

BİR ALT DİSİPLİN OLARAK BİYOMEKATRONİK

Erhan AKDOĞAN

Mekatronik Mühendisliği Bölümü
Yıldız Teknik Üniversitesi, İSTANBUL
{eakdogan}@yildiz.edu.tr

Özetçe

Biyomekatronik, mekatronik mühendisliği alt dallarından biridir. Biyomekatronik sistemler klasik mekatronik sistemlere ek olarak biyolojik sensörlerden gelen bilgileri de kullanırlar. Biyomekatronik sistemlerin amacı, insan vücudunun desteklenmesi, güçlendirilmesi, sorunlu vücut fonksiyonlarının işler hale getirilmesi veya bu fonksiyonların işlevlerini yerine getirmektir. Bu çalışmada ülkemizde yeni bir alan olan biyomekatronik tanıtılmış, biyomekatronik sistemlerin özellikleri ve uygulama alanları açıklanmıştır. Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmalar Yıldız Teknik Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü altında gerçekleştirilen biyomekatronik araştırma çalışmaları çevresinde verilmiştir. Ayrıca biyomekatronik sistemlerin geleceği ile ilgili değerlendirmeler yapılmış ve ülkemizde bu alanda yapılması gerekenler ile ilgili görüşlere yer verilmiştir.

1. Giriş

Biyomekatronik, mekatronik mühendisliğinin biyoloji, mekanik, elektronik ve bilgisayar bilimleri ile ilişkili alt alanlarından biridir. Biyomedikal, bionik, sibernetik ve biyomekatronik çalışmalar özellikle son 15 yılda önemli bir ivme kazanmıştır. Bundaki en büyük etken özellikle malzeme bilimi, sensör, aktüatör, mikroişlemci, malzeme bilimi ve haberleşme teknolojilerindeki hızlı gelişmedir. Biyomekatronik araştırmalar özellikle insan hareketlerinin desteklenmesi veya geri kazandırılması, yapay organların geliştirilmesi ve nörocihazların tasarımı üzerine yoğunlaşmıştır.

Bireye yönelik biyomekatronik sistem geliştirme çalışmaları hızla devam etmektedir. Ancak bu araştırma çalışmaları yeteri seviyede insanlığın hizmetine sunulamamıştır. Ancak yakın bir gelecekte bu durum değişecektir. Bu nedenle ülkemizde de biyomekatronik sistemlerin geliştirilmesi çalışmaları önemlidir. Henüz tüm dünyada gelişme aşamasında olan bu sistemlerle ilgili çalışmaların istenilen düzeyde devam etmesi durumunda diğer dünya ülkeleri ile yarışabilecek duruma gelebiliriz.

Bu çalışmada, ülkemizde az bilinen biyomekatronik sistemler ile ilgili genel bilgilere yer verilmiş, biyomekatronik sistemlerin geleceği değerlendirilmiş ve biyomekatronik araştırma çalışmaları Yıldız Teknik Üniversitesi örneği üzerinden açıklanmıştır.

2. Biyomekatronik Nedir?

Bilindiği üzere mekatronik bir sistem mekanizma, bu mekanizmayı tahrik eden tahrik elemanları, çevreyle etkileşim

halinde olan mekanizmadan gelen değişken parametreler içeren geri besleme bilgilerini sağlayan sensörler, mekanizmanın kontrolünü sağlayan elektronik donanım ve yazılımdan meydana gelir. Biyomekatronik sistemlerde ise buna ek olarak insan vücudundan gelen biyolojik geri beslemelerde biyolojik sensörler yolu ile algılanır ve kontrolde kullanılır. Biyomekatronik sistemlerin amacı, uzuv hareketlerinin desteklenmesi, uzuvların güçlendirilmesi, sorunlu vücut fonksiyonlarının işler hale getirilmesi veya bu fonksiyonları yerine getiren birimlerin bizzat yerini alarak fonksiyonları gerçekleştirmektir.

İnsan hareketlerinin kontrolü, ortez-protez ve hareket destekçi tasarımları, motor bozukluğu olan bireylerin rehabilitasyonu, arayüz tasarımları, biyolojik ve mekanik sensör geliştirme, dış iskelet robotları, yürüme analizleri, elektriksel stimülasyon, yapay organlar, biyolojik işaret işleme biyomekatroniğin ilgilendiği konulardır.

Etkili bir biyomekatronik sistem tasarımı için insan vücudunun sinirsel ve fizyolojik yapısının iyi kavranması gerekmektedir. Bunun yanısıra bireye özel sistemler, kullanışlı arayüz tasarımları da biyomekatronik sistemlerin vazgeçilmez unsurları arasında sayılabilir.

