T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTSİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR KULLANAN ASKERİ UYGULAMALAR İÇİN DEVS TABANLI GÜVENLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harun ÖZKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Bülent ÇOBANOĞLU

Şubat 2016

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTSİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR KULLANAN ASKERİ UYGULAMALAR İÇİN DEVS TABANLI GÜVENLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harun ÖZKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Bu tez 25/02/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Ahmet ZENGİN	Yrd.Doç.Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU	Yrd.Doç.Dr. Bülent ÇOBANOĞLU
Jüri Başkanı	Üye	Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Harun ÖZKAN

25.02.2016

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim tamamlanmasına müteakip bu tez çalışmasında bana destek olan, sürekli beni motive ederek süreci daha verimli geçirmemi sağlayan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Bülent ÇOBANOĞLU hocam başta olmak üzere tez konusunun belirlenmesi ve devamında yardım ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Murat ÇAKIROĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Fatih ÇELİK hocalarıma, halen birlikte çalışıyor olduğum iş arkadaşlarıma ve tüm aile bireylerime, iş yoğunluğum nedeni ile zaman ayırmakta zorlandığım halde yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım sürecinde her zaman yanımda olan ve varlıkları ile benim daimi motivasyon ve mutluluk kaynağım eşime ve kızıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ADC	: Analog Sayısal Çevirici (Analog Digital Converter)
DEVS	: Ayrık Olay Sistem Yaklaşımı (Discrete Event System Specification)
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü
GS	: Güvenlik Seviyesi
IEEE	: Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
JGNK	: Jandarma Genel Komutanlığı
KAA	: Kablosuz Algılayıcı Ağ (Wireless Sensor Network/WSN)
PKÖ	: Pasif Kızılötesi Algılayıcı (Passive Infrared Sensor/ PIR)
RF	: Radyo Frekansı
RFID	: Radyo Frekansı İle Tanımlama (Radio Frequency IDentification)
TDMA	: Zaman Bölmeli Çoklama (Time Division Multiple Access)
TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri

ŞEKİLLER LİSTESİ

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Askeri Uygulamalar, DEVS, Güvenlik Analizi, Hedef Tespit ve İzleme, KAA

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA); bilginin toplanması, kısmi işlenmesi ve iletimi için tasarlanmış, dağıtık uygulama ve ortak hareket edebilme kabiliyetine sahip ancak sınırlı hafıza, sınırlı işlem gücü, sınırlı güç kaynağı ve sınırlı iletim dezavantajlarını barındıran algılayıcı düğümlerden oluşan sistemlerdir. KAA sistemlerinin askeri amaçlı olarak kritik bina, bölge güvenliği ve sınır izleme amaçlı kullanımı uzun zamandan bu yana araştırılmakta, önemli model ve uygulamalar ortaya konulmaktadır. BU tez çalışmamızda KAA yapısının askeri maksatlı kullanımı için kurulum ve işletim maliyetlerin düşürülmesi, sistemden alınacak hedef tespit ve izleme verilerine verilecek olası tepkilerin anlamlı hale getirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmamızda yaygın olan görüntü işleme tabanlı sistemler yerine hedefin konum, hız ve yükseklik/boy bilgilerinin işlenmesi yolu ile tehdit analizi yapabilecek DEVS tabanlı bir güvenlik modeli ortaya konmuştur.

DEVS BASED SECURITY ANALYSIS FOR MILITARY APPLICATIONS USING WIRELESS SENSOR NETWORKS

SUMMARY

Keywords: Military applications, DEVS, Security Analysis, Target Detection and Tracking, WSN

Wireless Sensor Networks(WSN) system, which are designed for collection, partially operating and transmission of information, are composed of sensor nodes which have the ability of making common action and distributed application. However this nodes have limited memory, processing capacity, power supplies and transmission feasibility. Several researches and crucial simulation have been carried out for a long time so as to use WSN for military purposes such as; for the security of critical structures, critical zones and for border tracking. In this dissertation study we intended to minimise the installation and the operation cost of using the WSN for military purposes and make possible which will be received from the systems, meaningful. Instead of image processing based systems, in our study, we designed a DEVS(Discrete Event System) based security model which is able to make a thread assessment by using the height, position and speed of target.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Problem Tanımı ve Motivasyon

Kablosuz iletişim araçları, sağladığı geniş imkânlar sayesinde dünya genelinde her anlamda en çok ilgi çeken alanlarındandır. Kablosuz sistemlerin sağlık, sosyal yaşamın düzenlenmesi, güvenlik, doğal yaşamın korunması gibi birçok alanda kullanımı birçok alt teknoloji dalını ortaya çıkarmıştır ki Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) sistemleri de bunlardan biridir. KAA sistemleri yaygın kullanım alanları, kullanım kolaylıkları, maliyet düşüklüğü, rastgele olarak kullanıma elverişliliği gibi özellikleri ile son zamanların en çok ilgi çeken çalışma alanlarındandır. KAA sistemlerinin askeri amaçlı kullanımı çok uzun zamandan bu yana araştırma konusu olmuştur. Özellikle savaş alanlarının izlenmesinden başlamak üzere hava koşullarının, sıcaklığın, kimyasal veya manyetik ortamların izlenmesinin yaşamsal önemi vardır [1]. Bunların yanında değişik amaçlarla uzun veya kısa süreli kurulan askeri tesis ve yapıların çevresel durumunun izlenmesi çok büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda kamera sistemleri ile kurulmuş birçok güvenlik yapısı bulunmaktadır. Özellikle enerji kaynağının kısıtlı olduğu ve sınır hatları gibi sistem kurulumunun zor olduğu koşullarda video veya kamera sistemlerinin kurulum ve işletim maliyeti oldukça yüksek olmaktadır. KAA sistemlerinin daha yaygın ve etkin kullanılabilmesi amacı ile enerji verimliliği merkezli yapılan çalışmalar bulunmaktadır [2-4]. Bu kapsamda KAA sistemlerinin düşük maliyet, düşük enerji tüketimi özelliklerini ön plana çıkararak çok geniş sahalarda ve enerji imkânlarının kısıtlı olduğu koşullarda da etkili sonuçlar alınabilecek sistemlere daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. KAA sistemlerinin kullanım sürecinde tespit edilen aksayan ve geliştirilmeye açık yönlerinin bulunduğu; enerji tüketimi, işlem kabiliyeti, iletişim, hedef tespit ve izleme vb. konularında çalışmalar yapıldığı görülmüş olup, KAA sistemlerinden elde edilen hedef tespit ve izleme verilerinin daha etkin

kullanılabilmesi amacı ile veriler üzerinde analiz yapabilecek çalışmalara olan ihtiyaç bu çalışmanın motivasyon kaynağıdır.

1.2. Tezin Amacı

Elektrik, elektronik ve bilgisayar sistemlerinin bir arada kullanılmaya başlaması ile yaşanan hızlı değişim ve gelişim sürecinin günümüze ulaşan boyutunda; devletlerinin bekası için vazgeçilmez öneme sahip güvenlik anlayışı, ortaya konulan tüm yeni sistemlerin güvenlik alanında kullanılabilir hale getirilmesini veya yapılan değerlendirmeler ile bir sonraki süreçte yaşanabilecek olası tehdit durumuna göre ihtiyaç duyulabilecek sistemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Son dönemlerin en çok ilgi çeken ve üzerinde çalışılan konularından olan KAA sistemleri; askeriye başta olmak üzere kurumlar ve devletlerin güvenlik amaçlı kullandığı veya kullanmayı planladığı, gelişmeleri yakından takip ettiği bir alandır. Mevcut güvenlik amaçlı birçok KAA sistemi görüntü işleme tabanlı olup kurulum ve sürdürülebilirlik maliyeti ve enerji tüketimi yüksektir [5-7]. Bu kapsamda çalışmamız, ülkemizin başta sınır güvenliğinde kurmak ve devamlılığını sağlamak zorunda olduğu; karakolları, belli zaman sürelerinde geçici olarak kontrol altında tuttuğu arazi alanları, kritik tesis ve binaları için güvenlik etkin, kurulum, işletim maliyeti ile enerji tüketimi düşük KAA çözümü sunmaktadır.

Çalışmamızda güvenlik tabanlı kullanılan KAA yapılarının enerji kaynağının çoğunlukla seyyar sistemlerle sağlandığı, belli aralıklarla yer değişikliklerinin yapıldığı tesis ve meskenler için; düşük maliyetli, düşük enerji tüketimli bir modeli önerilmektedir. Bu kapsamda sabit veya rastgele yapıdaki algılayıcı düğümlerden alınan hız, boy/yükseklik ve konum bilgisi verileri ile güvenlik analizinin yapılabilirliği ortaya konulmuştur.

1.3. Tezin Kapsamı

KAA sistemlerinin güvenlik tabanlı kullanılabilmesi kapsamında;

- Devletler ve belli kurumlar için hayati öneme sahip güvenlik konusu esas alınarak kullanılabilecek KAA sistemlerinin daha düşük maliyetli, daha sürdürülebilir ve daha az enerjiye ihtiyaç duyacak şekilde tasarlanması amaçlanmıştır.

- Askeriye başta olmak üzere güvenliğin önemli olduğu kurumlarda teknolojideki gelişmelere rağmen insan merkezli güvenlik anlayışı hâkimdir. Bu anlayışın dezavantajlarını ortadan kaldırabilecek bir sistem geliştirilmiştir.

- Geliştirilen KAA sisteminin modellenmesinde DEVS tabanlı modelleme ve benzetim yaklaşımı kullanılmıştır.

- Geliştirilen sistemin rastgele ve sabit algılayıcılar üzerinde çalışabilirliği test edilmiştir.

- Hedef tespit ve izleme verilerinin güvenlik tabanlı analizi yapılmıştır.

1.4. Tez Çalışmasının Bilime Katkısı

KAA yapılarının güvenlik tabanlı kullanılması kapsamında yapılan çalışmanın bilime katkısı şu maddelerle özetlenebilir:

- KAA sistemlerinin askeri amaçlı kullanımına yönelik yeni bir DEVS tabanlı modelleme ve benzetim yaklaşımı önerilmiştir.

- Askeri uygulamalarda yaygın kullanılan KAA sistemlerinden farklı olarak, algılayıcı düğümlerden mevcut koşullara göre alınacak verilerin analizi ile sonuç alınabilirliği ortaya konulmuştur.

- Kurulum, sürdürülebilirlik, maliyet ve enerji tüketimi daha düşük bir hedef tespit ve takip sistemi ortaya konmuştur.

- DEVS Modelleme ve Benzetim yaklaşımının KAA kullanan askeri uygulamalarda kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

1.5. Tez Düzeni

KAA sistemlerinin askeri-güvenlik amaçlı kullanımı, önemini daha da artırmıştır. Sınır güvenliği, kritik bölge veya bina güvenliği, hedef tespiti gibi çalışma alanları ile birçok araştırmaya konu olmuştur ve olmaktadır. Bu sistemlerin güvenlik temelinde özellikle kritik tesis, bina veya sınır hatlarında kullanımında yaygın olarak video sistemleri ile senkronize hali, araştırma ve geliştirme konusu olmaktadır. Bu kapsamda da kurulum, kurulan sistemlerin sürdürülebilirliği ve enerji ihtiyacı en önemli sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tez çalışmasının,

Bölüm 1'inde problemin tanımı ve motivasyon, yapılan çalışmanın amacı, yapılan tez çalışmasını diğerlerinden farklı kılan durumlar ve bilime katkısı ile tez organizasyonu hakkında bilgi sunulmakta ve konu ile ilgili literatür çalışması yapılmaktadır.

Bölüm 2'de kablosuz algılayıcı ağların genel özellikleri, KAA yapılardan işlem sürecinde beklenilen özellikler, düğümlerin yapıları, KAA sistemlerinde düğümlerin yerleştirilme düzenleri özetlenmiştir.

Bölüm 3'te DEVS metodolojisi ve yaklaşımı, klasik DEVS hakkında kısa bilgi sunulmakta, modelleme ve benzetimin sağlamış olduğu imkânlar değerlendirilmektedir.

Bölüm 4'te çalışma konusu olan DEVS tabanlı hedef takip sistemi ve güvenlik analizi süreci aşamalı olarak anlatılmış, sistemin amacı, kurulumu, işletimi ile planlı ve rastgele düğüm yapılarından alınan sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bölüm 5'te yapılan çalışmanın sonuçları, öneriler, kurulan sistemin askeri amaçlar başta olmak üzere ortaya koyacağı çözümler ile ilgili geleceğe yönelik değerlendirmeler sunulmuştur.

1.6. Literatür Taraması

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de elektronik ve bilgisayar sistemlerindeki gelişmelerin en yakından takip edildiği ve mevcut amaçlar kapsamında kullanılabilirliğinin ölçüldüğü kurumların/birimlerin başında askeriye gelmektedir. Bu amaçla burada literatürde yapılan askeri ve güvenlik kapsamlı uygulamaların ve ortaya konulan çözümlerin kısa bir özeti sunulacaktır.

- Đurusic ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada KAA sistemlerinin askeri amaçlı olarak kullanılabilirliklerini ortaya koymuş, güvenlik kapsamında düğüm seçimlerinin askeri kullanım koşullarına göre olumlu ve olumsuz yönlerini açıklayarak geleceğe dönük değerlendirmeler yapmışlardır [1].

- Winkler ve arkadaşları yaptıkları çalışma ile önümüzdeki dönemde KAA yapılarının askeri olarak kullanımında öne çıkacak alanlar hakkında bir değerlendirme yapmış ve bu kapsamda ihtiyaç duyulacak çalışmaları genel hatları ile ortaya koymuşlardır [3].

- Ailmiedat ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada KAA sistemlerinin askeri kullanımında hedef tespit ve takibinin önemi vurgulanmış, bu kapsamda mevcut sistemlerin analizi yapılmış ve geleceğe yönelik ihtiyaçları ortaya konulmuştur [8].

- LEE, S. H. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada KAA yapılarının askeri taktik seviyede kullanılmasının önemini ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda büyük ölçekli taktiksel askeri uygulamalar için yeni bir KAA modeli sunmuşlardır [9].

- KAA sistemlerinin askeri amaçlı kullanılması ile ilgili olarak çalışma yapan Winkler, M. ve çalışma ekibi, ağ sistemlerinin askeri olarak kullanıldığı alanları,

mevcut kullanımlarında eksik kalan yönlerini ortaya koymuş, çözümler ve geleceğe dönük değerlendirilmelerde bulunmuşlardır [10].

- İlker Bekmezci ve Fatih Alagöz yaptıkları çalışma ile KAA sistemlerinin askeri amaçlı kullanımları kapsamında TDMA tabanlı daha az enerji tüketimi yanında hata toleransı ve gecikmeye önemli katkılar sağlamış bir çözüm ortaya koymuşlardır [2].

- Sridhar, P. ve arkadaşları birçok alanda yaygın olarak kullanılan KAA sistemlerinin, yoğun algılayıcı barındıran kurulumları için yeni bir hedef izleme algoritması ortaya koymuşlardır [11].

- Ball, M.G. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada askeri istihbaratın toplanması safhasında devreye sokulabilecek KAA sistemleri ile kurulacak hesaplanabilir istihbarat metotları ortaya konulmuş, mevcut sistemlerin eksik yönleri ile geleceğe yönelik değerlendirmeler yapılmıştır [12].

- Rida Nisar çalışması ile KAA'ların hedef izleme amaçlı kullanımı için kümeleme tabanlı, daha hassas yeni bir algoritma ortaya koymuştur. Algoritma, enerji tüketimi ve kullanılan bant genişliği ile ilgili olumlu katkılar sunmuştur [13].

- Calafate yaptığı çalışma ile KAA yapılarındaki hedef izleme tabanlı çalışmaları genelinden farklı olarak sistemin bütününe hitap eden yenilikler ortaya koymuş, hedef tespit ve izleme için daha az işlemsel bir algoritma geliştirmiştir [14].

- Yaptığı çalışma ile Perumal, askeri amaçlı olarak kullanılmakta olan sistemlerde sınır güvenliği, düşman birliklerinin izlenmesi veya savaş alanlarındaki gelişmelerin takibi için kullanılan düğümler ile ilgili olarak yeni bir yerleştirme modeli ortaya koyarak enerji tüketimi ve iletişim maliyetine çözüm sunmuştur [15].

- Kong, KAA sistemlerinin askeri amaçlı geniş alanlarda kullanımında enerji korunumu ve sistem etkinliğini arttırıcı yeni bir algoritma önermiştir. Çalışmada oluşturulan algoritmanın getirdiği çözümler analiz edilmiştir [16].

- Namita Lanjmar yaptığı çalışma tarihine kadar geliştirilmiş olan alan izleme amaçlı yönlendirme protokollerini açıklamış, karşılaştırmış, genel özellikleri ile öne çıkanların bir değerlendirmesini yapmıştır [17].

- Kolega, E. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada KAA yapılarının ormanlık bölgelerde kullanılması ile ilgili olarak yaşanılan sorunlar ile ilgili çözümler sunan bir benzetim modeli ortaya konulmuştur [18].

- Naz ve arkadaşları kablosuz algılayıcılardan alınan ses sinyallerin işlenmesi yolu ile askeri alanlara düşman girişlerinin tespitine yönelik bir çözüm ortaya koymuşlardır [19].

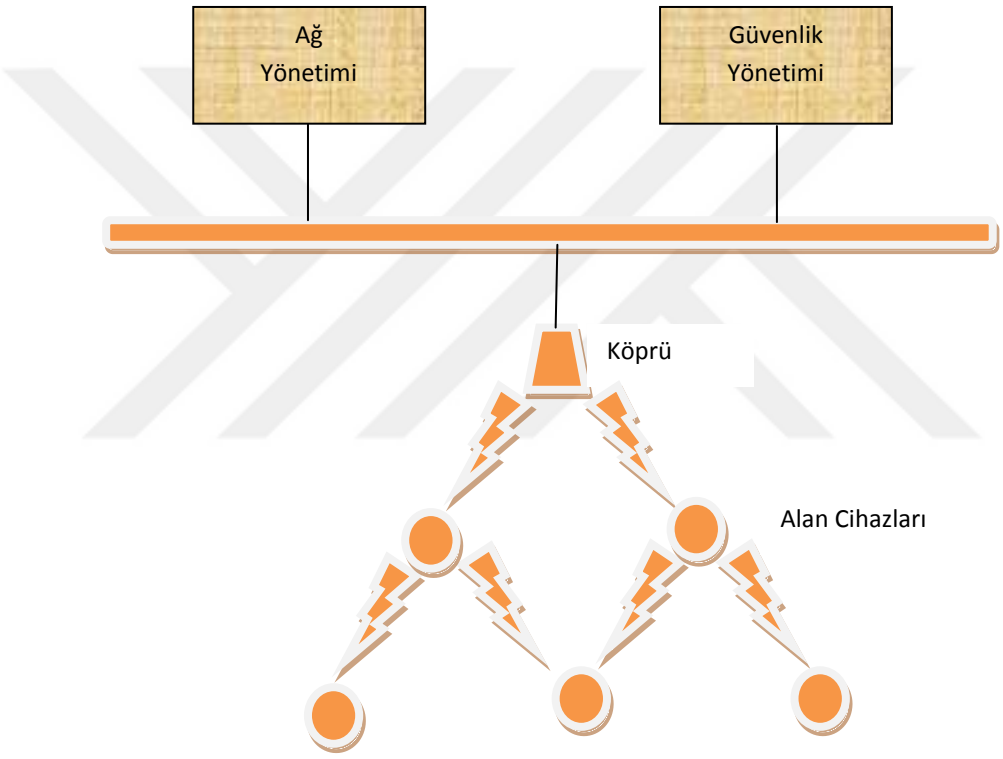
BÖLÜM 2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA HEDEF TESPİT VE İZLEME

2.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA); çok fazla sayıda, küçük boyutlu, düşük maliyetli ve kısa mesafede kablosuz ortam üzerinden haberleşebilen algılayıcı düğümlerinden meydana gelmiş bir ağdır [20]. Bu küçücük düğümler algılama, veri işleme, iletişim kurabilme, organize olabilme ve rastgele olarak kullanılabilme özellikleri ile geleneksel kablosuz ağlara göre büyük bir gelişme göstermiştir [21]. KAA bu yapısı ile sağlıkta, doğal hayatı korumada, sanayide, hızla artan şehirleşmede, şehirlerdeki trafiğin düzenlenmesinde ve askeri alanlarda ihtiyaçların giderilmesinde ürettiği düşük maliyetli çözümlerle çok kısa bir zamanda popülerliğini artırmıştır [22]. KAA çok fazla sayıda düşük işlem güçlü, sınırlı hafızalı olan düğümlerden oluştuğu için kablolu ağ sistemlerinde kullanılan gelişmiş güvenlik mekanizmalarının uygulanması olanaksızdır. Bununla beraber kurulan sistemlerden hedeflenen amaçlara göre KAA yapısında da, iletişimdeki kullanıcılar haricindeki kimselerden verinin gizliliğinin (*data confidentiality*) korunması, iletilecek verinin bütünlüğünün korunması (*data integrity*), ağ içinden ve dışından yapılacak saldırılarda veya tehdit durumlarında veriye ulaşılabilirliğin (*data availability*) sağlanması, verinin güncelliğinin (*data freshness*) sağlanması, hareketli düğümlerin uygun, güvenli konumlanmasını (*secure focalization)* sağlayacak bir algoritmanın bulunması, değişen ve gelişen durumlara göre tekrar kendi içinde organize (s*elf-organization*) olmayı sağlayacak bir yapının bulunması, veri iletimi ile güvenlik amaçlı zaman zenkronizasyonu (t*ime synchronization*) ve verinin kaynağını teyit eden kimlik doğrulama (*authentication*) gibi güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması beklenir [23-26].

