

# Yapay Kas Kullanılarak Örümcek Robot Tasarımı

Kadir Sabancı<sup>1</sup>

Saadetdin Herdem<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doğanhisar Meslek Yüksekokulu, Selçuk Üniversitesi, Konya

<sup>2</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya

<sup>1</sup>e-posta: ksabanci@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: sherdem@selcuk.edu.tr

## Özetçe

Bu çalışmada, şekil bellekli bir alaşım olan nitinolün robotik alanda uygulamasına bir örnek verilmiştir. Nitinol teller, yapay kas olarak kullanılmış ve bir örümcek robot prototipi gerçekleştirilmiştir. Günümüz teknolojilerinde kullanımı yaygınlaşan, çevreyi kirletmeyen, sessiz çalışan, ekonomik olan ve kontrolü kolay olan nitinol teller kullanılarak bir örümceğin hareketi sınırlı ölçülerde simüle edilmiştir. Oluşturulan sisteme çeşitli testler uygulanarak performansı incelenmiştir.

Gerçekleştirilen sistemde kas olarak yer alan nitinol tellerin kontrolü için PIC16F877 mikrokontrolörü kullanılmıştır. Örümcek robottaki kasların çalışma sırasını ve sürelerini göstermek için ledler ve robotun hareket bilgilerini görüntülemek için de alfanümerik LCD ekran kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Şekil bellekli alaşımlar, nitinol, PIC mikrodenetleyici, örümcek robot

## 1. Giriş

Günümüzde şekil bellekli alaşımların kullanımı hızla birçok teknolojik alana yayılmaktadır. Elektronikte sıcaklık sensörlerinden, tıpta kan basıncı test valflerine, otomotivde radyatör fanlarından, robotikte çok bacaklı mobil robotlara kadar değişik alanlarda şekil bellekli alaşımlar kullanılmaktadır [1,2].

Genel olarak robot hareket sistemleri incelendiğinde kullanılan en yaygın sistemlerin geleneksel robot hareketlendirici düzenekleri olarak adlandırılan hidrolik, pnömatik ve elektrik motor sistemleri olduğu görülür [3].

Şekil hafıza etkiye sahip olan nitinol telleri, endüstriyel robotlarda kas fiberleri olarak kullanılmaktadır [4]. Nitinollerin sıcaklıkla şekil değiştirmesi prensibiyle çalışan bu hareketlendiricilerin en büyük avantajı sistemin basitliğidir. Sistemin gürültü yapmadan, çevreyi kirletmeden çalışması diğer bir avantajıdır [5].

Nikel-Titanyum (Ni-Ti) alaşımında şekil bellek etkisinin keşfi 1962'de W.J.Buehler ve arkadaşları tarafından A.B.D. Deniz Savaş Araçları Laboratuvarında olmuştur. Ticari ismiyle Nitinol (Ni-Ti Naval Ordnance Laboratory) olarak adlandırılan bu alaşım deformasyon ve sıcaklığa bağlı olarak çok güçlü mekanik bellek göstermektedir [6].

Bu çalışmada, günümüz hareket teknolojisinde kullanımı yaygınlaşmaya başlayan, çevreyi kirletmeyen, sesiz çalışan, ekonomik ve kontrolü kolay olan nitinol malzemesinin tanıtılması için basit fakat görsel bir uygulama seçilmiştir. Nitinol teller kullanılarak bir örümceğin hareketi sınırlı ölçülerde simüle edilmiştir.

Gerçekleştirilen sistemde, nitinol tellerin kumandasını sağlayan lojik devrede PIC16F877 mikrokontrolör entegresi kullanılmıştır. Ayrıca örümcek robottaki kasların çalışma sırasını gösteren ledler ve belirli ölçüde bilgi veren 2x16 alfanümerik LCD ekran kullanılmıştır. Nitinollerin enerji anahtarlama için ULN2803 darlington transistör dizisi seçilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Örümcek robotun hareketini sağlamak için 0.006" nitinol tel kullanılmıştır. Nitinol tel ısıtıldığı zaman yaklaşık olarak boyunun %5' i kadar kasılmaktadır. Nitinol' ün ısıtılması için en basit ve uygun yol tel bağlantı vasıtası ile bir elektriksel akımın uygulanmasıdır. Akım uygulandığı zaman ısı meydana getirir. Bu, teli ısıtır ve kasılma meydana gelir. Bu yöntem omik ısınma olarak bilinir. Nitinol soğuduğu zaman kendi orijinal uzunluğuna dönmektedir. Bir yay gibi ön gerilme gücüyle orijinal uzunluğuna döndürmek gereklidir.

