

# Veri Füzyonuna Genel Bir Bakış

Serdar BİROĞUL, Yusuf SÖNMEZ, Uğur GÜVENÇ  
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Veri füzyon fikri yeni olmamasına rağmen yeni algılayıcıların ortaya çıkması, teknolojinin ilerlemesi ve gelişen donanımın düzelmesi gerçek zamanlı veri füzyonunun artarak mümkün kılınmasını sağlamaktadır. Bilgisayar alanındaki gelişmeler yapay zekâ programları ve çeşitli algoritma yapılarının gerçek dünyaya uygulanma imkânlarını sağlamıştır. Hesaplama ve algılamadaki yeni gelişmeler insanların ve hayvanların veri füzyon kabiliyetlerinin donanım ve yazılımda bir benzerliğinin oluşturulmasını sağlamıştır. Ayrıca bir önemli etkende birçok noktadaki algılayıcılardan gelen verilerin doğru değerlendirilmesidir. Birçok noktadan gelen veriler hem çok karmaşık hem de çok fazla bilgi içermektedir. Bu bilgiler doğrultusunda doğru veri füzyonu yapısının oluşturulamaması ve karar mekanizmasının doğru sonuç üretmemesi çok daha kötü ve maliyetli sorunlara sebep olabilir. Bunun içindir ki veri füzyonu çok karmaşık olduğu kadar bir o kadar da zor olan bir süreçtir.

**Anahtar Kelimeler** : Veri Füzyonu, Çoklu Algılayıcı, Algoritma

## A Survey of Data Fusion

### ABSTRACT

Although data fusion is not a new idea, the emergence of new sensors, the development of technology and improving hardware provide increasing data fusion to be possible. The improvements in computer area have provided the application possibilities of artificial intelligence programs and various algorithm structures into the real world. The new developments in calculation and sensor have provided a similarity between animals and humans' data fusion abilities in equipment and software. Besides another important element is the right evaluation of the data coming from sensors in several points. The data coming from several points includes both complicated and redundant information. In this sense, not to be able to compose right data fusion structure and the decision mechanism's not to be able to produce right result might cause worse and expensive problems. That is why data fusion is not only a complicated but also a difficult process.

**Keywords:** Data Fusion, Multisensor, Algorithm

### 1. FÜZYON NEDİR?

Literatüre bakıldığında veri füzyonu kelimesi çoklu algılayıcı füzyon, çoklu algılayıcı veri füzyonu, algılayıcı füzyon, algılayıcı veri füzyonu, bilgi füzyonu, iz birleştirme, gözlem sentezi gibi tanımlamaları da içermektedir (1-6). Ayrıca kaynaşım, birleşim, sinerji, tamamlama ve toplama, algılayıcı yönetimi (7), algılayıcı koordinasyonu (8), algılayıcı planlaması ve kontrolü (9) gibi ifadeler de füzyon ile aynı kavramı belirtmektedir.

Literatüre bakıldığında veri füzyonu tanımı için çeşitli açık tanımlamaların yapıldığı görülür. Klein'e göre; çok seviyeli, çok yüzlü bir yöntem olarak belirtilen veri birleştirme işi, otomatik bulma, kurma, değişkenleri birbirleriyle bağlama, bir kanıya varma ve verinin farklı kaynaklardan gelen bilgilerle birleşmesi işini yapan bir işlemler sürecidir (10). Weisstein'e göre; iki veya daha fazla algılayıcılarla yada iki veya daha fazla biçimlerdeki bir algılayıcının çalışmasıyla elde edilen veriden arzu edilen bilgiyi çıkarma ve birleştirme olarak da belirtilir (11). Waltz, Llinas ve Hall'e göre; fiziksel olaylar, hareketler veya durumlar hakkında sonuç çıkarmak için mevcut teknolojiler doğrultusunda çoklu

algılayıcılardaki bilgilerin birleşimidir (4,12). Robotik uygulama açısından Richardson ve Marsh'a göre; gözlenen sistemin kazancının çoklu algılayıcılardan gelen veriler ile en iyi durum vektörlerinin oluşturulmasıyla hesaplanmasıdır (13). Parametrelerin tam olarak belirlenmesinde McKendall ve Mintz'e göre; algılayıcılardan gelen çoklu ölçüm değerlerinin birleştirilerek parametrelerin tek bir ölçüm modelinin oluşturulması problemi (14). Luo ve Kay'a göre; farklı kaynaklardaki bilgilerin birleştirilerek her durumda sistemi temsil edecek tek bir düzenin oluşturulması işlemidir (5).