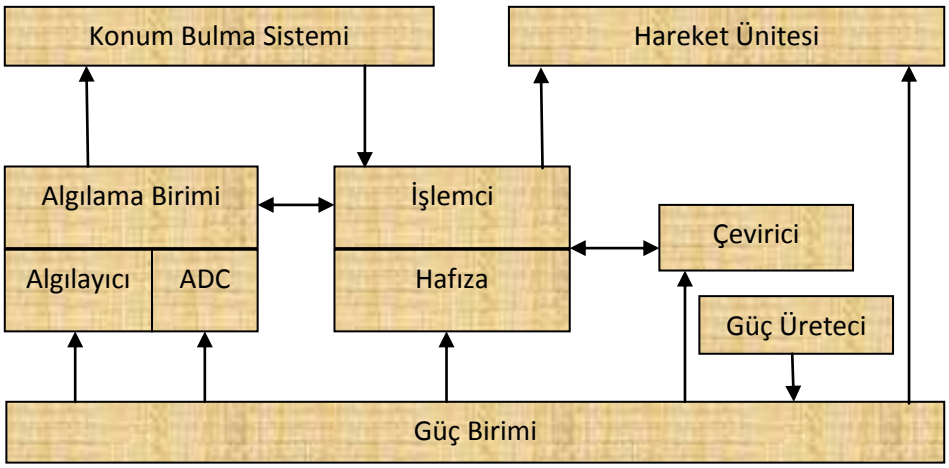
2.2. KAA Yapısı ve Düğümler

KAA genel bileşenleri Şekil 2.1'de görülen; kurulum amaçlarına göre değişmekle birlikte bilgiyi alandan toplayarak saf hali ile veya işlem kabiliyetine göre bir işlemden geçirerek yönlendiren algılayıcı düğümler (alan cihazları), yönlendirilmiş veriyi merkezi birimlere veya yöneticiye ulaştıran erişim birimi (köprü), ağı ve ağdaki iletişimi yönlendiren, bilgiyi işleyen ağ yönetim birimi ve güvenlik yönetim biriminden oluşmaktadır.



Şekil 2.1. KAA genel bileşenleri

Algılayıcı düğümler genel olarak Şekil 2.2'de görülen algılama birimi, işlem birimi, iletim birimi ve güç birimi olmak üzere dört ana birimden oluşmaktadır [27]. Bu birimlere üretim amacına göre konum tespit ve hareket kabiliyeti sağlama birimi veya birimleri de dâhil edilebilir. Kablosuz düğümlerde genel kullanım amaçları düşünüldüğünde eklenecek her yeni birimin kullanılan enerji ihtiyacını artıracağı bunun da düğümün aynı zamanda ağın yaşam süresini kısaltacağı unutulmamalıdır.



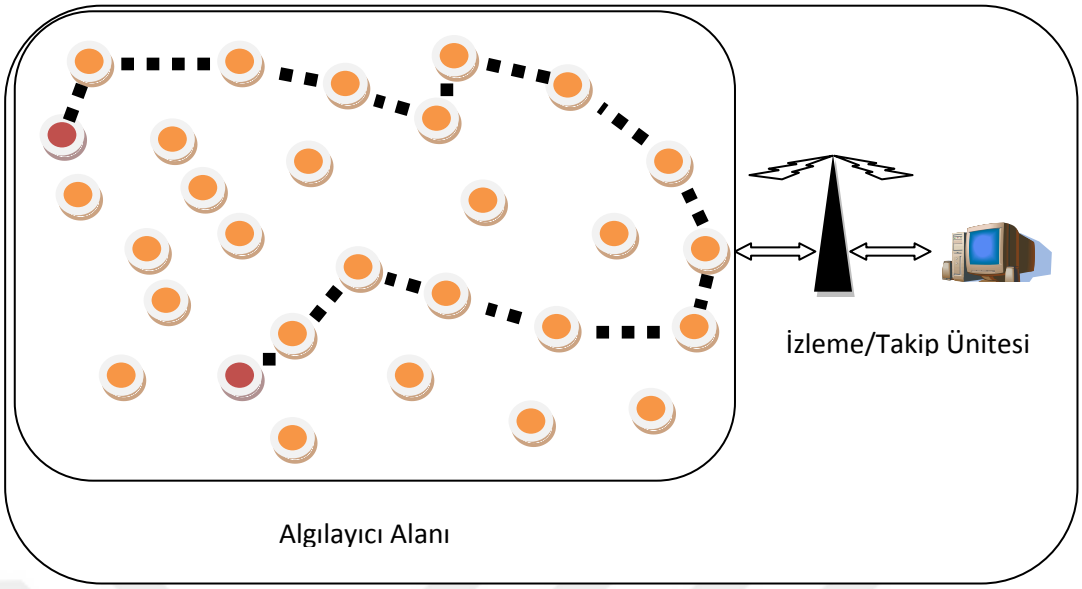
Şekil 2.2. KAA'da kullanılan düğümlerin genel yapısı

2.3. KAA'da Hedef Tespit ve İzleme

KAA'da hedef izleme son dönemlerin önemli çalışma alanlarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.3). Bu kapsamda endüstriyel, tarımsal, doğal yaşamın-yabani hayvanların korunması ve güvenlik alanındaki kullanımı ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır [8].

Hedef tespit ve izleme sistemlerinin yaygın kullanım alanlarının bulunması, üzerindeki çalışmaları da artırmıştır. Özellikle doğal yaşamın korunması gibi kontrolü ve takibi güç konularda yapılan çalışmalara büyük kolaylıklar sağlamıştır. Örneğin yangınların tespiti ve müdahalesi, vahşi/nesli tükenme tehlikesi geçiren hayvanların takibi, kritik öneme sahip bölgelerin kontrolü, deprem ve yanardağ riskli alanlardaki çalışma sonuçları önemini ortaya koymaktadır.

Hedef izleme konusunun artan terör kaynaklı iç ve dış tehdit tehlikeleri başta olmak üzere devletlerin devamlılığı için çok zor görevler üstlenen askeri kurumlar için güvenlik amaçlı kullanımının ayrı bir önemi bulunduğu değerlendirilmektedir. KAA yapılarında hedef izleme yöntemlerinin geniş bir analizi, bunların avantajları, dezavantajları ile gelişmeye açık yönleri [28]'de detaylı olarak incelenmektedir.



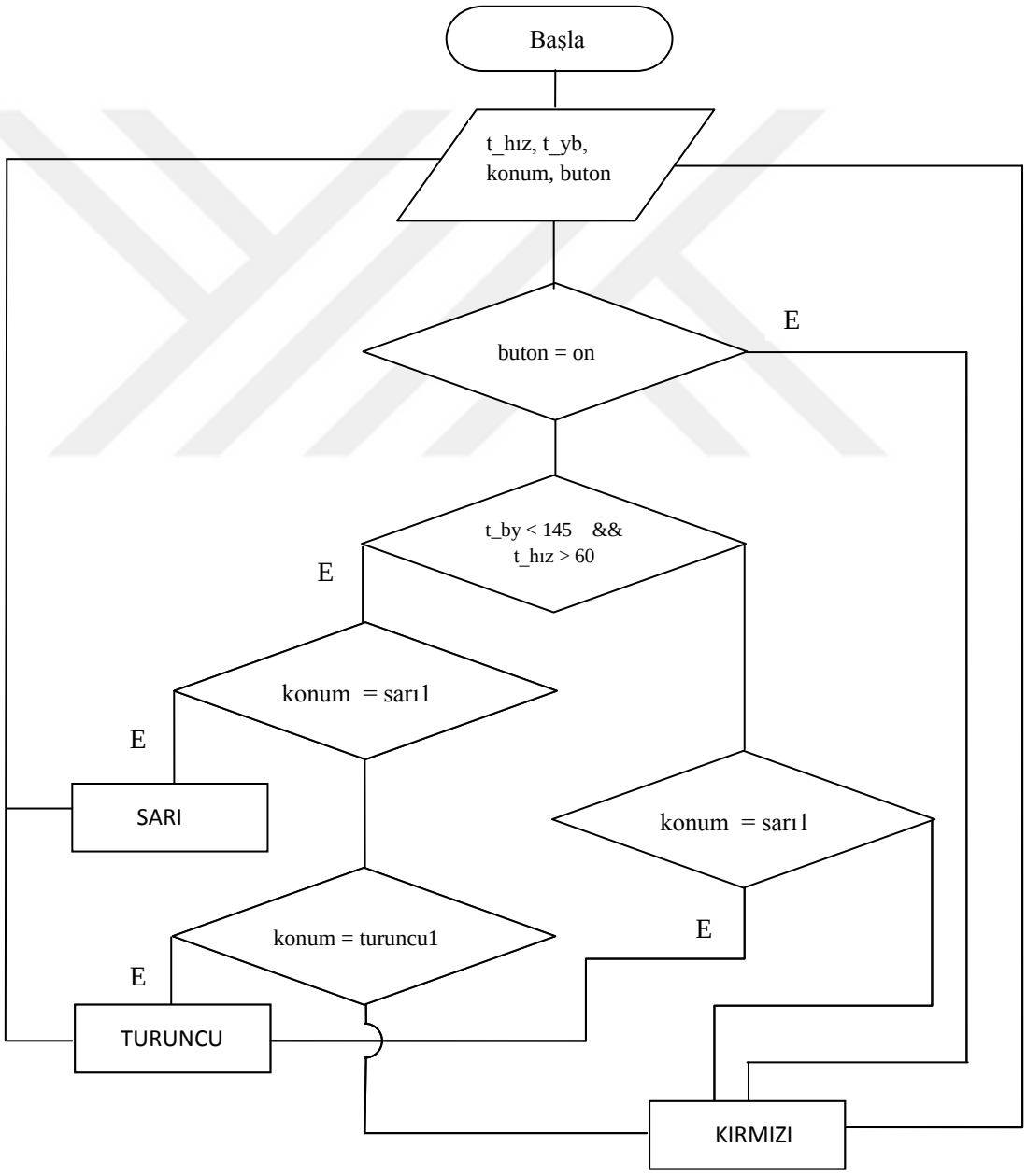
Şekil 2.3. KAA'da hareketli nesne izleme modeli (8)

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, açık alanda hedef tespit ve izleme konusunda görüntü işleme çalışmalarında ağırlık olduğu görülmektedir. Görüntü işleme temelli çalışmaların her alanda uygulanabilirliği mümkün değildir, ihtiyaç duyacağı enerji çok yüksektir. Kurulan sistemin devamlılığını sağlamak zordur. Daha da önemlisi görüntü işleme yaklaşımında kullanılacak sistemlerin boyutları ve özellikleri nedeni ile gizlenmesinin zor olacağı değerlendirilmektedir. Askeri-güvenlik amaçlı kullanım koşulları ise ülke geneli, sınırlar ve kritik bölgeler olarak çok fazla noktada geniş alanlardan oluşması nedeni ile maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik temelli yeni bir bakışa ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda yapılan çalışma rastgele veya planlı konumlandırma esaslı algılayıcılardan alınan kızılötesi veya RF sinyallerinin işlenmesi yolu ile yapılacak hedef tespiti ve izlenmesi konusuna odaklanmıştır.

2.3.1. Hedef izlemede algılayıcı seçimi ve yerleştirilmesi

Güvenlik, sağlık, doğal hayatın korunması ve trafik kontrolü gibi alanlarda ağırlığını hissettiren hedef tespit ve izleme uygulamalarında genellikle nem, basınç, titreşim vb. birçok veriye duyarlı algılayıcıların kısıtlı özellikte olanları kullanılabilmektedir. Hedef konumunu tespit ve izlemede PIR (Passive Infrared Sensor) algılayıcılar [29], RFID (Radio Frequency IDentification), Ultrason ve Radyo Frekans algılayıcılar [30] kullanılmaktadır. Yapılan literatür çalışmasında izleme amaçlı kullanılan

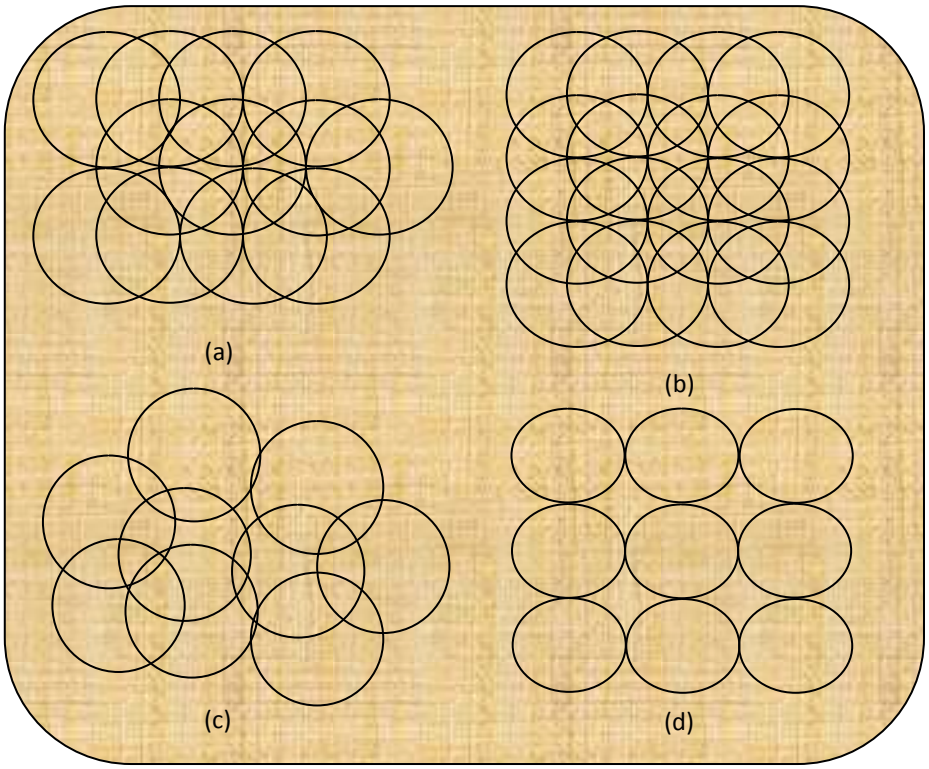
algılayıcıların kısıtlı olduğu görülmektedir dolayısı ile izleme amaçlı yapılarda kullanılan algılayıcılardan alınan veri türleri de sınırlıdır. Uygulamada algılayıcılardan, tehdit kapsama alanına girdiği andan itibaren hız, boy/yükseklik ve konum bilgisinin alınabildiği varsayılmaktadır. Bu doğrultuda çalışmamızda ortaya koyduğumuz amaca ulaşmak için hedef tespit ve izleme amaçlı yapıdan aldığımız verilerin belirli algoritmalardan (Şekil 2.4) geçirilmesi ile algılanan hareketin güvenlik tabanlı yorumlanması yapılmıştır.



Şekil 2.4. KAA sistemi, planlı düğüm yapısında kullanılan algoritma

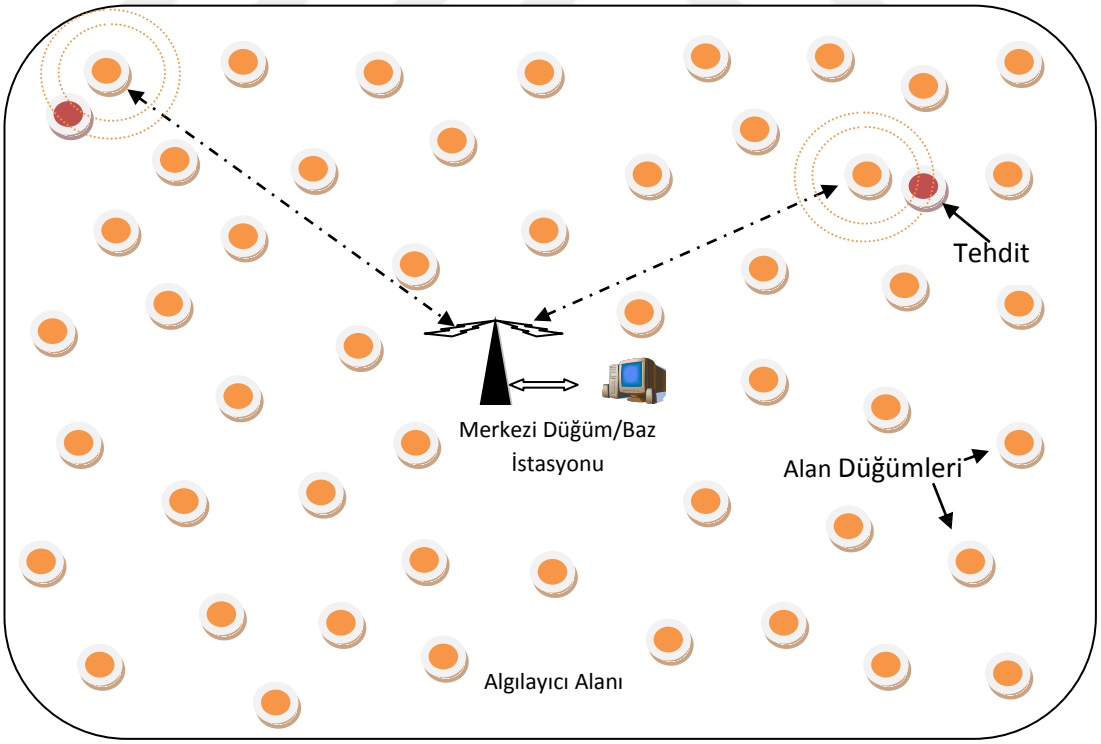
Planlı ve rastgele dağıtılmış düğüm yapılarında kullandığımız algoritmalar temel özellikler olarak benzerlikler içermektedir. Yukarıda sunulan planlı düğüm algoritmasının rastgele düğüm algoritmasından farkı, alınan konum bilgisinin belirlenmiş ve derecelendirilmiş konum verileri ile karşılaştırılarak uyarı üretilmesi yerine, tehdidi tespit eden düğümün merkeze mesafesinin daha önceden belirlenmiş uzaklık değerleri ile karşılaştırılarak uyarı üretilmesi olduğu söylenebilir. Algoritmamızda tehdit hızı t_hız, tehdit boy/yüksekliği t_by şeklinde ifade edilmiş konum ise derecelendirilmiş alanları gösteren sarı1, turuncu1 ve kırmızı1 değer kümeleri ile karşılaştırılarak değerlendirmeye alınmıştır. Burada her renk grubu belirlenmiş güvenlik bölgelerinde kalan düğümleri ifade etmektedir.

