağıtık Simülasyon Teknolojisi-I: Genel bir bakış*. Ankara : s.n., 7 2002, Türkiye Milli Savunma Bakanlığı Araştırma Teknoloji Faaliyetler Bülteni, Cilt 6, s. 13-20.

[7] F. Kuhl, R. Weatherly, J. S. Dahmann, *Rearring Computer Simulation Systems. An Introduction to the High Level Architecture*. PTR Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 1999.

[8] DMSO. High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model. 1.5 1999.

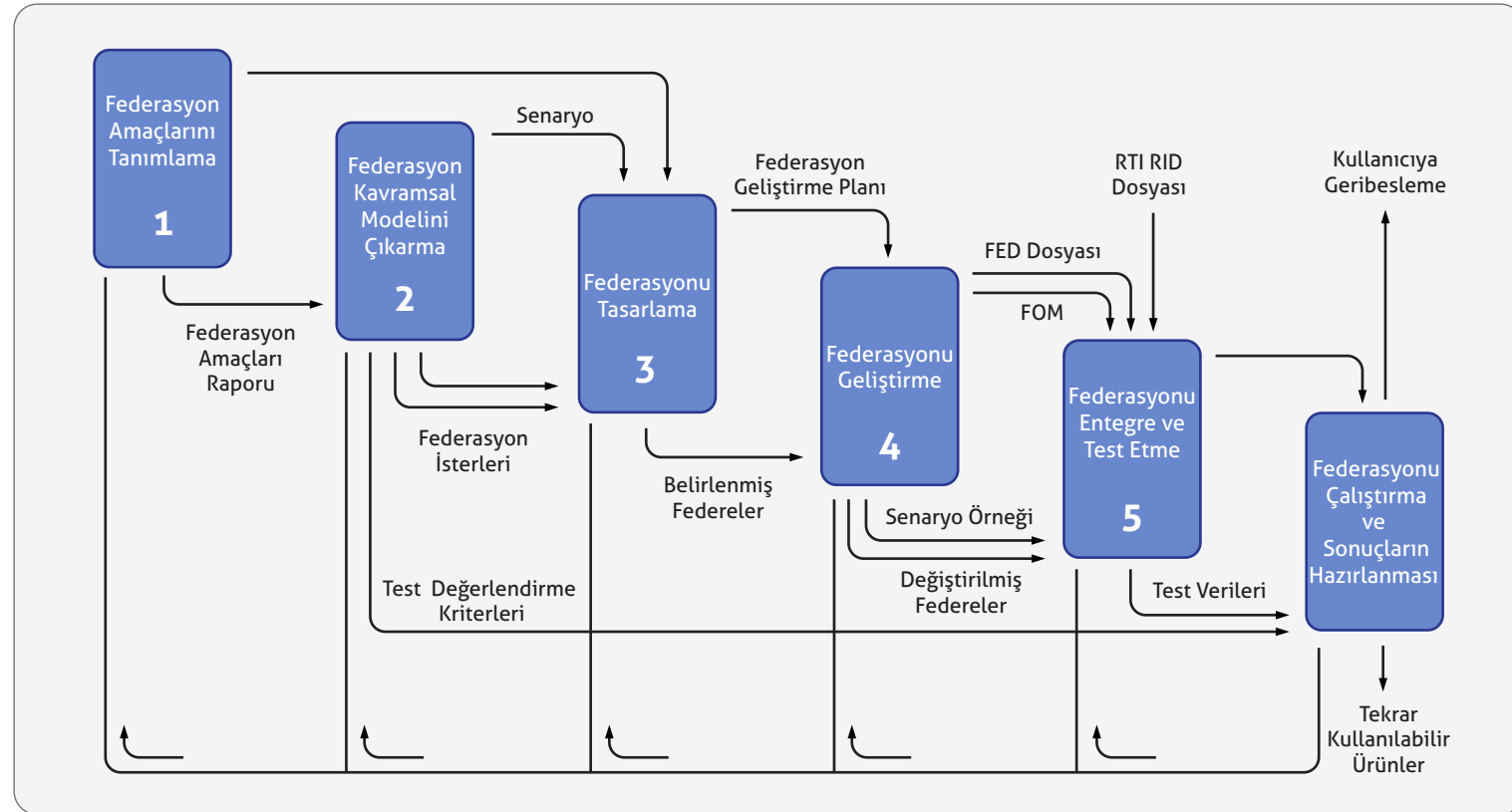
[9] What is modelling and simulation. *University of Central Florida Institute for Simulation and Training*. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 21 7 2011.] <http://www.ist.ucf.edu/background.htm>.

[10] E. Öztemel, V. Öztürk, Pazarlama Araştırmalarında Alternatif Nicel Yöntemler Sempozyumu. [dü.] Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi. *Benzetim Dayalı Tedarik*. İzmir : s.n., 15-16 4 2011.

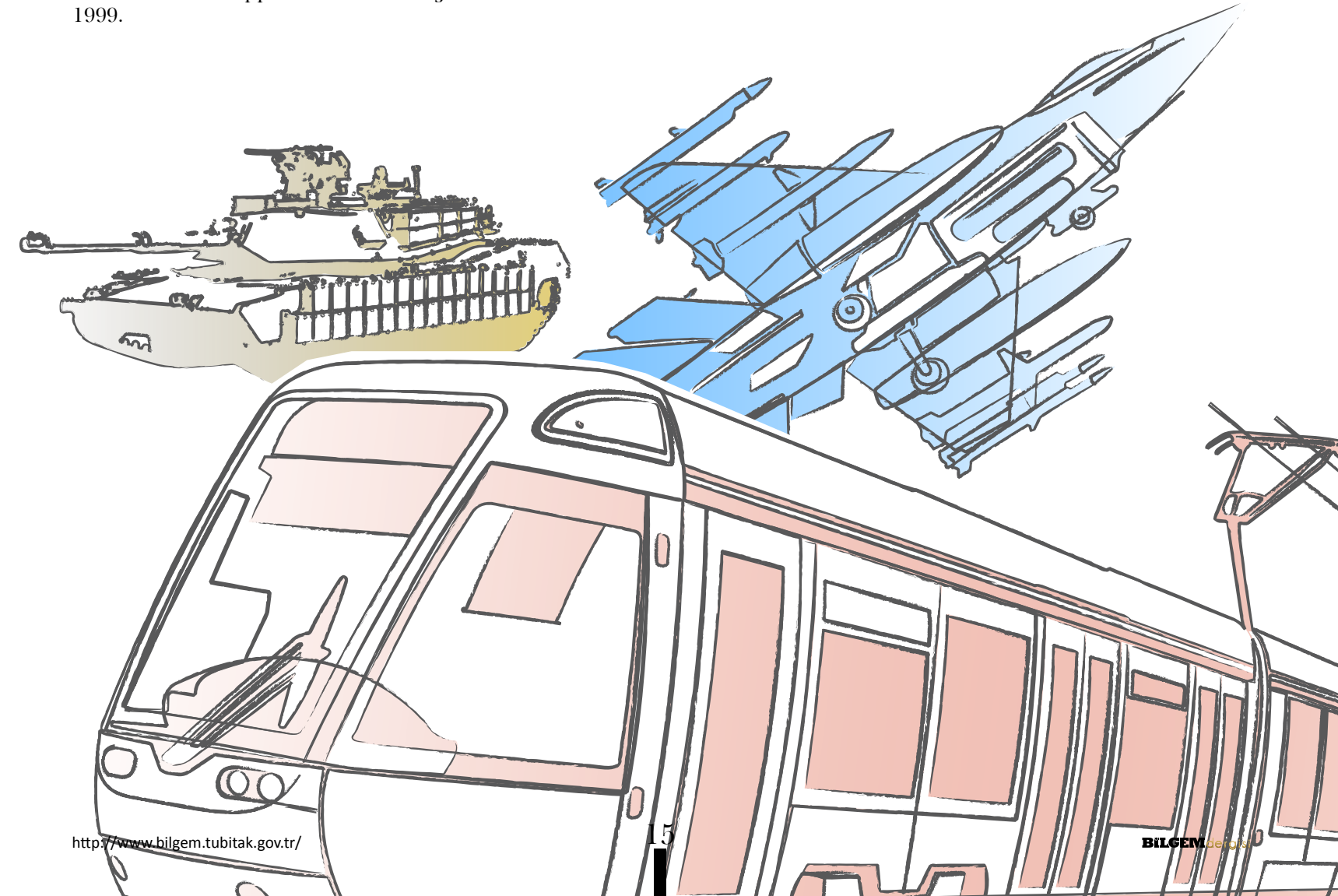
[11] A. Mevlütoğlu, Modelleme ve Simülasyon Teknolojilerinin Tedarik Süreci Yönetiminde Kullanılması ve Simülasyon Tabanlı Tedarik Yöntemi. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 22 7 2011.] Savunma Sanayii Gündemi Dergisi. http://www.hikotai.net/articles/ssmgundemi_makale.pdf.

[12] F. T. Case, J. E. Coolahan, R. J. Hartnett, *The Joint Strike Fighter (JSF) Strike Warfare Collaborative Environment (SWCE)*. [dü.] Simulation Interoperability Workshop. 2000.

[13] S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. s.l. : Prentice Hall, 1995.



Şekil 3. Federasyon geliştirme ve çalışma süreci.



Dağıtık Simülasyon Sistemlerinde HLA ve Federe Yönetim Katmanı

Benzetim sistemleri özellikle gerçek dünyada gerçekleştirilmesi güç veya imkansız durumları oluşturmak, incelemek ve karar vermek üzere kullanılmaktadır. Savunma sistemlerinde, sağlık hizmetlerinde, finans hizmetlerinde ve uzay çalışmalarında bu tür durumlarla sık sık karşılaşıldığından, başta savunma sanayii olmak üzere bir çok kurum tarafından pek çok benzetim (simülasyon) projesi ve teknolojisi geliştirilmiştir.

Oğuz DİKENELLİ, Cemil AKDEMİR, Yasemin TİMAR

1. GİRİŞ

Benzetim sistemleri özellikle gerçek dünyada gerçekleştirilmesi güç veya imkansız durumları oluşturmak, incelemek ve karar vermek üzere kullanılmaktadır. Savunma sistemlerinde, sağlık hizmetlerinde, finans hizmetlerinde ve uzay çalışmalarında bu tür durumlarla sık sık karşılaşıldığından, başta savunma sanayii olmak üzere bir çok kurum tarafından pek çok benzetim (simülasyon) projesi ve teknolojisi geliştirilmiştir.

Modelleme ve benzetim sistemlerinin geliştirilmesi uzun yıllar öncesine dayansa da bilgisayar destekli benzetim teknolojilerinin geliştirilmesi bilişim teknolojilerinin gelişimi ile paralellik gösterir. Özellikle bilgisayar ağ altyapılarının gelişimi ve bu altyapılar üzerinde çalışan dağıtık yazılım sistemlerindeki gelişmeler benzetim çalışmalarını da doğrudan etkilemiştir. Karmaşık sistemlerin doğasında bulunan dağıtık birimlerin etkileşerek çalışması davranış modeli, ağ ve dağıtık sistemlerdeki gelişmelerle birleşerek dağıtık benzetim çalışma alanını açmıştır. Dağıtık - sistemlerdeki dağıtık birimlerin farklı benzetim sistemlerinde tekrar kullanılabilirliğinin anlaşılması, bu birimler arasındaki etkileşimin standardize edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Dağıtık Etkileşimli Benzetim (Distributed Interactive Simulation, DIS) protokolünün geliştirilmesi ve 1993 yılında IEEE standardı haline getirilmesi ile ağ üzerinden haberleşen, insanların etkileşim yapabildiği benzetim sistemleri ile sentetik bir ortamın kurulması için gerekli altyapı, mimari model ve protokoller tanımlanmış oldu. DIS'in yaygınlaşması ile dağıtık benzetim birimlerinin tekrar kullanılabilirliği ve bunun benzetim geliştirme maliyetlerine katkısı birçok uygulamayla desteklenen bir gerçek haline aldı. Bu bağlamda, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı (US Department of Defense DoD) modelleme ve benzetim teknolojilerinin geliştirilmesinin desteklenmesi, benzetim sistemlerinin birlikte çalışabilmeleri ve tekrar kullanılabilirliklerinin sağlanması amacı ile 1995'te Modelleme ve Benzetim Ana Planı'nı (Modelling and Simulation (M&S) Master Plan) açıklamıştır [1]. Ana Planın ilk hedefi modelleme ve benzetim sistemleri geliştirmek için ortak bir teknik çerçeve (technical framework) oluşturmaktır. Bu çatının ana yapıtaşını Yüksek Düzeyli Mimari (High Level Architecture) (yaygın kullanım adıyla HLA) oluşturmaktadır. Benzetim projelerinde HLA uyumlu olmak bir zorunluluk olarak belirlenmiş ve HLA kullanımını yaygınlaştırılmıştır. HLA benzetim altyapısını destekleyen çeşitli yazılım araçlarını içeren bir sistemden daha ziyade bir yazılım mimarisidir. Bu mimari IEEE ve SISO tarafından onaylanan standartlar ile tanımlanır. Standard üç ana bölümden oluşmaktadır.

1. HLA Temel Çerçevesi ve Kuralları (IEEE 1516 Framework & Rules)[2]

2. Arayüz Tanımlamaları (IEEE 1516.1 Interface Specifications)[3]

3. Nesne Modeli Şablonu (IEEE 1516.2 Object Model Template Specification (OMT))[4]

HLA'nın ilk geliştirilen versiyonu olan HLA 1.3 'ü geliştiren yeni teknolojileri desteklemek ve daha sağlam bir altyapı tanımlamak üzere 2000 yılında HLA1516 ve 2010 yılında HLA Evolved versiyonları takip etmiştir.

HLA temelli bir dağıtık benzetim geliştirmek için yazılımcılar en temelde HLA Arayüz Tanımlamaları ile belirlenen servisleri kullanarak, geliştirdikleri dağıtık birimlerin (HLA terminolojisinde Federe olarak adlandırılmaktadır.) birbirleriyle etkileşimini sağlamak durumundadırlar. Arayüz Tanımlamalarını gerçekleyen yazılım katmanını Koşum Zamanı Altyapısı (Runtime Infrastructure-RTI) olarak adlandırılmaktadır. RTI servislerinin kullanımı geliştiricilerin çok alt seviyede bir çok detayı bilmesini gerektirmekte ve federenin alan modeline yoğunlaşan geliştiricilerin etkinliğini azaltmaktadır. Bu amaçla federe geliştiricileri RTI katmanından soyutlayan bir katmanın yazılması hem federe geliştiricilerin ve sistem geliştiriminin etkinliğini artırmakta, hem de bu katmanın tüm HLA projelerinde kullanılabilirlik jenerik özelliği sayesinde tüm HLA projeleri kapsamında da bir standardizasyon ve verimlilik artışı sağlamaktadır.

Bu makalede Bilişim Teknolojileri Enstitüsünde (BTE) HLA geliştiricilerini RTI detaylarından yalıtılmak amacıyla geliştirilen Federe Yönetim Katmanı (FYK) tanıtılmaktadır. FYK BTE tarafından gerçekleştirilen büyük ölçekli ve uzun soluklu bir HLA projesinde geliştirilmeye başlanmış ve geçtiğimiz 5 yıl içinde projenin gelişimine paralel olarak sürekli test edilmiş ve gelişmiştir. Bugün itibarıyla FYK geliştirildiği projenin büyük veri kümelerinin yoğun olarak koşulları başarıyla sağlamaktadır. Bununla ötesinde FYK BTE bünyesinde geliştirilen başka bir HLA projesinde başarıyla tekrar kullanılarak, bir ürün olarak olgunluğunu da kanıtlamıştır.

2. YÜKSEK DÜZEYLİ MİMARİ (HLA)'NİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

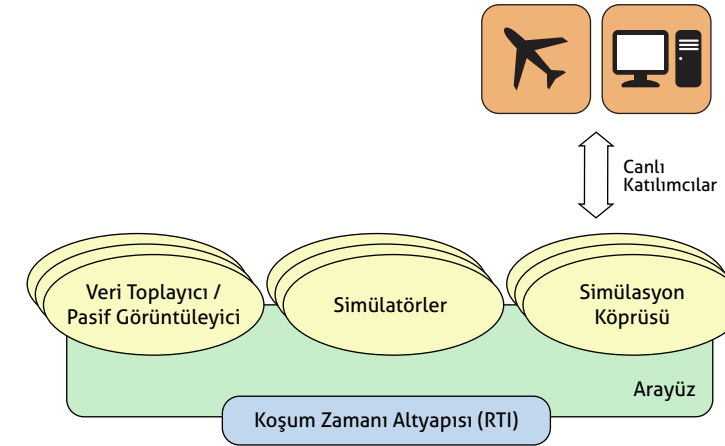
Yüksek Düzeyli Mimari (High Level Architecture) (yaygın kullanım adı ; HLA) bilgisayar benzetimlerinin birlikte çalışarak daha büyük bir benzetim sistemi oluşturmasını sağlayan mimaridir. Bu mimari kapsamında tanımlanan temel kavramların başında Federasyon, Federe ve Federasyon Uygulaması gelir;

- Benzetim bileşenlerinin beraber çalışarak oluşturduğu birleşik benzetim sistemine Federasyon adı verilir.

- Federasyonu oluşturan her bir benzetim alt sistemine Federe adı verilir. Federeler benzetim modellerini içeren yazılımlardır.

- Federasyon Uygulaması ile federasyonun beraber çalışılması ve benzetim senaryosunun koşturulması tanımlanır.

Bir federasyonu oluşturan temel elemanlar ise ; 1-Koşum Zamanı Altyapısı (Runtime Infrastructure-RTI), 2-Federasyonu oluşturan federeler arasındaki veri alışverişinin modelini içeren Federasyon Nesne Modeli (Federation Object Model-FOM), 3-Farklı modelleri içeren benzetim sistemleri olarak çalışan federeler.

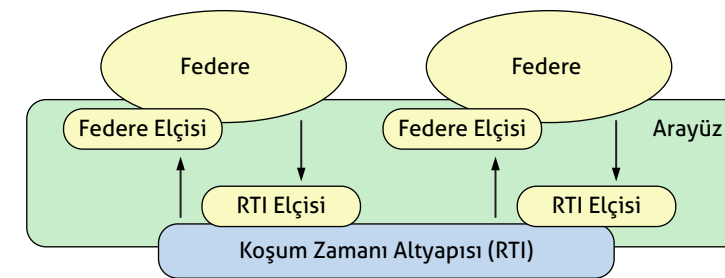


Şekil 1. HLA yazılım bileşenleri.

2.1. Koşum Zamanı Altyapısı (RTI)

HLA'nın arayüz ve kurallarına uygun olarak benzetim sistemleri/federeler arasındaki haberleşmeyi sağlayan ara yazılımdır. HLA'nın çalışabilirliğini ve kullanılabilirliğini sağlayan en önemli yazılım RTI yazılımıdır. Pek çok RTI versiyonu geliştirilmiştir. Ticari ve açık kaynak kod olarak C++ ve Java dilleriyle geliştirilmiş RTI yazılımları mevcuttur.

Federasyondaki federeler birbirleri ile doğrudan bağlantı kurmazlar. Her federe RTI'ya bağlanır ve diğer federeler ile RTI'nın sağladığı servisleri kullanarak iletişim kurar. Farklı tipteki federeler (pasif izleyiciler, kayıt araçları, dış sistemlerin benzetim elçileri, kontrolcü ve yönetici yazılımlar, vb.) tanımlanan arayüz sayesinde RTI tarafından ayırt edilmez ve istekte buldukları hizmeti alırlar. RTI Elçisi (RTI Ambassador), federenin RTI servislerini kullanmak üzere çalıştırdığı arayüz fonksiyonlarını içerir. Bu fonksiyonlara federe-kaynaklı (federate initiated) servisler adı verilir. Federe Elçisi (Federate Ambassador) ise federenin RTI'ya sağladığı fonksiyonları (bir nesne değişkeninin yeni değerinin federede güncellenmesi gibi) içerir. Bu fonksiyonlar ise RTI-kaynaklı servisler olarak bilinir. Aşağıdaki şekilde RTI Elçisi ve Federe Elçisi'nin ilişkileri görülmektedir.



Şekil 2. RTI ve federeler arasındaki arayüzler.

2.2. Federasyon Nesne Modeli

HLA federasyonuna katılan federeler benzetim koşumu boyunca yayımlayacakları ve abone olacakları (publish/subscribe) nesne ve etkileşim sınıfları ile

ilişkilendirilirler. Bir federe için oluşturulan nesne modeline Benzetim Nesne Modeli (Simulation Object Model) adı verilirken tüm federelerin ilişkilendirildikleri nesne ve etkileşim modelleri FOM'da sınıf tanımlaması olarak bulunmaktadır. FOM tanımlaması nesne tabanlı modellerle uyumlu olan XML formatında yapılmaktadır. FOM'un temel model tanımlamaları:

- Nesnelere; benzetimi yapılan varlıklardır;
- Etkileşimler; varlıklar veya benzetim sistemleri arasındaki anlık olaylar/mesajlardır;
- Nesne değişkenleri; benzetimi yapılan varlıkların öznelikleridir;
- Etkileşim parametreleri; olayların nitelikleridir;
- Veri tipleri; nesne değişkenleri ve etkileşim parametrelerinin veri tipleridir.

FOM oluşturmada varolan FOM'ların temel olarak kullanılması ve geliştirilmesi yöntemi tercih edilebilir. Bu yöntem federasyonun ve/veya benzetim sistemlerinin birlikte çalışabilirlik ve tekrar kullanılabilirlik özelliklerini pekiştirmektedir. Özellikle askeri benzetim projelerinde Realtime Platform Reference FOM (RPR FOM) yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3. Benzetim Sistemleri /Federeler

Karmaşık sistemler bir çok farklı sistemin birbirleriyle etkileşimi ile oluşurlar. Bu yapı bu tip sistemlerin benzetimine de yansımaktadır. Bunun yanında geliştirilen sistemlerin esnek ve tekrar kullanılabilir olması mühendislik süreçlerinin verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca tek ve monolitik bir benzetim sistemi hiçbir zaman bütün kullanıcıların ihtiyaçlarını/isterlerini karşılayamaz. Kullanıcıların istekleri ve ihtiyaç duydukları sadakat düzeyleri birbirinden farklıdır. Benzetim sistemi geliştirenlerin bilgi birikimi ve alan uzmanlığı da birbirinden farklıdır. Bunun yanında sistemin tüm yönlerinin tek bir kişi tarafından kavranabilmesi mümkün değildir. Bu özelliklerin tümünü karşılamak amacıyla büyük benzetim sistemleri daha küçük parçalara, dağıtık birimlere bölünür ve dağıtık benzetim sistemlerini oluştururlar. Bu dağıtık parçalar, HLA bileşenleri diğer adıyla federe olarak adlandırılırlar ve federasyonun temel yapıtaşlarını oluştururlar.

2.4. Bileşenler Mimarisini Olarak HLA ve HLA/RTI Servisleri

Birlikte çalışan federeler bir HLA federasyonu oluşturur. Oluşturulan federasyondaki federe arası etkileşim, federasyonun tasarımından koşum zamanına kadar geçen süreçte oluşturulur.

HLA servisleri, belirli prensipleri zorlamak yerine, belirli işlevlerin yerine getirilmesini sağlayan mekanizmalardır. Federe Elçisi ve RTI Elçisi tarafından gerçekleştirilen HLA servisleri altı grupta toplanır.

- Federasyon Yönetimi (Federation Management): Federasyona katılım/ayrılma, tüm federasyon ile ilgili işlemleri (senkronizasyon noktaları vb.) içerir.

- Bildirim Yönetimi (Declaration Management): Federelerin yayımlama/abone (publish/subscribe) mekanizması için gerekli yönlendirme, çevirme, gruplama işlemlerini içerir.

- Nesne Yönetimi (Object Management): Federele arasında nesne ve etkileşim sınıfları ile veri alışverişinin sağlandığı işlemleri içerir.

- Sahiplik Yönetimi (Ownership Management): Benzetimde bulunan varlıkların ve niteliklerin HLA kurallarına uygun olarak her zaman bir sahibinin bulunması gerekir. Ayrıca koşum zamanında bu sahiplik bilgisi değişebilir. Bu işlemler sahiplik yönetimi işlemleri ile karşlanır.

- Zaman Yönetimi (Time Management): Olayların düzgün bir sıraya göre gerçekleşmesinin sağlanması, mantıksal zamanın kullanılması, federelerin mantıksal zamanlarının senkronizasyonu için tanımlanmış işlemleri içerir.

- Veri Dağıtım Yönetimi (Data Distribution Management): Federelerin benzetimde koşum zamanı varolan nesnelere ve etkileşimlerine iletimi ile ilgili filtreleme işlemlerini içerir.

3. FEDERE YÖNETİM KATMANI (FYK)

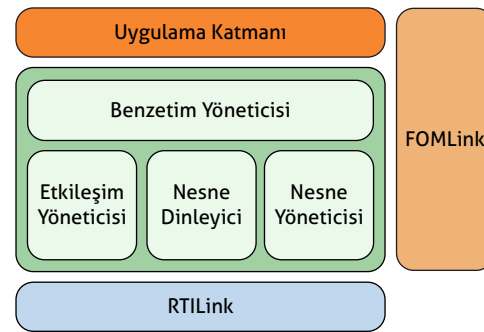
BTE kapsamında büyük ölçekli HLA tabanlı benzetim projeleri geliştirme deneyimimiz, benzetim modelini RTI katmanından soyutlayan bir katmanın yazılmasının hem federasyon hem de federe geliştirme sürecinin etkinliğini artırdığını göstermiştir. Bu doğrultuda Federe Yönetim Katmanı (FYK) isimli bir uygulama çerçevesi geliştirilmiştir.

Federe Yönetim Katmanı, uygulama kodunu benzetim altyapısından soyutlayan bir katmandır. Uygulamada benzetimden beklenen ve benzetim ortamına aktarılacak verilerin akışı bu katman üzerinden sağlanır. Uygulamanın üye olacağı ve yayımlayacağı nesne ve etkileşim sınıfları bir yapılandırma dosyasında belirtilir. Federe yönetim katmanı bu dosya

yardımı ile federenin federasyona dahil olması, yayımlayacağı ve üye olacağı nesne ve etkileşimlerin tanımlanması işlemlerini otomatik olarak yapar. Böylelikle kullanıcı kaynaklı hatalar en aza indirgenmiş olur. Şekil 3'te Federe yönetim katmanı mimarisinin çizimi verilmiştir.

Federe Yönetim Katmanı kullanıcıya benzetim ortamına yayımlanmak üzere yerel nesne oluşturma, bu nesnelere gönderilen nesne güncellemelerini alma ve etkileşim mesajı gönderip alma gibi hizmetleri haberleşme altyapısından bağımsız olarak sunar.

Benzetim ortamından gelen mesajların uygulamaya geçirilmesi geri çağırma metotları üzerinden yapılır. Bu yapı ile uygulama tarafından kayıt ettirilen geri çağırma fonksiyonları, RTILink'ten gelen mesajların tipine uygun olarak çağırılır.



Şekil 3. Federe yönetim katmanı.

Federe Yönetim Katmanı ile RTI arasındaki bağlantıyı RTILink kurar. RTILink Federe Yönetim Katmanının, benzetim alt yapısında kullanılan mimariden bağımsız olarak çalışabilmesini sağlamaktadır. Haberleşme altyapısının bu şekilde tanımlanması, Federe Yönetim Katmanının HLA dışında başka mimariler üzerinde de kullanılmasına imkân tanıyacaktır.

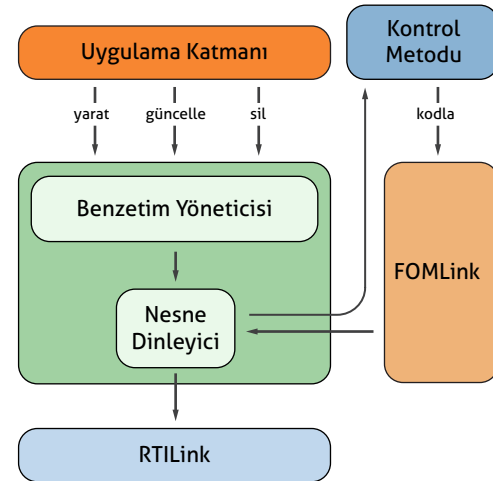
3.1. Nesne Haberleşmesi

Federe tarafından benzetim ortamına yayımlanacak olan nesnelere oluşturulması, güncellemelerin yayımlanması için hazır hale getirilmesi ve bu nesnelere silinme işlemleri "Nesne Yöneticisi" sınıfı ile sağlanır.

Yerel nesne sınıfları kullanıcıya sahip oldukları değişkenlere değer atama

metotları sunar. Kullanıcı değer atama işlemlerini bu metotları kullanarak gerçekleştirir. Her bir nesne üzerinde bulunan yayımlama metodu ise, nesne üzerine atanmış son değerlerin RTI üzerinden yayımlanmasını sağlar. Bu metodun bir nesne üzerinde çağırılması durumunda, Nesne Yöneticisi, FOMLink katmanında bulunan ilgili kodlama sınıfına nesnenin kodlama işlemini yaptırarak, kodlanmış veriyi benzetim ortamına yayımlamak üzere RTILink katmanına iletir. RTILink katmanı ise bu verinin RTI üzerinden yayımlanması işlemini gerçekleştirir. Şekil 4'te nesne yayımlama akışı şema olarak verilmiştir.

HLA standartlarının bir gereği olarak nesne güncellemeleri kısmi olarak gerçekleştirilebilmektedir. Buna göre belirli bir nesne sınıfının değişkenlerinden sadece bir kısmının federasyona gönderilmesi mümkündür. Katman, bu amaçla kullanıcıya her bir nesne tipinin değişkenlerine özel kontrol metotları kayıt ettirebilme imkânı sunmaktadır. Belirli bir nesne güncellemesi federasyona gönderilmeden önce nesnenin her bir değişkenin güncelleme içerisinde yer alıp almayacağına bu metod kullanılarak karar verilir. Böylelikle gereksiz verilerin ağ üzerinden gönderilmesinin önüne geçilmesi sağlanır.

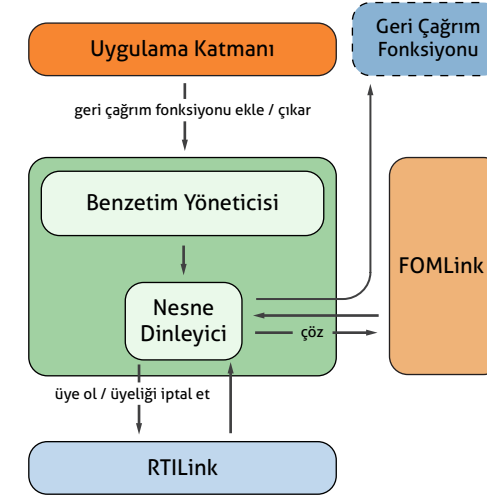


Şekil 4. Nesne yayımlama.

Abone olunan uzak nesnelere güncellemelerinin uygulama katmanına iletilmesinden "Nesne Dinleyici" sorumludur. "Nesne Dinleyici", RTILink katmanından gelen nesne bilgilerini FOMLink katmanındaki uygun çözücü

sınıf ile çözümler ve mesajı kullanıcının kayıt ettirdiği geri çağırma fonksiyonuna hazır bir nesne sınıfı olarak geçer (Şekil 5).

"Nesne Dinleyici" sınıfı üye olunan nesnelere kayıt, güncellenme ve silinme olayları için geri çağırma fonksiyonları kayıt edilebilmesine imkân verir.

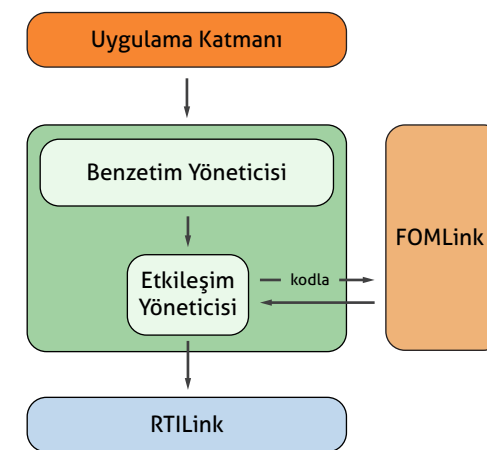


Şekil 5. Nesne alma.

3.2. Etkileşim Haberleşmesi

"Etkileşim Yöneticisi" sınıfı ise gelen ve giden etkileşim mesajlarını yöneten sınıftır. "Etkileşim Yöneticisi" giden mesajların uygulama katmanından RTILink katmanına iletilmesini, gelen mesajların ise RTILink katmanından uygulama katmanına geçirilmesini sağlar.

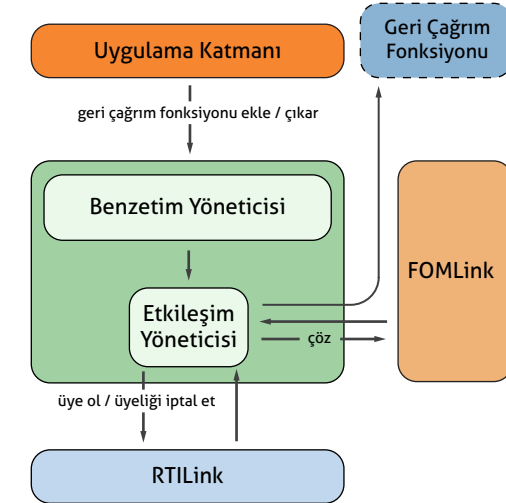
Nesne sınıflarına benzer olarak "Etkileşim Yöneticisi", gönderilecek her bir etkileşimi önce FOMLink



Şekil 6. Etkileşim yayımlama.

katmanında yer alan ilgili kodlayıcı sınıf vasıtasıyla kodlar ve RTILink katmanı üzerinden federasyona yayımlar (Şekil 6).

Gelen mesajlar ise önce RTILink katmanından "Etkileşim Yöneticisi" sınıfına iletilir. Bu sınıf FOMLink katmanından ilgili çözücü sınıfı kullanarak, etkileşimin, kayıt edilmiş geri çağırma metodu üzerinden uygulamaya geçirilmesini sağlar (Şekil 7).



Şekil 7. Etkileşim alma.

3.3. İleri Servisler

Nesne ve etkileşimlere üye olunması geri çağırma fonksiyonuna bağlı olarak otomatik yapılır. Uygulama katmanından bir nesne/etkileşim için geri çağırma fonksiyonu tanımlandığı zaman federasyondaki nesneye/etkileşime üye olunur; kayıtlı fonksiyon silindiğinde ise nesneye/etkileşime olan üyelik sonlandırılır. Bu dinamik yapı ile kullanımda olmayan mesajlar alınmamakta ve ağırlıklı kullanımı sağlanmaktadır.

Kullanıcılar her benzetim çevriminde periyodik olarak gerçekleştirmek istedikleri işlemleri, bileşen yapısını kullanarak Federe Yönetim Katmanına kayıt ettirebilirler. Katman, kayıtlı her bileşeni belirtilen aralıkta çağırır. Böylelikle uygulamada ihtiyaç duyulacak periyodik işlemler için ayrıca bir zaman mekanizmasının işletilmesi gerekmeden, tüm bu işlemler benzetim çevriminde ve benzetim zamanı ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bileşen yapısı

uygulama katmanında aynı periyotta yapılması istenen işlemler için kullanılabilir.

Uygulama katmanında farklı periyotlarla yapılması gereken işlemler de olabilmektedir. Bu tip işlemler için sadece tek bir periyot değerinin belirtildiği bileşen yapısı uygun düşmemektedir. Farklı zamanlarda tetiklenmesi gereken bu tip işlemler için katmanda çizelgeleme mekanizması sunulmuştur. Bu mekanizma ile kullanıcı, katmana farklı zamanlar için farklı işlemler kayıt ettirebilmektedir. Çizelgeleyici, bu işlemleri kayıt ettirilmiş periyotlar içerisinde çağırma görevini yerine getirir.

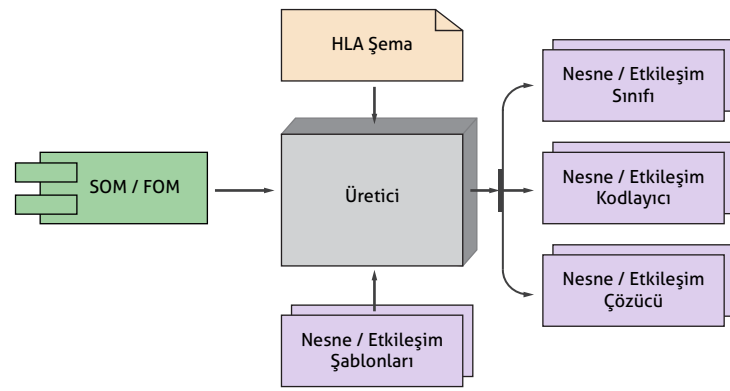
Federenin yayınladığı nesne sınıflarının durumları istenilen zamanda yine katman tarafından saklanabilmektedir. Bu saklama işlemi, benzetimi yapılan tüm yerel nesnelere, RTILink katmanı tarafından alınmış ancak henüz uygulama katmanına geçilmemiş mesajları ve uygulama tarafından o an için Federe Yönetim Katmanına kayıt ettirilmiş olan geri çağırma metotlarını içerir. Kullanıcı istediği herhangi bir anda kayıt edilmiş bu duruma geri dönebilir. Bu durumda katman, yukarıda bahsi geçen tüm durumları kayıt anındaki değerlerine getirmekten sorumludur. Katmanın bu özelliği kullanılarak, özellikle koşum esnasında önemli olan benzetim anları kayıt edilerek, istenilen herhangi bir anda bu kayıt anlarına geri dönülmesi mümkün olmaktadır.

Benzetim sistemlerinin gerçek zamanlı çalıştırılması yanında ölçeklendirilmiş zamanda çalışmaları da bu sistemlerden beklenen özellikler arasında yer alabilir. Ölçeklendirilmiş işletme, bir sistemin gerçek zamana göre daha yavaş ya da gerçek zamandan daha hızlı işletilmesi anlamına gelir. Federe Yönetim Katmanı zaman işletme servislerini belirli bir çarpanla ölçeklendirme imkânını da sunmaktadır. Katman tarafından sağlanan ilgili servisler kullanılarak, benzetim çevrimlerinin belirlenen ölçekte işletilmesi mümkündür. Katman aynı zamanda sunduğu bileşen ve çizelgeleme olaylarının da bu ölçeklendirmeye uygun olarak işletilmesini sağlar.

4. NESNE MODEL KÜTÜPHANESİ (FOMLink)

HLA standardına uygun olarak federasyonda kullanılacak her verinin düzgün şekilde kodlanıp, çözümlenmesi gerekmektedir. Bu çözümleme ve kodlama işlemi, nesne model şablonunda yer alan her bir veritipine uygun olarak yapılmalıdır. Federasyonda kullanılan tüm etkileşim ve nesne sınıfları için tüm bu işlemlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi, federeler arasındaki iletişimin düzgün şekilde sağlanabilmesi açısından önemlidir. Federasyonda yer alan nesne ve etkileşim sınıflarının sayısının fazla olması, bu sınıfların içerik olarak sürekli değişebilir olması ve federasyondaki her bir federe için ortak olması, bu yapının bir kütüphane olarak sunulması gereğini doğurmuştur.

Federasyonda kullanılan veritipleri Benzetim Nesne Modeli (SOM) ya da Federasyon Nesne Modeli (FOM) dosyalarında tanımlıdır ve bu tanımlamalar bir HLA şeması ile doğrulanabilir. Ayrıca her bir veritipi için çözüme ve kodlama kuralları HLA standartlarında belirtilmiştir. Tüm bu özelliklerden faydalanılarak nesne model kütüphanesinin üretilmesi script dilleri kullanılarak sağlanmıştır.



Şekil 8. Nesne model kütüphanesi.

Üretici bileşen, nesne model şablonu ve HLA şemasını kullanarak doğrulama işlemlerini yapar ve her bir nesne ve etkileşim sınıfı için uygulama katmanında kullanılacak C++ sınıfı ile bu sınıfın ağ üzerinden gönderilip alınması esnasında kullanılacak olan kodlayıcı ve çözücü sınıfları üretirek bunları dinamik kütüphaneler olarak kullanıcıya sunar.

Geliştirme sürecinde nesne model şablonlarında ortaya çıkacak değişiklikler olması durumunda, nesne model şablonunun güncel hali bu sürece uygulanarak bu kütüphanelerin yeniden üretilmesi mümkün olmaktadır.

Sınıf üretiminin HLA standartlarında belirtilen kodlama tekniklerine uygun olarak gerçekleştirilmesi neticesinde bu katman sınıflarının aynı standarda uygun olarak yazılmış 3. Parti ticari uygulamalar ile de entegre çalışması mümkün olabilmektedir.

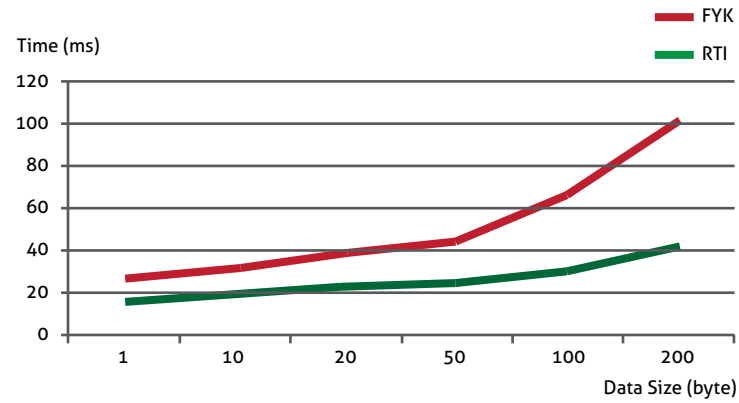
Uygulama katmanında kütüphanenin kullanımı üretilen nesne/etkileşim sınıfları üzerinden gerçekleşmekte olup

kodlayıcı ve çözücü sınıflar uygulama katmanından yalıtılmış durumdadır. Buna göre uygulama katmanında kullanılan sınıf değerleri, ağ üzerinden gönderilmeden önce sınıf ile ilişkilendirilmiş kodlayıcı sınıf vasıtası ile kodlanmaktadır. Alıcı tarafta ağ üzerinden gelen veri önce çözücü sınıf tarafından çözümlenerek uygulama katmanına yine kullanıma hazır nesne/etkileşim sınıfı olarak sunulmaktadır.

Sunulan kütüphanenin sadece nesne modellerine bağlı oluşu, geliştirilen federelerin benzer amaçlı ancak farklı nesne modeline sahip federasyonlara, sadece bu kütüphane katmanı değiştirilerek kolay şekilde entegre edilebilmesini sağlamaktadır.

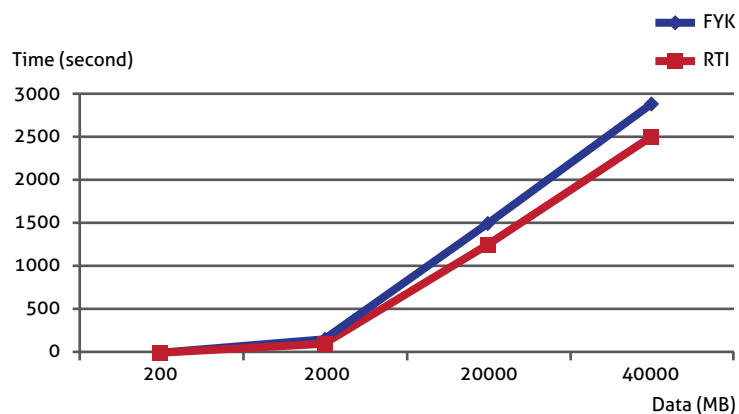
5. PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Federe Yönetim Katmanı nesne modellerine göre değiştirilebilir yapısı ile esnek kullanım imkânı sunmaktadır. Bu esneklik, federasyonda gönderilen nesne ve etkileşim mesajlarının gönderici tarafında kodlanıp, alıcı tarafında çözülmesi ile mümkün olmaktadır. Yapılan bu kodlama ve çözüme işlemlerinin performans üzerindeki etkisi aşağıda sunulmuştur.



Şekil 9. FYK ve RTI kütüphanelerinin gönderim Zamanı - Veri boyutu grafiği (Çoklu nesne).

Çok sayıda nesne ile oluşturulan bir federedeki nesne gönderim süreleri Şekil 9'da karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için, farklı boyutlarda veri dizisi içeren nesnelere kullanılmıştır. RTI kütüphanesi veri gönderim işlemlerini sıralı bir şekilde ve veri üzerinde değişiklik yapmadan gerçekleştirmektedir.



Şekil 10. FYK ve RTI kütüphanelerinin gönderim Zamanı - Veri boyutu grafiği (Tek nesne).

FYK kütüphanesi, nesne gönderimini paralel olarak gerçekleştirebilir. Paralel yapının düzgün gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan mekanizmalar da performansı etkilemektedir.

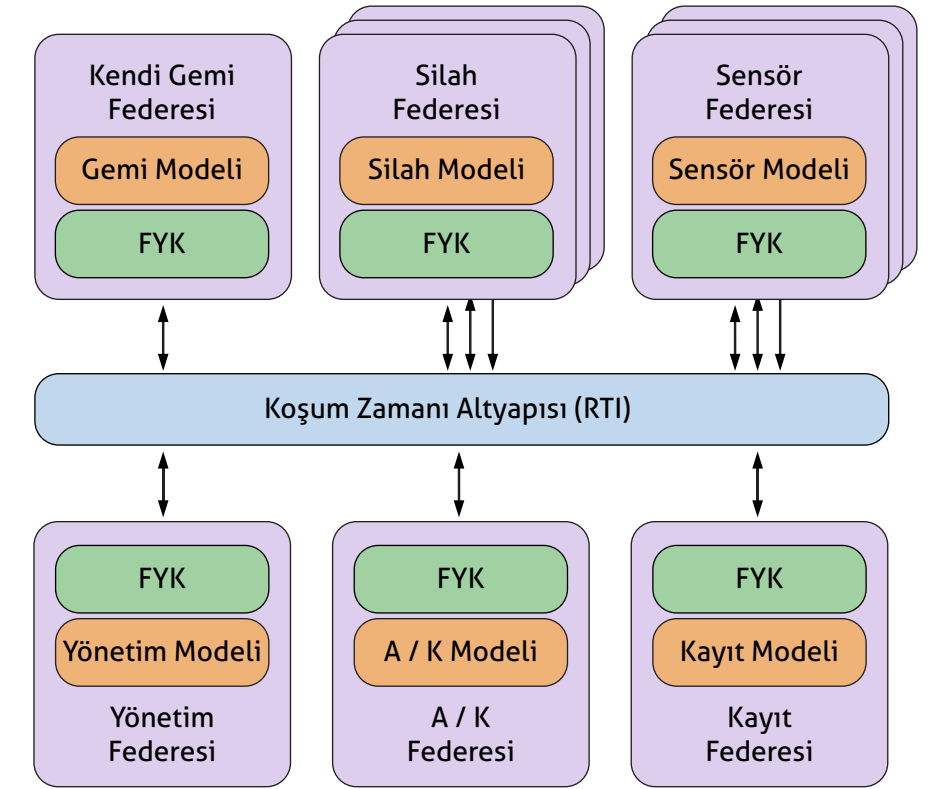
Belirli boyuttaki bir verinin RTI ve FYK kütüphaneleri ile gönderim süreleri Şekil 10'da karşılaştırılmıştır. RTI kütüphanesi veri gönderimi sırasında herhangi bir ek işlem yapmazken FYK kütüphanesi verileri göndermeden önce kodlama işlemi yapmaktadır. Kodlama işlemi FYK kütüphanesinin performansını veri boyutu ile doğrusal olarak etkilemektedir. Sağlanan esneklik ve kullanım kolaylığı düşünüldüğünde yaşanan performans kaybı kabul edilebilir düzeydedir.

6. KULLANIM DENEYİMLERİ

Federe Yönetim Katmanı, BTE bünyesindeki bir savunma projesinde aktif olarak kullanılmaktadır. Geliştirilen dağıtık benzetim sisteminde 44 federe birbiriyle RTI üzerinden haberleşmektedir. Bu federelerden 40 tanesi FYK üzerinde, 4 tanesi hazır ticari ürünler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Federasyonun basitleştirilmiş modeli Şekil 11'de verilmiştir. Federeler 6 serbestlik dereceli platform modelleri, platformlara ait yüksek sadakatli (high fidelity) sensör ve silah modelleri, hesaplama yükü fazla olan ortam modelleri içermektedir. Bu federeler modellerinin çıktısı olan büyük boyuttaki verileri yüksek frekansta, gerçek zamanlı olarak RTI üzerinden FYK aracılığıyla ilgili federelere ve kullanıcı grafik arayüzlerine iletmektedir.

Ayrıca benzetimde FYK tarafından aşağıdaki servisler sağlanmaktadır:

- Ölçeklendirilmiş Zaman İşletimi: Benzetimin 4 farklı hız kademesinde çalıştırılmasına imkân vermektedir.
- Eş Zamanlı Çalışma: FYK tarafından sağlanan zaman servisi ile tüm federeler eş zamanlı çalışmaktadır.
- Koşum Kaydı: Federasyonun anlık durumları en az 5 dakikalık periyotlarla kaydedilmektedir.



Şekil 11. Federasyon Modeli.

- Koşum Yükleme: Koşum kayıtları vasıtasıyla koşumun istenilen anına dönmek ve benzetimi bu andan itibaren yeniden oynatmak mümkün olmaktadır.

FYK enstitü bünyesinde ayrıca 5 federe içeren diğer bir askeri benzetim sistemine de uyarlanmış ve sistem başarı ile sonuçlandırılmıştır.

FYK dağıtık benzetim projelerinde yazılımcıların HLA ve dağıtık sistem mimarisi detaylarından yalıtılmış bir şekilde uygulama kodu geliştirmelerine imkan vererek iş gücü ve zaman kazancı sağlamaktadır.

Federe Yönetim Katmanının geliştirilmesinde katkısı bulunan tüm SİMKON paketi çalışanlarına ve bu katmanın geliştirilmesi çabasını başından beri destekleyen proje yönetimine çok teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] F. Kuhl, R. Weatherly, J. Dahmann, *Creating Computer Simulation Systems-An Introduction to the High Level Architecture*, Prentice Hall PTR, 2000.
- [2] IEEE, IEEE Std 1516.-2010, "IEEE Standard for Modelling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)- Framework and Rules", 2010.
- [3] IEEE, IEEE Std 1516.1-2010, "IEEE Standard for Modelling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)- Interface Specification", 2010
- [4] IEEE, IEEE Std 1516.2-2000, "IEEE Standard for Modelling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)- Object Model Template (OMT) Specification", www.ieee.org



Sanal Ortam Tren Sürüş Eğitimleri
İçin Milli Benzetim Sistemlerinin
Geliştirilmesi Projesi

TRENSİM

Bu yazda, TÜBİTAK BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü yönetiminde ulusal olanaklar ile yürütülen, TRENSİM (Sanal Ortam Tren Sürüş Eğitimleri için Milli Benzetim Sistemleri Geliştirilmesi) projesi tanıtılmış, geliştirilen sistemin ana bileşenleri, yazılım donanım bileşenleri, projedeki iş paketleri, tasarım çalışmaları, geliştirme çalışmaları, doğrulama ve geçерleme çalışmaları ile ilgili bilgi verilmiştir. Ayrıca, geliştirilecek simülatörün faydalarına ve kazanımlara dikkat çekilmiştir.

Veysi ÖZTÜRK
Burak Selçuk SOYER

GİRİŞ

Günümüzde, demiryolu çalışanlarının, özellikle tren sürücülerinin demiryoluyla ulaşım, hizmetlerin güvenliği ve verimliliği artırma konusundaki eğitimlerinde bilgisayar teknolojisine duyulan gereksinim önemli oranda artmıştır [1]. Planlamalara göre önümüzdeki yıllarda büyük şehirlerimizin önemli bir kısmı yaygın raylı sistem ağırları ile donatılmış olacaktır [2]. Birçok alanda olduğu gibi demiryollarında tren sürücülerinin eğitimlerinde benzetim (simülasyon) çalışmalarından yararlanılmaktadır. Bu amaçla, tren sürücülerinin temel ve ileri eğitimlerinde tren sürüş konusunu alıştırmaya yaparak öğrenmelerine olanak veren sistemler kullanılmaktadır.

Tren üzerinde bakım-onarım ve arıza giderme çalışmalarından yeni sistemlerin denenmesine kadar değişik konularda eğitimlerin verilmesi benzetim teknolojileriyle gerçekleştirilebilmektedir [3]. Bu gerçeklerden çıkılarak, TRENSİM projesi ile TCDD'nin (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları) öncelikli gereksinimleri doğrultusunda, şu anda envanterinde bulunmayan E 43000 lokomotif tren simülatörü tümüyle milli olanaklar ile geliştirilmiştir.

Sanal Ortam Tren Sürüş Eğitimleri İçin Milli Benzetim Sistemlerinin Geliştirilmesi Projesi, ya da kısaca TRENSİM, TÜBİTAK KAMAG (Kamu Araştırmaları Destek Grubu) tarafından desteklenen 1007 programı kapsamında gerçekleştirilen bir projedir. Projenin amacı, ileri benzetim teknolojilerini kullanarak, tren sürücülerinin sanal ortamlarda;

- Temel sürüş eğitimini yaptıran;
- Değişik iklim ve yol koşullarında tren kullanma tekniklerini öğrenmelerini sağlayan;
- Arıza ve risk önleyici yeteneklerini geliştiren;
- Sürücü performansının izlenmesini ve iyileştirilmesini sağlayan E 43000 elektrikli lokomotif tren eğitim simülatörünü geliştirilmiştir.

TRENSİM Projesi TÜBİTAK BİLGEM öncülüğünde 42 ayda (Ağustos

2007- Şubat 2011) üç ortakla gerçekleştirilmiştir. TRENSİM projesi böylece araştırma kurumu, üniversite, sanayi işbirliğine önemli bir örnek olmuştur.

TCDD Genel Müdürlüğü için yapılmış olup projenin çıktısı olan E 43000 model simülatörü, ilgili diğer sistemler ve belgelerle birlikte TCDD Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürlüğü'ne teslim edilmiştir. Bu proje ile TCDD Genel Müdürlüğü Eğitim Öğretim Daire Başkanlığı'nın E 43000 tipi elektrikli lokomotifle ilgili eğitimlerinin önemli bir kısmı simülatör yardımıyla gerçekleştirilecektir.

TRENSİM ile yapılan eğitimler yalnızca kuramsal uygulamaların açıklanması ve izletilmesi ile sınırlı kalmamaktadır. Teknik arızalar ve gerçekte büyük can ve mal kaybına yol açabilecek hatalar yansız olarak, sanal ortamlarda makinistlere, makinist adaylarına ve kursiyere gösterilebilmektedir.