Veri füzyonu esas olarak bir bilgi bütünleştirilmesi problemi. Bu yöntem çoklu algılayıcıdan gelen verilerin birleştirilerek ilgili durum için tek bir algılayıcı kullanımından daha iyi bir analiz yapılmasına ve daha iyi kararların verilmesini sağlamaktadır. Veri füzyonundaki kritik problem, algılayıcılardan gelen verilerin toplanması ya da karmaşık yapılara uygulanmasının dışında problemin kesin sonucunda karmaşık algoritmalar ve paralel işlemciler kullanmak suretiyle analiz edilmesidir. Buradaki diğer bir önemli husus ise ilk başta işlenen algılayıcı verilerinin karar sistemine uygun bir zaman içinde uygun bir bilgi biçiminde verilmesidir.

Veri füzyonu canlıların her zaman yaptıkları ama farkında olmadıkları bir işlemdir. Örneğin, sadece görme ve dokunma duyularına bağlı olarak bir maddenin yenilebilirliğine değer biçmek mümkün olmayabilir, fakat yenilebilirliğin değeri görme, dokunma, koklama ve tatmanın bir birleşimi ile sağlanabilir. Bu nedenle, çok algılayıcı veri füzyon, tehditlerin kimliğinin ve çevrenin daha kesin değerlendirilmesini yapmak için, yani yaşama şanslarını artırmak için doğal olarak insan ve hayvan tarafından istek dışı olarak da yapılmaktadır (4).

Çok algılayıcı veri füzyonu geliştirilmeye çalışılan yeni bir konudur. Algılayıcı birleşim teknolojisi birçok uygulamalarda kullanılmaktadır. Görünüşte yapılan her bir uygulama birbirinden farklı ve farklı birer teknik istemektedir. Bu alanda yapılan son incelemeler teorik olarak genel yapıyı ortaya koymasına rağmen bu alanda halen detaylı çalışmalar devam etmektedir (15-18).

Füzyon işleminin gerçekleştirilmesinde bir algılayıcı kullanılmıyorsa çok kaynak kullanarak şu avantajlar sağlanabilir: Sağlamlık ve güvenilirlik; bir veya birkaç bilgi eksik veya bozuk olsa bile sistem kullanıma hazırdır. Kapsam genişletilebilir; sistem hassaslığındaki arttırma ve ortaya çıkan bilginin yüksek kalitede olması ve veri alanındaki boyutluluk artırılır. Belirsizlik azaltılır; daha fazla tamamlanmış kullanılabilir bilgi çeşitli hipotezler arasından iyi olanların belirlenmesini sağlar (19,20).

## 2. VERİ FÜZYON İŞLEMİ

Yüzeysel olarak bakıldığında veri füzyonu düşüncesi açık ve basit görülebilir ama birleştirme sistemlerinin tasarım ve uyarlaması, aşırı derecede karmaşık görevlerdir. Modelleme yapmak, işlem yapma, veri birleştirme, çeşitli algılayıcı verilerinin değerlendirilmesi ve bilgi özümlemesi oldukça zor ve karmaşıktır. Özellikle uygun veri eksik olduğu zaman bu problemler daha zor ve daha karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. Bu güçlüklerle rağmen araştırma ve geliştirme çabaları önemli yüksek sistem başarıları için büyük hızla devam etmektedir. Çoklu algılayıcı veri füzyon işlemlerinde asıl amaç bilgi sistemlerinden gelen verilerin doğru bir durum değerlendirmesini gerçekleştirmektir.

Veri füzyon fikri yeni olmamasına rağmen yeni algılayıcıların ortaya çıkması, teknolojinin ilerlemesi ve gelişen donanımın düzelmesi gerçek zamanlı veri füzyonunun artarak mümkün kılınmasını sağlamaktadır (21,22). 1970'lerin başlarında itibaren bilgisayar alanındaki gelişmeler yapay zekâ programlarına uygulama alanları sağlamıştır (23). Hesaplama ve algılamadaki yeni gelişmeler insanların ve hayvanların veri füzyon kabiliyetlerinin donanım ve yazılımda bir benzerliğinin oluşturulmasını sağlamıştır. Gerçek mühendislik kuralları, belirli bir standartlaştırılmış özel anlamlı terimlerle, güçlü matematiksel modellerin toplamıyla ve kabul edilen sistem tasarım ilkeleriyle kuvvetlendirilmiştir (7,12,16).