KAA sisteminde yapacağımız hedef tespit ve izleme verilerinin güvenlik tabanlı analizi için algılayıcıların seçilmesi yanında yerleştirilmesi de önemli hale gelmiştir. Algılayıcıların seçilen alana yerleştirilmesi konusunda üçgen yerleştirme (Şekil 2.5)/(a), dörtgen yerleştirme (Şekil 2.5)/(b) ve düzensiz yerleştirme (Şekil 2.5)/(c) olarak üç yöntem öne çıkmaktadır [30].



Şekil 2.5. KAA'da algılayıcı yerleştirme yöntemleri

KAA yapılarında hedef tespit ve izleme matematiksel temellerle yaygın olarak üçgenleme yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. KAA sistemleri üzerine ortaya konulan her yeni düşünce farklı bir kurulum ve işletim gerektirmektedir. Hedef tespit ve izleme modellerinde de basit işlemlerle hesaplanabilirlik önemli noktalardandır. Bu nedenle değişik algılayıcı düğüm yerleştirme modelleri denenmiştir. Çalışmamızda KAA sistemlerine kazandırılması düşünülen yeni yetenek ile ilgili modellemeyi gerçekleştirebileceğimiz farklı bir yerleşim denenmiş (Şekil 2.5)/(d), çalışma sonunda basit yeni düzen ve düzensiz yerleştirme modeli sonuçları değerlendirmeye alınmıştır. Modelimizde hedef tespit ve izleme ile ilgili olarak her düğümün kendi algılama çevresinden tehdidin hız, boy/yükseklik ve konum verilerini hassas olarak alıp merkezi olarak konumlandırılmış düğüme iletebilecek yeteneğe sahip olduğu, alan düğümlerinin merkezi birim/baz istasyonu ile haberleştikleri varsayılmış, merkezi düğümü/baz istasyonu tarafından toplanan verilerin, merkezi birim tarafından işlenerek tehdit analizi yapması sağlanmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. KAA modelinde merkezi düğüm ve alan düğümleri ilişkisi

BÖLÜM 3. DEVS METODOLOJİSİ/YAKLAŞIMI

3.1. Giriş

Elektronik ve bilgisayar sistemlerinin hemen her dalında modelleme ve benzetim araçları yaygın olarak kullanılmaktadır. DEVS ayrık olaylı sistemler için sistem teorisi ve modelleme kavramlarını içeren ayrık olaylı sistem tanımlama yöntemidir [31].

Bu bölümde modelleme ve benzetim konusu genel hatları ile ortaya çıkış nedenleri, problemleri, getirdiği çözümler ile özetlenecek, DEVS modelleme ve benzetim yaklaşımı incelenecektir.

3.2. Modelleme ve Benzetim

Modelleme, gerçek dünya nesnesinin yaklaşık olarak ifade edilmesidir. Modelden beklenen, gerçek sistemden alınacak sonuçlara benzer sonuçlar vermesidir. Modelleme, bir sistemi incelemek üzere o sistemin basit bir örneğinin yapılması anlamına gelir. Bu örnek gerçek sistemin yardımcısı ve basitleştirilmiş bir şeklidir. Fakat modelin de gerçek sistemden alınacak sonuçlara benzer sonuçlar verecek kadar detaylı olması beklenir [32].

Mühendislikte modelleme çok önemlidir. Modelleme ile bilgi sunumunun yapılmasının yanı sıra alternatif çözüm yolları da geliştirilebilinmektedir. Fiziksel bir sistemin ölçekli modeli üzerinden prototipinin performansı hakkında fikir sahibi olmak mümkündür. Bilgisayar teknolojisi ile paralel olarak gelişmekte olan modelleme çalışmaları, gerçek boyutlardaki bir prototipin üretiminin imkânsız veya

çok pahalı olacağı durumlarda ne kadar karlı olabileceğini göstermiştir. Deneysel tasarımlarda model kullanımının avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Problemin analitik çözümü çok karmaşıksa tecrübeye dayalı çözüm yöntemleri geliştirilebilir

- Analitik teknikler ile modelin gerçek davranışları kıyaslanarak olası davranışları kanıtlanabilir.

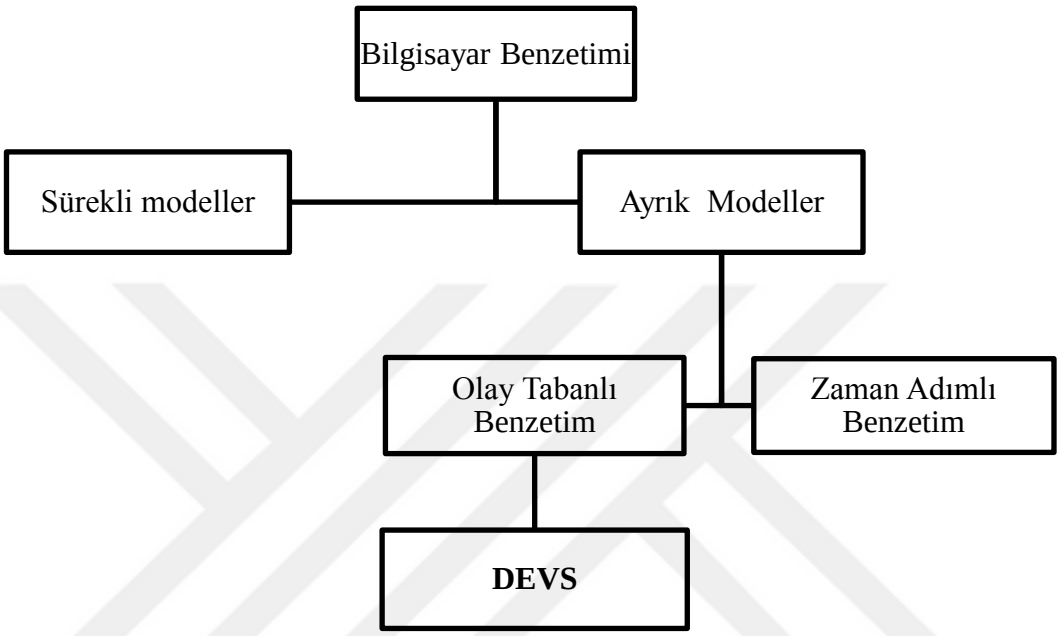
- Prototipin çok büyük boyutlarda olması, taklit edilemeyecek çevresel faktörler altında olması, çok küçük yapıda olması, tehlikeli çalışma şartları altında bulunması, vb. gibi ulaşılamayacak özellikleri olması durumunda üzerinde çalışmalar yapılabilir.

Amaca uygun bir modelin oluşturulması ve uygulanabilmesi için sistem hakkında önbilgiye sahip olunması gerekir. Modelleme veya benzetim çalışmaları ile bilgi sahibi olunan bir konu üzerindeki çok önemli çalışmalar daha az zaman, emek ve maddi imkân kullanılarak temellendirilmiş, bu yolla çok önemli sonuçlar ortaya konulmuştur. Modelleme ve benzetimin sağladığı faydaların kabul görmesi bu alandaki çalışmaları artırmış mevcut eksikliklerinin giderilmesi yönünde yoğunlaşılmasına sebep olmuştur [33].

3.3. DEVS Modelleme ve Benzetim Teorisi

DEVS (Discrete Event System Specification - DEVS), ayrık olaylı sistemler için sistem teorisi ve modelleme kavramlarını daha özel bir biçimde ifade eden ayrık olaylı bir sistem tanımlama yaklaşımıdır. DEVS yaklaşımının sadece ayrık olaylı modeller için değil, aynı zamanda ayrık zamanlı ve diferansiyel denklemli sistemlerle ifade edilen davranışları uyarlamak için de bir hesaplama temeli oluşturması, modelleme ve benzetim aktivitelerinde DEVS yaklaşımının yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır [34].

Bilgisayar benzetimi, sürekli ve ayrık modeller olarak ikiye ayrılır, ayrık modelleri de olay tabanlı ve zaman adımlı olmak üzere ikiye ayırabiliriz (Şekil 3.1) [34]. DEVS, ayrık olay tabanlı, modüler ve hiyerarşik bir benzetim yaklaşımıdır ve son zamanlarda diğer yaklaşımlardan daha fazla öne çıkmaktadır [35,36].



Şekil 3.1. Benzetim sınıflandırması içerisinde DEVS yönteminin yeri (34)

Ayrık olaylı yaklaşımlar sınıfı içinde modeller, zamanın sürekli olduğu ancak sınırlı bir zaman periyodunda sonlu sayıda olayın meydana geldiği bir soyutlama seviyesinde tanımlanır. Bu olaylar, sistemin durum değiştirmesine neden olabilir. Olaylar arasında sistemin durumu kesinlikle değişmez. Sistemin durumunun zaman içerisinde sürekli değiştiği sürekli modellerden bu noktada farklıdırlar [31]. DEVS yaklaşımının değişik amaçlar için kullanılan birçok farklı uyarlamaları mevcuttur.

3.3.1. Klasik DEVS yaklaşımı

Klasik DEVS yaklaşımında, sistem davranışı atomik DEVS ve birleşik/tümleşik DEVS olmak üzere iki farklı seviyede tanımlanır:

Atomik DEVS modeli; DEVS formalizminin alt parçalara ayrılamayan temel modelidir ve temel yapısal dinamikleri içerir. En düşük seviyede, sıralı durumlar arasındaki geçişler gibi ayrık olaylı sistemin otonom davranışını, harici giriş olaylarına nasıl tepki verdiğini ve çıkış olaylarını nasıl hesapladığını tanımlar. Bir atomik model, giriş-çıkış portlarına, durum değişkenlerine, başlangıç durumuna ve dâhili ve harici durum geçiş fonksiyonlarına sahiptir [34]**.**

Bir atomik DEVS modeli matematiksel olarak;

M= <X, S, Y, δint, δext, λ, ta> şeklinde tanımlanır. Burada;

X: giriş olayları kümesini,

S: Olası tüm durumlar kümesini,

Y: çıkış olayları kümesini,

δint: S→S Dâhili durum geçiş fonksiyonunu,

δext: Q x X→S Harici durum geçiş fonksiyonu,

Burada; Q = {(s,e)|s - S, 0≤ e≤ta(s) toplam durum kümesini,

e, en son olan geçişten bu yana geçen süreyi,

ta: S→R+0,∞Zaman artış fonksiyonunu, (0 ve ∞ arasındaki pozitif reel sayılar kümesidir.)

λ: S→Y Çıkış fonksiyonunu ifade etmektedir.

Birleşik DEVS modeli; daha yüksek bir düzeyde, bir sistemi bileşenler ağı olarak tanımlar. Bileşenler, atomik DEVS modelleri ve diğer birleşik DEVS modelleri olabilirler. Bağlantılar, bileşenlerin birbirini nasıl etkilediğini gösterir. Özellikle, bir bileşenin çıkış olayları, ağ bağlantısı aracılığıyla bir diğer bileşenin giriş olayları olabilir. Birleşik DEVS modeli, bir veya daha fazla atomik ve/veya birleşik modelden oluşabilir. Her bir birleşik DEVS için bir atomik DEVS tasarlanabileceği gibi, atomik veya birleşik olan bir DEVS modeli bir atomik DEVS ile gösterilebilir. [31,34].

3.4. DEVS-Suite Benzetim Ortamı

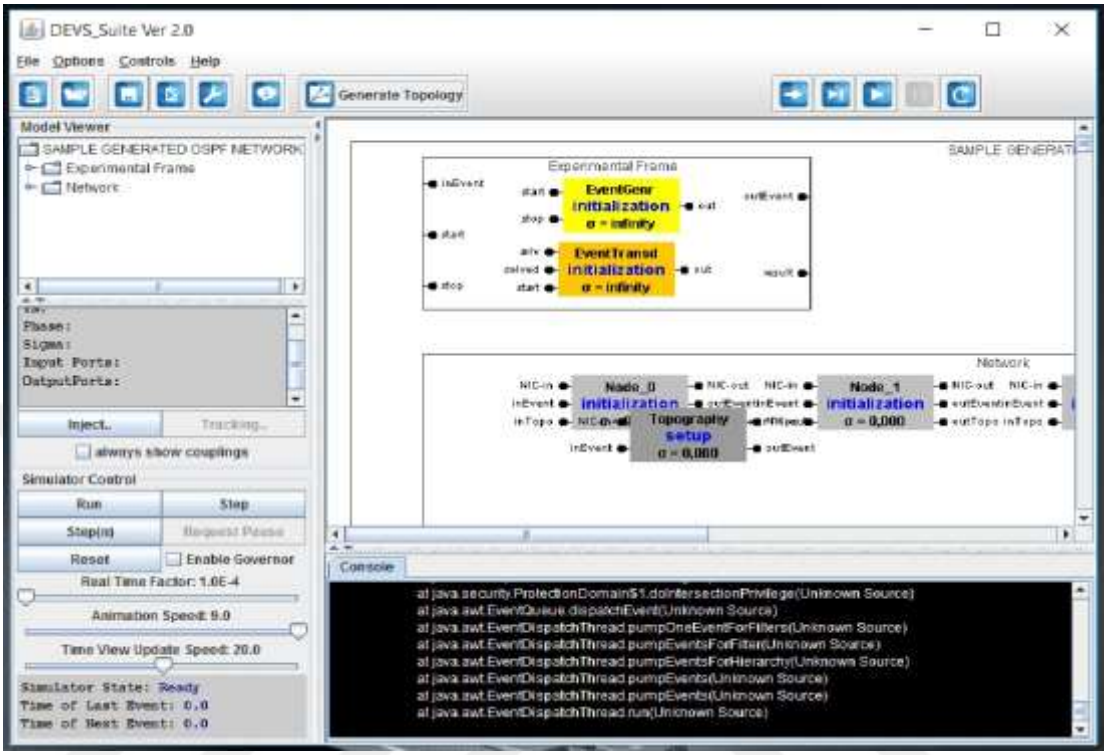
Daha öncede ifade edildiği gibi, DEVS yaklaşımı sistem davranışını atomik (atomic) DEVS ve birleşik (coupled) DEVS olmak üzere iki farklı seviyede tanımlar. Atomik DEVS; en düşük seviyede, sıralı durumlar arasındaki geçişler gibi ayrık olaylı sistemin otonom davranışını, harici bir girişe (olaylar) nasıl tepki verdiğini ve çıkışı (olaylar) nasıl hesapladığını tanımlar. Birleşik DEVS, daha yüksek bir seviyede, bir sistemi bileşenler ağı olarak tanımlar. Birleşik DEVS, başka birleşik DEVS bileşenlerine sahip olabildiği için hiyerarşik modelleme yapısını da destekler. Bileşenler, atomik DEVS modelleri ve birleşik DEVS modelleri olabilirler. Bağlantılar, bileşenlerin birbirini nasıl etkilediğini gösterir. Özellikle, bir bileşenin çıkış olayları ağ bağlantısı aracılığıyla bir diğer bileşenin giriş olayları olabilir [31,34,37,38].

DEVS yaklaşımının çok sayıda yazılım uyarlaması vardır. DEVS-Suite ve DEVSJAVA, paralel DEVS ve onunla ilişkili teknolojilerin nesne yönelimli bir gerçekleştirimidir. Java programlama dilinin gelişmiş özelliklerini ve nesne yönelimli programlama tekniklerini kullanarak karmaşık sistemlerin ve ağ sistemlerinin davranışlarını DEVS yaklaşımını kullanarak görüntülerler [34].

DEVS-Suite modelleme ve benzetim ortamı paralel DEVS formalizmine dayanır ve modüler, hiyerarşik, ayrık olay sistem ortamı, nesneye dayalı Java programlama dili kullanılarak gerçeklenmiştir [40]. DEVS-Suite ortamında Java programlama dilinin avantajları da kullanılarak hazırlanmış birçok benzetim ortamı modellemeleri mevcuttur.

DEVSJAVA; DEVS yaklaşımını /metodolojisini kullanan, nesne yönelimli yapısı ile bir ağı oluşturan düğümlerin, yazılım varlıklarının ve deneysel çerçevelerin modüler bir yapıda tasarımını, yeniden kullanımını sağlayan tamamen Java sınıf ve paketlerinden oluşan bir modelleme ve benzetim ortamıdır. Örneğin GenCol, veri yapılarının/varlıklarının sunumu için gerekli sınıfların yer aldığı bir pakettir**.** genDevs, formalizm/yaklaşım prensiplerinin çekirdeğini oluşturan bir pakettir.

simView ise benzetim sonuçlarının grafiksel olarak sunumunu yapan bir pakettir [34].



Şekil 3.2. Örnek bir DEVS_Suite benzetim ortamı [34]

DEVS-Suite; Java programlama dili ile geliştirilmiş ve DEVSJAVA benzetim aracının yeni bir sürümü olan genel bir modelleme ve benzetim aracıdır (Şekil 3.2). DEVS-Suite benzetim aracını diğer araçlardan öne çıkaran birçok özelliğin arka planında, Java programlama dili ile tasarlanmış olması yatmaktadır. DEVS-Suite, DEVS yaklaşımına dayalı, açık kaynak kodlu, ayrık olaylı genel amaçlı bir benzetim ortamıdır ve modüler, hiyerarşik, ayrık olaylı sistem ortamı, nesneye dayalı Java programlama dili kullanılarak gerçeklenir [34].

BÖLÜM 4. DEVS TABANLI HEDEF TAKİP SİSTEMİ VE GÜVENLİK ANALİZİ

4.1. Giriş

Her geçen gün artan terör olayları ile emniyet ve asayişin sağlanmasının güçleştiği dünyamızda güvenlik ön plana çıkmaktadır. Birçok ülkede güvenliğin sağlanması amacı ile teknolojinin tüm imkânları kullanılmakta, yeni ihtiyaçlar için teknolojik anlamda önemli bütçeler ayrılmakta ve araştırmalar yapılmaktadır. Bizde bu düşünce ile KAA sistemlerinin hedef tespit ve izleme yeteneğinin askeri güvenlik kapsamında kullanımını araştırma konusu yaptık. Çalışmamızda temel amaç, kritik öneme sahip bir yapının/yerin, KAA ile çevrelenmesi yolu ile kurulacak bir algılayıcı alanda meydana gelen her türlü hareketliliğin tespiti, izlenmesi ve alınan verilerin analizi ile güvenlik gerekliliği veya olası güvenlik riskinin ortaya konulmasıdır. Çalışmamızda KAA sistemlerinin kullanılmaları ile ilgili olarak şimdiye kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak, hareket analizinin daha az maliyetli ve daha az enerji tüketimli olması için görüntü işleme sistemlerinin olmadığı bir ortamda sadece RF sinyalleri veya PIR algılayıcılar kullanıldığı varsayılmıştır. Bu sayede; sıcaklık, titreşim, hareket vb etmenleri algılayan düğümlerden gelen verinin hız, boy/yükseklik ve konum bilgileri üzerinden analizinin yapılarak, merkezi birimlere tehdidin boyutu ile ilgili olarak ön bilgi sunulması, bunun harcanacak emek ve zamanı azaltması sağlanacaktır.

İnsanlığın bilinen tarihinin başlangıcından bu yana var olan gerçek; tehlike ve tehditlerin yaşamın bir parçası olduğudur. İlkel yaşamda bu tehdit ve tehlikeler doğa temelli, ilerleyen süreçte ve günümüzde ekonomi temelli ortaya çıkmakta olup, kültürel ve dinsel/mezhepsel temelli tehdit ve tehlikeler de artar şekilde devam etmektedir. Teknolojinin imkânlarını kullanan şiddet yanlısı birey veya gruplar, ekonomik veya başkaca çıkarlar nedeni ile devletlerin ortaya koydukları şiddet;

zorunlu şekilde savunma sistemlerinin kurulmasını, değişen dünya imkân ve ihtiyaçlarına göre geliştirilmesini gerektirmektedir.

