

Neden Veri Füzyonu

Serdar Biroğul, Yusuf Sönmez

Muğla Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü Kötekli - Muğla
sbirogul@gazi.edu.tr

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 imkanlarını 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

Why 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. Giriş

Veri füzyonu (data fusion) kelimesi çoklu algılayıcı füzyon (multi-sensor fusion), çoklu algılayıcı veri füzyonu (multi-sensor data fusion), algılayıcı füzyon (sensor fusion), algılayıcı veri füzyonu (sensor data fusion), bilgi füzyonu (information fusion), iz birleştirme (combination of evidence), gözlem sentezi (synthesis of observation) gibi tanımlamaları da içermektedir [1-6]. Ayrıca kaynaşım (merging), birleşim (combinating), sinerji (synergy), tamamlama ve toplama (integration

and aggregation), algılayıcı yönetimi (sensor management [7]), algılayıcı koordinasyonu (sensor coordination [8]), algılayıcı planlaması ve kontrolü (sensor planning and control [9]) gibi ifadeler de füzyon ile aynı kavramı belirtmektedir.

Veri füzyonu esas olarak bir bilgi bütünleştirilmesi problemidir. 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.

Literatüre bakıldığında veri füzyonu tanımı için çeşitli açık tanımlamaların yapıldığı görülür. Klein'e göre; çok seviyeli, çok yüzölçümlü 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]. Goodman, Mahler ve Nguyen'e göre; farklı hedeflerin oluşturduğu bilinmeyen sayıdaki ve bilinmeyen nesnelerin izlerinin birleştirilerek yerlerinin ve bilgilerinin elde edilmesidir [6]. Avrupa Birliği Uzaktan Algılama Laboratuvarları (EARSeL) ve Fransa Elektrik ve Elektronik Topluluğu (SEE) tarafından benimsenen tanıma göre ise veri füzyonu; farklı kaynaklardan meydana gelen veri topluluğu için istenen tanımlamaların yapıldığı biçimsel bir yapıdır [2].

2. Veri Füzyon İşlemi

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 sensör ve

rilerinin 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 güçlükler rağmen araştırma ve geliştirme çabaları önemli yüksek sistem başarısı için büyük hızla devam etmektedir. Çoklu sensör 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 [15,16]. 1970'lerin başlarında itibaren bilgisayar alanındaki gelişmeler yapay zekâ programlarına uygulama alanları sağlamıştır [17]. Hesaplama ve algılamadaki yeni gelişmeler insanların ve hayvanların veri füzyon kabiliyetlerinin donanım ve yazılımda bir benzerliğinin oluşturulmasını sağlamıştır. Amerika Savunma Dairesi (DoD, U.S. Department of Defence) tarafından yapılan önemli harcamalar sayesinde veri füzyon teknikleri ilgili tekniklerin toplamından daha da hızlı geliştirilmiştir. Gerçek mühendislik kuralları, belirli bir standartlaştırılmış özel anlamlı terimlerle, güçlü matematiksel modellerin toplamıyla ve kabul edilen sistem tasarım ilkeleriyle kuvvetlendirilmiştir [7,12,18].

Son yıllarda çoklu algılayıcı veri füzyonu hem askeri hem de askeri olmayan uygulamalarda önemli bir yere sahip olmaktadır. Veri füzyon teknikleri, bir tek algılayıcı kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha da geliştirilmiş hassasiyet elde etmek için çeşitli algılayıcılardan aldığı veriyi ve ortak olan veri tabanından aldığı ilgili bilgileri birleştirmektedir [18,19].

Veri füzyonundaki kritik problem, algılayıcılardan gelen verilerin toplanması yada karmaşık yapılara uygulanmasının dışında problemin kesin sonucunda karmaşık algoritmalar ve paralel işlemciler kullanmak suretiyle analiz edilmeleridir. 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. İnsanlar ve hayvanlar çeşitli duyularını kullanarak, yeteneklerini geliştirir ve bunları hayatta kalmak için kullanır. Örneğin, sadece görme ve dokunma duyularına bağlı olarak bir maddenin yenilebilirliğine değer biçmek mümkün olmayabilir, fakat yenilebilirliğin değeri görme, dokunma, koklama ve tatmanın bir kombinasyonu ile sağlanabilir. Benzer olarak, göremeyen biri için olması yakın tehlikelerin uyarısını işitme duyusu sağlayabilir. 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 olsa yapılmaktadır [4].