Veri birleştirme teknikleri, dijital sinyal işlemini, istatistiksel tahmini, kontrol teorisini, yapay zekâyı ve klasik sayısal metotları içine alan daha geleneksel prensiplerin değişik uygulamış biçimlerinden çıkarılmıştır (24,25). Tarihsel olarak veri füzyon metotları öncelikle askeri uygulamalar için geliştirilmiştir. Bununla beraber, son zamanlarda bu metotlar sivil uygulamalarda da uygulanmaktadır ve iki alan arasında bilgi paylaşımı gerçekleştirilmektedir (26).

Veri füzyonundaki bir önemli etkende birçok noktadaki algılayıcılardan gelen verilerin doğru değerlendirilmesidir. Birçok noktadan gelen bu ham veriler hem çok karmaşık hem de çok fazla bilgi içermektedir. Bu bilgiler doğrultusunda doğru veri füzyonu yapısının oluşturulamaması ve karar mekanizmasının doğru sonuç üretmemesi çok daha kötü ve maliyetli sorunlara sebep olabilir. Bunun içindir ki veri füzyonu çok karmaşık olduğu kadar bir o kadar da zor olan bir süreçtir.

Çeşitli çoklu algılayıcılar ve füzyon işlemlerini kullanarak iyileştirilmiş sistemlerin bu nitel kavramlarına ve nicel hesaplamalarına rağmen etkili ve verimli bir veri füzyon olgusunun gerçekleştirilmesi zor ve karmaşık olmaktadır. Uygulama alanlarında veri füzyonu gerçekten bir algılayıcı gurubunda en uygun tek bir algılayıcının kullanımıyla elde edilen sonuçlardan daha kötü sonuçlar da elde edilebilir. Bu da yanlış veri (özellikle veri belirsizlikleri veya tutarsızlıkları bilinmiyorsa) veri füzyonunun birleşiminden yanlış sonuçların üretilmesine neden olur. Belirli bir uygulama için veri füzyon işleminin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şunlardır:

- Belirlenmiş olan uygulama için hangi tür algoritmaların ve tekniklerin uygun ve en iyi yöntem olduğunun kararının verilmesi,
- Ne tür veri füzyon mimarisinin kullanılacağına kararının verilmesi,
- Her bir bağımsız algılayıcıdan gelen verilerden maksimum oranda istenen verileri almak için hangi işlemler gerekir,
- Veri füzyon işlemiyle hangi hassasiyetle gerçeğe uygun verilere ulaşılabilir,
- Dinamik yapıda füzyon işlemi nasıl en iyilenebilir (optimize),
- Verinin elde edildiği ortam toplam çalışmayı nasıl etkiler,
- Çok algılayıcı veri füzyon hangi şartlar altında sistemi düzeltir.

Askeri alanda ordu, veri füzyon araştırmalarına son derece hızlı bir şekilde uygulamaya yönelik yeni modeller yaratmaya çalışmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte ordu da bu son teknolojilerin öncelikli kullanıcısı ve teknoloji ile birlikte veri füzyonu yapılarının ve algoritmalarının gelişmesinde öncülük yapmaktadır. Bu alanda örnek vermek gerekirse, ölçümlerin gürlülüğü

veri içermesi durumunda hedefin durumu ve hızının tespiti, klasik istatistiksel tahmin problemi olarak değerlendirilmektedir (4). Askeri uygulamalarda; otomatik hedef tanıma (akıllı silahlar), insansız taşıtlara rehberlik, uzaktan algılayıcı, dost-düşman-tarafsız- tanıma (IFFN) sistemleri gibi savaş alanı gözetimi ve otomatik tehlike tanıma sistemlerini içine alır (27).

Askeri olmayan alanların dışında veri füzyonun uygulandığı diğer alanlar ise akademik, ticari ve endüstriyel gibi sivil uygulamalardır. Bu alanda robotik uygulamaların tamamlanabilmesi, endüstriyel üretim sistemlerinin otomatik kontrolü, akıllı binaların geliştirilmesi, yapay zekânın geliştirilmesi ve tıbbi uygulamalar bulunmaktadır.

Hem askeri hem de askeri olmayan alanlarda kullanılan ikinci bir alan, turbomakinacılık, helikopter eğitimi yada endüstriyel imalat gibi karmaşık mekaniki donanımların kontrol edilmesidir. Ancak böylesi birbirinden farklı alanlarda veri füzyon için belli başlı zorluklar ise eşit olmayan aynı veri tiplerini üretmeyen algılayıcılar, sinyal farklılığı ve sisteme eklenen gürültülerdir.