TRENSİM simülatörünün benzerlerinden ayıran özelliklerden birisi, sistemin sahip olacağı uzaktan eğitim yeteneğidir. Esnek e-öğrenme sistemiyle yurdumuzun değişik bölgelerinde, sanal sürüş eğitim ortamı oluşturulabilmektedir. Bu yetenek ile öğrenciler, eğitim amacı ile lokomotif simülatörünü kullanmadan önce, kendi yaşadıkları ortamlarda, internet üzerinden dersleri alabilmekte ve simülatörle çalışırken çeşitli animasyonlar yardımıyla etkin biçimde faydalanabilmektedirler.

Simülatörle eğitim sonucunda, makinistlere, makinist adaylarına ve kursiyere kuramsal olarak verilen bilgiler bilimsel nitelikli eğitim uygulamaları ile pekiştirilmiş olmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde EADS, ACME, CANAC, Krauss-Maffei ve Corys gibi tanınmış firmaların geliştirdiği tren lokomotif ve simülatörleri bulunmaktadır [4-8]. Ancak bu sistemler satın alındığında, kolay güncellenemez durumda olmaları, parçalarda ve bakımda yurtdışına bağımlılık, veri tabanlarının zaman içerisinde etkin kullanımını engelleyecek biçimde büyümesi ya da eski teknoloji olarak kalması ve gelişmeleri izlemeyi zorlaştırmaktadır.

TCDD bünyesinde şu anda kullanılmakta olan 1992 yılında alınmış eski teknolojiye sahip 2 adet tren simülatörü bulunmaktadır. Türkiye'nin ihtiyacı olan tren simülatörü sayısı ise 30'un üstündedir. Bu durumda ihtiyaçlar ya dışarıdan satın alınarak karşılanacak ya da yurt içindeki imkânlarla geliştirilecektir. Bu ihtiyacın TRENSİM projesi kapsamında yerli olanaklar ile karşılanması ülkemiz adına önemli kazanımlar sağlamıştır.

Geliştirilen simülatör, tren kabini ve dinamik modelleme, 3 boyutlu görüntüleme, veritabanı, görev planlama, performans değerlendirme, debriefing, uzaktan eğitim, otomatik öğretim programı hazırlama, otomatik hata belirleme yazılımları gibi yazılımlardan oluşmaktadır. Projede, tren davranışlarının ve birçok kabin bileşeninin matematiksel modelleri oluşturulmuş, kullanıcının gereksinimlerine uygun esnek bir e-öğrenme ortamı oluşturulmuştur. Simülatörle alınan eğitimin gerçeklik etkisini artıracak hareketli platform geliştirilmiştir. Projede elde edilen bilgi ve deneyim ile başka alanlarda da kullanılacak milli tren benzetim çalışmaları için önemli alt yapı ve bilgi birikimi sağlanmıştır.

TRENSİM'İN TEMEL ÖZELLİKLERİ

TCDD eğitimdeki eğilimi yakalamak, eğitimleri ucuz, kısa sürede gerçekleştirmek ve tren sürücülerinin daha gerçekçi ortamlarda eğitim alabilmelerini sağlamak amacıyla simülatöre gereksinim vardır. TRENSİM projesi, kursiyerlere ekonomik, emniyetli ve konforlu tren sürme becerisini kazandırarak bu gereksinimin karşılanmasını hedeflemiştir. Bunun için kursiyerlerin lokomotif ve treni iyi tanımları, trenin işletileceği yolu öğrenmeleri son derece önemlidir.

TRENSİM projesi kapsamında yapılan eğitim simülatörü birçok özelliğe sahiptir. Bu özelliklerin bir kısmının TCDD Eğitim Merkezi Müdürlüğü'nde verilecek kursiyer eğitimlerini destekleyecek niteliktedir. TRENSİM ile aşağıdaki konularda eğitim verilebilecektir:

- E 43000 tipi lokomotif için markiz kumandalarının doğru kullanımını sağlamak;
- Tren sürme becerilerini geliştirmek;
- Her türlü yol, iklim ve doğa koşullarında tren kullanma yöntemlerini öğretmek;
- İşletme usulleri, hız limitleri, TCDD'nin mevcut şebekesindeki trafik sistemleri ile ilgili emniyetli sürme alışkanlıklarını kazandırmak;
- Enerji ekonomisine yönelik cer ve fren uygulamalarının denemesini sağlamak;
- Trende oluşabilecek arızaların giderilmesine ilişkin deneyimler kazandırmak;
- Kursiyerlere simülatörde sürüş uygulama sınavı yapmak, bu sınavları değerlendirmek ve puanlamasının simülatörde bilgisayar tabanlı olarak yapılmasını sağlamak;
- Makinistlere uzaktan eğitim olanağını sağlamak.

Yukarıdaki eğitimleri gerçekleştirebilmek için TRENSİM simülatörü aşağıdaki özellikleri barındırmaktadır:

- 3B (boyutlu) gerçek zamanlı görüntü üretir;
- Yeni senaryo oluşturur, saklar, senaryoların işletilmesi anında sistem arızası verir;
- Çevrimiçi ve çevrimdışı performans değerlendirir ve izler;
- Güncel gereksinimlere göre uyarlanabilir;
- Arızalar verir ve bu arızaların kursiyerler tarafından giderebilmesi için gerekli olan altyapıyı sunar;
- Benzetim yönetim altyapısını sağlar;
- Gerçek dünyada yapılması tehlikeli olan uygulamaları senaryolara katabilir;
- Yerli ar-ge ile yapılan ilk hareketli platforma sahiptir.

Ayrıca TRENSİM ile birçok yarar sağlanmıştır:

- Yerli teknoloji üretimi ile yurt dışına bağımlılık en alt düzeye indirilmiştir;
- Esnek e-öğrenme sistemiyle yurdumuzun değişik bölgelerinde simülatörü kullanmadan önce ve kullandıktan sonra eğitim ortamlarını oluşturmak için gerekli teknik birikim oluşturulmuştur;
- Hızlı, ucuz, güvenilir ve gerçekçi bir eğitim sistemi geliştirilmiştir.

ELDE EDİLEN KAZANIMLAR

TRENSİM projesinde elde edilen çıktının bir ar-ge ürünü olması birçok alanda deneyim kazanılmasını sağlamıştır. Görselleştirme, dinamik model, E 43000 markiz içi donanımların gömülü benzetimleri, hareketli platform ve



Şekil 1. E 43000 Simülatörü.



Şekil 2. E 43000 Simülatör kabini içten görünüşü.

son olarak bir uzaktan eğitim sisteminin simülatör ile birlikte sunulmuş olması, deneyim kazanılan alanların en önemlileridir.

TRENSİM projesinde en çetrefli alanlardan biri, hatt-1 cariyenin, yani trenin izlediği ana yolun, modeline karar verilmesi olmuştur. TRENSİM sisteminde yer alan alt sistemlerin çoğunun yol modeline bağımlı olması, yol modelini önemli bir unsur yapmıştır. TRENSİM projesinde iki ana yol gerçekleştirmiştir. Bunlardan birincisi, Büyükderbent-Arifiye arasındaki 26 km'lik yoldur. İkinci hat, başlangıcı Pelitözü, bitişi Karaköy olan 31 km'lik ana yoldur. Bu hatlarla ilgili tüm teknik bilgi TCDD'nin sağladığı paftalardan elde edilmiştir. Bu paftalardaki veriler sayılaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılmış, görsel sistem bu yol modelini 3 boyutlu olarak gerçek zamanlı gösterebilmektedir. Görsel sistem aynı zamanda coğrafi tamlığa ve coğrafi benzerliğe bağlı kalarak, kursiyerlerin ana yolu gerçeğe yakın bir şekilde öğrenebilmelerini ve belleybilmelerini sağlamaktadır. Nitekim, kursiyerlerden temel tren sürüş tekniklerinin yanı sıra, yolu da iyi derecede öğrenmesi beklenmektedir. Bu, kazaları azaltan son derece önemli bir unsurdur.



Şekil 3. E 43000 Simülâtörün markiz alanı.

sanayinin olanakları ve iş gücü ile gerçekleştirilmiş olması da bir kazanç olarak değerlendirilmelidir.

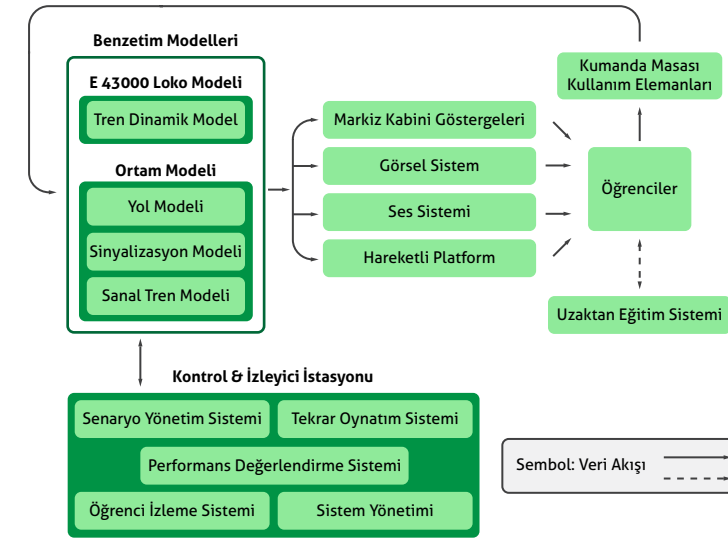
Bu simülâtörle gerçekleştirilen ve son zamanlarda dünyaki muadil örneklerde yaygın olmaya başlayan özelliklerden biri de uzaktan eğitimin simülâtörle birlikte sunulmuş olmasıdır. Bu özellik TCDD için çok büyük bir kazanç olacaktır. TCDD Eğitim Merkezi çok sayıda kursiyeri (makinist adayları ve önceden bröve almış deneyimli makinistler) sınırlı olanaklarıyla ağırlamaktadır. Bu durum TCDD için büyük bir ekonomik yük teşkil etmektedir. Temel ön eğitimlerin merkeze gelmeden çözümlenecek olması, eğitim merkezinin makinist adaylarını daha kısa sürelerle merkezde barındırmasını gerektirecek ve bu da makinist aday eğitim süresinin (4 ay) daha verimli ve etkin kullanılmasını sağlayacaktır.

TRENSİM SİSTEMİNİN YAPISINA GENEL BİR BAKIŞ

Eğitim simülâtörleri, çoğunlukla insanların belli alanlarda ön eğitimlerini daha ekonomik ve daha güvenli bir şekilde yapabilmelerini sağlayan, teknolojik açıdan karmaşık sistemlerdir. Projenin başında, yapılacak sistemin temel işlevsel elemanlarının neler olması gerektiği konusunda önemli bir çaba harcanmıştır. Bu sebeple genel anlamda muadil eğitim simülâtörlerinde çoğunlukla yer alan işlevsel parçaların, bir başka deyişle mimari elemanların neler olabileceği araştırılmıştır. Araştırmanın sonunda, Amerika Birleşik Devletleri'nde uçak simülâtörlerinde yaklaşık 30 yıldır kullanılan referans modeli temel alınmıştır.

Len Bass ve arkadaşlarının tanıttığı bu model [9], TRENSİM projesinin gereksinimleri doğrultusunda uyarlanmış ve uygulanmıştır. Bu modelde önerilen işlevsel elemanlar Şekil 4'te üç başlık altında gösterilmektedir:

Kontrol ve izleyici istasyonunda eğitmen, kursiyerleri eğitecek senaryoları tasarlamakta veya mevcut senaryoları düzenlemektedir. Sisteme yüklenen senaryolar oynatılmakta ve kursiyerlerin oynanan senaryolara karşı tutum ve



Şekil 4. TRENSİM sisteminin işlevsel elemanları.

davranışları izlenmektedir. Eğitmen benzetim ortamını denetleyebilmekte, gerektiğinde ortamın koşullarını değiştirebilmekte, oynanan senaryoya çeşitli arızaları katarak kursiyerin bu arızaları hızlı ve emniyetli bir şekilde çözümlemesini isteyebilmektedir. Oyunun sonunda, Performans Değerlendirme Sistemi'yle öğrencinin başarımını değerlendirilmektedir.

E 43000 lokomotif modeli, trenin dinamik, diğer bir deyişle kinematik ve kinetik açıdan fiziksel hareketlerini betimleyen matematiksel denklemler kümesini içermektedir. Ortam modeli ise, trenin fiziksel davranışlarını etkileyebilecek dış unsurları kapsamaktadır. Bu dış unsurlar; yol, sinyalizasyon (tren trafik) ve sanal tren modelleridir.

Modellerin çalıştırılması sırasında üretilen veriler markiz kabini göstergelerine, görsel ve ses sistemler ile hareketli platforma gerekli girdiyi sağlar. Kursiyer, sistemden aldığı tepkilere göre kumanda masası kullanım elemanlarını kullanarak treni emniyetli, konforlu ve ekonomik olarak sürme becerisini kazanmaya çalışır. Kursiyerin eylemleri sonucu üretilen veriler bu kez modellere girdi olur. Böylece bir benzetim döngüsü gerçek zamanlı olarak tamamlanmış olmaktadır. Buna, eğitim amaçlı simülâtörlere gönderme yapan bir teknik deyim olan "man-in-the-loop" benzetimi de denmektedir.

TRENSİM PROJE ORGANİZASYONU ve YÖNETİMİ

Proje, TÜBİTAK BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü'nün liderliğinde, Marmara Üniversitesi, 5M Bilişim Teknolojileri Eğitim, Danışmanlık Ltd. Şti. ve DEVNET Ltd. Şti. katılımı ile gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK BİLGEM BTE, TRENSİM sunucu, kumanda masası ekranı, benzetim yöneticisi, ses sistemi, trenin dinamik modeli, tekrar gösterim, senaryo editörü, senaryo takip ekranı, görsel sistem, trensim ana ekranı, performans değerlendirme yazılımları, merkezi donanım bilgisayarı gömülü yazılımı ve kabin arıza ekranı gömülü yazılımlarını geliştirmiştir. Ayrıca E 43000 markizinde bulunan

donanımların simülâtörle entegrasyonunu sağlayacak donanımsal çözümleri de geliştirmiştir.

Proje kapsamında, Marmara Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü sistem analizi ve tasarımı çalışmalarında görev almıştır. 5M Bilişim Teknolojileri Eğitim ve Danışmanlık Ltd. Şti. uzaktan eğitim sisteminin sorumluluğunu üstlenmiştir. DEVNET Ltd. Şti. ise hareketli platformu geliştirmiştir. E 43000 lokomotif markizinin kabini, TÜLOMSAS Lokomotif Fabrikası'ndan sözleşme ile temin edilmiştir. Gerçek ortamdan veri toplama, İTÜ Makine Fakültesi'yle işbirliği ile sağlanmıştır.

TÜBİTAK BİLGEM BTE, proje yönetilirken, sahip olduğu CMMI 3. Seviye standartları gereği, tüm süreçlerini ve geliştirme aşamalarını ilgili standartlara göre geliştirmiştir. Bu kapsamda, proje yönetimi, kalite güvence, doğrulama geçirme, sistem entegrasyon, konfigürasyon yönetim planları oluşturulmuş ve sürekli güncellenmiştir. Yazılım isterlerinin belirlenmesinden kabul testlerine kadar her aşamada, ilgili CMMI süreçleri titizlikle uygulanmıştır. Bu süreçlerin etkinliklerinin artırılmasında birçok yazılım aracından yararlanılmıştır.

Yazılımın sonraki bölümlerinde TRENSİM projesinin gerçekleştirilmesi sürecinden bahsettik. TRENSİM'in ortaya çıkmasını sağlayan süreç ve eylemleri birlikte mercek altına alalım.

TRENSİM Kalite ve Konfigürasyon Çalışmaları

Tüm bir proje süresince devam eden kalite ve konfigürasyon süreçleri ortaya çıkacak ürünün, müşterinin istediği biçimde gelişmesini sağlayacak önemli faaliyetleri tanımlamaktadır.

Projenin konfigürasyon yönetimi sürecinde, TRENSİM ekibi tarafından aşağıdaki işler yapılmıştır:

- IBM ClearCase ve ClearQuest sürüm ve değişiklik kontrol araçları kuruldu. Verilere erişim hakları belirlenmiş ve bu haklara göre kullanıcı çalışma alanları düzenlendi. Bu araçların yardımıyla konfigürasyon öğelerinin sürümleri oluşturulup değişiklikler izlendi.

- 6 aylık dönemlerde konfigürasyon öğelerinin sürümlerini gösteren durum raporları oluşturuldu.

- Dönem teslimlerinden önce, konfigürasyon denetlemeleri gerçekleştirilip bulgular kayıt altına alındı.

- İster takibi ve yönetimi sürecinde ise TRENSİM ekibi aşağıdaki eylemleri yerine getirdi:

- IBM DOORS aracı kurularak, isterlerin araca girilmesi, değişiklik isteklerinin ve izlenebilirliğin takibi sağlandı.

- Geliştirilen yazılım ve donanım isterleri gözden geçirilerek yazılım isterlerinin anlaşılır olması, müşteri gereksinimlerini kapsamaları ve test edilebilir olması gibi ölçütler temel alındı. Bu ölçütlere uymayan yazılım isterleri tasarım geliştiricilere raporlanarak düzeltilmeleri yapıldı.

- Yazılım ve donanım isterleri ile ilgili yazılım ve donanım test durumları hazırlandı. Test durumları ile isterler arasında

DOORS aracılığı ile bağlantı kurularak tüm isterlerle ilgili test durumlarının yazılmış olduğu doğrulandı.

• İş paketlerinde yazılım ve donanım test durumlarının birbirleriyle ilişkisini gösteren ilişki matrisi hazırlandı. Bu ilişki matrisine göre tümleştirmeden dolayı olması gereken test durumları ortaya çıkarılarak sisteme eklendi.

• Geliştirilen yazılım ve donanımın eklenerek test edilmesine olanak verecek test ortamı hazırlandı.

TRENSİM Yazılım Tasarlama ve Geliştirme Çalışmaları

TRENSİM yazılım tasarım çalışmalarında Enterprise Architect tasarım aracı kullanıldı. DOORS ister yönetimi aracı kullanılarak izlenen sistem isterlerinin her birisi Enterprise Architect tasarım aracına kaydedildi. Her bir isterin gerçekleştirildiği modüller ve sınıflar ilgili isterlerle bağlanarak izlenebilirlikleri bu araç üzerinden izlendi. Sistem katmanlı bir mimariye göre modüllere ayrıştırılarak her bir modül için aşağıdaki diyagramlar üretildi:

- Statik Diyagramlar;
- Dinamik Diyagramlar;
- Veri modeli;
- Kullanıcı Grafik Arayüz Diyagramları.

Statik diyagramlar, bileşen diyagramları ve sınıf diyagramlarıyla gösterilmektedir. Bu kapsamda, isterleri gerçekleştiren her bir sınıfın öznelik ve metot tanımlamaları ayrıntılı parametre açıklamalarıyla verildi. Sınıf diyagramları doğrudan yazılım kodlarıyla ilişkilendirilerek yazılım geliştirme sürecinde ortaya çıkacak yapısal değişikliklerin tasarım aracından yapılması ve değişimlerin gözlenmesi sağlandı.

Dinamik diyagramlar, eylem (activity) diyagramları olarak her bir modül için çıkarıldı. Benzetim döngüsü içerisinde işlevsel değer içeren mesajlara ait üst seviye eylem diyagramları ve eylem tanımları ayrıntılı olarak çıkarılarak sistemin bütün dinamik davranışları tasarımsal olarak kayıt altına alındı.

Sistem kullanıcıları için kullanıcı grafik arayüzleri için şablonlar tasarlandı ve grafik arayüzlerinin birbiriyle olan geçiş ilişkileri diyagramlarla tasarım aracında oluşturuldu.

TRENSİM Donanım Tasarlama ve Geliştirme Çalışmaları

TRENSİM'in donanımı, simülasyon sistemini kullanıcılara etkinleştiren önemli bir bileşendir. Simülasyon, kursiyerle olan etkileşimini önemli ölçüde gerçek kabin donanımları üzerinden sağlamaktadır. Bu nedenle donanım iş paketi, kullanıcı girdilerini simülasyon bilgisayarına taşımak ve simülasyon bilgisayarından gelen komutları da donanım bileşenleri üzerinde gerçekliğine benzer şekilde sunmaktan sorumludur.

E 43000 lokomotif, yüzlerce sigorta, gösterge, şalter, vana gibi donanımsal bileşenlerden oluşmaktadır. Bunların

verilerini bir ön işlemden geçirmeden simülasyon göndermek sistem kaynakların kötü kullanılmasına ve kimi durumlarda istenilen gerçekçiliğe ulaşamamasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, TRENSİM donanım sistemi, merkezi donanım bilgisayarı denilen ve insandaki omurilik soğanı gibi çalışan, reflekslerin kontrolü gibi bir takım işlemlerde simülasyon bilgisayarını hiç yormadan kendisinin üstesinden gelebildiği, gelişmiş bir gömülü bilgisayara sahiptir.

E 43000 lokomotifinde bulunan sistemlerin çoğunun modelleri de doğrudan merkezi donanım bilgisayarındadır. Bu modeller sırasıyla şöyledir: Totman, elektropnömatik sistem, batarya şarj, cer motorları enerjilendirme, hızlı devre kesici (HDK), üfütücüler, hen sofaj, dinamik fren aktivasyon, düdük/kumlama, lambalar ve elektronik dolap devreleri modelleridir.

Bu modellerden, çoğu dinamik model dışındaki modellerdir. TRENSİM'e özgün donanım sistemi, dinamik model ve modelleme ile ilgilenmekte, onun dışındaki tren modellerini ve arıza verme modellerini, büyük oranda kendi içerisinde çözebilmektedir.

E 43000 lokomotifinin markiz kabinin içinde olmayan ancak makinist eğitimi için gerekli bileşenler de vardır. Bunların kontrol ve yönetilmesi, ayrıca geliştirilen bir doküman ekran üzerinden yapılmaktadır.

Donanım sistemindeki her bir gösterge, şalter vb. birimler mikroişlemcili devreler ile yönetilmektedir. Böylece, işlem yükü dağıtmakta, modüller ve esnek bir sistem geliştirilmiş olmaktadır.

Tüm donanım bileşenleri kendi aralarında CAN veri yolu protokolü ile haberleşmektedir. Bu da simülasyon sistemine yeni birimler eklenip çıkarılmasına ve haberleşmenin güvenilir olmasını sağlamaktadır.

TRENSİM Geliştirme çalışmaları

Projede birçok yazılım ve gömülü donanım sistemleri geliştirilmiştir. Projenin bu aşaması önemli bir süreçtir; zira bu aşamada ortaya çıkacak bir eksiklik veya alan bilgisinin yanlış yorumlanması, yazılım geliştirme sürecinin önceki aşamalarını (analiz ve tasarım) olumsuz yönde etkileyecektir. Ancak, sağlıklı bir yönetim ve uyumlu çalışma ortamıyla aşağıda özetlenen geliştirme süreci sorunsuz tamamlanabilmiştir.

Benzetim modelleri geliştirme kapsamında aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilmiştir:

• İki hattın (Büyükderbent-Arifiye, Karaköy-Pelitözü) 3B görsel modellenmesi yapıldı.

• Trenin hareketi (dinamik model), tren dizisinin özellikleri, tren yolunun geometrik özellikleri ve senaryo editöründen gelen parametreler dikkate alınarak gerçekleştirildi. Geliştirilen dinamik model, bazı kol bilgilerini (cer kolu, dinamik fren kolu vb.) dışarıdan almaktadır. Böylece ivme değerleri, pozisyon, hız, vagonlar arası basınç, gerilim gibi hareketle ilgili çıktılar, yeterli bir duyarlılıkla üretildi.

• Sanal trenlerin davranışları modellendi. Gerçekleştirilen bu modelde, sanal trenler kesişim modeline, yolda bulunan sinyal elemanlarına ve makaslara göre yavaşlama ve hızlanma yapabilmektedir.

• Senaryo editöründen kontrol edilen, trenlerin konum bilgilerine göre otomatik sinyal değişimi yapabilen sinyalizasyon modeli gerçekleştirildi.

• ATS (Automatic Train Stop) modeli gerçekleştirildi.

• E 43000 modeline özgü hava fren sistemi modellendi. Bu modelle makinist musluğu, modrabl gibi pönomatik elemanların kademe bilgisine göre hava basıncı, lokomotif ve vagonlardaki fren kuvveti değerleri elde edilebilmektedir.

• Arıza durumları için cer motorları ile ilgili olan kısımlar gerçekleştirildi, fren sistemi ile ilgili valflar modellendi.

• Modelinin tamamlanmasından sonra, modelin gerçek ortamda doğrulanması ve test edilmesi amacıyla, İTÜ ve bir firmayla birlikte veri toplandı. 3-4 Mayıs 2010 tarihlerinde, E 43000 lokomotif ve 8 yolcu vagonu ile Haydarpaşa-Eskişehir ve Eskişehir-Haydarpaşa arasında önceden belirlenmiş olan senaryolara göre tren sürüşü gerçekleştirildi. 6-7 Mayıs 2010 tarihlerinde, E 43000 lokomotif ve 10 yük vagonu vagonu ile Haydarpaşa-Eskişehir ve Eskişehir-Haydarpaşa arasında önceden belirlenmiş olan senaryolara göre tren sürüşü gerçekleştirildi. Ayrıca 5 Mayıs'ta, yük vagonları bırakılarak sadece E 43000 lokomotif ile ilgili senaryolar gerçekleştirildi. Tüm bu sürüşlerden aşağıdaki değerler değişik sensörlerle toplandı:

- Makininin kullandığı temel kolun hareket bilgisi;

- Lokomotif mastır ünitesinin ve arka bojinin üstünden x, y, z yönlü ivme ve açısal hız bilgileri;

- Lokomotifin koltuk altı ve arka teker seti yataklarından x, y, z yönlü ivmeler;

- Tüm gösterge bilgileri;

- Lokomotif ile 1. vagon ve 3. vagon ile 4.vagon arası kanca ve damperlerde oluşan itme çekme kuvveti;

- GPS bilgisi.

Benzetim Yönetim Sistemi'nin geliştirilmesinde aşağıdaki çalışmalar yapıldı:

• Ayrıntılı hat, uzaklık ve kurp görünümünde gerekli değişiklikler yapılarak senaryo editörü yazılımı yol modeli ile uyumlu duruma getirildi. Ayrıntılı hat görünümünde; makaslar, sinyaller, yollar, peronlar, istasyon binalarına ek olarak tüneller, üst geçitler ve hemzemin geçitler durum değişikliği yapılabilecek şekilde çizdirildi.

• Kumanda masası yazılımı, markiz kol durumlarını, hız, basınç, akım ve voltaj bilgilerini gösterecek şekilde gerçekleştirildi. Bununla birlikte diğer donanımların geliştirilmesi ve üretimi bitene kadar, dinamik modelin gerçekle uyumlu çalışmasını sağlamak amacıyla markizde bulunan bazı kolların (hızlandırma kolu, dinamik fren, makinist musluğu ve bazı ATS butonları) durum

değişimlerinin emüle edilmesi (donanımların yazılımla benzetiminin yapılması) sağlandı.

KONTROL VE İZLEYİCİ İSTASYONU YAZILIMLARI

Sistemin çalışması sırasında, eğitime ve izleyicilere her türlü sayısal ve görsel olarak veri aktaran ve bunları görselleştirebilen yazılımlar söz konusudur. Benzetimin çalıştırılması sırasında görev yapan yazılımlar bu bölümün konusunu oluşturmaktadır.

Kumanda Masası

Kumanda masası ekranı, Şekil 5'te gösterildiği gibi tren sürüş benzetimi sırasında markiz donanımında yer alan pedal, kol, düğme, anahtar, LED ve gösterge durumlarını izlemek amacıyla kullanılmaktadır. Benzetim sırasında diğer benzetim öğelerinden gelen mesajlara göre ekrandaki gösterge ve kol durum değerleri güncellenmektedir. Ekran üzerinde markiz donanımlarının konumlandırılması, pedallar, göstergeler, kollar, düğmeler, LED'ler ve anahtarların gerçekteki yerleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Bu ekran aynı zamanda bir emülatör olarak da kullanılabilir. Emülatör olarak kullanıldığında, ekranda yer alan kolların, pedalların ve anahtarların davranışı ve ürettiği değerler gerçek donanımla aynı olur. Bu ekranın emülatör modu, özellikle test aşamasında, gerçek donanım olmadığına kullanılmaktadır. Kimi zaman da senaryo hazırlanırken, hazırlanan senaryonun simülasyon olmadan çalıştırılabilmesi için, gerekli donanım ayarlarını ekran emülatör modunda yapılabilmektedir.



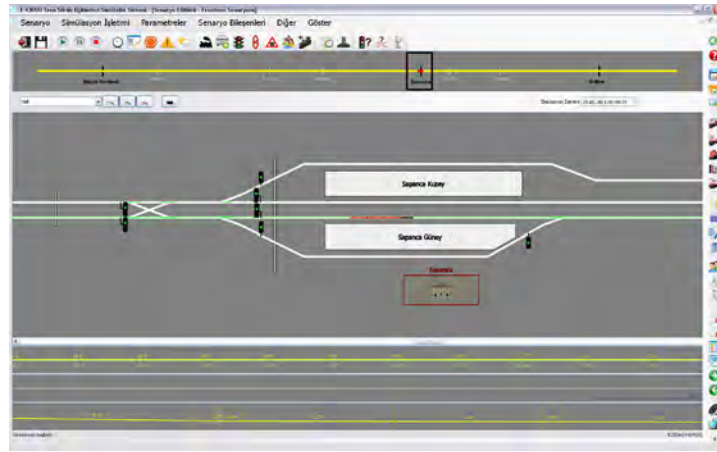
Şekil 5. Kumanda masası ekranı.

Senaryo Editörü

Senaryo Editörü eğitime yeni senaryolar tanımlama, var olanları düzenleme, düzenlenen senaryoları saklama ve senaryoyu simülasyonda çalıştırmak üzere sisteme yükleme, benzetimi başlatma, duraklatma ve sonlandırma işlemlerini gerçekleştirir.

Senaryo Editörü, diğer yandan, benzetimde yer alan nesnelere ilgili parametre ayarlarının yapılmasına da izin

vermektedir. Böylece, örneğin, hatt-ı caride yer alan makasların yönleri bu araç içinden tanzim edilebilmektedir. Benzer biçimde, sanal tren yönetimi, sinyal durumu yönetimi, istasyon yoğunluğu yönetimi gibi işlevlerin, senaryonun tüm bileşenlerini tek bir noktadan kontrol edebilme imkânına da vardır. Şekil 6, Senaryo Editörü'nün ekranını göstermektedir.



Şekil 6. Senaryo Editörü ekranı.

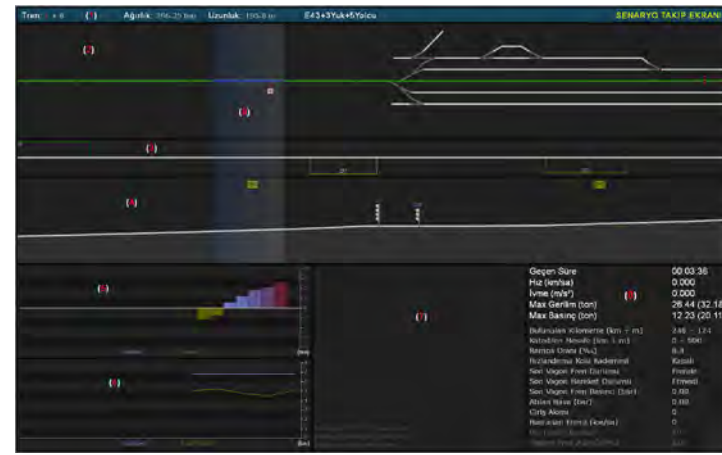
Senaryo Takip Ekranı

Senaryo Takip ekranı temelde aşağıdaki verileri uygun bir şekilde görselleştirerek kursiyerin bu ekranı izlemesini sağlar. Bu bilgiler, benzetim çalışırken gerçek-zamanlı olarak güncellenmektedir:

- Detaylı Yol Planı;
- Kurp Bilgileri Planı;
- Eğim Bilgileri Planı;
- Vagonlar Arası Basınç ve Gerilim Grafiği;
- Kondüvit ve Fren Silindir Basıncı Grafiği.

Senaryo Takip ekranının sağladığı fayda kursiyerin treni kullanırken tren hakkındaki kullanım bilgilerini gerçek zamanda izleyebilmesidir. Bu ekran bir anlamda kursiyerin treni ne kadar konforlu, ekonomik ve emniyetli kullandığını belgeler niteliktedir. Bu ekranın içeriği zengin olup simülatörde eğitim dönemlerinde, kursiyerin tren temel sürüş becerisini kazanmasına büyük katkı sağlamaktadır. Sınav dönemlerinde ise, bu ekranın daha sade bir biçimi kullanılır. Örneğin ekranın sol alt köşesinde yer alan vagonlar arası basınç ve gerilim grafiğinin çubuk gösterimi kursiyerden özellikle rampa iniş ve çıkış eğitimlerinde öğrendiği şekilde kullanması istenir ve sınav sonuçları buna göre değerlendirilir.

Senaryo Takip ekranının kursiyerle herhangi bir kullanıcı etkileşimi yoktur. Yalnızca senaryo izlenebilir. Ayrıca, bu ekranın arayüzündeki renklendirmeler, nesnelere konumu ve büyüklüğü, nesnelere gizlenmesi, ekranın çözünürlüğü gibi birçok özellik, yapılandırma dosyasından isteğe göre ayarlanabilmektedir.



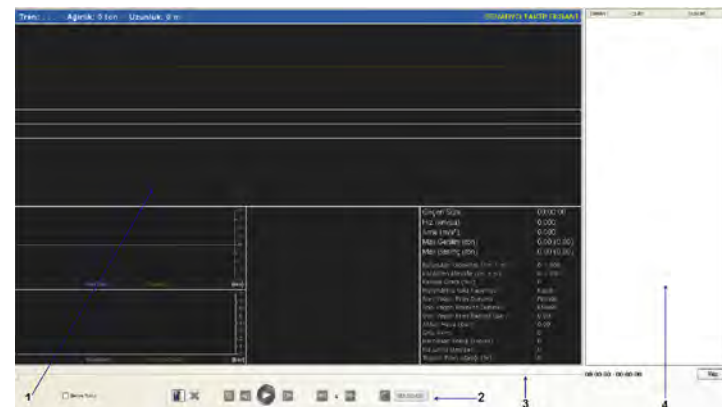
Şekil 7. Senaryo Takip ekranı.

Tekrar Oynatım Aracı (Debrifing)

Tekrar Oynatım Aracı kursiyerin tren kullanımını benzetim sonrasında tekrar izleyebilmek için kullanılacak olan bir araçtır. Bu araç Senaryo Takip ekranının görüntüsüne sahiptir. Bu araç ile, kursiyerin sınav senaryosundaki eylemleri yeniden oynatabilmektedir. Bir teyp kasetini geriye sarıp tekrar çaldırma işlemine denk bir işlev sağlar. Tekrar Oynatım Aracı aşağıdaki arabirim elemanlarını barındırmaktadır (Şekil 8):

1. Senaryo Takip ekranının görüntüsü;
2. Tekrar gösterimi yönetim düğmeleri;
3. İlerleme çubuğu;
4. Olay listesi.

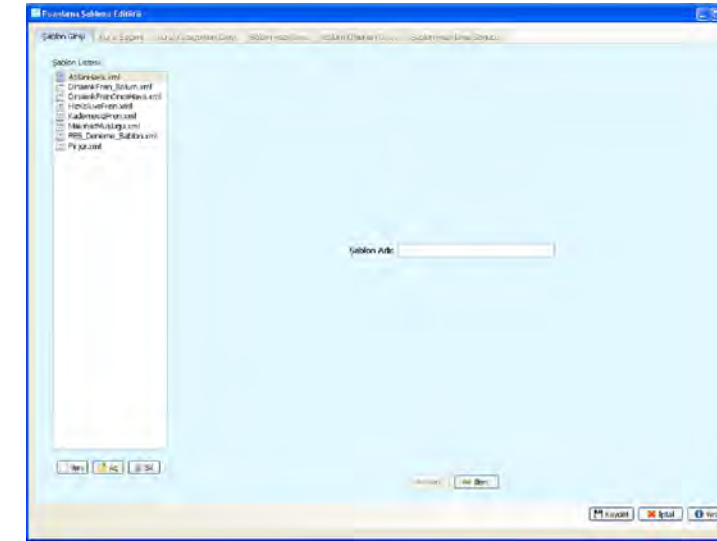
TCDD Eğitim Merkezi Müdürlüğü'nde yerleşmiş bir ilkeye göre tekrar oynatım, kursiyer sınav sonuçlarına itiraz ettiği zaman kullanılmaktadır. Kursiyer bu ekrandan sınavda yaptığı uygun olmayan tüm eylemlerini izleyebilmektedir.



Şekil 8. Tekrar Oynatım Aracı.

Performans Değerlendirme Aracı

Performans Değerlendirme Aracı, sınav ve eğitim sonrası kursiyerin becerisini ve başarımını bir rapor halinde belgeleyen yazılım aracıdır. TCDD, sınav sonrası değerlendirmelere çok önem vermektedir; çünkü kursiyerin E.43000 için bröve (ehliyet) alması, simülatör eğitiminde iyi bir başarıyı göstermesiyle olacaktır.



Şekil 9. Şablon Editörü.

Kursiyerin değerlendirilmesi, TCDD Eğitim Merkezi'nin önceden belirlediği şablonlara göre yapılmaktadır. Şablonlar, kural ve ölçütleri içermektedir (Şekil 9). Kurallar belli gruplarda yer almaktadır. Eğitimci bir değerlendirme şablonu hazırlama sürecinde ilgilendiği toplam 6 kural grubundan birkaçını seçip bu kurallarla birlikte değerlendirmeyi sağlayacak kriterleri ve bunların parametrelerini belirler. Performans Değerlendirme Aracı da değerlendirme ölçütlerine göre, öğrencinin sürüşünün değerlendirilmesini ve puanlamasını eğitmenin tanımladığı kurallara göre otomatik olarak yapar.



Şekil 10. Dinamik Kuvvetler Kuralları Giriş Ekranı.

Kural gruplarına örnek olarak işletme kuralları verilebilir. Bu grupta sırasıyla, hat üzerinde engel, ATS kurallarına uymama, açık bariyerli geçit geçme ve totmana uymama

olmak üzere 4 adet ölçüt yer almaktadır. Eğitimci bu ölçütlerle ilgili parametre değerlerini girmek suretiyle sabit puan ve gruptan kırılacak en yüksek ceza puanı değerlerini belirleyebilmektedir. Örneğin bir başka kategori olan dinamik kuvvetler kuralları grubunda iki ölçüt bulunmaktadır. Bu gruptaki sürekli gerilim kuvveti ve sürekli basınç kuvvetine ait parametreler ve gruptan kırılacak en yüksek ceza puanı parametreleri belirlenebilmektedir. (Şekil 10).

Performans değerlendirme sonucu bir rapor şeklinde kullanıcıya sunulmaktadır (bkz. Şekil 11).



Şekil 11. Rapor Görüntüleme Aracı Ekranı.

Görsel Sistem

Görsel Sistem, kursiyere belirtilen istasyonlar arasında sanal olarak gidip geliş yapacak sistemdir. Kursiyerin merkez içerisinde iken ilgili istasyonlar arasında gördüğü tüm çevre 3B olarak modellenmiştir. Buradaki 3B yol görüntüleri bir görsel veritabanında tanımlı olan 57 km'lik hatta ait; gerçek yol profili ile ilgili veriler ve video görüntülerinden oluşturulan yapay ortamın ve ortamda bulunan diğer sanal modellerin 3B gösterimlerini barındırmaktadır. Görsel sistemin senaryo çalışırken gerçek zamanda görüntü üretirken gerekli olan sanal ortamı oluşturmaktadır (bkz. Şekil 12).

Görsel Sistem, sanal ortamda aşağıdaki unsurları sağlayarak gerçekliği artırma yoluna gitmektedir:

- Gece ve gündüz gösterimi, günün saatine göre güneşin parlaklığı, gölgelendirme efektleri;
- Yağmur, kar, sis, şimşek, gök gürültüsü gibi iklim ve hava koşulları gösterimi;
- Sanal unsurların gösterimi (hareketli sanal tren gösterimi, karayollarında hareketli kara taşıtları (araba, kamyon, tır), hemzemin geçitlerinde hareketli bariyer sistemi, hatt-ı cariyeye eklenebilen binek ve taşıt modelleri, hatt-ı cariyeye çevresinde yer alan coğrafik tamlik esasına göre her türlü bina, istasyon, duvar, çit, elektrik direkleri, üst geçitler, tüneller, sinyal köprüleri, vb.);

• Coğrafik benzerlik temeline göre gerçeğe yakın bitki örtüsü ve jeolojik oluşumlar (vadi, göller, dağlık bölgeler ve tepeler);

• İstasyonlardaki insan yoğunluğu gösterimi;

• Hareket memuru, yol bekçisi ve makasçı tipindeki işaretçilerin taşıdıkları bildiri nesnelere ait gece ve gündüz görüntü farklılıklarının gösterimi (görevlilerin taşıdıkları bayraklar ışıklı el feneriyle, yuvarlak levha şeklindeki diskler ışıklı levhayla değiştirilmektedir.)



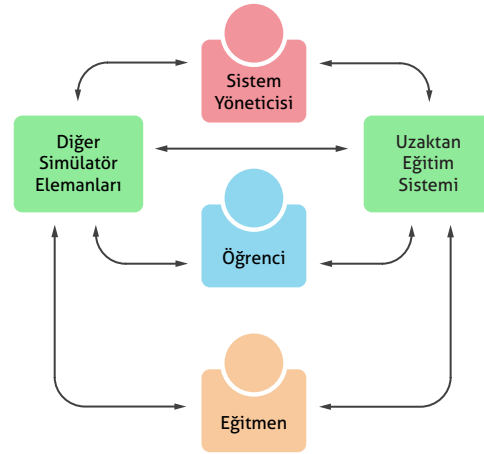
Şekil 12. TRENŞİM 3B LED TV ekran görünümü.

Uzaktan Eğitim Sistemi

Uzaktan Eğitim Sistemi gerek TCDD içindeki ve gerekse TCDD dışındaki makineci adaylarına eğitim gereçlerini her türlü sesli ve görsel yoldan ulaştırarak ve eğitimlerine önemli ölçüde katkı sağlayan bir sistemdir. Uzaktan Eğitim Sistemi'nin ana kullanıcıları ve bu kullanıcıların birbirleri ile ilişkileri Şekil 13'te gösterilmiştir. Buna göre Trensım Uzaktan Eğitim Sistemi, kendi içerisinde bağımsız çalışmasını sağlayan alt bileşenleri olan ve sistem kullanıcılarının etkileşimini sağlayan bir sistem olarak düşünülebilir. Diğer simülasyon elemanlarından ve sistem kullanıcılarından gelen verileri işleyerek performans verilerine dönüştürebilen ve otomatik müfredat oluşturabilen becerisine sahiptir.

Uzaktan Eğitim Sistemi'nin önemli elemanları başlıklar halinde aşağıda özetlenmiştir. Bu elemanların bazıları kendi içerisinde ayrı alt parçalardan oluşmakta ve simülasyonun çalışmadığı durumlarda Uzaktan Eğitim Sistemi'nin bağımsız olarak çalışmasını

sağlamaktadır. Sistem Yönetim Modülü, Ölçme Değerlendirme Sistemi ve İçerik Yönetim Sistemi bir eğitim yönetim sisteminde olmazsa olmaz temel bileşenlerdir.



Şekil 13. Uzaktan Eğitim Sistemi ana yapısı.

Veri Toplama Dosyası

Simülasyon üzerindeki öğrenci performanslarının toplandığı bir veritabanıdır. Buradaki veriler Uzaktan Eğitim Sistemi'nde tetikleyici bir komuta dönüşebilecek çeşitliliktedir.

Öğrenci Talepleri ve Sistem Ayrıştırma Birimi

Öğrenci istekleri tüm simülasyon kullanıcılarını ifade eder. Bu talepler farklı zamanlarda farklı yerlerden gelir. Sistem Ayrıştırma Birimi, gelen öğrenci isteklerini ve simülasyon üzerindeki veri toplama dosyasından gelen başarımlar verilerini önceden tanımlanmış komutlarla ilgili modüle gönderme özelliğine sahip bir yapıdır.

Sistem Yönetimi Modülü

Sistem Yönetimi Modülü, öğrenci ve eğitmen gibi sistem aktörlerini tanımlar, öğrencilerin eğitmenlerle ve derslerle belirli ölçütlere göre ilişkilendirir, ders ekleme ve çıkartma işlemleri ile birlikte ders hiyerarşisini oluşturur.

Ölçme Değerlendirme Sistemi

Uzaktan Eğitim Sistemi'nin simülatörden bağımsız olarak çalışabildiğini gösteren en önemli modüllerden biridir. Eğitim müfredatına göre öğrencilere uzaktan sınav yapmak, eğitmenin ödev vermesini ve ödevleri

değerlendirmesini sağlamak, öğrencinin sistem içerisindeki ders başarımlarını izlemek gibi ölçme değerlendirme işlemlerini yerine getirir.

İçerik Yönetim Sistemi ve İçerik Oluşturma

İçerik Yönetim Sistemi, içeriklerin belirlenen komutlara göre ilgili kişilere ulaştırılmasını sağlayan, SCORM standartlarına uygun olarak hazırlanmış içerikleri okuyabilen ve yeni ders eklemeye olanak tanıyan Uzaktan Eğitim Sistemi'ne bu özellikleri ile esneklik kazandıran bir modüldür. İçerik oluşturma E 43000 model trenler için kullanılan eğitimlerin ara programlar ile etkileşimli olarak hazırlanarak SCORM içeriklere dönüştürülme işlemini sağlamaktadır.

Otomatik Müfredatlar

Otomatik Müfredatlar, veri toplama dosyasından sistemin ayrıştırması ile gelen öğrenci simülasyon performans verilerinin, öğrenciye özel eğitim içerik konu ve türlerine dönüşmüş biçimindedir. Otomatik müfredatlar sayesinde öğrenciler eksik oldukları özel konular ile ilgili eğitimler görebileceklerdir.

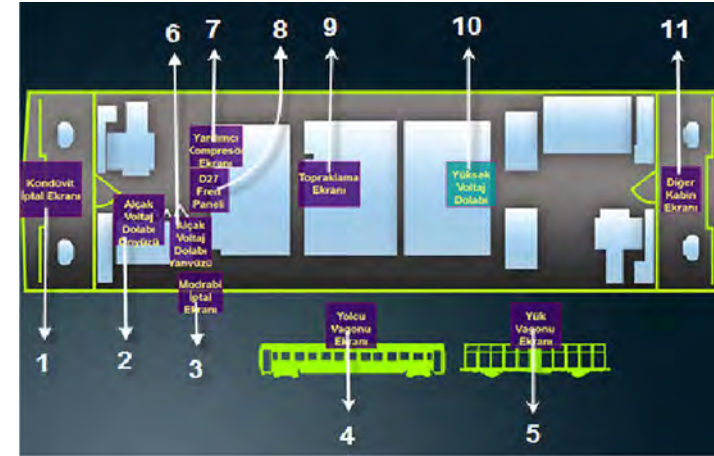
Raporlama

Raporlama, öğrencinin başarımlar verilerini ilgili kullanıcılara önceden belirlenmiş ölçütlere göre sunan kısımdır. Gerektiğinde veri toplama dosyası için de veri üretir.

Kabin Arıza Ekranı

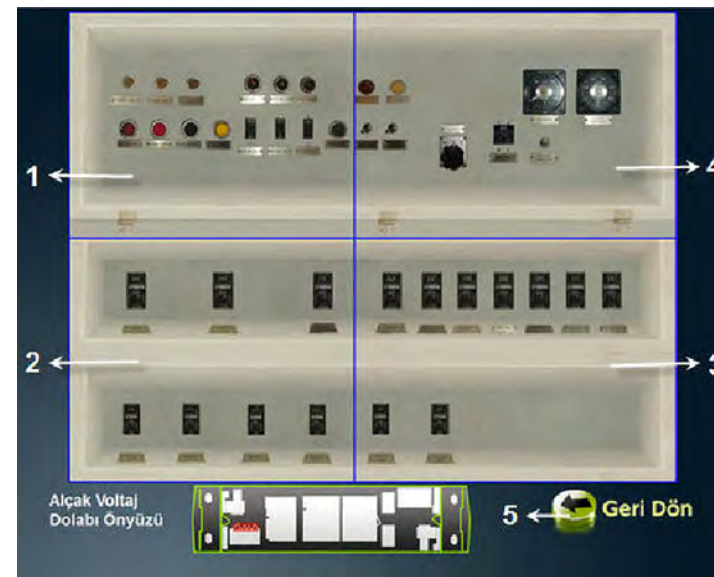
Kabin Arıza Ekranı gömülü bir yazılım olup E 43000 simülasyon kabini içinde bulunmaktadır. Bu ekranın çıktılarının eksiksiz kopyası ise, aynı şekilde izleyici istasyonunda yer alan bir monitör ile izlenebilmektedir.

Arıza ekranı dokunmatik bir ekrandır. Kursiyer, arıza verildiği zaman arızayı çözümlenmek için oturduğu koltuktan kalkıp kabinin arka duvarında bulunan dolap içerisine yerleştirilmiş bu ekranda ilgili sorunu giderme adımlarını uygulayacaktır. Şekil 14, kabin arıza ekranının açılış sayfasını veya ekranını göstermektedir. Bu ekranda, lokomotifin çeşitli yerlerinde oluşabilecek arızaları göstermektedir.



Şekil 14. Kabin arıza ana ekranı.

1. Kondüvit İptal Ekranı.
2. Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü.
3. Modrabl İptal Ekranı.
4. Yolcu Vagonu Ekranı.
5. Yük Vagonu Ekranı.
6. Alçak Voltaj Dolabı Yanyüzü.
7. Yardımcı Kompresör Ekranı.
8. D27 Fren Paneli.
9. Topraklama Ekranı.
10. Yüksek Voltaj Dolabı.
11. Diğer Kabin Ekranı



Şekil 15. Kabin arıza ana ekranı - Alçak voltaj dolabı önyüzü

Örneğin, kursiyer dokunmatik ekran üzerindeki Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü'ne bastığında Şekil 15'teki ekranla aşağıdaki sayfaya karşılaşacak; bu sayfada bulunan 4 panodan birini seçip işlemlerine devam etmesi gerekecektir.

Arızaların giderilmesi noktasında TRENŞİM'de sağlanan bu çözüm son derece kullanışlıdır.

1. Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü 1. Ekranı.
2. Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü 2. Ekranı.
3. Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü 3. Ekranı.
4. Alçak Voltaj Dolabı Önyüzü 4. Ekranı.

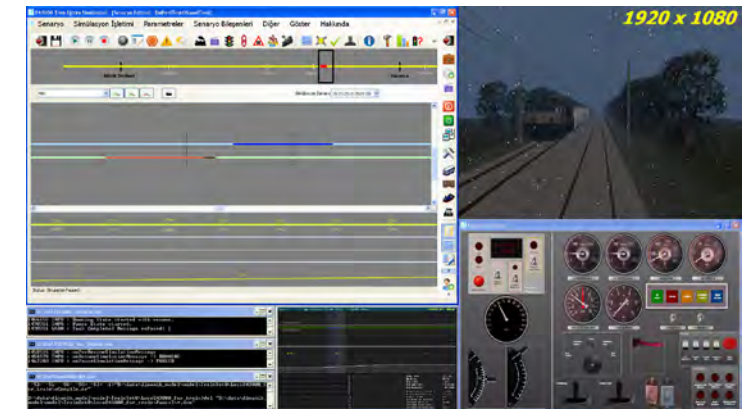
TRENŞİM DOĞRULAMA, GEÇERLEME VE TEST AKTİVİTELERİ

TRENŞİM Projesi'nde tasarım ve geliştirme çalışmalarının yanı sıra doğrulama, geçerleme çalışmalarını kapsayan gözden geçirmeler ve teste hazırlık çalışmaları yoğun bir şekilde yürütüldü. Bu çalışmalar başlamadan önce, Eskişehir TCDD Eğitim Merkezi ziyaret edilerek mevcut simülasyon sistemleri incelendi. Sistemlerin kurumsal bakış açısı ile uyumlu olarak değerlendirilmesine özen gösterildi.

Projede geliştirilen yazılım ve donanım sistemlerinin testlerini etkin olarak gerçekleştirebilmek için istekler (gerekliler) belirlendi. Bu çalışmalar sırasında, oluşturulan tüm isteklerin doğrulanabilirliği gözden geçirildi ve gerekli düzeltmeler yapıldı. Doğrulanamayacak istekler, müşteri ile görüşülerek yeniden düzenlendi. Ayrıca, isteklerin doğrulanacağı yöntemi belirleyen çalışmalar yapıldı. TRENŞİM'de, dört çeşit doğrulama yöntemi kullanıldı: Gösterim, test, analiz ve inceleme.

Doğrulama geçerleme işlemleri ile ilgili olarak Doğrulama Geçerleme Planı, Test Ana Planı, Entegrasyon Yazılım Test Planı, Entegrasyon Donanım Test Planı, Sistem Entegrasyon Test Planı, kabul test senaryosu hazırlandı. Hazırlanan tüm planlar ve Kabul Test Senaryosu müşterinin görüşüne sunuldu, gelen isteklere göre güncellemeler yapıldı.

Tüm isteklerin doğrulanması için, test durumları (test case) ile istekler arasında çift yönlü bağlantılar kuruldu. Çoğu iş paketlerine ait istekler birbirleriyle ilişkili olduğu için, kimi isteklerin operasyonel senaryoları hazırlanarak test edilmesine karar verildi. Ayrıca, birbirleriyle ilişkili iş paketlerinin testlerinde emülatörlerden yararlanıldı.



Şekil 16. TRENŞİM mobil test ortamı.

Özellikle ses ve görüntü ile ilgili geliştirilecek ürünlerin doğrulanması için, bu ürünlerin ilkörneklarının hazırlanarak müşterinin onayına sunulması, projede benimsenen önemli bir ilke oldu. Test çalışmalarında, yazılımın geliştirildiği bilgisayara denk bilgisayarlar kullanılmasına, ekran kartının, görüntü sistemlerinin geliştirildiği bilgisayardakiyle aynı olmasına özen gösterildi.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

TRENSİM Projesi, öngörülen hedefleri ileriye götürmeyi başarmış bir projedir. Diğer bir deyişle, gerek yönetim gerekse teknik anlamda belirlenen hedefler aşılmıştır.

