

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PASİF ALGILAYICI VERİSİ BİRLEŞTİRME VE TEHDİT
DEĞERLENDİRME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mih. Atilla GÜNAL
509991031

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2003

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gazanfer ÜNAL
Diğer Jüri Üyeleri Doç. Dr. Şakir KOCABAŞ
Yrd. Doç. Dr. Ali ERCENGİZ

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Çağımızda gelişen algılama araçları ile birlikte, askeri alandan sivil alana, belirli bir ortamdaki işlenmiş veri miktarının artması karşısında, bu verilerden daha sağlıklı, daha kesin bilgi elde etme ihtiyacı doğal bir gereksinim olarak ortaya çıkmıştır. Algılayıcı verisi füzyonu, bu gereksinimi karşılamak amacıyla doğmuş bir teknoloji dir ve bilişmeçvrel erinde popülerli ği yüksel mektedir.

Bu konuda çalışma yapmanın en önemli sebebi, alanın yeni olmasının getirdi ği araştırma sahasının genişli ği ve ülkemizde bu alanda henüz fazla araştırma yapılmamış olması olmuştur. Bu çalışma ile birlikte, ülkemizdeki bu eksikli ğin giderilemeyece ği muhakkaktır, fakat az da olsa yapılmış çalışmaları kapsayacak şekilde konuyu genişletece ğini, bu alanda bir bilgi birikimi oluşumuna katkıda bulunacağını ümit ediyorum

Çalışmam sırasında bilgi, tecrübe ve yol göstericili ğinden faydalandığım tez danışmanı mProf. Dr. Gazanfer ÜNAL'a teşekkürleri ni sunarım

Yüksek lisans öğrenimim sırasında benden deste ğini eksik etmeyen biricik eşi me, çalışma azmini arttıran o ğluma ayrıca teşekkür eder ve her anımda yanımda olan, beni hep daha il erilere teşvik eden anne ve babama teşekkürleri ni bir borç bilirim

Aralık 2002

Atilla GÜNAL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
1 GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2 ALGILAYICI VERİSİ FÜZYONU	3
2.1 Sistem Olarak Algılayıcı Verisi Füzyonu	3
2.2 Pasif Algılayıcı Verisi Birleştirme	5
2.2.1 Problemin Sunumu ve Formalizasyonu	5
2.2.2 Formalizasyonun Uygulanması ve Bir Örnek	9
2.2.2.1 Sınımlama Konfigürasyon Parametrelerinin Okunması	10
2.2.2.2 Hedeflerin Oluşturulması	10
2.2.2.3 Algılayıcı Öçümlerinin Oluşturulması	10
2.2.2.4 Algılayıcı Öçümlerinin Karıştırılması	11
2.2.2.5 Mümkün Sıralı S'lerinin Oluşturulması	11
2.2.2.6 Bölünmelerin Oluşturulması	13
2.2.2.7 Minimum Maliyetli Bölünmenin Seçilmesi	13
2.2.2.8 Hedef Sayısının ve Yerlerinin Belirlenmesi	13
2.2.2.9 Standart Sapmanın Hesaplanması	14
2.2.3 Yazılım Hakkında Bilgi	15
2.3 Tehdit Değerlendirme	15
2.3.1 Problemin Sunumu	15
2.3.2 Problemin Çözümü	15
2.3.2.1 Kural Tabanı, Gerçekler ve Çıkartım Merkezi	16
2.3.2.2 Kural Ateşleme ve Çıkartımın Yapılması	18
2.3.3 Yazılım Hakkında Bilgi	18
2.3.3.1 Kullanılan Grd Dosyaları	18
2.3.3.2 Örnek Bir Örnek	21
3 SONUÇ	24

KAYNAKLAR	25
EKLER	26
ÖZGEÇMİŞ	27

KISALTMALAR

C³	: Command, Control and Communication
DROC	: Dempster Rule of Combination
DS	: Dempster Shafer
JDL	: Joint Directors of Laboratories
İBE	: İnsan Bilgisayar Etkileşimi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Konfigürasyon Dosyası Örneği	10
Tablo 2.2 Örnek Hedef Açılımları	10
Tablo 2.3 Algılayıcılar için üretilen ölçümler	11
Tablo 2.4 Karıştırma sonrası algılayıcı ölçümleri	11
Tablo 2.5 Örnek sıralı S'li ve maliyetleri	12
Tablo 2.6 En uygun bölünme	13

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 JDL Veri füzyonu sistem modeli	3
Şekil 2.2 Hedefin bir referans doğrultusuna göre açısını (θ_1) veren algılayıcı	6
Şekil 2.3 Pasif füzyon uygulaması	14
Şekil 2.4 Uzman sistem modeli	16

PASİF ALGILAYICI VERİSİ BİRLEŞTİRME VE TEHDİT DEĞERLENDİRME

ÖZET

Bu çalışmada, algılayıcı verisi füzyonu alt bileşenlerinden olan Veri Birleştirme ve Tehdit Değerlendirme problemleri ele alınmıştır. Veri birleştirme, algılayıcılar aracılığı ile elde edilen verilerden yola çıkılarak ortamdaki hedef sayısını ve konumlarını, veri gönderen herhangi bir algılayıcıdan daha kesin bir şekilde ortaya çıkarılma problemi dir. Bu çalışmada veri birleştirme problemi, sadece belirli bir referans ekseni ne göre hedef ile arasındaki açığı gönderen pasif algılayıcılar üzerinde tanımlanmıştır. Maksimum yakınlık fonksiyonu yardımıyla formülizasyon gerçekleştirilmiş, ortaya çıkan kombinatoriyel problem zaman kısıtı altında bilgisayar programı aracılığı ile çözülmüştür. Füzyon sonucunda, algılayıcılardan standart sapması minimum olanın altında standart sapmaya sahiptir birleştirilmiş algılayıcı elde edilmiştir.

Tehdit değerlendirme, ortamdaki hedeflerin konum, hız, sınıf gibi özellikleri ile nesnelerin birbirleri arasındaki ilişkileri değerlendirip, herhangi bir hedefin tehdit olma durumunu incelemek ve angajman için gerekli önerilerin yapılması problemi dir. Tecrübelerle oluşturulan veritabanlarının kullanıma yoğun olarak bağlıdır. Bu çalışmada tehdit değerlendirme problemi, herhangi bir hedefin tehdit olma durumunu incelemek ile sınırlı tutulmuş ve problem bir uzman sistem kullanılarak modellenmiştir. Kuralların gerçeklerin ve elde edilen sonuçların birleştirilmesi nde Dempster Shafer teorisi kullanılmış, böylelikle belirsizliğin en esnek bir biçimde (gerçeğe en yakın) tanımlanmasına olanak sağlanmıştır. Kuralların ateşlenmesi işlemini için bulanık mantıktan faydalanılmıştır. Problemin çözümüne yönelik tanımlanan yöntemler, genelde herhangi bir uzmanlık alanında, özelde taktik resimindeki hedeflerin tehdit durumlarını değerlendirmede kullanılabilecek bir uzman sistem çekirdeği ile uygulamaya konulmuştur.

PASSIVE SENSOR DATA ASSOCIATION AND THREAT ASSESSMENT

SUMMARY

In this study, two of the components of sensor data fusion namely, Data Association and Threat Assessment is focused on. Data association aims to find out the number of targets and their corresponding positions more accurate after combining each data from all sensors together. In this study, data association is defined on the passive sensors domain that report only bearings relative to a reference line. The problem is formulated by a maximum likelihood function, and the resulting combinatorial problem is solved by a software under the constraint of time. As a result of the fusion process, one combined sensor having a standard deviation less than the standard deviation of the most accurate sensor among the sensors fused is achieved.

Threat assessment deals with evaluation of the threat of a target after taking into account the position, speed, class of the target and the relationships between the targets. In addition it desirably suggests the possible engagements to the targets. The problem is highly dependent on the databases established by previous knowledge. In this study, the problem is limited to assess the threat of a target and is modelled by an expert system. In order to specify the uncertainty in the broadest sense (the most closest to the reality), Dempster Shafer theory is used to model the rulebase, reality and the combination of the results and for the rule firing process; fuzzy logic. The proposed methods to solve the problem are implemented by an expert system shell, which can be used in any general expertise domain or in special as a medium to evaluate the threat of any target inside the tactical picture.

1 GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

İçinde bulunduğu durumda kendi faydasına en uygun kararı vermek amacıyla bulunan her canlı veya bu amaç üzere geliştirilmiş her naki na öncelikle karar vermek sürecine destek olabilecek her türlü veriyi toplamak durumundadır. Bu veri toplama süreci verinin çeşitliliğine bağlı olarak adedi ve türü değişen algılayıcı adı verilen araçlar ile yapılır. Örneğin, ortamdaki verilerin değişik yönlerden algılamamızı sağlayan 5 duyu organımız her an kullandığımız algılayıcıların başında gelir.