Askeri olmayan uygulamalar için veri füzyon sistemine bir örnekte tıbbi teşhislerin gerçekleştirilmesidir. Günümüzde gelişmiş algılayıcılar tıbbi uygulamalar için geliştirilmekte ve geniş uygulama alanı bulunmaktadır. Nükleer manyetik rezonans (NMR), akustik görüntüleme ve tıbbi testler gibi algılayıcılar tıbbi teşhislerde kesin sonuçlara ulaşmada kolaylık sağlamaktadır.

### 2.1. Çevrenin Üç Şekli

Veri füzyonu işleminin gerçekleştirildiği ortamlar göz önüne alındığında çeşitli tipte dünya modellerinin ortaya çıktığı görülür. *Tasarlanmış Dünyada* takım tezgâhı veya makine parçaları gibi neler olduğu ve nasıl çalışıldığı hakkında tüm bilgiler bilinmektedir. Daha da ötesi bu dünyadaki çevre ve olup bitenler tam olarak kontrol edilebilmektedir. *Gerçek Dünyada* çevresel izleme gibi gerçek dünya durumları çok daha karmaşıktır. Kaydedilen fiziksel olay hakkında kısmi olarak bilgi bilinir ve üzerinde çok az kontrol edilebilirlik bulunmaktadır. Varlıkların hareketleri gerçek dünyayı etkilemesine rağmen gerçekte onu kontrol etmek çok zordur. *Düşman Dünyada* savunma sistemleri genellikle bu tür dünya için yapılmaktadır. Düşman dünya belli açılardan gerçek ve tasarlanmış dünyaya benzer. Bazı kısımları anlayıp kontrol edilebilir ancak bazı kısımlar üzerinde ise çok az anlama ve kontrol edilebilirlik vardır. Buradaki anahtar husus düşman dünyada hareketlere düşmanca karşılık veren bir rakip olmasıdır.

### 2.2. Probleme yaklaşım

Veri füzyonu gerçekleştirileceği zaman bir takım gereksinimlerin ve soruların cevaplanması gerekmektedir. Bu gereksinimlerin sağlanması doğrultusunda çözümlü aranan problemin daha iyi anlaşılması sağlanır.

*Gerçek zaman kontrolü*; gerçek zamanlı veri füzyonu zaman kısıtlaması altında çalışıldığından dolayı daha karmaşıktır. Bu da sınırlı zaman içinde yapılabilecek işlem miktarını sınırlamakta ve daha güçlü bir sistem gerektirmektedir. Zamanın önemli olup olmaması basit olarak sistemin çevreyi kontrol etmeye mi çalışıldığı veya daha sonra rapor edilecek şekilde ne olup bittiğini izleme mi yaptığına bağlıdır.

*Veritabanı Karakteristikleri*; uygulama alanı ile değişen iki tane temel veri tabanı karakteristiği vardır; boyut ve karmaşıklık. Ancak bazen fazla veriden dolayı boyut ve karmaşıklık düzeyleri uygulama alanını net olarak tanımlayamaz. Veritabanının boyutu yapılan ölçüm sayısı ile değişir ki bu da algılayıcı sayısı ve örnekleme hızına bağlıdır. Algılayıcı sayısı kapsanmak istenen alan ve istenilen hassasiyete göre değişir. Örnekleme hızı istenilen hassasiyete, çevrenin veya ölçülen karakteristiğin değişim hızına ve bu değişikliklerin tahmin edilebilirliğine bağlıdır. Karmaşıklık, veritabanındaki nesne sayısına ve bunlar arasındaki ilişki sayısına bağlıdır. Büyüklük ve karmaşıklık gerekli olan iki tane bağımsız boyuttur. Büyüklük sistemin depolama kapasitesini, karmaşıklıkta işleme kapasitesini zorlatmaktadır (28).

*Belirsizlik derecesi*; belirsizlik derecesi, veri füzyonun ana amacının belirsizlik derecesinin düşürülmesi ve birçok durumda buna karşı nasıl yanıt verileceğinin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu belirsizlik gerçek ölçümlerden ortaya çıkan durumda bu durumda nasıl değişebileceği veya bu duruma nasıl yanıt verileceği hususlarında ortaya çıkabilir. Çoklu algılayıcı kullanarak bir algılayıcıda problem olduğu ve bu algılayıcının diğerleri ile uyumsuz olan okumalar yaptığı anlaşılabilir. Dolayısıyla daha fazla algılayıcıdan gelen ek bilgi mevcut durumla ilgili belirsizliği azaltır. Çünkü bir algılayıcının zayıflığı diğerinin güçlü yönü ile giderilebilir. Ancak bunu yapmak için çok sayıda algılayıcıdan gelen tek bir hatalı işareti belirlemek gerekir ki bu tek bir algılayıcıdan gelen işareti yorumlamadan daha karmaşık bir işlemdir.

