

KAMERA DENETİMLİ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HAREKETLİ CİSİM YÖRÜNGESİ İZLEYEN ZEKİ TARET SAVUNMA SİSTEMİ TASARIMI

Emre Koyuncu <i>İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği ekoyuncu@koyuncurobotic.com</i>	Osman Ceylan <i>İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektronik Mühendisliği osmceyelsan@yahoo.com</i>	Ramazan Yeniçeri <i>İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektronik Mühendisliği yeniceri_ramazan@yahoo.com</i>
--	--	---

ÖZET: Bu çalışmada bilgisayarla görme denetimli, yapay sinir ağları ile yörüngeyi izleyerek öğrenme ve ileri zamandaki konumunu tahmin edebilme yeteneğine sahip, hareketli cisim yörüngesi takip edebilen iki eksenli bir taret savunma sisteminin tasarımında ve denetiminde kullanılan teorik ve uygulamaya yönelik temel yöntemler anlatılmış, karşılaşılan sorunlara önerilen temel çözümler irdelenmiştir. Çalışma sonunda sistemin olası kullanım alanları, çalışma sırasında elde edilen tecrübeler ve gelecek çalışmalar anlatılmış ve genel çıkarımlar değerlendirilmiştir.

1.GİRİŞ

Yapay zekâ yöntemlerinin ortaya çıkması ve uygulamaya yönelik gelişimleri ile günümüz teknolojisinin merkezine oturan geleceğe yönelik çalışmalarda bu yöntemlerin kullanımı artmaya başlamıştır. Bunun yanında görmeye dayalı algılama yapılarında, bir takım fiziksel sınırların aşılabilmesiyle bilgisayarla görme üstün bir algılama sistemi olarak uygulamalarda boy göstermeye başlamıştır. Bu türden gelişimler bir sistem olarak düşünüldüğünde, hata yapma olasılığı yüksek ve yavaş kalan insan denetimli yapılardan yapay zekâ yapılarına doğru geçişi hızlandırmıştır. İnsan denetiminin üstün özellikleri olan tecrübe, öğrenme, karar verebilme gibi yetenekler, yapay olarak en azından çalışılacak alan için tasarlanabildiği takdirde ortaya hedef iş için yüksek başarımlı gösteren akıllı yapılar çıkacaktır. Bu durum bazı beklentilerin aksine, insan etkeninin dışlanması olarak değil, akıllı sistemlerin kurulmasında uzman görüş ve uzman kural tabanları kurulması gibi üstün görevler için, daha üst düzeyde kullanılması olarak görülmelidir. Böylelikle çalışan sistemlerde; karmaşık algılamalar ve duygusal çıkarımlar içermeyen, ; tekrar eden, yorulma etkeninin yok edilmek istendiği görevlerde, hiyerarşik yapıda insan zekâsının altında çalışan yapılar kurulabilecektir.

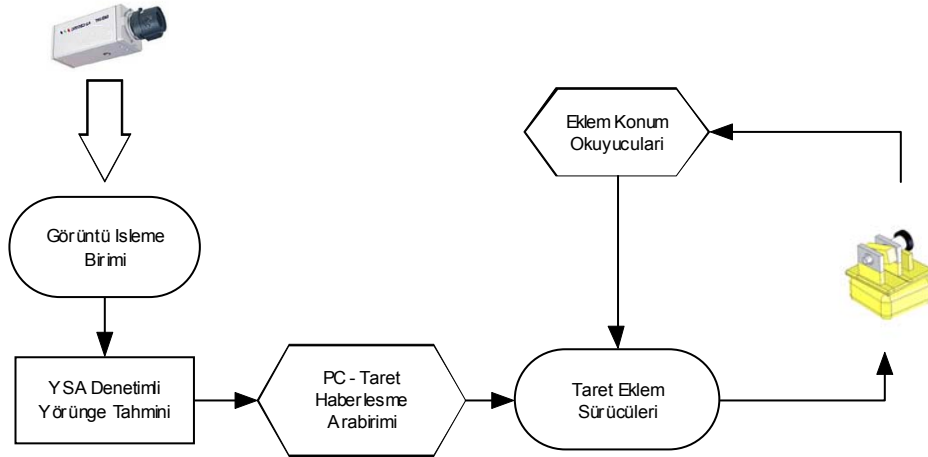
Savunma teknolojileri yapay zekâ yapıları için mükemmel bir uygulama alanıdır. Savunma ve Harp sistemleri için insan etkeninin çok fazla kullanımı, yerine geçebilecek yapay sistemlerin kurulması görüşünün desteklenmesi gereğini ortaya koyar. İnsan kaybını azaltan savaş

sistemlerinin makineleşmesi, hata oranının azalması ve ucuzlaşması her ülkenin savunma planında büyük yer tutmaktadır. Yine bu türden görevlerde yapay zeki sistemlerin kullanılabilir olması, insan etkenini taktiksel denetim seviyesinde yükseltme ve o noktalarda görev yetkinliğini artırma açısından çok önemlidir. Son zamanlarda ülkemiz topraklarına yakın süregelen savaşlarda insansız sistemlerin başarısı adeta test edilmekte, gelecek savaş yapıları için bir takım fikirler sunmakta ve gerekliliği bir kere daha görülmektedir.

2.SİSTEMİN YAPISI

Çalışmanın içeriği, kameralardan alınan bilgi doğrultusunda üretilen bir hareket planının bir robot sistem tarafından gerçekleştirilmesi problemi içermektedir. Çalışmanın her aşamasında üretilen çözümler standart prensiplere uygun olarak ele alınmaktadır. Bu yolla gelişim kapsamının sınırlandırılmaması istenmektedir. Bu nedenle tasarlanan yapılarda, tümleşik çözümler içeren sistemlerden kaçınılmış, en temel ve yalın bileşimler içermesi amaçlanmıştır.

Sistem genel olarak incelendiğinde; kameradan alınan cisim yörünge bilgilerinin, görüntü işleme biriminde sayısal ortama indirgenerek, Yapay Sinir Ağları denetimli tahminleme yazılımlarında değerlendirilmesi, ileri zamandaki konum bilgilerinin taret denetimine gönderilmesi ve böylelikle taret motorlarının bu yönde tahrik edilmesi işlem yolları ile çalışılır. Sistem genel olarak kamera geri beslemeli çalışmakta, taret motorları bundan ayrı olarak mutlak konumlandırma için kendi içerisinde başka bir kapalı çevrim ile geri beslemeli çalışmaktadır.



