

EĞİTİM, MİMARİ TASARIM, OPTİMİZASYON VE KONSEPT GELİŞTİRMEDE C4ISR SİMÜLASYON ARACI

M. Fatih HOCAOĞLU^(a), Cüneyd FIRAT^(a), Faruk SARI^(a), Nurşen SARI^(a),
Şeref PAŞALIOĞLU^(a), Savaş ÖZTÜRK^(a), Ramazan CENGİZ^(a),
Erdem S. İLHAN^(a), Ahmet Arif ERGİN^(a), Aşkın Erçetin^(b), Çağatay Ündeğer^(b)

^(a) TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Bilişim Teknolojileri Enstitüsü
{fatih.hocaoglu, cuneyt.firat, faruk.sari, nursen.sari}@bte.mam.gov.tr

^(b) Gnkur. BİLKARDEM Başkanlığı, ANKARA, aercetin@tsk.mil.tr

ÖZ

Bu makalede, TÜBİTAK MAM tarafından geliştirilmekte olan C4ISR mimari modelleme ve simülasyon aracı incelenmiştir. Geliştirme sürecinde C4ISR kavramının algılanışı ve tümleşik bir simülasyon aracının geliştirilmesi için ortaya konan çözüm yaklaşımları ana hatlarıyla ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: C4ISR, Etmenler, Füzyon, Framework, Simülasyon

A C4ISR TOOL FOR EDUCATION, ARCHITECTURAL DESIGN, OPTIMIZATION AND CONCEPT DEVELOPMENT

ABSTRACT

In this paper, a C4ISR modeling and simulation framework being developed by TÜBİTAK Marmara Research Center is examined. Perception on C4ISR concepts in development process and solution procedures put forward to develop an integrated simulation framework are explained briefly.

Keywords: C4ISR, Agents, Fusion, Framework, Simulation

1. GİRİŞ

Son zamanlarda, tümleşik bir askeri yapı olarak C4ISR (*Command, Control, Communication, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance*) bilgi mühendisliği ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak daha fazla önem ve ilgi kazanmaktadır. C4ISR sistemleri fiziksel dünya bileşenleri ve karar yapımı ve katılımcı bileşenler arasındaki mesaj iletişimi gibi bilgi esaslı bakışların her ikisini de birleştirir. Fiziksel dünya ve bilgi dünyası katmanlarının her ikisinin bir araya getirilmesi kullanıcılara savaş oyunlarını, komuta-kontrol analizlerini, taktik kavram geliştirmeyi ve yönetim tecrübesi edinimini içeren ve bunlarla sınırlı kalmayan oldukça kapsamlı ve yetkin bir savunma simülasyonu ortamı hazırlama imkanı verir. Simülasyon literatüründe, bilgi ve fiziksel varlıkların akışlarının birbirlerine zıt yönlerde olduğu bilinir. Askeri alanın tümleşik ve karmaşık olması sebebiyle, personel eğitimine ek olarak, C4ISR kavram geliştirme problemleri karmaşık senaryolar üzerinde tecrübe edinimini zorunlu kılar. Bu tür senaryoların sanal ortamlarda benzetiminin yapılması gerçek C4ISR sistemleri ve personeli ile tümleştirilmesi problemi için oldukça maliyet etkin bir çözümdür [1].

Simülasyon bakış açısıyla, bilgi katmanı modellemesi fiziksel katman modellemesinden daha farklı özellikler barındırır. Bilgi tiplerindeki farklılıklar, eşanlılık, bilginin olasılıklı doğası ve operasyonel düğümler arasındaki akışı, tüm

bunlara ilave olarak, tümüyle otomatikleştirilmiş veri füzyonu ve karar mekanizmalarının geliştirilmelerindeki imkansızlık bilgi katmanı modellemesindeki zorlukları belirleyen faktörlerden yalnızca birkaçıdır. Tüm bu zorlukların aşılması, iyi formüle edilmiş matematik programlama modellerine ek olarak yüksek düzeyli otonom ve bilgi yoğun bileşenlerin geliştirilmesine bağlıdır. Probleme uygulanmış pratik bir uygulama, karar mekanizmasında ve bilgi yoğun görevlerde insanı istihdam eden, koşum zamanında insanla tümleşik sanal gerçeklik simülasyon çözümleridir ve bu insanlarla C4ISR simülasyon sistemlerinin planlanmasında önemli bir faktör olmuştur.