3. Türkiye’de Biyomekatronik Çalışmaları

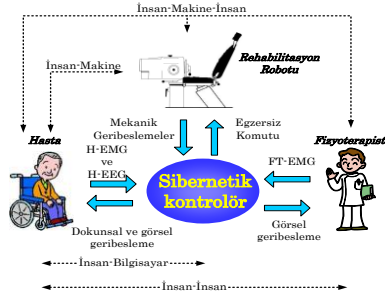
Ülkemizde, özellikle son yıllarda artan mekatronik mühendisliği programları ile beraber biyomekatronik alanındaki çalışmalarda hız kazanmıştır. Marmara Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Yeditepe Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi’nde çeşitli çalışmalar bu kapsamda yapılmaktadır. Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi’nde yapılan biyomekatronik araştırmalar açıklanacaktır.

Yıldız Teknik Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği 2008 yılında eğitim-öğretim faaliyetlerine başlamıştır. Günümüzde 13 öğretim üyesi, 10 araştırma görevlisine sahip kadrosu ile YTÜ Beşiktaş Kampüsünde hizmet vermektedir. Yüksek Lisans ve Doktora eğitimlerine 2012-2013 eğitim yılı Bahar döneminde başlamıştır. Bölümde çeşitli alanlarda ARGE çalışmaları araştırma amaçlı tahsis edilmiş laboratuvarlarda sürdürülmektedir. Bu çalışma gruplarından biri olan Biyomekatronik Araştırma Grubu 2010 yılında kurulmuştur. Araştırma grubu insan hareketlerinin analizi, biyolojik işaret işleme, zeki rehabilitasyon teknolojileri, yapay organlar alt çalışma gruplarından meydan gelmektedir. Bu çalışma gruplarında lisans ve lisansüstü seviyede öğrenciler yer almakta ve proje çalışmalarında aktif rol almaktadırlar. Lisans ve lisans üstü seviyede projeler araştırma projelerine entegre bir şekilde sürdürülmektedir. Makine ve teçhizat anlamında araştırma grubunun sahip olduğu imkânlar şunlardır.

Bilgisayarlar, veri toplama kartları, EMG cihazları, elektronik gonyometreler, kuvvet sensörleri, iki adet rehabilitasyon amaçlı geliştirilmiş 3 serbestlik dereceli robot, kamera, osiloskop, fonksiyon jeneratörü, DSP kitleri ve multimetreler. Araştırma grubu bünyesinde yürütülen proje çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Sibernetik rehabilitasyon destek sistemi:

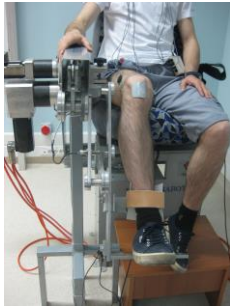
Bu proje hasta, rehabilitasyon robotu ve fizyoterapistten oluşan, kas aktivasyonu değerlendirmesi ve dokunsal geribesleme yöntemleri kullanarak FT' lerin tedavi kabiliyetlerini direkt hastaya aktarmayı amaçlayan, [insan (hasta) - insan (FT)], [insan(hasta) - bilgisayar], [insan (hasta) - makine (robot)] ve [insan (hasta) - makine (robot) - insan (FT)] sisteminin tasarımını amaçlar (Şekil 1). Proje TÜBİTAK Kariyer Destek Programı kapsamında 111M603 no ile Eylül 2011 den bu yana desteklenmektedir.



Şekil 1: Sibernetik rehabilitasyon destek sistemi

Terapatik alt uzuv rehabilitasyon robotu:

Bu proje çalışmasında 2004-2007 yılları arasında TÜBİTAK tarafından Bilimsel Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında desteklenen 104M018 nolu projenin bir ürünü olan, Türkiye' nin patentli ilk rehabilitasyon robotu FİZYOTERABOT (Şekil 2) için farklı kontrol algoritmaları geliştirilmektedir [1-7]. Bu çalışmalar Gazi ve Marmara Üniversitesi'nden öğretim üyelerinin de katkısı ile sürdürülmektedir. Özellikle kas aktivasyonu değerlendirmesi ve hibrid empedans kontrol konularında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu kapsamda sistemin kas aktivasyonu ile kontrolü gerçekleştirilmiş, bu konu ile katılan YTÜ-İEEE Yıldızlı Projeler Yarışmasında 127 proje arasından ikinci olmuştur.