Karar aşamasının ilk durağı olan ortamın tam bir resminin çıkarılması işlemi için beynimiz, algılayıcılardan elde edilen verileri her an işler. Hatalı karar vermek olasılığını azaltmak için de bütün verileri bir arada değerlendirir. Örneğin bir nesnenin yenilebilirliğini değerlendirirken sadece görme duyumuzla karar vermez, çoğu zaman görme, dokunma, tat alma ve koklama algılayıcılarımızdan gelen verileri birleştirerek bir sonuca ulaşırız. Aslında hergün sürekli bir biçimde tekrarladığımız, farklı kaynaklı verilerin bir merkezde birleştirilip ortam hakkında daha doğru bir sonuç elde etme sürecinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesine algılayıcı verisi füzyonu diyoruz.

Algılayıcı verisi füzyonu, gelişmekte olan teknolojinin doğal bir sonucudur. Teknoloji, işlenmesi gereken veri miktarını arttırmış, hatta insanın 5 duyusu ile algılayabildiği veri yelpazesinin dışında ‘belirli hata payları ile’ veriler üretmeye başlamıştır. Verinin çokluğunun yanı sıra aynı zamanda hata payı da içermesi karar vermek sürecini karmaşılaştırıyor, bunun sonucunda ve bilgisayarların bilgiyi işleme kapasiteleri ve hızlarındaki artışla beraber, bilgisayarlardan faydalanan karar verme sistemlerine gereksinim duyulmuştur. Algılayıcı verisi füzyonu askeri kullanım alanları fazla olmakla birlikte, her türlü karar destek sistemlerinde uygulanabilir. Örnek olarak, okyanus gözetimi, havadan havaya yerden havaya savunma, muharebe alanı gözetimi ve hedef tanıma, stratejik uyarı ve savunma, kanunların uygulanması,

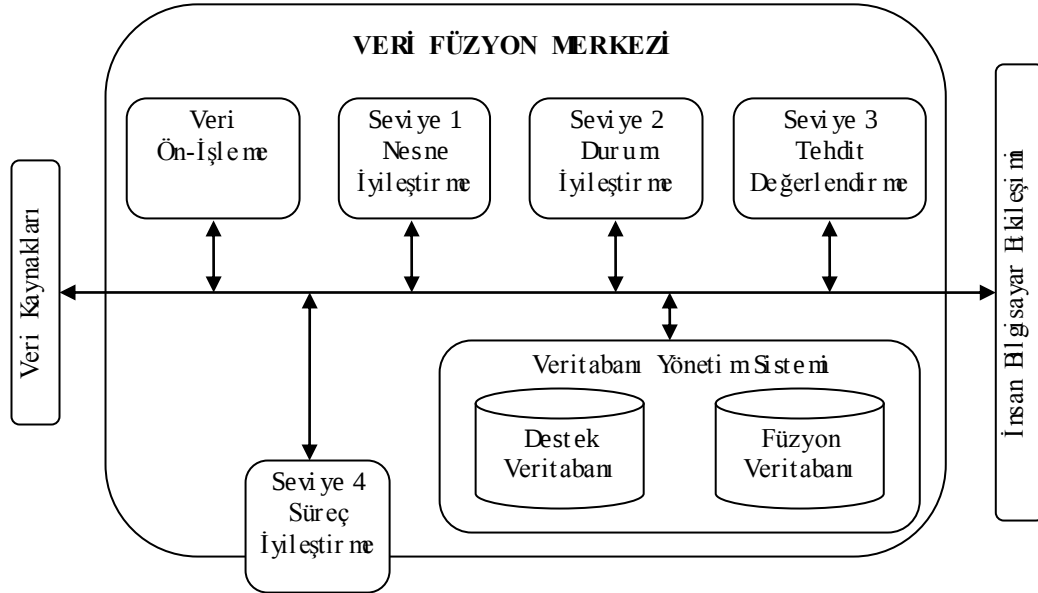
uzaktan algılama, ekipmanların otomatik gözlenmesi, tıbbi teşhis ve robotik kullanıldığı alanlardır [1].

Bu çalışmada algılayıcı verisi füzyonu sistemlerinin iki önemli parçası olan veri birleştirme ve tehdit değerlendirme problemleri ele alınmıştır. 1. bölümde konuya giriş yapılmış, 2. bölümde konunun detayları açıklanmıştır. 2.1 ile öncelikle algılayıcı verisi füzyonu bir sistem olarak ele alınmış, standartlaşmış bileşenleri ortaya konmuştur. Bu alt bileşenlerden veri birleştirme 2.2 ile pasif algılayıcılar için incelenmiş, 2.3 ile tehdit değerlendirme problemi ele alınmıştır. Her iki alt bileşen açıklanırken problemin sunumu, problemin çözümü, yazılımın açıklanması ve örnek oturumlar sıralanması baz alınmıştır. 3. bölümde ise edilen sonuçlar açıklanmış ve çalışmanın bir eleştirisi ortaya konmuştur.

2 ALGILAYICI VERİSİ FÜZYONU

2.1 Sistem Olarak Algılayıcı Verisi Füzyonu

Bu bölümde algılayıcı verisi füzyonu sistem modeli ve bu modelin alt parçaları açıklanmıştır. Sistem modeli verilirken, veri füzyonu alanında ortak bir terminoloji ve ortak bir süreç tanımla geliştirilerek üzere kurulan Birleşmiş Laboratuvarlar Müdürleri (Joint Directors of Laboratories (JDL)) Veri Füzyon Grubu'nun ortaya koyduğu model baz alınmıştır [2].



Şekil 2.1 JDL Veri füzyonu sistem modeli

Şekil 2.1 ile verilen JDL modeli fonksiyonelliğe göre oluşturulmuş, özellikle askeri amaçlar için geliştirilmiş olsa da herhangi bir uygulama alanında kullanılabilecek genel bir hiyerarşik modeldir. Süreç, veri kaynakları, veri ön-işleme, seviye 1, seviye 2, seviye 3, seviye 4, veritabanı yönetim sistemi ve insan bilgisayar etkileşimi kavramları ile modellenmiştir. Her bir kavramı da açıklanmıştır [3].

- *Veri Kaynakları*: Füzyonlanacak verileri toplayan ve sisteme veren kaynaklardır. Veri kaynakları, sistemle bütünleşmiş yerel algılayıcılar veya

elektronik olarak sisteme bağımlı dağıtık algılayıcılar olabilirler gibi, referans ve coğrafi bilgi şeklinde de olabilirler.

- *İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE)*: Kullanıcının sisteme girdi yapmasını veya sistemden çıktı almasını sağlar. Operatör, komutlar göndererek, bilgi isteğinde bulunarak, çıkarımlar hakkında değerlendirilmede bulunarak ve raporlar bildirerek girdide bulunur. Bunun yanında İBE, sistemin kullanıcıyla alakalı, mesajlar vererek, konum ve kinematik bilgisini ekranda göstererek iletişimini sağlar.
- *Veri Ön-işleme*: Verileri ilgili alt bileşenlere yönlendirir (örneğin, konum bilgilerini seviye 1 bileşenine, alarmları seviye 3 bileşenlerine), böylelikle sistemin veri iletişimi yükünü azaltır. Etkinliği artırıcı, yardımcı bir süreçtir.
- *Seviye 1 Nesne İyileştirme*: Hedeflerin, konum ve kinematik bilgileri ile parametrik özelliklerini birleştirerek her bir hedefin daha net bir biçimde tanımlanabilmesini sağlar. Ana olarak 4 alt bileşenden oluşur:
 - *Veri Düzenleme*: Verilerin ortak bir birim ve koordinat sistemine dönüştürülmesi.
 - *Veri Birleştirilmesi*: Hedef konumunun, kinematik değerlerinin ve özelliklerinin tahmin edilmesi.
 - *Veri/Hedef İlişkisi Kurulumu*: Birleştirilmiş verilerin mevcut hedeflerle eşleştirilmesi veya yeni hedefler oluşturulması.
 - *Sınıflandırma*: Hedefin ait olduğu sınıf hakkında tahminde bulunulması.
- *Seviye 2 Durum İyileştirme*: Hedeflerin ve olayların arasındaki mevcut ilişkiyi, ortamda göz önüne alarak ortaya koyar.
- *Seviye 3 Tehdit Değerlendirme*: Mevcut durumu, zaman içinde ileriye doğru taşıyarak, hedeflerin tehdit durumları ile ilgili çıkarımlar yapar, operasyon olanakları için tahminlerde bulunur. Tehdit değerlendirme, sadece olası angajmanları önermenin yanında, hedefin özelliklerine ve ortam şartlarına dayanarak, hedef eğilimlerini de ortaya koyduğundan dolayı özellikle zorludur.