Örümcek robotta ön gerilme gücünü sağlamak için çelik tel kullanılmıştır. Nitinol kasıldığı zaman çelik tel eğilir. Nitinol soğuduğu zaman çelik teldeki gerilme orijinal uzunluğa ve pozisyona geri dönmek için nitinol telini çeker. Tablo 1' de 0.006 inç' lik nitinol telin önemli özellikleri görülmektedir.

Tablo 1: 0.006 inç nitinol telin önemli özellikleri

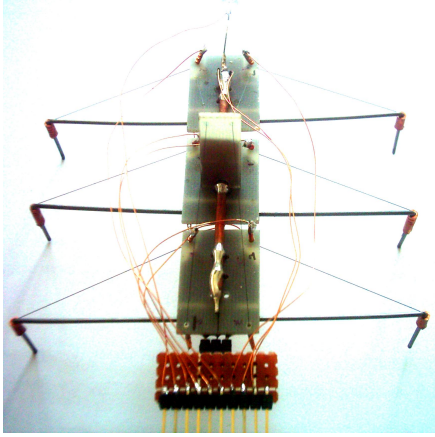
Elektriksel Direnci	1.25 ohm/inç
Maksimum çekebileceği güç	330 grams
Oda sıcaklığındaki yaklaşık akım değeri	400 mA

### 2.2. Yöntem

Robot motorsuz olmasına rağmen, nitinolle güçlendirilmiş tellerden oluşan yapısı sayesinde yürüyebilmektedir. Bu tel nikel ve titanyum alaşımıdır ve ısıtıldığında kaslar gibi kasılır. İçinden elektrik akımı geçirildiğinde tel ısınır ve kısalır. Bir karşı güç de nitinolü eski haline getirmek için kullanılır.

Gövde için 2 x 2,5 boyutunda 3 adet bakırlı baskı devre kartı, bacaklar içinde 1 mm çaplı çelik tel kullanılmıştır. Bacakların hareketi için 0.006" lik nitinol tel kullanarak örümcek robot tasarlanmıştır.

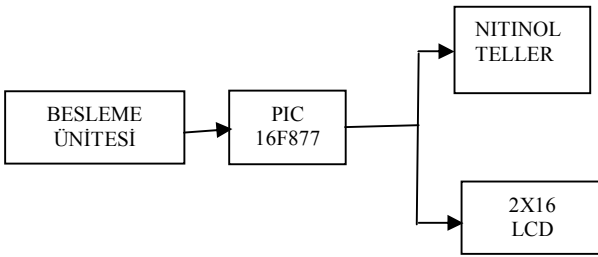
Şekil 1' de örümcek robotun üstten görünüşü görülmektedir.



Şekil 1: Örümcek robotun üstten görünümü [7]

Şekil 2' de sistemin blok diyagramı görülmektedir. Besleme ünitesinde iki adet transformatör kullanılmıştır. Bunlardan birincisi lojik devre ve LCD beslemesini sağlamaktadır. Diğer transformatör ise böcek kaslarında kullanılan nitinollerin beslenmesini sağlar.

Örümcek robotun bacaklarının senkron hareketini sağlamak, ayarlarının ekranda görülmesini sağlamak ve farklı fonksiyonlar ilave edilebilmesini sağlamak için 16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Kullanılan 2X16 LM032L alfanümerik LCD ekran üzerinden robotun o anki hareket ve hız durumu gösterilmiştir.