TÜBİTAK MAM C4ISR modelleme ve mimari işletimleri için esnek, tekrar kullanım düzeyi yüksek, modüler ve etkileşimli simülasyon sistemleri geliştirmektedir. Bu makale, geliştirme sürecinde edinilen tecrübeleri, elde edilen ürünün kısa bir tanıtımı ve ileriye dönük bir projeksiyonu sunar. İlk önemli vurgu dağıtık ve tekrar kullanımlı bileşenlerin geliştirilmesidir ve bu amaç tüm sistemin HLA/RTI (*High Level Architecture/Run-Time Infrastructure*) arakatman yazılımı üzerine kurulması ve iyi soyutlanmış bir simülasyon çerçevesi mimarisi ile başarılmıştır. Dışsal simülasyon ve yazılım bileşenlerinin simülasyon senaryosuna dahil edilmesi veya çıkarılması, senaryo tasarımı aşamasında ve hatta senaryo koşumu aşamasında mümkün kılınmıştır. Diğer bir önemli vurgu olan açık olma ise, modüler bir yapıda, iyi arayüz etkileşimlerine sahip bileşenlerin geliştirilmesine sağlanan destektir. Bu destek, semantik yapılarından soyutlanmış modeller yapılarında ve modellere iç bağımlılığı olmayan bir simülasyon çerçevesi tarafından sağlanmaktadır.

Sistem kavram geliştirme, analiz ve eğitim amaçlarına hizmet verir. Askeri kavramların geliştirilebilmesi, C4I ve SR amaçlı bileşenlerin ve aralarında operasyonel bilgi akışlarının belirtildiği mimari yapıları içeren farklı senaryoların denenebilmesi ile mümkün olabilmektedir. Senaryo sonuçlarının değerlendirilebilmesi ve senaryo tasarımlarına girdi sağlanması amacıyla sonuçların sorgulandığı ve analiz edildiği bir analiz aracı sistemin analiz fonksiyonu altında ele alınır. Analiz iki yönlü olarak incelenmiştir. Klasik yaklaşımla, simülasyon çıktı verilerinin analizi gerçekleşir ve ikinci yönde, esnek olarak tanımlanmış kriterlere göre bileşen davranışlarının optimize edilmesi amaçlanır. Üstelik, eğitim alan personelin komuta-kontrol kararları ve eylemlerinde zayıf kaldıkları ve güçlü oldukları yönleri de görme imkanları sunulmaktadır.

Takip eden bölüm sistemin esaslarını ve özelliklerini sunar.

2. C4ISR SİMULASYONLARI İÇİN ESASLAR

C4ISR'ın arkasındaki temel kavram geliştirmek ve sistemdeki varlıkların kendi özellikleri üzerine yoğunlaşmak yerine, aralarındaki etkileşimleri modellemektir. Bu nedenle, C4ISR simülasyon sistemleri için ana motivasyonu, pek çok tekil ve etkileşimli bileşeni bir ortak tümleşik sanal ortamda modelleyebiliyor olmak şeklinde belirlenir. Tümleşik bakış vurgusu personel karar yapımına ek olarak mimari kavram analizleri modelleme isterlerini takip eder. Komuta-kontrol süreci modellemesi katmanlı olarak ele alınır ve katmanları çoklu-sensör ve çoklu-kaynak veri füzyon, karar destek mekanizması, tüm komuta-kontrol personeli karar mekanizması ve otonom düşman davranış ve karar mekanizması modellemelerini içerir. Bilginin tümleştirilmesiyle, kullanıcı ve analistler bileşenlerin operasyonel başarımları, onların tümleştirilme düzeyleri ve üretilen veri kalitesine ilişkin kararlar verebileceklerdir. Bu aynı zamanda, bileşenler arasında akan bilgiye ilişkin olarak bağlantı etkinliği ve performansının göz önüne alınmasını da içerir.

C4ISR senaryoları sanal ortamlarda hazırlanıp koşturuldukları için, eğitim ve gerçek varlıkların denenmeleri gerçek sistemlerin sanal çevrelere arayüz etkileşimleri ile bağlanmaları çerçevesinde ele alınır ve modüler, etkileşimli yapıların kullanımını güçlendirir. Bu, sistem bileşenlerinin farklı durum ve şartlar altındaki performans isteklerini dikkate almayı ve sistem tedarik politikalarının geliştirilmesinde sanal çevre simülasyon testlerin ön plana çıkarılmasını gerekli kılar.

Stratejik ve taktik C4ISR sistem provalar farklı operasyonel durumlara ait senaryo içerikleri tarafından beslenen pek çok sistem bileşenine ihtiyaç duyar. Barış zamanı operasyonel durumların geliştirilmesi kısmen mümkün olabilmektedir. Günümüzde pek çok gerçek dünya bileşeni sanal ortamlarda oldukça detaylı modellenebilmektedir. Sonuçta, C4ISR modelleme ve simülasyon çevreleri gerçek dünya karşılıklarına benzerliği oldukça yüksek modeller önermekte ve bu stratejik ve taktik provaları içeren sanal C4ISR içeriklerinin oluşturulmasında önemli bir eleman olmaktadır. Stratejik ve taktik sınırlamalar ülkeden ülkeye değişen doktrinlere, jeopolitik özelliklere ve kuvvet organizasyonuna göre değişiklikler gösterir. Sanal simülasyon dünyalarının bu farklılıklara uyaranabilmesi önemli bir istektir.