- *Seviye 4 Süreç İyileştirme:* Diğer süreçlerin yönetimini ve kontrolünü sağladığından süreçler üstü bir süreçtir. Üç adet ana işleve sahiptir:
 - *Performans Değerlendirme:* Gerçek zaman ve uzun süreli veri füzyonu performansının görüntülenmesi.
 - *Veri Gereksinimi Belirlenmesi:* Veri füzyonunu geliştirebilmek için gerekli bilgilerin belirlenmesi.
 - *Amaç Yönetimi:* Kaynakları ve algılayıcıları tahsis ederek amaçların ulaşılmasına çalışması.
- *Veritabanı Yönetim Sistemi:* Yardımcı bir bileşen olması na rağmen, sistemin önemli bir parçasıdır. Veri saklama, veriye ulaşma, arşivleme, sıkıştırma, sorgulama yapma ve veri güvenliği gibi fonksiyonellikleri içerir. Büyük ve çeşitli miktardaki verinin (örneğin resim sinyali, vektörler, metin verisi) saklanması ve gerektiğinde hızlı erişilmesi, bu bileşenin gerçekleştirilmesini zorlaştıran noktalar dır.

Bu sistem modeli hem askeri hem de sivil alanda taban olarak kullanılmakla birlikte, modelin iyileştirilmesi yönünde çeşitli yayınlar da yapılmıştır. Modelin resim verilerini işlenmesinde etkin olduğu [4] ile ortaya konmuş, karışık algılayıcılar için genişletme [5] ile yapılmıştır [3].

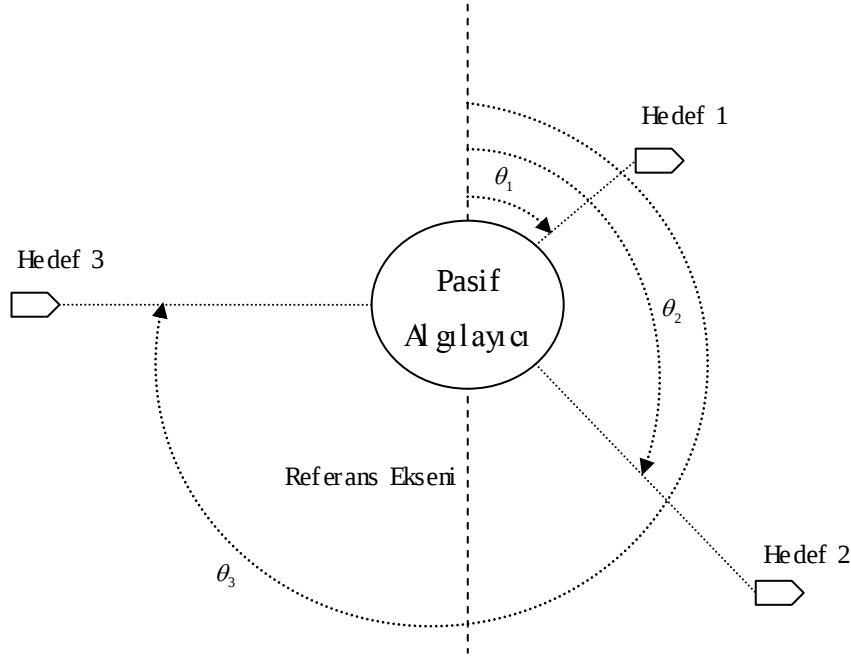
2.2 Pasif Algılayıcı Verisi Birleştirme

Bu bölümde, algılayıcı verisi sistem modeli alt bileşenlerinden seviye 1 nesne iyileştirmenin içerisinde yer alan pasif algılayıcı verisi birleştirme problemi sunulmuş, problemin çözümü verilmiştir. Çözümün uygulanmasında kullanılan bilgisayar programının özellikleri açıklanmış ve örnek oturumlar gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Problemin Sunumu ve Formalizasyonu

Herhangi bir anda, bir dizi hedefin farkına varmış olan S adet pasif algılayıcı (Şekil 2.2) verilmiş olsun. Herbir farkına varmanın, algılayıcı ile farkına varma olayına sebebiyet veren enerji kaynağı arasındaki açığa eşit olan, bir adet ölçüme karşılık geldiği kabul edilmektedir. Bu kaynak, içinde hata bulunan bir ölçüm karşılık gelen gerçek bir hedef olabileceği gibi, sahte de olabilir veya enerji kaynağı algılayıcı

tarafından tanımlanmış olabilir. Problemi ise gerçek hedeflerin yerini, adedini, sahte hedef sayısını ve kaçırılan hedef sayısını bulabil mektir [6].



Şekil 2.2 Hedefin bir referans doğrultusuna göre açısını (θ_1) veren algılayıcı

Toplam T (T bilinmiyor) adet hedeften j . olanı kartezyen koordinatlarda verilen x_j ve y_j noktası ile belirlensin ve her hedef en az bir algılayıcı tarafından fark edilsin (x_s, y_s) , $x_s = x_0, y_s = y_0, s = 1, 2, 3, \dots, S$ ile verilen noktada S adet sadece kriteriz (açı) veren algılayıcı olsun. s ($s = 1, 2, 3, \dots, S$) algılayıcısının ölçüm adedi n_s , j . hedef için yaptığı ölçüm de θ_{sj} olsun. İçinde hata barındıran i_s . ölçüm z_{si_s} ,

$$z_{si_s} = (1 - \alpha_{si_s}) [\theta_{sj} + v_{si_s}] + \alpha_{si_s} \omega_{si_s} \quad (21.)$$

şeklinde verilsin. Burada α_{si_s} değeri 1 veya 0 olabilen bir değişkendir. $\alpha_{si_s} = 0$ ölçümün gerçek bir hedeften, $\alpha_{si_s} = 1$ ölçümün sahte bir hedeften yapıldığını gösterebilir θ_{sj} ise,

$$\theta_{sj} = \arctan \left[\frac{(y_j - y_s)}{(x_j - x_s)} \right] \quad (22.)$$

şeklindedir. Ölçüm içindeki hata $v_{s i_s}$ de $N(0, \sigma_s^2)$ şeklinde alınmıştır. Sahte ölçümlerin dağılımı ise uniform kabul edilmiş ve Θ_s ($0 \leq \Theta_s \leq 2\pi$), s algılayıcısının taranma alanı olmak üzere

$$P_{w_{s i_s}}(w) = \frac{1}{\Theta_s} \quad (23.)$$

olarak kabul edilmiştir. P_{D_s} ile s algılayıcısının herhangi bir hedefi farkına varma olasılığı gösterilmiştir.

z_{s0} , s algılayıcısının fark edemediği herhangi bir ölçüm gösterilmek üzere s algılayıcısından gelen ölçümler kümesi Z_s , $Z_s = \{z_{s i_s}\}_{i_s=0}^{n_s}$ (24.)

ve problemin tanımlı olduğu bölgeye ait bütün ölçümler de

$$Z = \{Z_s\}_{s=1}^S \quad (25.)$$

ile ifade edilmiştir. Algılayıcılardan gelen sıralı S 'lileri

$$Z_{i_1 i_2 \dots i_S} = \{z_{s i_s}\}_{s=1}^S \quad (26.)$$

ile ifade edelim $\rho_{i_1 i_2 \dots i_S} = 1$, $Z_{i_1 i_2 \dots i_S}$ ölçümler kümesinin aynı hedeften gelmesi olayı,

$$\delta_{0 i_s} = \begin{cases} 1 & i_s = 0 \text{ ise } (s \text{ hedefi kaçırdı}) \\ 0 & \text{diğer} \end{cases}$$

ve

$$p(z_{s i_s} | x_j, y_j) = N(\theta_{s j}, \sigma_s^2) \quad (1 \leq i_s \leq n_s) \quad (27.)$$

olmak üzere sıralı S 'lilerdeki ölçümlerin aynı hedeften gelme olasılığı,

$$\Delta(\rho_{i_1 i_2 \dots i_S} = 1, x_j, y_j) = \prod_{s=1}^S \left[P_{D_s} p(z_{s i_s} | x_j, y_j) \right]^{1-\delta_{0 i_s}} \left[1 - P_{D_s} \right]^{\delta_{0 i_s}} \quad (28.)$$

yakınlık fonksiyonu ile yazılabilir. Burada açıkça gözükmektedir ki, hedef kaçırma durumunda s algılayıcısının yakınlık fonksiyonuna katkısı fark edeme olasılığı $(1 - P_{D_s})$ kadar, gerçek ölçüm durumunda ise farketme olasılığı ile normal dağılım altında (x_j, y_j) 'deki bir hedefi $z_{s i_s}$ ölçümü ile görmüş olmasının olasılığının çarpımı