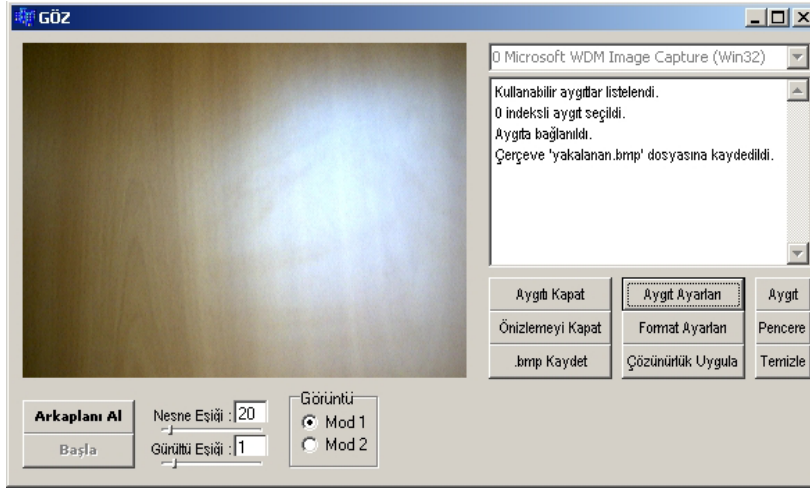
Şekil 1. Sistemin Genel Modeli

3.SİSTEM TASARIMI

Sistem tasarımı; sunulan çözümler açısından üç ana başlık altında toplanabilir.

3.1 Görüntü İşleme

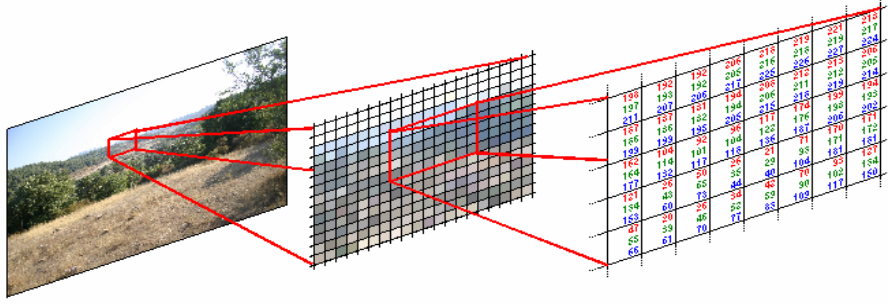
Sistemin görüntü işleme birimi, görüntü kaynağından görüntüyü alan ve tahmin yazılımına, takip edilecek cisim hakkında konum ve görüntünün yakalanma zamanına ilişkin bilgi gönderen kısımdır. Görüntüler bilgisayar ortamına USB 2.0 arayüzlü, CCD sensörlü bir kamera aracılığı ile aktarılmaktadır. Kameradan sayısal görüntünün elde edilmesi için görüntü işleme kodlarına, genel video for windows kütüphanesi entegre edilmiştir. Ayrıca, kamera görüntüsünün ve görüntü işleme sürecinin takip ve kontrol edilebileceği bir grafiksel kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Arayüz, Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Görüntü İşleme Birimi görsel arayüzü

Kullanıcı, arayüzde renkli kamera görüntüsünü takip etmekte iken, arkada çalışan görüntü işleme algoritmaları 8-bit derinlikte gri-düzye sayısal görüntüleri kullanmaktadır. Kullanılan kamera 160*120 ile 640*480 arası farklı çözünürlük değerlerinde ve 10-30 kare/saniye arası değişen hızlarda çalışılmayı mümkün kılmaktadır. Görüntü işleme algoritmaları ve kullanıcı arayüzü tüm çözünürlük değerleri için çalışabilmektedir. Kamerayla ilgili tüm ayarlar, tazeleme sıklığı, çözünürlük, parlaklık, karşıtlık, pozlandırma, beyaz dengesi gibi, kullanıcı arayüzü aracılığı ile yapılabilmektedir.

Kullanıcı önce “Arka planı Al” ve sonrasında “Başla” butonlarını kullanarak öncelikle görüntü işleme algoritmalarını, ona bağlı olarak da tahmin algoritmaları ve robot hareketini başlatabilmektedir. Görüntü işleme algoritmaları ile ilk olarak kameradan alınan görüntüler, çözünürlüklerine uygun boyutlarda, görüntü bilgisini içeren matrislere dönüştürülmektedir.



Şekil 3. Görüntünün sayısal matrise dönüştürülmesi

Genelde olduğu gibi bu sistemdeki görüntü işleme algoritmalarında da bu matrislerle çalışılmaktadır. Şekil 3’de görüntünün matrise dökülmesi canlandırılmıştır.

Görüntü işleme kısmı üç parçadan oluşmaktadır. İlki arka planın izlenip belirlenmesi, ikincisi takip eden görüntülerden arka plana aykırı kısımların algılanıp değerlendirilmesi, üçüncüsü cisimlerin belirlenmesi ve bu cisimlerden belirtilen tanıma uyanın konum bilgisinin çıkarılmasıdır.

Arka Plan, Arka Planın İzlenmesi ve Belirlenmesi

Birbirlerini takip eden görüntü karelerinden ikisi arasındaki fark, değişim hakkında bilgi vermektedir. Bu değişim kameraların görüntülediği alanda, varsa, hareketli nesnenin hareketini de içermektedir. Hareket algılama kısmında ilk olarak bu prensip kullanılmıştır. Kameradan gelen görüntüden her seferinde bir önceki görüntü çıkarılarak, hareketli kısmın görüntüde kalması sağlanmıştır. Bu hareket görüntüsü, cismin ilk konumu ve ikinci konumunun üst üste binmiş halidir. Bu görüntüden cismin gerçekte nerede olduğu ve yaklaşık orta noktasına ait konum bilgisi belirlenememiştir. Bu ilk ve ikinci algılanmış konumlarının üst üste görüntüsünün tamamı cisim olarak kabul edilmiş ve bu cismin merkezi bulunmuştur. Fakat alınan görüntüler arasında eşit zaman aralıklarının olmaması ve görüş alanına giren nesnelerin farklı hızlarda olması fark görüntüsünü cismin gerçek konum görüntüsünden oldukça uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Denemelerle, hesaplanan orta noktaların cisimlerin gerçek yörüngesi etrafında büyük salınımlar yaptığı görülmüştür.