Gelişen ve değişen dünyamızda küreselleşmenin getirmiş olduğu tehditlerin en büyüklerinden bir tanesinin de terörizm olduğunu söyleyebiliriz. Terörizmin uluslar arası boyutları, ortaya çıkış nedenleri ve devletlerin bu kapsamda ortaya koyabileceği tedbirler uzun süren çalışmalara rağmen tam olarak netleştirilememiş, ortaya çıkardığı tehdidin devamlılığını engelleyememiştir [40,41].

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz de hem dış tehdit unsurlarına hem de ülke içinde yapılanmış iç tehdit unsurlarına karşı kolluk güçleri ile mücadele etmek zorundadır. Ülkemizde güvenlik şehir merkezlerinde EGM (Emniyet Genel Müdürlüğü) birimleri, sınır hatları ve kırsal bölgelerde ise TSK (Türk Silahlı Kuvvetleri) birimleri ve JGNK (Jandarma Genel Komutanlığı) unsurlarınca sağlanmaktadır.

Ülke içinde birçok noktada konuşlanmış olan EGM ve JGNK'na ait karakollar ile sınır hatlarımız boyunca görev yapan birçok TSK görev birimleri bulunmaktadır. İç ve son dönemde gittikçe artmakta olan dış tehdit varlığı insan merkezli güvenlik anlayışına farklı çözüm yolları geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

7/24 olarak da kısaca ifade edilen kesintisiz güvenliğin sağlanması gerekliliği, sınır hatlarında birçok imkânın hiç olmadığı veya kısıtlı karşılanabildiği birimler/personel için çok büyük riskler barındırmaktadır. Geçmiş dönemlerde sınır hatlarında veya ülke genelinde konuşlu bulunan karakollara terör unsurlarınca yapılan saldırılar sonucunda ortaya çıkan tablolar ifade ettiğimiz risklerin kaçınılmaz, üzücü sonuçlarındandır.

Mevcut tehditlerin varlığı göz önüne alınarak, son dönemlerde çeşitli teknolojik cihazlar ile donatılması planlanan, kısmen kamera veya başkaca sistemlerin kurulmuş örneklerini gördüğümüz karakol veya sınır birliklerinde KAA sistemlerinin daha yaygın ve etkin kullanımının çok büyük avantajlar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAA sistemlerinin askeri alan izleme amaçlı kullanımı birçok ülke tarafından uzun zamandan bu yana kullanılmakta, aynı ülkeler tarafından bu alanda çok önemli çalışmalar otaya konulmaktadır. Benzer nitelikte çalışmalar yakın zaman önce ülkemizde de başlamış, KAA sistemlerinin sınır hatlarında kaçakçılık veya terör maksatlı geçişler kapsamında kullanımını gündeme getirmiştir. Belli bir alanın KAA sistemleri ile kontrol edilmesine yönelik çalışmalar zaman geçtikçe artmaktadır [42].

Çalışmamızda ülke içinde birçok noktada bulunan karakollar veya diğer kritik binalar için kullanılması gerektiğini değerlendirdiğimiz KAA sistemlerinin sınır güvenliği amacı ile ulaşılması ve hatta yaşamsal ihtiyaçların dahi zor giderilebildiği noktalarda kullanımı ile ilgili olarak; enerji etkin, tehdit unsuru analizi başarımını içeren bir modeli ortaya konulmuştur.

4.2. KAA Sisteminin Kurulması ve DEVS Tabanlı Modellenmesi

KAA sistemlerinin askeri veya diğer amaçlar ile kullanılmaları kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde; genel olarak hedef tespit, hedef izleme, enerji verimliliği, kendi kendine organize olabilme etkinliğinin iyileştirilmesi, kullanılan algoritmaların geliştirilmesi, algılayıcı düğümlerin işlem /iletim performanslarının artırılması ve ağ içi güvenlik gibi konuların ön planda tutulduğu görülmektedir [11-14,43]. Geniş alanların izlenmesi ile ilgili olarak ağ sistemlerinden alınan hedef tespit/izleme verilerinin analizi ve değerlendirilmesi konusunda ise referans bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Önceki bölümlerde de genel olarak bahsedildiği gibi ülkemizde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde, sınır hatlarında çok zor koşularda güvenlik hizmeti üretilmek zorunda kalınmaktadır. Bu bölgelerde ortaya konulan tedbir türlerinin %90'ından fazlası insan gücü ile ortaya konulmaktadır (Şekil 4.1).

Örnek (Şekil 4.1) arazi parçası üzerinde konuşlu bulunan birlik veya görev birimleri için ulusal veya uluslararası terör tehdidinin de var olduğu koşullar göz önüne alındığında, 24 saat esasına göre hizmet üretilmesi insanın doğal özelliklerine

aykırılık oluşturmaktadır. Bu durum özellikle Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgemizde bulunan sınır hatlarındaki arazinin bulunulan alana göre görüş ve kontrol edilebilir sahasının 10 metrelere kadar düşen ağır koşulları ile birleştiğinde; devamlılık gerektiren insan merkezli güvenlik anlayışının zorluğu ortaya çıkmaktadır.

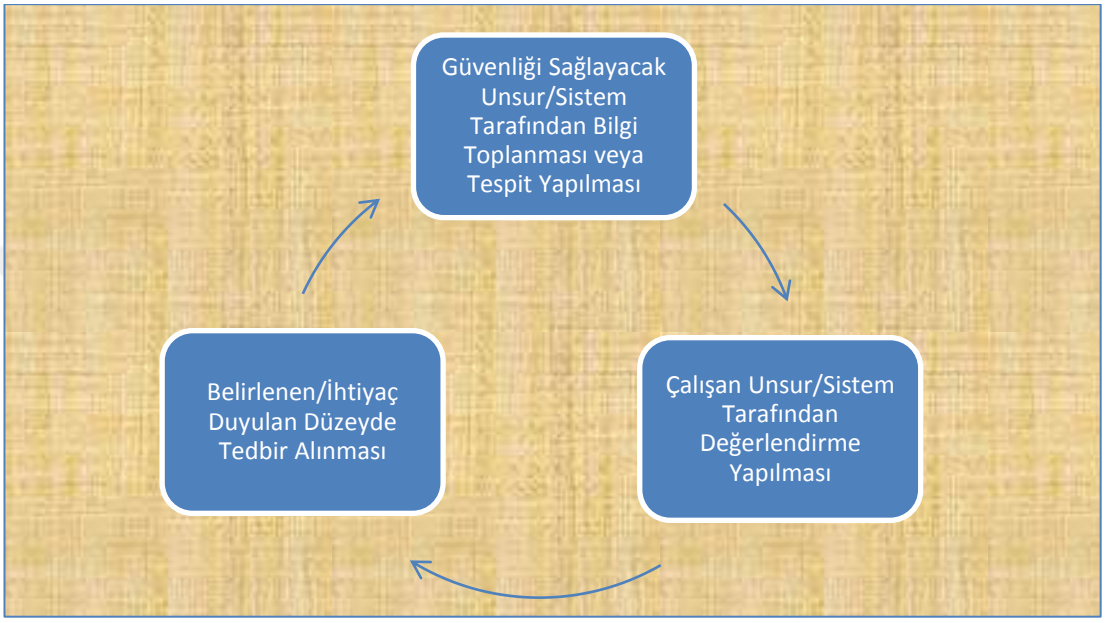
Şekil 4.1. KAA modellemesi için Google Maps ortamından seçilen alan

Klasik güvenlik anlayışında, güvenliğin temel unsurunun insan veya elektronik sistemler olması fark etmeksizin, ilk olarak güvenliğin sağlanacağı yer, alan, bina vs. belirlenmekte, imkanlar dâhilinde güvenlik sistemi kurulmakta, bundan sonraki süreç Şekil 4.2'de gösterildiği gibi işlemektedir. Bu işleyiş kesintisiz olarak devam etmektedir.

Klasik anlayışta, güvenlik insan merkezli sağlanıyorsa, yetiştirilmiş kişiler tarafından tehdit, koşullara göre tespit edilebilmekte, değerlendirilmekte ve mevcut kurulu sistemle ihtiyaç duyulan tedbirlerin alınması sağlanmaktadır. Güvenliğin sağlandığı sistemde KAA veya benzeri yapıların aktif olması durumunda, tehditle ilgili bilgiler yönetici veya kullanıcı birilere aktarılmakta, yönetici veya kullanıcı birimler

tarafından ihtiyaç duyulan tedbirler alınmaktadır. Bu yöntemlerin geniş arazi koşullarında işletilmesi kapsamında bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar;

- İnsan merkezli güvenlik anlayışındaki kesintisiz işleyişin, insan doğasına uygun olmaması nedeni ile ortaya çıkan olumsuzluklar veya aksaklıklar,



Şekil 4.2. Klasik güvenlik anlayışı, işleyiş çevrimi

- İnsan merkezli anlayışın uzun vadede ortaya çıkardığı psikolojik rahatsızlıklar,

- Kamera sistemlerinin geniş arazilerde kurulum ve işletiminin koşullar gereği çok zor ve özelliği itibari ile yüksek maliyetli oluşu,

- Kamera veya görüntüye dayalı sistemlerin işletiminin yüksek enerjiye ihtiyaç duyması, yerleşim alanlarından uzak ormanlık veya dağlık arazi kesimlerinde enerjinin seyyar sistemlerle üretilmesi, kısıtlı kullanım imkânın olması,

- Kamera sistemlerinin aynı zamanda sürekli izleme gereksiniminin, kesintisiz insan müdahalesi gerektirmesi,

- Kamera sistemlerinin arazi koşullarında gizlilik de sağlayacak şekilde kurulumunun güçlüğü,

- KAA sistemlerinin kullanıldığı sistemlerde, tehditle ilgili herhangi bir değerlendirme yapılamadığı durumlarda, her tehdit algılanması durumunda aynı tedbirlerin alınması gerekliliği olarak ifade edilebilir.

Yukarıda sunulan gerekçeler doğrultusunda mevcut sistemlerin sınır hatlarında bulunan birim, birlik, binalar veya ülke genelinde bulunan kritik nitelikli alanlar için izleme yanında izleme verilerinin ilk aşamada tehdit değerlendirmesini yapabilecek, daha az enerji tüketen bir örneğinin DEVS tabanlı KAA ile kurulmuş bir modeli ortaya konulmuştur.

Kuracağımız model mevcut, aynı amaçlar ile kullanılan kamera ve görüntü işleme özellikli örneklerine göre, sadece RF ve kızılötesi sinyaller kullanan KAA düğümlerden oluştuğunun varsayılması sebebi ile daha az enerjiye ihtiyaç duyacak, daha az maliyetli olacak ve sistemin arazi üzerinde gizlenebilmesi imkânını artıracaktır.

Yapılacak modelleme için örnek bir arazi parçası alınmış, korunması gereken ana merkez dışında kalan alan, eğim ve gizli yaklaşma imkanlarına göre dilimler halinde sınıflandırılmıştır (Şekil 4.3). Düğümler geniş bir alana planlı ve rastgele olarak yerleştirilecek, alandaki tehlike önceliğine veya kritik öneme sahip alana uzaklığına göre gruplandırılacak ve tehdit durumuna göre sınıflandırılacaktır. Genel gruplama yanında, uzaktan yakına doğru ayrı bir gruplama yapılacak, algılanan hareketin izleme alanına giriş yönü de dâhil olmak üzere izlenen hareketin hızı, konumu ve boyu incelemeye tabi tutulacaktır. Bu yolla elde edilen hız, boy ve yön bilgileri üzerinden tehdit durumu çıkartılacaktır. Modelimizde planlı ve rastgele uygulamada düğümler tarafından toplanan verilerin doğrudan merkezi anten birimine aktarıldığı varsayılmıştır.

Modelimizde konum bilgisi esas alınacak, hız ve boy/yükseklik değerlerinin karşılaştırılması sonrasında tehdidin insan olabileceği yönündeki değerlendirme, konum bilgisine göre oluşturulacak uyarının bir üst güvenlik seviyesine çekilmesine sebep olacaktır. Hız değerinin 0-5 km/saat aralığında ölçülmesi ve boy/yükseklik değerinin 145 cm üzerinde olması insan olarak değerlendirilme koşulu olarak belirlenmiştir. Koşullardan hız aralığın belirlenmesinde; insanın arazi koşullarında hızının 0- 5 km/saat ortalama değerlerinde olacağı, daha yüksek hızlara ancak doğal koşullarda yaşayan hayvanların ulaşabileceği düşüncesi, boy/yükseklik değerinin belirlenmesinde; ülkemiz koşullarında yaşayan hayvan türlerinin boy/yükseklik değerlerinin 145 cm altında olması ve insanın hızını belli değerler arasında ayarlayabilmesine rağmen, arazi koşullarında ilerleyebilesi için kısa sürelerle de olsa ayakta hareket etmek zorunda kalacağı, bu durumda da 145 cm den daha yüksek olacağı düşüncesi etkili olmuştur.

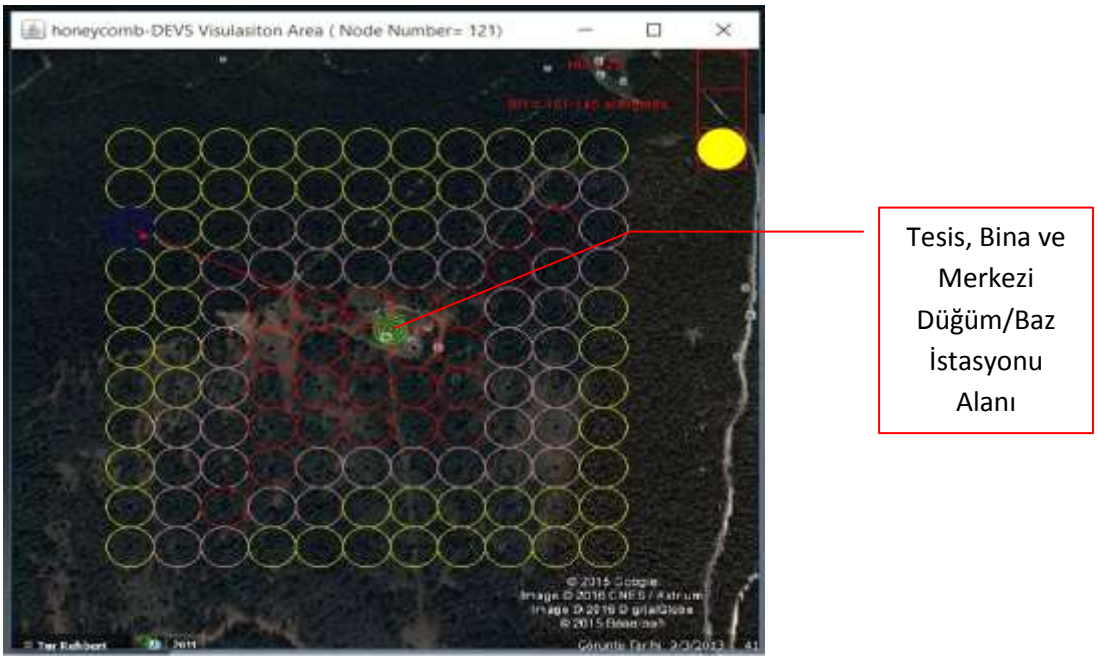
Şekil 4.3. KAA düğümlerinin düzenli yerleştirilmesi modeli

Modelimizde hız, yükseklik/boy ve konum verilerine göre hareketin güvenlik kapsamındaki analizi, seçilen alanın askeri bilgi ve değerlendirmeler kapsamında yapılan alan analizi ile karşılaştırmalı olarak yapılmaktadır. Bunun yanında simülasyon ortamında üretilen rastgele hareketin herhangi bir canlı hareketi ile

örtüştürülemez olmasına rağmen, modelden beklenen amacın ortaya koyulabilmesi adına insan hareketi ve şekline göre genel bir değerlendirme ile elde edilen hız aralığı ve boy/yükseklik değerleri esas alınmış, tespit edilen hareketin konum, hız ve boy/yükseklik değerine göre güvenlik analizi yapılmıştır. Simülasyon ortamında 0-5 km/saat hız aralığı karşılığı olarak 0-60 birim/zaman aralığı esas alınmıştır.

Çalışmamızın temel çıkış noktası; 24 saat esasına göre üretilmesi gereken güvenlik hizmetinde insan merkezli anlayışın ortaya çıkarmış olduğu olumsuz sonuçların önlenmesi konusunda etkili olabilecek, mevcut konum ve koşullarda kurulacak KAA sistemleri ile güvenlik hizmetinde aktif görevli kullanıcı veya yöneticilere yardımcı olabilecek; mevcut görüntü işleme esaslı sistemler ile kıyaslandığında; güvenilir, maliyeti ve enerji tüketimi düşük bir sistemin modelleme ve benzetimini gerçekleştirmektir.

Modelimizden beklenen, yapılan çalışmalarla algılayıcı düğümlere kazandırılan yeteneklerin bir sonucu olarak, kurulan KAA sisteminin hedef tespit ve izleme verilerinin analizini yaparak güvenlik birimlerine hedef ile ilgili değerlendirilebilir uyarılar sunabilmesidir.



Şekil 4.4. KAA düğümlerinin düzenli yerleştirilmesi modeli

Şekil 4.4.'te örnekleme olarak alınmış resim üzerinde varsayılan bir tesis veya binada olası tehdit veya tehlike uyarılarının olabildiğince erken alınmasının güvenliğin sağlanmasında ortaya koyacağı etkinin yanında mevcut konum ve koşullarda kullanılacak sistemin dayanıklı, düşük maliyetli ve düşük enerjili tasarlanması önem arz etmektedir.

Tasarlanan sistemde düğümlerden beklenen işlev temel olarak ALGILAMA (Sensor düğümler tarafından), DEĞERLENDİRME ve ANLAMLANDIRMA (Baz İstasyonu/Merkezi düğüm tarafından) işlemlerini yerine getirmektir.

Düğümler başlangıçta pasif konumundadır. Hedef algılandıktan sonra (ALGILAMA), algılamayı yapan düğüm aktif olur ve konum/mesafe ve hız bilgileri bilgisi merkez düğüm (base station) tarafından okunur. Merkez düğüm aktif olan algılayıcının konum bilgisi ve aldığı veriler üzerinden bir DEĞERLENDİRME yaptıktan sonra renklerle ifade edilen bir uyarı üreterek ANLAMLANDIRMA işlevini yerine getirmiş olur. Bu sayede toplanan verilerden üretilen uyarı, güvenlik hizmeti üreten birimlerin ortaya koyması gerekli olan eyleme dönük hareketleri olabildiğince azaltacaktır. En azından genel anlamda her algılanan hedef ile ilgili olarak harekete geçilmesini önleyecektir.

Önerilen sistemde renk kodları görselliği artırmak ve özellikle kişiler tarafından tepkisel harekete geçişi daha hızlı hale getirmek için tercih edilmiştir. Bu renkler aynı zamanda kurumlarca güvenlik düzeylerini ifade etmek amacı ile halen kullanılmaktadır. Buna eşdeğer olan genel güvenlik anlayışında üç aşama veya güvenlik düzeyi kabul görmektedir.

- Güvenlik Seviyesi-1[Renk Kodu: SARI]: Uygun asgari koruyucu güvenlik önlemlerinin her zaman için sürdürüleceği seviyeyi,

- Güvenlik Seviyesi-2[Renk Kodu: TURUNCU]: Artan bir güvenlik olayı riski sebebi ile belirli bir süre boyunca uygun ilave koruyucu güvenlik önlemlerinin sürdürüleceği seviyeyi,

- Güvenlik Seviyesi-3[Renk Kodu: KIRMIZI]: Kesin hedefi tespit etmek mümkün olmasa dahi, bir güvenlik olayının muhtemel ya da gerçekleşmek üzere olması halinde, kısıtlı bir süre için, daha ileri düzeyde, belirli koruyucu güvenlik önlemlerinin sürdürüleceği seviyeyi ifade etmektedir [44].