İdari anlamda hedeflerin tutturulmasındaki en önemli etken, proje yönetiminin titizlikle yürütüldüğü toplantılar olmuştur: Haftalık yapılan sistem mühendisliği grubu toplantıları, her ayın ilk haftası yapılan proje yönetim grubu toplantıları, üç ayda bir yapılan ve tüm ekibin katıldığı teknik toplantılar. Bu toplantıların, projenin yürütmeye kalmasında büyük katkısı olmuştur. Toplantılarda alınan kararlar titizlikle yerine getirilmiş ve sonuçları kontrol edilmiştir.

Geliştirilen TRENSİM Projesi ile sağlanması öngörülen kazanımların bazıları aşağıda verilmiştir:

- Simülasyonun Türkiye’de tasarlanması ve üretilmesi, ilerde değişen ve artan ihtiyaçlara göre sistemin uyarlanmasını sağlayacaktır.
- Simülasyonla eğitim sayesinde kursiyerlere kuramsal olarak verilen bilgiler uygulamalarla pekiştirilmiş olacaktır.
- Teknik arızalar ile gerçekte büyük can ve mal kaybına yol açabilecek hatalar, kursiyere objektif olarak gösterilebilecektir.
- Makinist adaylarının öğrenme ve gelişim süreci otomatik olarak izlenebilecektir.
- Usta-çırak ilişkisine ağırlık veren geleneksel eğitime göre daha kısa sürede ve daha ucuza makinist yetiştirilmesi sağlanabilecektir.
- Öğrenciler simülasyonla binmeden önce, buldukları yerde, uzaktan eğitim yoluyla ön eğitimden geçirilebilecektir. Bu da eğitimin maliyetini düşürecektir.
- Eğitim sonrasında öğrencilerin kendi bölgelerinde eğitimcilerle bilgi ve deneyimlerini paylaşacakları bir ortam oluşturulacaktır.
- Eğitimler istenildiği kadar sık tekrarlanabilecek ve farklı eğitim senaryoları uygulanabilecektir.
- Yurtdışı simülasyon konusunda bağımlılık azalacaktır.
- Benzeri yerli üretimler için alt yapı oluşturulmuş olacaktır.
- Gelecekte, diğer kurumlarda oluşan bu yeteneklerden, ortak projeler yapılması sureti ile yeteneklerden sürekli faydalanılması sağlanacaktır.
- Projede ar-ge sonucu elde edilen bilgi ve deneyimler, ileride farklı alanlarda kullanılabilir.

Yukarıda sıralanan deneyim ve bilgi ile aşağıda verilen tür projelerde de yer alınabilecektir:

- Hareketli platformlu ve platformsuz her türlü demiryolu simülasyonunun yapılması;
- Hafif raylı ulaşım sistemleri için eğitim simülasyonlarının geliştirilmesi;
- Halka TCDD’nin sevdirilmesi amacıyla lokomotif simülasyon oyununun yapılması;
- Mevcut simülasyonların güncellenmesi çalışmaları.

TEŞEKKÜR

Projenin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için her türlü desteği eksiksiz ve sürekli TCDD Eğitim Daire Başkanlığından Murat ŞENEKEN ve Mehmet EKTAŞ’a, Eskişehir Eğitim Merkezi Müdürü Halim SOYTEKİN’e, Eğitim Uzmanı Kemal ÜRGEN’e ve Tekniker Niyazi ULUALAN’a ve TCDD’deki projeye destek veren tüm yönetici ve çalışanlara teşekkürü bir borç biliriz.

Öte yandan danışmanlarımız Prof.Dr. Abdülkerim KAR, Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN ve Yrd. Doç. Dr. Semih SEZER’e ve proje ortaklarımıza (DEVNET ve 5M) desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Projede çalışanlarımızın özveri olmadan sonuç alınmaz. Çalışanlar bir grup değil de bir ekip oluşturabildiğinde, projenin başarısı büyük ölçüde sağlama bağlanmış olur. Proje süresince karşılıklı saygı ve olgunluktan ödün vermeden yeteneklerini birleştirerek bir ekip oluşturan TRENSİM Projesi ekip arkadaşlarımıza içtenlikle teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

- [1] M. Luczak, "High-tech training tools", Railway Age, Temmuz, 2000, 39-40
- [2] M. Söylemez, S. Açıkbaş, "DC Beslemeli Raylı Ulaşım Sistemlerinin Simülasyonu", Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi, Eylül 2005, pp. 492-495
- [3] <http://www.tcdd.gov.tr/kurum/simulator.htm>
- [4] EADS - Very High Speed, Intercity and Suburban Train Simulators, http://www.railway-technology.com/company_printable.asp?ProductSubGroupID=1315&CompanyID=6497
- [5] USA Army LETS - Locomotive Engineer Train Simulator, http://www.acme-worldwide.com/Projects/projects_Army_Train.htm
- [6] <http://www.canac.com/index.php?page=products-trnsim>
- [7] Krauss-Maffei Wegmann web site, <http://www.kmweg.de/gb/frame.php?page=44>
- [8] Corys web site, <http://www.corys.com>
- [9] B. K. Len, P. C. Rick, *Software Architecture in Practice*, 2nd Ed. Addison Wesley. ISBN: 0-321-15495-9, April, 2003.



YAZAN: UMLUT ULLUDAĞ
ÇİZEN: KAMİL AYDİLEK



GÖMÜLÜ BENZETİM

GÖMÜLÜ BENZETİM NEDİR?

WASIF PROJESİ

NETWORKED WASIF PROJESİ

NETWORKED WASIF SONRASI VİZYONLAR

BURAK SELÇUK SOYER

GÖMÜLÜ BENZETİM NEDİR?

Günümüzde birçok benzetim türünün ortaya konduğunu ve bunların sınıflandırıldığı daha önceki yazıdan hatırlıyoruz. Ancak benzetim çeşitlerinin sınıflandırılması sorunsuz değildir. Buradaki sorun, insanın benzetimdeki katılımının son derece değişken olması ve bu nedenle ilgili sınıflandırmada ortaya konan benzetim türleri arasında kesin bir sınırlar çizilememesidir. Bu tabloya gömülü benzetimi eklediğimizde durum biraz daha karışık olmaktadır. Nitekim benzetim camiasında, gömülü benzetimin herkesi hoşnut edecek bir tanımının olmadığını, hatta böyle bir tanım oluşturma çabasında da pek bulunmadığını görmekteyiz. Ayrıca gömülü benzetim yukarıda sözü edilen sınıflandırmada yer almamaktadır. Ancak biz bu makalenin kavramsal bütünlüğüne uygun olarak gömülü benzetimi aşağıdaki gibi tanımlamak istiyoruz:

Belirlenmiş bir eğitim anlayışı çerçevesinde, kullanılacak her türlü aracı, teçhizatın ve donanımın üzerinde yapılacak değişikliklerle birlikte veya bu donanımların replikalarını kullanarak sanal veya gerçek ortamda eğitim vermeyi olanaklı kılan modeller ve benzetimlerdir.

Bu tanım belki de gömülü benzetimin içinde, yukarıdaki sınıflandırmada belirtildiği gibi, canlı, sanal ve kurgu tabanlı model ve benzetimlerin hepsinin birlikte yer aldığı akla getirmektedir. Buna dayanarak gömülü benzetimin günümüzde birçok alanda uygulandığını ve özellikle askeri alanda uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Bununla birlikte, gömülü benzetimin sadece askeri alanda değil diğer alanlarda da uygulamalarını görmek mümkündür:

- Deniz, hava ve kara savunma sistemlerinin eğitimi;
- Hava muharebe sistemlerinin eğitimi;
- Hafif ve ağır silahların atış eğitimleri;
- Askeri ve emniyet güçlerini yere konuşlandırılmış silahlarla eğitmek üzere yapılan eğitim sistemleri;

- Kriz merkezi yönetimi personelinin eğitimleri;

- Afete müdahale ekibinin ve kullandığı donanımların eğitimleri;

Bu sıralamadan, gömülü benzetim kavramının artık bir gömülü eğitim platformu anlayışına dönüşme eğiliminde olduğu gözlemlenebilmektedir. Bu eğilime göre, günümüzden başlamak üzere, gelecekteki gömülü benzetim sistemlerinin aşağıdaki özellikleri taşıyor olmaları beklenmektedir:

- Eğitimi olanaklı kılan özel bir donanım olmaması;
- Bilgisayar tarafından üretilen dağıtık gömülü kuvvetler;
- Komuta kontrol sistemleri (C4ISR: Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) ağ şebekesi üzerinden bağlantılı;
- Gömülü Taktik Angajman Benzetimleri;
- Tek tür arazi veritabanı;

Bu özelliklerin hepsi sağlandığında, gömülü benzetim anlayışı doruk noktasına ulaşmış olacaktır. Oysa gömülü benzetim bundan yaklaşık 30 yıl kadar önce yolculuğuna başlamıştı; ama görtünen o ki, bu düzeye ulaşması için daha uzun bir yol gitmesi gerekiyor. Ancak dünya devletleri bu alanda ilgisiz değiller. Amerika Birleşik Devletleri 1997'de başlattığı Silahlı Kuvvetlerin Araçlarına Benzetim Teknolojisini Yerleştirme (Army's Inter-Vehicle Embedded Simulation Technology) adlı programla tüm muharebe araçlarına, 2025 yılına kadar, gömülü benzetim yeteneğini kazandırmak istiyor. Bu hedef birçok endüstri liderleri tarafından ulaşılabilir bir hedef olarak ta kabul görmektedir. Dolayısıyla bizim ülkemiz bu alanın neresinde ve ne ölçüde yer alıyor diye bir soru akla gelmektedir. Açıkçası 2023'e kadar kendi tankını ve avcı uçağını yapmayı hedefleyen bir ülke için, bu araçların gömülü benzetim anlayışına uygun olarak üretilmesi gerektiği ortaya çıkıyor. Bu ciddi bir planlama ve bütçe gerektirir.

Fakat Türkiye'nin bu konuda elini kolunu bağlamış bir ülke olmadığını belirtmekte fayda var. Geçen 10 yıl içinde, gömülü benzetim alanında, TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi) BTE (Bilişim Teknolojileri Enstitüsü) iki önemli projeyi başarılı bir şekilde sonlandırmıştır. Bununla birlikte, TÜBİTAK MAM yerleşkesi içinde yeni kurulan BİLGEM çatısı altında, BTE bugün de bu alanda çalışmalarını sürdürmektedir. Bundan sonraki iki bölümde, bu iki proje hakkında bilgi vererek Türkiye'nin bu alanda yaptıklarını özetlemeye çalışacağız.

WaSiF PROJESİ

WaSiF (Weapon System Simulation In Flight) projesi, EUCLID mutabakat anlaşması çerçevesinde, Batı Avrupa Silahlanma Grubu (WEAG) çatısı altında desteklenen CEPA-11 Modelleme ve Benzetim Araştırma ve Teknoloji Programı (RTP) kapsamında, RTP 11.12 koduyla bilinen, 2000 ile 2003 yılları arasında yürütülmüş bir teknoloji gösterim projesidir. Projeyi gerçekleştiren beş Avrupa ülkesinin milli savunma bakanlıkları hem projenin müşterisi olmuş hem de proje kapsamında yapılan deneme ve gösterim uçuşları için özel olarak seçilmiş test pilotlarını tedarik etmişlerdir.



WaSiF projesi bir teknolojik gösterim projesi olması sebebiyle, bir ön araştırma gerektirmiştir. Bu araştırmayı sağlayan RTP 11.7 projesi, uçuş sırasında silah sistemlerinin benzetiminin yapılabileceğinin teknolojik olurluğunu göstermiştir ve RTP 11.12 projesine istenilen ve beklenen girdileri sağlamıştır.

WaSiF, hava muharebesine her an hazır olan savaş pilotlarını eğitmek amacıyla gerçekleştirilmiş bir projedir. Bunu sağlamak üzere pilotların gerçek uçuş şartlarında ve ancak sanal olarak görü-

mesafesi dışında (BVR) olan havadan havaya karşı güçlere ve yerden havaya (Surface-to-Air-Missile) tehditlere karşı angajmanları planlanmıştır. Bu planları gerçekleştirmek için uçağın aviyonik sistemleriyle tümleşik olarak çalışabilen bir benzetim bilgisayarı ile havadan havaya tüm düşman güçleri ve yerden havaya oluşturabilecek tüm tehditlerin benzetimini yapan yazılım modülleri gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar tarafından üretilen havadan havaya karşı güçlere istenilen düzeyde çeviklik ve saldırganlık vermek mümkün iken, yine benzer şekilde bilgisayar tarafından üretilen yerden havaya her türde ve yetenekte tehditler temsil edilebilmiştir. Tüm bunlar özerk bir şekilde yürütülmüş, yerden haberleşme desteği almaya gereksinim duyulmamıştır.

Avcı uçağının içinde benzetilen silah sistemleri, sırasıyla, en gelişkin bir havadan havaya çok modlu radar, bir radar ikaz alıcısı, otomatik radar yanıltma metalfolyesi (chaff) ve son olarak orta menzilli radar füzeleridir. WaSiF projesinin, modüler yapısının yanında, ortaya koyduğu ilkelerden biri de hiç kuşkusuz avcı uçağının özgün olan tüm silah sistemini yüksek sadakatla replike edebilmiş olmasıdır. Bu başarılı replikasyon sayesinde yüksek derecede tümleşik modern aviyonik sistemle olan etkileşimlerden doğabilecek, uçuşla ilgili emniyet kaygıları ve karşılıklı etkilemelerin önüne geçilmiş olmaktadır.



On yıllık geçmişe bakıldığında, WaSiF projesi, bir avcı uçağına yerleştirilmiş bir bilgisayar ile sağlanan ilk gerçek zamanlı gömülü benzetim eğitim sistemidir. WaSiF iki alt sistemden oluşmaktadır. Birinci alt sistem hava sistemidir, ikinci alt sistem ise yere bağlı olan sistemdir. WaSiF sistemi, aşağıdaki maddeleri sağlayacak biçimde uçağına yerleştirilmiş otonom ve gerçek zamanlı, eksiksiz ve kendine yeterli bir silah sistemi benzetimi sunmaktadır:

- Uçağın algılayıcılarıyla birlikte diğer özgün silah sisteminin gerçek zamanlı benzetimi.
- Sanal görüş uzaklığı dışındaki gerçek zamanlı benzetim senaryosu:

- Bilgisayar destekli kendine özgü uçak modeline sahip havadan havaya sanal düşman kuvvetler; WaSiF silah sistemiyle aynı gerçek zamanlı silah sistemi benzetimi, rol atama (avcı, eskort, bombardımancı ve diğerleri), beş durumda olabilen rol davranış modelleri (tepkisiz

olmaktan değişken düzeyde saldırgan olmaya varan davranış desenleri) ile düşman kuvvetlerin manevra ve silahları kullanma mantığı;

- Bilgisayar destekli yerden havaya gerçekçi olan tehdit yüzeyinin oluşturduğu ortama, radar gözetleme ve radar yakalama, atış kontrol radarı ile değişken başarımda füze unsurlarının katılması,

- Tüm katılımcılar için sayısal arazi yükselti veri dosyalarına (DTED) ve görüş hattı denetimine dayanan ortak bir arazi veritabanı;

c) Gömülü benzetimi mümkün kılan, havadaki donanım olarak kullanılan Wasif benzetim bilgisayarı (WSC).

WaSiF hava mürettebatı, uçağın var olan aviyonik sistemiyle insan makine arayüzünü kullanarak etkileşmektedir. Bu sistemle savaş pilotlarının savaş taktik uçuşlarının ve savaşma yeteneklerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amaçlanmıştır. WaSiF sistemi İtalyan AerMacchi firmasının tedarik ettiği MB-339CD eğitim uçağı üzerine yerleştirilmiştir. Bu uçağta bir silah sisteminin olmaması, silah sistemi benzetiminin WaSiF'in hava alt sistemi içerisinde kotarılmış olduğu anlamına gelmekteydi.

WaSiF'in yer alt sistemi ise gerekli olan görev hazırlama ve görev sonrası değerlendirme araçları için gerekli yazılım ve donanım unsurlarını barındırmaktaydı. Burada kullanılan tüm yazılım ve donanımlar, COTS (commercial of the shelf) tabanlı bir bilgisayar üzerinde sağlanmış, verilerin uçağına fiziksel olarak aktarılması ise, Görev hazırlama istasyonu ve veri iletim sistemi kaseti yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

TÜBİTAK MAM BTE olarak bu projede yer almış olmayı, bir ayrıcalık olarak görmekteyiz. BTE bu projede önemli bir yazılım desteği sağlamıştır. WaSiF'in Türkiye ayağındaki proje ekibi, görev hazırlama istasyonunda kullanılan görev planlama yazılımı ile pilotların görev sonrası başarımlarının değerlendirilmesini sağlamıştır. Bunlara ek olarak, benzetimin WSC'de çalıştırılması sırasında ve senaryoda tanımlanmış angajmanlar çerçevesinde, WaSiF uçağının ve dolayısıyla pilotun ve diğer tüm bilgisayar destekli düşman güçlerinin ve tehdit unsurlarının ürettiği veriler toplanmış ve WSC üzerinde kayıt edilmiştir. Bu veriler daha sonra yer sisteminde yeniden oynatım (debrifing) yazılım aracında izlenerek pilotların operasyon sonrası (After Action Review) değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

WaSiF projesinin belki de en önemli ayağı test pilotlarının WaSiF projesini değerlendirebilmiş olmalarıdır. Sistemi değerlendirecek olan hava mürettebatında beş katılımcı ülkeden gelen pilotlarla MB-339CD iyi bilen kıdemli bir test pilotu yer almıştır. Ülkelerden gelen test pilotları sırasıyla Almanya, Portekiz, Hollanda, İtalya ve Türkiye'den katılmışlardır. Projeyi gerçekleştiren endüstri grubu içinde yedi endüstri ve enstitü yer almıştır. Bunlar sırasıyla, eski ismiyle DASA, şimdiki EADS, AerMacchi, NLR ve FokkerSpace, INETI ve OGM ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezidir. Projede toplam dört arka koltuk ile beş ön koltuk deneme uçuşları ile dört arka ve ön koltuk gösterim uçuşları gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlardan elde edilen genel görüş ise "iyi" ve "çok iyi" olmuştur.

Sonuç olarak WaSiF projesini başarıya taşıyan kilit noktaları şöyle özetlenebilir:

- WaSiF uçağında yer alan yetenekli bir COTS bilgisayarı;
- Birçok uygulamaya izin veren modüllü benzetim yapısı;
- Uçağın var olan aviyonik altyapısını etkilemeden, standart MIL-Bus 1553B veri yolu kullanılarak gerekli uyarlamaların yapılabilmiş olması.

NetWaSiF PROJESİ

Networked WaSiF veya kısaca NetWaSiF projesi, 2005 ile 2008 yılları arasında gerçekleştirilmiş WaSiF projesi gibi, bir teknoloji gösterim projesidir. WaSiF projesinden gerekli imreyi alan NetWaSiF, bu kez Hollanda'nın projeden çekilmesiyle dört Avrupa ülkesi tarafından geliştirildi ve sonuçlandırıldı.

NetWaSiF projesi imzalanmadan birkaç ay önce, Mayıs 2005'te WEAG kapatıldı. Bunun üzerine, proje Almanya'nın liderliğinde sürdürülmesine karar verildi. WaSiF'i yapan eski Türk ekibinin yerine yeni bir ekip atandı ve projenin imzalandığı tarihte işe başlandı. NetWaSiF projesine Türkiye'nin yanında, iki endüstrinin (Alenia ve Diehl BGT Defence) daha katılmasıyla programın katılımcıları tamamlanmış oldu.

NetWaSiF, teknolojik yapılabirliği kanıtlanmış somut bir çalışmanın omuzları üzerine kurulmuş bir projedir. WaSiF, uçağa yerleşik bir benzetim bilgisayarı ile bireysel olarak savaşa hazır pilotların yetiştirilebileceğini göstermiştir. Artık bireysel eğitimden takım eğitimine geçişin olabirliğini göstermek NetWaSiF projesinin tek amacı olmuştur. NetWaSiF projesi bunun için, ilk kez gerçek zamanlı ve ağ tabanlı sanal bir eğitim ortamına iki avcı uçağının katılmasını önermiştir.

Bu iki uçak, yine WaSiF'te olduğu gibi, görüş uzaklığı dışında kalma ilkesine uygun olarak muharip güçlerini birleştirecekti. Aslına bakılırsa, NetWaSiF projesi WaSiF projesinin ağıl biçimi gibi davranacaktı. Bununla birlikte, bu projenin sonunda, ağ tabanlı yere bağlı hava savunma eğitimlerinin önemli bir kısıtlamasının üstesinden gelinebileceği gösterildi. Bu tür eğitimlerde kayıp hedefler bir sınırlama oluşturuyor ve bunun sonucunda avcı uçağı pilotlarına yeni ve değişken operasyon yapılan ortamlar için sınırlı senaryolar sunulabiliyordu.

NetWaSiF projesi, WaSiF anlayışına dayanarak bir veri hattı üzerinden WaSiF'i bir tümleştirilmiş hava savunma ağına katmayı hedeflemiştir. Proje kapsamında kullanılan test uçaklarının görevlerini, uçan hava ortamı platformları için düzenlenen sanal veya gerçek senaryolarla yerine getirebileceklerdi. Uçakla tümleşik, gömülü benzetim teknolojileri güvenli AACMI (Autonomous Air Combat Maneuvering Instrumentation) veri hattı ile birleştirilerek gerçek olarak uçan iki uçakla aynı anda çalıştırılan gerçek zamanlı sanal senaryolarda yer alınabilecek ve düşman kuvvetlerle muharebe eğitimi verilebilecekti.



İtalya bu projeye WaSiF'te kullanılan Aermacchi MB339CX uçağının kanat altı bölmesine monte edilen FPR (Flight Profile Recorder) koruyucu kapsülünü (Pod) tedarik ederken, AleniaAermacchi yeni geliştirdiği M-311'i sağladı.

Yeni uçak için yeni bir WSC tasarlanması ve gerçekleştirilmesi gerekiyordu. FPR veri hattı bu uçak için de veri iletim aracı olarak görev gördü. Bunun yanında WSC yazılımı iki uçakla iletişimi sağlayabilmesi için yeniden yazıldı. Yeni arayüzler tasarlandı, geliştirildi ve testlerden geçirildi. Projenin geliştirme aşaması yaklaşık bir yıl sürdü, ancak WSC'lerin iki uçakla bütünleştirilmesi ve bunun ardından yapılan yer testleri ve teknik anlamda test uçuşları, projenin gösterim ve değerlendirilmesini, 2009 Temmuz ayına kadar geciktirdi.

NetWaSiF projesinin mimarisi üç temel sisteme dayanmaktadır. Bunlardan birincisi hava ortamı, ikincisi RTTP (Real Time Tracking & Positioning) sistemi ve sonuncusu yer ortamıdır.

Hava ortamını, iki avcı uçağı ile bu uçaklarla tümleşik olan WaSiF benzetim bilgisayarları temsil etmektedir. Her iki uçağın içinde, kendi silah sistemlerinin benzetimi, bilgisayar destekli havadan havaya düşman kuvvetleri ve yerden havaya tehditlerin benzetimi yer almıştır. Bununla birlikte yine her iki uçakta havadan havaya çok modlu radar, bir radar ikaz

alıcısı, otomatik radar yanıltma metalfolyesi (chaff) ve son olarak orta menzilli radar füzeleri şeklindeki silah sistemlerinin benzetimi yer almıştır. İki avcı uçağının iletişimi ve veri aktarımı kanat bölmeleri altında bulunan podlar vasıtasıyla sağlanmış, hava ortamıyla yer ortamının iletişimi ise RTTP üzerinden gerçekleştirilmiştir. RTTP'ye her iki uçaktan gelen veri paketleri, yer sistemine havada senaryo bağlamında gerçekleşen olaylara anlık erişim olanağı sunarken, yer sistemini aynı zamanda canlı bir izleme merkezine dönüştürüyordu.

Bu projede yararlanılan veri hattı, Flight Profile Recorder (FPR) diye bilinen ACMI (Air Combat Maneuvering Instrumentation) sistemiydi. FPR veri hattı yazılımı NetWaSiF sisteminde üretilen benzetim verilerinin Aermacchi MB339CD ile M-311 eğitim uçakların arasında dağıtılmasını sağladı.

FPR'yi koruyucu bir kapsül içinde uçuşla ilgili kritik verilerin toplanmasını ve kayıt edilmesini sağlayan, her türlü elektronik bileşen ve gömülü yazılımla tümleşik bir sistem olarak düşünebiliriz. Bu kapsülün ya da diğer bir adıyla pod'un içinde UHF (ultra high frequency) ve S bandında iletim sağlanmış, MB339-CD'in harici füze istasyonuna montajı yapılmıştır. M-311 uçağında ise bu sistem, uçağın uygun bir iç bölümünde yer alan ¼ boyutundaki ATR (Air Radio Transfer) kutusunun içine yerleştirilmiştir.

NetWaSiF'de kullanılan veri hattı sistemi S bandı iletim kanalı, iki NetWaSiF benzetim bilgisayar (WSC) birimleri ile yerde konuşlu bulunan ve RTTP'den gelen veri paketlerini doğrudan karşılayan Ağ Arabirimi Yer Bilgisayarı (NIC) arasında kullanılmıştır.

Öte yandan, pilotların avcı uçağıyla etkileşimini sağlayan insan makina arayüzünde çok az düzeyde değişiklik yapılmıştır. Gerçekleştirilen bir ekleme işlemi sonucunda NetWaSiF ile ilgili sanal senaryolardan sağlanan içeriklerin ekranda görüntülenebilmesi için, benzetim kontrol panelleri var olan ekranlarla bütünleştirilmesi gerekmiştir. Bunun yanı sıra, her iki uçaktaki taktik senaryolar kendi gerçek verileriyle temsil edilebilmiş ve yer istasyonunda bilgisayar tarafından üretilen düşman kuvvetlerin konum, hız, irtifa değerleri

uçaklardan gönderilen verilerle gerçek zamanda ilişkilendirilebilmiştir.

NetWaSiF projesinin en heyecanlı anları kuşkusuz ki, test uçuşları ve gösterim zamanında yapılan gösterim uçuşları olmuştur. Değerlendirme uçuşlarını 3 gün süreyle 4 ülkeden katılan test pilotları gerçekleştirmiştir. Bu süre içinde 9 görev ile 18 uçuş icra edilmiş ve yaklaşık 18 saatlik toplam uçuş süresi sağlanmıştır. Uç hava koşulları, yüksek nem sağlamış ve gök gürültülü fırtına, atmosferik zayıflamaya neden olurken, bunun bir sonucu olarak edilmiş ve yaklaşık 18 saatlik toplam uçuş süresi sağlanmıştır. Uç hava koşulları, yüksek nem sağlamış ve gök gürültülü fırtına, atmosferik zayıflamaya neden olurken, bunun bir sonucu olarak edilmiş ve yaklaşık 18 saatlik toplam uçuş süresi sağlanmıştır. Ancak NetWaSiF gürbüz bir tavır sergileyerek %40'lık veri kayıplarına karşım işlevselliğini muhafaza edebilmiştir.

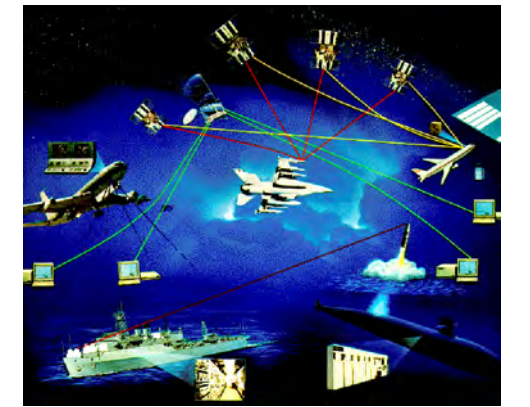
TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi diğer dört ülkede olduğu gibi bir endüstri grubu olarak projeye katılmıştır. WaSiF projesinde olduğu gibi yazılım olarak destek sağlamıştır. Pilotun başarımını değerlendirme ve görev hazırlama yazılımları NetWaSiF düzenine uygun olarak yeniden yazılmıştır. Veri toplama modülünün de yeniden yazılması gerekmiştir. Çünkü bu kez iki uçakta toplanacak veriler ve yer istasyonunda yapılacak AAR oturumları için oluşturulan veri dosyaları tek bir dosya içinde birleştirilmesi gerekmiştir. Tüm bu çalışmalar proje ekibini sık sık yurt dışına çıkmaya zorlamıştır. NetWaSiF projesinin başarılı olmasının en önemli nedenlerinden biri ekip ruhunun tüm program boyunca korunmuş olmasında yatmaktadır.

NetWaSiF SONRASI PROJE VİZYONLARI

Katılımcı ülkeler NetWaSiF projesinden sonra nasıl bir ilerleme gösterebilirler? NetWaSiF bir teknoloji gösterim projesi olduğu için, proje süresince ürüne yönelik bir çalışma söz konusu olmamıştır. Projeden sonra her ülke kendi olanaklarıyla projenin çıktılarını kendi ülke çıkarlarına göre kullanmaları mümkün olabilecektir. Gerek görülürse, bundan sonra da yine ortaklık çatısı altında gömülü benzetim projeleri geliştirilebilir. Ancak, belki de istenen ülkelerin kendi başlarına bu girişimleri yapmalarıdır.

NetWaSiF'i izleyecek yeni teknoloji gösterimlerinin aşağıdaki alanlarda yapılabilmesini umuyoruz:

- Teknoloji gösteriminin taktik olarak "Karma Avcı Uçağı Kuvvet Operasyonları"na uygulanması
- WaSiF donanımının Pod düzeyinde küçültülmesi
- NetWaSiF'in operasyonel hava araçlarına yerleştirilebilmesi (TOR, F-16, diğer eğitim uçakları)
- NetWaSiF teknolojisinin diğer alanlara uygulanması (A-UAV, vb.)
- Gerçek zamanlı veri iletimi ve değişik kavramların oluşturulması



KAYNAKÇA

[1] R. E. Shannon, *Systems Simulation*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 1975.

[2] K. H. Bartoldus, *Training with Embedded Simulation*, Research & Technology Organization, 2008, Report Reference: RTO-MP-MSG-60-26.

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Live_virtual_and_constructive

44 Hz

86 Hz

170 Hz

340 Hz

679 Hz

1 3 kHz

2 6 kHz

5 1 kHz

10 1 kHz

20 kHz

C4ISR

Kavramsal Modelleme ve Benzetim Sistemi

İçinde bulunduğumuz bilgi çağının sunduğu olanaklar, dünya silahlı kuvvetlerinin hareket alanlarında düşman ve kendi birliklerine ilişkin bilgiyi toplama, gerekli kademelere ulaştırma ve karar verme süreçlerine çok önemli katkılar sağlamıştır. Günümüzdeki savaşlarda, bilgiye gereksinim duyulan yer ve zamanda, gereksinim duyulan ayrıntı ve doğrulukla ulaşabilen kuvvetler, düşmanlarına karşı üstünlük sağlamaya başlamışlardır.

Ramazan CENGİZ

Giriş sayfasında belirttiğimiz gelişmelerin yanı sıra, gelecek 15-20 yıl içerisinde hareket sahasının; uzun erimli, isabetli vuruş yeteneği olan, tahrip gücü yüksek, gelişmiş harp silah ve araçları, keşif, gözetleme ve bilgi toplama sistemlerindeki büyük gelişmeler ve uzay çalışmalarında elde edilen başarılar nedeniyle genişleyeceği, ilgi ve etki alanının büyüyeceği düşünülmektedir.

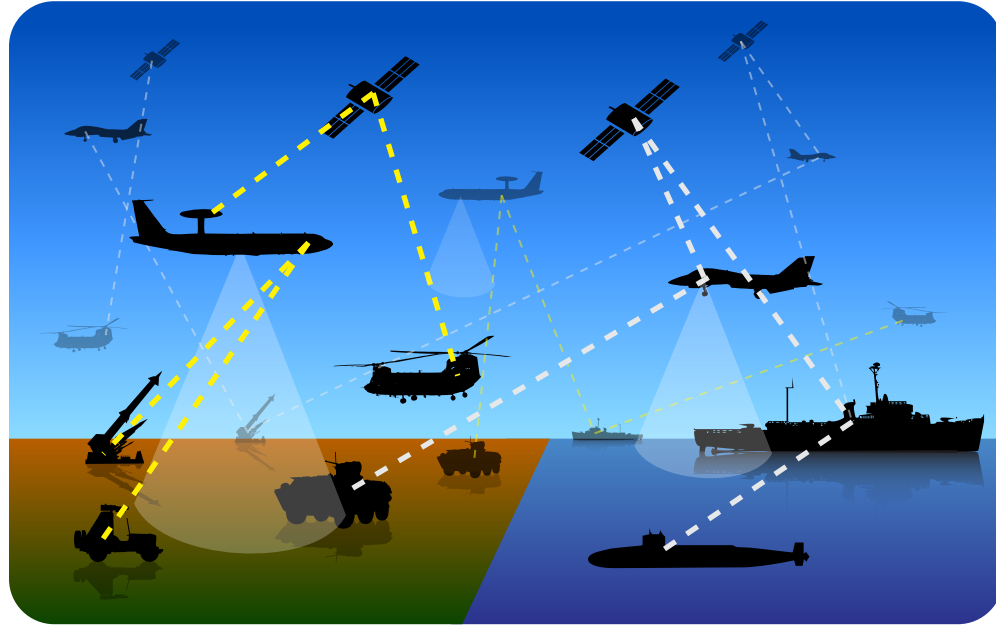
Bu kapsamda, düşmanı uzaktan izlemek, düşman faaliyetlerinden haberli olmak, erken uyarı sağlamak, son durumu gerçek veya gerçeğe yakın zamanlı oluşturmak ve kullanıcılara eş zamanlı olarak ulaştırmak amacıyla kullanılan komuta, kontrol, iletişim, bilgisayar, bilgi toplama, gözetleme ve keşif (command, control, communication, computer, intelligence, surveillance, and reconnaissance - C4ISR) sistemleri, günümüzde çağdaş ülkelerin silahlı kuvvetleri tarafından önemli bir kuvvet çarpanı olarak değerlendirilmektedir. Pek çok ülke güncelleştirme bütçelerinin önemli bir oranını, silah sistemlerinin tedariki yerine, var olan C4ISR yeteneklerini arttırmak için kullanmaktadır.

C4ISR ve benzer sistemlerin geliştirilmesi ya da tedarik edilmesi sürecinde karşılaşılan en önemli sorunlar,

- Geliştirilecek ya da tedarik edilecek sistemin, gereksinimi tam olarak karşılayıp karşılayamayacağını öngörülebilmesi;
- Gerekli sistem sayısının önceden kestirilememesi;
- Sistemlerin nerelerde konuşlandırılacağına bilinmemesi;
- Sistemlerin en uygun kullanım biçiminin ne olacağına karar verilememesidir.

Bu tip sorular çoğunlukla gerçek prototiplerin yardımıyla yanıtlanmaya çalışılmaktadır. Ancak bu yaklaşım, proje süresinin uzamasına, maliyetinin yüksek olmasına, geliştirici ve gereksinim sahibi makam tarafında belirsizlik ve risklerin oluşmasına neden olmaktadır.

C4ISR platform ve sistemlerine ilişkin başarımlar, maliyet ve etkinlik



Şekil 1. Bir C4ISR sistemi.

çözümlenmelerinin yapılması; bu sistemlerin etkileşimlerinin oldukça karmaşık olması nedeniyle analitik yaklaşımlarla yapılması oldukça güç, hatta olanaksızdır. Bu nedenle, anılan yapı ve sistemler bilgisayar ortamında modellenmiş benzetilerek, kısa zamanda ve benzetim tabanlı tedarik kavramına uygun olarak dinamik çözümlenmesi yapılabilmektedir. Anılan yaklaşıma uygun olarak, modelleme ve benzetim yöntemleri, pek çok ülke tarafından, günümüzde, değişik alanlarda, yoğun olarak kullanılmaktadır.

Günümüze kadar çeşitli amaçlarla geliştirilen pek çok savaş oyunu ve çözümlenme modellerinde C4ISR sistemlerinin tam ve iyi olduğu (bilginin istenilen yer, zaman ve ayrıntıda olduğu) varsayılmış, dolayısıyla C4ISR sistemlerinin ayrıntılı çözümlenmeleri yapılamamıştır.

TSK bünyesinde de, C4ISR sistemlerinin görüş geliştirme, kuvvet yapısı ve "maliyet x etkinlik" çözümlenmeleri ile personel eğitimleri ekonomik, etkin, verimli ve dinamik bir şekilde yapılamamaktadır. C4ISR modelleme ve benzetim sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması sonucunda maliyeti daha az, etkin ve verimli personel eğitimlerinin ve çözümlenmelerinin yapılabileceği değerlendirilmektedir.

1. C4ISR SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Proje kapsamında, C4ISR'nin yapısı üç yönden değerlendirilmiştir. Bunlar, C4ISR sistemini oluşturan bileşenler, bileşenlerin yerine getirdikleri görevleri ve işletimi içeren C4ISR çevrimi ve C4ISR sistemleri için senaryo özellikleridir [1].

1.1. C4ISR ve Bileşenleri

C4ISR bir görüşü, yönergeleri, düzeni, personeli, araçları, düzenlemenin tüm düzeyleri arasındaki yetkileri ve çalışmalarını planlamak ve yönetmek için gerekli veriyi zamanında, doğru olarak elde etmeyi, iletmeyi içeren tümleşik bir sistemdir.

Bir C4ISR sistemi, komuta kontrol, iletişim, bilgisayar, haber toplama, gözetleme ve keşif (C2, communication, computer, intelligence, surveillance & reconnaissance) görevlerinin tümleşikleridir.

Komuta kontrol, bir işin yapılması emrini ve kimin yapacağı bilgisini, işin yürütülmesi görevi ile birlikte içerir. Haber toplama, yabancı ülke, düşman veya potansiyel düşman birlikler veya birimler, var olan veya potansiyel etkinlik alanı üzerine toplanan verilerin işlenmesi sonucu elde edilen bilgiler toplamını anlatmaktadır. Dost birliklerin durumlarını belirten veriler, haber toplamayla elde edilmiş bilgi sayılmaz.

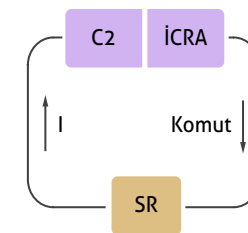
İletişim, belirli bir bilgi aktarımı ve işleri yürütmek için bir araya getirilmiş, teçhizat, yöntemler, yönergeler ve diğer gerekli ise insanı içeren bir sistemdir. Bilgisayar, C4ISR sistemlerinde iki amaçla kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, iletişim cihazı olarak kullanılması, diğeri ise, gerek veri tümleştirmede gerekse karar oluşturmada hesaplama birimi olarak görev üstlenmesidir. Gözetleme; hava, yerüstü ve yeraltı alanların, yerlerin, kişilerin veya varlıkların görsel olarak, elektronik, fotoğraflama veya bir başka yöntemle düzenli olarak gözetlenmesidir. Keşif, gözetlemenin tüm yeteneklerini kapsayan ancak düzenli olma özelliğinden farklı olarak özel gereksinimler doğrultusunda gerçekleştirilen düşman veya potansiyel düşmanın çalışmalarını, kaynaklarını belirlemek amacıyla yapılan bir görevdir.

C4ISR, algılayıcılar, iletişim ve bilgisayar alanındaki önemli gelişmeler, gözetleme, keşif, iletişim ve bilgi işleme teknolojilerindeki gelişmelerin sonucunda, C2 ile başlayan, C3 ve C3I ile süren temel amaçları aynı olan sistemlerin güncelidir. Savaş sistemi (combat system) de ekleyerek bu sistemi C5ISR olarak kullananlar da vardır.

1.2. C4ISR Çevrimi

Bir C4ISR sistemi, dört temel işlemin bileşimidir:

- Düşman birlikleri ve sahip oldukları varlıkların hareketlerini bilgi toplayarak izlemekte kullanılan algılama sistemleri;
- Var olan kaynak ve ortak duruma göre hareket planını belirleyen ve yönetilmesini sağlayan komuta kontrol düzeneği;
- Algılayıcılar ve komuta kontrol merkezleri arasında ve komuta merkezleri ile kuvvetler arasında yer alan, bilgi ve komuta akışına olanak sağlayan iletişim bağlantıları;
- Düşman veya dost birliklerden (algılayıcılar aracılığı ile) toplanan bilgileri tümleştiren, ve durumlarını uygun hareket kararını verecek olan karar vericiye gösteren, veri birleştirme merkezleri.

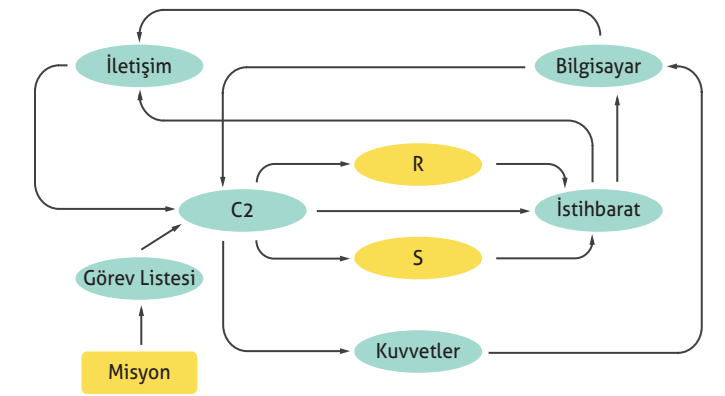


Şekil 2a. Bilgi akışı.

C4ISR sistemleri, Şekil 2a'da görülebileceği gibi, ileri yöndeki bilgi akışını komuta kontrol, geri yöndeki bilgi akışını gözetleme ve keşif (SR) işlevleriyle sağlayarak bir kapalı çevrim tanımlar.

Tipik bir C4ISR sisteminin işletim döngüsü, gözetleme ve keşif işlevinin sistemi tetiklemesi veya belirli bir görevin (misyon) yerine getirilme isteği ile başlar (Şekil 2b). SR tabanlı bir tetikleme, çevreyi gözetleme görevini

gerçekleştiren bir algılayıcının belirlediği bir bilgiyi, bağlantıda olduğu birime göndermesi ile başlar. Görev tabanlı tetiklemede, görevi yerine getirecek eylem planının uygulanması için, ilgili algılayıcılardan bilgi toplanır. Bilgi, gerektiğinde başka bilgilerle de birleştirilerek, ilgili kaynaklarla bir hareket planı yapılmasına olanak sağlayan anlamlı bir habere dönüştürülür. Elde edilen bilgiye göre hareket planı ve kararlar oluşturulur veya güncellenir. Hareket planı, görev ve iş atamalarına dönüştürülür, ilgili kuvvetler harekete geçirilir ve her bir iş çevreyi etkilediği için, bilgiler yenilenir. Bu kapalı döngü, görev tamamlanmaya kadar sürer. Bir senaryonun işletim yönü ile C4ISR senaryosu olup olmadığı, bu çevrimin varlığına bağlıdır.



Şekil 2b. Görev şeması.

1.3. C4ISR Senaryolarının Özellikleri

Bir C4ISR benzetim senaryosu, C4ISR'nin işlevlerin tümünü kapsayan ve kavram sınıflarından (komuta kontrol, iletişim, bilgisayar, istihbarat, gözetleme, keşif) en az birer bileşeni birbirleri ile etkileşimli olarak benzetim ortamında bulunduran bir senaryo olmalıdır.

Bir C4ISR modelleme ve benzetim ortamı iki başlık altında toplanabilir.

- C4ISR senaryosunun içermesi gereken elemanlar;
- Elemanlar arasındaki etkileşim, bilgi paylaşımı ve akış tanımlamaları.

Elemanlar, üzerindeki varlıklarla birlikte coğrafi bölge, kuvvetler, komuta kontrol düzeneği, iletişim cihazları ve hatları, algılayıcılar ve veri birleştirme birimleridir.

C4ISR'nin tüm işlevlerini yerine getiren elemanlar, tümleşik bir sistem oluşturmak için, birbirleri ile etkileşimli olmalıdır. Her işlevin elemanları, gereksinimler doğrultusunda birbirleri ile çift yönlü bir bilgi paylaşımı içerisinde olmalıdır. Akış, aşağıdan yukarıya, durumu, yukarıdan aşağıya komuta bilgilerini taşır.

C4ISR-MBS (Modelleme ve Benzetim) sistemi, C4ISR kavramlarının ve aralarındaki etkileşimlerin modellenmesi, algılayıcının kapsadığı alanları maliyeti en düşük ve etkisi en yüksek düzeyde olacak şekilde en iyilemesi, düşman varlıkların özerkliği, birleştirmeyle ortak durumun ortaya

koyulması ve gerekli çözümlerlerin yapılabilmesi için modelleme ve benzetim ortamı sunmaktadır. Bu ortamda kullanıcı benzetimini yapacağı eğitim ya da çözümlenme senaryosunu tanımlayıp işletebilmektedir. Benzetim modellerini oluşturmak için, bir C4ISR sisteminde olabilen bileşenler için özelleştirilebilir model araçları ile C4ISR işletimini, etkileşimleri ve bilgi akış modellerini destekleyecek araçlar oluşturulmuştur. C4ISR benzetim ortamı, kurulan modellerin ve aralarındaki etkileşimin, bir amaç bütünlüğü içerisinde tanımlandığı senaryonun işletimini sağlayan soyut senaryo motoruna ve benzetim yöneticisine sahiptir.

2. C4ISR-MBS GEREKSİNİMİ

C4ISR-MBS projesi, gelişen teknoloji ile birlikte kapsamı da sürekli genişleyen C4ISR'nin yetenekleri ile belirli bir bölgenin düşük maliyet ile etkin biçimde gözetlenmesine olanak sağlayan bir C4ISR benzetim yazılımının TSK'ne kazandırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda belirlenen gereksinimler aşağıda verilmektedir:

- Gözetleme için, ortak görüntünün oluşturulmasını da içeren, tümleşik bir C4ISR benzetim çerçevesi oluşturmak;
- Hareketli algılayıcı yerleşiminin maliyetini düşürüp etkinliğini artırmak;
- Gözetleme için, C4ISR taktik geliştirme ve komuta kontrol eğitimi gereksinimini karşılamak.

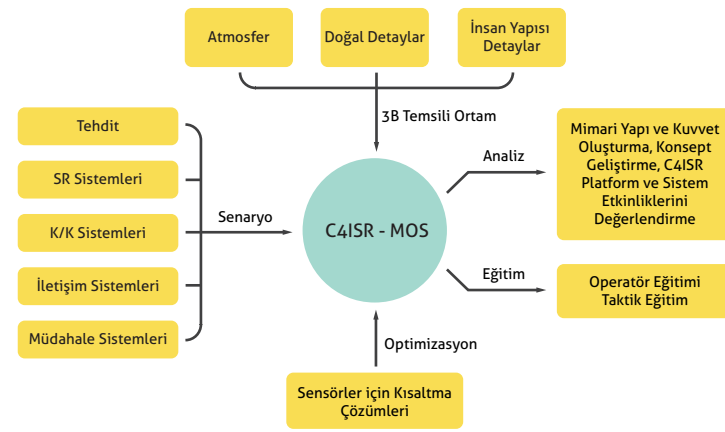
3. C4ISR-MBS İŞLEVSEL SİSTEM MİMARİSİ

C4ISR-MBS Sistemi, senaryolarının tanımlanmasında kullanılacak özelleştirilebilir modelleri ve modelleme araçlarını içeren bir C4ISR modelleme ve benzetim çerçevesi oluşturulmuştur. Bu çerçeve, genel tanımı yapılmış elemanların özelleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanıcıya, C4ISR'nin işlevlerinin modellendiği, birbirleri ile olan etkileşimlerinin tanımlandığı ve belirli çözümlenmelerin yapılabildiği bir benzetim ortamı sunulmaktadır.

C4ISR-MBS, modelleme ve benzetim işlevlerinin gerçekleştirildiği Modelleme Benzetim Çerçevesi'ni (MBC), etkileşimli olarak çalışacak olan bileşen modellerini, en iyileme (optimization), özerklik ve kaynaştırma birimlerini içermektedir. C4ISR-MBS tüm birimleri "sahip-olma" ilişkisi ile bünyesinde toplar. Bileşen modelleri (platform, algılayıcı, iletişim cihazları, senaryo tanımlama araçları vb.) MBC'de senaryo tanımlama aşamasında kurgulanırlar ve bir bileşen olarak benzetim çevriminde yer alırlar.

Birimler arasındaki etkileşim mesaj alış verişi şeklindedir. Mesajlar ya doğrudan birimler arasında ya da HLA-RTI (High Level Architecture - Run-Time Infrastructure) ara katmanını kullanan dağıtık simülasyon mimarisi üzerinden iletilir.

Sistem, fiziki birimlerin modellenmesinin yanı sıra, organizasyon yapısının, bu yapıya ilişkin fiziksel varlıkların, işletim kurallarının, karar düzeneklerinin ve bilgi akışlarının



Şekil 3. C4ISR-MBS kavramsal modeli.

modellenmesine, deneysel tasarımlar ile başarımlı çözümlenmelerinin yapılmasına olanak sağlar. Senaryonun oluşturulmasında kullanılan araçlar özelleştirilebilir yapıda oldukları için kullanıcıya, kendi istekleri doğrultusunda değiştirebileceği esnek bir çalışma ortamı sağlar. Sistem, dost birliklerin komuta kontrol yapısına bağlı olmayan karşı birliklerin de sisteme katılabilmesine izin verir.

Sistem, modelin işletimi için amaç, olanak, başlatıcı olaylardan oluşan senaryo tanımlama olanağı sağlar ve tanımlı senaryoyu işletir. Kurulan mimarinin çözümlenmesi için deneysel çerçeve tanımlaması yapılabilir.

Sistem, bir C4ISR mimarisinin "İşlevsel ve Sistem Bakışları" altında (C4ISR Architecture Framework) oluşturulmasına olanak sağlayan şablonları kullanıcıya sunar. İşlevselbakış C4ISR birimlerinin üstlendiği görevlerin tanımlanması ile ilgiliyken, görevlerin yerine getiren fiziki sistemlerin ve ilgili özelliklerinin tanımlanması, sistem bakışı ile ilgilidir.

Mimari bakışlar, senaryonun işlevsel ve sistem içeriklerinin tümleşik ve birlikte çalışabilir bir yapı olarak oluşturulmasına olanak sağlar. İşlevsel bakış, benzetim bileşenleri ve aralarındaki ilişkileri tanımlayan şablonlar ve diyagramlar sunar. Bunlar; senaryonun içerdiği bileşenlerin harita üzerine yerleştirilmesine olanak tanıyan Üst Düzey İşlevsel Model (High Level Operational Concept Graphic), bileşenler arasındaki bağların tanımlanmasını sağlayan Düşüm İlişki Şablonu (Operational Node Connectivity Diagram), bileşenler arasındaki bilgi akış türlerini, özelliklerini ve hacmini tanımlamakta kullanılan Bilgi Değişim Matrisi (Information Exchange Matrix), ve operasyonel düşümlerin fiziksel sistem bileşenlerine ilişkilendirilmelerini sağlayan Sistem Arayüz Tanımlamaları'dır (System Interface Description).

Senaryo iki farklı katmandan oluşur. Birinci katman fiziksel birimlerin ve komuta kontrol cihazlarının seçilen coğrafyaya yerleştirildiği, aralarındaki ilişkilerin tanımlandığı ve iletişim araçları ile algılayıcıların davranışlarını etkilemek üzere tanımlanan doğa olaylarını içeren katmandır. Bu katman, birimlerin fiziksel özelliklerini de içereceği için "Fiziksel Model Düzeyi" olarak isimlendirilir. Seçilen coğrafi bölgede yer almayan ancak komuta kontrolün aşamalarında veya bilgi akışında yer alan

birimler ikinci bir katmanda modellenir. İkinci katman, fiziksel modellerin kurulamayan veya kurulması gerekmeyen, bilgi düzeyinde modelleme ile gerçekleştirilir. Bu katman "Bilgi Model Düzeyi" olarak isimlendirilir. Her katman birbiri ile ilişkili değişik sayıda düzeyden oluşabilir.

Projede tasarlanan senaryoda kullanılan yer değiştirmeyen algılayıcıların konuşlandırılması ve yer değiştiren algılayıcıların da rotalarının kapsama alanlarını maliyeti düşürüp etkinliği artıran en iyileme yazılım birimi geliştirilmiştir. En iyileme, benzetim tabanlı ve maliyet ile kapsama alanının zamansal değişimlerinin bütünlüğünü sağlayan karar yeteneğine sahiptir. Maliyet hesabında yer değiştirmeyen algılayıcıların konum bilgisi ve yer değiştiren algılayıcıların rotaları temel alınarak kullanıcı tarafından belirlenen kısıtlamalar ve varsayımlar çerçevesinde en büyük kapsama alanı hesaplatılmaktadır.

Benzetim modelinde yer alan düşman birlikleri, kendilerine verilen değişmez bir planı izleyen birimler olarak değil, kendileri için anlamlı değişimleri izleyip amaçlarını sağlamaya destek olacak kararları alan özerk etmen yapılar olarak tasarlanmıştır. Bu anlamda, özerk varlıklar, çevreyi algılamakta kullandıkları ve algılayıcı olarak yorumlanabilen yazılım birimlerine, ilgili algıyı amacı ile tümleştirerek bir davranış önerisi çıkaran çıkarım düzeneğine, kararı uygulamaya koyan tetikleyicilere sahiptirler ve gerekli bilgileri tuttuğu bir de bellek birimleri vardır.

Projede öngörülen yaklaşımda özerklik, varlıkların, kendi yetenekleri doğrultusunda (karar verme düzenekleri ve bilgi tabanları), karar vererek herhangi bir amacı gerçekleştirebilme (bir görevi yerine getirebilme ve dış etkilere yanıt verebilme) yeteneği olarak tanımlanır.

Sistem, hazırlanan senaryonun işletilmesine olanak sağlayan bir soyut benzetim motoruna sahiptir. Oluşturulan nesnel deneysel çerçevede izlenebilir özelliklere sahiptirler ve böylelikle çözümlenmeler yapılabilir.

Bir benzetimin çalıştırılması, tasarım aşamasında belirlenen amaç ve bu amaçları destekleyecek istatistiklerin belirlenmesi ile başlar ve elde edilen verilerin, uygun istatistik testlerle anlamlı sonuçlara dönüştürülmesi ile son bulur. Çerçeve, çözümlenmeler için gerekli kayıtları ve merkezdeki temel eğilim ölçülerini hesaplayan ayrı bir istatistik modülüne sahiptir.

C4ISR-MBS kullanıcının senaryoda tümleştirme bileşeni tanımlanmasına olanak sağlar. Benzetimin çalıştırılması sırasında algılayıcı modellerinden gelen bilgiler bu bileşenlerce birleştirilip, kaynaştırılır ve gözetlenen bölge için ortak görüş oluşturulmasında kullanılır. Sistem ayrıca veri kaynaştırmasının kullanıcının girişimi ile yapılmasına olanak tanır.