Örneğin, bir uçağın görüş alanına girdiği varsayalım. Herhangi bir anda alınan bir görüntü ile bir sonrakinin farkı alınsın ve fark bilgisinden uçağa hedef alınacak nokta tespit edilsin. Eğer uçak düşük hızlı olursa tespit edilebilecek hedef noktası Şekil 4’de görüldüğü gibi olacaktır. Hedef alınacak nokta, uçağın arka kısmında bir yere denk gelebilmektedir. Fakat uçak hızının, sistemin görüntü alma ve işleme hızından çok büyük olursa Şekil 5’deki durum gerçekleşecek ve hedef alınacak nokta uçağın o an bulunduğu yerin arkasında kalacak, sistem asla uçağı yakalayamayacaktır. Bu yaklaşımın daha başka sakıncaları da bulunmaktadır. Bu yöntem ile ancak hareket halindeki cisimler algılanabilmekte, durağan cisimler ise asla fark edilememektedir. Ayrıca gürültü bağışıklığının zayıf olması sebebiyle, tamamen yanlış veya olması gereken yerden çok uzakta bulunan hedef noktaları tespit edilebilmektedir. Şekillerde, hesaplanan hedef nokta yeşil renkli çerçeve içindeki yeşil artı ile işaretlenmiştir.



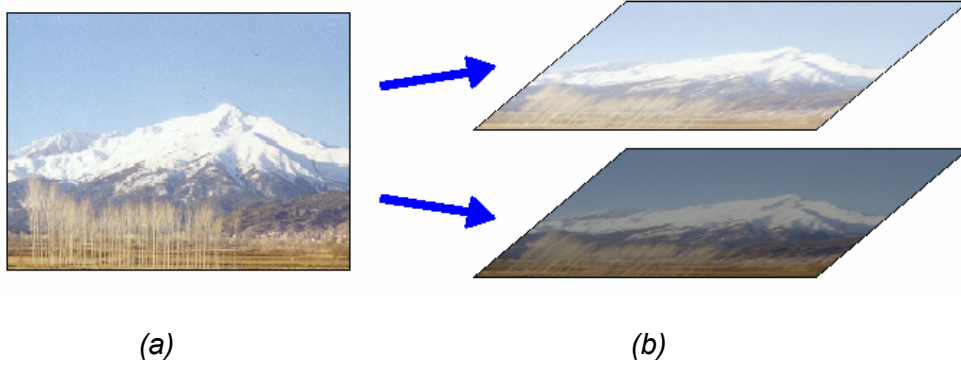
Şekil 4. Düşük hızlı cisimlerde görüntü farkları ile merkez bulma



Şekil 5. Yüksek hızlı cisimlerde görüntü farkları ile merkez bulma

Bu noktada gelen görüntünün bir önceki görüntü yerine, başta belirlenecek bir arka plan ile karşılaştırılmasının hatayı azaltacağı tespit edilmiştir. Belirlenecek arka planın, cisimler için referans görüntü kabul edilmesi istenmiştir. Bu amaçla arka plan, takip edilecek cisim ile bu cisim benzeri hareketli diğer nesnelere barındırmayan görüntü olarak tanımlanmıştır. Örneğin bu sistem bir köprüden geçen araçları sayacak ise, arka plan köprünün araçlar yokken alınmış görüntülerinden oluşturulur. Arka plan, bir

izleme süreci sonunda meydana getirilir. Arka planın geçerliliği izleme sürecinin uzunluğu ile ilişkilidir. İzleme süreci sonunda belirlenen iki uç değer arasında kalan bant, arka plan olarak belirlenmiştir. Arka planın izlenme süresi kullanıcıya bırakılmıştır. Yapılan denemelerde, arka plan en kısa sürede ve gürültüye bağımsız olarak belirlenebilmesi için ardı ardına yakalanan 40 kare görüntünün yeterli olduğu gözlenmiştir. Arka plan belirleme işleminin her seferinde, izleme süreci zarfında arka planı tanımlayacak iki sonuç görüntü matrisi oluşturulmaktadır. Bunlardan ilki izleme süresince arka plan görüntüsünün her bir piksel değerinin aldığı en düşük değeri (8-bitlik gri-düzeyde), diğeri en yüksek değeri tutar. Böylelikle izleme süresi sonunda, her bir piksel için bir arka plan aralığı tespit edilmiş olur. Şekil 6a'da sabitlenen kameranın herhangi bir anda alabileceği bir görüntü, Şekil 6b'de de izleme süreci sonunda oluşturulan arka planın alt ve üst değerlerinden oluşan görüntüler bulunmaktadır.

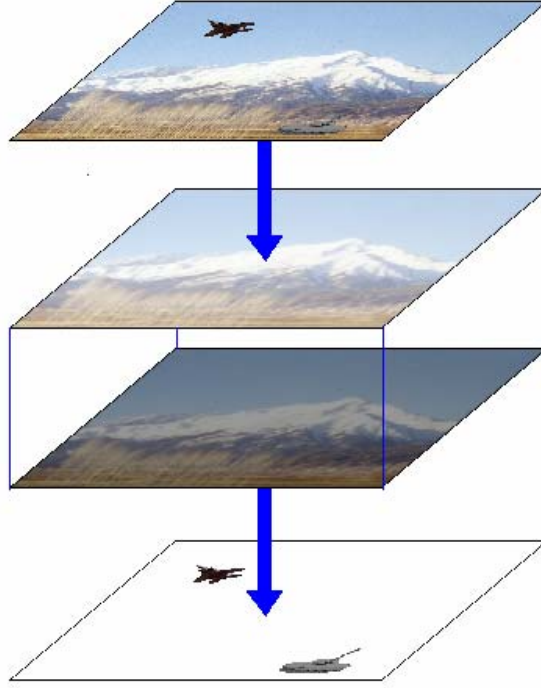


Şekil 6. Bir görüntünün alt ve üst değer piksel değerleri

Fark Görüntülerinin Bulunup Değerlendirilmesi

Arka planın belirlenmesinden hemen sonra cisim arama süreci başlatılır. Kameranın görüş alanına giren cisimler arka plandan farklı olmaları halinde rahatlıkla algılanabilmektedir. Cisim arama sürecinde, alınan her bir görüntü arka plan ile karşılaştırılır. Gelen görüntü içerisindeki belirlenen arka plana uyan kısımlar silinir. Geriye cisimleri içeren görüntü parçaları ve gürültü içeren alanlar kalır. Bu parçalardan sadece cisimleri barındıranların kalması için gürültüleri temizleyen bir algoritma kullanma gerekliliği doğmuştur. Burada, görüntü üzerindeki gürültülerin temizlenmesi için uygulanan, konvolüsyon temeline dayalı algoritmaların kullanımında bazı olumsuzluklar tespit edilmiştir (Seul, et al., 2000). Hem görüntü detayında kayıplar görülmüş hem de işlem süresi çok uzamıştır. İncelemelerle gürültünün bir kısmının, her bir piksel için belirlenen arka plan aralığını

aşan etkinin devamı olduğu düşünülmüştür. Bu yüzden, silme işleminden geriye kalan görüntü parçalarından sadece tek piksel büyüklüğünde olanlar arka plana eklenmekte ve silinmektedir. Geriye daha az gürültü barındıran bir görüntü kalmaktadır.