Mevcut sistemimizde yukarıda açıklanan güvenlik düzeylerinin seviye 1 sarı, seviye 2 turuncu ve seviye 3 kırmızı renk kodları ile ifade edilmiştir.

Sitem başlangıç durumunda ALGILAMA aktiftir ve ilk anda tespit ettiği durumla ilgili uyarı üretmektedir. Sistem her adımda, giriş verisi olarak belli aralıklarla durum güncellemesi alır, harici girişlerle ilgili olarak veri toplar, alınan veriler üzerindeki değişimleri anlamlandırır. Çalışmamızda kullandığımız güvenlik seviyesi yerine değişim mesafesi, değişimin kritik alana göre yönü, değişimin ortalama hızı ve hedefin boyu verileri ile mantıksal bir değerlendirme yapılarak belirlenecek düzeyde uyarı üretilecektir. Buna benzer nitelikte 3 düzeyli alarm verilmesi veya aynı seviyelerde renklerle ifade edilebilecek farklı güvenlik/uyarı sistemleri geliştirilebilir. Algılama eyleminin, başlangıç düzeyinde yerleştirilen düğümlerin konum bilgileri dikkate alınarak olası tehdide göre seviyelendirilmesi, sistemin tehdit değerlendirmesini daha anlamlı hale getirmiştir.

Sistem doğası gereği kesikli/ayrık bir süreç içerdiğinden DEVS atomik model yaklaşımı tercih edilmiştir. DEVS tabanlı sistemin merkezi düğüm/baz istasyonunun atomik model davranışını matematiksel olarak şöyle ifade edebiliriz.

$M = <S,X,Y,\tau,s_{\circ},\delta_{int},\delta_{ext},\delta_{conf}>$

- S = {sarı, turuncu, kırmızı, boş} ; şeklinde tüm olası durumlar ifade edilmiştir. Belirlenmiş alanda herhangi bir hareket olmadığını gösteren boş durumu, güvenlik seviyesi dışında, değerlendirilmeye alınmayacak durumdur. Belirlenmiş alan, üçüncü çevrede hareket tespiti yapılan durum, Güvenlik Seviyesi 1 olarak değerlendirilmiş ve uyarı durumu sarı renkle ifade edilmiştir, ikinci çevrede hareket tespiti yapılan durum Güvenlik Seviyesi 2 olarak değerlendirilmiş ve uyarı durumu turuncu renkle

ifade edilmiştir. Son olarak birinci çevrede hareket tespiti yapılan durum, Güvenlik Seviyesi 3 olarak değerlendirilmiş ve uyarı durumu kırmızı renkle ifade edilmiştir.

- X = {t_hız, t_by, konum} ; ile sistem tarafından toplanan veri türleri gösterilmektedir.

```
//rastgele tehdit hızı üretiyoruz
Random tehdithız = new Random();
int t_hız = tehdithız.nextInt(3)+1;
//rastgele tehdit boyu/yüksekliği üretiyoruz
Random boyyukseklik = new Random();
int t_by = boyyukseklik.nextInt(185)+1;

//konum verisi kurulum değerleri ile karşılaştırılıyor
for (int konum : kirmizi1){…
for (int konum : turuncu1){…
for (int konum : sari1){…
```

Giriş olayları olarak toplanan değerlerden tehdidin algılanan hızı t_hız, tehdidin rastgele üretilerek seçilen boy/yükseklik değeri t_by ile ifade edilmiştir. Konum konusunda planlı ve rastgele uygulama modellerinde farklar bulunmaktadır. Planlı uygulama modelinde alana yerleştirilen düğümler üç ayrı grupta planlanmıştır, tehdidi algılayan düğümün konum bilgisi düğümün içinde bulunduğu grubun tehdit düzeyinde değerlendirilir. Rastgele uygulama modelinde ise merkez birim tarafından veri toplanabilecek bir mesafe belirlenmiştir. Aktif düğüm bu alan içinde ise, merkez birime uzaklığı ölçülüp, ölçülen değer üzerinden tehdit sınıflandırılması yapılır.

- Y = {sarı, turuncu, kırmızı} ; çıktı olayları olarak ifade edilmektedir. Çıkış olayları yukarıda, tüm olası durumlar olarak ifade edilen durumlardan, sistemin tehdit algılayamadığı "boş" durumunun çıkartılması ile kalan durumlar kümesi olarak ifade edilmiştir.

- $S_{\circ} \epsilon$ S sistemin başlangıç durumunu ifade eder. Sistemin başlangıç durumu boş olarak düşünülmüştür ancak sistem ilk kurulumu rastgele olarak ürettiği için, kurulum aşamasında her dört olası "S" durumuda da başlangıç durumu üretebilmektedir.

- $\tau : S \rightarrow Q\ [0,\infty]$; {double simtime} olarak işleme alınmış olup her olay durumunun süresini ifade eden zaman ilerleme fonksiyonunu ifade eder. Sistemde zaman adım olarak ifade edilmektedir.

- $\delta_{int;}$ dahili geçiş fonksiyonu olarak alınan {t_hız, t_by, konum} verilerinin sistemi nasıl etkilediğini ifade eder, dahili geçiş fonksiyonunda tespiti yapılan hareketin boy/yükseklik değeri tehdit düzeyinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Boy/yükseklik ve hız verisine göre insan olma durumu sonucu alındığında bir yüksek risk durum uyaranı çalışır. İlgili kod bölümünden örnek aşağıda sunulmuştur.

```
for (int konum : turuncu1){
      if (konum == aranan){
        if ((t_by >= 146)){
            g.setColor(Color.red);// boy 146'dan yüksek ve hız
0-5 km/saat aralığında olduğunda tehdidi bir üst konuma çeker
            g.drawOval(580, 00, 40, 40);
            g.fillOval(580, 00, 40, 40);
                              }
        else {
            g.setColor(Color.orange);
            g.drawOval(580, 40, 40, 40);
            g.fillOval(580, 40, 40, 40);
                              }
                              }
      else continue;
                              }
```

- δ_{ext}: harici geçiş fonksiyonu olarak merkezi bir üniteden yapılacak müdahale ile sistemin mevcut durumunun kalıcı olarak değiştirilmesini ifade eder, bu durumda merkezi birim sistemi üç durumdan istediği birime değiştirebilir. Ortaya koyduğumuz sistemde bu işlemin yapılabildiği varsayılmıştır.

- δ_{conf} : çakışma fonksiyonumuzda aynı anda birden fazla giriş olması durumunda sistem tehdit değerlendirmesi yüksek olan duruma öncelik verecektir. Ortaya koyduğumuz sistemde birden çok tehdit tespit edilme durumu mümkündür ancak hareketli düğümün rastgele değerler ile ilerlemesi nedeni ile birden çok tehdit ortaya koyarak bunlar arasında öncelik belirlemenin mevcut duruma herhangi bir değer katmayacağı değerlendirilmiş, sistemin tehdidin hız, boy/yükseklik be konum bilgilerine göre tehditler arasında öncelik belirleyebildiği varsayılmıştır.

Algılama ile başlayan süreç içinde belli zaman aralıkları ile sistem yenilenir, her durumda alınan veriler yeniden değerlendirilir, değişim durumu çıkışları belirler, bu sistem içinde geçişler olabilir, bunların tamamı dâhili ve harici etki işlemi olarak değerlendirilir.

Program alt yapısında sistemi başlangıç durumu için;

```
public void initialize() {
      phase = "idle";
      sigma = INFINITY;
      super.initialize();
      queue = new Queue(10000);
      holdIn("setup", 0);
}
```

Dâhili geçiş fonksiyonu olarak; her adımda tehdidin konumu taranıyor, alınan konum bilgisi yerleştirilen düğümlerin sınıflandırılmasına göre değerlendirilip sonuç üretiliyor, standardın dışında, ikinci alanda algılanan tehdit hızı insan benzerliği taşıyorsa uyarı durumu turuncu yerine kırmızı olarak sonuç üretiyor.

```
      for (int konum : kirmizi1){
            if (konum == aranan){
      for (int konum : turuncu1){
            if (konum == aranan){
            if ((t_by >= 146)){
      for (int konum : sari1){
            if (konum == aranan){
            if ((t_by >= 146)){ // boy 146'dan yüksek ve hız 0-5
km/saat aralığında olduğunda tehdidi bir üst konuma çeker.
      for (int isg : isgal){
      if (isg == aranan){
            System.out.println("SALDIRI/SABOTAJ VAR");
            g.drawString("SALDIRI/SABOTAJ VAR",200, 300);
            }
```

Harici geçiş fonksiyonu olarak; merkezi bir konumda alarm butonuna basıldığında tehdit durumu ile ilgili olarak en üst seviyede sonuç üretildiği varsayılmıştır.

```
      public void deltext(){
          if buton = on : durum = kırmızı;
           }
```

DEVS tabanlı sistemin algılayıcı düğümlerinin atomik model davranışını ise matematiksel olarak şöyle ifade edebiliriz.

$$M = <S,X,Y,\tau,s_{o},\delta_{int}>$$

Modelle ilgili açıklamalar daha önceden ifade edildiği üzere, kullanılan düğümlerin hız, konum ve boy/yükseklik verilerini ölçebilecek yeteneğe sahip olduğu varsayımı üzerine kuruludur. Algılayıcı düğümlerin atomik model davranışı, merkezi güğüm/baz istasyonuna göre daha basit nitelikte olup, kısaca şu şekilde ifade edilebilir.

- S = {var, yok} ; olası durumları ifade etmekte olup, düğümler tarafından herhangi bir tehdit algılanıp algılanamadığı iki durumu bulunmaktadır.

- X = {t_hız, t_by, konum} ; giriş olayları ile sistem tarafından toplanan veri türleri gösterilmektedir.

- Y = { t_hız, t_by, konum } ; çıktı olayları olarak, toplanan verilerin doğrudan iletildiği bir yapıyı ifade etmektedir.

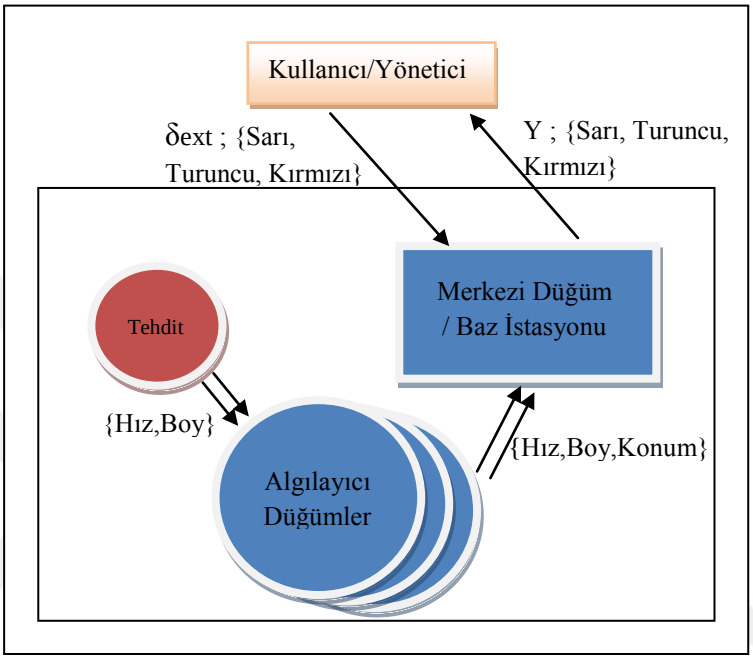
- $S_{\circ} \epsilon$ S sistemin başlangıç durumunu ifade eder. Sistemin başlangıç durumu, merkezi düğüm/baz istasyonu atomik modelinde olduğu gibi boş olarak düşünülmüştür.

- τ : S → Q [0,∞] ; {double simtime} olarak işleme alınmış olup her olay durumunun süresini ifade eden zaman ilerleme fonksiyonunu ifade eder. Sistemde zaman birim/zaman olarak ifade edilmekte olup baz istasyonu atomik modeli ile aynı şekilde ifade edilmektedir.

- $\delta_{int;}$ dahili geçiş fonksiyonu olarak alınan {t_hız, t_by, konum} verilerinin doğrudan merkezi düğüm/baz istasyonuna iletilmesi işlevini yerine getirmektedir.

Güvenlik amaçlı planladığımız DEVS tabanlı KAA sisteminin kavramsal olarak oluşturulan modeli Şekil 4.5'te sunulmuştur. Modelimizde kurulan KAA sisteminde; seçilmiş alanda planlı veya rastgele konumlanmış düğümler tarafından algılanan tehditle ilgili boy/yükseklik ve hız değerleri konum bilgisi ile birlikte iletişimde oldukları merkezi düğüm/baz istasyonuna iletilmekte, alınan veriler merkezi düğüm

tarafından DEVS tabanlı olarak giriş değerleri, dahili işlemler, harici işlemler ve çakışma fonksiyonlarına göre değerlendirilerek anlamlandırılmakta ve tehdidin durumuna uygun bir uyarı üretmektedir. Bu yolla kullanıcı veya yönetici birimler tarafından üretilen uyarı durumuna uygun güvenlik tedbiri/eylemsel hareket ortaya konulmaktadır.



Şekil 4.5. DEVS tabanlı KAA sisteminin kavramsal modeli

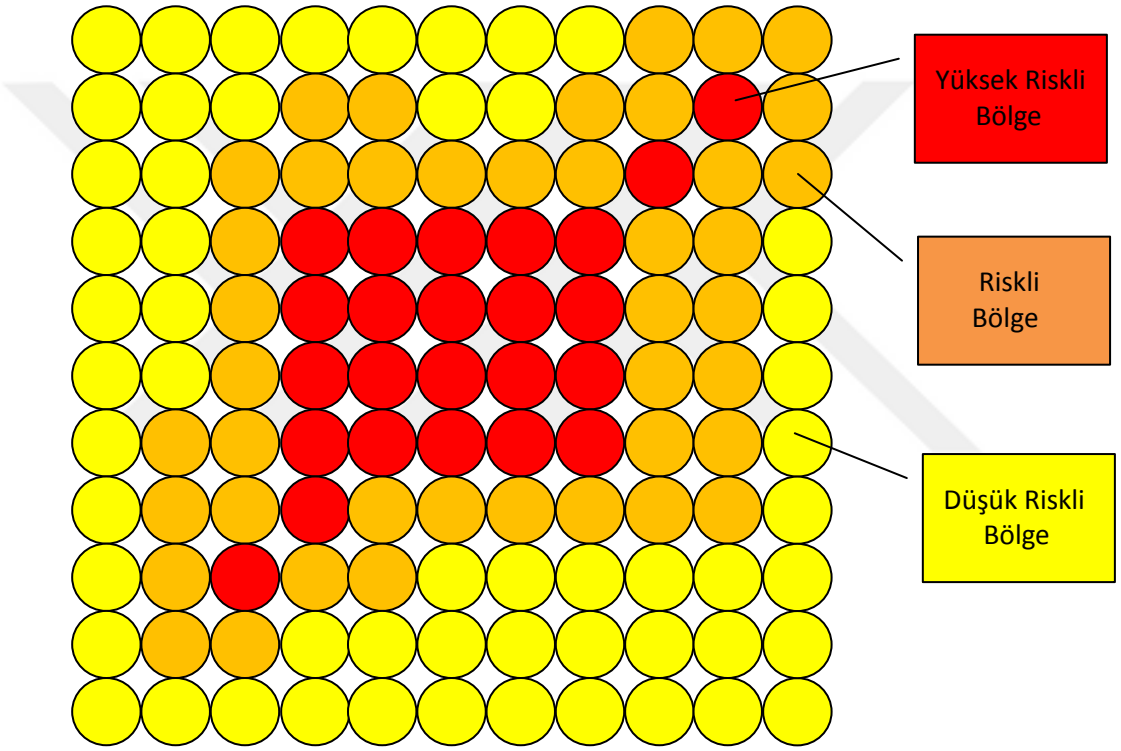
Sunulan aşamaların sağlıklı işlemesi ile insan merkezli anlayışta bireyler tarafından kesintisiz yapılması gerekli takip ve izleme ortadan kaldırılmakta, aynı hizmeti üreten kamera veya görüntü işlemeye dayalı sistemlerim ihtiyaç duyduğu yüksek maliyet, enerji ihtiyacı ve kurulum-işletim zorlukları asgari düzeye indirilmektedir.

DEVS tabanlı KAA sisteminin verimlilik değerlendirmesini yapabilmek amacı ile düğümlerin düzenli ve rastgele olmak üzere iki farklı durumunda da kurulumu, koşulları ve sonuçları ilerleyen bölümlerde incelenecektir.

4.2.1. KAA sisteminde düğümlerin planlı yerleştirilmesi

KAA yapılarının geniş alanlarda kullanımı kapsamında yapılan çalışmaların neredeyse tamamında algılayıcı düğümlerin rastgele dağıtıldığı görülmüştür. Planlı

algılayıcı düğüm yerleştirilmesi temelli uygulama örnekleri genellikle kapalı alanlarla ilgili yapılan çalışmalarda ortaya çıkmaktadır; madenlerde meydana gelebilecek kazalara çözüm getirmek amacı ile yapılan uygulama [45], bina içi uygulamalara [46] örnek verilebilir. Açık alan uygulamalarında düğümlerin planlı yerleştirilmesi KAA sistemlerinin ortaya çıkış amaçları ile tam olarak örtüşmemektedir ancak enerji kaynaklarından uzak bölgelerde, kısa süreli kontrol altında tutulması gerekli alanlarda KAA algılayıcı düğümleri planlı olarak yerleştirilebilir.



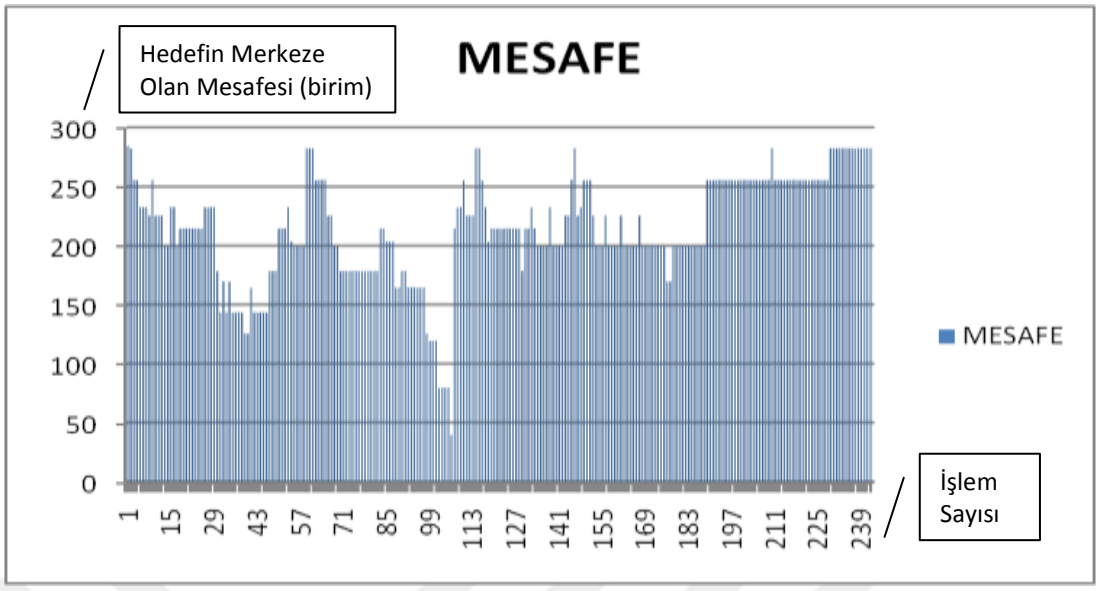
Şekil 4.6. Düğümlerin tehdit durumuna göre sınıflandırılması

Yapacağımız modelleme için seçtiğimiz alan üzerinde toplam 121 algılayıcı düğüm planlayarak bunların düzenli bir şekilde alana yerleştirilmiş olduğunu varsaydık. Algılayıcı düğümler, alanda askeri eksende yapılan gözlem ve değerlendirme kapsamında yapılan risk kuşaklarına göre farklı öncelikler alacaktır (Şekil 4.6). Şekilde risk değerlendirmesine göre dıştan içe doğru güvenlik seviyelerine göre yerleştirilmiş düğümler renk kategorilerine göre; sarı alan güvenlik seviyesi olarak tehdit düzeyinin düşük olduğu birinci güvenlik seviyesini, turuncu alan orta düzey ile

ikinci güvenlik seviyesini, kırmızı alan ise en üst düzeyde tedbir alınmasını ve alınan tedbirlerin devamlılığını gerektiren üçüncü güvenlik seviyesini temsil etmektedir (Şekil 4.6).