$([P_{Ds}p(z_{s_i_s}|x_j,y_j)])$ kadar dır. Yakınlık değeri ise S adet algılayıcının katkılarını çarpım şeklindedir.

$$\gamma = \left\{ \left\{ Z_{i_1 i_2 \Lambda i_s}, i_s = 0, 1, 2, \Lambda, n_s; s = 1, 2, \Lambda, S \right\}, Z_f \right\} \quad (29.)$$

ile Z kümesi üzerinde ölçüm hedef eşleştirme lerinden oluşan (sıralı S 'liler) kümeye bölünme diyelim Burada Z_f , bütün algılayıcılardan gelen sahte ölçümler kümesini göstermektedir. Mümkün bölünmeler aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

1. Her bir ölçüm ya sahtedir ya da bir bölünme içindedir.

$$Z = \prod_{\text{bütün sıralı } S\text{'liler}} Z_{i_1 i_2 \Lambda i_s} Y Z_f \quad (210.)$$

2. Her bir ölçüm sadece tek bir hedefe aittir.

$$Z_{i_1 i_2 \Lambda i_s} \cap Z_{i_1 i_2 \Lambda i_s'} = \emptyset \quad \forall i_s \neq i_s', 1 \leq s \leq S \quad (211.)$$

Bütün mümkün bölünmeler kümesini

$$\Gamma = \{\gamma\} \quad (212.)$$

ile bölünmenin doğru olma olayını da

$$\zeta(\gamma) \quad (213.)$$

ile gösterelim

$$T_s(\gamma)$$

ile γ bölünmesindeki olası hedeflerden s algılayıcısının algılayabildiklerinin sayısı,

$$L(\gamma) = p\left[Z | \zeta(\gamma)\right] = \left[\prod_{Z_{i_1 i_2 \Lambda i_s} \in \gamma} \Delta(\rho_{i_1 i_2 \Lambda i_s} = 1, x_j, y_j) \right] \left[\prod_{s=1}^S \left(\frac{1}{\Theta_s} \right)^{n_s - T_s(\gamma)} \right] \quad (214.)$$

ile γ bölünmesini birleştirilmiş yakınlık fonksiyonu ve

$$L(\gamma_0) = p\left[Z | \zeta(\gamma_0)\right] = \prod_{s=1}^S \left(\frac{1}{\Theta_s} \right)^{n_s} \quad (215.)$$

ile bütün ölçümlerin sahte olması durumunun yakınlık fonksiyonu olmak üzere, en mümkün bölünme

$$\max_{\gamma \in \Gamma} \frac{L(\gamma)}{L(\gamma_0)} \quad (216.)$$

ile verilir. Burada maksimumu araştırılacak fonksiyonun algılayıcıların ölçüm sayısından bağımsız olması gerektiğinden 214, 215'e bölünerek 216 boyutsuzlaştırılmıştır. 216'ya eş değer olarak

$$\min_{\gamma \in \Gamma} [\ln L(\gamma_0) - \ln L(\gamma)] \quad (217.)$$

da verilebilir. Böylelikle problemin çözümü minimum maliyetli bölünmenin bulunmasına indirgenir.

2.2.2 For mülizasyonun Uygulanması ve Bir Örnek

2.2.1 ile verilen yöntemin uygulanması olarak bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program konfigürasyon dosyasındaki algılayıcılar ve hedeflerle ilgili parametreleri kullanarak (hedef sayısı gibi), çalışması sırasında rastgele hedef üretmektedir. Ayrıca algılayıcıların parametrelerine göre her bir algılayıcıyı simüle edip, onları adına ölçümler üretmektedir. Daha sonra 2.2.1 ile verilen yöntemi kullanarak problemin çözümünü gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde bilgisayar programının yapısı örnek bir ortamda, iş akışı takip edilerek açıklanmıştır. Öncelikle iş akışı ana başlıklar halinde verilmiş, sonra her bir ana başlığın detaylarına geçilmiştir.

- Simülasyon konfigürasyon parametrelerini okunması
- Hedeflerin oluşturulması
- Algılayıcı ölçümlerinin oluşturulması
- Algılayıcı ölçümlerinin karıştırılması
- Mümkün sıralı S' lilerin oluşturulması
- Bölünmelerin oluşturulması
- Minimum maliyetli bölünmenin seçilmesi
- Hedef sayısının ve yerlerinin belirlenmesi
- Standart sapmanın hesaplanması

2.2.2.1 Si mülasyon konfigürasyon parametrelerini okunması

Konfigürasyon dosyasında, si mülasyonda kaç adet algılayıcı kullanılacağı, kaç adet hedef üretilmesi gerektiği, algılayıcı ölçümlerinin kaç defa karıştırılacağı ve algılayıcı ölçümlerinin gruplandırılmasıyla kullanılacak olan eşik değeri parametresi ile her bir algılayıcıya has farkına varma olasılığı, yanlış alarm verme olasılığı, standart sapma, görüş açısı, gibi özellikler yer almaktadır. Bu adımda parametreler okunup global değişkenlere değerleri atanmaktadır. Tablo 2.1’de örnek bir konfigürasyon dosyası parçası bulunabilir. Diğer algılayıcılar benzer şekilde tanımlandığından sadece bir adet algılayıcı tanımlanmıştır.

Tablo 2.1 Konfigürasyon Dosyası Örneği

Algılayıcı_Sayısı	: 3	Algılayıcı_Adi	: radar1
Hedef_Sayısı	: 10	Farkına_Varma_Olasılığı	: 0.95
Karıştırma_Adedi	: 3	Yanlış_Alarm_Olasılığı	: 0.1
Algortama_Süresi	: 5	Standart_Sapma	: 5
Açı_Eşik_Değeri	: 25	Görüş_Açısı	: 1

2.2.2.2 Hedeflerin oluşturulması

Algılayıcıların [0, 2047] arasında ölçümler gönderiyor olduğu kabul edildi ve [7] kullanarak [0, 2047] aralığında hedef sayısı kadar rastgele sayı üretildi. Tablo 2.1 kullanılarak oluşturulan si mülasyon sonucunda ortaya çıkan 10 adet hedef için üretilmiş değerler Tablo 2.2’de görülebilir (Konfigürasyon dosyası değiştirilerek hedef ve algılayıcı sayısı istenilen sayı yapılabilir.).

Tablo 2.2 Örnek Hedef Açıları

+2046	+209	+1426	+1252	+1392	+443	+167	+444	+54	+469
-------	------	-------	-------	-------	------	------	------	-----	------

2.2.2.3 Algılayıcı ölçümlerinin oluşturulması

Box- Miller metodu [8] ile her bir algılayıcı için ayrı ayrı standart normal dağılıma uygun hedef sayısı kadar sapma üretilip, her bir algılayıcının standart sapması ile çarpılarak normal dağılıma uygun algılayıcı sapmaları bulundu. Ayrıca [0, 1] arasında hedef sayısı kadar rastgele sayı üretilip, algılayıcının farkına varma olasılığından büyük olanlara karşılık gelen hedefin o algılayıcı tarafından kaçırıldığı varsayıldı. Konfigürasyon dosyasındaki yanlış alarm verme olasılığı kullanarak algılayıcıların kaçar tane yanlış alarm vereceği hesaplandı. Yanlış alarmlar [7] kullanarak [0, 2047]

aralığında yanlış alar m sayısı kadar üretildi. Böylelikle 3 adet algılayıcı için aşağıdaki sayılar ortaya çıktı:

Tablo 2.3 Algılayıcılar için üretilen ölçümler

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gerçek Değerler	+2046	+209	+1426	+1252	+1392	+443	+167	+444	+54	+469	
radar1	+2044	+215	+1418	+1252	+1395	+438	+161	+455	+48	+461	-1
radar2	+2046	+208	+1432	+1261	+1385	+453	+166	+451	+51	+469	-1
radar3	+2049	+202	+1251	+1392	+458	+171	+447	+51	+471	+1359	-1

Görül düğü ği bi burada radar3 3. hedefi kaçır mış ve gene sensör3 1 adet yanlış alar m ver miş (1359). Son sütundaki -1'lerin anlam ise herhangi bir algılayıcının olası yanlış alar m ile eşleştirilebilecek gerçekte var olmayan sanal ölçümlerin günde me getiril mesi dir.