Çoklu algılayıcı veri füzyon uygulamaları geniş bir alana yayılmıştır. Askeri uygulamalarda; otomatik hedef tanıma (akıllı silahlar), insansız taşıtlara rehberlik, uzaktan algılayıcı, dost-düşman-tarafsız- tanıma sistemleri gibi savaş alanı gözetimi ve otomatik tehlike tanıma sistemlerini içine alır [20]. Askeri olmayan uygulamalarda, imalat işleminin kontrol edilmesi, karmaşık makineciliğin temel kondisyon bakımı, robotik ve tıbbi uygulamaları içine alır [21]. Veri birleştirme teknikleri, sayısal sinyal işlemini, istatistiksel tahmini, kontrol teorisini, yapay zekâyı ve klasik sayısal metotları içine alan daha geleneksel prensiplerin değişik uygulanış biçimlerinden çıkarılmıştır [22,23]. 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.

Prensipite, çoklu algılayıcı veri füzyonu tek kaynaklı verinin değerlendirilmesine göre daha fazla avantaja sahiptir. Bu avantajlara ilaveten

eş kaynaklı verinin birleştirilmesiyle incelenen ve nitelendirilebilen bir büyüklükle hassasiyeti artırabilen çeşitli tipteki algılayıcıların kullanılmasıdır. Örneğin uçak gibi hareket eden bir nesnenin, hem bir titreşim radarla hem de kızılötesi görüntü algılayıcı ile gözlenmesi sağlanır. Radar, uçağın menzilinini kesin olarak karar vermeyi sağlar ancak uçağın açısal yönüne karar vermek için sınırlı bir kabiliyete sahiptir. Aksine, kızılötesi görüntü algılayıcı uçağın açısal yönüne tam olarak karar verebilir fakat mesafe ölçmek için yetersizdir. Bu iki tipteki gözlem verileri tam olarak algılayıcı verilerinin birleşmesiyle, iki bağımsız algılayıcı ile elde edilenden daha iyi bir yer tespiti sağlar [7].

Veri füzyonun gerçekleştirilmesi sürecinde kullanılması muhtemel algoritma ve yapılar ise şu şekilde sıralanmaktadır. Kalman filtreleme algoritmaları, bayesian ağları ve bayesian teknikleri, demster-shafer algoritması, regresyona dayalı teknikler (Step-wise regression ve multiple regression), sınıflandırma ağacı (Classification trees), duruma dayalı muhakeme (Case-based reasoning), veri görselleştirme (Data visualization), bulanık sorgulama ve analiz (Fuzzy query and analysis), doğrusal diskriminant analizi (Linear discriminant analysis), kalıp/örnek tanıma (Pattern recognition), temel bileşen analizi (Principle component analysis), yapay sinir ağları (Artificial neural Networks) ve genetik algoritma (Genetic algorithm).

3. Veri Füzyonun Uygulanması

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,

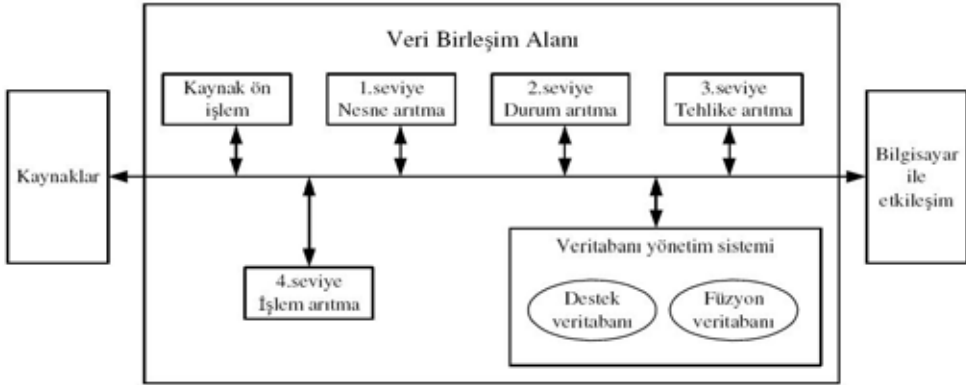
- Veri füzyon işlemiyle hangi hassasiyetle gerçeğe uygun verilere ulaşılabilir,
- Dinamik yapıda füzyon işlemi nasıl en iyileenebilir (optimize),
- Verinin elde edildiği ortam toplam çalışmayı nasıl etkiler,
- Çok algılayıcılı veri füzyon hangi şartlar altında sistemi düzeltir.