KAA sistemlerinde günümüze kadar yapılan çalışmaların ürünü olarak değerlendirilebilecek nitelikte, sistemden beklenen tehdit ile ilgili olarak elde edilen verilerin bütünün analiz edilmesi ile izlemenin devam ettiği alandaki bir hareketin olup/olmamasından çok, mevcut hareketin tehdit olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği yönünde bir sonuç üretmesidir. Modelin uygulanacağı zor arazi koşullarında algılanan hareketin tehdit olarak değerlendirilip değerlendirilmeme konusundaki ana nokta, hareketin insana benzeyip benzemediği, daha kesin bir ifade ile insan olup olmadığının tespit edilebilmesidir. Bu türden bir sonuca ulaşılabilmesi için algılayıcıların hassas olması, algılayıcılardan toplanan verilerin anlamlandırılabilir nitelikte olması, toplanan verilerin çok hassas analiz edilmesi gerekmektedir. Modelimizde PKÖ (Pasif Kızılötesi) algılayıcıların 360° etkin olduğu ve 20 birim yarıçaplık alanda ölçüm yapabildikleri, algılayıcıların kapsama alanına giren tehditlerin hız, boy/yükseklik ve konum bilgilerini alabildikleri varsayılmıştır.

Kurulan KAA modeli çalıştırıldığında tehdidin rastgele hareketin değişim durumuna göre belirlenen alanda beklenen, literatürde kabul görmüş ve renklerle ifade edilen uyarıları verdiği gözlemlenmiştir. KAA sisteminin seçilen alanda askeri değerlendirmelere göre yerleştirilmiş ve güvenlik derecesi tanımlanmış olması nedeni ile hassas olarak ifade edilebilecek sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Özellikle kısa mesafeli ve görüş açısı olmayan arazi arızaları, ormanlık veya sık çalılıklar vs. birçok etmen sınır hatlarında emniyetin sağlanmasını güç hale getirmektedir. Bu tür ortamlarda ilk karar verme ve konuşlanma sürecinde kurulacak olan bir KAA sisteminin ne kadar etkili olacağı modelleme ile ortaya konulmuştur.

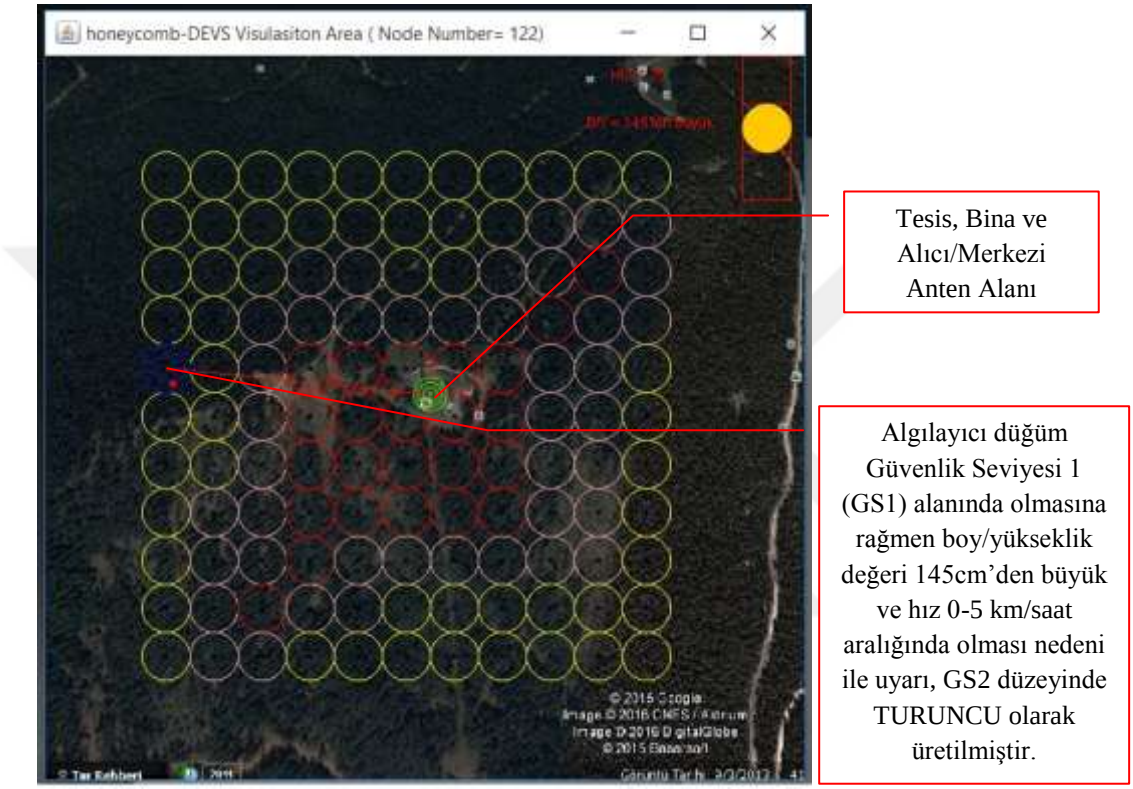


Şekil 4.7. KAA planlı uygulama modeline göre hedefin merkeze olan mesafesinde, toplanan işlem sayısına göre değişim grafiği

KAA sisteminin modellenmesi sürecinde üzerinde çalışılan hareketin bilgisayar tarafından üretilen, rastgele bir hareket olması nedeni ile ulaşılabilecek sonuçların eksik kaldığı değerlendirilmektedir. Buna rağmen sistemin adım boyutunda hareket istatistiği çıkartıldığında, sabit uygulamanın zamana göre aktif hale gelen ve tehdit tespiti yapan düğüm merkeze uzaklık grafiği Şekil 4.7'de sunulduğu şekilde ortaya çıkmıştır. Modelleme ortamında sistemin 10.000 birim/zaman izlenmesi sonrasında tehdit algılama durumuna göre aktif olan düğümlerin korunan merkeze uzaklıkları ile ilgili olarak 241 değer toplanmıştır (Şekil 4.7). Grafikten de anlaşılacağı üzere 300 birimden daha yakın olan düğüm değerleri toplanmıştır. 1-239 değerleri arasında tehdidin uzaklık değişimi net olarak görülebilmektedir.

Toplanan veriler ile ilgili olarak elde edilen grafik incelendiğinde algılanan tehdidin adım adım takip edilebildiği görülmektedir. Tehdit güvenlik seviyelerinden herhangi birisi ile ifade edilebilecek alana girdikten sonra yönetici veya kullanıcı için değerlendirilebilir uyarı üretmektedir. Güvenlik amacı ile hareket analizinin yapılmadığı koşullarda merkezi birim tarafından tespiti yapılan her hareket için tüm imkânlar aktif edilerek koruma önlemleri artırılmaktadır oysa güvenlik analizinin yapıldığı koşullarda yukarıdaki grafikte de görüleceği üzere sadece algılanan hedefin

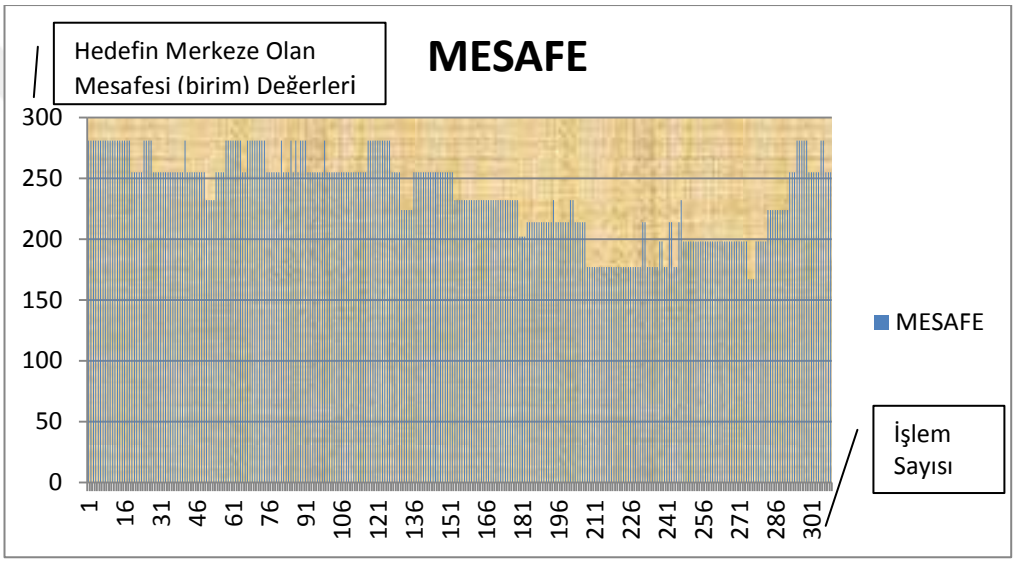
merkeze yakın durumlar için üst düzey tedbirler alınacaktır. Örneğin tehdidin 150 birimden daha yakın olduğu durumlar değerlendirilse, sadece iki noktada tehdidin bu mesafeden yakın olduğunun görülmesi nedeni ile alınacak tedbirler de sadece bu aralıklar için üst düzeye çıkarılacak, güvenlikle ilgili hareket analizin yapılmadığı duruma göre önemli düzeyde zaman ve işgücü tasarrufu sağlanacaktır.



Şekil 4.8. KAA planlı uygulama modeline göre hedefin tespiti ile üretilen uyarı durumunu

Modelimizde tehdidin tespit edilip izlenmesi sürecinde elde edilen verilerin analizinin daha anlamlı hale gelebilmesi için tehdidin boy/yükseklik ve belli aralıkta ölçülen hız değerinin tehdidin insan olup olmadığı yönünde karar verilme esası olarak değerlendirileceğini belirtmiştik, bu kapsamda model çalıştırıldığında tehdidin boy/yükseklik değerinin 145'ten büyük ve hızın 0-5 km/saat aralığında olduğunun tespit edilmesi durumunda (sistem tehdidin insan olabileceği sonucunu çıkarmakta) tehdit durumu bir üst düzeye çekilerek merkezi kullanıcı veya yöneticilere Güvenlik Seviyesi 2'yi ifade eden TURUNCU alarm üretilir (Şekil 4.8).

Algılayıcı düğümlerin planlı yerleştirilmesi kapsamında tehdidin boy/yükseklik değerinin 145 cm'den büyük hız 0-5 km/saat aralığında olduğunda 10.000 birim zaman içinde toplanan tehdidin algılanabildiği işlemlere ait tablo Şekil 4.9'de sunulmuş olup, grafik incelendiğinde; tehdit ile ilgili olarak 10.000 birim/zaman içinde 301 işlem yapıldığı, yapılan işlemler sonucunda tehdidin genel olarak merkeze 170 birimden daha uzak alanda hareket ettiği görülmektedir ancak tehdidin boy/yükseklik değerinin 145'ten yüksek ve hızın 0-5 km/saat aralığında olması nedeni ile genel olarak GS2'yi ifade eden TURUNCU alarm üretmiş olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. KAA planlı uygulama modeline göre hedefin merkeze olan mesafesinde, toplanan işlem sayısına göre değişim grafiği

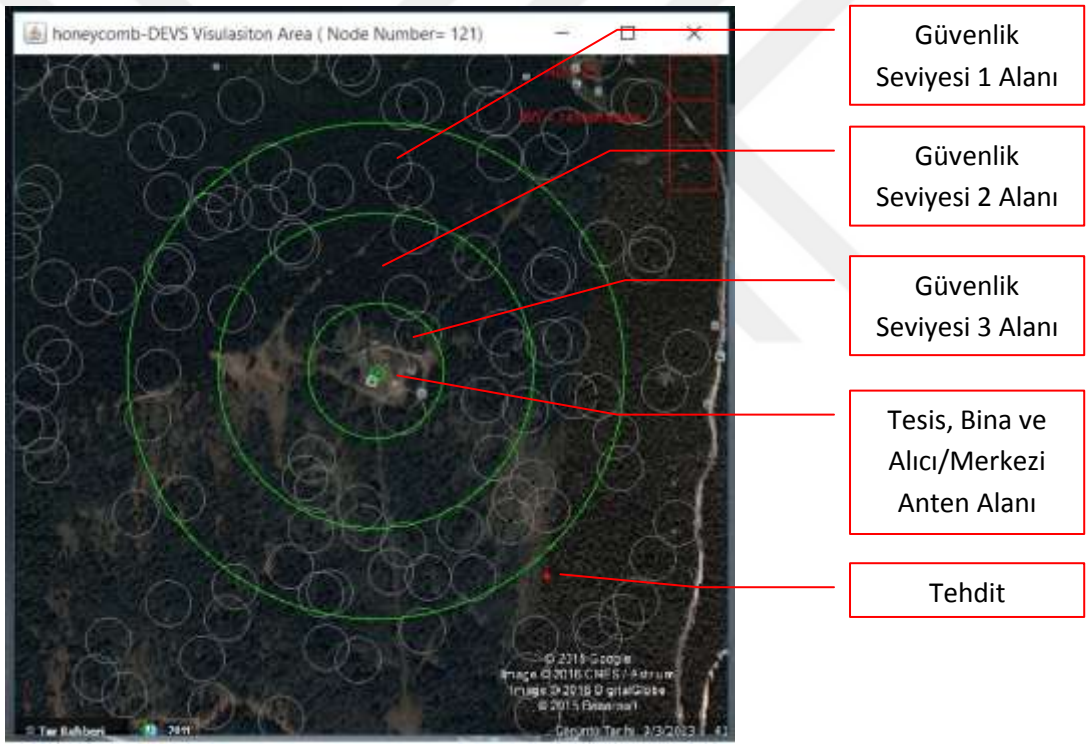
Ortaya konulan modelleme sonuçları ileriki bölümlerde rastgele uygulama modelleme sonuçları ile karşılaştırılarak, rastgele ve planlı uygulama sonuçlarının verimlilik değerlendirmesi yapılmıştır.

4.2.2. KAA sisteminde algılayıcı düğümlerin rastgele yerleştirilmesi

Akıllı ev uygulamaları, trafiğin düzenlenmesi, hasta takibi, doğal hayatın korunması, vahşi hayvanlar gibi birçok alanda kullanılan KAA sistemleri hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. DEVS tabanlı modelleme ve benzetimi yapılan KAA tehdit algılama

sisteminde düğümler, hem planlı/sabit hem de rastgele/dağıtık olarak yerleştirilmiş ve karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Algılayıcı düğümlerin gerçek dünya algılayıcıları ile aynı nitelikte olduğu varsayılmıştır.

Tasarlanan KAA sisteminde düğümler rastgele olarak seçili alana yerleştirildikten sonra kritik alana uzaklıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre **sarı alan** güvenlik seviyesi olarak tehdit düzeyinin düşük olduğu Güvenlik Seviyesi-1 (GS1)'i, **turuncu alan** orta düzey ile Güvenlik Seviyesi-2 (GS2)'yi, **kırmızı alan** ise en üst düzeyde tedbir alınmasını ve alınan tedbirlerin devamlılığını gerektiren Güvenlik Seviyesi-3 (GS3)'ü temsil etmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. KAA rastgele uygulama modelinde algılayıcı düğümlerin merkeze uzaklıklarına göre içinde bulundukları alanların Güvenlik Seviyeleri

Düğümlerin seçilen alana göre tehdit önceliği belirlenerek yerleştirilmesi sonrasında algılanan tek tehdit üzerinden benzetim DEVS-Suite ortamında gerçeklenmiştir. Tehdit olarak algılanan düğüme rastgele atanan hız ve boy değerleri tanımlanmıştır. Benzetim ortamında sürecin kurulan algoritmalar dâhilinde işlemesi, algılayıcı düğümlerin tehdidi algılaması sonrasında hız ve boy durumunu tespit etmesi,

tehdidin algılandığı düğümün ölçülen uzaklık değerine göre ilk kurulum aşamasında belirlenen güvenlik seviyesine göre kullanıcılara bir alarm üretmesi beklenmektedir.

KAA sisteminde kullanılan düğümlerin; enerji tüketimi düşük, maliyet etkin planlanması nedeni ile konum tespitinden yoksun oldukları varsayılmıştır. Merkezi birim tarafından uzaklık ölçümünün akıllı anten örüntüsü ile tespit edildiği yaklaşımı esas alınmıştır [47].

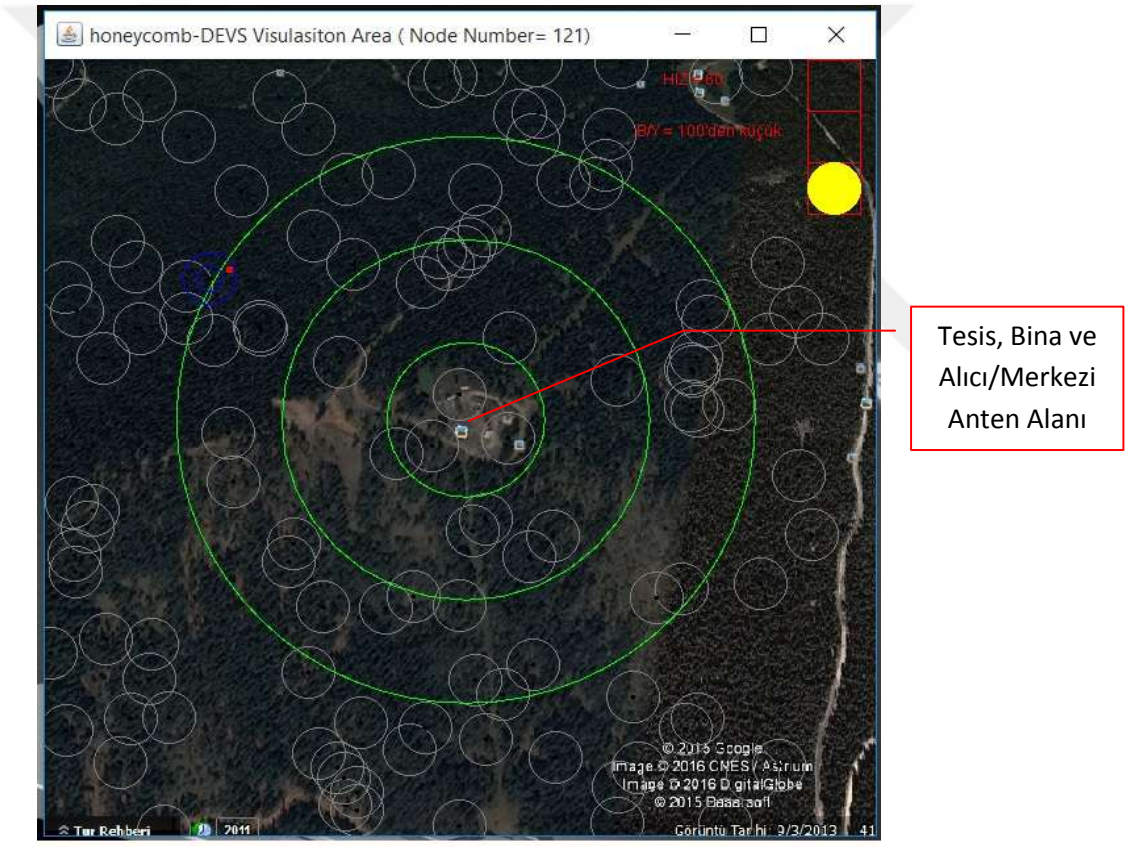
Algılayıcı düğümlerin planlı yerleştirildiği modelde konum ve uzaklık bilgileri yönetici veya kullanıcı merkez biriminde bulunduğu için mesafe belirlenmesi daha kolay yapılabilmektedir, yukarıda da açıklandığı üzere rastgele uygulama modelinde bu sorun akıllı anten kullanımı yolu ile düğümlerin uzaklığının tespit edilebildiği çözümle ifade edilmiştir [47].