3. C4ISR SİMÜLASYON ORTAMININ AMAÇLARI

Bir C4ISR modelleme ve simülasyon ortamı geliştirme projesi, halen TÜBİTAK MAM tarafından yürütülmektedir. Bu proje kapsamında, çeşitli C4ISR mimarileri için, ISR görevleri göz önüne alınarak, modelleme, simülasyon ve analiz yetenekleri geliştirilmektedir. Yazılım mimarisi açısından bakıldığında, sistem RTI üzerinde HLA federeleri olarak çalışan çeşitli tipte bileşen modellerinden oluşmaktadır. Bileşen modelleri modüler ve iyi tasarlanmış arayüzlere sahiptirler, böylece farklı senaryoların işletilebilmesine olanak sağlanmaktadır. Sistem, hem fiziksel katman hem de bilgi katmanı için uygun olan Komuta Kontrol (C2), Haberleşme, Bilgisayar, ve ISR bileşen modellerinin tanımlanmasına ve kullanılmasına izin vermektedir. Sistemin temel özellikleri aşağıda anlatılmaktadır.

Kullanıcı, senaryo bölgesi üzerine bileşen yerleştiren ve bu bileşenlerin teknik ve taktik (operasyonel) yeteneklerinin belirlenebildiği bir aracı kullanarak, tümleşik bir operasyonel (taktik) plan oluşturabilir. Böylece, senaryo fiziksel katmanının yapılandırılması sağlanmaktadır. Senaryo üzerine yerleştirilen bileşenler çeşitli tipte sensörler, haberleşme sistemleri, C2 sistemleri ve silah sistemleridir. Kullanıcının yapabileceği diğer bir tanımlama, bilinen bir komuta kontrol yapılanması altında, bileşenlerin mimari ve taktik açısından tümleştirilebilmesini içermektedir. Mimariye ilişkin teknik, taktik (operasyonel) ve sistem bakış açılarına ait organizasyonel özellikler ile ilgili tanımlamalar yapılabilecektir. Böylece, bilgi katmanına ilişkin atamalar elde edilmiş olacaktır.

Sistem, statik ve dinamik olarak sensörlerin konumlandırma optimizasyonu, kapsama alanı optimizasyonu ve çoklu-sensörlü rota planlama yapabilen araçlara sahiptir. Kullanıcı, optimizasyona girdi olarak maliyet işlevini (*cost function*) ve başarımlı ölçütleri için kısıtlamaları tanımlayabilmektedir. Bu ölçütler senaryo tarafından işletilecek görevler göze alınarak tanımlanabilir.

Sensörlerden elde edilen tespit (*detection*), kimliklendirme (*identification*) ve sınıflandırma (*classification*) verileri, kaynaştırma (*fusion*- füzyon) modelleri kullanılarak tümleştirilmektedir. İki çeşit veri füzyonu yaklaşımı kullanılmaktadır: Sensör ve bilgi (yorumlanmış veri) füzyonu. Bu yetenek sayesinde, füzyona uğramış veriler ışığında oluşturulan taktik resmin C2 personeline sunulması durumunda,

füzyon kavramının karar vericilerin işlerini nasıl etkilediği de incelenmiş olacaktır. Ayrıca, çeşitli füzyon yaklaşımları ve tekniklerini denemek mümkün olacaktır.

Çeşitli koşullar altında farklı C4ISR mimarilerinin analiz edilmesi, mimarilerin gerçek zaman başarımı, taktik ölçütler, veri formatı, yeterlilik gibi parametrelerin ölçümüne katkıda bulunacaktır. Böylece, barış zamanında, mevcut organizasyonun etkinliği gözden geçirilerek, beklenmedik durumlar için hazırlıklı olunacaktır.

4. SİMÜLASYON ORTAMININ ANA BİLEŞENLERİ

Simülasyon ortamı, “Senaryo Tasarımı”, “Simülasyon Çerçevesi”, “Analiz”, “Optimizasyon”, “Otonom Varlıklar”, “Haberleşme”, “Sensörler”, “Füzyon”, “Harita Arayüzü” ve “Harita Simülasyon Bileşeni” temel bileşenlerinden oluşmaktadır.