4. Veri Füzyon İşlem Modelleri

Veri füzyonunun teknolojiye uygulanabilirliğinin engellerden biri uygulamaya yönelik birleşim işlemi yapan bir terminolojinin eksikliğidir. Dost-düşman ayırt etme sistemleri gibi askeri uygulamalarda savaş alanı gözetimi ve otomatik hedef tanıma gibi ilişkili fakat farklı uygulamalar, korelasyon ve veri füzyon gibi temel ifadeler için farklı tanımlamalarla kullanılır. 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[23]. JDL tarafından oluşturulan veri füzyon işlemine ait üst düzey işlem modeli şekil 1'de gösterilmiştir [12].

JDL modeli; JDL modeli genellemidir ve sadece ortak bir alanda anlama ve tartışmalara zemin hazırlayarak veri füzyonundaki çalışmalara ilerleme katmaktadır. Veri füzyon işlem modeli bilinen işlevleri yerine getirmek için algoritmaların ve tekniklerin kategorilerin hiyerarşik bir taksonomisi ile artırılır. JDL modeli aslında askeri uygulamalar için geliştirilmiş olsa da askeri olmayan uygulamalar içinde açıkça uygulanabilir. Örneğin 3. seviye işlemi tehlike inceliğinin kapsamı potansiyel sistemin mekanik hatalarının ayırt edilmesinde kullanılır. 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.



Şekil1. JDL modeli

Bilgi kaynakları; şu üç şekilde olabilir ve giriş değerleri olarak kullanılabilir: 1) Yerel algılayıcılardan gelen veriler bir veri füzyon sistemiyle birleşir. 2) Çeşitli yerlerde dağıtılmış olarak bulunan algılayıcılar füzyon sistemine elektronik yolla bağlanır. 3) Referans verileri

gibi diğer verilerde sisteme eklenir.

İnsan bilgisayar etkileşimi (HCI); komutların bilgi gereksinimleri, sonuçların insana yorumlanması, insanların ürettikleri sonuçların bilgisayara aktarılması gibi işlemlerin gerçekleşmesi sağlanır.

Kaynak ön işlem (İşlem düzenleme); ilk işlem veriyi uygun işlemlere ayırmak ve verilere ait öncül bölmeleri yerine getirmektir. Kaynak ön işlemi, veri füzyon sisteminin yükünü veriyi uygun işlemlere ayırarak azaltır.

1. Seviye İşlem (Nesne arıtma); bu yöntem birbirinden ayrı nesnelere temsil eden artırılmış işaretlerin konumsal, parametrik ve benzerlik bilgilerini birleştirir. 1. seviye işlemi dört ana işlevden oluşur. 1) Dönüştürülmüş algılayıcı verileri uygun bölümlere ve koordinatlara ayrılır. 2) Bir nesnenin pozisyonu, kinematığı ve nitelikleri zaman içinde incelenir. 3) Verilerin istatistiksel tahmin tekniklerinde uygulanabilmesi sağlanır. 4) Bir nesnenin tanımını veya sınıflandırmasını gerçekleştirmek için istenen bilgilere ayrılır.

2. Seviye İşlem (Durum arıtma); nesnelere ve olaylar arasındaki mevcut zamandaki ilişkilerin tanımının yapıldığı işlemidir. Durum arıtma, nesnelere ilişkisel bilgilerini (fiziksel yakınlık, iletişim, nedenler ve diğer ilişkiler) anlamsal ifadelerle dönüştürmeye çalışır. Bu analiz çevresel bilgilerin kapsamında radyo-elektrik, hidroloji, hava ve diğer faktörler hakkında yapılmıştır.

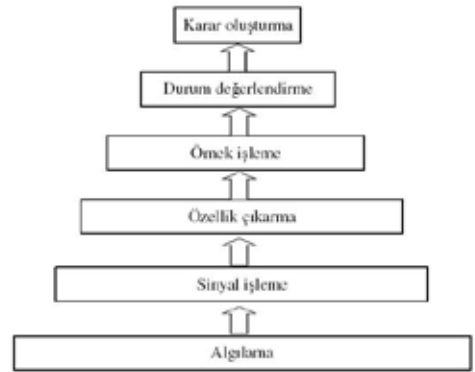
3. Seviye İşlem (Tehlike arıtma); şu anki mevcut sistemin gelecek zamandaki düşman tehditleri, dost ve düşman savunmaları hakkında sonuç çıkarımlarını gerçekleştirir. Tehlike değerlendirmesinin yapılması özellikle zordur. Çünkü sadece olası sonuçları hesaplamakla değil, düşman öğretisi, hazırlık seviyesi, politik çevre ve şimdiki durum hakkında bilgiye dayanmış bir düşmanın amacına değer biçmek gerekir. Oyun teorilerinde 3. seviye işlemi uygulanmaktadır.