2.2.2.4 Algılayıcı ölçümlerinin karıştırılması

Simülasyonu gerçeğe yaklaştırmak ve algılayıcılar arasındaki faz farkını günde me getirmek için algılayıcı ölçümleri karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi konfigürasyon dosyasında 3 olarak belirlenmiştir. Sonuçta aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır:

Tablo 2.4 Karıştırma sonrası algılayıcı ölçümleri

radar1	+215	+1395	+161	+48	+461	-1	+438	+455	+1418	+2044	+1252
radar2	+1432	+166	+2046	+469	-1	+1261	+51	+208	+1385	+451	+453
radar3	+171	+447	+1392	+458	-1	+2049	+202	+1359	+471	+1251	+51

2.2.2.5 Mümkün sıralı S'lilerin oluşturulması

Sıralı S'liler olası bir hedefi temsil ederler. Bütün mümkün eşleşmeler içinden ki

bunlar $\prod_{s=1}^S n_s$ adettir, akla uygun olanlar alınarak oluşturulur. Akla uygunluğun

ölçüsü konfigürasyon dosyasından okunan eşik aç farkı ile belirlenir. Ölçümler arası fark eşik aç farkından küçük veya eşit ise bunlardan bir sıralı S'li oluşturulur. Herbir sıralı S'linin bir maliyeti vardır ve bu maliyet maksimum yakınlık fonksiyonunun negatif logaritmasından elde edilir 2.17. Aşağıda bir önceki tabloya göre oluşturulan örnek sıralı S'liler ve maliyetleri verilmiştir:

Tablo 2.5 Örnek sıralı S 'liler ve maliyetleri

0	+48	+51	+51	mali yet:- 15 014848
1	+455	+453	+458	mali yet:- 14 874847
2	+2044	+2046	+2049	mali yet:- 14 874847
3	+455	+451	+458	mali yet:- 14 614847
4	+455	+451	+447	mali yet:- 14 494847
5	+461	+453	+458	mali yet:- 14 474848
6	+455	+453	+447	mali yet:- 14 414847
7	+161	+166	+171	mali yet:- 14 134848
8	+1395	+1385	+1392	mali yet:- 14 054848
9	+461	+451	+458	mali yet:- 14 054848
10	+461	+469	+471	mali yet:- 14 014848
11	+1252	+1261	+1251	mali yet:- 13 894848
12	+461	+469	+458	mali yet:- 13 814847
13	+215	+208	+202	mali yet:- 13 434848
14	+438	+451	+447	mali yet:- 13 354848
15	+461	+453	+447	mali yet:- 13 134848
16	-1	+51	+51	mali yet:- 13 085631
17	+1252	-1	+1251	mali yet:- 13 065631
18	+461	+451	+447	mali yet:- 13 054848
19	-1	+469	+471	mali yet:- 13 045630
20	+455	+453	-1	mali yet:- 13 045630
21	+2044	+2046	-1	mali yet:- 13 045630
22	+1395	-1	+1392	mali yet:- 12 985631
23	+48	-1	+51	mali yet:- 12 985631
24	+48	+51	-1	mali yet:- 12 985631
25	+461	-1	+458	mali yet:- 12 985631
26	-1	+2046	+2049	mali yet:- 12 985631
27	+455	-1	+458	mali yet:- 12 985631
28	+455	+469	+458	mali yet:- 12 934848
29	-1	+451	+447	mali yet:- 12 925631
30	+455	+451	-1	mali yet:- 12 925631
31	+438	+453	+447	mali yet:- 12 854848
32	+161	+166	-1	mali yet:- 12 825631
33	-1	+166	+171	mali yet:- 12 825631
34	-1	+453	+458	mali yet:- 12 825631
35	+2044	-1	+2049	mali yet:- 12 825631
36	-1	+208	+202	mali yet:- 12 725631
37	-1	+453	+447	mali yet:- 12 725631
38	+215	+208	-1	mali yet:- 12 585631
39	-1	+1385	+1392	mali yet:- 12 585630
40	-1	+451	+458	mali yet:- 12 585630
41	+461	+469	-1	mali yet:- 12 445631
42	+461	+453	-1	mali yet:- 12 445631
43	+455	-1	+447	mali yet:- 12 445631
44	+438	-1	+447	mali yet:- 12 265631
45	+1252	+1261	-1	mali yet:- 12 265631
46	+1395	+1385	-1	mali yet:- 12 085630
47	+161	-1	+171	mali yet:- 12 085630
48	+461	-1	+471	mali yet:- 12 085630
49	+461	+451	-1	mali yet:- 12 085630
50	-1	+1261	+1251	mali yet:- 12 085630
51	-1	+469	+458	mali yet:- 11 865631
52	+461	+453	+471	mali yet:- 11 854848
53	+215	-1	+202	mali yet:- 11 385631
54	+438	+451	-1	mali yet:- 11 385631
55	+461	+451	+471	mali yet:- 11 134848
56	+461	-1	+447	mali yet:- 11 125630
57	+455	+469	-1	mali yet:- 11 125630
58	+1418	+1432	-1	mali yet:- 11 125630
59	-1	-1	+1359	mali yet:- 11 036414

60	+438	+453	-1	maliyet:-10.825630
61	+461	+469	+447	maliyet:-10.174848
62	+455	+469	+447	maliyet:-10.174848

Görül düğü ği bi 63 adet sıralı S 'li ol uşt urul muşt ur.

2.2.2.6 Böl ün neler i n ol uşt urul ması

Böl ün neler i n ol uşt urul ması, aynı ölçüm bir böl ün nede yalnızca bir defa yer al mak kaydıyla bütün mümkün sıralı S 'lilerin kombinasyonu alınarak yapılmalıdır. Bu durumda böl ün ne maliyeti iç erdi ği sıralı S 'lilerin maliyeti toplam kadar olur. Bir böl ün ne iç i ndeki herhangi bir sıralı S 'lide al gılayıcı adedi nin yarısından fazla veya eşit -1 var ise o sıralı S 'li bir yanlış alar m gösteriyor, al gılayıcı sayısının yarısından az sayı da ve sıfırdan fazla -1 var ise bir veya birden fazla al gılayıcı hedefi kaçır mış, hiç -1 yok ise bütün al gılayıcılar hedefi görüş şeklinde yorumlanmaktadır. Algoritmanın en uzun süren kısmı burası olmaktadır. NP Complete kısmı da burasıdır. Sıralı S 'lilerin sıralanmış ol ması ilk kombinasyonlarda maliyeti düşük böl ün meyi yakalamaya olası lı ğı nı arttırmaktadır. Fakat herhangi bir anda gerçek çözüme ne kadar yaklaşıldı ğı nın bir ölçüsü henüz bulunamamıştır. Bu aşamada algoritmanın kesil me kistası olarak geçen zaman kullanılmıştır.

2.2.2.7 Mini mum maliyetli böl ün me ni n seçil mesi

Böl ün neler iç i nden mini mum maliyetli olanı en mümkün olanıdır. Yapılan hesaplamalar sonucunda mini mum maliyetli böl ün ne aşağıdaki sıralı S 'lileri iç eren olarak ortaya çıkmıştır (Sıralı S 'liler Tablo 2.5'den alınmıştır.):

0 1 2 7 8 10 11 13 14 58 59

2.2.2.8 Hedef sayısının ve yerlerini n belirlenmesi

Sonuçta 10 adet hedef, 1 adet yanlış alar m ve 1 adet hedef kaçır ma sonuçlarına varılmıştır ki bunlar doğrudur. Fakat bazı sıralı S 'lilere ait ölçümler gerçekte yapılan ölçümlerden farklıdır. Örneğin (455, 453, 458) ile birleştirilmiştir, gerçekte al gılayıcılar tarafından (455, 451, 447) ölçülmüştür. Bu sonuç yakınlık fonksiyonun normal dağılıma göre (455, 453, 458)'in daha olası ol masından kaynaklanmaktadır. Sonuçlar Tablo 2.6'da özetlenmiştir:

Tablo 2.6 En uygun böl ün ne

Füzyon Ol uş an De ğ er	Sonucu	Al gılayıcı 1	Al gılayıcı 2	Al gılayıcı 3	Sonuç
+50:		+48	+51	+51	1. Hedef

+455:	+455	+453	+458	2. Hedef
+2046:	+2044	+2046	+2049	3. Hedef
+166:	+161	+166	+171	4. Hedef
+1390:	+1395	+1385	+1392	5. Hedef
+467:	+461	+469	+471	6. Hedef
+1254:	+1252	+1261	+1251	7. Hedef
+208:	+215	+208	+202	8. Hedef
+445:	+438	+451	+447	9. Hedef
+1425:	+1418	+1432	-1	10. Hedef (3. kaçırdı)
+1359:	-1	-1	+1359	3. yanlış alarm

Konfigürasyon Dosyası: algilayıcılar.txt
Ölçüm Dosyası: measurements.txt
Çıkış Dosyası: output.txt

[Bağlantı] [Yardım] [Çıkış]

Hedeflerin Gerçek Açılırları
+1300, +576, +645, +700, +814, +1661, +1824, +1902, +1828, +1514,