Şekil 2: Sistemin blok diyagramı

### 3. Deney Sonuçları ve Tartışma

Örümcek robotun kaslarını oluşturan nitinol tellerin ne kadar kasıldığını test edilmiştir. Bunun için 215 mm uzunluğundaki nitinol telin bir ucu masaya sabitlenmiş diğer ucu ise ön gerilme kuvveti olarak bir yaya bağlanmıştır. Yayın diğer ucu ise masaya sabitlenmiştir. Nitinol telin yayla birleştiği noktaya bağlanan tel ibre ile, nitinol telin kasılma miktarını cetvel üzerinde görülmüştür. Nitinol tele enerji verildiğinde, nitinol tel 11 mm kasılmaktadır. Buradan nitinol telin kasılması %5.2 olarak hesaplanmıştır [7].

telin boyu 215mm  
gerilim uygulandığındaki kısalma 11 mm  
nitinol telin gerilmesi=  $\frac{11 \times 100}{215} = \%5.2$

Tablo 2' de nitinol tele verilen gerilim değerleri ve ölçülen akım değerleri verilmiştir. Bu veriler doğrultusunda nitinol telin direnç değerleri hesaplanmıştır.

0.006 inç' lik nitinol telin direnci inch başına 1.25  $\Omega$  dur. Buna göre hesaplama yapılırsa, 215 mm lik nitinol telin direnci hesap yoluyla 10.6  $\Omega$  olarak bulunur.

0.006 inç nitinol telin direnci 1.25  $\Omega$ /inç olduğuna göre,

$$\frac{215mm}{25.4mm} = 8.45''$$

$$8.46 \times 1.25 \cong 10.6 \Omega$$

Tablo 2: Nitinol tele verilen gerilim ve ölçülen akım değerleri

Gerilim (V)	Akım (A)	Direnç ( $\Omega$ )
4.3	0.39	11.02
5.4	0.48	11.25
6.4	0.55	11.63
7.4	0.63	11.74

Gerçekleştirilen yapay kas kullanılarak örümcek robot devresi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örümcek robotun kaslarını oluşturan nitinol tellerin bırakma süresi ve örümcek robotun senkron hareket etmesini sağlayan köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süreleri sabit tutularak kaslarda kullanılan nitinol telin çekme süreleri değiştirilmiştir.

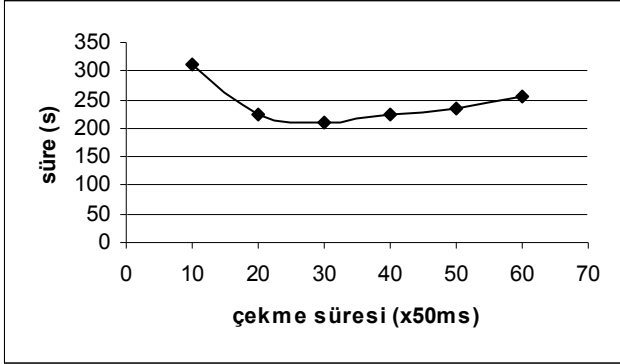
Örümcek robotun senkron hareket etmesini sağlayan köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süresi 1000 ms ve robotun kaslarını oluşturan nitinol tellerin bırakma süresi 1500 ms iken değişik çekme sürelerinde 10 cm yolu kaç saniyede aldığı ölçülmüştür [7].

Tablo 3' te örümcek robotun kaslarını oluşturan nitinol tellerin değişik çekme sürelerinde 10 cm yolu kaç saniyede aldığı görülmektedir.

Tablo 3: Sabit bir mesafenin değişik çekme sürelerindeki alım değerleri [7]

Çekme süresi (x50 ms)	Süre (s)
10	310
20	223
30	208
40	224
50	234
60	255

Yapılan analizler sonucunda örümcek robotun en hızlı yürüyüşü çekme süresinin 1500 ms olduğu durumda gerçekleştirdiği görülüyor. Tablo 3’ te görüldüğü gibi örümcek robot kaslarını oluşturan nitinol telin çekme süresi 1500 ms iken 10 cm yolu 208 s’ de almaktadır. Örümcek robotun çekme süresinin 10 cm’ lik yolu kat etme süresine etkisi Şekil 3’ te grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 3: Çekme süresi ve yürüyüş süresi arasındaki ilişki[7]

Sistemin en kararlı çalışmasını belirlemek için örümcek robotun senkron hareket etmesini sağlayan köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süresi 1000 ms ve robotun kaslarını oluşturan nitinol tellerin bırakma süresi 500 ms iken değişik çekme sürelerinde 10 cm yolu kaç saniyede aldığı ölçülmüştür[7].