*Hedef pazarların karakteristikleri*; veri füzyonu için bir pazarın veya alanın çekiciliğini etkileyen birkaç karakteristik unsur vardır. İlk olarak pazarın büyüklüğü ve büyüme hızı önemlidir. Ancak kaynaklar ve pazara olan finans seviyesi de göz ardı edilemez. İkinci olarak pazarın yeni veri füzyonu teknolojisini kabul etmesi de önemlidir.

*Portföy analizi*; portföy analizi birbirini destekleyen veri füzyonu çalışmalarının bir araya kümelmesi açısından önemlidir. Bu yüzden çeşitli veri füzyonu alanları arasındaki benzerlikleri anlamak önemlidir. Belli bir alana çok dar bir şekilde odaklanmak alanlar arasındaki potansiyel sinerjiyi kaçırma riskini de beraberinde getirmektedir.

Genellikle detaylı veri füzyonu modelleri; tanklar, uçaklar, robotik kollar ve takım tezgâhları gibi özel uygulama alanlarına odaklanmaktadır. Bir açıdan bu

modeller iyidir çünkü bunlar özel nitelikli nesnelere ve kullanıcıların bildikleri ve anladıkları ilişkilere odaklanır. Ancak belli bir seviyeye odaklanmak başka uygulama alanlarına bakmakla ortaya çıkacak sinerjinin kaybolmasına da sebep olabilir.

### 3. VERİ FÜZYONUNUN UYGULANMASI

Birleştirme işlemi, bilgi ve birleştirme ürününe ki soyutlamanın, istenilen işlemin bağımsız olarak genel bölümlerinin ard arda gelmesiyle bileşenlerine ayrılabilir (29).

- Veri içerisindeki her bir özellik, algoritma birleştirilmesi için en uygun olan standart referans sistemine dönüştürülür.
- Bilgi tabanına uyumu denetlenir. Sıraya konmuş veri sembolleri üzerinde anlamsal bir kontrol yapılır ve birleştirme için veri seçimi sağlanır.
- Onaylanmış veri ve tasarımın bir parçası için bir veya daha fazla benzer ölçümler kabul görünür. Benzer bir ölçüm sembollerinin bir veya daha fazlasının temeli üzerinde iki bağımsız varlık arasındaki benzerliğin derecesine karar verilir.
- Birleştirme adımı, eğer bütün karşılıklı ölçümler arasında yeteri kadar benzerlik varsa, bunu belirlemek için çeşitli ilişkilerin ve başlangıç değerlerinin toplanmasını yöneten bir karara varılır. Başlangıç değerleri için bu ilişkilerin nispi katkılarına ek bir katkı gerekebilir.
- Birleşme geçerli olan verideki nitelik değerlerini kullanan bir modeldir.

#### 3.1. Veri Füzyon İşleminde Veri Madenciliği

Veri madenciliği, veri tabanı teknolojisi, istatistik, makine öğrenim, örüntü tanımı, yapay sinir ağları, verilerin görselleştirilmesi ve uzaysal veri analizi gibi farklı disiplinlerde yer alan tekniklerin bir birleşimini içerir. Bu disiplinlerin aralarındaki kesin sınırları tanımlamak zor olduğu gibi, bu alanlar ile veri madenciliği arasındaki kesin sınırları tanımlamak da zordur (30).

Veri madenciliği, çok büyük veri tabanlarındaki yada veri ambarlarındaki veriler arasında bulunan ilişkiler, desenler, değişiklikler, sapma ve eğilimler, belirli yapılar gibi ilginç bilgilerin ortaya çıkarılması ve keşfi işlemidir. Genel olarak bilgi keşif süreci şu sıralı adımlardan oluşmaktadır: veri temizleme, veri entegrasyonu, veri seçimi, veri dönüşümü, veri madenciliği, desen değerlendirilmesi ve bilgi sunumu.

Bu aşamada başarı için en önemli anahtar, sistemli bir süreç takibidir. Veri füzyonunun bir alt aşaması olan veri madenciliği için altı adımlı bir süreç önerilmektedir. Bunlar; iş probleminin belirlenmesi, veri madenciliği veri tabanının oluşturulması, verinin araştırılması, verinin modeller için hazırlanması, bir model

oluşturulması, modelin değerlendirilmesidir. Bu adımların kısaca açıklamaları ise aşağıda verilmiştir.