4. C4ISR-MBS ÇALIŞMA KIPLERİ

C4ISR-MBS'de, kullanıcıya amacına göre etkin olan bölümlerin farklılaştığı modlarda çalışma olanağı sunulmaktadır. Bu modlar aşağıdaki bölümlerde kısaca tanımlanmıştır.

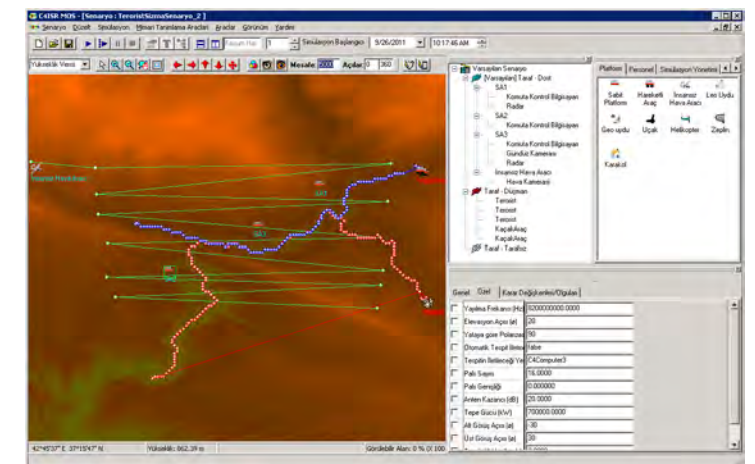


Şekil 4. C4ISR-MBS çalışma kipleri.

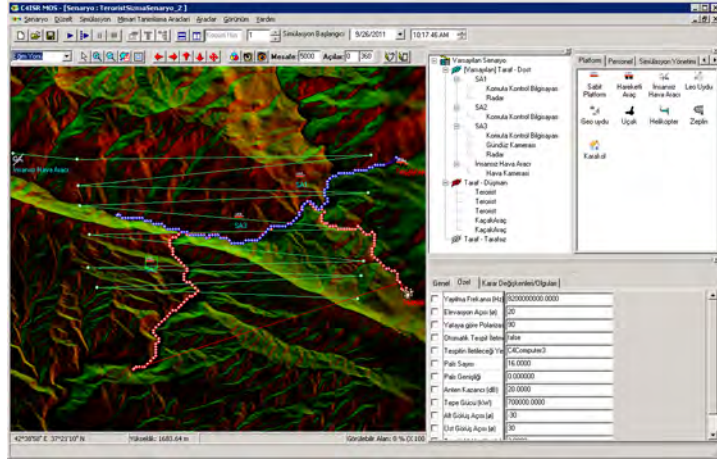
4.1. Senaryo Tanımlama Modu

Kullanıcı bu modda bir C4ISR senaryosuna ait aşağıda sıralanan tanımlamaları yapabilmektedir:

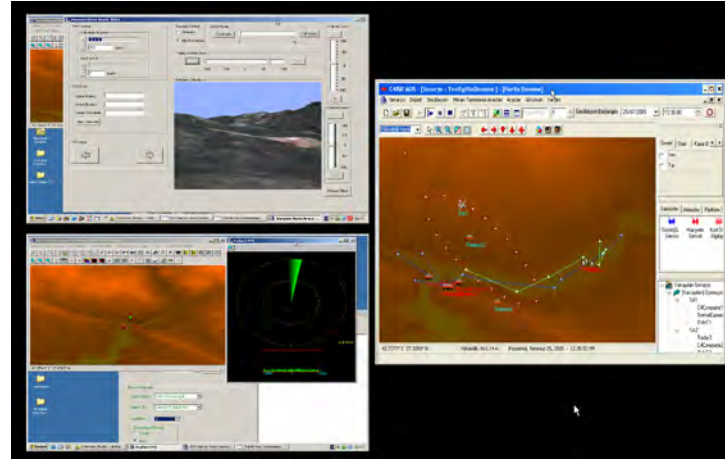
- Coğrafi bölgenin belirlenmesi;
- Komuta kontrol birimlerinin seçilmesi ve coğrafi bölge üzerine yerleştirilmesi;
- Komuta kontrol birimleri arasındaki önceliğin tanımlanması;
- Gözetleme görev planının belirtilmesi;
- Algılayıcı ve platformların seçilmesi;
- Algılayıcı ve platformlara ilişkin iş tanımlamalarının yapılması;
- Düşman varlıkların seçilmesi ve görev tanımlamalarının yapılması;
- Düşman birliklerinin olası giriş noktalarının belirtilmesi;



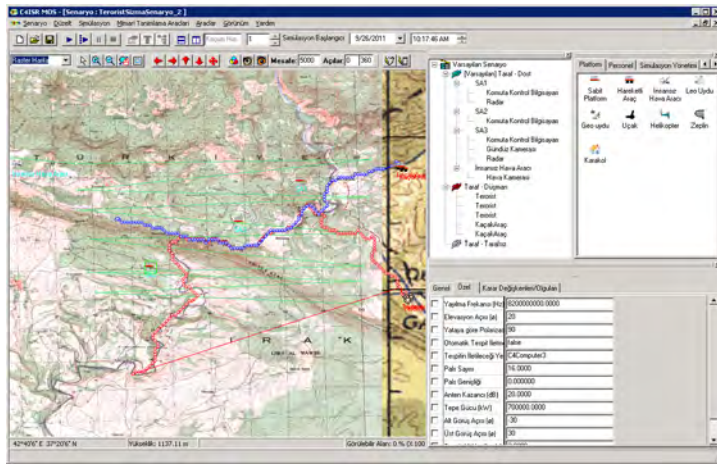
Şekil 5a. Yükselti haritası ekranı.



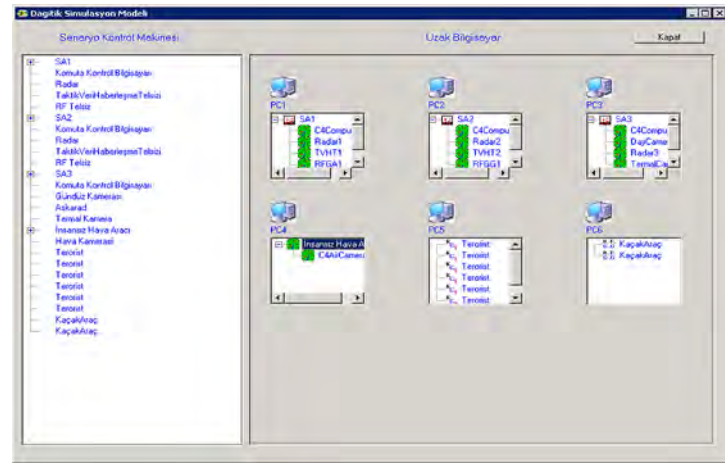
Şekil 5b. Eğim yönü haritası ekranı.



Şekil 6. Dağıtık eğitim çalışması.



Şekil 5c. Raster harita ekranı.



Şekil 7. Ağ makinelerine benzetim modeli atama ekranı.

- En iyileme kistaslarının tanımlanması;
- Rasgele ve özerk davranış planının tanımlanması.

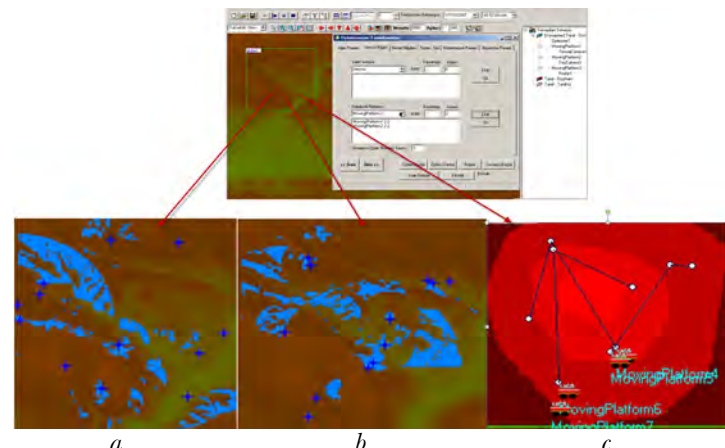
Bu modda, senaryoya ait özellikler belirtildikten sonra, kullanıcının tanımladığı bilgiler doğrultusunda harita işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir.

4.2. Eğitim Amaçlı Benzetim Modu

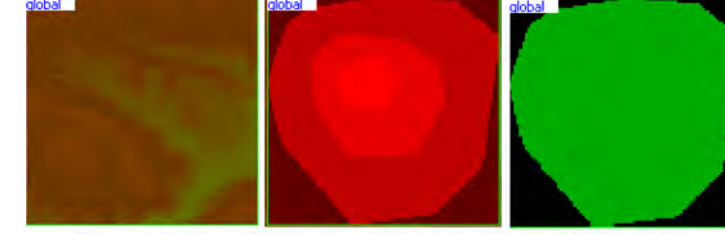
Bu modda kullanıcının tanımladığı senaryo işletilir. İşletim sırasında amaca göre aşağıda belirtilen sistemin bölümleri işletime katılabilir. Kullanıcının benzetimin işletimi sırasında akışı değiştirme olanağı da vardır. Bu modda kullanıcı, kullanıcı etkileşimi ile senaryo işletimi esnasında senaryo kaynaklarını (bileşenleri, bileşen kapasitelerini) değiştirebilir, programın akışını yönlendirebilir.

4.3. Optimizasyon Modu

C4ISR-MBS, optimizasyon kipinde senaryoda belirtilen yerleri değişmeyen algılayıcıların konumlarını ve yeri değişen algılayıcıların rotalarını, kapsanacak alanı en iyileştirecek biçimde belirler. En iyileme işlemi, belirleyici olan ölçütler maliyet, kapsama alanı, coğrafi



Şekil 8. Yer değiştirebilen sensörler için en iyileme çözümü (a ve b farklı çözümler, c çözüm sonucu oluşan plan).



Şekil 9. En iyileme çözümü için kritik durum tanımları.

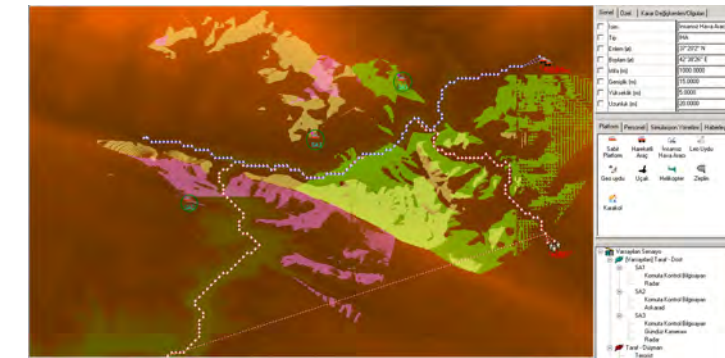
4.4. Özerklik Modu

C4ISR-MBS'de düşman birlikleri otonom olarak modellenmiştir. Düşman birlikleri, kullanıcıdan senaryo tanımlama aşamasında belirttiği ana yollarında kalmak şartıyla alternatif yolları bulma yetisine sahiptirler. Ayrıca düşman varlıkları, müdahaleden, tanımlanacak oranlarda etkilenme özelliğine sahiptir.

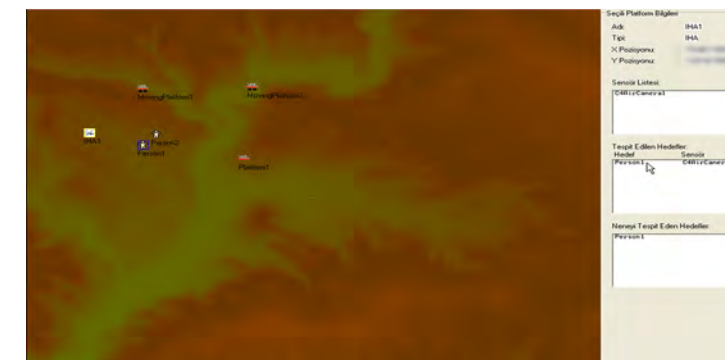
Özerklik modu dışında, birlikler, kullanıcı tarafından tanımlanan değişmeyen davranış planlarını, çevreden gelen durum değişimlerini gözardı ederek, uygular.

4.5. Analiz Amaçlı Benzetim Modu

Bu modda, kullanıcı, oluşturduğu senaryoda gözlemlemek istediği verilere ilişkin tanımlamalar yapabilir, benzetim sırasında bu verileri izleyebilir; benzetim sonrasında ise bu verileri ve bu verilere ilişkin hesaplanan merkezdeki eğilim ölçümlerini raporlayabilir ve kaydedebilir.



Şekil 10. C4ISR-MBS kapsama analizi.



Şekil 11. Koşum yeniden oynatma aracı.

Koşum Sonu Özeti				
Tespit için 3T zamanları				
HEDEF	SENSOR	TESPİT	TEŞHİS	TAHMİN
Hangi mesafede Tespit/Teşhis/Tahminin gerçekleştirildiği				
HEDEF	SENSOR	TESPİT	TEŞHİS	TAHMİN
Nesnelerin ne kadar süre sonra tespit edildikleri ve kaç kez tespitten çıktıkları				
HEDEF	SİSTEM-GİRS	TESPİT-GİRS	TESPİTTEN ÇIKIŞ ADEDI	
Tespit edilemeyen hedeflerin sayısı: 0				
HEDEF				
Belirli bölgelere giren çıkan hedefler				
BÖLGE	HEDEF	GİRS ZAMANI	ÇIKIŞ ZAMANI	

Şekil 12. Koşum sonu performans özeti.

5. SONUÇ

C4ISR-MBS sisteminin yararları ve kazandırdığı olanaklar şöyle sıralanabilir:

- C4ISR modelleme ve benzetim yeteneğinin silahlı kuvvetlere kazandırılması;
- Hareketli algılayıcının düşük maliyet ile etkin kullanımının sağlanması;
- Silahlı kuvvetlerin benzetim ortamları için gereksinim duyabileceği algılayıcıların ve iletişim ortamlarının modellenmesi;
- Gözetleme amaçlı C4ISR taktik geliştirme ve komuta kontrol eğitimi olanağının sağlanması,
- Silahlı kuvvetlerin benzetim ortamları için gereksinim duyabileceği özerk varlıklar için temel olan modellerin geliştirilmesi,
- Var olan ya da tedariki planlanan sistemlerin, kullanılabilirliğinin çözümlenmesine olanak sağlanması;
- Bir benzetim sistemi için temel varlıklar olarak görülebilecek soyut senaryo motoru ve benzetim yöneticisi yazılımlarının kazandırılması.

KAYNAKÇA

- [1] C4ISR Principles and Technologies, Johns Hopkins University Eğitim notları (2002)

Platformların RF İzi Kestirimi Yazılımı:

RASES

Bu yazıda, platformların RF izine yönelik temel bilgiler ve tanımlar ile bu bilgileri elde etmekte kullanılabilen RASES yazılımı tanıtılacaktır. RASES, TÜBİTAK BİLGEM tarafından tamamen milli algoritmalarla geliştirilen ve platformların yüksek frekansta Radar Kesit Alanı (RKA) değerini parametrik olarak hesaplama, platformların saçılma merkezlerini belirleme ve alıcının kargaşa altında tespit özelliklerini inceleme temel fonksiyonlarına sahip olan bir yazılımdır. RASES yazılım sonuçları, çok sayıda kapalı ve açık saha ölçüm sonuçlarıyla ve benzer ticari yazılımların analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve sonuçlar başarılı bulunmuştur. RASES yazılımının 2009 yılında çıkarılan ilk sürümü bir Ar-Ge ürünü olarak temel fonksiyonları içermektedir. Yazılımın daha gelişmiş özelliklere sahip olan ikinci sürümü 2010 yılında çıkarılmıştır. Bugüne dek çok sayıda (>50) platformun saçıcılık analizi RASES yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. RKA değerinin hesaplanması, saçılma merkezlerinin belirlenmesi ve RKA azaltımı konularında danışmanlık hizmeti veren proje ekibimiz 2011 yılının sonunda yazılımın ilk ticari sürümünü satışa sunma hazırlığı içindedir.

Deniz BÖLÜKBAŞ

1. TEMEL KAVRAMLAR VE TANIMLAR

Bu bölümde RASES yazılımının temel fonksiyonlarını tanımlamak için gereken bazı kavramlar açıklanmış ve tanımlara yer verilmiştir.

1.1. Elektromanyetik Dalga Yayılımı

Elektromanyetik dalga, ışınımın dalga teorisine göre, uzayda ya da maddesel bir ortamda yayılan ve salınım yapan bir elektrik alan ve manyetik alanın birlikte oluşturduğu kabul edilen dalgalara verilen isimdir. Maxwell denklemleri elektromanyetik dalga aracılığıyla enerji yayılımının mümkün olduğunu göstermiştir. Bu dalgalarda şekil olarak son derece karmaşık, bazı özel durumlarda ise çok basit olabilmektedir. Anten teorisine göre gözlemci (alıcı) kaynaktan (verici) yeteri kadar uzaksa dalga ön yüzü yaklaşık olarak düzlemsel kabul edilir. Bu varsayımın uzak alan koşulu olarak da ifade edilebilir. Uzak alan varsayımının yapılabildiği uzaklık olan r 'nin, kaynağı içine alan en küçük kürenin çapı D ve dalga boyu λ ile bağıntısı literatürde, $r \gg D$, $r \gg \lambda$ ve $r > 2D^2/\lambda$ gibi değişik şekillerde ifade edilmiştir.

Farklı fiziksel olgular cisimden farklı türde saçılmaya yol açarlar. Bir cisimden saçılmayı türlerine göre beş ana kategoride toplamak mümkündür.

1. Yansıma (Reflection)

RKA değerini etkileyen en belirleyici saçılmadır. Snell yasaları geçerlidir. Birden fazla yüzeyde çoklu yansıma görülebilir.

2. Kırılma (Refraction)

Kırılma dalganın farklı geçirgenliğe sahip olan iki ortam arasındaki geçişi sırasında uğradığı etkidir. Bu etki genlik, faz ve ilerleme yönündeki değişiklikler olarak gözlenir. Değişik malzemelerle kaplı cisimlerin RKA değerlerini etkiler. Eğer cisim üzerinde kavite bulunuyorsa dalga, kavite içinde yüzeye defalarca çarparak farklı açılarda çok kez yansımaya (multiple bouncing) sebep olur bu da RKA değerini büyütür.

3. Kırınım (Diffraction)

Kenar yada uç noktaları gibi süreksiz yüzeylerden kaynaklanır. Yansıyan dalgalardan daha az etkilidir ancak geniş bir açı aralığında varlığı görülebilir. Düşük RKA değerlerinde sonucu etkileyebilir.

4. Yüzey dalgaları (Surface Wave)

Yüzey boyunca ilerleyen ve genliği yüzeyden uzaklaştıkça üstel olarak azalan dalgalardır.

5. Sürünen dalga (Creeping Wave)

Cismin yüzeyi bir dalga klavuzu gibi davranarak yüzeyindeki dalgaları arkaya doğru taşır. Eğer yüzey küre gibi kapalı ve düzgünse dalga cisim etrafında defalarca dolaşır. Böylelikle yüzeyden defalarca geri saçılma olur. Bu dalgalara sürünen dalga adı verilir.

1.2. Radar Kuramı

Radar kelimesi “Radyo Dalgaları ile Algılama ve Uzaklık Ölçme” anlamına gelen (*RADIO DETECTION AND RANGING*) kelimelerinin baş harflerinden türetilmiştir. Radar tekniği, elektromanyetik dalgalarla aydınlatılan cisimlerden yansıyan elektromanyetik enerjinin ölçülmesine dayanır. Bu ölçümle, yansıtıcı cismin belli bir koordinat sistemine göre konumu, varsa hızı ve ivmesi ya da karakteristik özellikleri belirlenebilir. Radarlar hedeflerin varlıklarını, konumlarını ve bazı özelliklerini çok uzaklardan doğru olarak belirledikleri için İkinci Dünya Savaşı’nda askeri amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Bununla beraber radarlar, gemi ve uçakların yön bulmaları ve uzaklık tayini, hava durumu tahmini gibi sivil amaçlarla da kullanılmaktadır.

Radar uygulamalarında hedeflerin büyüklüğü, RKA olarak bilinen saçıcının yansıtma özelliği ile belirlenir. Bu değer frekansla değişen ama uzaklıktan bağımsız bir büyüklüktür. Saıcının üzerine gelen güç yoğunluğu alanı RKA kadar olan bir açıklık tarafından alınmış ve alınan güç izotropik olarak yeniden yayılmış olarak varsayılır. Radarda bir cismin uzak mesafelerden tespit edilebilmesi, o cismin RKA değerinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu nedenle özellikle askeri uygulamalarda platformun RKA değerinin küçük olması tercih edilir.

Her yöne eşit yayın yapan (*omnidirectional*) bir verici antenden P_t gücü ile yayın yapan ve kazancı G_t olan bir antenin R mesafesindeki güç yoğunluğu radar menzili eşitliğindeki ilk terimi verir.

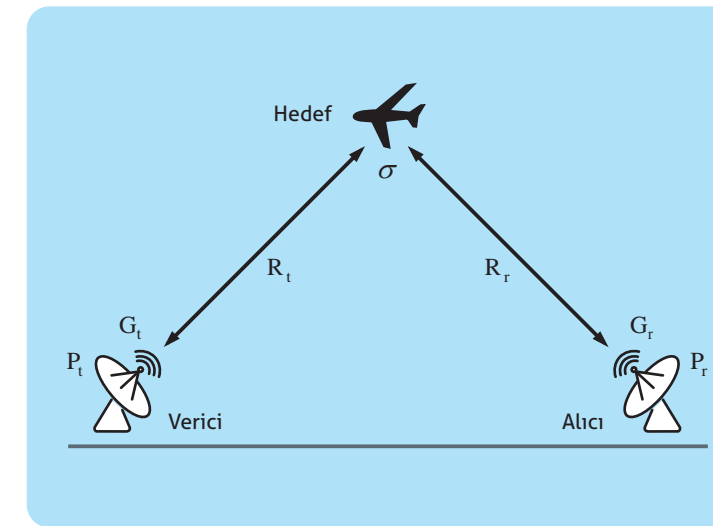
$$P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \times \frac{\sigma}{4\pi R^2} \times \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \quad (1)$$

RKA bir alan ifadesi olduğundan, gelen sinyalin alana bağlı güç yoğunluğu ile çarpıldığında hedefin ne kadar yansıtma yapacağı bulunur. İlk iki terimin çarpımı hedeften yansıyan gücü gösterir. Benzer şekilde antenin alan ifadesi diyebileceğimiz açıklık değeriyle bu yoğunluk çarpıldığında alıcı tarafından algılanan güç P_r bulunmuş olur. Burada λ dalga boyu, G_r alıcı antenin kazancı, σ ise hedefin RKA değeridir. Bir cismin radar ile bakıldığında hangi menzilde görülebilir olduğunu belirlemede kullanılan denkleme radar denklemi veya radar menzili eşitliği adı verilir. Bu denklem radar menzili eşitliğinin en temel ve basit formudur. Radar Menzili Eşitliği denkleminde giren parametreler Şekil 1’de görülmektedir. Radar tasarımında ya da hedeflerin görünürlük analizinde bu denklem daha fazla sayıda parametrenin yer aldığı biçimiyle kullanılmaktadır.

1.3 Radar Kesit Alanı

Radar Kesit Alanı, σ , yüzeye etkiyen elektromanyetik alan şiddeti E_i ve yüzeyden saçılan elektromanyetik alan şiddeti E_s olmak üzere şu formülle hesaplanır.

$$\lim_{r \rightarrow \infty} 4\pi r^2 \frac{|E_s|^2}{|E_i|^2} \quad (2)$$



Şekil 1. RME parametreleri.

Bu formüldeki temel varsayım E_i 'nin düzlemsel bir dalga olduğu ve bu yüzden genliğinin mesafeye bağımlı olmadığıdır.

Radar Kesit Alanı m^2 cinsinden olmasına rağmen geniş bir aralıkta değerler almasından dolayı genellikle dBsm (desibel metre kare) cinsinden verilir.

$$\sigma [dBsm] = 10 \log(\sigma [m^2]) \quad (3)$$

Radar Menzili Eşitliği denkleminde radar sistemine ait ‘anten kazancı’ ve ‘sistem gürültüsü’ gibi parametreler ve elektromanyetik dalgalanım katettiği ortama ait ‘yol uzunlukları’ ve ‘atmosferik kayıplar’ gibi parametreler vardır. Bu parametrelerin yanında, hedefin özelliği olarak sadece RKA değeri denkleminde yer almaktadır. **RKA değeri, hedefin geometrik özellikleri ve yapıldığı malzemeye göre değişkenlik gösterir.**

Frekansa bağlı olarak RKA karakteristiğinin üç farklı bölgede kuvvetli değişime uğradığı gözlenmiştir. Dalga sayısı $k = 2\pi/\lambda$ ve L cismin maksimum boyutu olmak üzere çarpımına göre bölgeler tanımlanır. Farklı boyuttaki cisimler için alçak ve yüksek frekans bölgeleri farklı frekans aralıklarına karşılık gelmektedir.

Alçak frekans bölgesi (Rayleigh bölgesi): Bu frekanslarda, etkiyen dalganın faz değişimleri cisme göre çok küçüktür. RKA ile değişimi kL çarpımıyla doğru orantılıdır.

Rezonans bölgesi (Mie bölgesi): Yüzey üzerindeki akımın faz değişimleri büyüktür. RKA değeri kL değerine göre salınım gösterir.

Yüksek frekans bölgesi (Optik bölge): Yüzey üzerindeki akımın faz değişimleri çok sayıda çevrim içerir. Bu bölgede RKA değişimi düzgündür

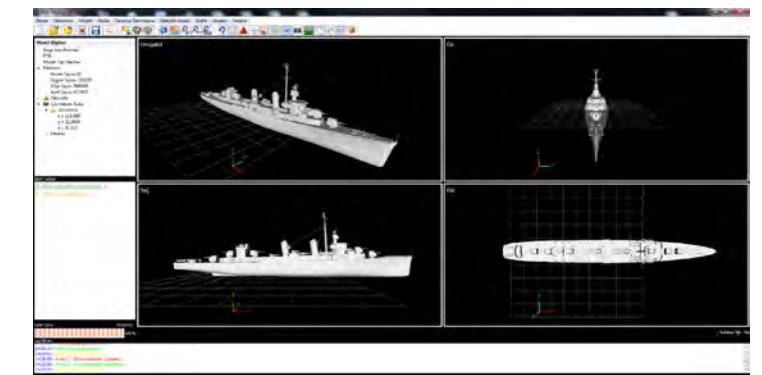
1.4. Ters Yapay Açıklıklı Radar İmgesi

Hedeflerin yüksek çözünürlükte görüntülenmesine olanak veren Yapay Açıklıklı Radar (YAR), geniş açıklıklı gerçek bir radar antenin etkisinin, dar açıklıklı bir radar antenin varsayılan açıklığı boyunca hareketiyle yapay olarak elde edilmesi tekniğine dayanır. Yapay olarak elde edilmiş anten genişliğine ve frekans band genişliğine bağlı olarak, YAR çözünürlük hücresi boyutları birkaç santimetreye kadar inerek yüksek çözünürlük sağlayabilmektedir. Ters Yapay Açıklıklı Radar (TYAR) (*Inverse Synthetic Aperture Radar, ISAR*) sistemlerde ise antenler sabit olup hedefin hareketiyle suni açıklık oluşturulur. Elde edilen imgede, herhangi bir noktanın şiddeti saçılan alanın büyüklüğünü gösterir.

Radar Kesit Alanı çalışmalarında, elektriksel olarak büyük bir nesneden elektromanyetik saçılma, nesnenin üzerinde saçılma merkezi olarak adlandırılan ayrı noktalarından kaynaklandığı kabulüyle yaklaşık olarak modellenebilir. **Saçılma merkezi modeli pek çok radar uygulamasında gerçek karmaşık bir hedefin azaltılmış saçıcı görüntüsüdür.** Büyük veri setlerini saklamak yerine yalnızca saçılma merkezinin şiddeti ve konumu bilgisi kullanılarak saçıcının bir boyutlu (1-B) menzili profili, iki boyutlu (2-B) ve üç boyutlu (3-B) TYAR imgesi ve RKA değeri gerçek zamanlı olarak elde edilebilir. Saıcının saçılma merkezleri ise 3-B TYAR imgesine en fazla katkı yapan genliği yüksek noktaların çekilmesi ile bulunabilmektedir.

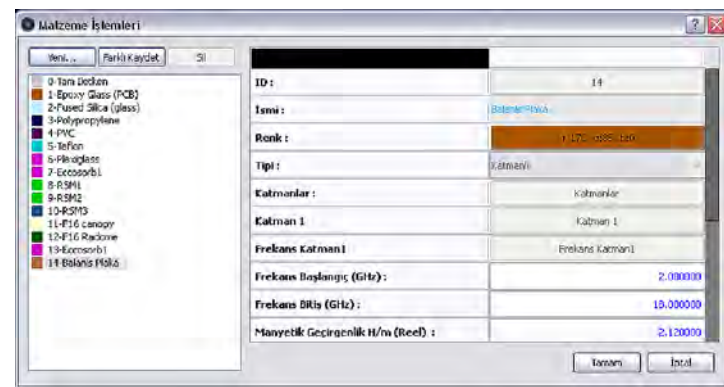
2. RASES YAZILIMI

RASES yazılımı ile 2-18 GHz frekans aralığında platformların RKA değeri frekans, açı gibi kestirim parametreleri göz önüne alınarak hesaplanabilmekte, saçılma merkezleri ortaya çıkarılarak TYAR görüntüleri elde edilebilmekte, yer, hava ve deniz kargaşasının modellenmesi yapılabilmektedir. RASES yazılımında platforma ilişkin bilgiler üç boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarımı (BDT) çizimi ile girilmektedir. Mevcut model üzerinde RKA kestirim sonuçları ve polar diyagramları, saçılma merkezleri, TYAR görüntüleri, hedefin manevra sırasındaki özel istatistiksel RKA davranışı, çoklu yansıma ve kavitenin RKA değerine etkisini içeren bilgiler elde edilebilmektedir. Platformun manevrası sırasında (yaw, roll, pitch ile) radara göstereceği kesite ve bakış açısına bağlı olarak hesaplanan RKA değerleri kullanılarak istatistiki dağılım çıkarılabilmektedir. Yazılımın ana ekranı Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. RASES yazılımı ana ekranı.

RASES yazılımının temel bileşenlerinden biri olan Radar Soğurucu Malzeme (RSM) Kütüphanesi, tanımlı bir frekans bandında elektriksel özellikleri ve/veya yansımaya katkılarını bilinen malzemeleri içermektedir. RASES yazılımı tanımlı mevcut malzemelerin özellikleri üzerinde değişiklik yapmaya olanak sağlayan ve ayrıca kullanıcının yeni malzeme tanımlamasına da izin veren bir arayüze sahiptir. Elektriksel özellikleri bilinen bir malzeme çok katmanlı bir yapıda tanımlanabilir. RSM Kütüphanesi içinde tanımlanan herhangi bir malzeme analizi yapılan platformun tümüne ya da istenilen herhangi bir kısma uygulanabilir. Özellikle 3-B TYAR ve saçılma merkezi analiz sonuçları, platform üzerinde en fazla saçıcılığın kaynaklandığı noktaları tespit etmekte ve RSM uygulanacak bölgeler hakkında kullanıcıya çok faydalı bilgiler sağlamaktadır. Yapılan analizlerin sonuçları karşılaştırmalı grafikler olarak çizdirilebilir ve çeşitli formatlarda kaydedilebilir. RSM Kütüphanesi ana menüsü Şekil 3 ve Malzeme İşlemleri arayüzü Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. RASES yazılımı RSM-K ana menüsü.

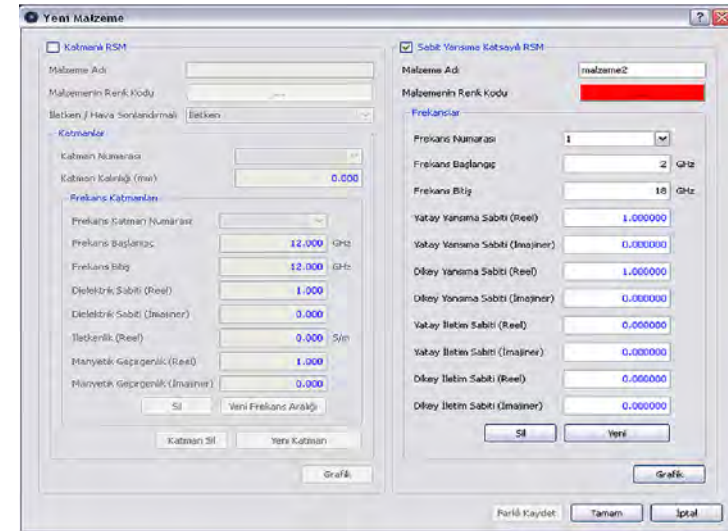
2.1. RASES: RKA Değeri Hesaplama Bileşeni

Radarda tespit edilmenin önemli bir parametresi olan RKA büyüklüğünün hesaplanması, dalga boyuna göre çok büyük cisimlerin etkileyen düzlemsel dalgayı nasıl ve ne kadar saçtığı problemidir. Bazı basit geometrik şekiller için RKA değeri analitik olarak hesaplanabilmektedir. Daha karmaşık şekillerde RKA değerinin hesaplanmasını daha da zor hale getiren farklı davranışlar ortaya çıkmaktadır. Bu davranışlara sebep olan mekanizmalar önemlerine göre şu şekilde sıralanmıştır:

- Giriş ve kavite
- Yüzey yansımaları
- Kenar ve köşe kırılmaları
- Yüzey etkileşimleri
- Yüzey süreksizlikleri

Gerçek dünyada kullanılan radar sinyalleri ve hedef konumundaki cisimler ele alındığında, dalga boyunun cismin boyutları yanında küçük kaldığı görülür. RKA değeri

kestirimi için, yüksek frekans bölgesi varsayımlarına dayanan ve daha basit hesaplamalar gerektiren asimptotik teknikler geliştirilmiştir. RASES yazılımında kullanılan elektromanyetik dalga yayılımı çözümüne dayanan metotlar nesneye etkileyen dalganın düzlemsel olduğu ya da diğer bir deyişle etkimenin uzak alanda gerçekleştiği varsayımı altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. RASES yazılımı "Malzeme İşlemleri" arayüzü.

Fiziksel Optik

Saçılan alanların hesabında kullanılan radyasyon integrali yüzeyde indüklenen akımların bilinmesi ile hesaplanabilir. Yüzey akımlarının hesaplanmasının farklı yöntemleri vardır. Fiziksel optik yönteminde hedef yüzeyinin çok büyük olduğu, dalga boyu dikkate alındığında yüzeyin düz olduğu ve yüzey akımının ise yüzeye teğet olduğu kabul edilir. Saçılan alanlar radyasyon integralinin nümerik olarak hesaplanmasıyla bulunmaktadır.

Radyasyon integralinin iteratif olarak çözülmesi ile çoklu yansımaya etkileri hesaplanabilir de doğrudan uygulandığında bu metot karmaşık cisimlerin RKA değerlerini hesaplamakta yetersizdir. Ayrıca iletken yüzeylerde polarizasyona bağlı değişimler bu metot ile hesaplanamaz. RASES yazılımında fiziksel optik yöntemi doğrudan uygulanmıştır ve çoklu yansımaya etkileri Seken Işın Yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır.

Seken Işın Yöntemi

Bir yüksek frekans tekniği olan Seken Işın Yöntemi (*Shooting and Bouncing Ray, SBR*), geometrik optik tabanlı ışın izleme yöntemidir. Bu teknik 1990 yılından itibaren yaygın olarak dalga boyuna göre büyük olan cisimlerin radar kesit alanı hesaplamalarında ve bir cisimden saçılan elektromanyetik alanın bulunmasında kullanılmaktadır.

Seken Işın Yöntemi ile saçılan alanların bulunabilmesi için saçıcıya bakış yönüne dik bir referans düzlemden düzlemsel dalgayı temsil eden yoğun ışın demeti gönderilir.

Gönderilen her bir ışın geometrik optik kurallarıyla takip edilir. Saçıcının sınırında, ortam süreksizliğinden dolayı oluşan yansıyan ve kırılan ışınlar da ayrı ayrı izlenir. Nesneden seken ve alıcının bulunduğu ortama gelen tüm ışınların, alıcı noktasında oluşturduğu saçılan alan değerini hesaplayabilmek için, her ışının uzak alana katkısı eşdeğerlik prensibi ve ışın tüpü tümleştirilmesi (*integration*) ile hesaplanır.

Geometrik Optik teorisi, ışının izlediği yolun belirlendiği bir yöntemdir. Işınlardan izlenmesi (*ray tracing*) saçılma davranışı hakkında bilgi verdiğinden dolayı diğer metotlara göre üstünlük sağlar. İki farklı fiziksel ortamı ayıran arakesit yüzeyine gelen düzlemsel ya da küresel bir dalganın, ara kesitten yansıması veya ikinci ortama geçmesi olaylarını incelemektedir.

Yansımaya problemleri için ışın izleme, saçılan alanın Snell yasasına uygun olarak yalnızca aynasal yönde (*specular direction*) olacağını varsaymaktadır. Snell yasasına göre gelen ve yansıyan ışının yüzey normali ile yaptıkları açılar birbirine eşittir. Sonsuz mükemmel iletken bir yüzeye bir yönden gelen düzlemsel dalganın saçılmasının yalnızca aynasal yönde sıfırdan farklı olması yöntemin önemli bir kısıtıdır.

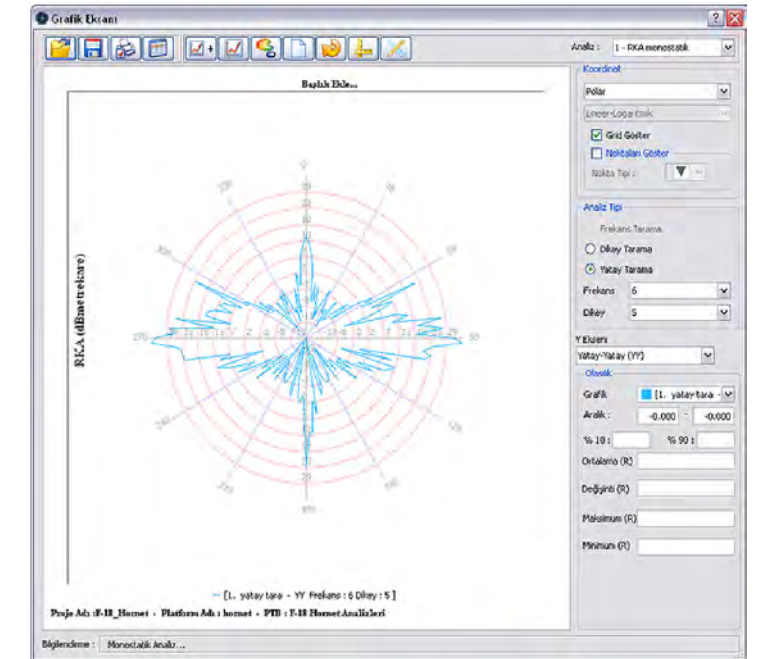
Mikrodalga frekanslarındaki elektromanyetik dalgalar da ışık ile benzer özellikler gösterirler. Gölgeleme etkisi cismin önde kalan kısmının diğer kısımların elektromanyetik dalga ile aydınlanmasına engel olması durumudur. Bu etki yüzünden RKA değerinin açıya bağlı davranışı büyük değişimler gösterebilir. Çoklu yansımaya etkisi ise genellikle RKA değerini artırıcı bir özelliğe sahiptir. Ancak bir elektromanyetik dalganın radar yansımaya katkısı, yüzey malzemesine bağlı olmakla birlikte genellikle 5-6 yüzeyden yansıdıktan sonra ihmal edilebilir seviyelere düşer. Bu yüzden çoklu yansımaya katkısının hesaplanması dikkatli olunmazsa gereksiz bir işlem yükü oluşturulabilir.

Kırınım

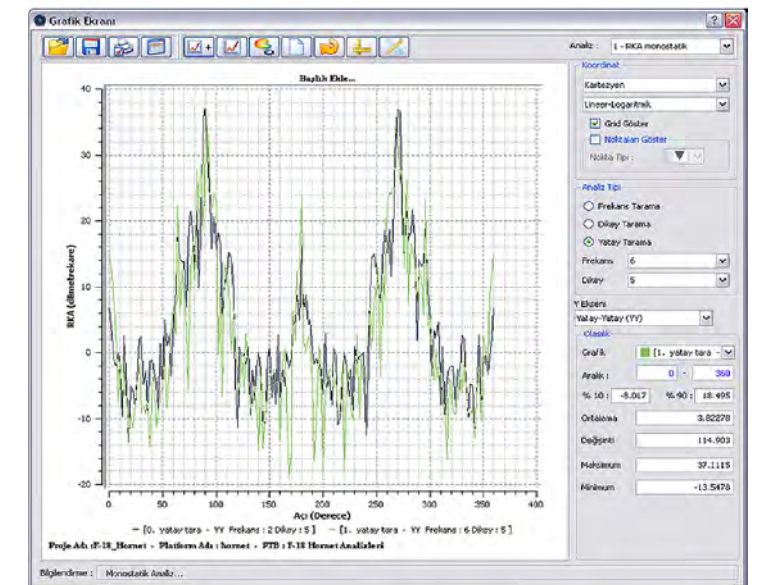
Keskin kenarlar ve kama gibi geometriler içeren cisimlerin üzerinde indüklenen yüzey akımları kama ve kenar civarında düzgün dağılım göstermezler ve bu akımların saçılan alana katkısının ayrıca hesaplanması gereklidir. Fiziksel Kırınım Teorisi yüksek frekans yöntemi olup kama üzerinde akan elektrik ve manyetik akımların yaklaşık olarak hesabına dayanır. Bulunan akımlar radyasyon entegralinde yerine yazılır ve gerekli hesaplamalar yapılsa kırınım katsayıları ve RKA değerine katkıları bulunur. Yüzeyi mükemmel elektrik iletken olmayan cisimler yani radar soğurucu malzeme (RSM) ile veya ince bir dielektrik malzeme ile kaplı yüzey, empedans sınır koşulu ile modellenilebilir ve fiziksel kırınım teorisi yöntemi ile değerlendirilip kenar ve kama gibi süreksizlik içeren geometrilerden kırınım alanı hesaplanır.

RASES yazılımında yukarıda söze edilen metotlar kullanıcının seçtiği şekilde hesaplamaya dahil edilebilir. Örneğin yalnızca kırınım etkilerini incelemek mümkün olduğu gibi tüm etkilerin görülebileceği analiz için üç metodun aynı anda çalıştırılması mümkündür. Alıcı ve verici aynı ya da birbirinden farklı konumlarda hareketli ya da sabit seçilebilir. Yazılımın ürettiği RKA sonuçları polar ya da kartezyen grafikler halinde veya tablolar şeklinde

sunulabilmekte, ayrıca RKA değerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi de grafiklerin yanında yer almaktadır. Şekil 5 ve Şekil 6'da yazılımın arayüzünden örnekler verilmektedir.



Şekil 5. RKA analizi sonuç ekranı; polar gösterim.



Şekil 6. RKA analizi sonuç ekranı; kartezyen gösterim.

Radarda kesit alanı hesaplama yöntemleri, genel olarak oldukça yüksek işlem maliyetine sahip yöntemlerdir. RASES yazılımında da kullanılan fiziksel optik ve seken ışın yöntemlerinde yapılan yaklaşımlarla özellikle işlem maliyetinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Ancak yüksek hızla sahip olan fiziksel optik yöntemi çoklu yansımaları hesaplayamamakta, çoklu yansımaları hesaplama yeteneğine sahip olan seken ışın yönteminde ise özellikle uçak, gemi gibi karmaşık cisimler için frekans arttıkça hesaplama süresi

artmaktadır. Bunun sebebi cisimler karmaşıklıkça cismin modellendiği üçgen sayısının, frekans arttıkça kullanılan ışın sayısının yani denetlenen ışın-üçgen kesişimi sayısının artmasıdır.

RASES yazılımında hesaplama süresini kısaltmak için iki yöntem kullanılmıştır. Bunların ilki, ışın üçgen kesişimi kontrollerini minimuma indirmeyi sağlayan uzay bölmeleme algoritmasıdır. Uzay bölmeleme algoritmalarında cismin bulunduğu uzay belirli kurallara göre parçalara bölünür. Işın üçgen kesişimi algoritması, yalnızca ışın yolu doğrultusundaki alt uzaylarda bulunan üçgenler için koşturulur.

Hesaplama süresini kısaltmak için kullanılan bir diğer yöntem, paralelleştirme yöntemidir. Seken ışın yöntemi, sayısı milyonları bulabilen birbirinden bağımsız ışınlar üzerinde aynı türden işlemlerin yapılması ve bu bağımsız işlemlerin sonuçlarının toplanmasıyla yürütülür. Dolayısıyla seken ışın yöntemi, yüksek derecede paralelleştirmeye oldukça uygun bir yöntemdir. RASES yazılımında ana-uydu (master-slave) yapısında bir paralelleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde ışınlar, ana düğüm tarafından gruplanarak hesaplama (uydu) düğümlerine gönderilir. Hesaplama düğümlerinin elde ettiği sonuçlar, ana düğümde toplanır. Kullanılan adaptif yük dağıtım algoritması ile düğümlerin bekleme süreleri ve ağ yükü en aza indirilmiştir.

2.2. RASES: Saçılma Merkezi Analiz Bileşeni

RKA, Radar Menzili Eşitliği'nde platforma ilişkin tek parametredir. Radarda maksimum tespit menziline azaltılması için RKA değerinin düşürülmesi gereklidir.

RKA değerini azaltmak için RKA değerine en fazla katkıda bulunan kaynaklar, nedenleriyle birlikte analiz edilmelidir. Bu amaçla RKA değeri incelenen platformun farklı açı ve frekanslarda menzili profili, 2-B TYAR analizi ve 3-B TYAR analizi yapılarak saçılma merkezleri tespit edilmelidir. RKA azaltımı için saçılma merkezlerinin şiddetinin azaltılması gereklidir.

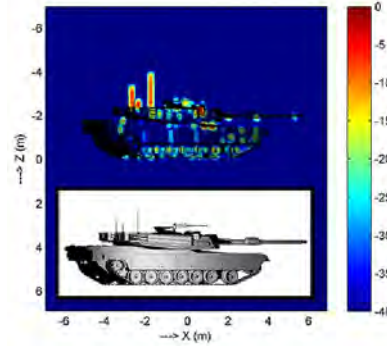
Menzil profili

Menzil profili RKA değerinin zamana göre değişimi olarak tanımlanmaktadır. *Aşağı menzili profili*, etkiyen dalganın geldiği yönden platforma doğru bakıldığında görülen bir hat üzerindedir. *Çapraz menzili profili* ise platformun diğer iki boyutunda RKA değerinin zamana göre değişimini göstermektedir. Bu tanımda menzili profili ya da TYAR imgesinde hareketli bir hedefin RKA değerinin hesaplanmasında kullanıldığı anlaşılmalıdır. Sabit bir hedeften dönen yankıların konum uzayında hesaplanması ve konum uzayının zaman uzayına çevrilmesi ile RKA değerinin zamana göre değişimi bulunur. Temel olarak menzili profili bir hedeften gelen radar yankısının temel banttaki görüntüsüdür.

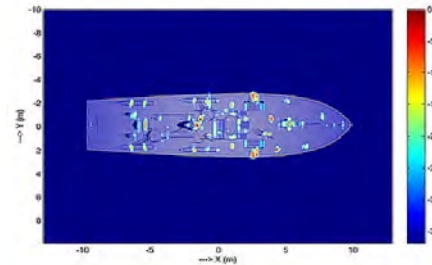
TYAR İmgesi

Genellikle iki boyutlu (2-B) TYAR imgesi, geri saçılan sinyalin aşağı menzili ve çapraz menzilde çeşitli frekans ve bakış açıları ile üretilir. Bu sebeple, alınan veriler değişik

frekans ve açılarda 2-B veri aralıklarında toplanır. Geniş frekans bant-genişliği iyi menzili çözünürlüğüne ve geniş açısal bant-genişliği iyi çapraz menzili çözünürlüğüne karşılık gelir. Şekil 7 ve Şekil 8'de bir tank ve gemi modellerinin saçıcı görüntüsünü sergileyen 2-B TYAR imgesi görülmektedir.



Şekil 7. Tank modelinin 2-B TYAR görüntüsü.



Şekil 8. Gemi modelinin 2-B TYAR görüntüsü.

Saçılma Merkezi

Saçılma merkezleri geri saçılmanın en şiddetli olduğu noktalardır ve TYAR imgesinin ve RKA değerinin oluşmasında en çok katkıyı yaparlar. Öyle ki, cismin bakış açısına göre yansıtıcılığı bu noktalar seti ile ifade edilebilmektedir.

2.3. RASES: Alıcı Çalışma Karakteristiği Eğrileri

İdeal bir alıcıda hedeften yansıyan gelen işaretin gürültü değerine oranı Sinyal-Gürültü-Oranı (SNR, *signal to noise ratio*) olarak adlandırılır. İşaretin ortamda bulunan kargaşa değerine oranı ise Sinyal Kargaşa Oranı (SCR, *signal to clutter ratio*) olarak tanımlanmaktadır. Genellikle alıcıda belirlenen bir eşik değerini aşan işaretler sinyal olarak tanımlanır, eşik değerinin altında kalan işaretler ise gürültü olarak değerlendirilir. Eşik değerinin artması tespit olasılığını (Pd) artırmakla beraber yanlış alarm olasılığının (Pfa) artmasına da yol açar. SNR, Pd ve Pfa arasındaki ilişkiyi gösteren eğriye Alıcı Çalışma Karakteristiği (AÇK, *Receiver Operating Characteristic-ROC*) eğrisi adı verilir. RASES yazılımında kara, hava ve deniz kargaşaları için uygun istatistiksel modeller üretilerek farklı kargaşa modelleri için AÇK eğrileri oluşturulabilmektedir. Kargaşa modelleri için genel olarak Log-normal dağılım, Weibull dağılımı ve K dağılımı kullanılmaktadır.

3. RKA AZALTIMI İÇİN ÖNERİLER

RKA değeri metrekaresinden bir ölçüdür. Fakat tasarımcılar, RKA değerinin yüksek çıkmasına sebep olan platform bölgeleri hakkında da bilgi sahibi olmak isterler. Bu gereksinim ölçüm ortamlarında cismin Ters Yapay Açılımlı Radar [Inverse Synthetic Aperture Radar, ISAR] görüntülerinin çıkarılmasıyla karşılanmaktadır. RKA hesaplamaları sırasında da 'anlı Doppler yaklaşımı' gibi teknikler kullanılarak RKA değeri kestirilen platformun TYAR görüntüleri oluşturulabilir. Bu görüntülerde cismin kuvvetli yansımaya sebep olan kısımları belirgin haldedir.

3.1. RKA Değerini Etkileyen Faktörler

Yapılan tanımlamalar ışığında, RKA değerinin frekansa, hedefin verici ve alıcıya göre yönelimine, vericinin ve alıcının polarizasyonlarına, hedefin geometrisine ve malzeme özelliklerine bağlı olduğu ifade edilebilir. RKA değeri verici gücü, alıcı kazancı ya da hedef ile radar arasındaki mesafeye **bağlı değildir**.

Frekans

Elektromanyetik dalgaların cisimlerden yansıması sırasında değişik fizik olayları devreye girebilir. Basit yansımanın haricinde kırılım ve kırınım etkileri oluşabilir ve bunlar da RKA değerini etkileyebilir. Basit yansımada RKA değeri frekans ile doğru orantılı olarak artış gösterirken kırınımın hesaba katıldığı durumlarda kırınımın tipine (kenar kırınımı, köşe kırınımı) ve polarizasyon durumuna göre f frekans olmak üzere, $f^{1.5}$ ile f^2 arasında değişim gösteren RKA davranışları görülebilir.

Hedefin verici ve alıcıya göre yönelimi (oryantasyon)

RKA değeri alıcı ve vericinin hedefe bakış açılarına ve aynı zamanda hedefin yönelimine de bağlıdır.

RKA hesaplaması yapılacak olan hedef oryantasyonunun her zaman aynı seçilmesi tüm analizlerde karşılaştırma yapmayı kolaylaştıracığı için önerilmektedir. Örneğin hedefin burnu hep X ekseninde, yerden yüksekliği her zaman Z ekseninde olacak şekilde seçilirse farklı hedeflerin RKA grafiklerini karşılaştırmak daha kolay olacaktır.

Vericinin ve alıcının polarizasyonları

Elektromanyetik dalgalar sadece gidiş yönü ile tanımlanmazlar. Bir EM dalganın tam olarak tanımlanması için elektrik ve manyetik alan bileşenlerinin hangi doğrultuda olduğunun da belirtilmesi gereklidir. Doğrusal, sağak veya solak dairesel, eliptik gibi pek çok polarizasyon çeşidi vardır. Fakat bu polarizasyonların hepsi 'yatay' ve 'düşey' polarizasyon olarak adlandırılan iki polarizasyonun bileşkesi olarak elde edilebilirler. Dolayısıyla RKA analizlerinde bu iki polarizasyon için analizlerin yapılması yeterlidir.

Bununla birlikte polarizasyon hem cismin üzerine gelen dalganın hem de cisimden yansıyan dalganın özelliğidir. Yani bir cisim sadece yatay polarizasyonla aydınlatıldığı halde geriye hem yatay hem de düşey polarizasyonda dalgalar yansıyabilir. Bu özellik, bir cismin sadece bir RKA

değeri yerine 2x2'lik bir RKA matrisiyle gösterilmesini gerektirir.