Bırakma süresi 1500 ms olan çalışmadaki alınan değerlerle, bırakma süresi 500 ms deki değerler Tablo 4’ te gösterilmiştir. Köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süreleri 1000 ms ve nitinol tellerin çekme süreleri 1500 ms de sabitlenmiştir. Robotun 500 ms ve 1500 ms deki bırakma sürelerinde 10 cm yolu kaç saniyede aldığı değerler görülmektedir.

Köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süresi= 20x50 ms=1000 ms=1 s

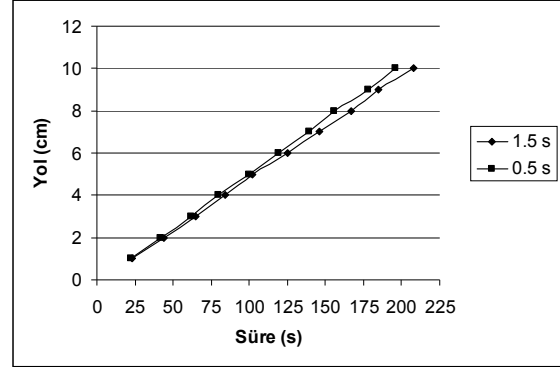
Çekme süresi 30x50 ms = 1500 ms = 1.5 s

Tablo 4: Farklı sürelerde örümcek robotun aldığı mesafeler [7]

Alınan yol(cm)	Zaman(s)	Zaman(s)
	(1.5 s)	(0.5 s)
1	23	22
2	44	42
3	65	62
4	84	80
5	102	100
6	125	119
7	146	139
8	167	156
9	185	178
10	208	196

Tablo 4’ te görüldüğü gibi örümcek robot kendisine hareket veren nitinol tellerin bırakma süresi 1500 ms iken 10 cm yolu 208 s’ de alırken, bırakma süresi 500 ms

düşürüldüğünde aynı yolu 196 s’ de alıyor. Bu durum Şekil 4’ te grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4: İki farklı bırakma süresinde mesafe zaman arasındaki ilişki [7]

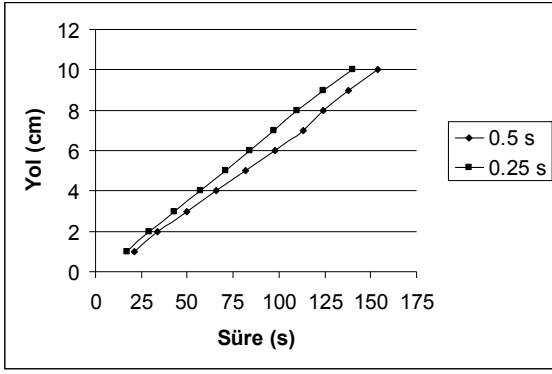
Örümcek robot, kendisine hareket veren nitinol telin bırakma süresi 500 ms ve çekme süresi 1500 ms iken en hızlı hareketini yapıyor. Şimdi ise örümcek robotun senkron hareket etmesini sağlayan köprü nitinol tellerin çekme ve bırakma süreleri değiştirilerek ölçümler yapılacaktır.

Yapılan analize göre köprü nitinol telin çekme ve bırakma süresi 250 ms iken örümcek robot daha hızlı hareket ediyor. Köprü nitinol telin çekme ve bırakma süresi 250 ms iken 10 cm yolu 140 s’ de alırken, çekme ve bırakma süresi 500 ms iken aynı yolu 154 s’ de almıştır. Bu değerler Tablo 5’ te iki farklı süre için gösterilmektedir.

Tablo 5: Farklı sürelerde örümcek robotun aldığı mesafe [7]

Alınan yol(cm)	Zaman(s)	Zaman(s)
	(0.5 s)	(0.25 s)
1	21	17
2	34	29
3	50	43
4	66	57
5	82	71
6	98	84
7	113	97
8	124	110
9	138	124
10	154	140

Şekil 5’ te Tablo 5’ teki örümcek robotun aldığı mesafe ve zaman değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil5: İki farklı köprü nitinol telin çekme-bırakma süresi için mesafe zaman arasındaki ilişki [7]

Yapılan deneylerde örümcek robotun kaslarını oluşturan nitinol telin farklı çekme bırakma sürelerinde ve senkron hareketi sağlayan köprü nitinol telin farklı çekme bırakma sürelerindeki hız ve zaman değişimleri analiz edilmiştir.