*İş probleminin belirlenmesi;* her şeyden önce veri madenciliği yapmak için ön koşul veriyi ve işi iyi anlamaktır. İlk önce çözülecek problemlerin belirlenmesi, verinin madencilik süreci için hazırlanması, sonuçların doğru bir şekilde yorumlanması ve tahminlerdeki ilişkilerde güven sağlanması gerekir.

*Veri madenciliği veri tabanının oluşturulması;* bu adım, sonraki iki adımla birlikte veri hazırlığının çerçevesini oluşturur. Diğer tüm adımlardan daha fazla zaman ve uğraş gerektirir. Yapılacak herhangi bir projede bu adımlar projenin %60 - %95 zaman ve kaynağını tüketen adımlardır.

*Verinin Araştırılması;* iyi tahmini modeller oluşturulmadan önce verinin anlaşılması gereklidir. İşe, çeşitli nümerik özetler çıkararak (ortalamalar, standart sapmalar vs. gibi tanımlayıcı istatistikleri içeren) ve verinin dağılımına bakarak başlamak her zaman önerilen bir yoldur. Çok boyutlu veriler için çapraz tablolar (pivot tablolar) yapılabilir. Amaç, bir sonuç tahmin etmek için kullanılacak en önemli sahalardan belirlenmesi ve hangi değerlerin kullanıldığında faydalı olacağını bulmaktır.

*Verinin Modelleme İçin Hazırlanması;* bu adım modeli oluşturmadan önceki son veri hazırlama adımıdır. Bu adımda 4 temel hedef vardır:

a) Değişkenlerin seçimi: İdeal olarak tüm değişkenler veri madenciliği aracına yüklenir ve hangilerinin en iyi tahminleyici olduğunun belirlenmesi yapılır. Gerçek zamanlı uygulamada, bu yöntem pek işe yaramaz. Modelin oluşması için harcanan zaman değişkenlerin sayısına bağlı olarak artar. Ayrıca, konu dışı sütunların da kullanılması yanlış modellerin oluşumuna sebebiyet verebilir. b) Satırların Seçilmesi: Değişkenlerin seçimi sırasında modelin oluşması için tüm kayıtların seçilmesi istenir. Ancak çok fazla veri varsa bu çok uzun sürebilir yada mevcut bilgisayar imkanları yetmeyebilir. Çözüm, örnekleme (sampling), yani veri içerisinde rastgele bir alt veri kümesi seçmektir. c) Yeni Değişkenlerin Oluşturulması: Genellikle ham veriden elde edilen yeni tahminleyiciler oluşturmak gerekir. Tek başına daha az etkili olan değişkenlerin aritmetik yada cebirsel işlemlerle bir araya getirilmesi gerekebilir. d) Değişkenlerin Dönüştürülmesi: Seçilen araç, verinin nasıl temsil edileceğini belirlemek üzere kullanıcıyı yönlendirebilir. Örneğin yapay sinir ağları kategorik ölçümleme gerektirebilir. Değişkenler belirli bir değer aralığına sığacak şekilde ölçeklendirilebilir.

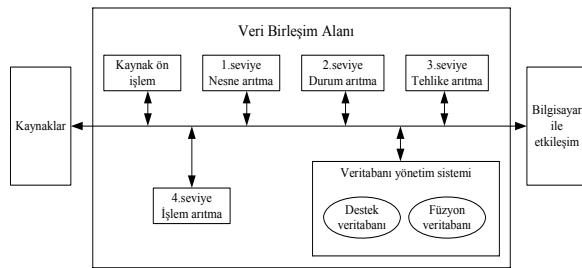
Bu noktadan sonra ise örnek bir modelin oluşturulması gerekmektedir. Model oluşturmadaki en önemli olgunun bu işlemin yinelenmeli bir süreç olduğunun hatırdan çıkarılmaması gerektiğidir. İş probleminin çözümünde en faydalı olabilecek modelin bulunması için alternatif modellerin araştırılması gerekecektir. İyi bir model ararken öğrenilenler, geriye dönüp kullanılan ve

rinin değiştirilmesine hatta problemin yeniden tanımlanmasına sebep olabilir. Modelin oluşmasından sonra sonuçlarının değerlendirilmesi ve önemlerinin yorumlanması gerekir. Yazılanlar doğrultusunda yapılacak bir çalışmada;

1. Hangi veri tabanı ve hangi veriler üzerinde çalışılacağına karar verilmesi
2. Verilerin içinden analizde işe yaramayacak olan verilerin çıkartılması
3. Veriler içerisinde değişik ilişkiler kurularak yeni değişkenlerin eklenmesi
4. Yapılacak olan veri madenciliğinin ne tür analiz yapacağına (sınıflandırma, kümeleme, tahmin) karar verilmesi gerekmektedir.