Şekil 7. Arka plan görüntüsü ile hareket eden cisim görüntüleri farkı

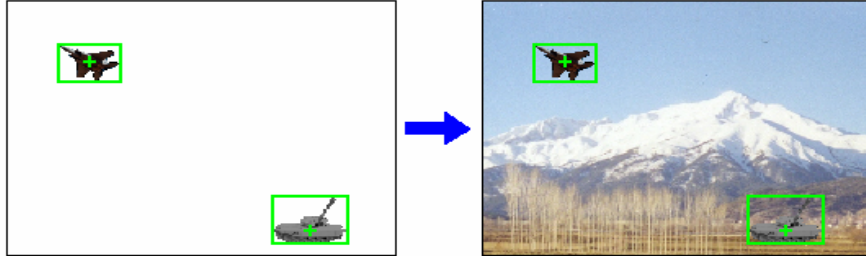
Şekil 7’de bir görüntünün önceden belirlenen arka planla süzülmesi, sonuç olarak arka planda olmayan, görüş alanına sonradan giren cisimlerin görüntülerin elde edilmesi canlandırılmıştır.

Bu yöntem ile görüş alanına girip sonrasında durup beklemeye başlayan nesnelere de fark edilebilmektedir.

Cisimlerin Belirlenmesi, Takip Edilecek Cismin Seçilmesi ve Merkezinin Bulunması

Arka plan ile süzme işleminden geriye, nesne veya nesnelere içeren bir görüntü kalır. Bu görüntüdeki her bir nesne için temel bazı görüntü özellikleri ve merkez noktaları belirlenir. Temel özellikler ile nesnelere tanımlanır. Bu tanımlama ile önceden belirlenen tanıma uyan nesne hakkındaki bilgiler sistemin yörünge takip kısmına aktarılıp takibe

alınabilmekte ve diğerleri yok sayılabilmektedir. Şekil 8’de, sonuçta kalan nesnelere ve bunların kullanıcı arayüzünden görülecek görüntüleri canlandırılmıştır. Arayüz vasıtasıyla kullanıcı algoritmaların döndürdüğü sonuçları takip edebilmektedir.



Şekil 8. Takip edilecek cisimlerin belirlenmesi

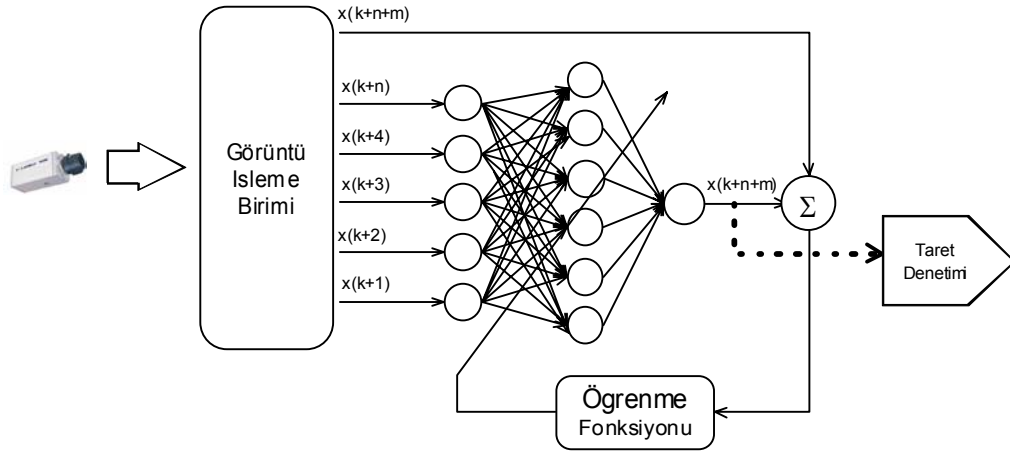
Aşağıda görüntü işleme birimi ile yakalanmış örnek görüntüler verilmiştir.



Şekil 9. Görüntü İşleme Birimi ile yakalanmış hareketli cisimler

3.2 Yapay Sinir Ağları Tabanlı Yörünge İzleme

Yörünge izleme birimi, görüntü işleme biriminden gelen bilgileri cismin yörüngesi, dolayısıyla ileri zamandaki konumu hakkında tahmin yürütebilen yapıdır. Böylelikle cismin izlenmesi için robot kolun erişebileceği zamandaki cismin bulunacağı olası kavuşma noktası belirlenir. Yörünge izlemede doğru tahminlerin yapılabilmesi kadar esnek olabilmesi de önemlidir. Dinamik yer değiştirme yapan cisimler izlenirken ileri zamandaki yörünge değişimlerine çok hızlı bir şekilde tepki verilebilmelidir. Bunun yanında doğrusal olmayan yörünge yapılarını, matematiksel olarak modelleyerek çözümlenemeyen sistemin cevap hızını düşüreceklerdir. Bu amaçla katı matematiksel yöntemler kullanmak yerine Yapay Sinir Ağları ile yörünge tahmin algoritmaları geliştirilmiştir.



Şekil 10. Yapay Sinir Ağları ile denetlenen yörünge tahmin sisteminin gösterimi

Yapay Sinir Ağları ile denetlenen sistemde, Görüntü İşleme Biriminden gelen konum noktaları küme olarak YSA denetim sistemine girdi olarak alınır. Belirli bir zaman sonraki gelen konum bilgisi ile YSA denetim sisteminin çıktısı olarak hesaplanan tahmin arasındaki hata oranı, öğrenme fonksiyonunda irdelenerek sinir ağlarındaki ağırlık değişkenlerinin güncel değerlerini hesaplanmasını sağlar. Bir sonraki görüntünün gelmesi ile bu işlem aynı yapıda çalıştırılmaya devam edilir. Böylelikle sürekli öğrenme devam ederken, zamanla daha eğitilmiş bir YSA denetim yapısı elde edilir. Bu durumda sistemin tahmin doğruluğu artmaya başlayacaktır.