Şekil 2: Fizyoterabot

Implementation of Artificial Intelligent Technologies in Rehabilitation Engineering: Training for Vocational Rehabilitation Counsellors (INTECH)

Fiziksel tıp ve rehabilitasyon alanı biyomekatroniğin önemli uygulama sahalarından birisidir. Bu nedenle bu tip sistemlerin birincil kullanıcıları olan fizik tedavi ve rehabilitasyon alanında çalışan uzmanların geliştirilen sistemler, mevcut teknolojiler hakkında bilgilendirilmesi son derece önemlidir. Bu kapsamda YTÜ Mekanik Mühendisliği Biyomekatronik Araştırma Grubu Avrupa Birliği, Yaşam Boyu Öğrenme Programı, Leonardo Da Vinci destekleri kapsamında 2010-1-TR1-LEO05-16695 proje numarası ile desteklenen bir projenin mühendislik ayağını gerçekleştirmiştir [8]. Proje 2012 Aralık ayında tamamlanmıştır. Kısa adı INTECH olan ve logosu Şekil 3 'te verilen projenin ortakları:

- Başkent DOST Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi (DOST) Ankara, Türkiye.
- Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Mekanik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.
- Stiftung Building & Handwerk (SBH), Almanya
- Berufliches Bildungs- und Rehabilitationszentrum Österreich (BBRZ) Avusturya
- Storic, Storitveni Center, (STORIC) Slovenya
- Engelli Aileleri Eğitim Kültür ve Dayanışma Derneği (ENAD) Ankara, Türkiye



Şekil 3: INTECH Proje logosu

Proje kapsamında rehabilitasyon teknolojileri ve yapay zeka hakkında eğitim notları hazırlanmış, uzmanlara çeşitli eğitimler verilmiştir. Proje ile ilgili detaylar için [8] nolu kaynak incelenebilir.

Yapay organlar ile ilgili çalışmalar:

Biyomekatroniğin önemli uygulama alanlarından biride yapay organlardır. Bu kapsamda bulanık insülin pompası [9] ve tam otomatik yapay sphincter sistemi geliştirilmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır.

Diğer proje çalışmaları:

Yukarıda bahsi geçen çalışmaların dışında rehabilitasyon amaçlı cihazların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların amacı dışa bağımlılığı azaltmak ve düşük maliyetli cihazları ülkemizde geliştirmektedir. Bu kapsamda emg cihazı tasarımı, kablosuz elektronik gonyometre tasarımı gibi çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmaların finansmanı için TÜBİTAK öğrenci projeleri destek programına başvuru yapılmaktadır. Ayrıca günümüzün en popüler konularından olan üst uzuv dış iskelet (exoskeleton) robot tasarımına yönelik bir projede halihazırda yürütülmektedir.

4. Biyomekatronik çalışmaların geleceği üzerine değerlendirmeler

Biyomekatronik çalışmalardaki gelişmelerin aşağıda verilen başlıklar çevresinde ivme kazanacağı ön görülmektedir.

- Tahrik elemanları
- Sensör teknolojisi
- Uzun ömürlü güç kaynakları
- İnternet teknolojileri
- Kablosuz haberleşme teknikleri
- Mikro-Nano Teknolojiler ve malzeme bilimi

Tahrik elemanlarının boyutlarının küçülmesi ve aktif çalışmaları son derece önemlidir. Özellikle mikro ve nano elektromekanik sistemlerin gelişmesi biyomekatronikte kayda değer gelişmeler meydana getirecektir. Nano boyuttaki robotik sistemler vücut içinde hareket edebilecek ve gerekli yerlere müdahale edebilecektir. Sensörlerin boyutlarındaki küçülme, ölçüm kabiliyetlerinin artması ve fiyatlarındaki düşüşler biyomekatronik teknolojilerin yaygınlaşmasına neden olacaktır. Mobil cihazların en önemli sorunlarından biri güç besleme üniteleridir. Uzun ömürlü ve çevreci batarya teknolojilerindeki gelişmeler biyomekatronik sistemleri doğrudan etkileyecektir. Diğer yandan “her zaman ve her yerde tedavi ” konsepti için internet ve kablosuz haberleşme teknolojileri sayesinde uygulanabilir. Bu nedenle internet hızlarının artması ve kablosuz haberleşme sistemlerinin güçlerinin artırılması gerekmektedir. Böylece hastaların evlerinde bakım hizmeti alması da sağlanabilecektir. Son olarak vücut içinde görev yapacak olan biyomekatronik sistemlerin vücut ortamına uyum sağlaması için uygun malzemelerden imal edilmesi gerekir. Bu anlamda malzeme biliminde ciddi araştırma çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Ülkemizde ise biyomekatronik alanında gelişme sağlanması için yapılması gerekenler aşağıda verilmiştir:

- Üniversitemiz mekatronik mühendisliği bölümleri altında biyomekatronik araştırma grupları kurulmalıdır.
- Biyomekatronik araştırma çalışmaları “biyomekatronik” terimi ile destek sağlayan kuruluşlar tarafından desteklenmede öncelikli alanlara alınmalıdır.
- Girişimciler biyomekatronik alanına yönlendirilmelidir. Bunun için tanıtıcı çalışmalar düzenlenmelidir.
- Çalıştaylar, konferanslar v.b akademik faaliyetlerde biyomekatronik oturumlarına yer verilmelidir.
- Üniversitelerde elektrik-elektronik, biyoloji, tıp, makine, bilgisayar gibi bilim dalları ortak çalışmalar yapmalıdırlar.
- Nöroloji, üroloji, fiziksel tıp ve rehabilitasyon gibi biyomekatronik sistemlere ihtiyaç duyacak olan tıp dallarından uzmanlarla işbirliği yapılmalı, ortak akıl çalışmaları yapılmalıdır.

5. Sonuç

Bu çalışmada ülkemiz için yeni bir alan olan biyomekatronik tanıtılmış, biyomekatronik sistemlerin elemanları ve uygulama alanları açıklanmıştır. Ülkemizde biyomekatronik alanındaki çalışmalar Yıldız Teknik Üniversitesi örneği üzerinden

verilmiştir. Ayrıca biyomekatronik sistemlerin geleceği ile ilgili bir değerlendirmede yapılmış, ülkemizde bu alanda yapılması gerekenler ile ilgili görüşler verilmiştir.

Biyomekatronik artan ve hızla yaşanan dünya nüfusu ile beraber her geçen gün önem kazanan konulardan biridir. Dünyada bu alandaki çalışmalar henüz istenen seviyede bireylerin kullanımına sunulmamıştır. Yapılan çalışmalar büyük oranda halen akademik seviyede devam etmektedir. Bu nedenle ülkemizde biyomekatronik araştırma çalışmalarının yaygınlaştırması ve artması gerekmektedir. Bu sayede dünyadaki gelişmelere ayak uydurulabilir ve ilgili sektörlerde söz sahibi olunabilir. Ülkemiz üniversitelerinde bu anlamda diğer dünya üniversiteleri ile eş seviyede akademik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların desteklenmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca biyomekatronik alanı biyoloji, mekanik ve elektronik dallarının bir kompozisyonudur. Özü itibari ile disiplinler arası bir daldır. Bu nedenle özellikle tıp, biyoloji ve gerontoloji gibi dallardaki uzmanlar ile beraber çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

Kaynakça

- [1] E. Akdoğan ve Z. Şişman, "A Muscular Activation Controlled Rehabilitation Robot System", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, *Lecture Notes in Artificial Intelligence, Part I, LNAI 6881*, s: 271–279, 2011.
- [2] E. Akdoğan ve M.A. Adli, "The Design and Control of a Therapeutic Exercise Robot for Lower Limb Rehabilitation: Physiotherobot", *Mechatronics-Elsevier*, Cilt: 21, No:3, s:509-522, 2011.
- [3] E. Akdoğan, M.A. Adli, E. Taçgın, N. Bennett: "A Human - Machine Interface Design to Control an Intelligent Rehabilitation Robot System", *Soft Computing Applications for Database Technologies:Techniques and Issues*, IGI Global Press, ISBN-10:1605668141, s: 247-270, 2010.
- [4] E. Akdoğan, E. Taçgın, M.A. Adli, "Knee Rehabilitation Using an Intelligent Robotic System", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer Verlag, Cilt:20, No:2, s: 195-202, 2009.
- [5] E. Akdoğan, M.A. ADLI, N. Bennett: "A Human-Machine Interface Design for Direct Rehabilitation using A Rehabilitation Robot", *IEEE-CSTST'08, 5th International Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology*, s:78-83, Paris, Fransa, 2006.
- [6] E. Akdoğan, M.A. Adli, E. Taçgın:, "Intelligent Control of A Robot Manipulator for Knee Rehabilitation", *5 Th Int. Symposium on Intelligent Manufacturing Systems*, s: 695-703, Sakarya, 2006.
- [7] E. Akdoğan ve M.A. Adli, "An Exoskeletal Robot Manipulator For Lower Limbs Rehabilitation", *Mechatronics 2004-9 th Mechatronics Forum Int. Conf.*, Ankara, 2004.
- [8] www.intech2010.com
- [9] C. Can, E. Akdoğan, E. Taçgın, "Intensive Insulin Therapy of Type-1 Diabetes by Fuzzy-Based Controller", *7th International Symposium on Intelligent and Manufacturing Systems*, Bosnia Herzegovina, s:272-279, 2010.