### 3.2. JDL Mimarisi

Askeri araştırmacılar ve sistem geliştiriciler arasındaki bilgi paylaşımını ve haberleşmeyi ilerletmek için 1986 yılında çeşitli laboratuvarların yöneticileri bir araya gelerek (JDL, the U.S. Defense of Department's Joint Directors Laboratories) veri füzyon çalışma grubunu kurmuşlardır. Bu çalışma grubu veri füzyonuyla ilgili terminolojiyi oluşturmak için çalışmalarına başlamış ve bu çalışmaların sonucunda veri füzyon için bir işlem modeli ve veri füzyon sözlüğü oluşturmuşlardır (22). JDL modeli genellemedir ve sadece ortak bir alanda anlama ve tartışmalara zemin hazırlayarak veri füzyonundaki çalışmalara ilerleme katmaktadır. JDL modeli aslında askeri uygulamalar için geliştirilmiş olsa da askeri olmayan uygulamalar içinde açıkça uygulanabilir. Bu nedenle JDL modeli askeri olmayan uygulamalar için de kullanışlıdır denilebilir. Gerçekten JDL model terminolojisi veri füzyon işleminin uygulandığı her kesimde geniş kabul görmüş ve kullanılmıştır. Waltz, özellikle görüntü işlemede veri füzyon kavramlarını gerçekleştirmek için JDL modelinin nasıl genişletilebileceğini anlatmıştır. JDL tarafından oluşturulan veri füzyon işlemine ait üst düzey işlem modeli şekil 1'de gösterilmiştir (12).



Şekil 1. JDL modeli

Belirli bir uygulama için bu JDL mimarisinin nasıl ve hangi alt bölümlerde işlemlerin yapılacağı; mevcut iletişimler, kullanılan bant genişliği, algılayıcıların karakteristik özellikleri, mevcut kaynaklar ve diğer sonuçlar gibi değerlerin incelenmesi sistem mühendisliği problemidir. Bütün durumlar ve uygulamalar için uygulanabilir genel bir mimari yapısı yoktur. Burada gösterilen mimariler kullanılması muhtemel yapılardır.

### 3.3. Birleşim Algoritma Yöntemleri

Birleşim işlemi içinde bilgiyi birleştiren gerçek bir algoritma yapısı yatar. Veri füzyonu ve veri madenciliği alanlarında şu teknolojiler ve algoritmalar kullanılabilmektedir. Kalman filtreleme algoritmaları, bayesian ağları ve bayesian teknikleri, demster-shafer algoritması, regrasyona dayalı teknikler, sınıflandırma ağacı, duruma dayalı muhakeme, veri görselleştirme, bulanık sorgulama ve analiz, doğrusal diskriminant analizi, kalıp/örnek tanıma, temel bileşen analizi, yapay sinir ağları, genetik algoritma, küme algoritmaları, oylama metotları, parametrik kalıplar, ilişki ölçümü, karınca kolonileri, gezgin satıcı ve tavlama yöntemidir.

### 4. SONUÇ

Çoklu algılayıcı veri füzyon teknolojisi hızla gelişmektedir. Yeni algoritmalar geliştirmek, var olan algoritmaları iyileştirmek ve farklı veri füzyon uygulama alanları için bu tekniklerin nasıl bir mimariye yerleştireceğine dair birçok araştırma ve çeşitli fikirler vardır.

Veri füzyon işlemi; algoritma gelişim testi ve değişimi, teknolojinin sistematik değişimleri için yüksek standartlar üzerinde durmada, gerçek uygulama alanlarında belirli bir disiplin yapısı kullanmaya ihtiyaç duymaktadır. Robotik uygulamalar, endüstriyel alanlarda sistemlerin kontrolü ve muhakemesi gibi askeri olmayan uygulamalarda yapay zekâ tekniklerinin kullanımı ile veri füzyonu gelecekte de üzerine dair çalışmaların yapılacağı bir alandır.