Bu türden bir YSA'da eğitimli geriye yayılım öğrenmesi kullanılmaktadır. Bu amaçla çıkış dizisinden iç dizeye doğru hata oranları hesaplanarak, her

bir ağırlık değişkenleri güncellenmektedir. Çıkış dizesinin hata denklemi aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$\varepsilon^2 = \varepsilon_q^2 = [T_q - \Phi_{q,k}]$$

Bu eşitlikte ε hata oranını, T_q istenilen değeri; dolayısıyla tahmin edilecek konum bilgisini, $\Phi_{q,k}$ değişkeni ise çıkış değerini; tahmin edilecek değişkeni göstermektedir. Bu durumda çıkış dizesi ağırlık değişkenlerinin güncellenmesi şöyle gösterilebilir;

$$\omega_{pq,k}(N+1) = \omega_{pq,k}(N) - \eta_{p,q} \delta_{pq,k} \Phi_{p,j}$$

Bu eşitlikte $\omega_{pq,k}$ değişkeni saklı dize ağırlık değerlerini, $\eta_{p,q}$ değişkeni öğrenme oranını, $\delta_{pq,k}$ hata katsayısını göstermektedir. Saklı dizelerdeki ağırlıkların değişimi ise şöyle gösterilmektedir;

$$\omega_{hp,j}(N+1) = \omega_{hp,j}(N) - \eta_{h,p} \chi_h \sum_{q=1}^r \delta_{hq,j}$$

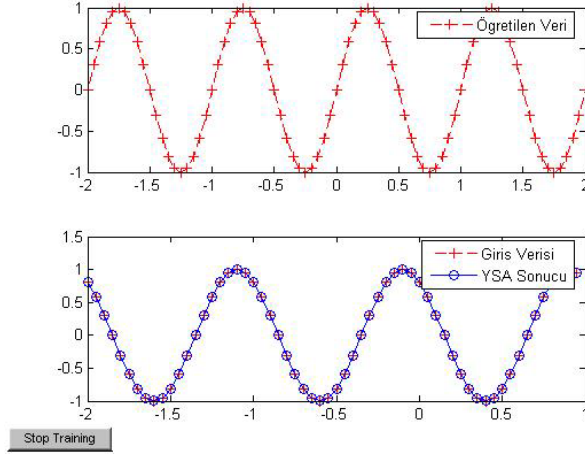
$\omega_{hp,j}$ değişkeni giriş dizesi ağırlık değerlerini, $\eta_{h,q}$ değişkeni öğrenme oranını, χ_h giriş değişkenini; yani giriş konum bilgisini, $\delta_{hq,j}$ hata katsayısını göstermektedir. Bu eşitlikler kullanılarak her bir adımda ω ağırlık değişkenleri güncellenerek öğrenme sağlanır.

Yapay Sinir Ağlarının temel matematiksel ileri zamanda eğri tahminleme yöntemlerine üstünlüğü esnek bir tahmin yeteneğine sahip olmasıdır. Esnek çıktılar çözümü daha çok hataya yöneltiyor gibi görünse de izlenen cismin olası hızlı yörünge değişimlerine bağlılığı yüksek olacaktır. Uygulamada izlenecek cisimlerin dinamik yörünge değişikliklerinin yüksek olacağı göz önüne alındığında, YSA tabanlı denetimin önemi artacaktır.

Farklı yörünge sistemlerinde YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin (YSAYTS) başarısı benzetimlerle sınanmıştır. Bu benzetimlerdeki YSA tasarımında, sisteme en uygun ve hızlı olduğu gözlenen *Levenberg-Marquardt* öğrenme algoritması ile izlenen girdi, çıktı ve saklı dizeleri içeren, 5 girişli, 1 çıkışlı ağ yapısı kullanılmıştır. Bu amaçla yörüngeden belirli t zaman aralıklarında 5 adet konum bilgisi alınmakta ve 10t zaman sonraki konumu tahmin edilmek istenmektedir. Her algılanan gerçek 10t'deki konum bilgisi ise öğrenilecek değişken olarak sistemi

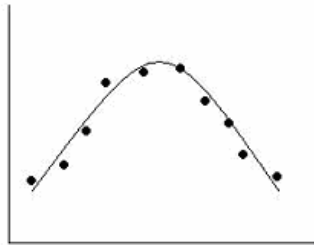
beslemektedir. Böylelikle sürekli öğrenme devam etmekte, gitgide doğruluğu daha yüksek tahminler yapılabilmektedir.

Yetkin bir sinüs yörüngesinde YSA denetiminin başarısı aşağıdaki gibidir;



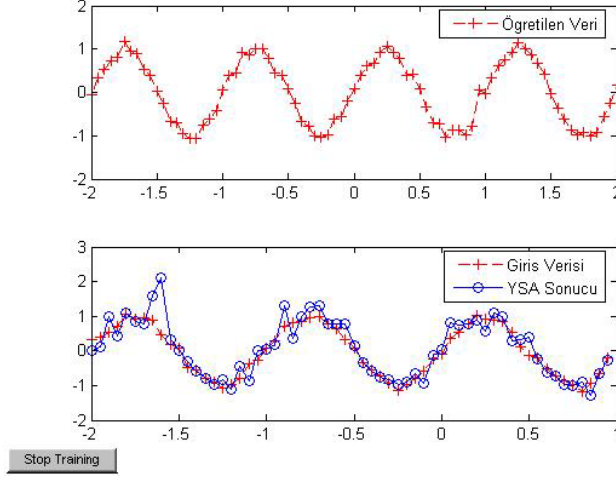
Şekil 11. YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin ideal bir yörünge eğrisini öğrenmesi ve tahminleme başarımı

Böylelikle YSA tahmin çıktılarının çok küçük hata paylarıyla algılanan yörüngeyle örtüşebildiği gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, yörünge tahminlemede görüşle bulunan cisim orta noktası kullanılmaktadır. Orta noktanın bir başka ifadesi, cismin alan tabanlı merkezidir. Üç boyutlu bir cisim kamerada iki boyutlu algılanmaktadır. Tahminlemede giriş olarak cismin kamera sensörü üzerine izdüşümü olan bu iki boyutlu görüntünün alan merkezini kullanmak, cismin şekline bağlı olarak hataya sebep olmaktadır. Eğer hareket eden cisim küre benzeri bir cisim ise burada oluşan hata en aza inmektedir. Ancak, küresel simetriye sahip olmayan bir cisim dönerek ilerliyor ise, bu durumda cisim merkezinin konumuna yönelik gelen verilerin Şekil 12'deki gibi değişimlerin gözlemesine neden olacaktır.