4. Seviye İşlem (İşlem arıtma); bir meta-işlem (yarı-işlem), diğer işlemlerle birlikte genel mimari yapısına katılabilir. 4. seviye işlem dört temel işlevi yerine getirebilir. 1) Gerçek zamanlı kontrol ve uzun dönem performans hakkında bilginin sağlanmasında veri füzyon yönteminin başarısını belirler. 2) Çok seviyeli

füzyon işleminin geliştirilmesi için ne tür bilginin gerekli olduğunu tanımlar. 3) Uygun verileri toplayabilmek için ne tür kaynaklara gerek olduğuna (ne tür algılayıcı, ne tür özel amaçlı algılayıcı ve ne tür veri tabanı) karar verir. 4) Gerekli kaynakları hedeflenen amaçları başarmak için yönlendirir.

Bu son işlem çok özel veri füzyon tanımlamalarının dışında da olabilir. Bundan dolayı 4. seviye işlem veri füzyon modeline tarafı olarak içinde veya dışında gösterilmektedir.

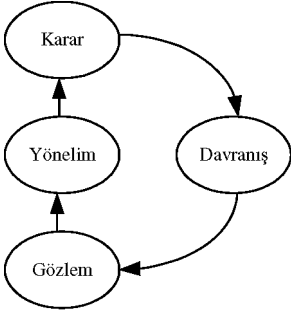
Şelale İşlem Modeli; Şelale modeli düşük seviyeli füzyon işlemlerinde kullanılmaktadır [24,25]. Şekil 2'de bu modele ait yapı verilmiştir. Bu modelin temel aldığı yapı ise JDL modelidir. Burada sırasıyla oluşturulmuş olan kısımlardan algılama ve sinyal işlemi JDL modelinde belirtilen kaynak ön işlemi ile aynı görevi üstlenmektedir. Özellik çıkarım ve örnek işleme JDL modelindeki nesne arıtmayı belirtmektedir. Durum değerlendirme işlemi JDL modelinde durum arıtma ile aynıdır. Karar oluşturma ise JDL modelindeki tehlike arıtmaya denk düşmektedir. Şelale modeli İngiltere'de savunma sistemleri için veri füzyonu modeli olarak kullanılmıştır. Ancak başka yerlerde başarılı olarak kullanılamamıştır [26].



Şekil 2. Şelale modeli

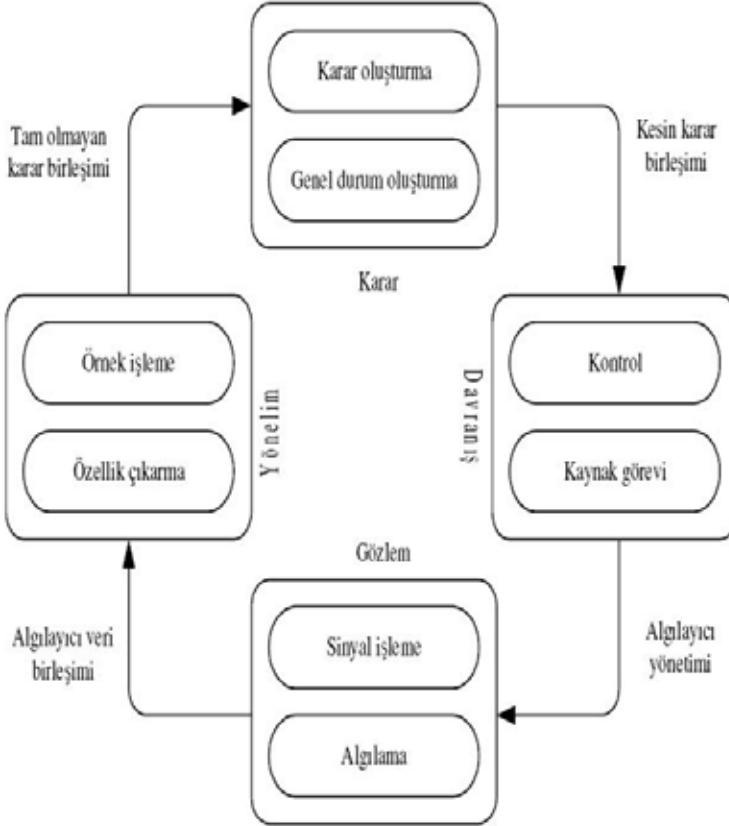
Boyd Modeli; Boyd modeli JDL modeli temel alınarak çember yapısını meydana getiren dört kısımdan oluşur. Buna Boyd kontrol çemberi veya

OODA gözü (Observe-Orientate-Decide-Act) olarak isimlendirilir ve askeri bilgi sistemlerinde kullanılır. Bu yapı şekil3’de gösterilmiştir.