Bu analizler sonucunda örümcek robotun en hızlı hareket ettiği değerler tesbit edilmiştir. Sonuç olarak örümcek robotun, kendisine hareket veren nitinol telin çekme süresi 1500 ms, bırakma süresi 500 ms ve köprü nitinol çekme-bırakma süresi 250 ms iken maksimum hızda olduğu ölçümlerle kanıtlanmıştır[7].

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Robotik alanda şekil bellekli alaşımların kullanılması oldukça yeni bir konudur. Özellikle geleneksel hareketlendirici sistemlerden farklı olarak şekil bellekli alaşımları robotik alanında kullanmak, bu alanda yapılacak çalışmalara bir başlangıç oluşturması bakımından önemlidir.

Şekil bellekli alaşımlarla yapılan sistemlerin çalışma mekanizmasının basitliği, sessizliği, etrafa gürültü yaymaması, temiz çalışması, uzaktan komuta edilebilme özelliği, alaşımın hafifliği ve korozyona dayanıklılığının yüksek olması gibi özellikleri sayesinde ileriki yıllarda robotikte ve diğer mühendislik alanlarında yapılacak tasarımlarda kullanılma oranının daha da artacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, yapay kas olarak kullanılan şekil bellekli alaşım nitinolün çalışma prensibi, yapısı, kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları incelenmiş ve görsel bir uygulama olarak örümcek robot prototipi gerçekleştirilmiştir. Robotun hareketini kontrol etmek için PIC16F877 mikrokontrolörü kullanılmıştır.

Bacaklarına verilen hareket motorlarla sağlanan tipik bacaklı örümcek robotlar geniştir, büyüktür, komplekstir, gürültülüdür ve maliyetleri yüksektir. Bu çalışmada yapılan örümcek robotun tasarımında bacaklara hareket vermek için nitinol tel kullanıldığından örümcek robot daha küçüktür, daha ucuzdur, geliştirilmesi daha kolaydır ve sessiz çalışmaktadır.

Gerçekleştirilen robot örümceğin kaslarını oluşturan nitinolün değişik çekme ve bırakma süreleri için robotun hızındaki değişim incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda örümcek robotun performansının en iyi olduğu değerler belirlenmiştir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda, robotun hareket kabiliyetini artıracak bazı iyileştirme yöntemleri araştırılabilir. Robotun üzerine bir batarya yerleştirilerek RF alıcı-verici yardımıyla uzaktan kontrol edilmeye çalışılabilir. Ayrıca, yapay zeka teknikleri kullanılarak robotun yön bulması da sağlanabilir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Dilibal S., Sönmez N., Dilibal H., "Ni-Ti Şekil Bellekli Alaşımlar ve Teknolojik Kullanım Alanları", 3. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 2003
- [2] Dilibal S., Dilibal H., "İtuhand Robot El ve Mayın Temizleme Alanında Kullanılabilirliği", Savunma Teknolojileri Kongresi, 2002
- [3] Dilibal S., Güner E., Akturk N., "Three-finger SMA Robot Hand and Its Practical Analysis", *Robotica*, 20,175-180, 2002
- [4] Topbaş E., Akkuş N., "Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Endüstriyel Uygulamaları", *Makine Teknolojiler Elektronik Dergisi*, Cilt 4 sayfa 15-22,2007
- [5] Dilibal S., Güner E., "Üç Parmaklı Şekil Bellek Alaşım(SMA) Robot Elin Yapımı ve Uygulama Analizi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 2, sayı 1, 159-173, 2000
- [6] Selimbeyoğlu E., "Design of shape memory alloy actuators", Ph. D. Thesis, METU Ankara, 1992
- [7] Sabancı K., "Yapay Kas Kullanılarak Örümcek Robot Tasarımı", *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2005.