Her iki modelimizde de (planlı ve rastgele) düğümler arasındaki haberleşme göz ardı edilmiş, her bir düğümün merkezi düğümle (merkezi anten/baz istasyonu) haberleştiği, kullanılan düğümlerin yetenekleri çerçevesinde bilgi topladığı, merkezi birimin güçlü yapısı ile düğümlerdeki bilgileri topladığı varsayılmıştır. Her iki uygulamada merkezi antenin 300 birimlik alanda etkili olduğu varsayılmıştır (Şekil 4.10).

Kurulan sistem tehdit ile ilgili verileri tespit etmesi sonrasında tehdidin konumuna göre güvenlik seviyesinden birine uygun uyarıda bulunmaktadır. Tespit edilen tehdidin kurulan sistem için boy ve hız verileri dikkate alınarak yüksek risk taşıdığı değerlendirmesi yapılırsa, konum bilgilerine göre belirlenen güvenlik seviyesinden bir üst düzeyde uyarı üretmektedir. Açık alan şartlarında hızın taklit edilebilir nitelikte olması nedeni ile 0-60 birim/zaman aralığında (0-5 km/saat aralığındaki değerleri) ve boy veya yüksekliğin bireyler tarafından arazi şartlarında uzun süre taklit edilemeyeceği değerlendirmesi ile 145 cm'den yüksek olması, tehdidin insan olabileceği durum olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirilme kapsamında model tarafından koşulların her ikisinin aynı anda sağlanması durumunda, tehdit yüksek

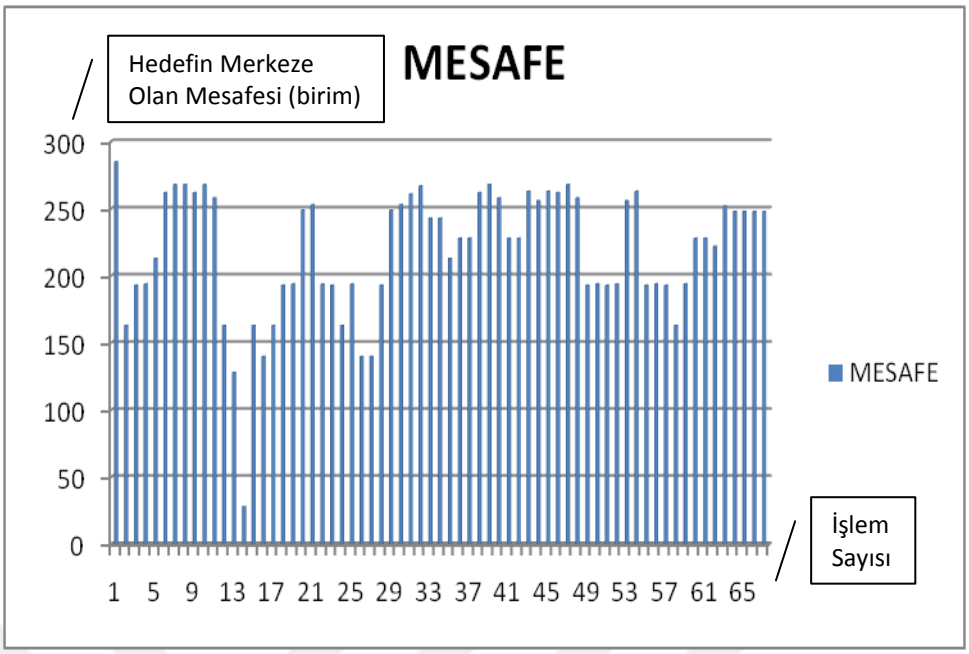
riskli olarak değerlendirilmekte, bu duruma uygun olarak tehdidin konum bilgisi ile eşleşen güvenlik seviyesi bir üst düzeye çekilerek uyarı üretilmektedir.

Kurulan KAA sisteminde rastgele uygulama genel görüntüsüne bakıldığında aynı bölgenin planlı algılayıcı yerleştirilme durumuna göre boşluklar barındırdığı dolayısı ile güvenlik konusunda artı riskler yarattığı görülmektedir. Rastgele uygulama modelinde merkezi birim tarafından tehdidin güvenlik seviyesine göre değerlendirilebilmesi amacı ile belirlenen uzaklıklar yeşil renkli daireler ile gösterilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. KAA yapısının rastgele uygulamada tespit edilen tehdit durumuna göre üretilen uyarı görüntüsü

Kurulan ağ yapısının modellenmesi ile ilgili olarak rastgele ve planlı yerleştirilen sistem kurulumlarının karşılaştırılabilmesi amacı ile 10.000 işlem değeri toplanmış, rastgele uygulamada toplanan değerler ile ilgili grafik (Şekil 4.12) aşağıda sunulmuştur.

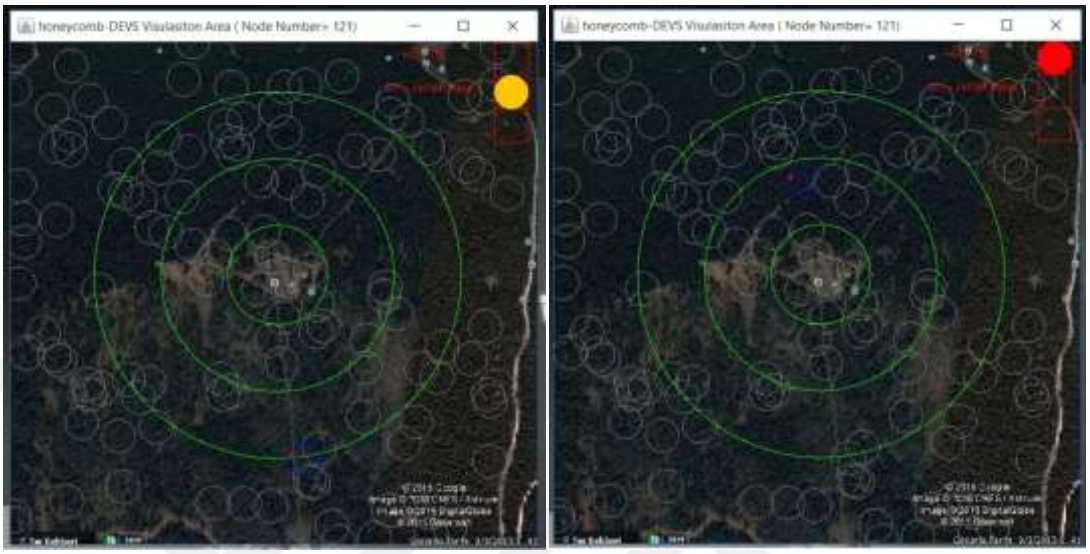


Şekil 4.12. KAA rastgele uygulama modeline göre hedefin merkeze olan mesafesinde, toplanan işlem sayısına göre değişim grafiği

Grafiğin yukarı değerleri rastgele ve sabit uygulama için esas alınan 285 birim uzaklık değerinin altında tespit edilen tehdidin 10.000 adın içinde toplanabilen 65 işlem değerini göstermektedir. Rastgele uygulama modelinde alanla ilgili olarak düğümlerin atılması esnasında merkez tarafından ölçülebilir alan dışında kalan düğüm durumları da göz önüne alındığı için toplam adım değerine göre çok az veri toplandığı görülmektedir. Seçilen alana atılan rastgele algılayıcı düğüm modelinde en önemli sorunlardan bir tanesinin bu olduğu açıktır. Grafikte alınan verilere göre yönetici veya kullanıcılara uyarı gönderildiği düşünüldüğünde 13 ve 17 adım arasında görülen bölgede 150 birimden 30 birime olan ani düşüşün sistemden beklenen; yönetici veya kullanıcılara uyarıda bulunarak tedbir alınması için gereken süreyi kazandıramayacağı değerlendirilmektedir.

Kurulan sistemin tehdidin boy/yükseklik değerini 145 cm'den büyük ve hızın 0-5 km/saat aralığında tespit etmesi durumunda üretilen uyarı durumundaki değişim Şekil 4.13 de görülmektedir. Tehdidin GS1 alanında tespit edilmesi durumunda sistemin üretmesi gereken uyarı durumu SARI ve GS2 alanında tespit edilmesi durumunda üretilmesi gereken uyarı durumu TURUNCU olması gerekirken,

boy/yükseklik değerinin 145'den yüksek ve hızın 0-5 km/saat aralığında ölçülmesi nedeni ile, GS1 alanındaki tehdit için TURUNCU, GS2 alanındaki tehdit için KIRMIZI uyarı üretilmiştir.



Şekil 4.13. KAA rastgele uygulama modeline göre hedefin boy/yükseklik değerinin 145 cm'den yüksek ve hız değerinin 0-5 km/saat aralığında ölçülmesi sonucunda üretilen uyarı durumları

4.3. Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Askeri maksatlı sınır hatlarında kurulmuş olan birlikler, geçici süreli oluşturulan kontrol alanları ile kritik tesislerin güvenliğinin sağlanmasını desteklemek hedefi ile kurulan KAA sisteminin seçilen alan üzerinde; algılayıcı düğümlerin rastgele ve planlı yerleştirilmesi yolu ile gerçekleştirilen modelleme verilerinin karşılaştırılması yapıldığında;

1. Düğümlerin planlı ve rastgele modellenmesi incelendiğinde de görüleceği üzere algılayıcı düğümlerin düzenli yerleştirildiği modelde olası tehditlerin tespitinin daha yüksek olduğu, aynı sayıda düğümle yapılan rastgele uygulama modelinde kontrol edilemeyen alanların bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.8, 4.11).

2. Seçilen alan üzerinde düğümlerin planlı yerleştirildiği modelde; arazinin askeri niteliklere göre değerlendirilmesi yapılarak risk analizi yapılabilmekte ve buna göre

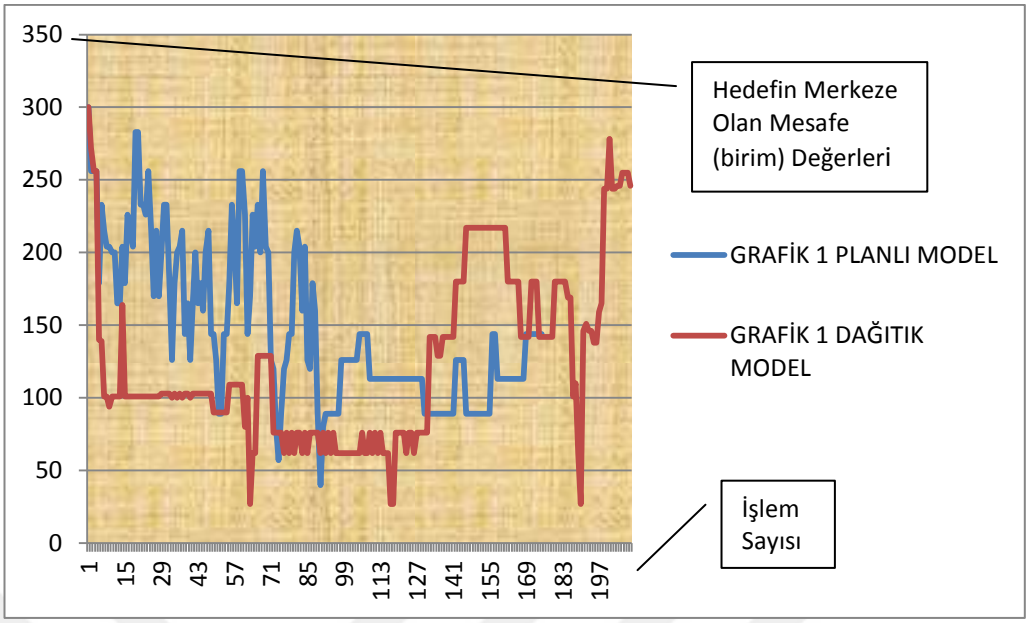
düğümlerin güvenlik seviyeleri belirlenmekte, sonuçta da seçilen örnek alan üzerinde daha hassas bir alan değerlendirmesi yapılabilmektedir (Şekil 4.8). Rastgele uygulamada ise seçilen alanın sadece mesafe ölçümü ile güvenlik derecelendirmesi yapıldığından kaba bir alan belirlemesi yapılabilmektedir (Şekil 4.10).

3. Seçilen alan üzerinde kurulan planlı ve rastgele uygulama modellerinden her ikisinde de güvenlik tabanlı bakış açısını destekleyen nitelikte olumlu sonuçlar alınmıştır. KAA sistemlerinin kurulması ve işletilmesi anlamında günümüze kadar atılan adımların anlamlı bir sonucu olabilecek bu çalışma, her iki modelleme türü içinde, kullanılan sistemin güvenlik görevlilerinin karar verme sürecine ve buna uygun tedbir üretilmesine olumlu katkı sağlayacaktır.

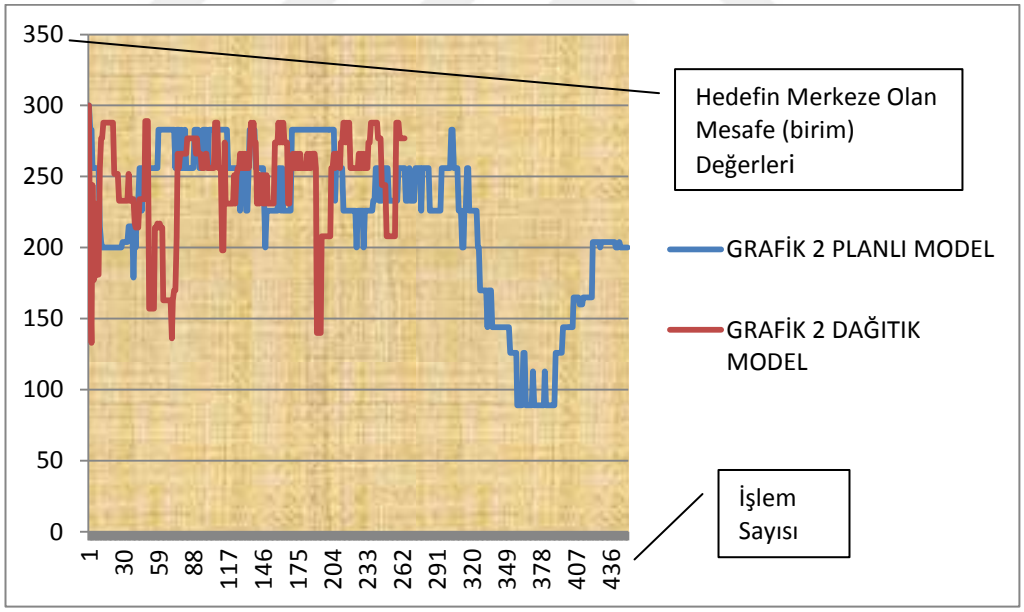
4. Rastgele uygulama modelinde algılayıcı düğümlerin alana rastgele atılması nedeni ile, düğümlerden bir kısmının değerlendirilebilir alandan uzak kalmış bu da planlı algılayıcı düğüm uygulama modeline göre aynı adım sürecinde çok daha az değerlendirilebilir veri toplanması sonucunu doğurmuştur. Mevcut hali ile kullanıcı veya yöneticiler için planlı düğüm yerleştirme modelinin daha uygun olduğu sonucu çıkmıştır.

5. Ortaya konulan modellerin ilk kurulum aşamaları değerlendirildiğinde ise özellikle tehlikeli alanlarda kurulacak geçici sistemler için rastgele uygulama modelinin barındırdığı risklere rağmen daha uygun olacağı değerlendirilmektedir. Askeri maksatlı kullanımda mevcut hali ile risk barındıran bir arazi parçasında tüm alanın gezilerek düğümlerin planlı yerleştirilmesi her zaman mümkün olmayacaktır.

6. Rastgele uygulama modelinde seçili alana rastgele atılan düğümlerde değerlendirilebilir alan dışında kalacak düğümlerin olması nedeni ile etkin veri toplanan düğümlerde azalma (dolayısı ile toplanacak ve değerlendirilecek veri miktarında planlı düğüm modeline göre gözle görülür miktarda düşüş) meydana gelmektedir.



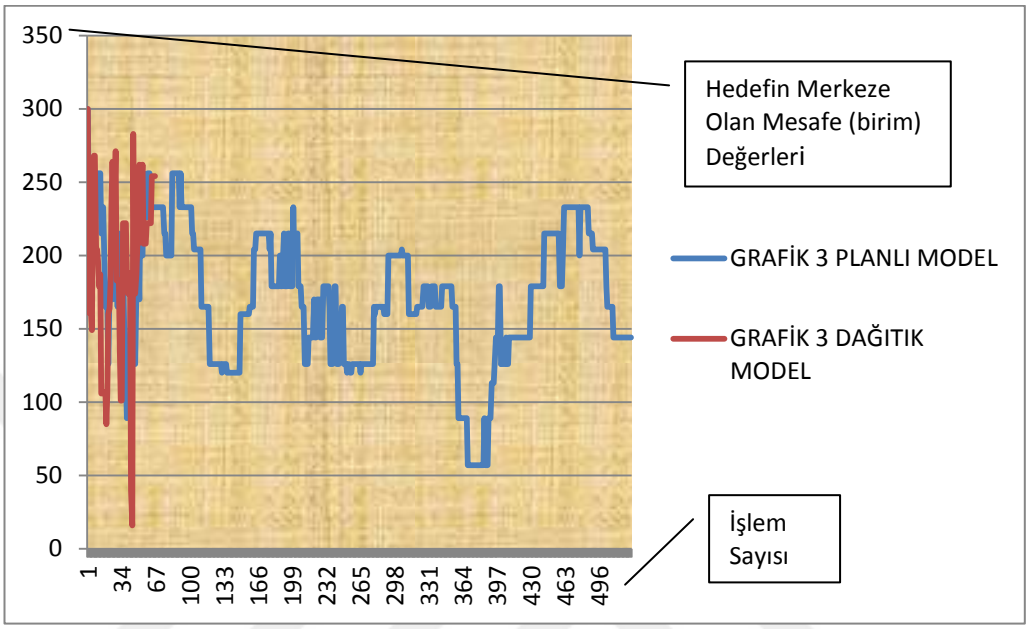
Şekil 4.14. KAA rastgele/planlı uygulama modellerinden 10.000 birim/zaman içinde yapılan işlemlere/toplanan verilere ait birinci grafik



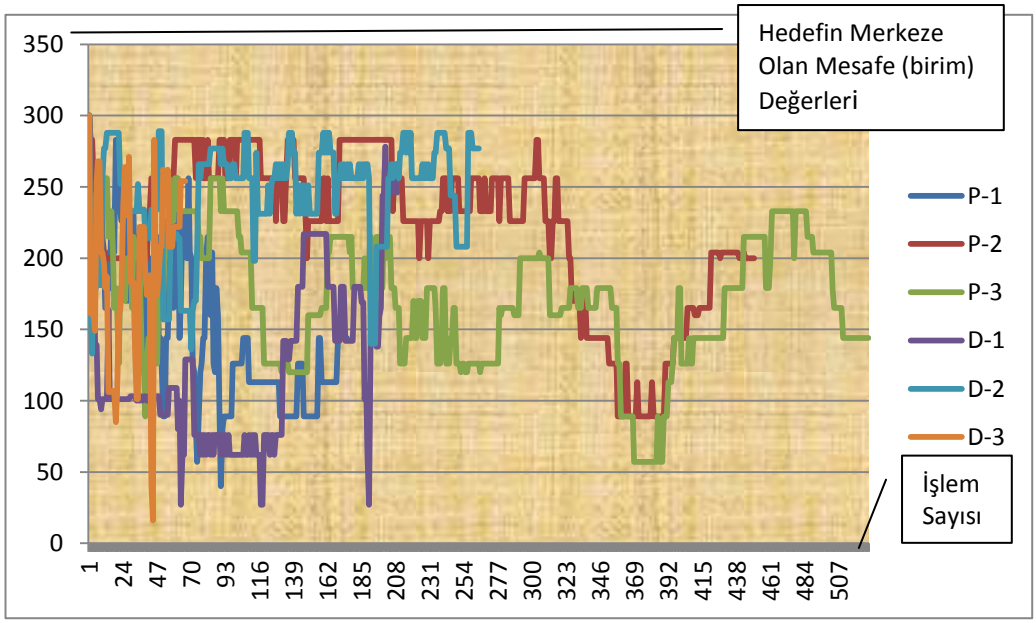
Şekil 4.15. KAA rastgele/planlı uygulama modellerinden 10.000 birim/zaman içinde yapılan işlemlere/toplanan verilere ait ikinci grafik

7. Tasarlanan KAA sisteminin her iki tür modelinden alınan deney sonuçları aşağıda sıralanmıştır. Her üç grafik (Şekil 4.14, 4.15, 4.16) incelendiğinde de KAA sisteminin planlı yerleştirilen modelinden daha fazla veri toplandığı, toplanan verilerde değişim farklarının az olduğu görülebilmektedir.