Şekil3. Boyd modeli

Omnibus Model; Omnibus modeli 1999 yılında Bedworth ve O’Brien tarafından oluşturulmuştur [26]. Bu modele ait yapı şekil4’de verilmiştir. Bu model, JDL modelinin aksine işlemleri Boyd modeli gibi çember bir yapı oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Ancak Boyd modelinden daha ayrıntılı işlemlere sahiptir. Omnibus modeli çok yönlü olmasına rağmen algılayıcılardan gelen verilerin dağılmasından dolayı sistemin denenmesinin sağlanamaması ve farklı uygulamalar için yeniden kullanılmaması nedeniyle fazla uygulama alanına sahip değildir.



Şekil 4. Omnibus modeli

5. 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 bir çok araştırma ve çeşitli fikirler vardır.

Çoklu hipotez uygulamaları, olası veri birleşme metotları, rastgele takım teorisi, yapay sinir ağları, genetik algoritma, bulanık mantık, uzman sistemler vb. yapılar bu tür problemlerin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır.

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 zeka tekniklerinin kullanımı ile veri füzyonu gelecekte de üzerine dair çalışmaların yapılacağı bir alandır.

Kaynaklar

[1]. Brooks, R.R. ve 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. ve Durrant-Whyte, H., “Data fusion and sensor management: a decentralized information- theoretic approach”, Ellis Horwood, (1994).

[4]. Hall, L., D. ve Llinas, J., “An introduction to multisensor data fusion”, Proceedings of the IEEE, 85(1):1 6-23 (1997).

[5]. Luo, R. C. ve 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. ve Nguyen, H. T., “Mathematics of data fusion”, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Boston (1997).

[7]. Llinas, J., ve 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 (2003).

[12]. Hall, D., “Mathematical techniques in multisensor data fusion”, MA: Artech House, (1992,2004).

[13]. Richardson, J. M. ve Marsh, K. A., “Fusion of multi-sensor data”, Int. J. Robotics Research, 7: 78-96 (1988). [14]. McKendall, R. ve 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]. Hall, D. L. ve 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).

- [16]. Llinas, J. ve Hall, D. L., “A challenge for the data fusion community II: Infrastructure imperatives”, Proc. 7th Natl. Symp. On sensor fusion, Albuquerque, NM (1994).
- [17]. J. Gelfaud, “Selective guide to literature on artificial intelligence and expert systems”, Amer. Soc. for engineering education, 1992.
- [18]. Klein, L.A., “Sensor and data fusion concepts and applications”, SPIE Opt. Engineering Pres, Tutorial Text, vol. 14 (1993).
- [19]. Waltz, E., “Data fusion for C³I: A tutorial” in Command, Control, Communications Intelligence (C³I) Handbook, Palo Alto, CA:EW Communications (1986).
- [20]. Hall, D.L., Linn, R.J. ve Llinas, J., “A survey of data fusion systems”, in Proc. SPIE Conf. on data structure and target classification, 1470:13-16 (1991).
- [21]. Abidi, M.A. ve Gonzalez, R.C., “Fusion of multi-dimensional data using regularization”, Academic pres, Boston, MA, 415-455 (1992).
- [22]. Hall, D.L. ve Linn, R.J., “Survey of commercial software for multisensor data fusion”, in Proc. SPIE Conf. Sensor fusion and aerospace applications, (1991).
- [23]. Kessler et al., “Functional description of the data fusion process”, Tech Rep., Office of naval technol., Naval air development Ctr., Warminster (1992).
- [24]. Markin, M., Haris, C., Bernhardt, M., Austin, J., Bedworth, M., Greenway, P., Johnston, R, Little, A. ve Lowe, D., “Technology foresight on data fusion and data processing.” The royal aeronautical society, (1997).
- [25]. Bedworth, M. D., “Source diversity and feature level fusion”, IEEE Decision and control. IDC99 Proceedings, 597602 (1999).
- [26]. Bedworth, M. D. And O’Brien, J., “The omnibus model: A new architecture for data fusion?”, IEEE AES Systems Magazine, 30-36 (2000).