Algılayıcıların Ölçümleri
sensor1: +679, +699, +619, +1662, +1855, +1492, +1826, +1512, -1,
sensor2: +1398, +174, +641, +699, +804, +1666, +1847, +1497, +1830, +973, +1360,
sensor3: +1308, +878, +647, +700, +823, +1655, +1866, +1499, +1824, +1418, +1492,

Algılayıcıların Karşılaştırma Sonrası Ölçümleri
sensor1: +1662, -1, +1855, +637, +633, +1813, +1826, +818, +1492, +578,
sensor2: +1360, +641, +973, -1, +906, +1666, +1847, +1298, +1497, +698, +574,
sensor3: -1, +1825, +1518, +1824, +647, +700, +1306, +1499, +578, +1865, +1492,

Referans Hattına Göre Hesaplanan Değerler:
+688: <-- +697, +699, +700,
+878: <-- +878, +874, +878,
+1492: <-- +1492, +1497, +1492,
+1826: <-- +1826, +1830, +1824,
+642: <-- +639, +641, +647,
+1812: <-- +1855, +1847, +1855,
+1661: <-- +1662, +1666, +1655,
+1515: <-- +1512, -1, +1518, *****HEDEF KM AZ DİR ALGILAYICI TARAFINDAN KAÇIRILDI*****
+820: <-- +819, -1, +823, *****HEDEF KM AZ DİR ALGILAYICI TARAFINDAN KAÇIRILDI*****
+1302: <-- -1, +1298, +1306, *****HEDEF KM AZ DİR ALGILAYICI TARAFINDAN KAÇIRILDI*****
+1360: <-- -1, +1360, -1, *****YANLIŞ ALARM*****
+973: <-- -1, +973, -1, *****YANLIŞ ALARM*****

En uygun belirlenen:
oklanın: 191165
eklenmiş: 1
eklenmemiş: 0
hedef sayısı: 10
yanlış alarm sayısı: 2
standart sapma: 2,7

Şekil 2.3 Pasif füzyon uygulaması

2.2.2.9 Standart sapmanın hesaplanması

Ayrıca hesaplanan hedef açıları ile gerçekteki hedef açıları karşılaştırılmış ve yapılan füzyon sonucunda elde edilen standart sapma 3.94 olarak bulunmuştur ki bu her bir algılayıcının 5 olan standart sapmasından azdır. Standart sapma, hesaplanması füzyon sonucunda bulunan değerleri $\hat{z}_i$, gerçek açıları da z_i şeklinde adlandırır sak

$$\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left(\hat{z}_i - z_i \right)^2}$$

formülü ile bulunmuştur.

2.2.3 Yazılım Hakkında Bilgi

Yazılım geliştirme ortamı olarak C++ Builder kullanılmış ve görsel bir uygulamayı gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.3’de örnek bir durum gösterilmiştir.

2.3 Tehdit Değerlendirme

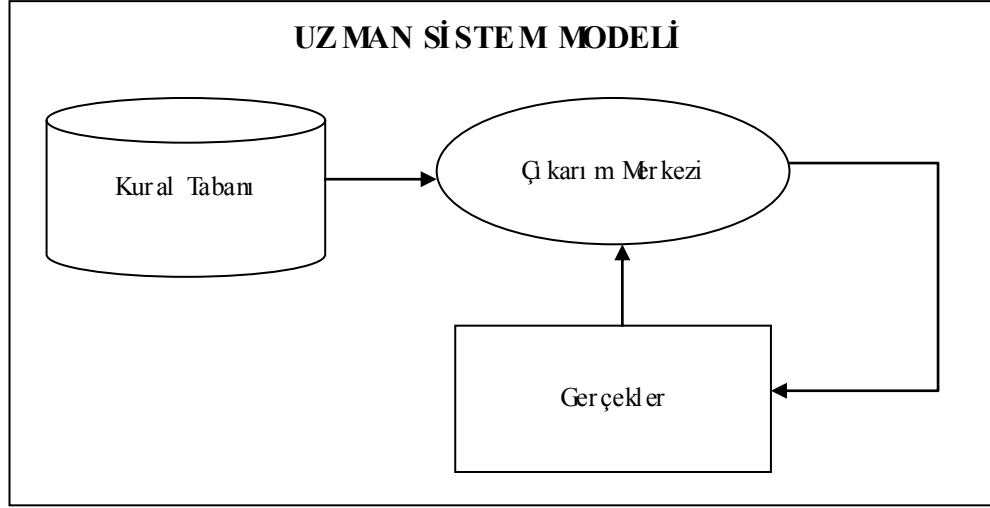
Bu bölümde, algılayıcı verisi sistem modeli alt bileşenlerinden seviye 3 tehdit değerlendirme problemi sunulmuş, problemin çözümü açıklanmış, çözümün uygulanmasında kullanılan bilgisayar programının özellikleri belirtilmiş ve örnek bir durum verilmiştir.

2.3.1 Problemin Sunumu

Ele alınan tehdit değerlendirme, daha önceki seviyelerde ortaya çıkarılmış, bir takım özellikleri belirlenmiş hedeflerin tehdit durumlarının geçmiş veritabanına dayanarak değerlendirilmesi ve dost düşman ayrımının yapılması probleminin çözümünü gerçekleştirir. 2.2 ile ortaya konana pasif algılayıcı verisi birleştirme süreci ile entegre çalışmaktadır. Seviye 3 problemi bağımsız bir ortamda uygulamaya konulmuştur.

2.3.2 Problemin Çözümü

Tehdit değerlendirme probleminin çözümü bir uzman sistem aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Uzman sistemin Şekil 2.4 ile verilen genel kabul görüş modeline bağlı kalınmakla beraber, kural tabanı, gerçekler ve gerçeklerin birleştirilmesinde Dempster Shafer teorisi kullanılmış, kuralların atışlenmesinde bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bu bölümde kural tabanı, çıkarım merkezi ve gerçekler kavramlarının ele alınışı açıklanmıştır.



Şekil 2.4 Uzman sistem modeli

2.3.2.1 Kural Tabanı, Gerçekler ve Çıkarım Merkezi

Kural Tabanı bir uzmanın belirli bir konu hakkındaki bilgisini yansıtır ve en genel anlamda ‘Şart İSE Sonuç’ şeklinde verilebilecek kurallardan meydana gelir. Gerçekler ise uzmanlık konusuyla ilgili olan olgulardır. Çıkarım merkezi, kural tabanı ve gerçekleri kullanarak yeni gerçekler elde eder, bu gerçeklerle kural tabanı tekrar işletilerek daha yeni gerçeklere ulaşılır ve böylece işlenecek kural kalıplarına kadar süreç devam eder. Süreç tamamlandığında en son elde edilen gerçekler uzmanın tavsiyeleri olarak değerlendirilebilir.

Kural tabanı, klasik mantık ile

Şart1 VE Şart2 VE... VE Şart N İSE Sonuç1 VE Sonuç2 VE... VE Sonuç N

şeklinde verilir. Burada Şart1 uzmanlık konusu ile ilgili değişkenleri parametre olarak alan mantıksal ifadelerdir. Klasik mantığın darlığından ötürü eldeki gerçekler ile bir kuralın şart kısmının sağlanması ancak ve ancak tüm şartların eldeki gerçeklerle tam olarak uyduğu durumlarda gerçekleşebilir. Örneğin,

GEM_HIZLI VE MANEVRASIZLIKLI VE IFF_DÜŞMAN İSE
GEM_TEHLİKELİ (218.)

kuralının eldeki GEM_ORTA_HIZLI ve MANEVRASIZLIKLI şeklindeki iki gerçek ile ateşlenmesi ve GEM_TEHLİKELİ sonucuna varılması imkansızdır. Bu kısırlığı aşabilmek için bulanık mantık kullanılmıştır. Buna göre kurallar,

{ bulanık alt küme, üyelik derecesi }

çiftleri kullanılarak hazırlanır. Böylece 2.18 ile verilen kural,

$$\{GEM_H ZLI, 0.8\} \text{ VE } \{MANEVRASI_Zİ KZAKLI, 0.7\} \text{ VE } \{IFF_DÜŞMAN, 0.8\} \\ \text{İSE } \{GEM_TEHLİ KELİ, 0.9\} \quad (2.19.)$$

şeklinde daha esnek olarak tanımlanabilir. Böyle bir kuralın şart kısmının eldeki $\{GEM_H ZLI, 0.6\}$, $\{MANEVRASI_Zİ KZAKLI, 0.9\}$ ve $\{IFF_DÜŞMAN, 0.8\}$ gerçekleri ile karşılaştırılması bir karşılaştırma fonksiyonu aracılığı ile yapılabilir. Fonksiyonun geri dönüş değeri belli bir eşik değerinden fazla ise kuralın işletilmesine aksi halde başka bir kurala geçilmesine karar verilir. Eğer kural işletilecek ise $GEM_TEHLİ KE$ değişkeninin alacağı değer kuralı ateşleyen gerçeklerin kuralın şart kısmıyla olan benzerliği oranında olur.