8. Tasarlanan KAA sisteminde amaç; hedef tespit ve izleme verilerini yorumlayarak belirlenecek risk durumuna göre uyarı üretmek olduğundan, model kapsamında sonuca ulaşılabilirlik ortaya konulmuştur.



Şekil 4.16. KAA rastgele/planlı uygulama modellerinden 10.000 birim/zaman içinde yapılan işlemlere/toplanan verilere ait üçüncü grafik



Şekil 4.17. KAA rastgele/planlı uygulama modellerinden 10.000 birim/zaman içinde yapılan işlemlere/toplanan verilere ait birleştirilmiş grafik

9. Sonuçların tam olarak değerlendirilebilmesi amacı ile planlı ve rastgele uygulama modellerinden alınan 3'er adet veri değerleri aynı grafik içinde Şekil 4.17.'de sunulmuştur. Grafikte de görüleceği üzere (Planlı Uygulama Modeli P-1-2-3 ve Rastgele Uygulama Modeli D-1-2-3); planlı uygulama verilerinin genel anlamda %50 oranında çoğunlukta olduğu görülmektedir.

Planlı yapı, toplanan değerlerin çok olmasının yanında kullanıcı veya yönetici birimlere hedef değişim durumlarını rastgele uygulama modeline göre daha değerlendirilebilir, ani değişimler olmayacak nitelikte uyarılar sunabilmektedir. Rastgele modele ait verilerdeki ani değişimler kullanıcı veya yöneticilere verilmek istenen uyarıların gecikmesine, alınması gerekli önlemlerin alınamamasına neden olabilecektir. Tüm bu değerlendirmelerin modelin gerçekçilik taşıması isteği ile düşük mesafede bilgi toplayabilen PKÖ algılayıcıların kullanıldığı varsayımı ile yapıldığı unutulmamalıdır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

5.1. Sonuçlar

Teknolojik gelişmeler, askeri alanlarda silah sanayi, hava ve uzay araçları, taktik araçlar ve bu araçların silah, izleme sistemleri vb. birçok örneği ile halen kullanılmaktadır. Birliklerin koordinesi, muhabere sahalarının izlenmesi, sınırların kontrolü ve benzeri konularda da mevcut ihtiyaç-eksiklikler kapsamında yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Literatür taramasında KAA sistemlerinde görülen geliştirilmeye açık yönler olarak güvenlik, enerji tüketimi veya ağın yaşam süresi, işlem yoğunluğu, iletim mesafesi gibi konularda birçok çalışma ortaya konulduğu görülmektedir. KAA sistemlerinde hedef tespit ve izleme üzerine yapılan çalışmaların taranan konum bilgilerinin doğruluğu ve hassasiyeti, değişimin yönü ve niteliği, toplanan verinin işlenerek yorumlanması gibi konularda olduğu göze batmaktadır.

KAA sistemlerinde hedef tespit ve izleme alanında yapılan çalışmaların ürünü olan mevcut yeteneklerin kullanımı konusunda ortaya konulan çalışmamızda, seçilen bir alanda yerleştirilen rastgele veya düzenli algılayıcı düğüm sisteminden alınacak hedef tespit ve izleme verilerinin işlenerek risk analizinin yapılması amaçlanmıştır.

Askeri anlamda takibi/izlenmesi gerekli alanlar ile ilgili olarak ortaya çıkan temel zorluk; takip/izleme faaliyetinin kesintisiz olması gerektiğidir. İnsan, fizyolojisi gereği kesintisiz faaliyetlere dayanamaz dolayısıyla sistemin genel işleyiş sürecine farklı bir mekanizma dâhil ederek rutin durumların otomatik takip edilmesinin, oluşan sıra dışı durumlarda ise insan unsurunun devreye girmesinin sağlanması gerekir.

KAA sistemlerinin mevcut hali ile uygulandığı sistemlerde hedefin tespit edilmesi ve izlenmesi kapsamında çözümler ortaya koyulduğu görülmektedir, askeri güvenlik kullanımlarında bunun daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. Güvenliğin sağlanmasının gerekli olduğu alanlarda hedefin ne olduğu, risk barındırıp barındırmadığı yönünde bir değerlendirme ancak kullanıcı veya yöneticiye yardım sağlayabilir. KAA sistemlerinin askeri veya diğer güvenlik temelli kullanımlar için ana hedefi, belirlenen alana girişte, bunun insan mı başka bir canlı mı olduğu ile ilgili tespit/değerlendirme uyarısı vermek olmalıdır.

KAA sistemlerinin kritik alanlar için hedef tespit ve izlenmesi amaçlı kullanılması durumunda da Bölüm 4'te açıklandığı üzere etkin sonuçlar alınabilecektir. Mevcut koşullarda askeri amaçlı güvenliğin sağlanması gereken alanlarda 24 saat esasına göre insan merkezli izleme ve takibin daha çok tercih edildiği gerçeği ile; hedef tespit ve izleme konusunda önemli mesafeler kat edilmiş olan KAA sistemlerine, toplanan verilerin analizinin yapılarak kullanıcı veya yöneticilere risk durumu yüksek durumları bildirebilecek yetenekler kazandırılması halinde ne tür sonuçlar alınabileceği görülmüştür. Bu kapsamda yapılan çalışmada;

- İstenilen alanın koşullara göre algılayıcı düğümlerle kontrol altında tutulabilirliği yanında bu düğümlerin bulunduğu alana göre risk sınıflandırması yapılabileceğine,

- Algılayıcı düğümlerin topladığı veriler üzerinde yapılacak karakter/veri analizinin çok önemli çözümler üretebileceğine,

- Rastgele ve planlı düğüm yerleştirme modellerinin ortaya koyacağı çözümlerin farklılıkların neler olduğuna,

- Hedef tespit ve izleme verilerinin mevcut yeteneklerinin askeri güvenlik kapsamlı ortaya koyacağı çözümlere dair değerlendirilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde yapılan çalışma araştırmacılara, teknolojik gelişmelerin hızla değişim gösterdiği bu çağda askeri alanda önemli bir araştırma

sahası haline gelen kablosuz algılayıcı ağların güvenlik alanında özellikle tehdit algısı üzerine yeni bakış açıları kazandırabilir.

5.2. Değerlendirme Ve Öneriler

Kablosuz algılayıcıların günümüzde karşılaşılan sorunlara tek olarak veya birlikte çözüm üretmede kullanılması yaygınlaşmaktadır. Doğal yaşamdan madenlere, sağlıktan trafiğe yaşamın tüm alanlarında örneklerine şahit olduğumuz KAA sistemlerinin askeri amaçlı kullanımı da etkinleşmektedir. Bunun nedenleri arasında güvenliğin sağlandığı veya güvenlik kapsamlı çalışmaların yürütüldüğü alanların özellikleri, konunun ülkemizde yeni yeni aktif uygulama alanları bulması gibi nedenler sayılabilir. Oysaki mevcut konum ve koşullarda ortaya çıkan olumsuz tabloların biraz olsun azaltılabilmesi, askeri anlamda görev yapan birim veya birliklerin işlerinin kolaylaştırılabilmesi anlamında KAA sistemlerinin askeri anlamda birçok sahada etkinleştirilmesi gerekmektedir.

Ortaya konulan her gelişmenin en temel amacının insan hayatının korunması, yaşam kalitesinin artırılması olduğu düşünüldüğünde, KAA sistemlerinin en yoğun kullanılması gerektiği alanların başında askeri görev ve güvenlik konuları gelmelidir. Bu düşünceyle DEVS tabanlı modelleme ve benzetimi yapılan KAA hedef tespit ve izleme sisteminden alınan sonuçlar; ortaya konulacak yeni bakış açıları ve çalışmalarla KAA sistemlerinin askeri birim veya birliklerin işlerini çok daha kolaylaştıracak, olumsuz sonuçları azaltacak çözümler üretilebileceği gösterilmiştir.

KAA yapısından alınan verilerden sadece hız, yükseklik/boy ve konum bilgisi değerlendirildiğinde, ortaya konulan modelin gerçek zamanlı uygulamalara uyarlanması, alınan verilerin yapay zekâ veya bulanık mantık ile işlenmesi veya bu kapsamda bir altyapı ile koordinasyonunun/birlikteliğinin sağlanması durumunda çok önemli sonuçlar alınabileceği görülmektedir.

KAA sistemlerinde kullanılan algılayıcı düğümlerin mevcut yetenekleri kullanılarak başarım sonuçları sunulan DEVS tabanlı güvenlik analizi modelinin hedeflenen amaca uygun olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Đurusic, M. P., Tafa, Z., Dimic, G., & Milutinovic, V., A survey of military applications of wireless sensor networks. In Embedded Computing MECO, Mediterranean Conference on, pp. 196-199, IEEE, 2012.

[2] Bekmezci, İ. and Alagöz, F., Energy efficient, delay sensitive, fault tolerant wireless sensor network for military monitoring. International Journal of Distributed Sensor Networks 5.6: 729-747, 2009.

[3] Winkler, M., Tuchs, K. D., Hughes, K., Theoretical and practical aspects of military wireless sensor networks. Journal of Telecommunications and Information Technology: 37-45, 2008.

[4] Bekmezci, I., Wireless sensor networks: A military monitoring application. VDM Verlag, 2009.

[5] Chew, W. T., Chen, P. Y., Lee, W. S., & Huang, C.F., Design and implementation of a real time video surveillance system with wireless sensor networks. In Vehicular Technology Conference, VTC, IEEE, pp. 218-222, 2008.

[6] Tao, D., Ma, H. D., & Liu, L., Study on path coverage enhancement algorithm for video sensor networks. Acta Electronica Sinica, 7, 007, 2008.

[7] Dai, H., Zhu, Z. M., & Gu, X.F., Multi-target indoor localization and tracking on video monitoring system in a wireless sensor network. Journal of Network and Computer Applications, 36(1), 228-234, 2013.

[8] Ailmiedat, T., Abu Talep, A., Bsoul, M., A Study on Threats Detection and Tracking Systems for Military Applications using WSNs, International Journal of Computer Applications, 0975 – 8887, Volume 40– O.15, February 2012.

[9] Lee, S. H., Lee, S., Song, H., & Lee, H. S. (2009, October). Wireless sensor network design for tactical military applications: remote large-scale environments. In Military Communications Conference, MILCOM, IEEE pp. 1-7, 2009.

[10] Wimkler, M., Street, M., Tuchs K. D., & Wrona, K., Wireless sensor networks for military purposes. In Autonomous Sensor Networks, pp. 365-394, Springer Berlin Heidelberg, 2013.

[11] Sridhar, P., Madni, A.M., Jamshidi, M., Intelligent object-tracking using sensor networks. In: Sensors Applications Symposium, 2007. SAS'07. IEEE. IEEE, p. 1-5., 2007.

[12] Ball, M.G., Qela, B., Wesolkowski, S., A Review of the Use of Computational Intelligence in the Design of Military Surveillance Networks. In: Recent Advances in Computational Intelligence in Defense and Security. Springer International Publishing, p. 663-693., 2016.

[13] Nisar, R., et al. Prediction and Recovery based Smart Target Tracking Mechanism for WSNs. In: Proceedings of the International Conference on Wireless Networks (ICWN). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), p. 141, 2015.

[14] Calafate, C.T., et al. An integral model for target tracking based on the Use of a WSN. Sensors, 13.6: 7250-7278, 2013.

[15] Perumal, P.S., Uthariaraj, V.R., Christo, VR E., Intelligent UAV-Assisted Localisation to Conserve Battery Energy in Military Sensor Networks. Defence Science Journal, 64.6: 557-563, 2014.

[16] Kong, J., A Tree-Based Routing Algorithm Considering An Optimization for Efficient Link-Cost Estimation in Military WSN Environments. The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, 37.8B: 637-646, 2012.

[17] Lanjwar, Ms N., Nitnaware, Mr D., Performance analysis of routing protocols for battlefield monitoring system. International Journal of Scientific Engineering and Technology, www. ijset.com, April 2012.

[18] Kolega, E., Vescoukis, V., Voutos, D., WSN Simulation Modeling for Forest Areas: Topologies, Connectivity and Path Loss. Recent Patents on Telecommunication, 1.1: 2-16, 2012.

[19] Naz, P., Hengry, S., Hamery, P. Soldier detection using unattended acoustic and seismic sensors. In: SPIE Defense, Security, and Sensing. International Society for Optics and Photonics, p. 83890T-83890T-12, 2012.

[20] Çakıroğlu, M., Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin Dinamik Kanal Atlamalı Güvenlik Sistemi Tasarımı, pp.26, 2008.

[21] Estrin, D., Instrumenting the World with Wireless Sensor Networks, Proc. Int'l. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, Salt Lake City, UT, May 2001.

[22] Walters, J.P., Liang, Z., Shı, W., Chaudhary, V., Wireless Sensor Network Security: A Survey pp.1, 2006.

[23] Meghdadi, M., Özdemir, S., Güler, İ., Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Güvenlik: Sorunlar ve Çözümler. International Journal Of Informatics Technologies 1.1, 2008.

[24] Sen, J., A Survey on Wireless Sensor Network Security, International Journal of Communication Networks and Information Security, IJCNIS, Vol. 1, No. 2, August 2009.

[25] Carman, D.W., Kurs, P.S., and Matt, B.J. , Constraints and approaches for distributed sensor network security, Technical Report 00-010, NAI Labs, Network Associates Inc., Glenwood, MD, 2000.

[26] Perring, A., Szewczyk, R., Wen, V., Culler, D.E., and Tygar, J.D., SPINS: Security protocols for sensor networks, Wireless Networks, Vol.8 , No. 5, pp. 521-534, September 2002.

[27] Kalita, H.K. , Kar, A., Wireless Sensor Network Security Analysis, International Journal of Next-Generation Networks, IJNGN,Vol.1, No.1, December 2009.

[28] Ramya, K., Praveen Kumsar, K., , Dr. Srinivas Rao, V., A Survey on Target Tracking Techniques in Wireless Sensor Networks, International Journal of Computer Science & Engineering Survey, IJCSES, Vol.3, No.4, August 2012.

[29] Akbaş, S., Kablosuz Algılayıcı Ağ Tabanlı Kritik Alan Gözetleme Sistemlerinde Etkin Güvenli Hedef İzleme, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2014.

[30] Anand Malik, T.A., Target Tracking In Wireless Sensor Network, BE in Computer Science and Engineering, Maharshi Dayanand University (India), 2003.

[31] Zengin, A., Rastgele Simülasyon Sistemleri İçin Yeni Bir Yönlendirme Algoritması ve Uygulaması, Doktora Tezi, Sakarya, Temmuz 2004.

[32] Tuncel, S., Gezgin ağ yönlendirme protokolleri için DEVS tabanlı benzetim aracı tasarımı, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2010.

[33] Modelleme ve Simülasyon, www.argemuhendislik.com.tr › Yazılım › SIMULIA, Erişim Tarihi: 27.01.2015.

[34] Çobanoğlu, B., Geniş Ölçekli Ağlar İçin Yeni Bir Rastgele Ayrık Olay Tabanlı Benzetim Yaklaşım ve Uygulaması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2011.

[35] Fujimoto, R.M., Perumalla, K.S., Riley, G.F., Network Simulation, Morgan & Claypool, 2007.

[36] Park, S., Kim, S.H., Hunt, C.A., Park, D.,DEVS Peer-to-Peer Protocol for Distributed and Parallel Simulation of Hierarchical and Decomposable DEVS Models, pp. 91-95, Univ. of California, San Francisco, ISITC, 2007.

[37] Zeigler, B.P., Mittal, S., Modeling and Simulation of Ultra-large Networks: A Framework for New Research Directions, supported by NSF Grant ANI-0135530, ULN, July 2002.

[38] Kim, S., Sarjoughian H. S., Elamvazhuthi, V., DEVS-Suite: A Simulator Supporting Visual Experimentation Design and Behavior Monitoring, Spring Simulation Multiconference, Article no 161, San Diego, California, 2009.

[39] Çelik, F., Büyük Ölçekli Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin Oğul Zekası Tabanlı Yeni Bir Yönlendirme Algoritması Tasarımı, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2012.

[40] Kılıç, Z., Küreselleşme ile ivme kazanan uluslararası terörizm ve buna karşı alınan tedbirler, PhD Thesis. Sosyal Bilimler, 2007.

[41] Taşdemir, F., Uluslararası terörizme karşı devletlerin kuvvete başvurma yetkisi., USAK Books, 2006.

[42] Eker, G., Yılmaz, G., Kablosuz Algılayıcı Ağlar Kullanılarak Belirlenen Bir Bölgenin Çevre Güvenliğinin Sağlanması (Providing Environmental Security Using Wireless Sensor Netwoks). Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri Ve Mühendisliği Dergisi, 2013.

[43] Oracevic, A., Ozdemir, S., A Survey of Secure Target Tracking Algorithms for Wireless Sensor Networks. In: World Congress On Computer Applications and Information Systems. Hrvatska znanstvena bibliografia MZOS-Svibor, 2014.

[44] Ulaştırma Bakanlığının 20 Mart 2007 tarih ve 26468 sayılı Uluslar arası Gemi ve Liman Tesisi Güvenlik Kodu Uygulama Yönetmeliği-2, 2007.

[45] Savic, V., Wymeersch, H., Larsson, E.G., Simultaneous sensor localization and target tracking in mine tunnels. In: Information Fusion (FUSION), 2013 16th International Conference on. IEEE, p. 1427-1433, 2013.

[46] Laoudias, C., Michaelides, M.P., Panayiotou, C., Fault tolerant target localization and tracking in binary WSNs using sensor health state estimation. In: Communications (ICC), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, p. 1469-1473, 2013.

[47] Küçük, K., et al. Smart antenna based location estimation for wireless sensor networks. In: Signal Processing, Communication and Applications Conference, 2008. SIU 2008. IEEE 16th. IEEE, p. 1-4, 2008.

ÖZGEÇMİŞ

Harun ÖZKAN 19.04.1981'de Azdavay/Kastamonu'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kastamonu'da tamamladı. 1999 yılında Kastamonu Anadolu Ticaret Meslek Lisesinden mezun oldu. 2000 yılında kazandığı Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Bilgisayar Öğretmenliği Bölümü'nü 2005 yılında bitirdi. Sonrasında Türk Silahlı Kuvvetleri(Jandarma Genel Komutanlığı)'nde çalışmaya başladı. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümünde yüksek lisans eğitimine devam etti. Halen Jandarma Genel Komutanlığında askeri personel olarak çalışmaktadır.