4.1 Senaryo Tasarımı

Senaryo Tasarım aracı kullanıcıların senaryo tanımlayabilmelerine izin vermektedir. Senaryo tanımlama işlemi DTED (*Digital Terrain Elevation Data*) formatında bir haritanın seçilmesi ile başlar. Simülasyon bileşeni araç kutuları, kullanıcının herhangi bir bileşeni seçerek harita üzerine yerleştirmesine olanak sağlar. Araç kutularındaki bileşenler, hareketli ve hareketsiz platformlar, haberleşme cihazları, komuta kontrol birimleri, insan gücü (düşman dahil olmak üzere), atış destek birimleri, sensör sistemleri ve kilometre taşı, binalar, sınır çizgileri, gözetleme kuleleri, mayın alanları vb. gibi insan yapısı unsurlar olarak sıralanabilir. Bütün bu bileşenler genel amaçlı (*generic*) olarak tasarlanmış olup, kullanıcının değiştirebileceği özniteliklere (*attributes*) sahiptirler. Böylece, bir askere tabanca atmak gibi, bileşeni diğer bir bileşeni eklemek, rota ve bölge tanımları gibi kullanıma hazır senaryo bileşenleri oluşturmak ve bunları ilgili bileşenlere alt bileşen olarak atamak mümkün olmaktadır. Senaryo tasarımının belki de en kritik tanımlaması, hangi bileşenin ne amaçla kullanılacağını ve bu amacının nasıl gerçekleştirileceğinin belirlendiği görev bildirimleridir. Bileşenlerin *ne amaçla* kullanıldığı, görev-iş-etkinlik (*mission-task-activity*) ağaç yapısında modellenmektedir. Her bir görev ve bu göreve ait işler kendi “başarı sınırlamalarına” ve bu işlerin her bir metodu da kendi “uygulanabilirlik sınırlamalarına” ve bir sürece sahiptir. Bu süreç ile, metodların uygulandığı yapı, yani bileşenlerin kullanım amacının *nasıl* gerçekleştirileceği belirlenmektedir. Senaryo motoru, yapılan bütün bu tanımlamaları girdi olarak kabul edip işletimi gerçekleştirmektedir.

4.2 Simülasyon Çerçevesi

Simülasyon çerçevesi bir simülasyon motoru, senaryo motoru (etmen) ve hafıza yöneticisi içerir. Simülasyon motoru dışsal bir veri yapısı olarak hazırlanan ve grafik arayüz kullanımı ile tanımlanan davranış yapılarının simülasyon bileşenleri tarafından işletilmesinden, mesaj dağıtımından, senaryo koşum kayıt işlemleri ve bir seri simülasyon işletim görevlerinden sorumludur.

Senaryo motoru, simülasyon ortamını izleyerek bileşenlerin görev tanımlamalarını çözümleyen bir yönetici etmendir (*agent*). Temel olarak, işin uygulanabilirlik koşullarını kontrol eder ve ilgili simülasyon bileşenine, “ne yapılacağını” bildiren mesajlar göndererek ve geri dönen başarı sonucunu alarak işletim sürecini yürütür. Bir görevin tanımlanması veya otonom bir varlığın görev ve karar süreçlerinin tanımlanması kullanıcıya sağlanan bir grafik arayüz ile gerçekleştirilmektedir. Otonom varlıkların davranışı yine aynı etmen tarafından kontrol edilir.

4.3 Mimari Tanımlama Araçları

Senaryoyu bir C4ISR yapısı içinde oluşturabilmek için, bütünlüğü korumak açısından mimari tanımlama bileşenleri tasarlanmıştır. Mimari bileşenler üç ana başlık altında toplanmaktadır: Taktik (Operasyonel), Teknik ve Sistem Bakışları. Taktik bakışta, yüksek seviyeli operasyonel bilgiler ortamdan elde edilir, operasyonel düğümler tanımlanır ve simülasyon bileşenlerinin organizasyonel ilişki grafiklerinde ve operasyonel düğüm bağlantı diyagramlarında nerelere ait oldukları belirlenir. C2 hiyerarşileri ve komutanın sorumluluk alanı organizasyonel ilişki grafiklerinde tanımlanmaktadır.

Sistem bakışında senaryo dahilindeki bileşenlerin birbirleri ile etkileşimleri, diğer bir ifade ile, birbirlerine sağladıkları arayüzlerin ve teknik bakışta ise etkileşim kurallarının tanımlanması gerçekleşir. Sistem bakışı sistemleri görevlerle ve iletişim cihazlarını operasyonel düğümler arasında tanımlanmış mesajlarla eşleştirmeyi amaçlar. Teknik bakış bir bileşen tarafından uygulanacak eylemin uygunluğunun kontrolü ve bir görevin gerçekleştirilmesi için uygun cihazın ve mümkünse de daha uygun alternatifinin seçilmesi için bir seri arayüzler tanımlar.