De mpster Shafer (DS) teorisi ile belirsizlik bulanık mantıktan daha geniş bir şekilde modellenebildiğinden, en son anlatılan çıkarım modelini genişletmek, DS teorisi kullanılarak mümkündür. Bulanık mantıkta bir elemanın bir küneye üyeliği tanımlanabilirken, DS ile belirsizliği daha iyi ortaya koyabilmek için birden fazla elemana birden, üyelik fonksiyonu ile benzeşim kurabileceğimiz temel olasılık değeri (Basic Probability Assignment) yardımı ile alt kümenin doğruluğuna inancımızı belirleyen değer atayabiliriz. Bu durumda 2.19 ile verilen kural,

$$\{GEM_H ZLI\}, 0.8\} \text{ VE } \{MANEVRASI_Zİ KZAKLI, 0.9\} \text{ VE } \\ \{IFF_DÜŞMAN, 0.8\} \text{ İSE } \{\{GEM_TEHLİ KELİ, 0.6\}, \\ \{GEM_TEHLİ KELİ, GEM_BİLİNMİYOR, 0.2\}\}$$

şeklinde yazılabilir. Burada açıkça görülmektedir ki, DS ile gerektiğinde geminin tehlikeli olduğunu ortaya koyabilmek için daha geniş bir yelpazade sonuçlar tanımlanabilmektedir. Matematiksel olarak ifade edecek olursak, bu model ile ŞART, SONUÇ ve GERÇEKLER en genel halde aşağıdaki yapıda karşımıza çıkarlar:

$$F_{D_1} \text{ VE } F_{D_2} \text{ VE } K \text{ VE } F_{D_i}$$

öyle ki,

$$D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \Lambda, d_{im}\}, i = 1, 2, \Lambda, n$$

mantıksal değişkenlerin tanımlandıkları herhangi bir sınıfı göstermek üzere,

$$F_{D_i} = \{ \{x, y\} \mid x \in 2^{D_i}, y \in [0,1] \}$$

ile belirlenen önermelerin VE ile birleştirilmesi ile oluştururlar.

2.3.2.2 Kural Ateşleme ve Çıkarımın Yapılması

Kural ateşlemesi Onaylama Öçüsü (Strength of Confirmation) metodu kullanılarak yapılmıştır [9]. Çıkarım yapma yöntemi ise şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Eldeki gerçekler ile bütün kurallar taranır ve ateşlenebilir kurallar yardımı ile yeni gerçekler elde edilir. Yeni gerçekler yardımı ile tekrar ateşleme yapılmasına çalışılır, ateşlenecek kural kalmasını da elde edilen yeni gerçekliklerden aynı kümeyle ait olanlar Dempster Rule of Combination (DROC) ile birleştirilir [10] ve elde edilen sonuçlar uzman önerisi olarak sunulur.

2.3.3 Yazılım Hakkında Bilgi

2.3.2 ile açıklanan çıkarım yöntemi, gerekli sınıflar tasarlanıp, C++ kullanılarak metin ortamında bir uzman sistem çekirdeği geliştirilerek uygulamaya konulmuştur. Sembolik olarak çalışan sistem kural tabanına bağlı olarak herhangi bir uzmanlık alanında kullanılabilir. Bu bölümde örneklerle programın iş akışı açıklanmıştır.

2.3.3.1 Kullanılan Girdi Dosyaları

Programın çalışması için iki adet girdi dosyası kullanılmaktadır, bunlardan biri kural tabanı, diğeri de kuralların ‘eğer’ ve ‘ise’ kısımlarında yer alan değişkenlerin ve bu değişkenlerin ait oldukları sınıfların (domain) dosyası. Dosyaların biçimleri ve örnek dosyalar aşağıda verilmiştir.

- Sınıf Dosyası Biçimi

SINF_LISTESI	= <SINF> <SINF> + <SINF_LISTESI>
SINF	= (SINF_ADI = SINF_ALT_KUMESI)
SINF_ADI	= SEMBOLİ KİŞİ M
SEMBOLİ KİŞİ M	= KARAKTER KARAKTER SEMBOLİ KİŞİ M
KARAKTER	= RAKKAM HARF İŞARET
HARF	= a A b B ... z Z
İŞARET	= ‘ ‘ ! ‘ ‘ ^ # \$ % / - _ @ €

SİNF_ALT_KÜMESİ = SİNF_ELEMAN | SİNF_ELEMAN , SİNF_ALT_KÜMESİ
SİNF_ELEMAN = SEMBOLİ_KİSİM

- Kural Tabanı Dosyası Bölümü

KURAL_TABANI = <KURAL> | <KURAL> + <KURAL_TABANI>
KURAL = {EĞER_KİSİM} -> {İSE_KİSİM} = KURAL_KESİNLİĞİ
EĞER_KİSİM = [SİNF_ÖRNEĞİ] | [SİNF_ÖRNEĞİ] & EĞER_KİSİM
İSE_KİSİM = [SİNF_ÖRNEĞİ] | [SİNF_ÖRNEĞİ] & İSE_KİSİM
SİNF_ORNEĞİ = SİNF_ADI: BPA_LİSTESİ
SİNF_ADI = SEMBOLİ_KİSİM
SEMBOLİ_KİSİM = KARAKTER | KARAKTER SEMBOLİ_KİSİM
BPA_LİSTESİ = (BPA) | (BPA): BPA_LİSTESİ
BPA = SİNF_ALT_KÜMESİ ; M
SİNF_ALT_KÜMESİ = SİNF_ELEMAN | SİNF_ELEMAN , SİNF_ALT_KÜMESİ
SİNF_ELEMAN = SEMBOLİ_KİSİM
M = BAŞIT_ONDALIK
KURAL_KESİNLİĞİ = BAŞIT_ONDALIK
BAŞIT_ONDALIK = . RAKKAM_LİSTESİ | 0 RAKKAM_LİSTESİ
RAKKAM_LİSTESİ = RAKKAM | RAKKAM RAKKAM_LİSTESİ
RAKKAM = 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
KARAKTER = RAKKAM | HARF | İŞARET
HARF = a | A | b | B | ... | z | Z
İŞARET = ' | ! | ' | ^ | # | \$ | % | / | - | _ | @ | €

- Sınıf Dosyası Örneği 1

(D1=d11, d12, d13)

+

(D2=d21, d22)

+

(D3=d31, d32, d33)

+

(D4=d41, d42, d43)

- Sınıf Dosyası Örneği 2

(GEM_HIZ=YAVAŞ, ORTA, HIZLI)

+

(GEM _SI N FI =Tİ CARİ, SAVAŞ)

+

(ROTA=DOĞRUS AL, Zİ KZAKLI, DAİ RESEL, KARI ŞI K)

+

(GÖRÜNME _SI KLI Ğ =NADİ R BAZEN ŞI K)

+

(TEHLİ T _DURUMU=TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z, Hİ Lİ NM YOR)

+

(IFF=DOST, DÜŞ MAN, TARAFSI Z)

- Kural Tabanı Örneği 1

<{[D2:(d21; 0 8)] }->{[D3:(d31; 0 7):(d32; 0 2)] }=0.95>

+

<{[D4:(d42; 0 9)] }->{[D2:(d21; 0 7)] }=0.95>

+

<{[D1:(d11; 0 5)] }->{[D3:(d32; 0 7)] }=0.95>

- Kural Tabanı Örneği 2

<{[D2:(d21, d22; 0 8)] }->{[D3:(d31, d32; 0 7):(d32; 0 2)] }=0.95>

+

<{[D4:(d42; 0 9)] & D2:(d21; 0 7)] }->{[D3:(d31, d33; 0 7)] }=0.95>

+

<{[D1:(d11; 0 5)] }->{[D3:(d32; 0 7)] & D4(d41, d42; 0 8)] }=0.95>

- Kural Tabanı Örneği 3

<{[IFF:(DÜŞ MAN; 0. 8)] & ROTA(Zİ KZAKLI; 0. 8)] & GEM _SI N FI(SAVAŞ; 0. 7)] }

->

{[TEHLİ KE _DURUMU:(TEHLİ KELİ; 0. 9):(TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z; 0. 1)] }=0.95>

+

<{[IFF:(DOST; 0. 8)] & ROTA(DOĞRUS AL; 0. 8)] & GEM _SI N FI(Tİ CARİ; 0. 7)] }

->

{[TEHLİ KE _DURUMU:(TEHLİ KESİ Z; 0. 9):(TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z; 0. 1)] }=0.95>

+

<{[IFF:(BELİRSİZ;0.9):(DOST;0.1)] & GÖRÜNME_SIKLIĞI(NADİR;0.8)] &
[GEM_SINIFI(TİCARİ;0.6):(SAVAŞ;0.2)]}

->

{[TEHLİKE_DURUMU:(TEHLİKESİZ;0.7):(TEHLİKELİ;0.2)]}=0.95>

2.3.3.2 Örnek Bir Durum

Bu bölümde aşağıda verilen kural tabanı, sınıf listesi ve gerçek altında, 0.7'lik eşik değeri ile birlikte nasıl bir çıkarımyapıldığı örnek bir durum ile verilmiştir.