Şekil 12. Küresel olmayan ve dönerek ilerleyen cisimlerin yörüngeleri

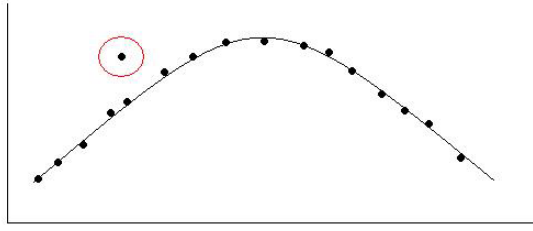
Bu türden gürültülü bir yörünge yapısı için YSA denetiminin çıktısı aşağıdaki gibidir.



Şekil 13. YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin küresel olmayan ve dönerek ilerleyen cisimlerin yörüngelerini izlemedeki başarımı

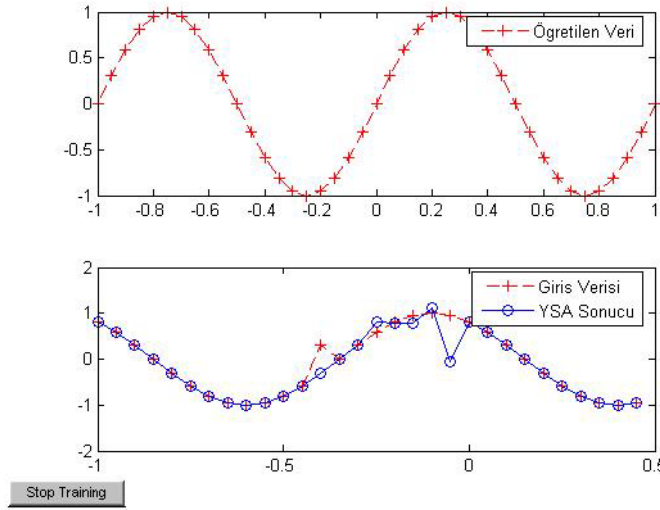
Böylelikle doğrusal olmayan cisim yörünge yapıları için YSA tabanlı bir denetimin yüksek değerlerde başarılı olabildiği gözlenmiştir. Kameradan gelebilecek gürültülü konum bilgileri içinde bu çözüm geçerli olabilecektir.

Cisimler, dıştan ya da içten bir etki olmadıkça düzgün olarak hareket edecektir. Sabit kuvvetler etkisinde ise algılanabilir ivmeli bir hareket yapacaktır. Örneğin, serbest düşme, eğik atış gibi hareketlerin izlenen kısımlarından çıkarılacak bilgilerle bir süre sonra nerede olacakları büyük doğrulukla tahminlenebilmektedir. Ancak yörünge ve ileri zamanda konum tahmini yapılacak cisim hızlı dinamik yörünge değişimleri gösteriyor ise, ileri zamandaki konumu hakkında tahmin yapmak zorlaşacaktır. Uçmakta olan bir uçağın, hızlı bir manevra ile mevcut yörüngesini çok kısa sürede değiştirmesi mümkün olduğundan, onu takip edecek sisteminde ani değişimleri fark edip gerekli tepkiyi vermesi gerekmektedir. Ancak yörüngede gözlenen sıçramalar tahmin algoritmasını keskin olarak yönlendirmemelidir. Aşağıda görülen muhtemel kamera gürültüsünden kaynaklanabilecek hatalı konum bilgisi buna örnek gösterilebilir.



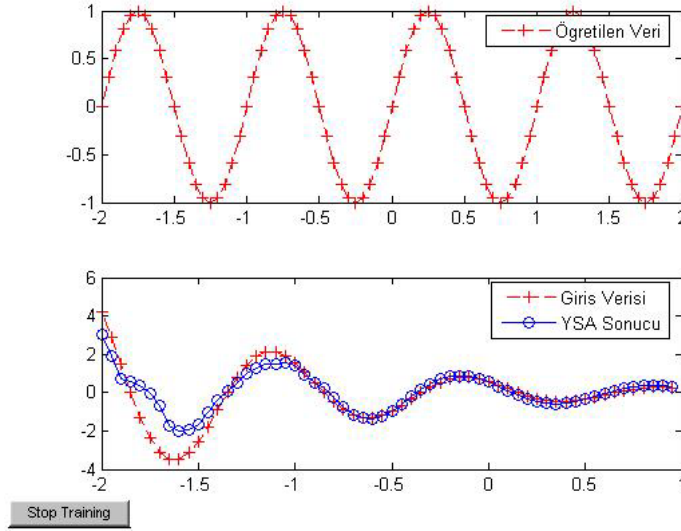
Şekil 14. Göz ardı edilecek hatalı veri

Bu gibi durumlar için YSA denetiminin başarımı aşağıda gösterilmektedir.



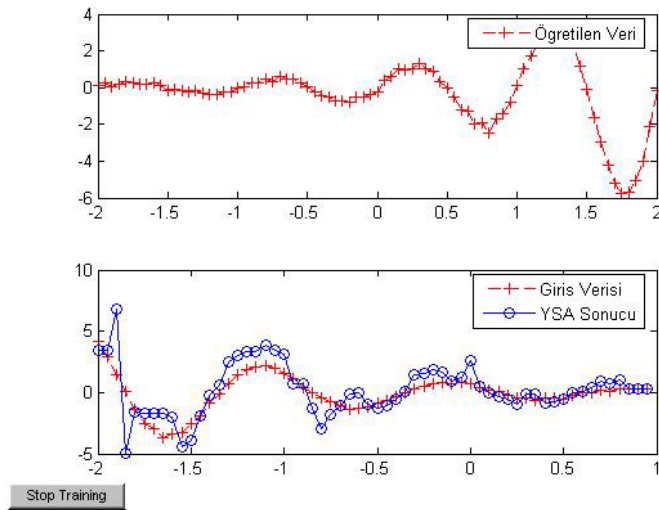
Şekil 15. YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin yüksek gürültülü görüntülerdeki başarımı

Eğer cisim yörüngesi beklenen tahminlerden yüksek değerli farklar göstermeye başlamışsa bu durumda tahminlerin de yörünge değişimine uyum sağlayabilir olması gerekmektedir. Bu gibi durumlardaki YSA denetiminin başarısı aşağıdaki gibi sınanmıştır. Bu gösterimde daha önce öğretilen yörünge yapısından çok farklı bir yörüngeye keskin geçişte yapılan tahminler gözlenmektedir.