4.4 Analiz Aracı

Analiz amaçları girdi ve çıktı verileri analizleri olmak üzere iki sınıfta ele alınırlar. Girdi verileri analizinde amaç simülasyon işletimi esnasında kullanılacak, ağırlıklı olarak zaman değerlerinin, hesaplanması ve dosyalanarak simülasyon işletiminde kullanıma sunulmasıdır. Çıktı verileri analizinde koşum sırasında kaydedilen kullanıcı tanımlı veri yapıları üzerinde sorgulamalar yapmak ve sorgulama sonucunda elde edilen verileri tablolar haline getirerek temel istatistiksel hesaplamaları ve istatistiksel anlamlılık testlerini gerçeklemek gibi görevler gerçekleştirilir. Testlerin amacı, kullanıcının tasarladığı senaryolar arasındaki farklılığın anlamlılığını, rastsal değişimleri elimine ederek ortaya koymaktır. Kullanıcı tanımlı veri yapıları hem bileşenlere ait öznelite değerlerini hem de simülasyon işletiminde hesaplanan simülasyon mantıksal zamanı, simülasyon durum bilgisi gibi değerlerin kullanılması ile esnek bir yapıda arayüz kullanımı ile tanımlanabilir. Sistemin analiz amaçlı kullanımı çıktı verileri üzerinde yapılan analizlerle doğrudan ilişkilidir.

4.5 Optimizasyon

Sistem sabit sensör sistemlerinin yerleşimi, hareketli sensör sistemleri için rota planlaması ve hareketli-sabit sensör sistemleri için başa-baş analizlerini hedefleyen statik ve dinamik optimizasyon modellerini içerir.

Optimizasyon algoritmasının temel girdilerini, optimizasyonun yapılacağı bölge sınırları ve harita çözünürlüğü, harita üzerinde tanımlanan önem ve konuşlanabilirlik matris bilgileri, hedef tipi bilgileri ve tespit/teşhis/tanıma olarak belirlenen kapsama tipi oluşturur. Bunların dışında önem derecesi ile bağlantılı olarak herhangi bir noktanın gözetleme sıklığı da belirtilir.

Yerleşim optimizasyonunda amaç sabit sensörlerin maliyet etkin olarak en iyi kapsamayı sağlayacak yerleşimlerinin belirlenmesi olarak tanımlanır. Probleme sensör sayı ve tipi kullanıcı tarafından tanımlanıp sınırlandırılabilirken, bütünüyle optimizasyon probleminin konusu olarak da bırakılıp optimizasyon aracından çözüm sonucu olarak beklenebilir. Statik optimizasyon, sabit sensörler için yerleşim noktaları hesaplamının ötesinde, hareketli sensörler için uğrak noktalarının belirlenmesi görevini de üstlenir. Uğrak noktası, belirli periyotlarla ziyaret edilmesi gerekli olan

kritik olarak belirlenmiş, belirli bir konuşlanabilirlik değeri olan coğrafi noktalar. Çözüm koşum öncesinde gerçekleştirildiği için statik optimizasyon problemi olarak ele alınır. Hareketli platformların taşıdıkları sensör tipine göre uğrak noktalarına atanması ve uğrak noktalarından gözlenen bölgenin önem derecesine ve ziyaret edilme periyotlarına göre rotalarının belirlenmesi de senaryo koşumu öncesinde gerçekleşir.

Harita üzerinde farklı önem dereceleri tanımlaması, stratejik önemleri kıyaslamalı olarak farklı olan bölgeler için önem taşımaktadır. Kullanıcı/modellemeci harita üzerinde bölgeler tanımlayıp bölgelere farklı önem dereceleri atayabilmekte ve her bir alt bölge birer simülasyon bileşeni gibi davranarak, bir sensör tarafından görüldüğünde önem derecesini düşüren ve zaman içerisinde, tanımlanan davranış şablonu ve zamanlamasına bağlı kalarak, önem derecesini tedrici olarak yükselten davranışlar sergiler. Bir platformun rotası üzerinde olduğu halde, simülasyon işletimi esnasında rastsal olarak gelişen bir olay sonucunda platform geçişine olanak veremiyor olması durumunda ve/veya değişen önem derecesi sebebiyle, optimizasyon bileşenine harita alt bölge bileşeni tarafından gönderilen bir mesaj ile rota hesaplamaları güncellenerek optimizasyonun senaryo koşumunda dinamik olarak işletimi sağlanmaktadır.