- KURAL TABANI

<

{[GEM_HIZ:(HIZLI;0.8)]} &

{[GEM_MANEVRA:(DOĞRUSAL;0.7)]} &

{[IFF:(DÜŞMAN;0.8)]}

->

{[TEHDİT:(TEHLİKELİ;0.7):(TEHLİKELİ, HİLNİYOR;0.2)]}

= 0.95

>

+

<

{[GEM_SINIFI:(SAVAŞ;0.9)]} &

{[MESAFE:(AZALIYOR;0.8)]} &

{[IFF:(DÜŞMAN;0.7)]}

->

{[TEHDİT:(TEHLİKELİ;0.8):(TEHLİKELİ, HİLNİYOR;0.1)]}

= 0.95

>

+

<

{[GEM_SINIFI:(TİCARİ;0.9)]} &

$\{ [\text{MESAFE} : (\text{ARTI YOR} ; 0.8)] \} \&$
 $\{ [\text{IFF} : (\text{DÜŞMAN} ; 0.7)] \}$
 ->
 $\{ [\text{TEHDİT} : (\text{TEHLİ KESİZ} ; 0.7) : (\text{TEHLİ KESİZ, BİLİNMİYOR} ; 0.2)] \}$
 $= 0.95$
 >

- **SİNFI TESTİ:**

$(\text{GEM_HIZ} = \text{HIZLI} , \text{YAVAŞ})$
 +
 $(\text{GEM_MANEVRA} = \text{DOĞRUSAL} , \text{ZİKZAKLI})$
 +
 $(\text{IFF} = \text{DÜŞMAN} , \text{DOST} , \text{TARAFSIZ})$
 +
 $(\text{TEHDİT} = \text{TEHLİ KELİ} , \text{TEHLİ KESİZ, BİLİNMİYOR})$
 +
 $(\text{GEM_SINFI} = \text{SAVAŞ} , \text{TİCARİ})$
 +
 $(\text{MESAFE} = \text{AZALI YOR} , \text{ARTI YOR})$

- **GERÇEK**

$\{$
 $[\text{GEM_HIZ} : (\text{HIZLI} ; 0.7)] \&$
 $[\text{GEM_MANEVRA} : (\text{DOĞRUSAL} ; 0.8)] \&$
 $[\text{IFF} : (\text{DÜŞMAN} ; 0.8)] \&$
 $[\text{GEM_SINFI} : (\text{SAVAŞ} ; 0.8)] \&$
 $[\text{MESAFE} : (\text{AZALI YOR} ; 0.8)]$
 $\}$

- İŞ AKIŞI

- 1) 1. kural ile gerçeklik [9] metodu ile karşılaştırılır ve karşılaştırma sonucu bulunan benzeşme katsayısı > 0.7 olduğundan kural ateşlenir. Kuralın kesinlik değeri de hesaba katılınca

```
{
[ TEHDİ T:( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ; 0.188927):( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z; 0.149
831):( TEHLİ KELİ ; 0.661243)]
}
```

2. gerçeklik olarak gerçeklikler listesi ne eklenir.

- 2) 2. kural ile gerçeklik [9] metodu ile karşılaştırılır ve karşılaştırma sonucu bulunan benzeşme katsayısı > 0.7 olduğundan kural ateşlenir. Kuralın kesinlik değeri de hesaba katılınca

```
{
[ TEHDİ T:( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ; 0.0940206):( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z; 0.15
3814):( TEHLİ KELİ ; 0.752165)]
}
```

3. gerçeklik olarak gerçeklikler listesi ne eklenir.

3. kural ile gerçeklik [9] metodu ile karşılaştırılır ve karşılaştırma sonucu olan benzeşme katsayısı < 0.7 olduğundan kural ateşlenmez.

- 3) Ateşlenecek başka kural kalmayınca ve üretilen gerçeklikler de kural ateşleyemeyince, çıkarı işlemi sona erer. Üretilmeyen ilk gerçeklik silinir.

- 4) Geriye kalan gerçeklikler DROC ile birleştirilir [10]. Sonuçta aşağıdaki çıktılar elde edilir:

```
{
[ TEHDİ T:( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ; 0.0609098):( Hİ Lİ NM YOR, TEHLİ KELİ, TEHLİ KESİ Z; 0.02
30461):( TEHLİ KELİ ; 0.916044)]
}
```

Görüldüğü ki, DROC ile birleştirme sonunda birbirini destekleyen görüşler TEHLİ KELİ olma durumuna olan beklentiyi 0.916046'ya çıkartmıştır.

3 SONUÇ

Bu çalışma ile algılayıcı verisi füzyonuna giriş yapılmış ve seviye 1 ile seviye 3 problemlerine çözümler getirilmiştir. Pasif algılayıcı verisi füzyonu uygulamada etkin sonuçlar verse de, bölünmelerin belirlenmesi sırasında NP Complete bir problemi çözmeye çalışmaktadır ve bu algoritmanın ne zaman kesileceği zaman kısıtı altında yapılmıştır. Fakat daha uygun bir yöntem belirlenen bölünmelerin mümkün bölünmelerle karşılaştırılıp matematiksel bir ölçü dahilinde sonlandırılmasıydı.

Tehdit değerlendirme problemi, probleme herhangi bir uzmanlık alanında çözüm getirecek bir yöntemle çözülmüştür. Kuralların ‘eğer’ ve ‘ise’ kısımları geniş bir yelpazede belirsizlik sunacak ölçüde tanımlanabilmektedir. Fakat kuralın ateşlenip ateşlenmeyeceğine karar verilmesi için yapılan karşılaştırma bir bulanık mantık metodu olduğundan ateşleme kısmının esnekliğini azaltmıştır. Uzman sistem çekirdeğinin C++ ile yazılmış olması, birden fazla uzmanın farklı kural tabanları üzerinde çıkarım yapıp, bir karatahta modeli ile bu sonuçların birleştirilmesini sağlayacak bir gelişmeye açık olmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Hall L. D.**, 1992. Mathematical Techniques In Multisensor Data Fusion, pp. 4-6, Artech House, Boston.
- [2] **White F. E.**, 1991. Data Fusion Lexicon, *Data Fusion Subpanel of the Joint Directors of Laboratories Technical Paper for C³*, San Diego, CA, USA, 1991.
- [3] **Hall L. D ve Illias J.**, 1997. An Introduction to Multisensor Data Fusion, *Proceedings Of The IEEE*, **85**, 6-23.
- [4] **Waltz E.**, 1995. The principles and practice of image and spatial data fusion, *Proceedings Of 8th National Data Fusion Conference*, Dallas, TX, USA, 15-17 Mart.
- [5] **Hall L. D ve Ogrodnik**, 1996. Passive exploitation of the electromagnetic environment for improved target tracking, situation assessment, and threat refinement, *Proceedings of 9th National Symposium on Sensor Fusion*, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, 12 Mart.
- [6] **Pattipati K. R., Deb S., Bar-Shalom Y. ve Washburn B. R.**, 1992. A New Relaxation Algorithm and Passive Sensor Data Fusion, *IEEE Transactions on Automatic Control*, **37**, 198-213.
- [7] **Press H. W., Hannery P. B., Teukolsky A. S. ve Vetterling T. W.**, 1992. Numerical Recipes in C, pp. 275, Cambridge University Press.
- [8] **Press H. W., Hannery P. B., Teukolsky A. S. ve Vetterling T. W.**, 1992. Numerical Recipes in C, pp. 287, Cambridge University Press.
- [9] **Chen M. S.**, 1989. A New Approach to Handling Fuzzy Decision Making Problem, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, **18**, 1012-1016.
- [10] **Kir J. George ve Yuan B.**, 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications, pp. 180-187, Prentice Hall PTR, New Jersey.

EKLER

EK A

Pasif Ağılayıcı Verisi Birleştirme Yazılım

EK B

Tehdit Değerlendirme Yazılım

ÖZGEÇMİŞ

Atilla Günel 1977 yılında İstanbul da doğdu. Sarıyer İlköğreti okulunun ardından Özel Boğaziçi Lisesi'ni ve Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi'ni bitirdi. 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Sistem Analizi programına başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.