Hedefin geometrisi ve malzeme özellikleri

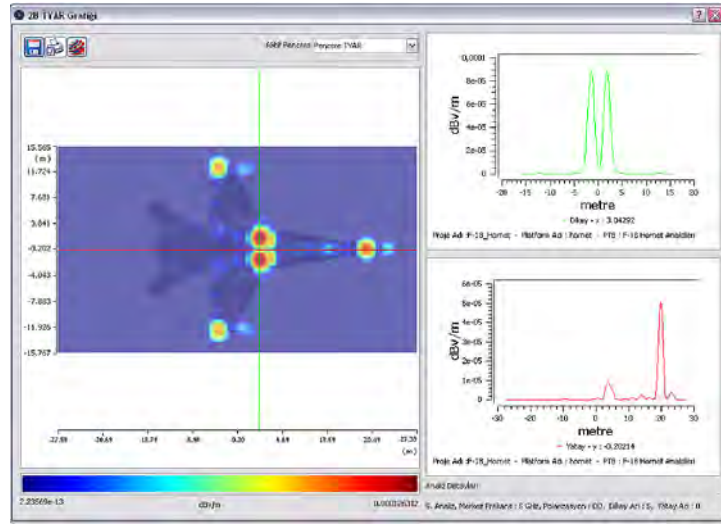
Genel olarak hedefin boyutları büyüdükçe radardan gelen sinyali yansıtması da artmakta dolayısıyla RKA değeri de büyümektedir. Metal gibi elektriksel iletkenliği yüksek olan malzemeler elektromanyetik dalgaları çok iyi yansıttığı için radar alıcısına gelen sinyalin şiddeti de yüksek olmaktadır. Ahşap, kumaş, plastik, fiberglas gibi malzemelerin elektriksel iletkenlikleri olmadığı veya çok düşük olduğu için radardan gelen sinyalleri çok az yansıtırlar. Bu tür malzemelere elektromanyetik dalgaları geçirdiği için geçirgen malzemeler de denilmektedir. Radar antenlerini yağmur, buzlanma, rüzgar v.b dış etkenlerden korumak için RADOM (Radar ve Dome (kubbe) kelimelerinden oluşmuştur.) yapıları kullanılmaktadır. Fiberglas elektromanyetik sinyalleri çok az yayıflatarak geçirdiği için genelde Radom yapısında bu malzeme kullanılır.

3.2. Geometrik Biçimlendirme ve RSM Kullanımı

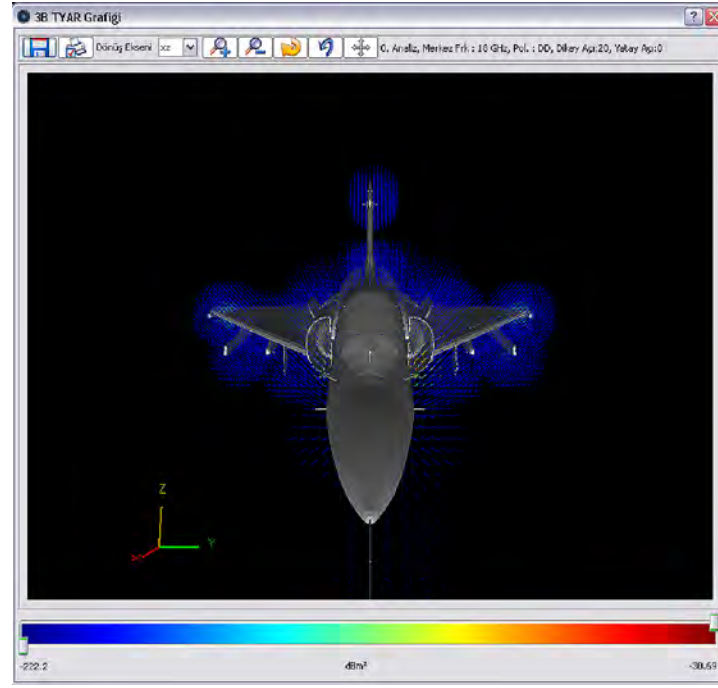
RKA azaltımı için uygulanan en etkili yöntemlerden biri geometrik biçimlendirme yöntemidir. Biçimlendirmenin amacı elektromanyetik enerjiyi tehdit olmayan sektörler yönlendirmektir. Geometrik biçimlendirme, belirli bir açısal bölgede RKA azaltımı sağlarken başka bir açıda RKA artışına neden olabilir. Geometrik biçimlendirme kullanılarak RKA değerini azaltmak amacıyla yapılan değişikliklerde etkiyen elektromanyetik dalganın alıcının bulunduğu yöne doğru yansımaması sağlanmalıdır. Günümüzde radar uygulamalarının çoğunlukla monostatik olduğu düşünüldüğünde platformun aynasal yansımaları (*specular reflection*) minimize edecek şekilde tasarımı yapılmalıdır. Ayrıca platform tasarımında olabildiğince motor açıklığı, top ağı gibi kavite türü yapılardan kaçınılması tavsiye edilmektedir. RKA değerini en aza indirmek için platform üzerinde detaylı analizler yapılmasına gereksinim bulunmaktadır. Bu analizler RASES yazılımıyla yapılabilmektedir. Yazılımın bir uçak modelinde saçıcı noktaların ve menzili profilinin gösterildiği arayüzü Şekil 9 ve Şekil 10'da yer almaktadır. Şekil 11'de ise platform üzerindeki yüksek genlikli saçıcı noktalar görülmektedir.

Kural oluşturulamamakla beraber RKA azaltımına yönelik geometrik biçimlendirme için genel olarak aşağıdaki önlemler alınabilir.

- Yüzeyler elektromanyetik enerjiyi farklı yönler **özellikle** tehdit olmayan bölgelere yönlendirmelidir.
- Elektromanyetik enerjiyi her yöne saçan kırınım etkilerini en aza indirmek için keskin kenar ve köşelerden kaçınmak gerekir.
- Elektromanyetik dalganın çoklu sekme oluşturacağı üst yapılar olabildiğince azaltılmalıdır.
- Süreksizlik olmayan düzgün yüzeyler tercih edilmelidir. Süreksizlikler saçılma merkezi oluşturabilir.



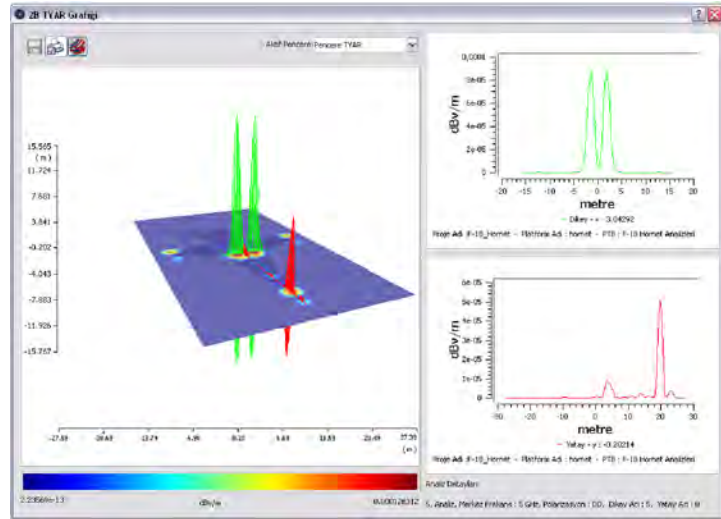
Şekil 9. Uçak modelinde saçıcı noktaların görüntülenmesi ve menzil profili gösterimi.



Şekil 11. Uçak modelinin saçıcı noktaları.

gece, yağmur, dolu gibi doğa etkileri karşısında RSM'nin performansı tam olarak incelenmelidir.

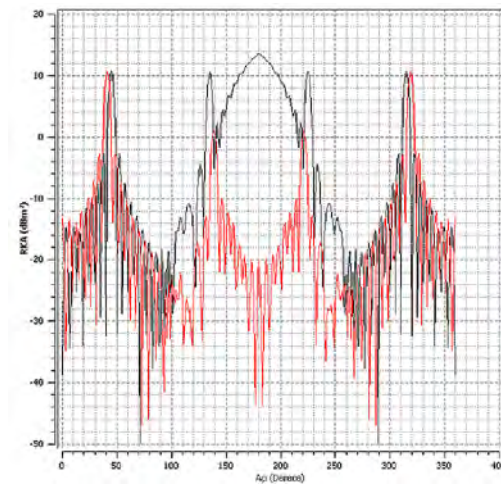
Platformlarda RSM kullanılması durumunda elektromanyetik enerji soğurulur ve ısıya dönüşür. Sağladığı avantajlara rağmen RSM kullanımı platformun ağırlığının ve hacminin artmasına, menzilin ve performansının azalmasına, yüzey bakım gerekliliğinin artmasına ve maliyetin artmasına yol açabileceğine dikkat edilmelidir.



Şekil 10. Uçak modelinde saçıcı noktaların şiddetinin görüntülenmesi.

• Çoklu sekme oluşturacak durumlarda geri yansımının en az olacağı köşe yapıları tercih edilmelidir. Örneğin 90 derece köşe açısına sahip olan köşe yansıtıcı yerine 97,5 derece köşe açısı olan köşe yansıtıcı kullanılması ve yansıtıcının RSM ile kaplanması RKA değerini oldukça azaltacaktır. Şekil 12'de dielektrik sabiti $\epsilon_r=10.2-j3.8$ ve manyetik geçirgenliği $\mu_r=2.12-j1.5$ olan 4 mm kalınlığında RSM kaplı 97,5 derecelik köşe yansıtıcının RKA değeri ile 90 derece iletken köşe yansıtıcının RKA değeri karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

RKA azaltımı için en sık uygulanan diğer yöntem RSM kullanımıdır. RSM geliştirme konusunda ülkemizde son yıllarda oldukça başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Kullanılacak olan RSM eğer geniş bantta etkin değilse tehdit frekansları belirlenerek o frekanslarda iyi soğurma sağlayan malzemeler seçilmelidir. Ayrıca değişen ortam şartlarında,



Şekil 12. Köşe açısı 90 derece olan iletken ikili köşe yansıtıcı ile köşe açısı 97,5 derece olan RSM kaplı ikili köşe yansıtıcının dikey-dikey polarizasyon RKA analizi karşılaştırması.



SRC155A Sayısal Radyo Sistemi



SRC155A Sayısal Radyo Sistemi; n x E1, STM-1 ve gigabit ethernet arayüzleriyle güvenilir sayısal link oluşturmak için esnek çözümler sunar.

**Hızlı iletişim altyapısında,
Sayısal radyo görev başında.**

- Kolay kurulum ve işletim
- 2G ve 3G ihtiyaçlarına yönelik düşük maliyetli RF işletimi
- QPSK, 16, 32, 64, 128, 256 QAM modülasyon seçenekleri
- Otomatik iletim gücü denetimi
- XPIC ile 28 MHz RF kanalından 311 Mbit/s veri iletim kapasitesi
- Gömülü performans analizi kolaylığı
- Taşınabilir bellekle sahada yazılım yükleme/konfigürasyon yedekleme
- Web tabanlı denetim arayüzü



www.bilgem.tubitak.gov.tr



BİLİŞİM SİSTEMLERİ GÜVENLİĞİ

Bilgi Güvenliği Bilincinin Geliştirilmesi

www.bilgimikoruyorum.org.tr

Asım Gençer GÖKCE

1. GİRİŞ

“Bilgimi Koruyorum”

(www.bilgimikoruyorum.org.tr), DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) tarafından desteklenmiş olan Ulusal Bilgi Sistemleri Güvenlik Programı kapsamında gerçekleştirilmiş olan bir sosyal sorumluluk projesidir. İnternetin ve bilgi sistemlerinin yaygın kullanımı yeni ve büyük riskleri de yanında getirmektedir. “Bilgimi Koruyorum” e-öğrenme projesinin temel amacı bu riskleri göz önünde bulundurarak günlük yaşantımıza bilgi güvenliği kavramlarını katmak ve dikkat çekilen konuların uygulanmasına yönelik bilgi vermektir. Bu proje aynı zamanda TR-BOME (Türkiye Bilgisayar Olayları Müdahale Ekibi) sorumlulukları arasında yer alan “ülkemizdeki bilgi güvenliği bilincinin geliştirilmesi”ne yönelik bir çalışmadır.

Günümüzde kurumlar bilgilerinin büyük bir kısmını elektronik ortamda bulundurmakta ve bu bilgileri bilişim sistemleri altyapısı kullanarak işlemektedirler. Bilişim sistemlerine olan bu bağımlılık, yeni ve büyük risklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Her kurum için çok önemli bir unsur olarak ortaya çıkan bilgi güvenliği, ‘gizlilik’, ‘bütünlük’ ve ‘erişilebilirlik’ olarak bilinen üç temel öge içerir. İletişim için genellikle özel ağları ve interneti kullanan kurumlarımız da elektronik ortamda bulunan bilgilerinin korumak için güvenlik duvarı, sanal özel ağ, saldırı tespit/önleme sistemi, anti-virüs, içerik kontrolü, veri şifreleme, kimlik doğrulama, yetkilendirme gibi çeşitli önlemlere başvurmuşlardır. Ancak, alınan önlemlerin bilgi güvenliğini sağlamada tek başlarına yetersiz olduğunu, kurumsal ve kişisel bilgilerin güvenliğini yalnızca teknik olanaklarla sağlamanın olası olmadığını görüyoruz. Bilgi sistemi kullanıcısı olsun veya olmasın kişiler sizin belirlediğiniz güvenlik önlemlerini izlemezler ve uygulamak istemezlerse alınan önlemlerin hiçbir anlamı kalmaz.

Bilişim sistemleri ve bilgi güvenliği konusunda uzman olan Parker [1], Siponen [2], Peltier [3] ve Mataracioğlu [4] gibi birçok araştırmacı, bilgi güvenliğinde insan etmeninin önemini öne çıkarmışlardır. Örneğin, sosyal mühendislik konusunda ün yapmış olan

Mitnick’e [5] göre, bilgi güvenliğinde kullanıcı bilincinin gelişmesine en iyi gösterge, kullanıcıların bilgilerinin korumakta gösterdikleri tutum ve davranış değişiklikleridir. Kullanıcıların bilgilerinin koruma konusundaki duyarlılığını geliştirmek için bilgi güvenliği ile ilgili ilânlar asmak, e-posta mesajları göndermek, ekran koruyucular kullanmak, toplantılar ve eğitimler düzenlemek gibi değişik yöntemler kullanılmalıdır (Hubbard [6], Voss [7]).

2. PROJENİN AMACI

“Bilgimi Koruyorum” e-öğrenme projesi,

- bilgi güvenliği konusunda bilinçlendirme eğitimi sunmak,
- öğrenen odaklı bir yaklaşım ile herkesin erişimine açık, istenildiği zamanda, istenilen süre ve sıklıkta erişilebilen bir sanal ortam oluşturmak,
- tüm bilgisayar ve internet kullanıcılarının bilgi güvenliği bileşenleri konusunda bilgi ve becerilerini geliştirebilmelerini sağlamak amacıyla gerçekleştirildi.

3. PROJENİN GENEL YAKLAŞIMI

“Bilgimi Koruyorum” e-öğrenme projesinde hep, yalnızca bilgi vermeğe değil, bilginin güçlü bir öğretim tasarımı ile yapılandırılmış olarak sunulmasına önem verildi. Bunu sağlamak ve deneyimlerinden yararlanmak için Bilkent Üniversitesi öğretim görevlisi Dr. Can Kültür’den danışmanlık alındı. Kendisi projenin başından sonuna kadar her aşamada bilgi ve deneyimleriyle projeye değer kattı.

Projenin öğretim tasarımı sürecinde, Kritzingen’in [8] çalışmasında da uygulanan prensiplerden yola çıkılarak e-öğrenme portalinin,

- kolay izlenebilir ve erişilebilir olması,
- kullanıcı dostu ve kullanışlı olması,
- kolay anlaşılır bir anlatıma sahip olması,
- güncel bilgiler içermesi,

- kapsayıcı ve bütünlük olması üzerinde duruldu.

Bu yaklaşımların yanı sıra bilgi güvenliği konusunun doğasının bir sonucu olarak sunulan içeriklerin güncelliğini koruması ve yeni yöntemlerin, yaklaşımların, haber ve bilgilerin eklenebilmesi için modüler bir altyapı tasarlandı, kısa ve uzun vadede ekonomik bir çözüm oluşturulmaya çalışıldı.

4. KAPSAM VE UYGULAMA

Bilgimi Koruyorum Projesinin çıkış noktası TÜBİTAK BİLGEM UEKAE tarafından kurumsal kullanıcılara verilmekte olan “Kullanıcı Güvenlik Eğitimi”dir. Bu gibi bir eğitimi daha önce almamış olan tüm bilgisayar ve internet kullanıcılarına ulaşmak projenin en önemli hedefidir.

Eğitim içeriğinin kapsamı genel olarak belirlendikten sonra hedef kitlenin analizini yapmak ve odaklanan konuları ve bu konuların kapsamını belirlemek için bilgi güvenliği uzmanları ile anketler düzenlenmiş ve bire bir görüşmeler yapılmıştır. “Son Kullanıcıların Bilgi Güvenliği Düzeyi” başlığı altında yapılan bir anket ile son kullanıcıların bilgi güvenliği ilkeleri açısından, değişik düzeylerde hangi özelliklere sahip olmasının kaçınılmaz olduğu sorusuna yanıt aranmıştır. Bu çalışmaların sonucu ortaya çıkan eğitim içeriği Tablo 1’de gösterildiği gibi 4 bölüm ve 13 konudan oluşmaktadır.

Tablo 1. Konular

A	Bilgi Güvenliği
A.1	Neden Bilgi Güvenliği?
A.2	Bilgi Güvenliği ve Kullanıcı Sorumluluğu
B	Bilgisayar ve Erişim Güvenliği
B.1	Bilgisayara Giriş Güvenliği
B.2	Parola Güvenliği
B.3	Yazılım Yükleme ve Güncelleme
B.4	Dosya Erişim ve Paylaşım Güvenliği
B.5	Yedekleme
C	Tehditler ve Korunma Yöntemleri
C.1	Zararlı Programlar
C.2	Sosyal Mühendislik
D	İnternet ve Ağ Güvenliği
D.1	Güvenlik Duvarı ile Korunma
D.2	Web Güvenliği
D.3	E-Posta Güvenliği
D.4	ADSL Modemlerde Güvenlik

Hedef kitle ve konular belirlendikten sonra genel bir öğretim tasarımı yaklaşımı belirlendi ve “Parola Güvenliği” konusu örnek uygulama olarak geliştirildi. Örnek uygulamanın amacı tasarımdaki olası sorunları baştan belirleyebilmektir. Geliştirilen örnek uygulama kullanılarak bilgi güvenliği uzmanlarının ve farklı profillere sahip son kullanıcıların katılımı ile kullanılabilirlik testleri yapıldı. Bunun sonucunda, arayüz ve öğretim tasarımı değişikliği yapıldı. Ortaya çıkan “ana sayfa” tasarımı Şekil 1’deki gibidir. Bu tasarım bir uzaktan eğitim portalinde olması gereken bütün unsurları içermektedir. Sayfalarda geçen teknik terimler için her sayfada bulunan sayfaya özgü “sözlük” eklenmiş ve site içi seçeneğine yer verilmiştir.



Şekil 1. Ana sayfa tasarımı.

5. İÇERİKLERİN HAZIRLANMASI

Tüm içerikler TÜBİTAK BİLGEM UEKAE Bilişim Sistemleri Güvenliği Grubu uzmanları tarafından ve projenin ara safhalarında uzman personelin görüşleri alınarak hazırlandı. Konu içerikleri geliştirilmeden önce, bu içerikleri hazırlayacak uzmanlara yönelik “içerik hazırlama” konusunda sunum yapıldı, kullanmaları için örnek doküman ve kılavuz hazırlandı.

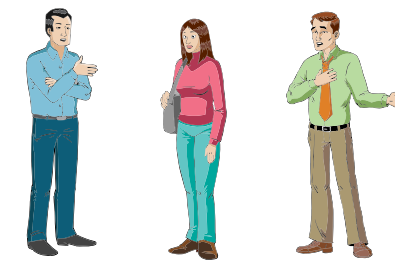
İçerikler, bilinçlendirmeyi sağlamak ve konuya olan önemi pekiştirmek için bilgi güvenliği ile ev güvenliğine benzetme (Şekil 2’de) üzerine geliştirildi. Örnek vermek gerekirse, çelik kapılar ve güçlü kilitler güçlü parolalar ile anlatılırken, bina ve bahçe duvarlarının yerini bilgisayarlardaki güvenlik duvarları aldı. Başka bir

örnekte ise evlerde kullanılan hırsız alarmlarının yerini bilgisayarlarımızdaki virüsten korunma yazılımları aldı. Bu gibi örnekler çoğaltılarak, bilgi güvenliği konuları ve alt konuları, bütünsel bir yaklaşım izlenerek, ev güvenliği benzetmesiyle anlatılmaya çalışıldı.



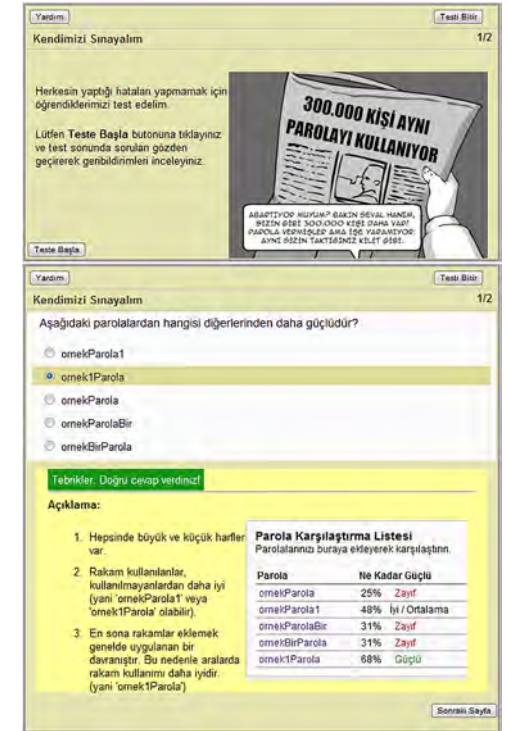
Şekil 2. Ev güvenliği ile benzerlik.

Basında yer alan konuyla ilgili haberlere ve şaşırtıcı bilgilere sitedeki sayfaların sağ kolonunda yer verilirken, bulunabildiği kadar konuyla ilgili atasözü ve özlü sözlere de yer verildi. Her konunun başında, günlük yaşantımızla benzerlikler kurularak anlatılan bir öykü yer almaktadır. Bu öyküler her bölümde benzer karakterler kullanılarak başlıktan geçen olaylar örgüsü ile süreklilik ve bütünlük sağlanması hedeflendi. İçeriklerin farklı karakterler tarafından anlatılması çok sesli bir ortam sunulmasını sağlamış oldu (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı karakterler.

Her konu, girişteki animasyon sonrasında konu ile ilgili temel soruları yanıtlayan sayfalardan oluşmakta, sonlara doğru uygulama sayfası ile kısa bir kendini sınama uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulama sayfalarında sorular doğru ya da yanlış, nasıl yanıtlırsa yanıtlansın Şekil 4’teki gibi bir geribildirim ve ek açıklama sunulmuştur.



Şekil 4. Örnek bir “Kendimizi Sımalıym” sayfası.

Yer yer konuya özgü olarak değişik etkileşimli sayfalara yer verilerek, siteye gelen ziyaretçinin izleyici olarak eğitim alması yerine uygulamalarla hem öğrendiklerini uygulamaları hem de anlatılan konunun pekiştirilmesi hedeflendi. Örnek olarak Şekil 5’teki “Parola Ölçer” uygulaması güçlü bir parola oluşturmak için gerekli olan özelliklerin uygulamalı olarak gösterilmesi açısından önemlidir.



Şekil 5. “Parola Ölçer” uygulaması.

Son olarak, projede öğrenen odaklı bir yaklaşım benimsendiğinden, kişi kendi öğrenme sürecini kendi gereksinimlerine göre düzenleyerek, kendi planları doğrultusundaki konularda ilerleyebilmesine olanak verildi. Bir günde tüm eğitimi bitirmek kolay olmayacağından, siteye giren kullanıcılara, o gün için belirli bir konu seçmesi ya da bir bölüm bitirmek gibi hedefler koyması önerilmektedir.

6. KURUMSAL UYGULAMALAR

Bu projede kişilere yönelik hazırlanmış olan içerikler doğal olarak kurumlarda da kullanılabilir olacaktır. Örnekler ve özellikle konu girişlerindeki senaryolarda verilen bilgiler bir kurumda çalışan Çağlar Bey karakteri çevresinde ve kurumsal uygulamalara da gönderme yapılarak aktarılmıştır. Bu nedenle, sitenin, kurumsal uygulamalarda kolay uygulanabilir bir yapısı vardır.

Günümüzde birçok güvenlik ihlâlinin kurum içi kaynaklı olduğu düşünülürse, bilgi güvenliği bilincinin bir kurum için ne kadar önemli olduğu görülür. Kişilerin kendi ortamlarından örneklerin veya kurumların kendi deneyimlerinin aktarılması, kurumsal güvenlik politikalarının ve uygulamalarının yaygınlaştırılması son derece önemlidir. Bu proje kapsamında geliştirilen bilgi güvenliği eğitiminin modüler yapısı sayesinde eğitimin tüm kurumlar için kolaylıkla özelleştirilebilmesi sağlanmaktadır.

Kurumlara özel neler yapılabilir konusunda bazı düşünceler şunlardır:

- Bilgimi Koruyorum sitesi olduğu biçimi ile, kurumların kendi düzenledikleri eğitim programları kapsamında, kaynak olarak kullanılabilir.

- İçerik, bir ders alma / öğrenme yönetim sistemi ile bütünleşik olarak kullanılabilir. Bu sistemin raporlama olanağı ile, eğitimde geçirilen toplam oturum süresi, eğitimi tamamlayan toplam kullanıcı sayısı, eğitime toplam giriş sayısı, varsa sınava giren kullanıcı sayısı, sınav sonuçları gibi bilgiler edinilebilir. Farklı etkinlikler, tartışma ve birlikte çalışma ortamları oluşturulabilir.

- İçerikler kurumların isteğine göre özelleştirilebilir,

- Kuruma özgü güvenlik politikalarının duyurulduğu bölümler eklenebilir.

- Kurumun gereksinimleri doğrultusunda konular eklenip çıkarılabilir.

- Kurumun bilgi sistemine entegrasyon ile kurum içi hizmete sunulabilir.

- Kurumlara özel örnekler eklenebilir.

- Kurumlara özgü bilgi güvenliği bilinci seviyesi ölçümü yapılabilir.

- Çalışanlara bilgi güvenliği konusunda anketler uygulanabilir.

- İşe yeni başlayan kullanıcının kurum bilgi sistemlerini kullanmadan önce bu eğitimi alması sağlanabilir.

- Kruger [9] tarafından uygulanan “Bilgi güvenliği Farkındalığı Değerlendirme Modeli” ile internet/intranet kayıtları, e-posta sistem verileri, anti-virus sistemi kayıtları, şifre çözme programı verileri, yardım masası ve olay bildirim verileri gibi sistem kaynaklarından yararlanılarak çalışanların güvenlik konusundaki davranışları belirlenip kurumun bilgi güvenliği bilincini ölçümlenebilir.

7. SONUÇ

Bilgi sistemleri, internet ve bilgisayar kullanımı arttıkça bilgi güvenliğine olan gereksinim de artmaktadır. Bugüne kadar gözardı edilen bu konuda ve son kullanıcı denilen bilgisayar ve internet kullanıcıları için de bilinçlendirme gereksinimi, her gün yaşanan bilgi güvenliği olaylarından anlaşılmaktadır. “Bilgimi Koruyorum” e-öğrenme projesi ile bir yandan herkesin ulaşabileceği temel bilgi güvenliği bilinçlendirme eğitimleri konusunda bir içerik hazırlanıp sunulmuş, bir yandan da, kurumların gereksinimine daha etkin çözümler üreten ileri düzey bir başlangıç noktası olarak da düşünülebilecek bir taban oluşturulmuştur.

Bu ve benzeri yaklaşımlar, projelerin sürekliliği, çeşitliliği ve birbirlerini desteklemesi değişken ve zorlu bilgi güvenliği dünyasında güvenli bir yaşamın oluşturulması için son derece

önemlidir. Bu amaçla geliştirilen “Bilgimi Koruyorum” projesinin, ülkemizdeki bilgi güvenliği bilincinin gelişmesine hem katkıda bulunacağı hem de bu konudaki çalışmalar için bir başlangıç olacağı umulmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] D.B. Parker, *Fighting Computer Crime: A new Framework for Protecting Information*. USA: John Wiley & Sons, 1998.

[2] M.T. Siponen, *A conceptual foundation for organizational IS security awareness*. Information Management & Computer Security, vol. 8, no.1, pp. 31-41, 2000.

[3] T. Peltier, *How to build a comprehensive security awareness program*. Computer Security Journal, vol. 16, no.2, pp. 23-32, 2000.

[4] T. Mataracıoğlu and S. Özkan, *User Awareness Measurement Through Social Engineering*. International Journal of Managing Value and Supply Chains, vol. 1, no.2, pp. 27-34, 2010.

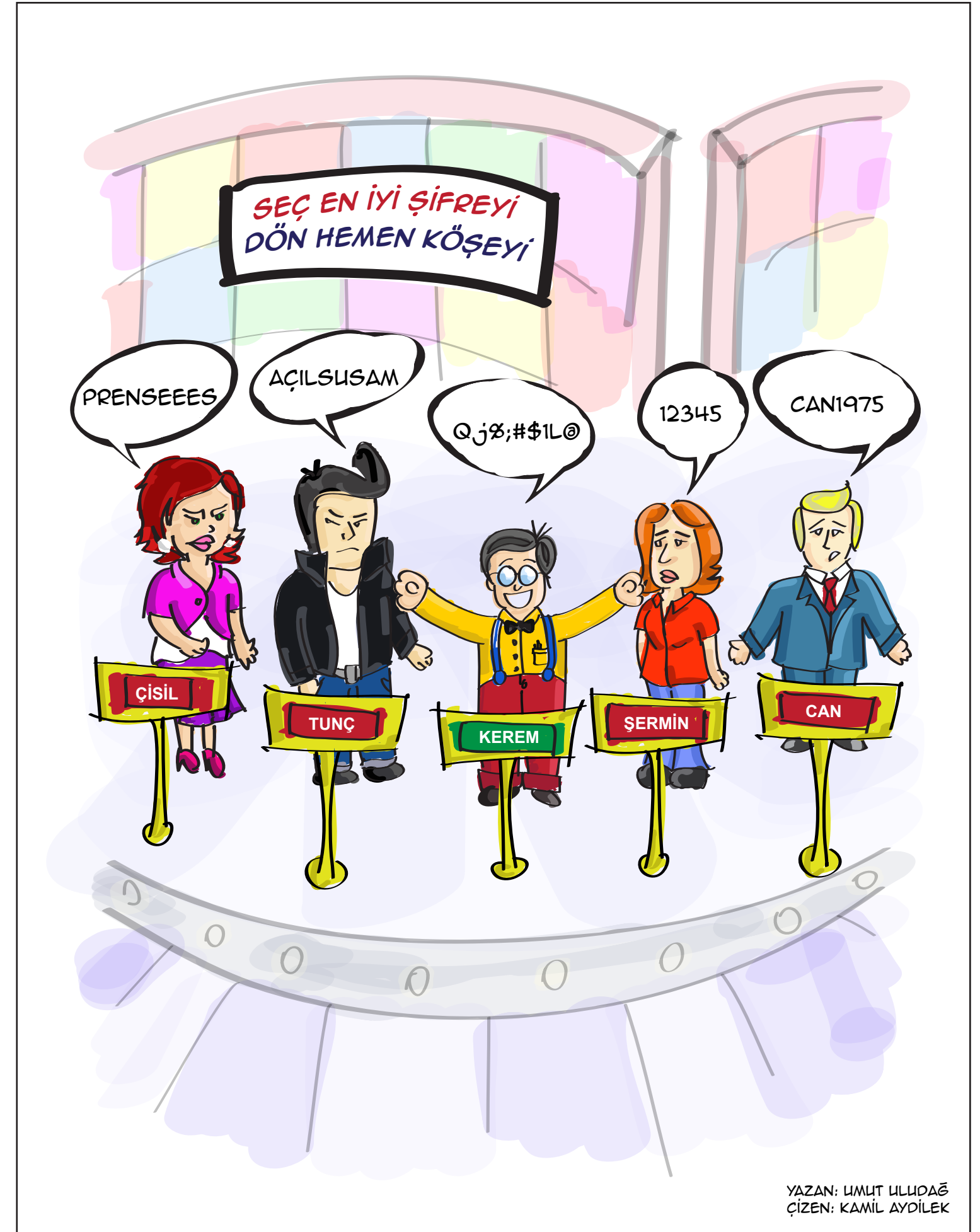
[5] K.D. Mitnick, *The Art of Deception: Controlling the Human Element of Security*. USA: Wiley Publishing, 2002.

[6] W. Hubbard, *Methods and techniques of implementing a security awareness program*. SANS Institute, white paper, 2002.

[7] B.D. Voss, *The ultimate defense of depth: security awareness in your company*. SANS Institute, white paper, 2001.

[8] E. Kritzingler and S.H. von Solms, *Cyber security for home users: A new way of protection through awareness enforcement*. Computers and Security, vol. 29, no.8, pp. 840-847, 2010.

[9] H.A. Kruger, L. Drevin and T. Steyn, *A framework for evaluating ICT security awareness*. Proceedings of the ISSA 2006 from Insight to Foresight Conference, South Africa, 2006.



YAZAN: UMUT ULUDAĞ
ÇİZEN: KAMİL AYDILEK

elektronik imza

Dizimizin altıncı ve son yazısında Türkiye'deki kamu kurum ve kuruluşlarına elektronik sertifika hizmeti verilmek üzere TÜBİTAK BİLGEM tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan Kamu Sertifikasyon Merkezi ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Kamu
Sertifikasyon
Merkezi

Ersin GÜLAÇTI

1. GİRİŞ

Türkiye Cumhuriyeti’nde elektronik imza ile ilgili en üst düzey mevzuat 23 Ocak 2004 tarihli, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu’dur. Kanunun yürütülmesi ile ilgili olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yayımlanan “Elektronik İmza Kanunu’nun Uygulanması İle İlgili Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” en temel ikinci mevzuattır. Bu yönetmelik elektronik imza için kullanılan elektronik sertifikaları üreten ve bu sertifikalarla ilgili hizmetleri veren elektronik sertifika hizmet sağlayıcılarının (ESHS) kuruluş, başvuru, çalışma ve denetim usullerini ayrıntılı olarak anlatır.

Elektronik İmza Kanunu’nun yayımlanmasının ardından “Kamu kurumları elektronik imza hizmetlerinden yararlanmak amacıyla çalışanları için elektronik sertifikaları nasıl temin edecekler?” sorusu gündeme gelmiştir. Kanunun ve ilgili yönetmeliğin tanımladığı şekliyle elektronik sertifika hizmeti vermek için uluslararası standartlarda çalışan, elektronik sertifika teknolojisine hakim ve bilgi teknolojilerinde yetkin personel kadrosuna ihtiyaç vardır. Bunun yanı sıra bir ESHS tarafından bilgi güvenliği ve fiziksel tesis güvenliğinin sağlanması da şarttır. Bütün bu şartları yerine getirecek ESHS’lerin kamu kurum ve kuruluşlarının kendi bünyelerinde kurulmasının zorluğu 5070 sayılı kanunun yayımından sonraki dönemde ciddi olarak anlaşılmıştır.

İşte bu şartlar altında kurulmasına karar verilen Kamu Sertifikasyon Merkezi ile ilgili olarak ilerleyen bölümlerde; kuruluş ve tarihçe, organizasyon yapısı, iş süreçleri, verilen hizmetler ve müşterileri hakkında bilgiler verilmektedir.

2. KURULUŞ VE TARİHÇE

Başta Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) olmak üzere elektronik imza konusunu yakından takip eden birçok kamu kurumu, Elektronik İmza Kanunu’nun yürürlüğe girmesi ile birlikte bu alanda devlet kurumlarının doğru politikalar çerçevesinde yönlendirilmesi gerektiğini görmüştü. BTK, TBMM’de kabul edilen ve Avrupa Birliği normlarına uygun olan 5070 sayılı kanunun devlet kurumlarında nasıl uygulanabileceğini değerlendirirken Türkiye’de bu konuda teknoloji üreten, yetişmiş insan gücüne ve tecrübeye sahip olan TÜBİTAK’la yoğun temaslarda bulunmuştu. BTK yaptığı çalışmalarda yabancı devletlerde uygulanan ESHS modellerini de incelemiş ve devlet kurumları için ESHS hizmetlerinin çok kritik bir altyapı hizmeti olduğu kanaatine varmıştı.

BTK, “Elektronik İmza Kanunu’nun Uygulanması İle İlgili Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” hazırlama çalışmaları sırasında oluşturduğu çalışma grupları aracılığıyla bilişim sektörünün, devlet kurumlarının ve üniversitelerin katkılarını ve görüşlerini almıştı. Bu dönemde kamu kurumları açısından aşağıda belirtilen konular öne çıkmıştır:

- Elektronik imza konusunda özgürlükçü bir yaklaşım izlenmesi halinde birçok kamu kurumunun kendi bünyesinde ESHS kurma çalışması başlatacağı ve çok sayıda kamu ESHS’nin ortaya çıkacağı görülmüştü. Örneğin ABD’de eyaletler ve bakanlıklar seviyesinde çok sayıda ESHS bulunmaktadır ve bunlar arasında birlikte çalışabilirliğin sağlanması için köprü sertifikasyon makamı gibi oldukça karışık teknolojilerin kullanılması gerekmektedir.

- Bir ESHS’nin kurulması için yapılması gereken donanım, yazılım, personel, danışmanlık-egitim alımı ve fiziksel altyapının hazırlanması gibi yatırımlar bulunmaktadır. En küçük ölçekte çalışacak bir ESHS için bile bu yatırımın maliyeti birkaç milyon TL’yi bulmaktadır. Ayrıca ESHS faaliyete geçtikten sonraki işletme maliyeti de ciddi bir gider oluşturmaktadır.

- Bir kamu kurumu kendi iç işleyişinde ve muhatap olduğu kurumlarla iletişimde işlettiği ESHS’nin sunduğu hizmetlerden faydalanabilir. Ancak hukuki açıdan bir sorun çıktığında veya bir risk oluştuğunda kamu kurumu kendi içindeki ESHS’nin faaliyetlerine müdahale etmekle itham edilebilir. Böyle bir suçlamamın boşa çıkarılması için en iyi yol etkin bir denetim sistemi kurulması ve bunun işletilmesidir. Ancak 5070 sayılı kanunun ilk yayımlandığı haliyle, kamu kurumlarının kurduğu ve işlettiği ESHS’lerin BTK tarafından tam kapsamda denetlenmesi mümkün değildir.

- Türkiye’de elektronik sertifika ve e-imza konusunda bilgi birikimi hem devlette hem de özel sektörde sınırlı olduğu için kamu kurumlarının bu konuda yetkinlik geliştirmesi uzun vakit alacak ve yapılacak yatırımların büyük bir kısmı verimsiz olacaktır. Milli teknoloji ve bilgi birikimi sadece TÜBİTAK bünyesinde bulunmaktaydı.

- Yeni Zelanda, Almanya ve Birleşik Krallık’ın yaşadığı deneyimler¹ (devlet kurumlarının hizmet aldığı özel sektör ESHS’lerinin iflas etmesi vb.) elektronik sertifika hizmetleri konusunda sürekliliğin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Kağıt evrak kullanımından elektronik belge ve elektronik imza kullanımına geçildiğinde ESHS tarafından sunulan hizmetlerin kesintiye uğraması çok büyük ve geri dönülemez sorunlara yol açabilir. Bu nedenle devletin bu altyapı hizmetlerine kesintisiz erişimi garanti altına alınmalıdır.

Kamu kurumları adına yukarıda sayılan ihtiyaçlar ve gereksinimler değerlendirilerek, 10 Haziran 2004 tarihinde düzenlenen E-Dönüşüm Türkiye İcra Kurulu 6. Toplantısı’nda, BTK’nın önerisi doğrultusunda “Kamu Kurum ve Kuruluşları için Sertifikasyon Merkezi Oluşturulması (Karar 6)” kararı² alınmıştır. Bu karara göre TÜBİTAK UEKAE’ye tüm kamu kurum ve kuruluşlarına hizmet vermek üzere bir ESHS kurma görevi verilmiştir. Bu karar içeriği çok ufak değişikliklerle Başbakanlık genelgesi haline getirilmiştir. “Kamu Sertifikasyon Merkezi Oluşturulması” konulu genelge 6 Eylül 2004 tarihinde 2004/21 sayılı olarak yayımlanmıştır.

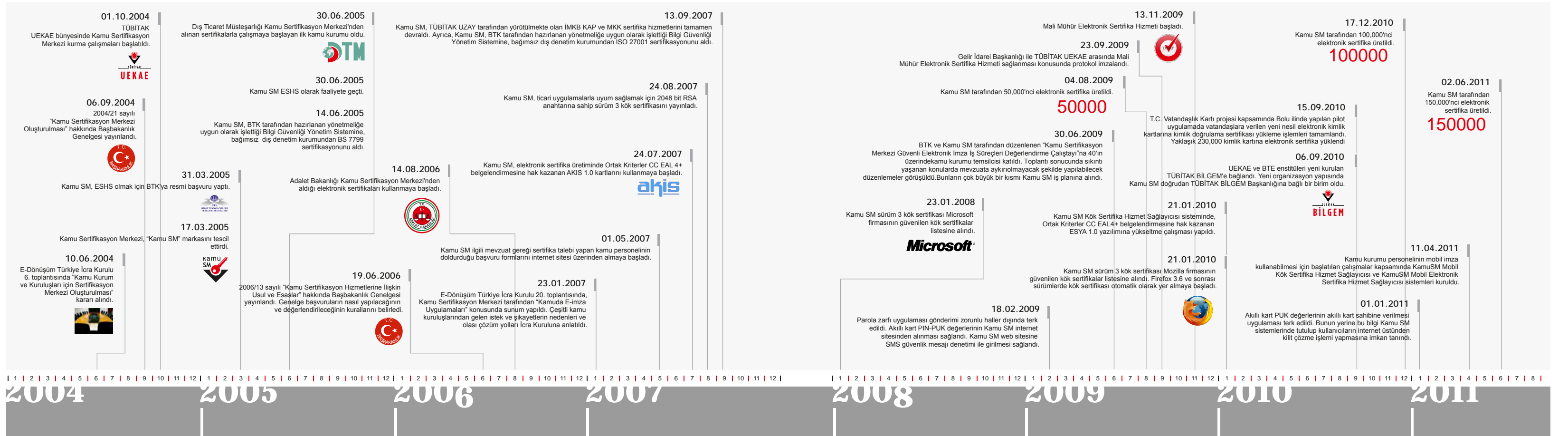
Tablo 1. Kamu sertifikasyon merkezi tarihçesi.

Tarih	Açıklama	Tarih	Açıklama	Tarih	Açıklama
10.06.2004	E-Dönüşüm Türkiye İcra Kurulu 6. toplantısında “Kamu Kurum ve Kuruluşları için Sertifikasyon Merkezi Oluşturulması” kararı alındı.	01.05.2007	Kamu SM ilgili mevzuat gereği sertifika talebi yapan kamu personelinin doldurduğu başvuru formlarını internet sitesi üzerinden almaya başladı.	21.01.2010	Kamu SM sürüm 3 kök sertifikası Mozilla firmasının güvenilen kök sertifikalar listesine alındı. Firefox 3.6 ve sonrası sürümlerde kök sertifikası otomatik olarak yer almaya başladı.
06.09.2004	2004/21 sayılı “Kamu Sertifikasyon Merkezi Oluşturulması” hakkında Başbakanlık Genelgesi yayınlandı.	24.07.2007	Kamu SM, elektronik sertifika üretiminde Ortak Kriterler CC EAL 4+ belgelendirmesine hak kazanan AKIS 1.0 kartlarını kullanmaya başladı.	12.04.2010	Kamu SM Kök Sertifika Hizmet Sağlayıcısı sisteminde, Ortak Kriterler CC EAL 4+ belgelendirmesine hak kazanan ESYA 1.0 yazılımına yükseltme çalışması yapıldı.
01.10.2004	TÜBİTAK UEKAE bünyesinde Kamu Sertifikasyon Merkezi kurma çalışmaları başlatıldı.	24.08.2007	Kamu SM, ticari uygulamalarla uyum sağlamak için 2048 bit RSA anahtarına sahip sürüm 3 kök sertifikasını yayınladı.	06.09.2010	UEKAE ve BTE enstitüleri yeni kurulan TÜBİTAK BİLGEM’e bağlandı. Yeni organizasyon yapısında Kamu SM doğrudan TÜBİTAK BİLGEM Başkanlığına bağlı bir birim oldu.
17.03.2005	Kamu Sertifikasyon Merkezi, “Kamu SM” markasını tescil ettirdi.	13.09.2007	Kamu SM, BTK tarafından hazırlanan yönetmeliğe uygun olarak işlettiği Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemine, bağımsız dış denetim kurumundan ISO 27001 sertifikasyonunu aldı.	15.09.2010	T.C. Vatandaşlık Kartı projesi kapsamında Bolu ilinde yapılan pilot uygulamada vatandaşlara verilen yeni nesil elektronik kimlik kartlarına kimlik doğrulama sertifikası yükleme işlemleri tamamlandı. Yaklaşık 230,000 kimlik kartına elektronik sertifika yüklendi.
31.03.2005	Kamu SM, ESHS olmak için BTK’ya resmi başvuru yaptı.	13.09.2007	Kamu SM, TÜBİTAK UZAY tarafından yürütülmekte olan İMKB KAP ve MKK sertifika hizmetlerini tamamen devraldı.	17.12.2010	Kamu SM tarafından 100,000’nci elektronik sertifika üretildi.
14.06.2005	Kamu SM, BTK tarafından hazırlanan yönetmeliğe uygun olarak işlettiği Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemine, bağımsız dış denetim kurumundan BS 7799 sertifikasyonunu aldı.	23.01.2008	Kamu SM sürüm 3 kök sertifikası Microsoft firmasının güvenilen kök sertifikalar listesine alındı.	30.12.2010	Güvenlik zafiyeti oluşturmadan kullanım kolaylığı sağlama sebebi ile sertifikalar Kamu SM tarafından kullanıma açılmış olarak (aktif durumda) teslim edilmeye başlandı.
30.06.2005	Kamu SM ESHS olarak faaliyete geçti.	18.02.2009	Parola zarfı uygulaması gönderimi zorunlu haller dışında terk edildi. Akıllı kart PIN-PUK değerlerinin Kamu SM internet sitesinden alınması sağlandı. Kamu SM web sitesine SMS güvenlik mesajı denetimi ile girilmesi sağlandı.	01.01.2011	Akıllı kart PUK değerlerinin akıllı kart sahibine verilmesi uygulaması terk edildi. Bunun yerine bu bilgi Kamu SM sistemlerinde tutulup kullanıcıların internet üstünden kilit çözme işlemi yapmasına imkan tanındı.
01.08.2005	Dış Ticaret Müsteşarlığı Kamu Sertifikasyon Merkezi’nden alınan sertifikalarla çalışmaya başlayan ilk kamu kurumu oldu.	30.06.2009	BTK ve Kamu SM tarafından düzenlenen “Kamu Sertifikasyon Merkezi Güvenli Elektronik İmza İş Süreçleri Değerlendirme Çalıştayı”na 40’ın üzerinde kamu kurumu temsilcisi katıldı. Toplantı sonucunda sıkıntı yaşanan konularda mevzuata aykırı olmayacak şekilde yapılabilecek düzenlemeler görüşüldü. Bunların çok büyük bir kısmı Kamu SM iş planına alındı.	11.04.2011	Kamu kurumu personelinin mobil imza kullanılabilmesi için başlatılan çalışmalar kapsamında KamuSM Mobil Kök Sertifika Hizmet Sağlayıcısı ve KamuSM Mobil Elektronik Sertifika Hizmet Sağlayıcısı sistemleri kuruldu.
19.04.2006	2006/13 sayılı “Kamu Sertifikasyon Hizmetlerine İlişkin Usul ve Esaslar” hakkında Başbakanlık Genelgesi yayınlandı. Genelge başvuruların nasıl yapılacağı ve değerlendirileceğinin kurallarını belirledi.	04.08.2009	Kamu SM tarafından 50,000’nci elektronik sertifika üretildi.	02.06.2011	Kamu SM tarafından 150,000’nci elektronik sertifika üretildi.
14.08.2006	Adalet Bakanlığı Kamu Sertifikasyon Merkezi’nden aldığı elektronik sertifikaları kullanmaya başladı.	23.09.2009	Gelir İdaresi Başkanlığı ile TÜBİTAK UEKAE arasında Mali Mühür sağlanması konusunda protokol Elektronik Sertifika Hizmeti imzalandı.		
23.01.2007	E-Dönüşüm Türkiye İcra Kurulu 20. toplantısında, Kamu Sertifikasyon Merkezi tarafından “Kamuda E-imza Uygulamaları” konusunda sunum yapıldı. Çeşitli kamu kuruluşlarından gelen istek ve şikayetlerin nedenleri ve olası çözüm yolları İcra Kuruluna anlatıldı.	13.11.2009	Mali Mühür Elektronik Sertifika Hizmeti başladı.		

¹ Devlette AAA Kullanımı için Uluslar arası ve Yeni Zelanda Deneyimleri Makalesi, Bölüm 3.2 ve 4.1

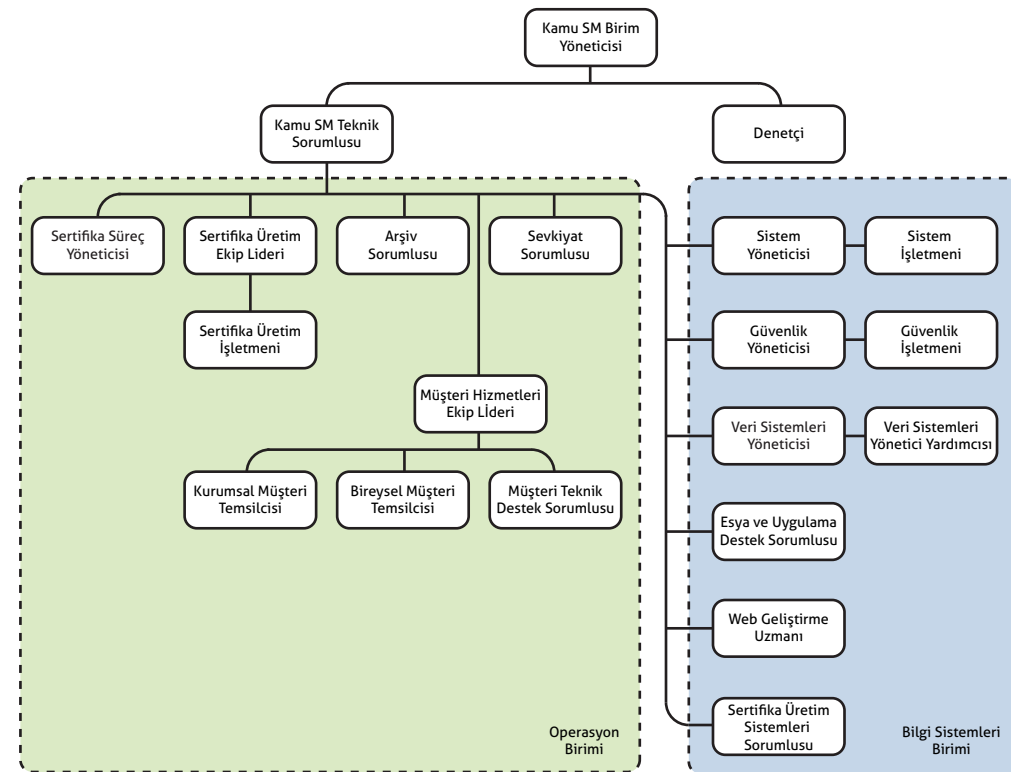
www.e.govt.nz/plone/archive/services/sec/sec-pki-paper-14/sec-pki-paper-14.pdf

² www.bilgitoplumu.gov.tr/Documents/1/Icra_Kurulu/040610_IcraKuruluKararNo06.pdf



Genelgeye göre, özel niteliği olan Türk Silahlı Kuvvetleri, Emniyet Genel Müdürlüğü, MİT Müsteşarlığı, Jandarma Genel Komutanlığı, Sahil Güvenlik Komutanlığı, Dışişleri Bakanlığı ve Telekomünikasyon İletişim Başkanlığı (TİB listeye 24 Temmuz 2006 tarih ve 2006/20 sayılı genelge ile eklenmiştir) ihtiyaç duymaları halinde kök sertifika hizmetini Kamu Sertifikasyon Merkezi'nden almak kaydıyla kendi ESHS'lerini kurabileceklerdir³.

Bu genelgeden sonra kamu kurumları elektronik sertifika hizmetlerini temin için sürekliliği olan, yetişmiş insan gücü ve bilgi birikimine sahip TÜBİTAK Kamu Sertifikasyon Merkezi'nden sertifika teminine başlamışlardır. Böylece milli kaynaklarla, milli teknolojimiz ile mükerrer yatırım yapmadan, en ekonomik ve verimli sertifika hizmet modeli kullanıma girmiştir.



Şekil 1. Kamu SM organizasyon şeması.

Her sistem kurulduğu andaki ihtiyaçları karşılamak için tasarlanır. Sistemlerin ve süreçlerin uzun yıllar boyunca verimliliklerini sürdürmeleri için sürekli gözden geçirilmeleri ve iyileştirilmeleri gerekir. Gelişen teknoloji, değişen kurum ihtiyaçları, artan elektronik sertifika kullanımı gibi nedenlerle Kamu Sertifikasyon Merkezi de geçen yıllar içinde süreçlerini ve işleyişini gözden geçirerek iyileştirmiştir. Tablo 1'de Kamu Sertifikasyon Merkezi'nin geçmişindeki önemli kilometre taşları görülebilir.

3. ORGANİZASYON YAPISI

Kamu SM bir ESHS olarak bilgi güvenliği ve elektronik imza başta olmak üzere birçok bilgi teknolojisi alanında uzman personel barındırmaktadır. Kamu SM kendi başına herhangi bir ürün geliştirme faaliyeti içinde bulunmamakta, TÜBİTAK BİLGEM Milli Açık Anahtar Altyapısı proje grubu tarafından geliştirilen yazılım ürünlerini (ESYA sunucu yazılımları ve yazılım kütüphaneleri) kullanarak ESHS işletim faaliyetini sürdürmektedir. 11 mühendis, 6 teknisyen ve 12 operasyon sorumlusundan oluşan toplam 29 kişilik bir kadro ile hizmet veren Kamu SM'nin organizasyon şeması Şekil 1'de görüldüğü gibidir.

Organizasyon şemasında görülen birimler ve görevleri ise şöyledir:

Sertifika Yönetimi

- Sertifika süreç yönetimini gerçekleştirmek;
- Sertifika yaşam döngüsünü takip etmek (üretim, gönderim, arşiv vb.);

- Çağrı merkezi yönetimini gerçekleştirmek;
- Kullanıcı talep, dilek ve şikayetlerini cevaplamak (çağrı merkezi, e-posta vb.);
- ISO9001 kalite yönetim standardına uygun süreçleri işletmek.

Müşteri Destek

- Müşteri altyapı uygunluk denetimleri gerçekleştirmek;
- Müşteriye teknik destek sağlamak;
- Acil teslimatları gerçekleştirmek.