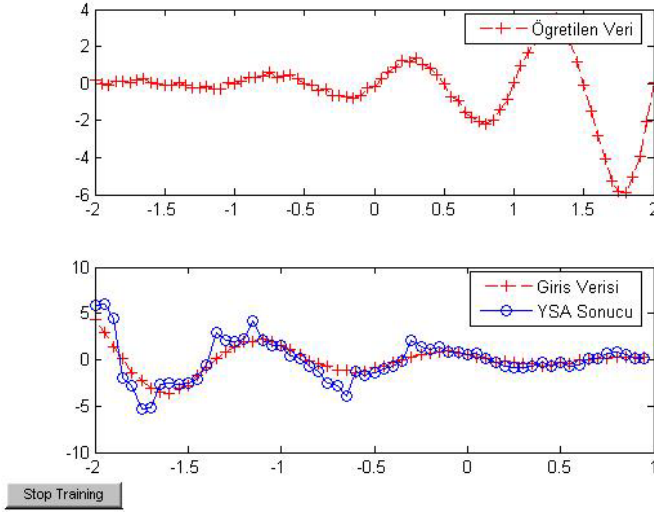


Şekil 16. YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin aniden değişiklik gösteren yörüngeleri izlemedeki başarımı

YSA denetimli sisteme öğretilen yörünge verilerinin daha karmaşıklaşması ve değişimlerin yüksek keskinlikte olabileceği, uygulamalarda gürültülü olma ve simetrik olmama etkeninin yüksek olacağı düşünüldüğünde, sistemin bu zor koşullardaki başarımı aşağıdaki gibi sınanmak istenmiştir. Aynı şartlarda hazırlanmış iki ayrı benzetim sonuçları aşağıda gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 17. YSA tabanlı Yörünge Tahmin Sisteminin ideal koşullardan uzak yüksek yörünge değişimlerinde ve yüksek gürültülü durumlarda yörünge izlemedeki başarımı

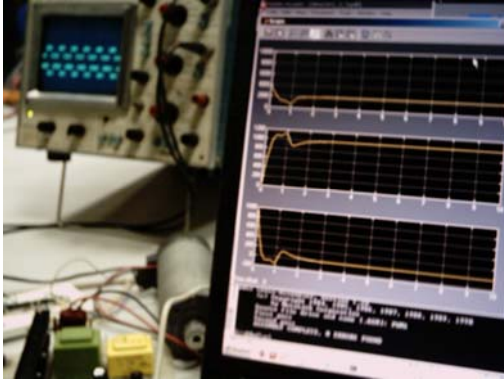
3.3 Taret Denetimi

Taret denetim kısmında, bilgisayar RS-232 haberleşme birimi üzerinden alınan konum bilgisi, taret eklem denetleyicilerine gönderilir ve bu bilgi gerekli kontrol işaretlerine dönüştürülerek eklem motorlarını harekete geçirir.

Konum Bilgisi Akışı

Görü işleme ve YSA tabanlı yörünge tahmin birimi üzerinden gelen bilgiler genellikle taretin ulaşması gereken konuma ulaşma süresinden daha hızlı işlenmekte ve gönderilmektedir. Bilgi işleme hızının sistemin mekanik cevap hızından çok daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur. YSA denetimli tahmin algoritmaları, görü biriminden daha fazla gerçek konum bilgisi ile beslendikçe ileri zamanda cismin olası konumu hakkında doğruluğu daha yüksek sonuçlara ulaşmaktadır. Böylelikle zaman geçtikçe yörünge doğruluğu artacaktır. Ancak sistemin mekanik hızının yavaş olduğu gerekçesi ile daha başından elde edilmiş tahminsel yörünge çıkarımları dahi taret denetim birimi tarafından anlamlı veri olarak kabul edilmiştir. Bu suretle ilk yörünge verileri ile taret eklem motorları harekete başlaması, cismin olası ileri zamanda bulunacağı yörüngedeki konum doğrultusunun, taretin yörüngesindeki konumuna karşılık düşen noktasına

doğru yol almaya başlamış olması sağlanmıştır. Yeni gelen veriler ulaşılacak son nokta hakkında daha doğru bilgiler içerdiğinden, taret denetim birimine sürekli olarak veri akışına izin verilmiş, bu verilere, bir önceki konuma doğru olan hareketine son vererek ve yeni gelen verinin içerdiği konum bilgisini yeni hedef konum sayarak cevap verilmesi sağlanmıştır. Bu durumda her yeni ve doğruluğu daha yüksek olan veri geldiğinde bir önceki konum bilgisi silinmiş, yeni konum hedef alınmış olacaktır. Mekanik cevabın, bu veri akış hızına göre oldukça yavaş olması nedeniyle bu kesmeler dinamik olarak yüksek mekaniksel salınımların oluşmasına izin vermeyecektir. Bu durumda güç aktarma oranı seçiminin burada önem arz ettiği gözlenmiştir.

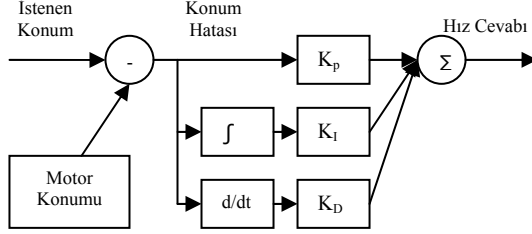


şekil 18. Motor denetim testleri

Motor Denetimi

Motor denetimi için, iki yönlü hareketi sağlayabilen H-Köprüsü modeli içeren MOSFET kontrollü sürücüler tasarlanmıştır. Motor hız denetimi, MOSFET'lere gönderilen PWM sinyalleriyle sağlanmıştır. PWM sinyalleri ADuC841 mikrodenetleyicisi tarafından konum bilgisine uygun şekilde üretilmiştir. Baskı devre tasarımında EMI ve motor gürültülerinin bozucu etkilerinin en alt seviyede hissedilir hale getirilmesi gözetilmiştir.

Motor konum denetimi, motor mili ucunda bulunan mutlak konum çözücülerin ürettiği darbelerin, hedeflenen konum bilgisi ile karşılaştırılması ve buna bağlı olarak motorların hareket sinyallerinin üretilmesi ile yapılmaktadır. Hedef konum bilgisi ile mutlak konum çözücülerden alınan konum bilgisi arasındaki fark konum hatası olarak kabul edilmektedir. Konum hatası olarak belirlenen bu fark PID algoritmaları ile motor denetim sinyallerine dönüştürülmektedir.