Çözüm tekniği olarak Genetik Algoritmalar (GA) ve polytope algoritması kullanılmıştır. Global optimizatör olan GA, çözümü kabul edilebilir bir düzeye kadar getirmekte ve polytope algoritmasına mevcut çözümü girdi olarak sunmaktadır. Polytope algoritması aldığı çözümü yerel olarak iyileştirerek daha iyi bir çözüme taşımaktadır. Kullanım konseptinin amacı GA'dan gelen yavaşlığı polytope algoritması ile bir miktar ortadan kaldırmak, GA'dan alınan yaklaşık çözümü daha detaylı çözüme hızlı bir şekilde taşımaktır.

4.6 Sensör Modelleri

Tüm simülasyon modellerinde olduğu gibi sensör modellemede de genel modelleme yaklaşımı, fiziksel varlığın denklem tabanlı olarak etki modellenmesinin yapılması esas alınmıştır.

Sensör tiplerine bağlı olarak, sensör modelleri ortamdan, özellikle düşman kaynaklardan bilgi toplar ve bilgileri haberleşme cihazları aracılığı ile komuta katmanlarına gönderir ve komuta katmanları, veri füzyonu algoritmaları ile çeşitli kaynaklardan gelen bilgileri kaynaştırarak karar verir. Simülasyon kapsamında ele alınan sensör tipleri: Radar, Gündüz ve Termal Kamera, Yapay Açıklıklı Radar / Hareketli Hedef İşaretleme (SAR/MTI) ve gömülü sensörler (sismik, elektromagnetik, IR).

4.7 Harita İşlemleri

Harita işlemleri iki birim tarafından yürütülmektedir. Bu birimler “Harita Arayüzü” ve “Harita Simülasyon Bileşeni” olarak isimlendirilir.

Harita Arayüzü temel işlevleri kullanıcının simülasyon senaryo alanını seçmesi, bu alanı değişik harita formatlarında görüntülemesi, üzerindeki coğrafi bilgileri sorgulaması, senaryo oluşturulurken bileşenlerin yerleşiminin düzenlenmesi ve seçilen bir nokta için görülebilirlik hesabının yapılmasıdır. Bu işlevler simülasyonun koşumundan önce senaryo tanımlama aşamasında kullanılmaktadır. Ek olarak simülasyonun koşumu sırasında bileşenlerin hareketlerinin ve diğer bileşenlerle olan ilişkilerinin gösterilmesinde de bu birim kullanılır. Harita Arayüzü kullanıcının

simülasyonla etkileşiminde önemli bir yere sahiptir. Tasarımında yüksek yoğunlukta bilgi iletebilmeye imkan sağlaması ve kullanım kolaylığı sunması amaçlanmıştır. Bu birim görüntüleme ve bilgi sorgulaması yaparken kendisine sunulan harita veritabanını kullanır. İşlevlerinin büyük bir kısmını simülasyon koşumundan önce gerçekleştirir ve koşum sırasında da aktiftir.

Simülasyonun koşumu sırasında bazı bileşenler harita verisinde sorgulamalar yapma ihtiyacı duymaktadır. Ayrıca, Harita Arayüzü üzerindeki ikonların yerlerinin güncellenmesi ve bazı simülasyon bilgilerinin de buraya yansıtılması gerekmektedir. Bu noktada, Harita Arayüzünün simülasyonla olan ilişkilerini düzenleyen bir “Harita Simülasyon Bileşeni” geliştirilmiştir. Bu bileşen detaylı bir davranış şablonuna sahiptir. Temel işlevi simülasyonun koşumunda haritayla ilgili bilgilere ihtiyaç duyan ve haritaya bilgilendirme notları gönderen bileşenlerin bilgi alışverişini yönetmek için iyi tanımlanmış bir formatta mesajlaşma sağlamaktır. Bu anlamda harita bileşeni harita veritabanına sahip olan ve bu bilgileri kullanıcıya sunan harita arayüzüyle diğer simülasyon bileşenleri arasında arayüz görevini yerine getiren bir simülasyon bileşenidir. Bu birim işlevlerini simülasyon koşumu sırasında yerine getirir.

4.8 Füzyon

Savaş alanındaki tüm varlıkları, konumları, hareketleri ve o varlıklara ait özelliklerin tespit/teşhis/tanıma amaçlı olarak taktik resim üzerinde sergilemek ve yeni kararlar oluşturabilmek savaş alanında önemli bir üstünlük sağlamak anlamına gelmektedir. Dağıtık sensör ağları tespit edilen hedeflerin doğru bir şekilde konumlandırılması, teşhis ve gözetleme amaçlı olarak son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu modern sistemler kapsadıkları bölgedeki her elemanın sağladığı verilerin (algılama, nitelikler, izler) bir merkezde tümleştirildiği bir çok sensör elemanından oluşmaktadır. Her sensör veri füzyonu olarak adlandırılan birleşik karar sürecine katkı sağlar. Çok sensörlü veri füzyonunun temel amacı, çeşitli platformlar tarafından toplanmış bilgilerin gösterildiği ve yeni bilgilere ulaşıldığı savaş alanına ait “Taktik Resim” denen büyük resmi çıkarmaktır.