Bilgi Sistemleri

- Fiziksel ortam güvenliğini sağlamak;
- Ağ alt yapısını yönetmek (yönlendirici, anahtar vb.);
- Sistem güvenliğini sağlamak (güvenlik duvarı, sensor vb.);
- Sertifika (ESYA) servislerinin yönetimini gerçekleştirmek;
- Destek servislerinin yönetimini gerçekleştirmek (e-posta, DNS, kayıt vb.);
- Yedekleme prosedürlerini işletmek;
- ISO27001 güvenlik standardına uygun süreçleri işletmek.

³ Genelgede belirtilen ve özel niteliği olan kurumlardan hiçbiri bugüne kadar kendi ESHS sistemini kurmamıştır. Bu kurumlar halen elektronik sertifika ihtiyaçlarını Kamu Sertifikasyon Merkezinden karşılamaktadırlar.

Denetim

- Sertifika süreçleri denetimlerini periyodik olarak gerçekleştirmek.

4. İŞ SÜREÇLERİ

Kamu SM'de 2005 yılından beri uygulanmakta olan iş süreçleri kamu kurumlarının ihtiyaçlarına göre şekillenmiş ve olgunlaşmıştır. İş süreçleri ile en güncel bilgiye www.kamusm.gov.tr/kurumsal/basvuru adresinden erişilebilir. Mevcut iş süreci ana hatları ile şöyledir:

- Hizmet talep eden kurum, ihtiyacı TÜBİTAK BİLGEM'e yapacağı yazılı bir resmi teklif talebi ile bildirir. Kurum, resmi teklif talebinin ekinde temin etmek istediği ürün ve hizmetleri gösteren talep formunu gönderir.
- TÜBİTAK BİLGEM; kurumun teklif talebi uyarınca talep edilen ürün ve hizmetler için teklifini kuruma gönderir.
- Kurumun teklifi kabul etmesi halinde kurum, TÜBİTAK BİLGEM'e resmi bir teklif kabul bildirimini yapar.
- TÜBİTAK BİLGEM, kurumun teklif kabul bildirimine istinaden bir sipariş teyidi yazısı hazırlar ve kurumun siparişi kesinleşir.
- Siparişe istinaden Kamu Sertifikasyon Merkezi'ne iş emri verilir ve sertifika üretim sürecine başlanır. Bu süreç genelde aşağıdaki şekilde işler:
 - Kurum tarafından talep formunda ismi bildirilmiş olan kurum yetkilisi elektronik sertifika alması istenen personel isim listesini oluşturur ve Kamu SM'ye iletir. Bu isim listesinde "Ad, Soyad, T.C. Kimlik No, Kurumsal E-posta Adresi" bilgileri yer alır.

- Kurum yetkilisinin bildirdiği isim listesi MERNİS sistemi kullanılarak doğrulanır. Sorunsuz kayıtlar için ilgili şahsın e-posta adresine başvuru formunu doldurması için gerekli bilgileri içeren bir ileti gönderilir.

- E-postayı alan kurum personeli, e-postada verilen parola ile Kamu SM web sitesine bağlanarak başvuru formunu eksiksiz doldurur ve kağıt çıktısını alır. Başvuru formu çıktısı ıslak imza ile imzalanır ve kurum aracılığıyla Kamu SM'ye gönderilir.

- Kamu SM'ye gelen başvuru formları elektronik sistemlere yüklenir ve sertifika üretimi gerçekleştirilir.

- Üretilen sertifika ve beraberinde akıllı kart okuyucu kurye firması aracılığıyla hak sahibine gönderilir.

- Sertifika ve akıllı kart okuyucusu kurye tarafından kimlik kontrolü yapılarak sadece hak sahibine teslim edilir.

- Sertifikayı teslim alan hak sahibi, Kamu SM web sitesine bağlanarak sertifika akıllı kartına ait PIN değerini öğrenir. Bu PIN ve akıllı kart elektronik imza uygulamalarında kullanılabilir (doküman yönetim sistemi, evrak editörü, e-devlet web sitesine giriş vb.).

- Sertifika teslimatı tamamlanan kurumlara TÜBİTAK BİLGEM tarafından fatura kesilerek gönderilir. Çok sayıda personele sertifika alan kurumlarda faturalandırma aylık teslimat raporlarına göre aylık olarak gerçekleştirilir.

5. VERİLEN HİZMETLER

Kamu Sertifikasyon Merkezi tarafından sunulan bir çok ürün ve hizmet bulunmaktadır. Sunulan ürün ve hizmetlerle ilgili ayrıntılı bilgi www.kamusm.gov.tr adresinde yer almaktadır. Bunlar hakkında kısa açıklamalar aşağıda verilmektedir.

- **Nitelikli Elektronik Sertifika** : 3 veya 5 yıl süreli olarak verilen 5070 sayılı kanuna göre oluşturulmuş sertifikadır.
- **Akıllı Kart Okuyucu** : Taşınabilir mini okuyucu veya masa üstü PC/SC standardında okuyucudur.
- **SSL/Cihaz Sertifikası** : Web sunucuları veya başka sunucular için kullanılan bilgi güvenliği sertifikasıdır.
- **Mali Mühür Sertifikası** : Gelir İdaresi Başkanlığı'nın izniyle özel şirketlere verilen, elektronik fatura işlemlerinde kullanılan sertifikadır (Ayrıntılı bilgi için <http://mm.kamusm.gov.tr> adresine bakınız).
- **Zaman Damgası** : 5070 sayılı kanuna göre ESHS'ler tarafından verilebilen bir elektronik verinin belirli tarihte var olduğunu gösteren kayıttır.
- **Yazılımlar** : İmzager, ESYA Elektronik İmza Yazılım Kütüphanesi vb. elektronik sertifika ve açık anahtar altyapısı ile ilgili yazılımlar (Ayrıntılı bilgi için <http://yazilim.kamusm.gov.tr> adresine bakınız).
- **E-imza Uyum Denetimi** : 2006/13 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile kamu kurum ve kuruluşlarının e-imza uyum denetimi görevi Kamu Sertifikasyon Merkezi'ne verilmiştir. Buna göre; kamu kurum ve kuruluşlarının elektronik sertifika için gerekli teknolojik altyapıya ve iş süreçlerine sahip olup olmadığı denetlenmektedir. Uygun bulunan kurumlara elektronik sertifika hizmeti verilmektedir. Ayrıca e-imza uygulaması satın almış veya geliştirmiş olan kurumların uygulamaları standartlara uyum açısından denetlenmektedir. Uyum denetiminden geçen kurumlara rapor verilmektedir. Ayrıntılı bilgi için www.kamusm.gov.tr/tr/kurumsal/musterilerimiz/ adresine bakılabilir.

- **Danışmanlık ve Eğitim Hizmetleri** : Talep eden kurumlara e-imza projeleri için danışmanlık ve eğitim hizmeti verilebilmektedir.

6. ELEKTRONİK SERTİFİKA HİZMETİNDEN YARARLANAN KURUMLAR

Kuruluşundan bu yana artan elektronik sertifika taleplerine hizmet veren Kamu Sertifikasyon Merkezi bugüne kadar toplam 170,000 elektronik sertifika üretmiştir. Yıllara göre sertifika üretimi Tablo 2'de görüldüğü gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 2. Yıllara göre üretilen sertifika sayısı.

Yıl	Sertifika Sayısı	Toplam
2005	380	380
2006	3.898	4.278
2007	5.611	9.889
2008	37.154	47.043
2009	10.437	57.480
2010	48.806	106.286
2011	75.012	181.298

Kamu SM'nin hizmet verdiği kamu kurum ve kuruluşları bazı durumlarda Türkiye geneline yayılmış teşkilat birimlerinin elektronik sertifika işlemlerini merkezi olarak yönetmek istememektedirler. Bu nedenle Kamu SM ile doğrudan ilişki kuran müşteri kurum sayısı yıllar geçtikçe hızlı bir artış göstermiştir. Mevcut durum Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Yıllara göre müşteri kurum sayısı.

Yıl	Adet
2009	160
2010	276
2011	474

Kamu SM bünyesinde, Kamu kurum ve kuruluşlarının elektronik sertifika almasını talep ettiği personelleri için destek veren bir çağrı merkezi (Tel: (262) 648 1818) işletilmektedir. Kamu SM Çağrı Merkezi, teknik destek de dahil olmak üzere sertifika alma süreciyle ilgili çok çeşitli konularda sertifika başvurusu yapan kişilere hizmet vermektedir. Çağrı merkezinin yıllara göre iş yükü ve performansı Tablo 4'te görülebilir.

Tablo 4. Yıllara göre çağrı sayısı.

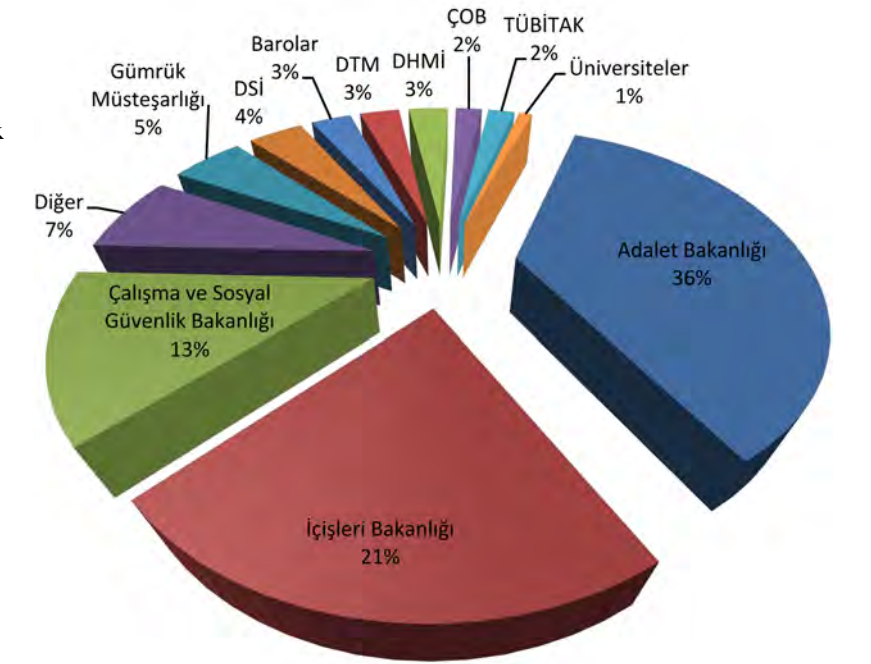
Yıl	Gelen Çağrı	Cevaplanan	Karşılama Oranı (%)
2006	5.120	4.634	90,51
2007	5.243	4.991	95,19
2008	19.887	18.878	94,93
2009	34.422	29.836	86,68
2010	51.523	44.752	86,86
2011	51.203	41.460	80,97

Kamu SM tarafından üretilen sertifikaların kamu kurumlarına göre genel dağılımı Şekil 2'de, Türkiye'deki illere göre dağılımı Şekil 3'te görülebilir.

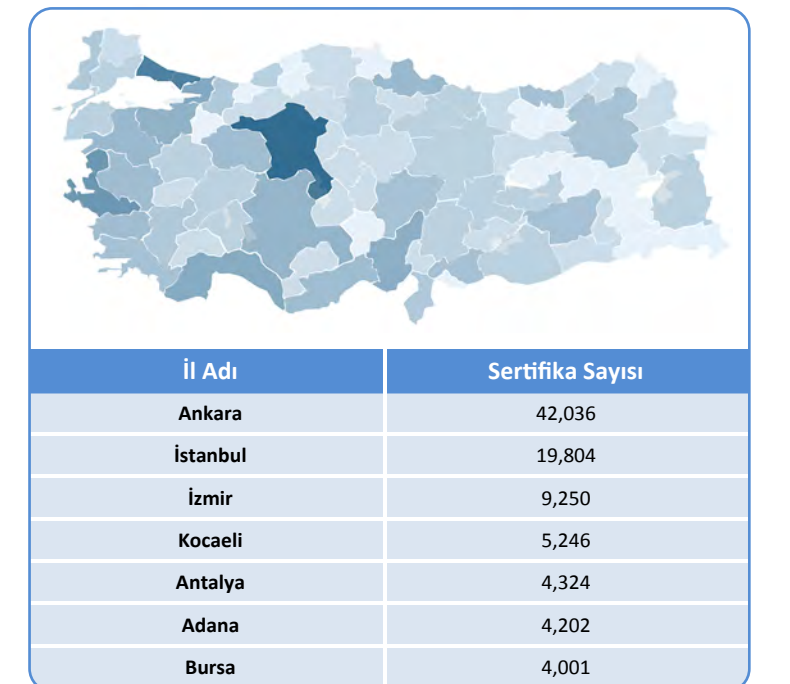
7. SONUÇ

Elektronik imzanın yeni uygulama alanları bulması ve yaygınlaşması her geçen gün hızlanarak artmaktadır. TÜBİTAK, Türk mühendislerinin ve teknisyenlerinin uzun yıllar süren çalışmaları sonucunda bu teknolojinin Türkiye'deki en yetkin kurumu haline gelmiştir. TÜBİTAK

elde ettiği bilgi birikimiyle ve ürettiği yazılım, donanım ürünleriyle elektronik imza alanında Türkiye'nin kamu ve sivil alandaki ihtiyaçlarını karşılamak için büyük bir gayret göstermektedir. Derginin ilk sayısında beri devam eden yazı dizisini bitirirken, bu teknoloji alanına girme kararı alan TÜBİTAK yöneticilerine ve başta Milli Açık Anahtar Altyapısı projesi ve Kamu Sertifikasyon Merkezi çalışanları olmak üzere e-imza teknolojisinin geliştirilmesinde ve kullanılmasında katkısı olan tüm TÜBİTAK personeline teşekkür ederim.



Şekil 2. Kamu kurumlarına göre sertifika dağılım yüzdeleri.



Şekil 3. Illere göre sertifika kullanım yoğunluğu.



Sayısal Damgalama 1 :

Temel Özellikler

İmge, video, müzik, ses, harita, basılı ve elektronik belge gibi çoklu ortam (çoğulortam, multimedya) verileri artık günlük yaşantımızın vazgeçilmez parçaları oldu. Eğlence için olduğu kadar (ör. internetten müzik dosyası indirip dinleme, CD-DVD ortamlarındaki filmleri izleme gibi), artık iş dünyasında, eğitimde, hukukta, adli vakalarda, yönetim, haber alma (istihbarat) ve askeri uygulamalarda da kullanılan bu verilerin güvenilirliğini sağlamak önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıktı. Sürekli (analog), ve özellikle sayısal (dijital) ortamda bu tür verilerin üretilmesinin, kopyalanmasının, değiştirilmesinin, dağıtılmasının, yok edilmesinin gittikçe daha kolay, daha ucuz, daha hızlı ve herhangi bir takip ve denetleme mekanizması olmaksızın yapılabilmesi, gün geçtikçe bu sorunun önemini artırmaktadır. Dergimizin sonraki sayılarında da sürecek olan bu yazı dizisinde, ilgili soruna çözüm olabilecek sayısal damgalama sistemlerinin tanıtımı, birçok veri tipi (imge, video, harita, basılı ve elektronik belge vb) için önerilen yöntemler, uygulamalar, ve hızla gelişen bu teknoloji ile ilgili öngörülerini bulacaksınız.

Umut ULUDAĞ

1. GİRİŞ

Bilgiye erişimin kolaylaştığı, bilgi tabanlı teknolojilerin, eski teknolojilerin yerini aldığı bir çağda yaşıyoruz. Bilgiye hızlı, verimli ulaşmak, bilgiyi üretmek, doğru çözümlenmek ve doğru zamanda kullanmak, katma değer yaratabilmenin tek yolu olmaya doğru hızla ilerliyor.

Bu çağın getirileri, daha rahat yaşamamızı sağlayabiliyor. En basitinden en karmaşığa kadar, insanoğlumun yaşamının bir parçası olan işlemler (eğitim, ticaret, ulaşım, sağlık vb) artık daha fazla insana, daha nitelikli olarak ulaşıyor. Özellikle, bilişim teknolojilerindeki gelişmeler, hem tüm alanları (finans, üretim, eğlence vb) etkiliyor, hem de bu teknolojilerin özündeki etkileşimle, her geçen gün yeni bir uygulama olarak karşımıza çıkıyor. Cep telefonları ile iletişim sadece konuşmanın çok ötesine geçti (ör. birçok bankacılık işlemlerimizi yapabiliyoruz); bilgisayarlar okullarda öğrencilerin daha iyi öğrenmelerine yardımcı oluyor; sınavlar internet ortamında yapılabilir; seçimlerin elektronik ortamda yapılabilmesi araştırılıyor.

Bilgi çağının bu getirileri kuşkusuz yadsınmaz. Ancak, ilgili teknolojilerin, daha önce mümkün olmayan davranışları birlikte getirdiği de bir gerçek. Örneğin, yüksek hızlı bilgisayar ve iletişim ağları (internet, 3G), yüksek manyetik, optik ve flash bellek ve depolama olanakları, ucuz ve yüksek işlem gücü (CPU ve RAM), dosyaların sayısal olarak işlenebilmesi, sosyal ağların (ör. Facebook, MySpace) ve veri değişiminin (ör. YouTube) yaygınlaşması, yasal, teknik ve politik önleme düzenlemelerinin olmayışı ve yetersizliği nedeniyle, insanların bilgiyi, amaçlanan kıstaslar dışında kullanabilme olasılığı belirdi.

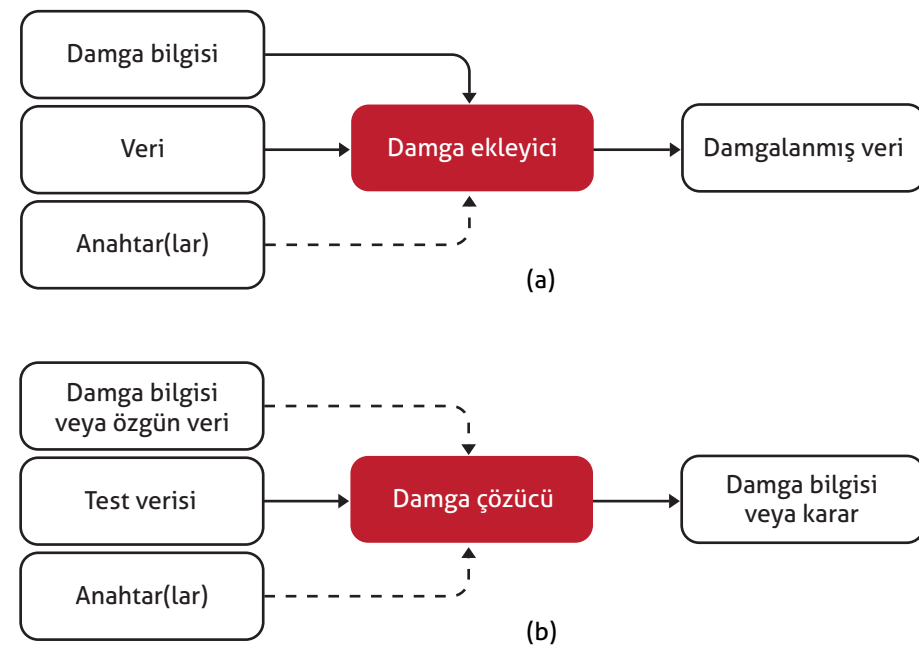
Telif hakları problemi (imge, video, müzik vb. verilerin, hak sahiplerinin istemeyebileceği biçimde kullanımı) bunun en belirgin sonuçlarından biri. Kullanıcılar yasal (ör. ödemeli) kanallar dışında veriye ulaşabiliyor, hakları olmadan izleyebiliyor, değiştirebiliyor ve dağıtabiliyor, saldırı amacıyla öge ekleyip çıkarabiliyor [1-5].

Ayrıca, bu tür veriler artık yalnızca, **eğlence** ana başlığı altında

toplayabileceğimiz uygulamalarda kullanılmıyor. Onların ötesinde, güvenlik (ör. MOBESE [6] (Mobil Elektronik Sistem Entegrasyonu) güvenlik kameraları, biyometrik uygulamalar [7, 8]), askeri (ör. İHA (İnsansız Hava Aracı) ve uydular verileri, haritalar), adli (basılı ve elektronik belge, video ve ses kayıtları delilleri), ticari (reklamlar), ArGe (konuşmacı tanıma) alanlarında da etkileri giderek artan biçimde kullanılmadıklarından, sorunun boyutu daha da büyüyor. Telif hakkı sahiplerinin uğrayabileceği, çoğu zaman ekonomik düzeyde kalan kayıplara, yukarıda açıklanan uygulamalar sonucu, ulusal ve uluslararası güvenlik, politika, strateji, adli değerlendirme kayıpları da katılabilir.

Bu yazı dizisinde, adı geçen kayıpların azaltılabilmesi için bir yöntem olarak geliştirilen **sayısal damgalama** (*watermarking*) sistemlerini inceleyeceğiz. Elinizdeki sayıda, sayısal damgalama sistemlerinin genel özellikleri tamamlanacaktır. Yazı dizisinin ilerideki bölümlerinde ise, aşağıdaki konular ele alınacaktır:

- Sayısal Damgalama II: İmge ve Video Damgalama
- Sayısal Damgalama III: Basılı ve Elektronik Belge Damgalama
- Sayısal Damgalama IV: Ses ve Müzik Damgalama



Şekil 1. (a) Damga ekleme, (b) damga çözme.

- Sayısal Damgalama V: Değerlendirmeler ve Öngörüler

2. SAYISAL DAMGALAMA SİSTEMLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

En genel anlamda, damgalama (*watermarking*), içeriğin korunması amacıyla, eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Yaklaşık 700 yıl önce, İtalya’ da kağıt üreten ustalar, o zamanlarda bu işlemin görece zorluğu, gerektirdiği ustalık seviyesi, ekonomik getirisi gibi nedenlerle, kağıtlara, üretim yeri, üretenin adı vb bilgileri eklemişlerdir. Kağıt paraların (banknot) taklidini güçleştirmek amacıyla kullanılan filigranlar da bir başka örnek olarak verilebilir.

Sayısal damgalama ise, özellikle son 20 yılda hızla gelişmiş bir alandır. Verilere (ör. imge, video, müzik, basılı ve elektronik belge, 3D (üç boyutlu) hacim), telif haklarını korumak, verileri iletilenlerle alanları izlemek, ek servisler sunmak (meta veri aktarımı) gibi amaçlarla, insanlar tarafından algılanabilir ya da algılanamaz işaretlerin (ör. verileri alanların adının, telif hakları bilgisinin) eklenmesini ve bu işaretlerin geri çözülmesini içerir [9-12].

Şekil 1’de damga ekleme ve damga çözme sistemlerinin genel yapısı gösterilmiştir:

Damga ekleme sırasında, eldeki damgalama sisteminin özelliklerine uygun bir damga bilgisi (verinin yasal alıcısı, kaynağı, erişim hakları vb), veriye (imge, video, belge vb), kullanılması isteğe bağlı anahtar(lar) yardımıyla eklenir. Damganın çözülmesi sırasında, girdi verisi, eğer anahtar kullanımı gerekiyorsa, doğru anahtarların erişilebildiği bir ortamda, isteğe bağlı olarak eklenen ve doğruluğu araştırılan damga bilgisi ile özgün veri, ya damga bilgisini oluşturur, ya da doğruluğu araştırılan damganın veride olup olmadığına karar verilir.

Damga ekleme işlemi sırasında, verinin kendi özgün düzleminde (imge, video, belge vb) bir çıktı oluşturulması, sayısal damgalamayı, bir diğer veri güvenliği yöntemi olan şifrelemeden ayırmaktadır. Şifreleme ile herhangi bir sayısal dosya, anahtar(lar) olmadan çözülemeyecek bir duruma getirilmekte, ancak bu şifreli dosya, artık insanlar tarafından kullanılabilen bir düzlemde olamamaktadır [13-16]. Sayısal damgalamada ise, damgalama sonrası veri, aynı biçimde kullanılabilir (ör. izlenebilir, dinlenebilir) durumdadır.

Bu iki yönetime benzer bir yöntem de, **steganografi** olarak adlandırılan, bir verinin, şüphe uyandırmayacak biçimde, başka ilgisiz bir taşıyıcı veri içinde iletilimidir [1, 17].

Yukarıda genel yapıları verilen damgalama sistemleri, çeşitli ana başlıklar altında sınıflandırılıp özelleştirilebilir. Bu sınıflara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:

(A) Veri türü: Damgalanacak verinin türü (imge, video, ses, müzik, basılı belge, harita vb), hem eklenebilecek damga bilgisinin büyüklüğünü, hem de olası damga ekleme yöntemlerini belirlemektedir. Yukarıda açıklandığı üzere, damgalama sonrası özgün veri ile aynı düzlemde kalma zorunluluğu, damga ekleme sisteminin çok dikkatle tasarlanmasını gerektirmektedir. Örneğin, imge damgalamada, imgelerin genel özellikleri [18-21] (değişime karşı dayanıklılık, formatlar vb) dikkate alınır.

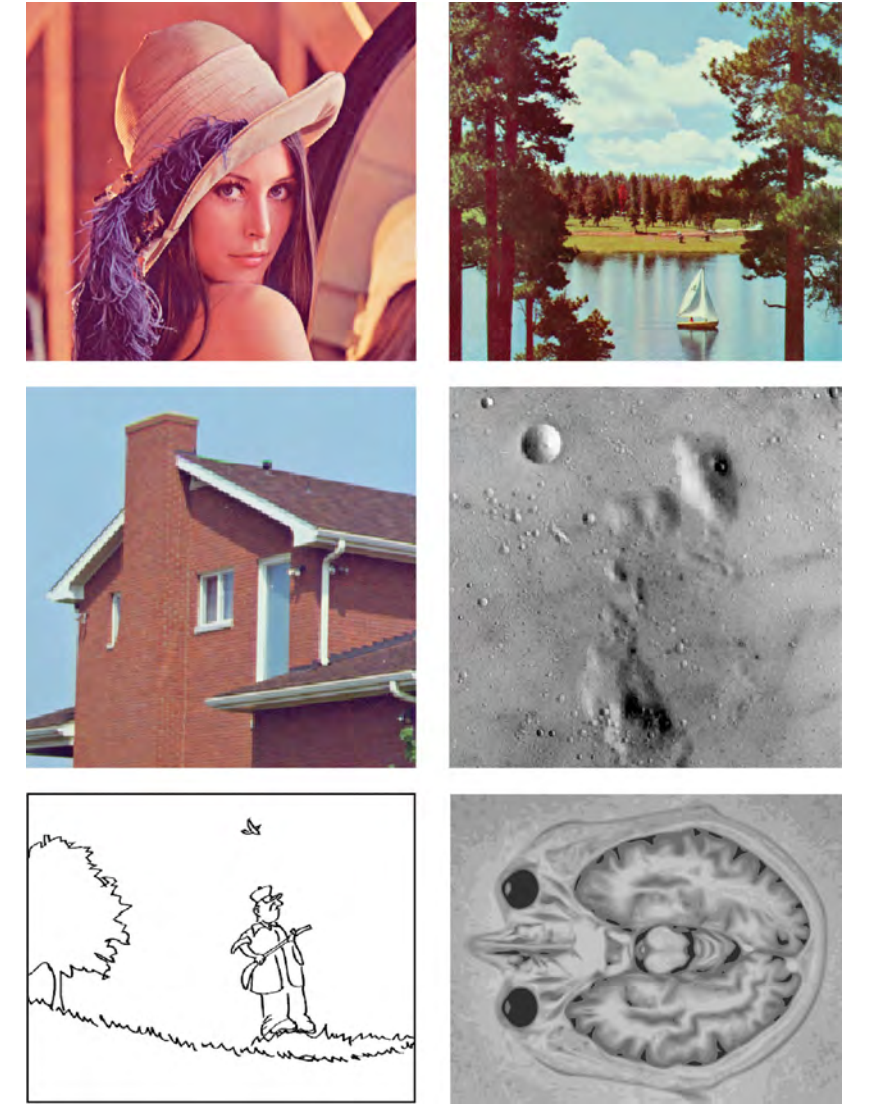
(B) Kör damgalama (*blind watermarking*): Eğer damga çözme işlemi sırasında, damgalanmamış özgün veri gerekmiyorsa, ilgili sistem bir “kör” damgalama sistemidir.

(C) Algılanır ve algılanamaz damgalama (*perceptible and imperceptible watermarking*): Eğer, eklenen damga bilgisinin, damgalanmış veride, insanların kolayca anlayabileceği bir biçimde (ör. bir imgenin köşesinde logo) bulunması gerekiyorsa, **algılanır** bir sistem söz konusudur. **Algılanamaz** (görülemez, duyulamaz) damgalamada ise, damga ekleme algoritması öyle tasarlanır ki, eklenen damga bilgisi, insanların algılamayacağı ölçütlerde olur.

(D) Açık ve gizli damgalama (*public and private watermarking*): Belli bir grubun (ör. uygun anahtar sahiplerinin) değil de, herkesin damga verisine erişebildiği sistemler açık, diğerleri gizli damgalama olarak adlandırılır.

(E) Gürbüz ve kırılğan damgalama (*robust and fragile watermarking*): Damga bilgisi, damgalanmış veriye uygulanabilecek iyi niyetli (ör. formatı değiştiren) veya kötü niyetli (veriyi bozan) saldırılara karşı koyabiliyorsa, **gürbüz** (*robust*) bir sistemle karşı karşıyayız demektir. Tersine, **kırılğan** damgalama sistemleri, damgalanmış veride yapılabilecek değişimleri sezme amacıyla tasarlandıklarından, en ufak değişim, damga çözülürken bulunabilmektedir.

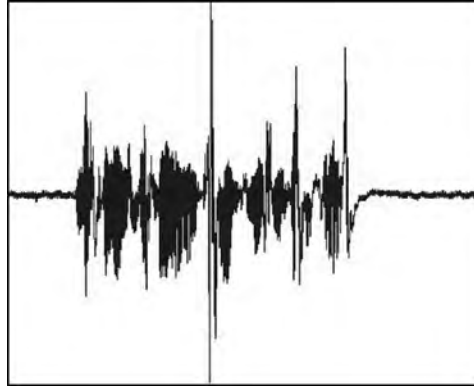
Veri türü tabanlı sınıflamalar için yararlı olması amacıyla, Şekil 2’de, damgalanabilecek verilere çeşitli örnekler, görsel olarak sunulmuşlardır. Diğer sınıflamaların örnekleri, yazı dizimizin ilerideki bölümlerinde verilecektir.



Şekil 2a. İmgeler: Karikatür imgesi [22] ve beyin MRI imgesi [23], haricindeki imgeler USC SIPI veritabanından [24] alınmıştır.



Şekil 2b. Video çerçeveleri [24].



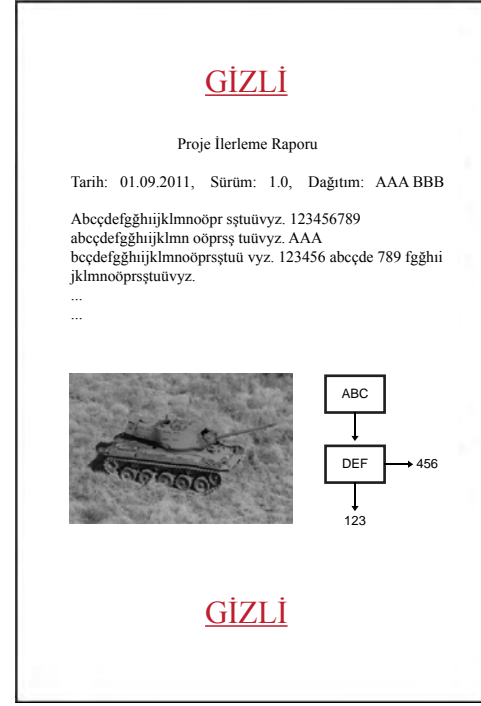
Şekil 2c. Ses ve müzik sinyali [25].



Şekil 2d. Basılı ya da sayısal harita [26].



Şekil 2e. Hava fotoğrafları [24].



Şekil 2f. Basılı ya da elektronik belge.

Şekil 3'te, Şekil 2a'da verilen örnek imgelerden birinin parlaklığı artırılmış hali verilmiştir. Bu tür değişiklikler (ör. parlaklık, kontrast değişimleri, format değişimi, kırpma (cropping) vb), iyi niyetli ataklara örnek olabilir: işlemi gerçekleştiren kişinin, damga bilgisini yoketmek gibi bir amacı yoktur. Sadece, veriyi, kendi kullanım amaçları için (kağıda basma, depolama vb) daha uygun bir hale getirmeye çalışmaktadır.

Şekil 4'te ise, veri üzerinde kötü niyetli saldırıya örnek olabilecek, öge ekleme ya da çıkarma durumu betimlenmektedir. Burada, özgün imgenin (arka plan) sahibi, imgenin **değiştirilmesini ve bu şekilde dağıtılmasını** hoş karşılamıyor olabileceği gibi, öge ekleme sonucu

mağdur olabilecek kişi(ler) de (ön planda görülen bu makalenin yazarının fotoğrafıdır), bu **imgenin gerçek olmadığına ispatı** ile ilgileniyor olabilirler. Bu şekilde görüldüğü gibi, espri ile yaklaşamayabilecek uygulamalarda, saldırılar bu kadar belirgin olarak ayırt edilebilir durumda olmayabilir; ilgili kayıplar, kabul edilebilir sınırları aşabilir.

Her türlü veride, her uygulamada, her tür saldırıya (Şekil 4'te belirtilene, ve çok daha karmaşıklarına) karşı, en üst başarıyla çalışacak, pratik damgalama sistemlerine ulaşmak belki güç bir hedef olabilir. Ancak, bu durum, ne bu alanda sayıları çok hızlı bir şekilde artan araştırmacıları, ne de bilişim endüstrisini bu önemli alanda çalışmaktan



Şekil 2g. 3B model [27].



Şekil 3. İmge değişiklikleri: (a) parlaklık artırma, (b) kırpma.

alıkoymuyor. Giderek olgunlaşma sürecine giren damgalama teknolojisi, zamanla daha başarılı oluyor, ve daha fazla kullanılıyor.

Bu anlayışla, elinizdeki yazıda, sayısal damgalama sistemlerini basitçe tanıtmaya çalıştık. Yazı dizisinin sonraki sayısında, imge ve video damgalama yöntemlerini detaylarıyla inceleyeceğiz.



Şekil 4. İmgeye öge ekleme atağı.

KAYNAKÇA

- [1] I. J. Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom, J. Fridrich, T. Kalker, *Digital Watermarking and Steganography*, 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2008.
- [2] W. Zeng, H. Yu, C. Y. Lin, *Multimedia Security Technologies for Digital Rights Management*, Academic Press, 2006.
- [3] B. Furht, D. Kirovski, *Multimedia Security Handbook*, CRC Press, 2005.
- [4] M. Petkovic, W. Jonker (eds), *Security, Privacy, and Trust in Modern Data Management*, Springer, 2007.
- [5] E. Becker, W. Buhse, D. Günnewig, N. Rump (eds), *Digital Rights Management: Technological, Economic, Legal and Political Aspects* (LNCS 2770), Springer, 2003.
- [6] MOBESE, İstanbul Emniyet Müdürlüğü, <http://mobese.gov.tr/>
- [7] U. Uludag, *Secure Biometric Systems*, Michigan State University, Computer Science and Engineering, PhD Thesis, East Lansing, USA, 2006.
- [8] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, 2nd ed. Springer, 2009.
- [9] F. Y. Shih, *Digital Watermarking and Steganography*, CRC Press, 2008.
- [10] M. Barni, F. Bartolini, *Watermarking Systems Engineering*, Marcel Dekker, 2004.
- [11] J. Seitz, *Digital Watermarking for Digital Media*, Information Science Publishing, 2005.
- [12] U. Uludag, *Visual Data Watermarking based on Sinusoidal Signal Embedding*, Bogazici University, Electrical & Electronics Engineering, MSc Thesis, Istanbul, Turkey, 2001.
- [13] W. Stallings, *Cryptography and Network Security*, 3rd ed. Prentice Hall, 2003.
- [14] A. J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone, *Handbook of Applied Cryptography*, CRC Press, 1996.
- [15] S. Lian, *Multimedia Content Encryption*, CRC Press, 2009.
- [16] U. K. Boyacı, "Günümüzde kriptoloji", UEKAE Dergisi, sa. 1, sf. 32-41, Eylül-Aralık 2009.
- [17] D. Salomon, *Data Privacy and Security*, Springer, 2003.
- [18] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd ed. Prentice Hall, 2002.
- [19] J. C. Russ, *The Image Processing Handbook*, 5th ed. CRC Press, 2007.
- [20] L. G. Shapiro, G. C. Stockman, *Computer Vision*, Prentice Hall, 2001.
- [21] J. G. Woods, *Multidimensional Signal, Image, and Video Processing and Coding*, Academic Press, 2006.
- [22] U. Uludağ, E. Süsler, "Kriptakatür", BİLGEM Dergisi, sa. 6, sf. 96, Mayıs-Ağustos 2011.
- [23] Magnetic Resonance Imaging of the Brain, http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_resonance_imaging_of_the_brain
- [24] USC SIPI Image Database, <http://sipi.usc.edu/database/>
- [25] U. Uludag, L. M. Arslan, "Audio Watermarking Using DC Level Shifting", *Project Technical Report*, Bogazici University, Istanbul, Turkey, January 2001.
- [26] Harita Genel Komutanlığı, Harita ve Harita Bilgisi Kataloğu, <http://www.hgk.msb.gov.tr/CografikUrunKatalogu/tematik/sayfa20.asp>
- [27] The Stanford 3D Scanning Repository, <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>



PROJE YÖNETİM OFİSLERİ VE KURUMSAL PROJE YÖNETİMİ

*Elif KURTARAN ÖZBUDAK
S. Gökhun TANYER*

Sürekli gelişim gösteren teknoloji ve artan rekabet ortamında, geçmişe göre çok daha etkin yönetim uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel eğilimlerden etkilenen ihtiyaçlara uygun olarak ülkemizde de Proje Yönetim Ofisleri (PYO)'nin kurulmakta olduğu ve iyileştirme çalışmalarının sürekliliğinin sağlanması konusunda farkındalığının oluşmakta olduğu görülmektedir.

PYO'nun kurulması zaman alabilecek bir süreç olup, kurumsal değişim ile doğru orantılı olarak gelişecek bir yapılandırma sonucunda hayata geçmesi beklenen bir olgu olarak kabul edilmektedir. PYO'nun oluşturulmasında kurumsal öncelik ve ihtiyaçlar dikkate alınmalı ve PYO'nun sorumlulukları zaman içerisinde aşamalar halinde artırılmalıdır. Belirli bir Kurum / Kuruluş / Firma'nın ihtiyaçları dikkate alınarak yapılandırılmış bir PYO'nun, başka bir kuruma yapı olarak birebir uyması beklenmemelidir. Üst yönetim desteği ile kurum ihtiyaçlarına göre önceliklendirilerek işletilen bir PYO sayesinde; kurumsal proje yönetimi sistematığının yaygınlaştırılması, proje yönetimi süreçlerinin olgunlaştırılması ve bu sayede zamanında ve kaliteli ürün teslimatlarının artırılması sağlanabilecektir. Bu yazıda, PYO hakkında gerçekleştirilmiş olan açık kaynak taraması sonucunda elde edilen bilgiler esas alınarak "Proje Yönetim Ofisi (PYO)" kavramı hakkında bilgi verilmiş ve elde edilen tecrübeler ışığında bir kurumda PYO'nun teşkil edilmesinde izlenebilecek temel yaklaşımlar adımlar halinde sunulmuştur. Bu yazıda yer alan konuların her kurum için bir reçete değerinde olması beklenmemekle birlikte, bu konularda yürütülebilecek altyapı geliştirme çalışmalarına fayda sağlayabilecek öneriler sunulmaktadır.

Diğer Türk sanayi unsurları gibi Türk savunma sanayisinin de dünyada hak ettiği yere ulaşabilmesi için, yaşanmakta olan rekabet ortamında farklı kurumların mutlak suretle maliyet etkin çalışma usul ve yöntemlerini geliştirmesi, belirleyeceği kurumsal ihtiyaç ve öncelikleri doğrultusunda gerektiğinde organizasyon yapılarını ve personel yetki ve sorumluluklarını güncellemesi ve yeni etkinlik modellerinde uygulayıcı olmaları gerekmektedir. TÜBİTAK BİLGEM

bünyesinde yürütülmekte olan proje çalışmalarının Ar-Ge yoğun özgün içerikli olması ve personel niteliğinin yüksek olması sebebiyle, dünyada gözlenmekte olan benzeri gelişmelerde olduğu gibi, gerçekçi, uygulanabilir; ezberci olabilecek yaklaşımlardan uzak, sadece tercüme edilmeyip, kurum ihtiyaç ve öncelikleri esas alınarak tetkik edilen usul ve yöntemlerin uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

1. GİRİŞ

Proje Yönetimi, performans, maliyet ve zaman hedeflerine ulaşabilmek için eldeki kaynaklardan en verimli şekilde faydalanma, proje faaliyetlerini kontrol ve koordine etme sürecidir. "Kurumsal Proje Yönetimi" ise, bir organizasyon içerisindeki proje faaliyetlerinin kontrol ve koordinesinin sağlanmasında; nitelikli bilginin üretimi, etkin erişim altyapılarının geliştirilmesi ve bu kurumsal bilginin ilgili tüm karar verme süreçlerinde doğrudan kullanılabilmesini sağlamayı hedeflemektedir. Kurumsal Proje Yönetimi'nin vizyonu; projelerin ve kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak proje ve kaynak performansının izlenebilirliği ile verimliliğini sağlamaktır. Kurumsal Proje Yönetim Sistemi ile organizasyonun çeşitli seviyelerindeki bireyler, projelerle ilgili bilgiyi kaydetme, inceleme ve iletme imkanı bulabilmekte ve kurumda bilgiye dayalı kararların üretilebilmesinde önemli bir altyapı oluşturulmaktadır.

Projeleri zamanında ve bütçesine uygun şekilde tamamlamak, sürekli ve sürdürülebilir bir başarı için yeterli görülmemektedir. Kurumsal tecrübelerin ve öğrenilen derslerin biriktirilmesi, sonuçların yeni projelere taşınması çok önemlidir. Kurumsal Proje Yönetimi sayesinde, projelerin standart şekilde yönetilmesi sağlanabilmekte, böylelikle kritik yönetim kararları bilgiye dayalı olarak ve güvenle verilebilmektedir.

Kurumsal Proje Yönetimi ayrı bir uzmanlık alanı olarak günümüzde değer kazanmaktadır. Kurumsal Proje Yönetimi sistematığını kurum içerisinde yaygınlaştırmak, kurum hedef ve önceliklerinin gerçekleştirilen projeler ile eşgüdümü olarak desteklenmesi, bu projelerin kararlı bir şekilde

yönetilmesi, planlanması, kurumsal değişime açık bir yapının ve kültürün oluşması ile gerçekleştirilebilmektedir. PYO, Kurumsal Proje Yönetimi'nin gerçekleştirilebilmesi ve kurum içerisinde yaygınlaştırılarak kararlılığının sağlanabilmesi için önemli katkılar sağlamaktadır. PYO, kurum içerisindeki projelerin sayısına, büyüklüklerine, önem derecelerine göre yapılandırılabilen ve verimliliğin artırılması için zamanla yapıları ihtiyaca göre değiştirilebilmektedir.

2. PROJE YÖNETİM OFİSLERİ (PYO) VE KURUMSAL DEĞİŞİM

Son yüzyılda birçok kurum proje yönetimi alanındaki yeteneklerini arttırmayı denemişler fakat bu denemelerin birçoğu başarısız olmuştur. Proje Yönetimi konusunda yetkinliklerini arttırmak amacı ile proje yöneticileri Proje Yönetimi konusundaki eğitimlere katılmış olmalarına rağmen, kuruma döndüklerinde öğrendiklerini uygulama ortamı bulamamışlardır [1]. Kurumsal iyileştirmelerin bireysel eğitim ve çabalar ile gerçekleştirilemeyeceği anlaşıldıkça, kurum içerisinde proje yönetimi metodolojisini hazırlayacak ve iyileştirecek ve bu doğrultuda Kurumsal Proje Yönetimi geleneğini yaygınlaştıracak ayrı bir uzman grubunun yapılandırılması fikri öne çıkmıştır. Bu gruplara verilen genel isim olarak "Proje Yönetim Ofisi (PYO)" tercih edilmiştir. Zamanla, bu grupların başarılı olmasının kurumsal değişim ile doğrudan ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Her ne kadar proje yönetimi metodolojisinin kurum içerisinde iyileştirilmesi ve yaygınlaştırılması birinci hedef olsa da, kurumsal değişim olmadan hedeflenen amacın gerçekleştirilmesinin oldukça zor olduğu öngörülmektedir. Böylelikle, PYO çatısı altında toplanan kişiler, kurumsal proje yönetimini geliştirmek ve yaygınlaştırmak için değişim liderleri olmuşlardır [4].

PYO'ya ilişkin yapılandırma, kurum içerisindeki ihtiyaçların artışı oranında zamanla geliştirilmektedir. Böylelikle, PYO'nun oluşturulması sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesini sağlanabilmektedir. PYO'nun kurulması süreci de bağımsız bir proje olarak ele alınmalı, baştan sona takip edilmeli ve

proje sonucunda PYO'nun aktif olarak hayata geçmesine ve sürecin işletilmesine katkı sağlanmalıdır.

2.1. Proje Yönetim Ofisleri (PYO)

Çalışan sayısı ve faaliyet alanlarındaki çeşitlilik bakımından büyük çaplı kurumlarda, projelerin yönetilmesi için PYO'nun bulunması önemli kazanımlar sağlamaktadır. Sektör araştırmalarına dikkat çekmekte olan Gartner, PYO'nun kurulmasının çok önemli bir taktik olduğunu belirtmektedir. Kurum gelişimi ile birlikte PYO uygulamalarını da zamanında uygulayacak kurumların, proje yönetimi standartlarını oturtabilecekleri ifade edilmektedir [7]. Böylelikle, hem maliyet hem de başarımlar performanslarında ciddi kazanımlar elde edecekleri ve hatta birçok proje başarısızlıklarının da ortadan kalkacağı belirtilmektedir [7].

Proje Yönetim Ofislerinin, proje yaparak çalışan organizasyonlara;

- Proje, portföy ve program yönetimi ile ilgili süreçlerin hazırlanması,

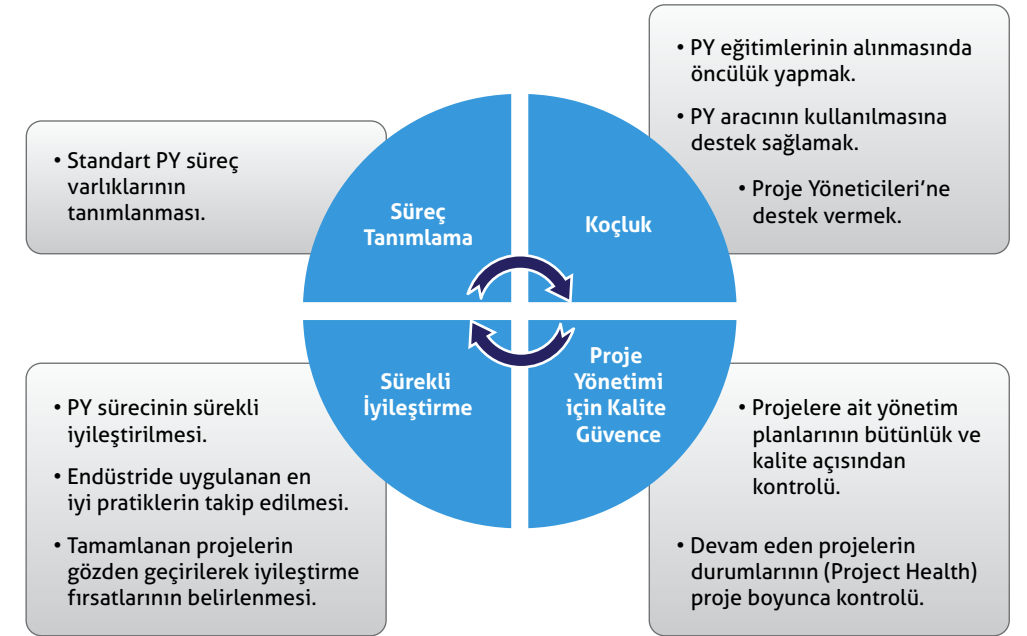
- Proje yönetimi için araç ve metodolojilerin seçimi ve organizasyonda kullanılması,

- Projelerin planlama, organizasyon, izleme ve kontrol aşamalarının güçlendirilmesi,

- Projelerin tek noktadan takip edilmesi ve ana planın yapılarak takip edilmesi,

gibi katkıları bulunmaktadır. Projelerde elde edilen "alınan dersler" in kayıt altına alınması, sonraki projelerde bir değer olarak kullanılması, kurumun mevcut süreç varlıklarına katkısının sağlanması da Proje Yönetim Ofisleri'nin temel görevleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Proje Yönetim Ofisleri temel olarak sorumluluk ve yetki seviyelerine göre; "destekleyici", "kontrol edici" ve "yönlendirici" şeklinde üç gruba ayrılabilir [2,9]. Proje Yönetim Ofisi kurgusu geliştirilirken, kurum ihtiyaçlarına özel olarak bu sorumluluklar belirlenir ve zamanla PYO'nun sorumlulukları ihtiyaç doğrultusunda artırılır [3,5].



Şekil 1. Örnek PYO sorumlulukları.

2.1.1. Seviye 1 - Proje Yönetim Ofisi (Destekleyici PYO)

Destekleyici yetki seviyesinde bulunan Proje Yönetim Ofisleri kurumun projelerle ilgili bilgi ve haber kaynağıdır. Bu ofis tipleri proje kayıtlarını merkezi olarak tutan, projelere en iyi pratikler ve projelerde ortak olarak kullanılan şablonlara erişimi kolaylaştıran bir yapıda konuşlanırlar.

Bu grupta yer alan PYO'lar, "bağımsız", "merkezleştirilmemiş" olarak da sınıflandırılabilir. Proje yöneticileri kendi birimleri içerisinde bağlı oldukları yöneticiye raporlamaya devam ederler. PYO içerisinde, projelere destek personeli bulunur ve bu kişiler proje yöneticisinin işini gerçekleştirmesinde kolaylaştırıcı rolü üstlenir ve projelerin takvimini takip ederler. Bu rol kapsamında, PYO, proje yönetim yöntemlerinin uygulanmasında "danışman" ve "kütüphane" rolü üstlenir. Birim yöneticileri projelere doğrudan dahil olur ve karar alma sürecinde aktif olarak yer alırlar.

Bu yapıda kurgulanmış olan yapıda, projeler arası koordinasyon kurum yönetimi tarafından sağlanmakta ve projeler bağımsız olarak ilgili proje yöneticileri tarafından yürütülmektedir. Genelde karmaşık olmayan projelerde ve/veya değişiklik dolayısıyla yaşanabilecek ilave maliyetin getirisi

uygun görülmeyen kurumlarda başlangıç aşaması olarak görülebilir. Bu uygulama, Kurumsal Proje Yönetimi yöntemlerinin bütünüyle benimsenmesi yolunda daha yavaş ve kontrollü ilerlemenin tercih edildiği bir uygulama olarak kabul edilebilir [9].

2.1.2. Seviye 2 - Proje Yönetim Ofisi (Kontrol Edici PYO)

Süreçler ve talimatlar doğrultusunda standart bir metodoloji ile projelerin yürütülmesinin önem kazandığı kurumlarda Kontrol Edici PYO tipi tercih edilebilmektedir. Proje yönetimi metodolojilerinin araştırılması ve kurum içerisinde uygulanmasının sağlanması, kurumsal proje yönetimine ilişkin araç ve süreç desteğinin verilmesi, ilgili süreç varlıklarının (süreç, şablon, kılavuz vb.) hazırlanması, projelere uygulama aşamasında danışmanlık desteği verilmesi, projelerin yönetsel faaliyetlerinin düzenli gözden geçirme toplantıları ile takip edilmesi bu tipte kurgulanmış PYO'ların işlevleri arasındadır.

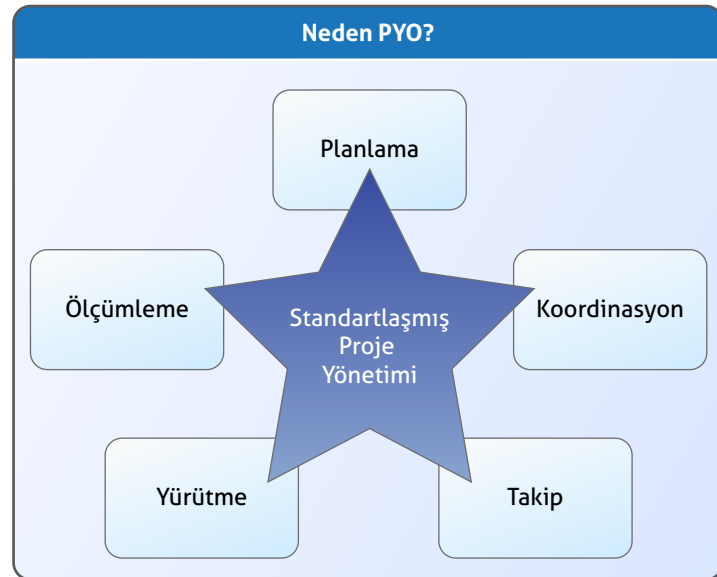
Seviye 1 PYO yapısının belirli bir oranda "merkezleştirilmiş" halidir. Proje yönetimi diğer projelerden bağımsız olarak yürütülür ve projeler arası etkileşim Kurum yönetimi tarafından sağlanır. Seviye 1 PYO'dan farklı olarak Proje yöneticileri aynı zamanda gelişmeleri PYO'ya da raporlar.

Proje yönetimi yöntemlerinin uygulanmasının üst yönetim tarafından desteklendiği, PYO'nun kontrol edici faaliyetlerini icra edebilmesi için gerekli yetkinin üst yönetim tarafından PYO'ya devredildiği, değişime karşı kurumsal direncin kırıldığı ve kurum içerisinde çalışanların iş yapma alışkanlıklarını bu doğrultuda değiştirebildiği kurumlarda bu uygulamanın başarılı olabileceği öngörülmektedir [9].

2.1.3. Seviye 3 - Proje Yönetim Ofisi (Yönlendirici PYO)

Bu tarzda kurgulanmış Proje Yönetim Ofisleri, kontrol edici ve destekleyici işlevlerinin yanı sıra projeler üzeri bir birim olarak projelerin "yürütülmesi" faaliyetinde aktif rol almakta ve tüm projelerin kaynak planlanması ve kaynak atanması, sözleşmelerin takibi aşamalarını gerçekleştirmektedir. Bu tarz Proje Yönetim Ofisleri, bütün Proje Yöneticilerinin bağlı olduğu, tüm sözleşmeli projelerin yürütüldüğü fonksiyonel bir merkez olarak organizasyonda en üst seviyede yer almaktadır.