Şekil 19. PID Motor Konum Denetimi

$$e(k) = \theta_d(k) - \theta_a(k)$$

$$U(t) = K_c \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

Motor konum bilgisi mutlak çözücüler üzerinden kare dalga gerilim işaretleri şeklinde alınmaktadır. Mikrodenetleyici, sayıcı kısmından, bu gerilim sinyallerini okumakta ve sayısal olarak istenen konum bilgisi ile karşılaştırmaktadır. Her bir motor denetimi için, mikrodenetleyicinin konum okuma, veri haberleşmesi ve PWM sinyallerini üretme işlemlerini aynı tabanda yürüttüğünden, özellikle sayıcının kesme alt programlarını işlettiği sürelerde okuyamayacağı konum sinyalleri olabileceği olasılığı ve işlem karmaşıklığını azaltma nedeni ile her bir motor denetimi için birbirinden ayrık işlem yapan, ayrı mikrodenetleyiciler kullanılmıştır.



Şekil 20. İlk Örnek Taret Mekanik Modeli

4.GELECEK ÇALIŞMALAR VE SONUÇ

Çalışmadaki sistemin tasarımında çözüme ulaşabilme nedeniyle bir takım kısıtlara gidilmiştir. Sırasıyla, kamera görü alanı içerisindeki arka plan parlaklık değişimleri dışında sabit kalmalıdır. Yörünge tahmininde, çok gürültülü görüntü yapılarında tahmin çıktıları doğruluktan uzaklaştıracaktır. Cisim yörüngesinin taret çalışma yörüngesi doğrultusu ile ilk kavuşacağı ileri zaman olarak tanımlanan değişken, robotun ulaşabileceği en uzak konuma gidiş zamanını karşılayacak değerde olmalıdır. Aksi takdirde robot kavuşma için yeterli sürede hareketini tamamlayamayabilecektir.

Bu gibi kısıtların aşılması için yine sırasıyla; öncelikle görü işleme algoritmalarının değişken arka plan üzerinde çalışabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu tür çözümlerde cisim tarama işlemi, cismin önceden tanımlanmış nitelikleri ile olacağından işlem karmaşıklığı ve dolayısıyla zamanı artacaktır. Bu nedenle yüksek hızlı ya da paralel çalışabilen işlemciler kullanılması gerekliliği doğacaktır. Ayrıca kamera sayısı artırılarak cismin konumu hakkında daha karmaşık ve keskin bilgiler elde edilebilecektir. Bu durumda kameraların eşzamanlı çalışabilmesi gerekliliği doğacaktır. Taret hareketi üzerinde mekanik salınımları azaltmak ve konum bilgilerini eşzamanlı olarak alabilen bir yapı üretebilmek için robot denetimini yapan ve motor konum algılayıcılarını okuyan mikrodenetleyiciler yine yüksek hızlı işlem kapasiteli olmalıdırlar. Yapay Sinir Ağlarının yörünge tahminlemede, matematiksel ileri zaman yörünge tahmin yöntemlerine üstünlüğü gözlenmiştir. Yine işlemci hız sınırları içerisinde, öğrenme ve karar verme yetenekleri artırılabilir. Doğrusal olmayan yörünge yapılarını matematiksel olarak çözme yerine YSA modeli kullanarak bu şekildeki çözümü işlem hızını çok yükselttiği gözlenmiştir.

Yapılan benzetimler ve testler sonucu sistemin başarımı gözlendiğinde, savunma amaçlı olarak, laser güdüm ve taret karşı atış sistemleri için kullanılabilirliği öngörülebilmektedir. Sistemde yörüngesi izlenecek cisimlerin sınıflandırılması ve önceden tanımlanması ile yapı tamamen otonom bir savunma sistemi haline getirilebilir.

Bu çalışmanın bir ileriki aşamasında mobil robot yapıları üzerinde yerleştirilmiş bu türden yörünge izleme yeteneğine sahip bir taret yapısı tasarlanmak istenmektedir. Böylelikle izleme ve görev yapma yetenekleri yüksek robot sistemleri üretilmek istenmektedir. Bu amaçla gelinen noktada, sistemin görüntü işleme yapılarını hızla değişen arka plan koşullarında çalışabilir ve çıkarım yapabilir hale getirmeye yönelik çalışma yapılmaktadır. Yörünge izleme ve görüntü alma yapıları, robotun seyrüsefer

yapılarıyla işbirlikçi çalışabilir hale getirilecek ve bu türden zeki mobil savunma ve taarruz robotları üretilebilir hale gelecektir. Daha uzun vadeli olarak da bir ileriki aşamada, belirli bir koloni hiyerarşisi ve görev tanımı içerisinde yörünge izleme yeteneğine sahip bir mobil robot sürüsü üretilmek istenmektedir.

5. REFERANSLAR

Delibasi, A., Turker, T., Cansever, G.(2004) *Real-Time DC Motor Position Control by Fuzzy Logic and PID controllers using Labview*, International IEEE conference on Mechatronics & Robotics, Aachen, Germany.

Gümüşay Ö., Umut B., Gürcan M. B, *Ana Muharebe Tankı Namlu, Kule, Gövde ve Süspansiyonunun Modellenmesi, Simülasyonu ve Namlunun Stabilizasyon Denetimi*, 1. Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme Simülasyon Konferansı, 2-3 Haziran 2005, Ankara

Koyuncu E., Yeniçeri R., Ceylan O., *Bilgisayarla Görü Tabanlı, Cisim Yörünge Doğrultusu İzleyen Robot Kol Tasarımı*, Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi, Otomatik Kontrol Ulusal Kongresi, Haziran 2005, İstanbul

James Mentz (2000) *Motion Control Theory Needed in the Implementation of Practical Robotic Systems*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.

Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tsai Sun, Eiji Mizutani, *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*, Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall, c1997

M. Seul, L. O'Gorman, M.J. Sammon (2000) *Practical Algorithms For Image Analysis: Description, Examples, and Code*, Cambridge University Pres, USA.

S.C. Chapra, R.P. Canale (2004) *Yazılım ve Programlama Uygulamalarıyla Mühendisler için Sayısal Yöntemler* (çevirenler: Hasan Heperkan, Uğur Kesgin) Literatür Yayınları, İstanbul.

Toroslu R., Başçuhadar İ., *CAD/CAE Olanakları Kullanılarak Gerçekleştirilen Kaideye Monteli Stinger Hava Savunma Sisteminin Mekanik Tasarımı*, Aselsan MST, Aselsan Dergisi, Mayıs 2000