Gözetleme sistemlerinde genellikle sensörlerden gelen iki tip veri üzerinde özellikle durulur. Bunlardan birincisi algılanan nesnenin konumu,hızı ve yönü; diğeri ise hedefe ait kimlik bilgilerinin (sınıfı, tehdit durumu, kimliği) saptanmasıdır. C4ISR kapsamında tasarlanan simülasyon sisteminde de algılanan tehditlerin tespit, teşhis ve tanıma işlemlerinin yürütülebilmesi için kural tabanlı bir tümleştirme sistemi geliştirilmiştir. Proje kapsamında tehdit algılamaları için tasarlanan sensörler radarlar, gömülü sensörler, kameralar, yapay açıklıklı radar (YAR- SAR), IFF ve kullanıcı istihbarat bilgileridir. Bu sensörlerden her biri farklı tiplerde veriler üretmektedirler.

Geliştirilen Füzyon paketi komuta kontrol veritabanı bilgilerini ve sensörlerden gelen verileri kullanan kural tabanlı bir araçtır. Geliştirilen modülün en önemli özelliği karar kurallarının kullanıcı tarafından kolayca tanımlanması ve sisteme dahil edilmesine olanak tanımasıdır. C4ISR projesinde de dinamik kullanıma açık bir tümleştirme işlemi tasarlanması gerektiğinden sisteme yeni kuralların ve kuralların işletimi ile ilgili gerekli eklentilerin yürütme anında yapılabilmesine olanak sağlayan kural işletimine dayalı kural tanımlama ve işletme aracı geliştirilmiştir. Araç önceden tanımlanmış kuralları istenilen veritabanı üzerinde işletebilir ve ilgili sonuç işlemlerinin yapılmasını sağlar. Sisteme bağlı herhangi bir sensör eklendiğinde veya ele alınması gereken herhangi bir yeni veri tipi eklendiğinde buna ilişkin yeni düzenlemeler kural tanımlama aracı sayesinde yapılabilir.

Hazırlanan paket üç değişik tip kullanımı içermektedir. Bunlar, 1) Son Kullanıcı (Operatör): Arayüz aracılığıyla tanımlanmış olan herhangi kuralı bir veritabanı üzerinde uygulayabilir ve sonuçları kullanıcı arayüzünde görebilir, 2) Geliştirici: Mevcut tanımlanmış “predicate”leri (karşılaştırma fonksiyonları) kullanarak yeni kurallar tanımlamak ve veri veritabanı üzerinde uygulamak isteyen kullanıcılara yöneliktir. Kural tanımlamak isteyen bir kişi kural tanımlama aşamalarına uyarak istediği yeni bir kuralı tanımlayabilir ve 3) Uzman Geliştirici: Eğer tanımlanmak istenen kural mevcut predikatelerle tanımlanamıyorsa, sisteme kullanıcının kendi tanımladığı predikateler tanıtılabilir. Yeni tanımlanacak kural için yeni bir predicate yazılacaksa bu predicate Prolog ifadeleriyle ilgili veritabanına eklenir. Bu ekleme sonucunda istenilen kural tanımlama işlemi 2. madde de ifade edilen kural tanımlama aşamalarıyla gerçekleştirilir.

Füzyon aracı karar mekanizması arayüzünden bağımsız ele alındığında insan modelleri ile tümleştirilip otonom olarak karar veren, elde ettiği bilgileri tümleştiren yapılar elde edilebilmektedir.

4.9 Haberleşme Modelleme

C4ISR SGKS MOS haberleşme işlemleri kapsamında haberleşme donanım bileşenleri ve haberleşme ortamı modellenmiştir. Haberleşme modeli verici birim, haberleşme ortamı ve alıcı birim olarak üç alt sisteme ayrılmıştır. Bu alt sistemlerden haberleşme ortamı, verici ve alıcı birim arasındaki görülebilirlik ve sinyal kaybı hesaplarını gerçekleştirerek haberleşmenin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Kayıp hesaplamaları yapılırken ilgili frekanslardaki yayılım algoritmaları kullanılmış, görülebilirlik hesaplarında ise direkt görüş hattı hesabı uygulanmıştır. Haberleşme donanım bileşenleri kapsamında ise veri aktarımında oluşan cihaz içi gecikmeler, aktarılan verinin boyutu ve veri yolunun özellikleri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Verinin aktarılması aşamasında ise haberleşme ortamı bileşeni görülebilirlik ve kayıp hesaplarını gerçekleştirerek ilgili alıcıya aktarımı direkt ya da röleler vasıtasıyla gerçekleştirir. Haberleşme modeli içindeki tüm bileşenler simülasyondaki diğer bileşenler ile etkileşimli olarak gerçek bir haberleşme sistemini birebir olarak uygularlar. Bu bileşenlerin kullanıcı ile etkileşimi ise işlevsel olarak gerçek donanımlar ile uyumlu arayüzler ile sağlanır. Haberleşme modeli kapsamında geliştirilen bileşenler: Taktik Veri Haberleşme Telsizi, Koordinasyon Çevrim Telsizi, HF telsiz, RF Görüntü Göndermeç / Almaç, Röle, Uydu, Sahra Telefonu, TAFICS.