Seviye 3 PYO, "merkezleştirilmiş" bir yapı olarak tanımlanabilir. Proje Yöneticileri doğrudan PYO'ya raporlama yapar ve kritik kararlar PYO tarafından alınır. Proje elemanları proje boyunca matris yapıda yönetilir. PYO, standartların uygulanmasında yetki sahibidir. Bu yapıda Kurumsal Proje Yönetimi metodolojisinin kurum tarafından benimsenmesi süreci çok daha hızlıdır. Proje Yöneticileri bir arada çalışıyor olmalarından ötürü birbirlerinden destek alabilirler. Bu yapıda, PYO'ya daha fazla sorumluluk ve yetki verilmiştir. PYO başarılı olabilmek için, bu rolünü icra ederken ilgili tüm birimler ile ilişkileri ve ortak çalışmayı yönetebilecek ve uzlaştırıcı bir yapıda olmalıdır.



Bütün projelerin PYO tarafından yürütülüyor olması tüm projelere ilişkin sağlıklı bilginin tek bir merkezde toplanmasını kolaylaştıracak, proje portföyüne ilişkin doğru bilgileri barındıracaktır. Bu tarz PYO'lar çok sayıda karmaşık projenin yürütüldüğü ve kurum kültürünün bu yapıya uygun olduğu, iletişimin ve takım çalışmasının çok kuvvetli olduğu kurumlarda başarılı olur [9].

Yukarıda bahsettiğimiz PYO tipleri kurgulanırken dikkat edilmesi gereken önemli bir husus vardır: bağımsız olarak kurgulanmış bir PYO'ya (Seviye 1 ve 2) yüksek kontrol sorumluluğu yüklemek ve merkezi olarak kurgulanmış bir PYO'ya (Seviye 3) gerekli yetkiyi devretmeden sadece durum raporlama sorumluluğunun verilmesi. Proje Yönetim Ofislerine verilen yetkinin, sorumlulukları ile doğru orantılı olarak artması başarıyı etkileyen önemli bir etkidir.

3. PROJE YÖNETİM OFİSİ'NİN KURULMASINA İLİŞKİN AŞAMALAR

Bu kısımda, PYO kurulmasına ilişkin gerçekleştirilmiş olan bir vaka çalışması sonucunda elde edilen tecrübeler sunulmuştur.

PYO kurulmasına ilişkin çalışmalar, proje yönetimi metodolojisine uygun olarak Kapsam Belirleme, Planlama ve Uygulama safhalarından oluşan 3 aşamalı bir proje olarak ele alınabilir [5] [6].

3.1. Aşama 1 - Kapsam Belirleme

Bu aşama PYO'nun kurulması çalışmalarının ilk adımıdır. PYO kurulmasına ilişkin Üst Yönetim Desteğinin alınması, kurulum aşamasında yapılacak çalışmaların bir "proje" mantığı çerçevesinde yürütülmesi için Proje Yönetimi konusunda deneyimli bir PYO Sorumlusu'nun ve bu yapılanmanın oluşturulmasına destek olacak deneyimli Proje Yöneticilerinden seçilen bir takımın oluşturulması, tüm bu planlanmanın "Proje Yönetim Planı" çerçevesi ile "PYO Uygulama Planı" olarak hazırlanmasını kapsar. Kurulacak PYO'nun sağlayacağı katma değeri en yüksek seviyeye çıkartmak amacı ile, kurumsal olarak proje yönetiminde bulunulan seviyenin belirlenmesi, bu doğrultuda iyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesi ve PYO çalışmalarının bu doğrultuda şekillendirilmesi için, öncelikle Mevcut Durum Analizi çalışması gerçekleştirilmelidir. Mevcut durum analizi sonucunda kurum içerisinde yürütülen projelerde proje yönetiminde karşılaşılan sorunlar, eksiklikler ve problemler tespit edilerek, PYO'nun aktif olarak hayata geçişinden önceki durum değerlendirmesi yapılar ve dayanak noktası oluşturulur.

3.2. Aşama 2 - Planlama

PYO Kurulum aşamasında yürütülecek çalışmalar bir proje mantığı ile "PYO Uygulama Planı" dokümanı hazırlanarak üst yönetim onayına sunulur. Bu plan kapsamında, PYO'nun başlangıçta üstleneceği görevler kabaca belirlenir. Bu çerçevede çizilmiş olan görev tanımlarının, zamanla değişerek ihtiyaca göre tekrar güncellenmesi gerektiğini bu aşamada hatırlatmak gerekir. Yazımızın başında da bahsettiğimiz gibi; Proje Yönetim Ofislerine yüklenecek sorumluluklar zamanla artacaktır.

3.3. Aşama 3 - Uygulama

Bu aşamada, PYO kurulmasına ilişkin yapılan planlama dahilinde çalışmalar yürütülür. Bu çalışmalar kapsamında, Proje Yönetim Ofislerinin yapılandırılması ve kullanılacak kurumsal proje yönetimi araç setinin seçimi aşamasında



yaşanmış tecrübelerden faydalanmak amacı ile, PYO yapısını hayata geçirmiş belirli kuruluşlara bir dizi yerinde inceleme yapılması fayda sağlar. Bu esnada Kurumsal Proje Yönetiminde kullanılmak üzere araç seçimi gerçekleştirilerek, ilgili araca ilişkin eğitimlerin alınması ve Proje Yönetim Ofisi çalışmalarının bu doğrultuda şekillenmesine başlanır.

Uygulama aşamasında, seçilen pilot projeler, Proje Yönetim Ofisi çalışmaları doğrultusunda yönetilerek ve takip edilerek, PYO kurgusunun olgunlaşması hedeflenir. Haftalık ve aylık olarak hazırlanan çeşitli proje durum raporları, üst yönetime sunulur ve ilgili çalışanlar ile paylaşarak farkındalığın artırılması sağlanabilir.

Bunlara ilave olarak, kurum içerisinde yürütülmüş olan tüm projelerin arşivlenmesine olanak sağlayacak bir yapı oluşturularak, geçmişteki bilgilerin arşivlenerek geleceğe ışık tutması önemli bir katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda, bütün projelerin "Öğrenilen Dersler"inin tutulduğu bir ortam geliştirilmesi ile, kurum içerisinde bilgi paylaşımı ve bilgiye ulaşım daha kolay hale getirilmelidir. Projelerden toplanan "Öğrenilen Dersler" kayıtları, tüm projelerde, herhangi bir proje aşamasında düzenli olarak oluşturulmalı, PYO'nun koordinasyonunda düzenli olarak saklanmalı ve sonraki projelerde referans amaçlı kullanılmalıdır. Böylece yeni projeler, proje yöneticilerine atanırken her aşamamın, hatta aktivitenin dikkat edilmesi gereken, geçmişte yapılmış hataları da proje yöneticisine sunulmuş olur. Farklı takım üyelerinin yer aldığı pek çok projede, daha önce yapılmış hatalara düşmesi engellenerek, olumlu gelişmeler sonraki projelere taşınabilecektir.

4. SONUÇ

Kurumların süreç olgunluk seviyesi ve üretkenliği arasındaki ilişki araştırılmakta ve bu doğrultuda süreç iyileştirme çalışmalarının faydalarının önemi vurgulanmaktadır [7]. Bir süreç iyileştirme programının uygulanması ve gerçekleştirilmesinin belirli bir maliyeti olmasına karşın, bu çalışmaların gelecekte kuruma zamanında ve kaliteli ürün teslimatında getireceği katma değer önemi artık günümüzde herkes tarafından kabul edilen bir gerçek olmuştur. PYO kurulmasının, zamanında ve kaliteli ürün teslimatının hızlandırılması için; proje, program ve portföy yönetimi en iyi uygulamalarının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi doğrultusunda önemli bir adım olduğu değerlendirilmektedir. PYO; daha iyi iş yapmak, her geçen gün rekabet ortamında fark yaratmak ve üstünlük sağlamak isteyen kurumlar tarafından olmazsa olmaz bir gereklilik olarak gündemde hak ettiği yeri almaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] J. K. Crawford, *A Guide to Improving Organizational Project Performance*, The Strategic Project Office, 2002.
- [2] C. Hauck, *How to choose the right Project Management Office structure for your organizations culture*, Cornelius and Associates, 2005.
- [3] G. Hunte, *Forming and Implementing a Successful PMO*, Information Management Magazine, 2008.
- [4] R. L. Englund, R. J. Graham, P. C. Dinsmore, *Creating the Project Office*, A Managers Guide to Leading Organizational Change, 2003.
- [5] G. M. Hill, *The Complete Project Management Office Handbook*, Second Edition, 2008.
- [6] A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide), Fourth Edition, 2008.
- [7] B. Hobbs, *A Global Analysis of the Current State of Practice*, The Multi-Project PMO, University of Quebec, 2008.
- [8] H. Thomas, J. Tilke, *Best Practice Methodologies for the Project Management Office (PMO)*, 2007.
- [9] J. Reiling, *The 3 Types of Project Management Offices*, Project Smart, 2008.

FPGA Üzerinde Kanallaştırıcı Gerçeklenmesi

Serkan SEMİZ, H. Ercüment ZORLU

Özet - Frekans düşürme blokları, sayısal işaret işleme sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Maliyet açısından etkinliği artıran kanallaştırıcı yapıları, aynı anda çok sayıda kanal için frekans düşürme işlemini mümkün kılar. Paralel işlem yetenekleri ile FPGA'ler, kanallaştırıcı gerçeklenmesi için uygun platformlar olarak öne çıkmaktadırlar. Bu çalışmada, FPGA üzerinde kanallaştırıcı gerçeklenmesi ile ilgili yöntemlerden Çok Fazlı FFT Tabanlı Kanallaştırıcı ve Paralel DDC Yöntemleri açıklanmış ve karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler - Kanallaştırıcı, DDC, Çok Fazlı FFT Tabanlı Kanallaştırıcı, FPGA.

1 GİRİŞ

Kablosuz haberleşmede sabit frekanslı telsizlerin yerini, çok bantlı ve çok modlu telsizler alırken tek taşıyıcı sinyallerin yanı sıra birden fazla taşıyıcıya sahip sinyaller de yaygınlaşmaktadır. Bu gelişmeler, spektrumun izlenmesini ve kontrol edilmesini güçleştirmektedir. Spektrumu daha hızlı taramak ve sinyalleri daha hızlı işleyebilmek bir mecburiyet haline gelmiştir. Sayısal dünyadaki gelişmeler, bu ihtiyaçları etkin bir şekilde karşılayan sistemleri mümkün kılmaktadır. Günümüzde yüksek hızlı analog-sayısal dönüştürücüler mevcut olduğu için alıcılarda ara frekans (IF) sonrası sayısallaştırma ve DDC ('Digital Down Converter', Sayısal Frekans Düşürücü) ile temel bant işaretin elde edilmesi yaygın bir yöntem olarak öne çıkmaktadır [1]. Bu noktada hızlı ve paralel işlem kapasiteleriyle FPGA'ler (*Field Programmable Gate Array*), DDC ve kanallaştırma uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Kanallaştırma ile belirli bir bant içerisindeki çok sayıda işaretin aynı anda işlenmesi mümkün olmakta ve bu sayede maliyet açısından

etkin sistemler ortaya çıkmaktadır [2].

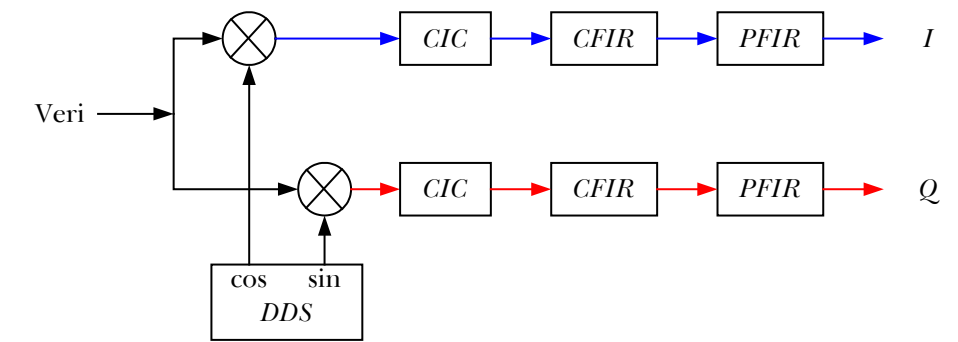
Bu çalışmada, kanallaştırma yöntemleri içerisinde öne çıkan Paralel DDC tabanlı kanallaştırıcı ve Çok Fazlı FFT tabanlı kanallaştırıcı incelenmiş, başarımları ve kullandıkları FPGA kaynakları karşılaştırılmıştır.

2 KANALLAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

2.1 Paralel DDC Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan kanallaştırıcı yapılarından ilk akla gelen yapı, Şekil 1'de gösterilen Paralel DDC'dir. DDC işlemi sonucunda, IF 'te bulunan gerçel bir işaret temel bantta karmaşık bir işarete çevrilir. Frekans düşürmenin yanında çoğunlukla örnek seyreltme de gerçekleştirilir. Bu sayede daha düşük frekansta ve daha az kaynak kullanarak işaret işleme tekniklerinin uygulanması mümkün olur.

DDC bloğu üç alt bileşenden oluşur. Bunlar Doğrudan Frekans Sentezleyicileri ('Direct Digital Synthesizer', DDS), Çarpıcılar ve Alçak Geçiren Süzgeçlerdir. İlgilenilen işaretin merkez frekansında DDS tarafından üretilen sinüs ve kosinüs işaretleri, giriş işareti ile çarpılır. Yapılan işlem, giriş işaretini $e^{-j\omega t}$ ile çarpımayla eşdeğerdir. Bu çarpım sonucunda mevcut tüm işaretlerin frekansı, çarpan işaretin frekansı kadar aşağı ve aynı zamanda yukarı ötelenir. Alçak geçiren süzgeçler, sadece ilgilenilen temel bant işaretini, arzu edilen bant genişliğinde geçirirler ve örnek seyreltme gerçekleştirirler. FIR (*Finite Impulse Response*), IIR (*Infinite Impulse Response*) ve CIC (*Cascaded Integrator Comb*) süzgeçler, frekans düşürme işlemi için yaygın olarak kullanılır. Küçük işaret seyreltme oranları için (10 'dan küçük) sadece FIR



Şekil 1. DDC yapısı.

MAKALELER

FPGA Üzerinde Kanallaştırıcı Gerçeklenmesi

Serkan SEMİZ, H. Ercüment ZORLU

89

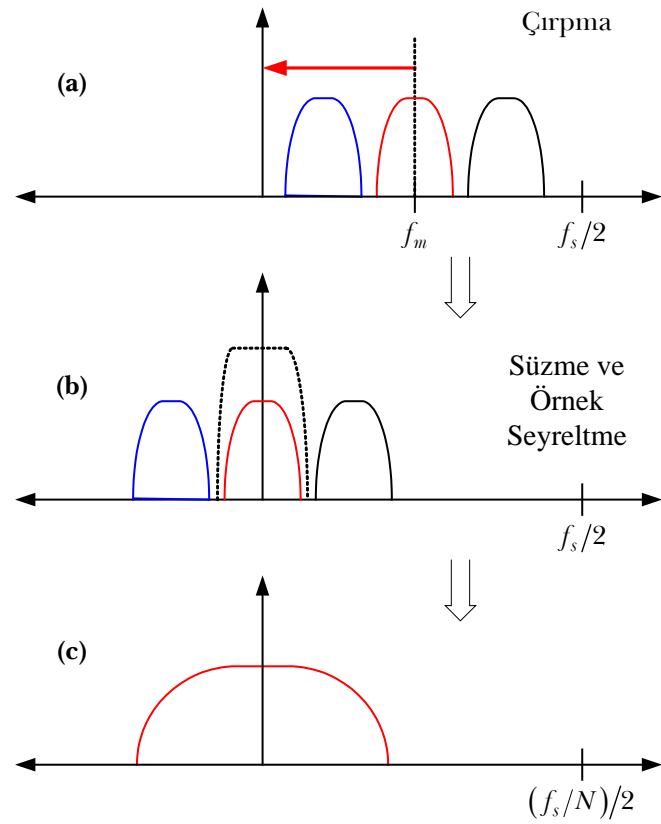
Frekans düşürme blokları, sayısal işaret işleme sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Maliyet açısından etkinliği artıran kanallaştırıcı yapıları, aynı anda çok sayıda kanal için frekans düşürme işlemini mümkün kılar. Paralel işlem yetenekleri ile FPGA'ler, kanallaştırıcı gerçeklenmesi için uygun platformlar olarak öne çıkmaktadırlar. Bu çalışmada, FPGA üzerinde kanallaştırıcı gerçeklenmesi ile ilgili yöntemlerden Çok Fazlı FFT Tabanlı Kanallaştırıcı ve Paralel DDC Yöntemleri açıklanmış ve karşılaştırılmıştır.

Olasılık Kuramına Bir Giriş - II: Uygulamalar

C. Nezh GEÇKİNLİ

94

Temel özellikleri bir önceki sayımızda tanıtılan olasılık kuramında sıkça düşülen yanılgılar tartışmaya açılarak, geçen yazıda verilen kavramların pekiştirilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 2. DDC adımları.

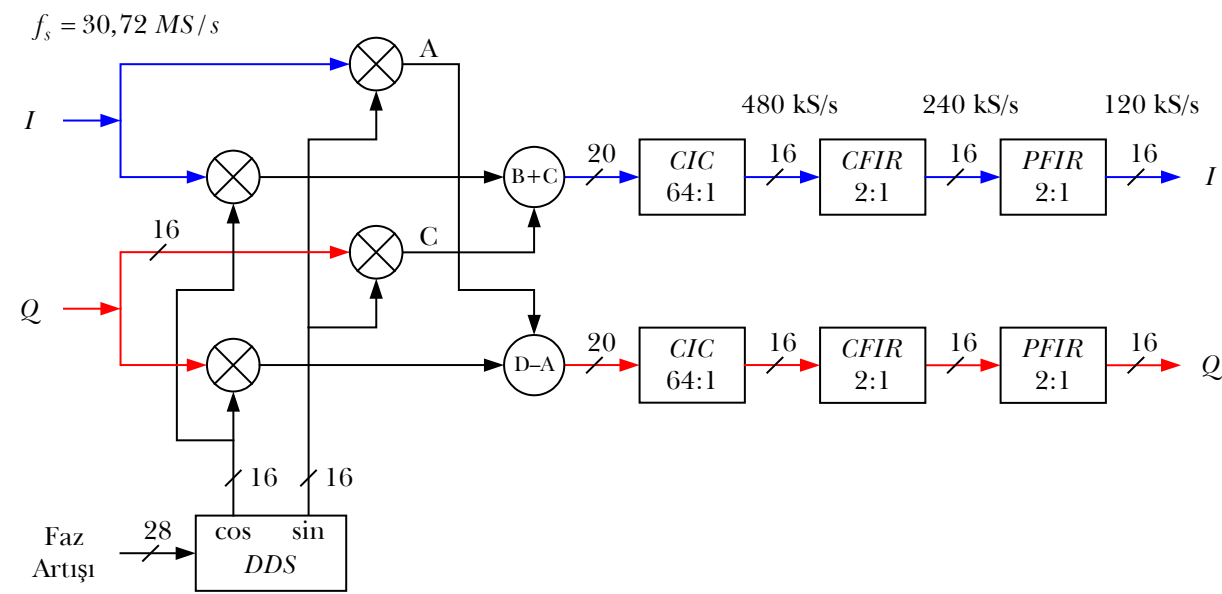
indirilmesi aşamaları Şekil 2'de gösterilmiştir.

CIC süzgeçler sadece toplayıcı ve fark alıcılardan oluşurlar; çarpıcı içermezler. Bu özellikleriyle yüksek örnek seyreltmenin gerekli olduğu durumlarda daha çok tercih edilirler. Ayrıca, farklı örnek seyreltme oranlarının kolayca yeniden ayarlanabilir olması önemli bir avantaj sağlamaktadır.

CIC süzgeçlerin geçirme bandı içerisindeki zayıflama etkisini düzeltmek ve dolayısıyla, geçiş bandını düzleştirmek amacıyla çoğunlukla arkalarında birer adet *CFIR* ('*Compensation FIR*', Telafi Süzgeci) kullanılır. Bu süzgeçler aynı zamanda örnek seyreltme işlemine de katkıda bulunurlar. *CFIR* süzgeçlerin arkasına, hayli azalmış olan örnek hızının getirdiği kolaylıktan da yararlanılarak yüksek katsayılı, keskin birer *PFIR* ('*Programmable FIR*', Ayarlanabilir Süzgeç) konulabilir. Bu adımların sonucunda ilgilenilen işaret, temel bantta arzu edilen bant genişliği ve örnek hızı ile elde edilmiş olur. Kanallaştırıcı, basitçe, bu yapının çok sayıda iklenilmesiyle elde edilir ve Paralel DDC olarak adlandırılır.

30,72 MS/s ile örneklenen karmaşık girişten, yine temel bantta 120 kS/s örnek hızı ve 96 kHz bant genişliği ile arzu edilen işaretin elde edilmesi için tasarlanan örnek DDC yapısı Şekil 3'te verilmiştir. Toplam örnek seyreltme oranı *CIC* süzgeçte 64, *CFIR* süzgeçte 2, *PFIR* süzgeçte 2 olmak üzere 256'dır. Kullanılan *FPGA* kaynakları (*SLICE*, Gömülü Çarpıcı ve Blok RAM cinsinden) Tablo 1'de gösterilmektedir.

süzgeçler yeterli olurken, daha büyük oranlar için *CIC* süzgeçler ve onları takip eden *FIR* süzgeçler gerekebilmektedir. DDC sırasında işaretin temel bant



Şekil 3. Örnek DDC tasarımı.

Tablo 1. Tek Kanal DDC İçin Virtex-4 SX35'te Kullanılan Kaynaklar

Kullanılan Kaynak Tipi	Miktarı
<i>SLICE</i>	2061
Gömülü Çarpıcı	10
Blok RAM	4

2.2 Çok Fazlı FFT Tabanlı Kanallaştırıcı

Çok fazlı *FFT* tabanlı kanallaştırıcıyı oluşturan bloklar Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu bloklar Çok Fazlı *FFT* Çekirdeği, Anahtarlama Matrisi ve Çok Kanallı DDC bloğudur. Kanallaştırmanın en önemli kısmı çok fazlı *FFT* çekirdeğinde gerçekleştirilir. Kanalları birbirinden ayıracak olan süzgeç yapısı *FFT* bloğunun önünde çok fazlı olacak biçimde gerçekleştirilir. Burada girişteki geniş bantlı işaret eşit aralıklı kanallara bölünür ve bu kanallar temel bantta indirilir. Anahtarlama matrisinde, çok fazlı *FFT* çekirdeğinden gelen kanalların belirli bir kısmı seçilerek çok kanallı DDC bloğuna aktarılır. Bu son blokta ise ince ayar, süzme ve örnek seyreltme işlemleri gerçekleştirilir.

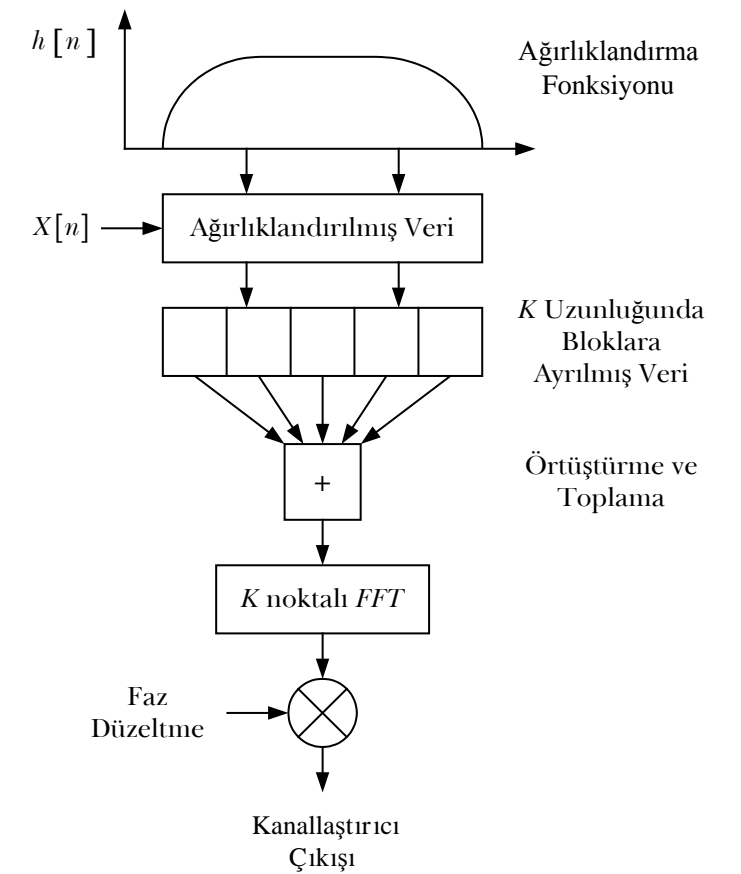
Çok fazlı *FFT* çekirdeğinin işleyişi ana hatlarıyla Şekil 5'te gösterilmiştir. Giriş verisi *D* adet örnek içeren paketlere bölündükten sonra bir gecikme hattında tutulur ve süzgeç katsayılarıyla çarpıldıktan sonra *K* adet örnek içeren bloklar oluşturulur. Bu bloklar örtüştürülerek toplanır ve elde edilen bloğun *K* noktalı *FFT*'si alınır. Çıkış kanallarının faz düzeltilmesinin yapılmasıyla kanallaştırma işlemi tamamlanmış olur.

Çok fazlı *FFT* yapısında bulunan 4 önemli tasarım parametresi şu şekildedir:

- 1°) Giriş örnek hızı f_s ,
- 2°) *FFT* nokta sayısı *K* (kanal sayısı ve kanallar arası uzaklığı belirler, $f_u = f_s/K$),
- 3°) Örnek seyreltme katsayısı *D* (her bir kanalın çıkış örnek



Şekil 4. Kanallaştırıcı yapısı.



Şekil 5. Çok fazlı FFT çekirdeği işleyişinin ana hatları.

hızını belirler, $f_c = f_s/D$),

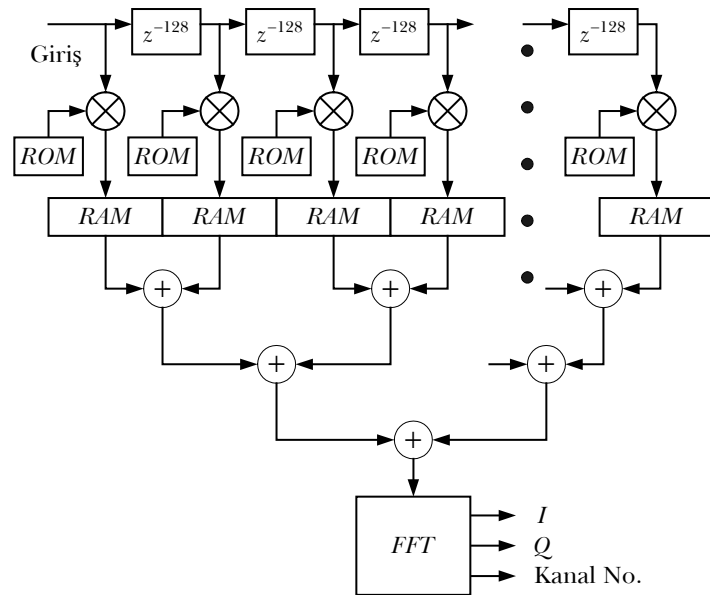
4°) Süzgecin darbe tepkisi.

Tasarım parametrelerinin 2. ve 3. maddelerinden çıkan sonuca göre kanallar arası uzaklık ve kanalların çıkış örnek hızı arasındaki ilişki $K/D = f_c/f_u$ olmaktadır. Kanallaştırıcı yapılarının belli bir kısmında iki komşu kanalın merkezine tam ortasına denk gelen işaretler zayıflama ve örtüşme gibi etkilere maruz kalmaktadır. Gerçekleştirilen örnek tasarımı, kanal merkezlerine eşit uzaklıkta olan işaretlerin

zayıflamadan 2 kanalda birden görünür olması amaçlanmış, bu yüzden de kanallar arası uzaklığın 2 katı kadar fazla örnekleme yapılmıştır; yani $K/D=2$ olmaktadır. $f_s = 30,72$ MHz, $K=128$ ve $D=64$ seçilmesiyle $f_u = 240$ kHz ve $f_c = 480$ kHz olur. İki kanal arası uzaklığın yarısı ise 120 kHz'tir. Süzgecin kesim frekansı seçilirken, kanal merkezine 120 kHz uzakta ve 96 kHz bant genişliğinde bir işaretin geldiği durum göz önünde bulundurulmuş ve 168 kHz uygun görülmüştür.

Çok fazlı FFT çekirdeğinin ayrıntılı akış diyagramı Şekil 6'da gösterilmiştir. Bloğa gelen örnekler, 8 adet 128 saat periyodu (*clock cycle*) gecikme sağlayan gecikme hattına sokulur. Toplam gecikme 1024 periyot olup, bu sayı aynı zamanda kullanılan süzgecin katsayı uzunluğuna eşittir. FPGA'nın kaynakları göz önünde tutularak gecikme hatları blok RAM'ler kullanılarak oluşturulmuştur [3]. Gecikme hattındaki veriler, 64 saat çevrimi içerisinde 1024 katsayılı, 168 kHz kesim frekanslı Hamming tipi süzgeç katsayıları ile çarpılır. Bu süzgeç geçirme bandı dışında en az 76 dB zayıflama sağlamaktadır. 64 saat periyodu uzunluğundaki çarpım sonuçları çift tamponlama amacıyla kullanılan 128 periyot uzunluğundaki RAM bloklarına yazılır. 64 saat periyodunda 128 noktalık FFT alabilmek için iki kat saat hızında FFT işlemi gerçekleştirmek gerekir. Bu gereksinim doğrultusunda RAM bloğundan yazma hızının iki katı hızla okunan değerler örtüştürülerek $h[n]$ toplanır. Yüksek hızda toplama işleminin gerçekleştirilmesi için toplayıcı ağacı yapıları kullanılmıştır.

64 saat periyodu içerisinde oluşturulan 128'lik paketlerin



Şekil 6. Çok fazlı FFT tabanlı kanallaştırıcı yapısı.

128 noktalık FFT'si alınır. Bunun için IP Core Generator ile üretilen 128 örnek uzunluğuna sahip FFT bloğu kullanılmıştır. FFT bloğunun I ve Q çıkışları kanalların karmaşık verilerini, endeks çıkışı ise o saat çevrimi içerisinde üretilen verinin hangi kanala ait olduğunu ifade eder. Çıkışlar faz düzeltme işleminden sonra son halini alır. 240 kHz aralıklı olarak sıralanmış, 480 kS/s örnek hızına sahip 128 kanal bu şekilde elde edilmiş olur.

"Anahtarlama Matrisi" bloğunun görevi çok fazlı FFT çekirdeğinden gelen kanalların belirli bir kısmını seçerek "Çok Kanallı DDC" bloğuna aktarmaktır. Daha çok FPGA kaynağına sahip bir donanımda kanal sayısı, anahtarlama matrisinde seçilen kanalların artırılması suretiyle, kolaylıkla 128'e çıkarılabilecektir. Anahtarlama matrisinde tek bir giriş kanalına çok sayıda işaretin denk geldiği durumlarda, bu giriş kanalı birden çok (mevcut işaret sayısı kadar) çıkışa bağlanabilir ve DDC bloğunda ince ayar yapılarak bu işaretlerin tümü elde edilebilir.

Çok kanallı DDC bloğunda 480 kS/s hızıyla gelen 64 kanala ilişkin karmaşık işaretlere hassas frekans ayarlama işlemi uygulanır. Her kanalın sayısal kontrollü osilatörü (*Numerically Controlled Oscillator*, NCO) için gerekli olan faz artışı değerleri RAM'de tutulur. Bu noktaya kadar uygulanmış olan örnek seyreltme sayesinde kaynakların zaman çoğullama yöntemiyle kanallar için ortak kullanımı mümkün olur. Böylelikle, 64 kanal için 256 gömülü çarpıcı yerine 4 gömülü çarpıcı, karmaşık çarpma işlemi için yeterli olmaktadır. Çok fazlı FFT tabanlı kanallaştırıcı için gerekli kaynaklar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. 64 Kanallı Çok Fazlı FFT Tabanlı Kanallaştırıcı İçin Virtex-4 SX35'te Kullanılan Kaynaklar

Kullanılan Kaynak Tipi	64 Kanal İçin Kullanılan Miktar	Kanal Başına Kullanılan Miktar
SLICE	5048	78,9
Gömülü Çarpıcı	40	0,6
Blok RAM	52	0,8

3 SONUÇ

Paralel DDC yönteminin en büyük üstünlüğü kanalların birbirinden tamamen bağımsız olmasıdır. Her kanal için ayrı ince ayar, ayrı süzgeç karakteristikleri ve ayrı örnek seyreltme oranları kullanılabilir. Hatta her kanal için farklı süzgeç tipleri kullanmak mümkündür. Kanal sayısı da FPGA kaynakları yettiği sürece herhangi bir değer olabilir. Esnekliğin en yüksek olduğu yapı budur. Diğer yandan

silisyum verimliliği çok düşüktür [4]. Yüksek kapasiteli FPGA'ler kullanarak ve DDC bloklarında ortak kaynak kullanımına yönelik iyileştirmeler yapılarak kanal sayısı bir miktar artırılabilir. Daha yüksek kanal sayısının gerekli olduğu durumlarda paralel DDC yöntemi yetersiz kalacaktır. Çok fazlı FFT tabanlı kanallaştırıcının silisyum verimliliği ise çok yüksektir [5]. Çok sayıda kanalın işlenmesinin gerektiği durumlarda önem kazanacak bu yapının kanallar arası bağımsızlığı ise düşüktür. Ayrıca kanal sayısının 2N şeklinde olması, yapının getirdiği bir zorunluluktur.

KAYNAKÇA

- [1] W. Tuttlebee (ed.), *Software Defined Radio: Enabling Technologies*. Chichester: John Wiley & Sons, 2002.
- [2] L. Pucker, "Channelization techniques for software defined radio," *Proc. SDR Forum Conf.*, Orlando, FL, Nov. 2003: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.8152&rep=rep1&type=pdf>
- [3] Xilinx, *Virtex-4 FPGA User Guide*: http://www.xilinx.com/support/documentation/user_guides/ug070.pdf
- [4] J. Lillington and S. Matthews, "Flexible architectures for wideband SDR channelisation," *Proc. SDR Tech. Conf. & Prod. Exp. (SDR'05)*, Orange County, CL, Nov. 2005.
- [5] R. H. Hosking, "Design strategies for an FPGA-based 256-channel digital down converter," *Military Embedded Systems*, Summer 2006: <http://www.mil-embedded.com/articles/id/?1898>

Olasılık Kuramına Bir Giriş - II: Uygulamalar

C. Nezh GEÇKİNLİ

Özet - Temel özellikleri bir önceki sayımızda tanıtılan olasılık kuramında sıkça düşülen yanlışlar tartışmaya açılarak, geçen yazıda verilen kavramların pekiştirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler - Olasılık kuramı.

1 GİRİŞ

Bu yazı, dergimizin bir önceki sayısında yayımlanan, “Olasılık Kuramına Bir Giriş - I: Temel Kavramlar” [1] adlı yazının devamıdır ve sıkça düşülen yanlışları vurgulayan örneklerle, ilk yazıda verilen kavramların pekiştirilmesini amaçlamaktadır.

Olasılık kuramında, ilgi alanının, bilinmeyen olasılıkların bilinen (varsayılan) olasılıklardan bulunması olduğu söylenebilir [2]. Ancak, olasılık hesaplanırken, doğruluğu apaçık gibi görünen kimi akıl yürütmeler, insanı kolayca yanlış sonuçlara ulaştırabilmektedir. Her ne kadar yanlış şeyler yazmak doğru olmasa da, bu yazıda verilen uygulamalarda, düşülmesi olası yanlışlara da yer verilmektedir. Dolayısıyla, **okuyucu verilen örnekleri incelerken, yanlış düşünme yollarıyla doğrularını ayırt etmeğe özen göstermelidir.**

2 UYGULAMALAR

Örnek-1: Geçen gün, uzun yıllardır görüşemediğim bir çocukluk arkadaşımla karşılaştım. Arkadaşımın iki çocuğu olduğunu öğrenince, çocuklarının cinsiyetlerini sordum. Arkadaşım, “Biri kız; diğeri, olasılığı iki kat büyük olan cinsiyete sahip.” dedi. Ben, “Erkek olma olasılığı kız olma olasılığına çok yakındır. Nasıl olur da biri diğerinin iki katı olabilir?” diye karşı çıktım. Arkadaşım, “Dikkatlice düşünürsen bulabilirsin!” dedi ve ayrıldı. Ben de, bu bilmeceyi çözebilmek için, erkeği E , kız K ile göstererek, iki bağımsız kaynağın (birinci doğum ile ikinci doğumun) bileşkesinden oluşan kaynağın örnek uzayını ve bu uzaydaki öğelerin olasılıklarını belirledim:

$$S = \{EE, EK, KE, KK\} \quad , \quad (1)$$

$$P(EE) = P(EK) = P(KE) = P(KK) = \frac{1}{4}$$

Sonra, çocuklardan birinin kız olması koşulunu sağlayan alt örnek uzayını ve bu yeni uzaydaki öğelerin olasılıklarını elde ettim:

$$S = \{EK, KE, KK\} \quad , \quad (2)$$

$$P(EK) = P(KE) = P(KK) = \frac{1}{3}$$

O zaman gördüm ki, bu örnek uzayında, “diğer çocuğun kız olması” (KK) olasılığı $1/3$ iken, “diğer çocuğun erkek olması” ($\{EK, KE\}$) olasılığı $2/3$ ’tür. Böylece, diğer çocuğun erkek olduğunu anladım.

“Çift zar atıldığında, üç biçimde oluşan $7=1+6=2+5=3+4$ ile, yine üç biçimde oluşan $6=1+5=2+4=3+3$ aynı olasılıkla gelir.” çıkarımındaki yanlış da yukarıda verilene benzemektedir: Çift zar atışı iki bağımsız kaynağın bileşkesi olarak modellendiğinde, bileşkenin örnek uzayındaki $6 \times 6 = 36$ öğenin altı tanesinin ($1+6, 2+5, 3+4, 4+3, 5+2, 6+1$) 7 değerine, beş tanesinin ($1+5, 2+4, 3+3, 4+2, 5+1$) 6 değerine sahip olduğu görülür. Dolayısıyla, 7 ’nin gelme olasılığı $6/36 = 1/6$ iken, 6 ’nın gelme olasılığı $5/36$ ’dır.

Örnek-2: Diyelim ki, piyango bileti satıcısının uzattığı biletler arasından rasgele birini çektik. Bilet numaraları, bir ile yüz bin arasında olsun. Çektiğimiz biletin numarasının, örneğin, 037143 olma olasılığı yüz binde birdir. Çektiğimiz biletin numarasının, örneğin, 078521 olduğunu görmüş olalım. Bu durumda, çektiğimiz biletin numarasının 078521 olma olasılığı 1’dir. Aynı nedenle, piyangonun çekilişi yapıldığında, bir tek bilete verilecek en büyük ikramiyenin elimizdeki bilete çıkma olasılığı yüz binde bir iken, çekilişte, ikramiye elimizdeki bilete çıkarsa, en büyük ikramiyenin elimizdeki bilete çıkma olasılığı 1’e yükselir. Bir başka deyişle, en büyük ikramiye biletimize çıktığında, olasılığı çok küçük bir olay gerçekleştiği için şanslı olduğumuzu söyleyebiliriz, ancak, o bilete o ikramiyenin çıkma olasılığı artık 1, diğer biletlere çıkma olasılığı 0 ’dır.

Nobel ödüllü ünlü fizikçi Feynman, kendi konularını sıradan insanlara anlatmak için yaptığı konuşmalarından birinde, kendisinden, olmuş olayların olasılığını, örneğin, bir deney sonucu elde edilen değer gerçekleşme olasılığını hesaplamasının istenmesinden yakınmakta, “... bir şey olduktan sonra, onun olma olasılığını ... hesaplamamın mantık götürür bir yanı (yoktur.). ... Örneğin, bu akşam çok dikkate değer bir deneyim yaşadım. Buraya gelirken ANZ 912 numaralı bir plaka gördüm. Bana ... tüm plakalar arasında ANZ 912 plakasını görme olasılığını hesaplar mısınız? Pekâla, bu çok gülünç bir şey.” demektedir [3].

Gerçekten de, bir O olayının gerçekleşmesi koşulu altında, aynı O olayının gerçekleşme olasılığı 1’dir,

$$P(O|O) = \frac{P(O \cap O)}{P(O)} = \frac{P(O)}{P(O)} = 1 \quad ; \quad (3)$$

yani, **bir olay gerçekleştiğinde o olay kaçınılmaz olay olmaktadır.** Dolayısıyla, gerçekleşmiş bir olayın olasılığını hesaplamaya kalkışmak gülünç olmaktadır.

Diğer yandan, çoğunlukla, hiç beklenmedik ya da çok ender görülen bir olay gerçekleştikten sonra akla gelen, “Bu olayın gerçekleşme olasılığı, acaba nedir?” sorusu, aslında, “Bu olayın gerçekleşme olasılığı, olay gerçekleşmeden önce, acaba ne idi?” olduğu için, öncelikle, kendisi örnek uzayı, olasılığı 1 olan gerçekleşmiş olayın, **olay gerçekleşmeden önce bulunduğu örnek uzayına karar vermek gerekir.**

Örneğin, ilk iki çocuklarının doğum tarihleri 08.08.08 ve 09.09.09 olan Amerikalı bir ailenin, 10.10.10 tarihinde üçüncü çocukları olunca, ender görülebilecek bu olayı haber yapmak isteyen bir gazeteci, olayın gerçekleşme olasılığını, bir istatistik profesörüne sorduğunda, “Olasılık varsayımlara bağlıdır: Bir varsayımına göre elli milyonda bir, daha gerçekçi bir varsayımına göre iki bin beş yüzde birdir.” yanıtını alır [4]. Profesörün, “varsayım” ile demek istediği, örnek uzayıdır. Örnek uzayı, yeryüzündeki tüm aileler olabileceği gibi, 2008, 2009 ve 2010 yıllarında doğmuş üç çocuğu olan ABD’li aileler de olabilir. Ancak, örnek uzayı ne seçilirse seçilsin, ilk çocuğun doğum tarihi, örnek uzayını yapılandıran bir değişken olamaz; çünkü, üç çocuktan birincisiyle ikincisi arasında $365+31+1=397$ gün, ikincisiyle üçüncüsü arasında $365+30+1=396$ gün aralık olma olasılığı, ilk çocuğun doğum tarihine bağlı değildir ve nasıl ki, bir piyangoda, ikramiye çıkma olasılığı, 080808 gibi akılda kolay kalan numaralar dahil, her numara için aynı ise [5], ilk çocuğun doğum gününün 08.08.08, dolayısıyla, diğer çocukların doğum günlerinin 09.09.09 ve 10.10.10 gibi akılda kolay kalan ender tarihler olması, olayın olasılığını değiştirmez.

Örnek-3: Bindığı uçağın kaçırılmasından korkan bir yolcu, şöyle bir çözüm bulur: “Bir yolcunun uçağa, uçağı kaçırmak için binme olasılığı yüz milyonda birse, birbirinden habersiz iki yolcunun birden aynı amaçla uçağa binme olasılığı, bunun karesi, on katrilyonda birdir. Dolayısıyla, uçağa, yanına bomba alarak binersen, uçağın kaçırılma olasılığını on katrilyonda bire düşürmüş olurum.”

Bu düşüncede temel yanlışlar vardır.

Uçaktaki n yolcu koltuğu, birbirinden bağımsız n kaynak; bu kaynakların bileşkesi de, uçaktaki yolcu yapısını veren kaynak olarak düşünülün. Bir başka deyişle, bu kaynağın her çıktısı, n yolcusu olan ayrı bir uçağın yolcu yapısını versin. Normal yolcular Y , uçağı kaçırmak isteyen

yolcular K ile gösterilsin. Bir yolcunun uçağa, uçağı kaçırmak için binme olasılığı p olsun: $P(K) = p$, $P(Y) = 1 - p$. Bu durumda, uçağın k yolcu tarafından kaçırılması olayındaki öğeler (yolcu yapıları), öğelerin sayısı ve öğelerin olasılıkları

$$k = 0: \{YY \dots Y\} \rightarrow \binom{n}{0} = 1 \quad (1-p)^n$$

$$k = 1: \left\{ \begin{array}{l} KY Y \dots Y, \\ YKY Y \dots Y, \\ \vdots \\ YY \dots YK \end{array} \right\} \rightarrow \binom{n}{1} = n \quad p(1-p)^{n-1}$$

$$k = 2: \left\{ \begin{array}{l} KKYY \dots Y, \\ KYKY Y \dots Y, \\ \vdots \\ YY \dots YKK \end{array} \right\} \rightarrow \binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2} \quad p^2(1-p)^{n-2}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad (4)$$

$$k = n: \{KK \dots K\} \rightarrow \binom{n}{n} = 1 \quad p^n$$

olur. Burada, ikiterimli (binom) katsayısı

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad , \quad (5)$$

n öğeli bir kümenin k öğeli alt küme sayısını vermektedir [6] (sf. 59). Böylece, n yolcusu olan bir uçağın bir yolcu tarafından kaçırılmasının olasılığı,

$$P(\{KYY \dots Y, YKY Y \dots Y, \dots, YY \dots YK\}) = np(1-p)^{n-1} \quad , \quad (6)$$

iki yolcu tarafından kaçırılmasının olasılığı,

$$P(\{KKYY \dots Y, KYKY Y \dots Y, \dots, YY \dots YKK\}) = \frac{n(n-1)}{2} p^2(1-p)^{n-2} \quad (7)$$

olarak bulunur. Dolayısıyla, şu doğru sonuçlara ulaşılır:

- Bir uçağın bir yolcu tarafından kaçırılma olasılığı $np(1-p)^{n-1}$, yolcu sayısı n ’ye bağlıdır ve bir yolcunun uçağa, uçağı kaçırmak için binme olasılığı p ile aynı değildir.
- Bir uçağın iki yolcu tarafından kaçırılma olasılığı $n(n-1)p^2(1-p)^{n-2}/2$, bir uçağın bir yolcu tarafından kaçırılma olasılığı $np(1-p)^{n-1}$ ’in karesiyle aynı değildir.
- Uçağın kaçırılmasından korktuğu için yanına bomba alan yolcu, uçağı ister düşsel olarak ister gerçekten kaçırarak olsun, kendisinin uçağa, uçağı kaçırmak için binme olasılığı p yerine 1 (**etkisiz öge**) olacağı için, n yolcusu olan uçağın, biri kendisi iki yolcu tarafından kaçırılmasının olasılığı, $n-1$ yolcusu olan bir uçağın bir yolcu tarafından kaçırılma olasılığı $(n-1)p(1-p)^{n-2}$ ’ye eşit olacaktır.

- Bu yolcu, yanına bomba almadan uçağa binseydi, kendisinin uçağa, uçağı kaçırmak için binme olasılığı 0, yani, kaçırmama olasılığı $1-p$ yerine 1 olacağı için, uçağın bir yolcu tarafından kaçırlma olasılığı yine aynı, $n-1$ yolcusu olan bir uçağın bir yolcu tarafından kaçırlma olasılığı $(n-1)p(1-p)^{n-2}$ olacaktır. Örneğin, bizim yolcu B ile gösterildiğinde, $n=4$, $k=1$ için yolcu yapıları, bu yapıların sayısı ve olasılıkları,

$$\left\{ \begin{array}{l} KYYB \\ YKYB \\ YYKB \end{array} \right\} \rightarrow \binom{n-1}{1} = n-1 = 3 \quad (8)$$

$$p(1-p)^{n-2} = p(1-p)^2$$

olacaktı.

Örnek-4: Doktorlar kimi zaman hastalarını, “Sigara içmenin sonu budur!” diyerek azarlamak isterler; ancak, saygıyı elden bırakmayıp, istatistiksel olarak elde edilen güvenilir bilgilere dayanarak, “Bu hastalığa yakalanan beş hastadan dördü sigara bağımlıdır.” diyerek, sigara içmenin bu hastalığa yakalanma riskini dört kat artırdığını dolaylı olarak anlatırlar. İstatistik, aslında, olasılık kuramının günlük yaşama uyarlanmasından başka bir şey değildir. Dolayısıyla, istatistiksel verilerin yorumunda da insan kolayca yanılgıya düşebilir. Örneğin, yukarıdaki, apaçık gibi gözükten risk çıkarımı, istatistiksel bilgilerin yorumunda sıkça düşülen yanılgılardan biridir. Buradaki yanılgının kaynağı, doktorun söylediği oranın riski doğrudan vermemesinde; riskin, aslında, sigara bağımlıların hastalığa yakalanma olasılığının sigara bağımlı olmayanların hastalığa yakalanma olasılığına oranı olmasında, dolayısıyla, risk hesabının, toplumdaki sigara kullanma oranına bağlı olmasında yatmaktadır.

B , sigara bağımlı olanlar kümesini; B' , B 'nin tümleyenini, yani, sigara bağımlı olmayanlar kümesini; G , gırtlak kanseri olanlar kümesini gösterebilir. İstatistiksel bilgilerin toplandı değerlendirildiği topluluğun (örnek uzayının) istatistiksel alt yapısının

$$\begin{aligned} P(B) &= 0,8 \\ P(B') &= 1 - P(B) = 0,2 \end{aligned} \quad (9)$$

olduğunu varsayalım. Gırtlak kanserine yakalananlarda, sigara bağımlı olanların olmayanlara oranı, doktorun söylediğine göre,

$$\frac{P(G \cap B)}{P(G \cap B')} = 4 \quad (10)$$

olduğu için, sigara bağımlı olmanın gırtlak kanserine neden olma riski,

$$\frac{P(G|B)}{P(G|B')} = \frac{P(G \cap B)}{P(G \cap B')} \cdot \frac{P(B')}{P(B)} = 4 \cdot \frac{0,2}{0,8} = 1 \quad (11)$$

olur. Riskin 1 olması, sigara içmenin risk oluşturmadığını, yani, G ile B olaylarının, dolayısıyla, G ile B' olaylarının birbirinden bağımsız olduğunu gösterir:

$$\frac{P(G \cap B)}{P(G \cap B')} = \frac{P(G)P(B)}{P(G)P(B')} = \frac{P(B)}{P(B')} \quad (12)$$

Öte yandan, sigara bağımlı olanların sayısı olmayanların sayısına eşitse, yani, $P(B) = P(B') = 0,5$ ise, risk, gerçekten dört kat büyüktür. Tersine, $P(B) = 0,89$ ise, risk 0,49 olur, yani, sigara kullanmak, gırtlak kanseri olma riskini iki kat azaltır!

Görüldüğü gibi, kimi istatistiksel verileri değerlendirirken, o **istatistiksel verilerin elde edildiği topluluğun istatistiksel yapısını** da göz önüne almamız, dolayısıyla, başka bir ülkede elde edilmiş istatistiksel bilgileri kendi ülkemize aktarırken, toplumlar arasındaki istatistiksel ayrımları hesaba katarak uyarlamamız gerekebilir.

Örnek-5: Belirli bir hastalığı kan incelemesiyle belirleyen bir aygıt, kimi kan örnekleri için yanlış sonuç vermektedir. Yanlış sonuç iki türlü olmaktadır:

1°) Temiz kan örneği (T) için, hastalık taşıyor ($A \equiv '+'$) raporu verme (**yanlış uyarı**, *'false alarm'*).

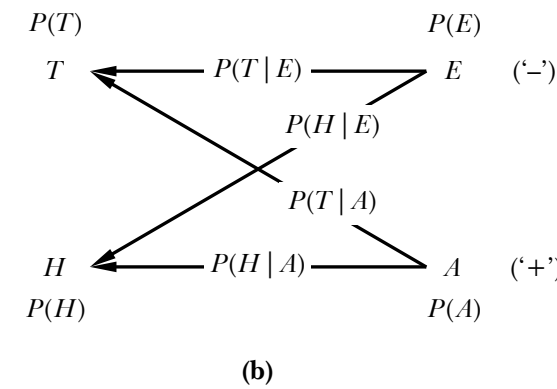
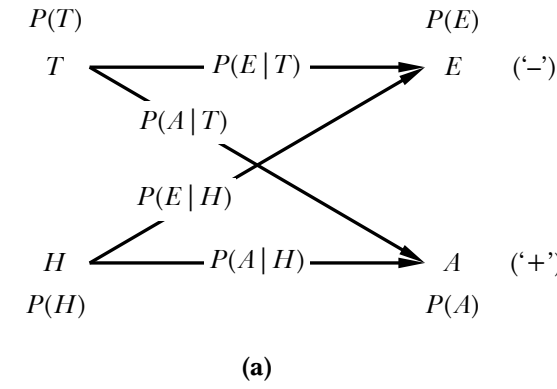
2°) Hastalık taşıyan kan örneği (H) için, temiz ($E \equiv '-'$) raporu verme (**kaçırma**, *'miss'*).

Bu aygıt [1]'de, §7'de tartışılan, gürültülü kanaldan iletişim yapan sisteme çok benzemektedir (Şekil 1): Girişi, $P(T)$ olasılıkla, temiz kan örneği (T) ya da $P(H) = 1 - P(T)$ olasılıkla, hastalık taşıyan kan örneği (H) olan aygıt, $P(A|T)$ olasılıkla birinci tür yanlış sonuç, $P(E|H)$ olasılıkla ikinci tür yanlış sonuç vermektedir. Bir başka deyişle, temiz kan örneği için $P(E|T) = 1 - P(A|T)$ olasılıkla, hastalık taşıyan kan örneği için $P(A|H) = 1 - P(E|H)$ olasılıkla doğru sonuç alınmaktadır. Ne var ki, inceleme sonuçlarının doğru yorumlanabilmesi için, sonuç '-' olduğunda, kan örneğinin gerçekten temiz olma olasılığı $P(T|E)$ 'nin; sonuç '+' olduğunda da, kan örneğinin gerçekten hastalık taşıyor olma olasılığı $P(H|A)$ 'nın biliniyor olması gerekir. Bu değerler, [1]'deki (42) ve (44) bağıntıları kullanılarak hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} P(E) &= P(E|T)P(T) + P(E|H)P(H) \\ P(A) &= P(A|T)P(T) + P(A|H)P(H) \end{aligned} \quad (13)$$

$$P(T|E) = \frac{P(E|T)P(T)}{P(E)} = \frac{1}{1 + \frac{P(E|H)P(H)}{P(E|T)P(T)}} \quad (14)$$

$$P(H|A) = \frac{P(A|H)P(H)}{P(A)} = \frac{1}{1 + \frac{P(A|T)P(T)}{P(A|H)P(H)}} \quad (15)$$



Şekil 1. Bir hastalığı kan incelemesiyle inceleyen bir aygıtın, (a) kan örneği olasılık modeli, (b) inceleme sonucu olasılık modeli.