### 5. KAYNAKLAR

1. Brooks, R.R. And Iyengar, S. S., "Multi-sensor fusion: Fundamentals and applications with software", Prentice Hall Inc., Upper Saadle River, New Jersey (1998).
2. Wald, L., "Some terms of reference in data fusion", IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol: 37,1190-1193 (1999).
3. Manyika, J. And Durrant-Whyte, H., "Data fusion and sensor management: a decentralized information- theoretic approach", Ellis Horwood, (1994).
4. Hall, L., D. And Llinas, J., "An introduction to multisensor data fusion", Proceedings of the IEEE, 85(1):1 6-23 (1997).
5. Luo, R. C. And Kay, M. G., "Multisensor integration and fusion for intelligent machines and systems", Ablex publishing corporation, Norwood, New Jersey (1995).
6. Goodman, I. R., Mahler, R. P. S. And Nguyen, H. T., "Mathematics of data fusion", Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston (1997).
7. Llinas, J., And Waltz, E., "Multisensor data fusion", Boston, MA: Artech House, (1999).
8. Durrant-Whyte, H. F., "Integration, coordination and control of multisensor robot system", Kluwer Academic pres, Boston, MA. (1987).
9. Hager, G., "Task directed sensor fusion and plannig", Kluwer Academic pres, Boston, MA. (1990).

10. Klein, L.,A., "Sensor and data fusion concepts and application", Tutorial texts in optical engineering , vol.TT35, SPIE optical engineering image, 1999.
11. Weisstein W., E., "Eric Weissten's world of science", [www.scienceworld.wolfram.com/physic](http://www.scienceworld.wolfram.com/physic) (2003).
12. Hall, D., "Mathematical techniques in multisensor data fusion", MA: Artech House, (1992,2004).
13. Richardson, J. M. And Marsh, K. A., "Fusion of multi-sensor data", Int. J. Robotics Research, 7: 78-96 (1988).
14. McKendall, R. And Mintz, M., "Data fusion techniques using robust statistics", in Abidi, M. A. and Gonzales, R. C., Data fusion in robotics and machine intelligence, Academic pres, 211-244 (1992).
15. Waltz, E., "Data fusion for C<sup>3</sup>I: A tutorial" in Command, Control, Communications Intelligence (C<sup>3</sup>I) Handbook, Palo Alto, CA:EW Communications (1986).
16. Klein, L.A., "Sensor and data fusion concepts and applications", SPIE Opt. Engineering Pres, Tutorial Text, vol. 14 (1993).
17. Abidi, M., "Sensor fusion: a new approach and its application", In proceedings of the SPIE: Sensor fusion II human and machine strategies, 235-246 (1989).
18. Dasarathy B.,V., "Sensor fusion potential exploitation-Innovative architectures and illustrative applications", Proceedings of the IEEE, 85(1):24-38 (1997).
19. Petrakos, M., And Benediktsson, J. A., "The effect of classifier agreement on the accuracy of the combined classifier in decision level fusion", Geoscience and remote sensing, IEEE transaction on, 39:2539-2546 (2001).
20. Lockwood, S., Brown, A., And Hua Lee, "Backward propagation image reconstruction techniques for bistatic synthetic aperture radar imaging systems with circular aperture configurations", Signals, systems and computers, conference record of the thirty-fifth asilomar conference on, 1:110-115 (2001).
21. Hall, D. L. And Llinas, J., "A challenge for the data fusion community I: Research imperatives for improved processing", Proc. 7th Natl. Symp. On sensor fusion, Albuquerque, NM (1994).
22. Llinas, J. And Hall, D. L., "A challenge for the data fusion community II: Infrastructure imperatives", Proc. 7th Natl. Symp. On sensor fusion, Albuquerque, NM (1994).
23. J. Gelfaud, "Selective guide to literature on artificial intelligence and expert systems", Amer. Soc. for engineering education, 1992.
24. Hall, D.L. And Linn, R.J., "Survey of commercial software for multisensor data fusion", in Proc. SPIE Conf. Sensor fusion and aerospace applications, (1991).
25. Kessler et al., "Functional description of the data fusion process", Tech Rep., Office of naval technol., Naval air development Ctr., Warminster (1992).
26. Proc. 1994 7<sup>th</sup> Natl. Symp. on sensor fusion, ERIM, Ann Arbor
27. Hall, D.L., Linn, R.J. and Llinas, J., "A survey of data fusion systems", in Proc. SPIE Conf. on data structure and target classification, 1470:13-16 (1991).
28. Shared H. Grade, "Building an enterprise and information model, database programming and design", Premier Issue, 48-58 (1987).
29. Olhoeft G. R., "Ground Penetration Radar", [www.g-p-r.com/resoloti.htm](http://www.g-p-r.com/resoloti.htm), (2003).
30. ORACLE, "Building a network-centric warfare architecture", Oracle White Paper.