5. HLA UYUMLULUK

Her bir senaryo RTI ara katmanı (*middleware*) üzerinde koşan farklı bir HLA federasyonu şeklindedir. Bu yapıyı desteklemek için, sensör, haberleşme, platform, insan gücü ve C2 bileşenleri federasyonlar olarak temsil edilmektedirler. İşletim sırasında bileşenler dinamik olarak nesne/öznitelik/etkileşim yayınlayabilirler (*publish*) ya da abone (*subscribe*) olabilirler.

Sistem gerçek zaman ve mantıksal zaman kiplerinde çalışabilir şekilde düzenlenmiştir. Ayrı bir koordinatör federesi, zaman eş zamanlaması işlerini yönetmektedir. Ayrıca ön-işlem, işletim, son-işlem ve yeniden işletim işlevlerini de koordinatör federesi üstlenmiştir.

Federeler katmanlar şeklinde yapılandırılmışlardır. Model hesaplamaları ve federe arayüzlerinin her biri arayüzler aracılığı ile birbirleri ile etkileşen ayrı modüller olarak tasarlanmıştır.

Federe halindeki bileşen modelleri farklı işlemcilerle kurulabilirler. Böylece, karmaşık bir senaryo işletildiğinde, daha yüksek başarımlar elde edilebilecektir. Ayrıca, federeleri farklı işlemcilerde çalışacak şekilde parçalayarak, eğitim özellikleri de iyileştirilebilir. Federe kullanıcı arayüzleri bu yeteneği desteklemektedir. Sonuç olarak her bir C2 federe kullanıcısı/operatörü, kendi bilgi tabanını kullanarak taktik resmi görüntüleyebilir.

6. KULLANIM KAVRAMLARI

Geliştirilen simülasyon aracının özellikle 1) Eğitim, 2) Prova, 3) Analiz ve 4) Optimizasyon olmak üzere dört temel alanda kullanılması planlanmaktadır.

Eğitimin amacı, kullanıcıların bazı temel sensör kullanım kavramlarına aşinalık kazanmalarınıdır. Deneme ise daha çok kullanıcıların taktik analiz ve taktik planlama yeteneklerinin geliştirilmesi amacı ile planlanmıştır.

Analiz modülündeki esas vurgu başarımların analizi üzerindedir. Amaç, kullanıcılardan doğabilecek farklılıkları ortaya koymak ve kullanıcıların kaydettikleri ilerlemeleri izleyebilmektir.

Optimizasyon planlama amaçlı gerçekleştirilmektedir. Planlama, belirli bir bölge üzerine sensörlerin konuşlandırılması ve belirli kısıtlamalar altında maksimum kapsamanın elde edilebilmesi amacıyla hareketli sensörlere ilişkin yol planlamasının yapılması işlerindendir.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmanın temel karakteristiği, bilgi katmanını simülasyonunu gerçek dünyanın fiziksel varlıklarının modellerinin simüle edildiği katmanla bir araya getirebilmek için gösterilen çabadır. Bu çaba, C4ISR kavramlarının yapmak istedikleri ile de örtüşmektedir.

Geliştirilen simülasyon aracı 1) Melez simülasyon modelleri: ayrık ve sürekli birlikte, 2) Fiziksel modelleme yerine “etkisel” modelleme, 3) HLA-tabanlı dağıtık simülasyon, 4) Optimizasyon modülü, 5) Veri füzyonu uygulamaları ve 6) Hem taktik hem de eğitim amaçlı analiz yeteneği özelliklerine sahiptir.

KAYNAKÇA

- [1] Roberts J.D., Dobbs V.S., “Simulation to C4I Interoperability for Planning and Decision Support”, *Fall Simulation Interoperability Workshop, SISO, 2001, Orlando, FL*
- [2] Griffith J., Sielski K., Frye H., “C4ISR Handbook”, *the Integrated C4I Architecture Division, Architectures Directorate, Office of the Assistant Secretary of Defense, 1998, Washington D.C.*
- [3] “C4ISR Architecture Framework Version 2.0”, *C4ISR Architecture Working Group, December 1997*