Elde edilen bu bağıntılardan, şu ilginç sonuç çıkmaktadır: **Bir kan inceleme aygıtının güvenilirliği, yalnızca o aygıtın duyarlılığına değil, bulunduğu topluluğa da bağlıdır!** Bir başka deyişle, aynı aygıt, bir ülkede güvenilir inceleme sonuçları verirken, bir başka ülkede veremeyebilir! Örneğin, yanlış olma olasılığı binde bir ($P(A|T) = P(E|H) = 0,001$) olan bir inceleme aygıtıyla alınan '+' sonucunun güvenilirliği

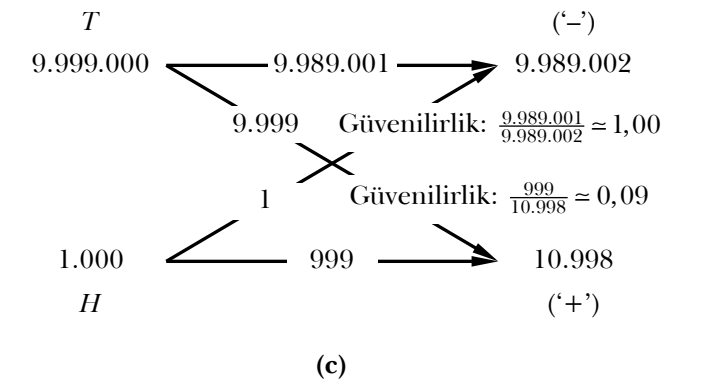
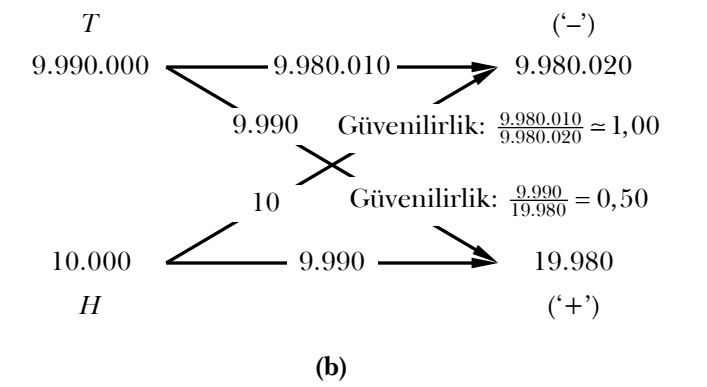
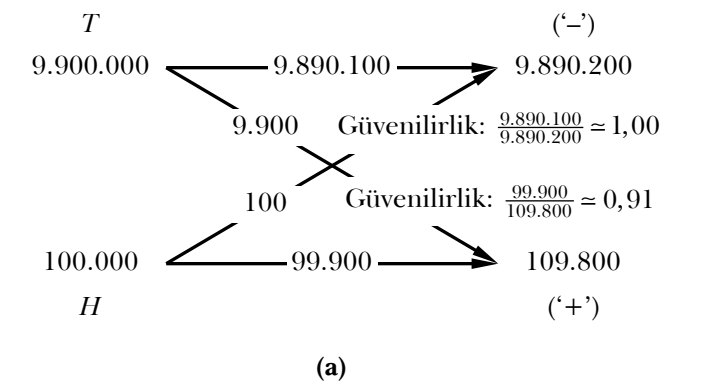
$$P(H|A) = \frac{1}{1 + \frac{P(A|T)P(T)}{(1 - P(E|H))P(H)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{999} \frac{P(T)}{P(H)}} \quad (16)$$

ülkedeki hastalık oranı yüzde bir ($P(T)/P(H) = 99$) ise, % 91; binde bir ($P(T)/P(H) = 999$) ise, % 50; on binde bir ($P(T)/P(H) = 9999$) ise, % 9 olmaktadır. Öte yandan, '-' sonucunun güvenilirliği

$$P(T|E) = \frac{1}{1 + \frac{P(E|H)P(H)}{(1 - P(A|T))P(T)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{999} \frac{P(H)}{P(T)}} \quad (17)$$

yukarıda verilen hastalık oranları için % 100'e çok yakın olmaktadır.

Toplumdaki hastalık oranının güvenilirliği etkilemesinin nedenini gösterebilmek için, on milyon nüfuslu bir topluluğun tümüne uygulanacak hastalık taramasının



Şekil 2. Yanlış sonuç verme olasılığı 0,001 olan bir aygıtla, on milyon nüfuslu bir topluluğun tümüne uygulanan bir hastalık taramasında, toplumdaki hastalık oranının, (a) 0,01 (b) 0,001 (c) 0,0001 değerleri için, sonuçların güvenilirliğe etkisini gösteren bir örnek.

sonunda beklenen sayısal değerler, Şekil 2'de verilmektedir. Şekil 2b'de görüldüğü gibi, hastalık oranı aygıtın yanlış olma oranıyla aynı olduğunda, hastalık taşıyan kan örneklerine ait doğru inceleme sonuçlarının sayısı da, temiz kan örneklerine ait yanlış inceleme sonuçlarının sayısı ile aynı olmaktadır, dolayısıyla, '+' inceleme raporlarının güvenilirliği % 50 olmaktadır. Hastalık oranı on kat düştüğünde, hastalık taşıyan kan örneklerine ait doğru inceleme sonuçlarının sayısı on kat azalırken, temiz kan örneklerine ait yanlış inceleme sonuçlarının sayısı hemen hiç değişmediğinden, güvenilirlik % 9'a düşmektedir (Şekil 2c).

Tersine, hastalık oranı on kat arttığında, hastalık taşıyan kan örneklerine ait doğru inceleme sonuçlarının sayısı on kat artarken, temiz kan örneklerine ait yanlış inceleme sonuçlarının sayısı hemen hiç değişmediğinden, güvenilirlik % 91'e çıkmaktadır (Şekil 2a).

Örnek-6: Eşit olasılıkla, A_1, A_2, \dots, A_N karakterlerinden rasgele birini üreten, yani, örnek uzayı ve öğelerinin olasılıkları

$$S = \{A_1, A_2, \dots, A_N\}, \quad (18)$$

$$P(A_1) = P(A_2) = \dots = P(A_N) = \frac{1}{N}$$

olan n bağımsız kaynağın çıkışındaki dizinin içinde birbirinin eşi hiçbir karakterin bulunmama olasılığını bulalım.

Birinci bağımsız kaynağın herhangi bir çıktı üretme olasılığı, $N/N=1$ 'dir. İkinci bağımsız kaynağın, birincinin ürettiği karakterden farklı bir karakter üretme olasılığı (ikinci kaynağın çıkışında, birincinin ürettiği karakter dışındaki karakterlerden oluşan olayın gerçekleşme olasılığı), $(N-1)/N$ 'dir. Üçüncü bağımsız kaynağın, hem birincinin hem de ikincinin ürettiği, birbirinden farklı iki karakterin dışında bir karakter üretme olasılığı (üçüncü kaynağın çıkışında, hem birincinin hem de ikincinin ürettiği, birbirinden farklı iki karakter dışındaki karakterlerden oluşan olayın gerçekleşme olasılığı), $(N-2)/N$ 'dir. Genel olarak, n 'yinci ($2 \leq n \leq N$) bağımsız kaynağın, ilk $(n-1)$ kaynağın ürettiği, birbirinden farklı $(n-1)$ karakterin dışında bir karakter üretme olasılığı (n 'yinci kaynağın çıkışında, ilk $(n-1)$ kaynağın ürettiği, birbirinden farklı $(n-1)$ karakter dışındaki karakterlerden oluşan olayın gerçekleşme olasılığı), $(N-n+1)/N$ 'dir.

Bir kaynağın çıkışındaki olayların olasılıkları, [1]'de, Şekil 2'de gösterilen modelde olduğu gibi, bir başka kaynağın çıkışında gerçekleşen olaylara göre değişiyorsa, o kaynak diğerine bağımlıdır. Ancak, bu örnekte olduğu gibi, bir kaynağın çıkışındaki olay başka kaynakların çıkışlarında gerçekleşen olaylara göre seçiliyorsa, o kaynak diğer kaynaklara bağımlı değildir, çünkü bu, yalnızca, kaynakların çıkışındaki olaylar dizisini kısıtlamaktadır. Dolayısıyla, yukarıda bulunan olasılıklar çarpılarak, n bağımsız kaynağın çıkışındaki dizinin içinde birbirinin eşi hiçbir karakterin bulunmama olasılığı bulunur:

$$\frac{N}{N} \cdot \frac{N-1}{N} \cdot \frac{N-2}{N} \dots \frac{N-n+1}{N} = \frac{N!}{N^n(N-n)!} \quad (19)$$

Böylece, bu olayın tümleyeni, n bağımsız kaynağın çıkışındaki dizinin içinde birbirinin eşi en az iki karakterin bulunma olasılığı da elde edilir:

$$1 - \frac{N!}{N^n(N-n)!} \quad (20)$$

Bir toplulukta, doğum günü 29 Şubat olmayanlar arasından rasgele seçilen 23 kişiden en az ikisinin aynı doğum gününe sahip olma olasılığı % 50,7'dir [6] (sf. 73–76). Rasgele seçilen kişiler birbirinden bağımsız kaynak, doğum günleri de kaynakların çıktıkları olarak düşünüldüğünde, bu olasılık değerinin, (20) bağıntısıyla, $n = 23$, $N = 365$ alınarak bulunabileceği açıktır:

$$1 - \frac{365!}{365^{23} \times 342!} = 0,507297 \quad (21)$$

Yüzde elliden büyük bir olasılık için 23 kişinin yeterli olması, ilk duyduklarında insanları çok şaşırttı için, bu gerçek, çoğunlukla, “doğum günü paradoksu” olarak anılmaktadır [7]. Çok yıllar önce, iş yerinde bir arkadaşımın, bu gerçeğe inanamayıp, elinde kalem kağıt aramızda dolaşarak, kaçınıcı kişide çakışan bir doğum günüyle karşılaşacağını bulmaya çalışmasını hiç unutamam. Ne yazık ki, çoğu insan, gerçekleşme olasılığı $p = 1/n$ olan bir olayın, n gözlem içinde gerçekleşeceğini sanır. Oysa ki, $k \geq n > 1$ için, o olayın k 'yinci gözlemden hâlâ gerçekleşmemiş olma olasılığı, $(1-p)^k = (1-1/n)^k$ 'dir. Dolayısıyla, k kez rasgele 23 kişi seçtiğimizde, 23 kişilik kümelerin hiçbirinde doğum günü çakışmasının gerçekleşmemiş olma olasılığı, $(1-0,507297)^k \approx 1/2^k$ 'dir. Yani, her yeni gözlem, çakışmayı gözleyememe olasılığını yarıya düşürmekte, ancak, kaç gözlem yapılırsa yapılsın, gözleyememe olasılığı sıfıra düşmemektedir. Dolayısıyla, doğum günü paradoksunu elde kalem kağıt sınamak yerine, benzetim programını yazıp 23 kişi için olasılığı kestirmek çok daha kolaydır [1] (§8). Sınamak için bir başka yöntem de, Laplace ile Bernoulli'nin sezgisel yaklaşımını kullanarak [1] (§1), **saymadan saymaktır** [6] (sf. 53–60):

A_1, A_2, \dots, A_N karakterleri kullanılarak $n \leq N$ değişik karakterle oluşturulabilen, n boyundaki olası dizilerin sayısı $N!/(N-n)!$ 'dir. (Sıralamanın önemli olduğu durumlarda kullanılan, N öğenin n 'li permütasyonlarının sayısı.) Örneğin, $N = 3$, $n = 2$ için $3!/(3-2)! = 6$ olası dizi vardır: A_1A_2 , A_1A_3 , A_2A_1 , A_2A_3 , A_3A_1 , A_3A_2 . Öte yandan, A_1, A_2, \dots, A_N karakterleri kullanılarak oluşturulabilen n boyundaki olası dizilerin sayısı, N^n 'dir. Örneğin, $N = 3$, $n = 2$ için $3^2 = 9$ olası dizi vardır: A_1A_1 , A_1A_2 , A_1A_3 , A_2A_1 , A_2A_2 , A_2A_3 , A_3A_1 , A_3A_2 , A_3A_3 . Bir başka deyişle, eşit olasılıklı N^n olası diziden tam $N!/(N-n)!$ tanesinin içinde, birbirinin eşi iki karakter yoktur. Dolayısıyla, $(N!/(N-n)!)/N^n$ oranı, boyu n olan dizide birbirinin eşi iki karakter olmama olasılığını, yani, (19) bağıntısını verir.

(Knuth'a göre [7], doğum günü paradoksunu bilim dünyasına tanıtan, bilinen en eski yaygın, 1933 Üniversite Reformu'ndan sonra yapılan çağrı üzerine Berlin

Üniversitesi'nden İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi'nin Matematik Bölümü'ne gelip altı yıl çalışan Richard von Mises'in [8]–[9], İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası'nda yayımlanan yazısı olmuştur [10].)

Örnek-7: Amerikan televizyon kanallarından birinde yayımlanan, Monty Hall adlı bir sunucunun yönettiği araba ödüllü bir şans oyunuyla ilgili bir olasılık sorusunu doğru yanıtlayan Vos Savant adlı köşe yazarı bir gazeteciyle, yanıtın yanlış olduğunu ileri süren, aralarında matematik profesörlerinin de bulunduğu kişiler arasında, uzun yıllar süren bir tartışma oldu [6] (sf. 1–6). İki tarafın birbirini, birçok çözüm yolu üreterek inandırmaya çalıştığı bu probleme, sürüp giden tartışmalar nedeniyle, **Monty Hall Paradoksu** denildi [11].

Tartışma konusunu açıklamadan önce, koşulları değişime açık olan söz konusu oyunun, varılacak sonucu geçerli kılacak, değişmez koşullu bir tanımını vermek gerekir.

Oyun: Sahnede üç kapalı kapı, bu kapılardan birinin arkasında bir araba, diğer ikisinde birer keçi bulunmaktadır. Araba, yarış başlamadan önce, eşit ($1/3$) olasılıkla, üç kapıdan rasgele birinin arkasına konulmuştur. Yarışmacı, arkasında arabanın olduğuna inandığı bir kapıyı seçer. Arabanın hangi kapının arkasında olduğunu bilen sunucu, yarışmacının seçtiği kapıyı açmadan önce, diğer iki kapıdan, arkasında keçi olan bir kapıyı açıp, yarışmacıya, ilk seçtiği kapı yerine, diğer kapalı kapıyı seçebileceğini söyler. Sonunda, yarışmacının karar verdiği kapı açılır. Kapının arkasında araba varsa, yarışmacıya armağan edilir.

Tartışma Yaratan Soru: Yarışmacı ilk seçtiği kapıda mı direnmeli, yoksa, sunucunun önerdiği kapıyı mı açmalı?

Yanlış Yanıt: Sunucu, arkasında araba olmayan bir kapıyı geçersiz kıldığı için, araba artık, eşit ($1/2$) olasılıkla, açılmamış iki kapıdan birinin arkasındadır. Dolayısıyla, yarışmacının, düşüncesini değiştirmesi bir yarar sağlamaz.

Doğru Yanıt: Arabanın, yarışmacının ilk seçtiği kapının arkasında olma olasılığı $1/3$, diğer iki kapıdan birinin arkasında olma olasılığı $2/3$ 'tür. Yarışmacı, düşüncesini değiştirip, diğer kapalı kapıyı açtığında, başta seçtiği kapının dışındaki iki kapı birden açılmış olacağı için, kazanma şansı $1/3$ 'ten $2/3$ 'e yükselecektir. Bir başka deyişle, yarışmacı, aslında, iki kapıyı gözüne kestirse, ancak, diğer üçüncü kapıyı seçmiş gibi davransa, seçtiği iki kapıdan birini sunucu açtıktan sonra, düşüncesini değiştirdiğini söyleyip, diğerini de kendi açsa, baştan gözüne kestirdiği iki kapı birden açılmış olacağı için, kazanma şansı $2/3$ olacaktır.

Yanlış Yanıt Verenlerin Yanılma Nedeni: Araba rasgele bir kapının arkasına konulmuştur. Ancak, **arabanın hangi kapının arkasında olduğunu bilen sunucu, olayın**

rasgeleliğini, dolayısıyla, örnek uzayının yapısını bozmaktadır.

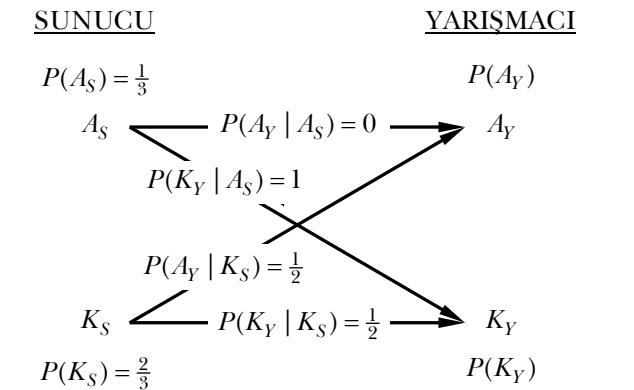
Kapı Değiştirmenin Yararsız Olduğu Durumlar: Eğer sunucu da arabanın hangi kapının arkasında olduğunu bilmeseydi, iki kapıdan rasgele birini açacak, $1/3$ olasılıkla arabayı bulacak ve yarışmacıya, “Araba bu kutunun arkasındaymış; kazanamadınız!” diyecek, yarışmacının kazanma şansı 0'a düşecek, ya da, $2/3$ olasılıkla keçiyi bulacak ve yarışmacıya, “Seçtiğiniz kapıyı değiştirmek istiyor musunuz?” diye soracak, yarışmacının kazanma şansı $1/2$ 'ye çıkacaktı. Bu ikinci durumda, rasgelelik etkilenmediği için, araba eşit ($1/2$) olasılıkla, açılmamış iki kapıdan birinin arkasında olacak; kapıyı değiştirmek, yarışmacının kazanma şansını etkilemeyecekti. Dolayısıyla, sunucu arabanın hangi kapının arkasında olduğunu bilmeseydi, sunucunun kapı açıp açmaması, yarışmacının kapı değiştirip değiştirmemesi rasgeleliği bozmadığı için, yarışmacının **yarışma başlamadan önceki** kazanma şansını ($1/3$) değiştirmeyecekti. Sunucu, $1/3$ olasılıkla araba (A_S), $2/3$ olasılıkla keçi (K_S) üreten bağımsız bir kaynakla; yarışmacı, sunucu arabayı bulduğunda, 0 olasılıkla araba (A_Y), 1 olasılıkla keçi (K_Y), sunucu keçiyi bulduğunda, $1/2$ olasılıkla araba, $1/2$ olasılıkla keçi üreten bağımlı bir kaynakla modellendiğinde de (Şekil 3), [1]'deki (42) bağıntısı kullanılarak aynı sonuca varılmaktadır:

$$P(A_Y) = P(A_Y | A_S)P(A_S) + P(A_Y | K_S)P(K_S) \quad (22)$$

$$= (0)\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{1}{3}$$

$$P(K_Y) = P(K_Y | A_S)P(A_S) + P(K_Y | K_S)P(K_S) \quad (23)$$

$$= (1)\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{2}{3}$$



Şekil 3. Arabanın hangi kapının arkasında bulunduğunu bilmeden bir kapı açan sunucu için, Monty Hall probleminin olasılık modeli.

Öte yandan, sunucu, arabanın hangi kapının arkasında olduğunu bilip, arkasında keçi olan bir kapıyı açtığında, yarışmacı kapı değiştirmeye yazı tura atarak karar verseydi,

araba olan iki kapıdan birini rasgele seçtiği için, arabayı kazanma şansı $1/2$ olacaktır [6].

Örnek-8: “Doğru eşi bulabilmek için kaç kişiyle tanışmak yeterli olur?” sorusu, şu olasılık modeli kullanılarak yanıtlanabilir:

1°) Evlenme çağına gelmiş her erkek ya da kız, karşı cinsten rasgele tanıştığı her n kişinin m tanesinden, evlenmek isteyecek kadar - yani, karşılaştığı kişiden $p = m/n$ olasılıkla - hoşlanıyor olsun.

2°) Tanışılan birisinden, evlenmek isteyecek kadar çok hoşlanıp hoşlanmamak, karşıdaki kişinin duygularından bağımsız olsun. Yani, iki kişinin birbirinden, evlenmek isteyecek kadar çok hoşlanmasının olasılığı $p^2 = m^2/n^2$ olsun.

3°) **Doğru eşi bulmak için gerek ve yeter koşul**, eşlerin birbirinden, evlenmek isteyecek kadar çok hoşlanması olsun.

4°) Herhangi bir tanışmanın doğru eş olma olasılığı, önceki ve sonraki tanışmalara bağlı olmasın.

5°) Bir tek erkek, birden çok kızla tanışıyor olsun.

Karşılaşılan kişiden, evlenecek kadar çok hoşlanma olasılığını, $p = m/n = 1/2$ seçelim. Bu durumda, çoğunlukla şöyle bir sonuca varılır: Bir erkek bir kızla tanıştığında, o kızın doğru eş olma olasılığı $p^2 = 1/4$ olduğuna göre, bir erkek, $t = 1/p^2 = 4$ kızla tanıştığında doğru eşi bulacaktır. Bu, olasılık olarak, umulan, beklenen, kestirilen değerdir; olacağı söylemez, kestirir. Bir başka deyişle, bu erkek doğru eşi bulsa da bulmasa da, araştırmasını sürdürüp birçok kereler art arda 4 kızla tanışsa, kimi kez doğru eşi bulamayacak, kimi kez 1, 2, 3, hatta 4 doğru eş bulacak, ancak, bulunduğu doğru eş sayılarının ortalaması (beklenen değeri) 1 olacaktır. Bu erkeğin art arda tanıştığı dört kız, $1/4$ olasılıkla doğru eş üreten 4 bağımsız kaynağın bileşkesi olarak düşünüldüğünde, bu kaynağın örnek uzayındaki öğelerden, içinde k doğru eş (D), $(4-k)$ yanlış eş (Y) olan dörtlüler, bu dörtlülerin sayısı ve olasılıkları,

$$k = 0: \{YYYY\} \rightarrow \binom{4}{0} = 1 \quad \left(\frac{1}{4}\right)^0 \left(\frac{3}{4}\right)^4 = \frac{81}{256}$$

$$k = 1: \left\{ \begin{array}{l} DYYY, \\ YDYY, \\ YYDY, \\ YYYY \end{array} \right\} \rightarrow \binom{4}{1} = 4 \quad \left(\frac{1}{4}\right)^1 \left(\frac{3}{4}\right)^3 = \frac{27}{256}$$

$$k = 2: \left\{ \begin{array}{l} DDYY, \\ DYDY, \\ DYYD, \\ YDDY, \\ YDYD, \\ YYDD \end{array} \right\} \rightarrow \binom{4}{2} = 6 \quad \left(\frac{1}{4}\right)^2 \left(\frac{3}{4}\right)^2 = \frac{9}{256}$$

$$k = 3: \left\{ \begin{array}{l} DDDY, \\ DDYD, \\ DYDD, \\ YDDD \end{array} \right\} \rightarrow \binom{4}{3} = 4 \quad \left(\frac{1}{4}\right)^3 \left(\frac{3}{4}\right)^1 = \frac{3}{256} \quad (24)$$

$$k = 4: \{DDDD\} \rightarrow \binom{4}{4} = 1 \quad \left(\frac{1}{4}\right)^4 \left(\frac{3}{4}\right)^0 = \frac{1}{256}$$

olur. Buradan, ilk dört tanışmada, $k = 0 \dots 4$ doğru eş bulma olasılığı

$$P(0) = 1 \cdot \left(\frac{81}{256}\right) = \frac{81}{256} = \%32$$

$$P(1) = 4 \cdot \left(\frac{27}{256}\right) = \frac{108}{256} = \%42$$

$$P(2) = 6 \cdot \left(\frac{9}{256}\right) = \frac{54}{256} = \%21$$

$$P(3) = 4 \cdot \left(\frac{3}{256}\right) = \frac{12}{256} = \%5$$

$$P(4) = 1 \cdot \left(\frac{1}{256}\right) = \frac{1}{256} = \%0,4 \quad (25)$$

ve bu olasılıklardan da, doğru eş bulma sayısının beklenen değeri

$$0 \cdot \left(\frac{81}{256}\right) + 1 \cdot \left(\frac{108}{256}\right) + 2 \cdot \left(\frac{54}{256}\right) + 3 \cdot \left(\frac{12}{256}\right) + 4 \cdot \left(\frac{1}{256}\right) = 1 \quad (26)$$

bulunur. Görüldüğü gibi, ilk 4 tanışmada karşılaşılmaması beklenen doğru eş sayısının 1 olmasına karşın, doğru eş bulamama olasılığı $(81/256 = \%32)$ çok yüksektir. Bu olasılığın $\%1$ 'e düşmesi için gereken tanışma sayısı 16'dır: $(3/4)^{16} = 0,010 = \%1$. Dolayısıyla, $p < 1$ ise, **sonlu sayıda tanışma, doğru eşi bulmak için yeterli olmayabilir!**

(Yukarıda olduğu gibi, örnek uzayındaki öğeler, $\{s_1, s_2, \dots, s_N\}$, sayısal değerlerden oluştuğunda, bu sayısal değerlerin **beklenen değeri** $E\{s\}$, örnek uzayının üzerinde tanımlanan olasılık dağılım fonksiyonu, [1]'deki (3) bağımsız kullanılarak şöyle hesaplanır:

$$E\{s\} = \sum_{i=1}^N s_i P(s_i) \quad (27)$$

Örnek uzayı, gerçel sayı doğrusu üzerindeki bir $[a, b]$ aralığı olduğunda, beklenen değer,

$$E\{s\} = \int_a^b s P(s) ds \quad (28)$$

olur.)

Yukarıda sözünü ettiğimiz erkek, 16'ncı kızla tanışıyor olsun. Tanıştığı bu kızın doğru eş olma olasılığının, bundan önce tanıştığı 15 kızdan kaçının doğru eş olduğuna bağlı olmaksızın $1/4 = 0,25 = \%25$ olduğu açıktır. Ne var ki, insanlar, çoğu zaman, ilk 15 kızdan hiçbirinin doğru eş olmadığı bilindiğinde, 16'ncı kızın doğru eş olma olasılığının, daha yüksek bir değere sahip olacağını düşünür. Bu düşüncedeki yanlış, gerçekleştiği bilinen bir olayın gerçekleşme olasılığının 1 olduğu gerçeğinin (Örnek-2) göz ardı edilmesidir: Doğru eş olmadığını bildiğimiz ilk 15 tanışmanın her biri, ayrı ayrı, 1 olasılıkla, doğru eş olamaz. Dolayısıyla, ilk 16 tanışmanın hiçbirinin doğru eş olmama olasılığı $(1)^{15} (3/4)^1 = 3/4$, 16'ncı kızın doğru eş olmama olasılığıyla aynı olur. Bir başka deyişle, gerçekleşmiş olayın olasılığı etkisiz öğe 1 olduğu için, ilk 15 tanışmanın sonuçları 16'ncı tanışmanın sonucunu etkilemez.

Tablo 1'de verilen, tanışma sayısı t 'nin ve tanıştığı kişiden evlenmek isteyecek kadar hoşlanma olasılığı $p = 1/n$ 'nin $n = 2, 8, 32, 128$ değerleri için doğru eşi bulamama olasılıkları incelendiğinde, görülen gerçekleşmeyecek kadar büyük tanışma sayıları, insanın aklına, ister istemez, şu olası sonuçları getirmektedir:

Tablo 1. Evlenecek Kadar Hoşlanma Olasılığı $p = 1/n$ İçin t Tanışmada Doğru Eşi Bulamama Olasılığı $(1 - p^2)^t$

t/n^2	$p = 1/2$		$p = 1/8$		$p = 1/32$		$p = 1/128$	
	t	[%]	t	[%]	t	[%]	t	[%]
$1/4$	1	75	16	78	256	78	4096	78
$1/8$	2	56	32	60	512	61	8192	61
$1/16$	4	32	64	36	1024	37	16384	37
$1/32$	8	10	128	13	2048	14	32768	14
$1/64$	16	1	256	2	4096	2	65536	2
$1/128$	24	0,1	384	0,2	6144	0,2	98304	0,2
$1/256$	32	0,01	512	0,03	8192	0,03	131072	0,03

1°) Doğru eşi bulabilmek için iyimser ($p \geq 1/8$) olmak gerekir. Nitekim, tipini, giyimini, boyunu bosunu, yaşını beğenmediğimiz kimselerle tanışmak istemeyiz. Dolayısıyla, p olasılığı, düşündüğümüzden daha büyük bir değere sahiptir.

2°) Karşılıklı beğeniyi birbirinden bağımsız iki olay olarak görmek yanlış olur: Karşımızdaki kişinin bizden hoşlanıyor olması, bizim de ondan hoşlanmamızın olasılığını artırır.

3°) Daha önceki tanışmalarda doğru eşi bulamamak, bizi daha iyimser yapar.

4°) Ne kadar çok kişiyle tanışırsak tanışalım, doğru eşi bulamayabiliriz.

5°) Bulduğumuz eş doğru eş olmasa da, doğru eşi bulduğumuzu sanırız.

Örnek-9: Belirli sayıda erkekle belirli sayıda kızın tanışarak eşleşmesindeki olasılıkların kuramsal olarak hesaplanabilmesi, birden çok doğru eş bulan kişilerin **boştaki bir doğru eşi seçmek zorunda olmalarının** yarattığı etkileşimleri hesaba katan bir model gerektirir. Dolayısıyla, önceki örnekte kararlaştırılan eşleme modeli, olasılıkların hesaplanmasında güçlük yaratabilir. Bu güçlük, kolay bir model seçilerek aşılabılırsa de, aşağıda verildiği gibi, bir benzetim programıyla, gerçekçi bir eşleme yöntemine göre, yaklaşık sonuçlar elde etmek, daha güvenilir bir yaklaşım olur.

Erkeklerin beğenme olasılığı p_E , kızların beğenme olasılığı p_K ; erkeklerin sayısı t_E , kızların sayısı t_K olsun. Olası $t_E t_K$ çiftin her biri için, $[0,1]$ aralığında bir rasgele sayı üretilsin. Rasgele sayısı $p_E p_K$ 'den küçük olan eşler, birbirini beğenen çiftler dizelgesine (listesine) konulsun ve çiftler arasındaki olası çakışmalar aşağıdaki eşleme yöntemiyle giderilsin.

Eşleme Yöntemi: Bir toplantıda, t_E sayıda erkek ile t_K sayıda kız tanışır. Toplantının sonunda, her erkek evlenecek kadar hoşlandığı kızların, her kız da evlenecek kadar hoşlandığı erkeklerin dizelgesini yapar. Bu dizelgeler karşılaştırılarak, birbirini beğenen çiftler dizelgesi yapılır, sonra da, çiftler arasındaki olası çakışmalar şu yolla yok edilir:

1°) Dizelgedeki erkekler arasında, beğendiği bir tek kız olan bir erkek varsa, beğendiği kızla birlikte yeni dizelgeye yazılır. Hem erkek hem eşi, beğendiği erkeklerle birlikte dizelgeden silinir. Yeni dizelgeye yazılan çift olsa da olmasa da ikinci adıma gidilir.

2°) Dizelgedeki kızlar arasında, beğendiği bir tek erkek olan bir kız varsa, beğendiği erkekle birlikte yeni dizelgeye yazılır. Hem kız hem eşi, beğendiği kızlarla birlikte dizelgeden silinir. Birinci adımda veya bu ikinci adımda, yeni dizelgeye yazılan bir çift varsa, birinci adıma gidilir; yoksa, üçüncü adıma gidilir.

3°) Dizelgedeki ilk çift yeni dizelgeye yazılır. Hem erkek, beğendiği kızlarla birlikte, hem kız, beğendiği erkeklerle birlikte dizelgeden silinir ve birinci adıma gidilir.

Örneğin, 9 erkeğin 9 kızla tanışması sonunda elde edilen aşağıdaki karşılıklı beğeni dizelgesindeki çakışmalar, bu yöntemle, şöyle giderilir:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 6 \ 6 \ 8 \ 8 \ 8 \ 9 \ 9 \ 9 \\ 1 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 2 \ 4 \ 7 \ 8 \ 5 \ 6 \ 8 \ 1 \ 2 \ 5 \end{array} \right\} \xrightarrow{(1^\circ)} \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\ 2\ 2\ 3\ 3\ 4\ 5\ 6\ 6\ 6\ 8\ 8\ 8\ 8\ 9\ 9 \\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 2\ 4\ 7\ 8\ 5\ 6\ 8\ 2\ 5 \end{array} \right\} \xrightarrow{(2^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4 \\ 1\ 9 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\ 2\ 2\ 3\ 3\ 5\ 6\ 6\ 6\ 8\ 8\ 8\ 9\ 9 \\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 2\ 4\ 7\ 8\ 5\ 6\ 8\ 2\ 5 \end{array} \right\} \xrightarrow{(1^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5 \\ 1\ 9\ 2 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\ 2\ 2\ 3\ 3\ 6\ 6\ 6\ 8\ 8\ 8\ 9 \\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 4\ 7\ 8\ 5\ 6\ 8\ 5 \end{array} \right\} \xrightarrow{(1^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5\ 9 \\ 1\ 9\ 2\ 5 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\ 2\ 3\ 3\ 6\ 6\ 6\ 8\ 8 \\ 4\ 6\ 7\ 8\ 4\ 7\ 8\ 6\ 8 \end{array} \right\} \xrightarrow{(3^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5\ 9\ 2 \\ 1\ 9\ 2\ 5\ 4 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3\ 3\ 6\ 6\ 8\ 8 \\ 7\ 8\ 7\ 8\ 6\ 8 \end{array} \right\} \xrightarrow{(2^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5\ 9\ 2\ 8 \\ 1\ 9\ 2\ 5\ 4\ 6 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3\ 3\ 6\ 6 \\ 7\ 8\ 7\ 8 \end{array} \right\} \xrightarrow{(3^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5\ 9\ 2\ 8\ 3 \\ 1\ 9\ 2\ 5\ 4\ 6\ 7 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 6 \\ 8 \end{array} \right\} \xrightarrow{(1^o)} \left\{ \begin{array}{l} 1\ 4\ 5\ 9\ 2\ 8\ 3\ 6 \\ 1\ 9\ 2\ 5\ 4\ 6\ 7\ 8 \end{array} \right\}$$

Görüldüğü gibi, yukarıdaki yöntemle göre, 9 erkeğin 9 kızla tanıştığı bu toplantıda, 7 numaralı erkekle 3 numaralı kız dışında herkes doğru eş bulabilmekte, yani, karşılıklı beğenme sayısı 8 olmaktadır.

Böylece, N rasgele tanışma toplantısının her biri için, birbiriyle çakışmayan karşılıklı beğenmelerin sayısı b_i , ($i = 1, 2, \dots, N$) bulunarak, erkeğin doğru eş bulma olasılığı $P(E)$ ve kızın doğru eş bulma olasılığı $P(K)$ kestirilir:

$$P(E) = \frac{\sum_{i=1}^N b_i}{t_E N}, \quad (29)$$

$$P(K) = \frac{\sum_{i=1}^N b_i}{t_K N}$$

Yukarıdaki işlemleri yapan bir benzetim programı kullanılarak, beğenme olasılığı $p_E = 1/n$ olan $t_E = n^2$ erkeğin, beğenme olasılığı $p_K = 1/n$ olan $t_K = n^2$ kızla tanıştığı, değişik kişilerin katıldığı $N = 1000$ tanışma toplantısı için doğru eş bulma olasılıkları $P(E) = P(K)$, $n = 2, 4, 8$ için sırasıyla, % 60, % 55, % 54 olarak kestirildi. Bu olasılıklar, bir tek erkeğin n^2 kızla tanışmasında hesaplanan %68, %64, %63, doğru eş bulma olasılıklarıyla (Tablo 1, $t/n^2 = 1$) karşılaştırıldığında, şu şaşırtıcı sonuca varıldı: Beğenme olasılığı $p = 1/n$ olan $t = n^2$ erkek $t = n^2$ kızla tanıştığında, erkeğin ya da kızın $(t-1)$ rakibi, doğru eş bulma olasılığını çok az etkilemektedir.

Doğru eş bulma, öğrencileri okula yerleştirmede de kullanılabilen **Bozulmayan Evlilik Problemini** (*Stable Marriage Problem*) çağrıştırmaktadır [12]-[14]. Ancak, kendilerine önerilen n eş beğenilerine göre sıralayan n erkek ile n kızın **tümünü**, birbirini eşinden daha çok

beğenmesi olası bir çift kalmayacak bir biçimde eşleştirmeyi tartışan bozulmayan evlilik probleminin, “doğru eş bulma”dan farklı bir amacı olduğu açıktır.

3 SONUÇ

Bu yazıda, olasılık kuramının uygulamalarında sıkça düşünülen yanlışlar ve tartışmalı konular ele alınarak, önceki yazıda verilen kavramların pekiştirilmesine çalışılmıştır.

Bu yazı dizisinin, rasgele değişkenler, olasılıksal süreçler, bellekli kaynaklar, entropi gibi konuların işlendiği bölümlerle sürdürülmesi planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu yazının doğru ve kolay anlaşılabilir olması için titizlik gösteren ve birçok mantıksal yanlışımın farkına varan Sayın Dr. Levent Balamir Tavacıoğlu'na, düşüncelerimi kendi dilimde açıklama olanağını veren dergimizin kurucusu Sayın Dr. Aziz Ulvi Çalışkan'a, destekleyen Sayın Mehmet Önder Yetiş, Sayın Tefvik Alparslan Babaoğlu ve Sayın Mehmet Aydın Kubilay'a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- [1] C. N. Geçkinli, “Olasılık kuramına bir giriş – I: temel kavramlar”, *BİLGEM Dergisi*, sa. 6, sf. 131–141, May.-Ağu. 2011.
- [2] A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*. New York: McGraw-Hill, 1965.
- [3] R. P. Feynman, *Her Şeyin Anlamı*. İstanbul: Evrim, 1999, sf. 80–81.
- [4] E. Weise, “Mom’s babies born on 8-8-08, 9-9-09, 10-10-10,” *USA Today*: http://www.usatoday.com/yourlife/parenting-family/babies/2010-10-14-Birthday14-ST_14_N.htm .
- [5] C. N. Geçkinli, “Rasgelelik (rastlantısallık) kavramına genel bir bakış”, *UEKAE Dergisi*, sa. 1, sf. 97–103, Eyl.-Ara. 2009.
- [6] A. Nesin, *Matematik ve Oyun*. İstanbul: Nesin Yayıncılık, 2007.
- [7] D. E. Knuth, *The Art of Computer Programming - Vol. 3: Sorting and Searching*, 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 1998, p. 513.
- [8] <http://www.istanbul.edu.tr/fen/mat/tarihce.php> .
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Richard_von_Mises .
- [10] R. von Mises, “Über Aufteilungs- und Besetzungswahrscheinlichkeiten,” *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Yeni Seri*, c. 4, sf. 145–163, Nis./Tem. 1939.
- [11] www.answers.com/topic/monty-hall-problem .
- [12] D. E. Knuth, *Stable Marriage and Its Relation to Other Combinatorial Problems: An Introduction to the Mathematical Analysis of Algorithms*. Providence, RI: American Mathematical Society, 1997.
- [13] <http://mathworld.wolfram.com/StableMarriageProblem.html> .
- [14] A. Nesin, *Matematik ve Korku*, 3. basım. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2001.

Fotoğraf Yarışması

Duygunun, ışığın, rengin ahenk içinde kadrāja yansımasıdır fotoğraf. Saniyelerin hareketliliği de işlenebilir fotoğrafçının tuvaline, yılların durağanlığı da. Bir karenin seviciliyle neşelenir, diğerinin hüznünde boğulursunuz.

Fotoğrafseverler olarak BİLGEM'de bir ilki gerçekleştirdik. Düzenlediğimiz fotoğraf yarışmasında o kadar çarpıcı kareler vardı ki; uzun ve zorlu bir değerlendirme sürecinin ardından sonuca varabildik.

Katlan, ilgi gösteren tüm mesai arkadaşlarımıza; jüri üyelerimiz Sn. Bülent Örencik'e, Sn. Alparslan Babaoğlu'na, Sn. Zeynep Sakıncı'ya ve Sn. Mustafa Ümit Çeşmeci'ye teşekkür ederiz.

Siz değerli okuyucularımıza serbest, insan ve doğa kategorilerinde ilk üçe giren fotoğraflarla baş başa bırakır, iyi seyirler dileriz.

Asım Altunbaş

eylül 2011



Taner Kurtuluş
Serbest | 01



Selim Saraç | 02
Serbest



Yiğit Ağabeyli | 03
Serbest



Ali Can Atıcı | 01
İnsan



Serkan Yıldırım | 02
İnsan



Umut Tekin | 03
İnsan



Alev Aydın | 01
Doğa



Giray Kömürcü | 02
Doĝa



Murat Obalı | 03
Doĝa

soru19

UEKAE Dergisi'ndeki (Sayı: 1, Eylül-Aralık 2009, sf. 97-103) "Rasgelelik (Rastlantısallık) Kavramına Genel Bir Bakış" başlıklı yazıda (sf. 102), şu şekilde bir ifade bulunmaktadır:

"... Eşit olasılıklı 0/1 dizileri için rasgelelik koşulları ...

...

3) Dizi ve dizinin bir kopyası alt alta getirildiğinde, kopyalanan dizi asıl diziye göre – sağa ya da sola doğru – kaç eleman kaydırılırsa kaydırılsın, karşılıklı gelen elemanlardan yaklaşık yarısı aynı olmalıdır ...

1101000110101110011

Sağa doğru en fazla 10 eleman kaydırarak (sağa 1, sağa 2, sağa 3, ..., sağa 10 eleman),

1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0

dizisi için, şu soruları cevaplayınız:

- Hangi öteleme değerinde, sözü edilen elemanların tam yarısı (%50' si) aynıdır?
- %30' dan az, ya da %70' den fazla aynılık (çakışma) oranları, hangi öteleme değerlerinde elde edilmektedir?

soru20

Ş	K	T	Ç	R	T	G	Ş	A	Y	U	S	E
C	I	A	A	Z	/	U	T	S	L	N	D	B
Ç	B	Ğ	Ş	K	M	Z	C	P	i	Ğ	K	M
O	R	U	İ	U	O	K	E	V	/	V	U	Ö
I	B	L	R	A	D	T	T	N	Ğ	Ş	A	M
İ	İ	O	L	S	N	R	V	K	A	T	E	S
S	Ç	R	L	A	A	K	O	K	E	Z	K	L
Ş	Ö	L	İ	U	A	N	A	K	İ	Ü	A	B
N	I	Z	U	M	Y	S	İ	R	B	D	A	V
L	A	R	U	A	Z	R	İ	A	A	R	S	J
G	G	V	N	L	D	İ	R	T	R	Ç	Ş	
Ö	A	U	V	A	O	A	/	A	Ç	U	M	
N	N	Ç	Ğ	B	K	B	N	K	P	M	Ç	N

Yandaki kare matriste, aşağıda yer alan il isimleri (bazıları 1 den fazla kere olmak üzere), yalnızca çaprazlar boyunca yazılmıştır (örnek: NİĞDE, MUĞLA, BARTIN, RİZE isimleri).

ADANA - AĞRI - ANKARA - ARTVİN - BARTIN - BOLU - BURSA - ÇORUM - GAZİANTEP - İZMİR - KARABÜK - KARS - KİLİS - KONYA - MANİSA - MUĞLA - MUŞ - NİĞDE - ORDU - RİZE - SİVAS - ŞİRİNAK - TEKİRDAĞ - TOKAT - UŞAK - VAN

Bu matriste, verilen hiçbir il ismi üzerinde yer almayan harflerin soldan sağa ve yukarıdan aşağıya birleştirilmesi ile oluşan gizli yazı, bulunması gereken açık yazının, Sezar şifresi ile şifrelenmiş halidir.

soru21

Yanda örneği verilen şifreleme sistemi, her bir ayrıık açık yazı kelimesi için gizli yazı alfabesi olarak sadece şu 8 noktalama işaretini (ve boşluk karakterini) kullanmaktadır:

. % + , ! \$? *

Yanda verilen gizli yazıya karşı düşen açık yazı nedir?

AÇIK YAZI	GİZLİ YAZI
ELEKTRONİK BELGE İMZALAMA	%. ?+ +% *! *% \$. **+ +\$, +!, *! +\$. +% ,. !!\$, %. +!, !. *. ++ ?+ !! \$% ...
?	\$.! ?? \$. \$% *! +!, ,. +!, ?*,! +!, \$, \$. %. \$!, +!,

soru22

Kriptolojik Kalori Cetveli

*** MENÜ ***	
ÇORBA	164
PİLAV	427
BALIK	285
SALATA	365
MEYVE	?

soru23

Çok büyük sayılar, asimetrik şifreleme sistemlerinde, güncel simetrik şifreleme sistemlerinin (AES vb) anahtarlarının kaç saniyede çözülebileceği gibi uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Ancak, anılan bu sayılardan çok daha büyükleri matematikte yer almaktadır. Örneğin, 1933'te S. Skewes

tarafından kullanılan $10^{10^{34}}$ sayısı gibi. Bu tür sayıları yazabilmek için aşağıdakine benzer yazım kuralları geliştirilmiştir (D. Knuth, 1976):

$m \uparrow n = m \cdot m \cdot m \cdot \dots \cdot m$ (eşitliğin sağında n adet m)

$m \uparrow \uparrow n = m \uparrow m \uparrow m \uparrow \dots \uparrow m$ (eşitliğin sağında n adet m)

$m \uparrow \uparrow \uparrow n = m \uparrow \uparrow m \uparrow \uparrow m \uparrow \uparrow \dots \uparrow \uparrow m$ (eşitliğin sağında n adet m)

(Eşitliğin sağındaki sayılar, sağ uçtan başlanarak hesaplanmaktadır.)

Bu yazım kuralına göre yazılmış aşağıdaki sayıları hesaplayınız:

(i) $2 \uparrow 3$

(ii) $2 \uparrow \uparrow 3$

(iii) $2 \uparrow \uparrow \uparrow 3$

soru24

2, 2, 3, 5, 7, 11, 17, 23, 37, 59, 97, 149, ?

Şifresayar bölümündeki 6 sorudan en az 3 tanesini doğru cevaplayıp, çözümlerini iletişim bilgileriyle birlikte odullusoru@uekae.tubitak.gov.tr e-posta adresine, "BİLGEM Dergisi: Şifresayar" konu bilgisi ile 31 Aralık 2011 tarihine kadar gönderenler arasından kura ile belirlenecek 5 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları arasından seçilen kitaplar hediye edilecektir. Soruların cevapları derginin bir sonraki sayısında yayınlanacaktır. Ödüllü diğer sorulara www.bilgem.tubitak.gov.tr adresindeki "Ödüllü Kriptoloji Soruları" bölümünden ulaşabilirsiniz.

cevap 13

Verilen gizli yazıya karşı düşen açık yazı,

MELAHATBİZİDİNLİYORGALİBA

dır. Yani, Ayşe ve Bora dinlendiklerini anlamak üzeredirler. Dolayısıyla, sorunun yanıtı "Melahat dinleme/gözlem işlemleri sırasında daha dikkatli olmalıdır" olabilir. Bu sonuca ulaşmak için:

Melahat'in elindeki 1 ve 2 numaralı bilgiler; $28 - 1 = 27$ (artık olmayan yıllarda Şubat ayının günleri sayısı - 1) ayrı anahtar kapasiteli bir şifreleme algoritmasını işaret etmektedir.

Türk alfabesinde 29 harf bulunduğunu, 29' un asal bir sayı olduğunu, bu durumda, 29'dan küçük, 29 ile aralarında asal 28 adet sayı $\{1, 2, 3, \dots, 27, 28\}$ olduğunu düşünen Melahat, üstteki 27 ayrı olası anahtar bilgisini de kullanarak, çarpımsal (multiplicative) bir şifreleme algoritmasından şüphelenir.

Yani: $y = k \cdot x \pmod{29}$,
 $x = \text{açık harf} \in \{0, 1, 2, \dots, 27, 28\}$,
 $y = \text{gizli harf} \in \{0, 1, 2, \dots, 27, 28\}$,
 $k (\text{anahtar}) \in \{2, 3, \dots, 27, 28\}$

olabilir ($k = 1$ durumunda, şifreleme yapılmamakta, gizli yazı açık yazının özdeşi olmaktadır).

Elindeki 3 numaralı bilgiyi değerlendiren Melahat, BİİÖACA gizli yazısının, açık yazıların genelde en başlarında sıkça bulunan "MERHABA" ya karşı düşüğünü tahmin eder. "MERHABA" yı yukarıda belirtilen çarpımsal şifreleme algoritmasında BİİÖACA'ya dönüştüren anahtarı, Melahat modüler aritmetik bilgisiyile $k = 2$ olarak çözer. Harf dönüşüm tablosunu aşağıdaki şekilde bulan Melahat,

BİZAÖACŞYŞĞŞÇZŞÜEİLAZŞCA gizli yazısına karşı düşen açık yazıyı, tablonun yardımıyla,

MELAHATBİZİDİNLİYORGALİBA olarak bulur.

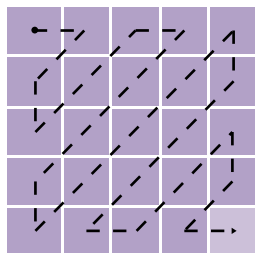
Açık Harf	A	B	C	Ç	D	E	F	G	Ğ	H	I	İ	J	K	L	M	N	O	Ö	P	R	S	Ş	T	U	Ü	V	Y	Z
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$y = 2x \pmod{29}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Gizli Harf	A	C	D	F	Ğ	I	J	L	N	Ö	R	Ş	U	V	Z	B	Ç	E	G	H	İ	K	M	O	P	S	T	Ü	Y

cevap 14

Açık yazıdan gizli yazı oluşturulurken,

- Açık yazı, olası en küçük kare matrise, sütunlar boyunca yazılmış;
- Matriste boş kalabilen hücrelere, gerektiği kadar (altı çizili) ABC... harfleri eklenmiş;
- Matris, aşağıda gösterildiği üzere, ters-köşegen zigzag yönde okunmuştur.

M	K	O	P	F
İ	R	L	T	O
L	İ	U	E	N
L	P	C	L	U
İ	T	E	E	A



Bu yöntemle göre,

İRMZYİŞMAAGZGTKAÜİEİELLRTNEÜMİEPSİHA dizisi 6x6 kare matris ile elde edilmiş olmalıdır. Aynı zigzag okuma kuralı o kare matrise de uygulanır, matris sütunlar boyunca okunursa, İMZAGERYAZILIMGELİŞTİRMEKÜTÜPHANESİ açık yazısına erişilir.

cevap 15

- (i) Üç sayı da asaldır.
- (ii) Yaklaşık $1,275 \cdot 10^{27}$ tam tur.

Sanıda işaret edilen dizinin ilk terimlerini yazalım:

$$p_1 = 2^2 - 1 = 3, \quad p_2 = 2^3 - 1 = 7, \quad p_3 = 2^7 - 1 = 127$$

Bu sayıların üçü de asaldır. Sonraki terim

$p_4 = 2^{127} - 1$ de asaldır (ve bu ilk 4 terim, aynı zamanda Mersenne asaldır). Sonraki terim

$p_5 = 2^{2^{127}-1} - 1 \approx 2^{2^{127}}$, çok büyük bir sayıdır. Bu sayının kaç basamaklı olduğunu kestirmek için 10 tabanına göre logaritmasını kullanalım:

$$\log_{10}(p_5) = \log_{10}(2^{2^{127}}) = 2^{127} \cdot \log_{10} 2 \approx 5,1 \cdot 10^{37}$$

olduğundan, sayı yaklaşık olarak $5,1 \cdot 10^{37}$ basamaklıdır. Dünyanın ekvatordaki çevresini

$2 \cdot \pi \cdot 6378,14 \text{ km} \approx 4 \cdot 10^{10} \text{ mm}$ olarak hesaplırsak, soruda işaret edilen kağıt şeridin dünyanın ekvatordaki çevresini, yaklaşık

$$\frac{5,1 \cdot 10^{37}}{4 \cdot 10^{10}} = 1,275 \cdot 10^{27} \text{ kere sarabileceğini buluruz.}$$

cevap 16

6, 1, 8, 0, 3, 3, 9, 8, 8, 7, 4, 9, 8, 9, 4, 8

Soruda, matematikte altın oran (golden ratio) olarak adlandırılan ve çoğunlukla g sembolü ile gösterilen sabitin virgülden sonraki haneleri sıra ile yazılmıştır. Bu sabitin değeri $(1 + \sqrt{5}) / 2 = 1,6180339887498948\dots$ dir. Bu sabit, matematikte olduğu kadar fizikte de uygulama alanları bulabilmekte, ve "en irrasyonel oran" olarak da betimlenebilmektedir.

Soruda bulunması istenen, altın oran sayısının virgülden sonraki 16. hanesinin değeri 8 dir.

cevap 17

- (i) **K, C, G**
- (ii) **N, E, I**

Alfabemizdeki harflerin, kaçar kere, verilen paragraftaki kelimelerin başında ve sonunda yer aldığını bulursak, yukarıda verilen yanıtlara kolayca erişiriz:

Harf	A	B	C	Ç	D	E	F	G	Ğ	H	I	İ	J	K	L
Başta	5	6	9	4	2	6	3	7	0	0	0	4	0	12	1
Sonda	11	0	0	0	0	14	0	0	0	0	12	7	0	9	1
Harf	M	N	O	Ö	P	R	S	Ş	T	U	Ü	V	Y	Z	
Başta	6	1	3	2	1	0	5	1	3	3	1	3	6	0	
Sonda	3	16	6	0	0	9	0	1	0	2	0	0	1	2	

cevap 18

976620873321

Şekildeki makine, 3 girdisinde yer alan rakamların tümünü kullanarak yazılabilecek en büyük sayı ile en küçük sayı arasındaki farkı bulup çıktı olarak vermektedir. İlk örnekte:

Girdiler: 837, 2038, 49

Rakamlar: 0, 2, 3, 3, 4, 7, 8, 8, 9

En büyük sayı: 988743320

En küçük sayı: 023347889

Fark: 965395431

Sorulan girdi kümesi için,

Girdiler: 5147, 861, 40791

Rakamlar: 0, 1, 1, 1, 4, 4, 5, 6, 7, 7, 8, 9

En büyük sayı: 987765441110

En küçük sayı: 011144567789

Fark: 976620873321

olur.