

## **Biyomedikal Mühendisliği Eğitiminde; Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliklerinin Yeri**

**Derya YILMAZ<sup>1</sup>, Metin YILDIZ<sup>2</sup>, Muhammet YORULMAZ<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Başkent Üniversitesi, TBMYO, Biyomedikal Cih. Tekn. Böl., Esk. Yolu. 20.Km., Ankara.

<sup>3</sup>Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Müh. Böl. Esk. Yolu. 20.Km., Ankara.

<sup>1</sup>e-posta:derya@baskent.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta:myildiz@baskent.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta:myorulmaz@baskent.edu.tr

### **Özet**

Bu çalışmada; çeşitli mühendislik bilgi ve becerilerini kullanarak, sağlık alanındaki değişik problemlere çözüm getirmeye çalışan biyomedikal mühendisliği eğitim programlarının; elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislikleri eğitimi ile ilişkisi incelenmiştir. Bunun için çeşitli üniversitelerin biyomedikal mühendisliği ve elektrik, elektronik, bilgisayar mühendisliği müfredat programları incelenerek; biyomedikal mühendisliğinin çalışma alanları göz önünde bulundurularak, elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislik eğitimlerinin bunlar içerisindeki yeri ortaya konmuştur. Bu araştırma sonucunda, biyomedikal mühendisliği eğitiminde, özellikle medikal mühendislik alanında; elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislik eğitimlerinin önemli bir yer tuttuğu görülmüştür.

### **Abstract**

In this study, the relation between biomedical engineering education and electrical, electronics and computer engineering education programs have been investigated in order to study and solve different problems in medical areas by using various engineering knowledges and abilities. For this purpose; biomedical, electrical, electronics and computer engineering programs of various universities have been investigated. We have taken biomedical engineering field study into consideration to expose the place of electrical, electronics and computer engineering education. The results of this study come to a conclusion that the electrical, electronics and computer engineering education programs take place in biomedical engineering education in medical engineering field.

## **1.Giriş**

Biyomedikal mühendisliği; tıbbi teşhis ve tedavi alanında yeni teknik ve yöntemlerinin geliştirilmesi, hastalıklı vücut organlarının desteklenmesi gibi sağlık alanındaki çeşitli problemlerin çözülmesi amacıyla; elektrik, elektronik, bilgisayar, fizik, kimya ve makine mühendislikleri gibi çok çeşitli mühendislik bilgi ve becerileri ile tıp bilimlerinin birlikte kullanımlarını gerektiren yeni bir mühendislik dalıdır. Başlangıcı 1950' lere dayanan Biyomedikal mühendisliğinin gelişimi boyunca çeşitli tanım tartışmaları yapılmış ve

Amerikan Milli Akademisi 1971'de yayınladığı bir raporda konunun niteliğini belirlemiş ve biyomedikal mühendisliğini üç ana dala ayırmıştır [5].

1. Biyomühendislik: Biyolojik sistemlerin tanınmasında ve tıbbi uygulamaların geliştirilmesinde mühendislik teknik ve görüşlerinin uygulanması,
2. Medikal Mühendislik: Biyoloji ve tıpta kullanılan cihaz, malzeme, teşhis ve tedavi düzenleri, yapay organ ve diğer düzenlerin geliştirilmesinde mühendislik teknik ve görüşlerinin kullanılması,
3. Klinik mühendisliği: Çeşitli kuruluşlar (Üniversiteler, hastaneler, devlet ve endüstrinin benzer kuruluşları) içerisindeki sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi için mühendislik görüş, yöntem ve tekniklerinin uygulanması.

Biyomedikal mühendisliği alanında gerçekleştirilen çalışmalar dokuz ana başlık altında toplanabilir [1,2];

1. Fizyolojik sistemlerin modellenmesi, simülasyonu ve kontrolü ,
2. Fizyolojik sinyallerin algılanması, ölçülmesi ve monitörize edilmesi,
3. Biyoelektrik verilerin sinyal işleme teknikleri kullanılarak tespiti, sınıflandırılması ve analiz edilmesi,
4. Tedavi ve rehabilitasyon prosedürleri ve cihazlarının geliştirilmesi,
5. Vücut fonksiyonlarını yerine getirmede yardımcı olacak, protez vb. ilave parçaların tasarlanması,
6. Hastayla ilgili bilgilerin bilgisayarla analizi ile klinik karar vermeye yardımcı olunması,
7. Tıbbi görüntüleme: anatomik detayların ve fizyolojik fonksiyonların görüntülenmesi,
8. Faydalı amaçlar için yeni biyolojik ürünlerin oluşturulması veya değişime uğratılması,
9. Kliniksel gereçler, cihazlar, sistemler ve prosedürlerin geliştirilmesi ve dizayn edilmesi.

Yukarıda açıklanan biyomedikal mühendisliği çalışma alanlarına bakarsak, bunların; temel mühendislik, tıp ve biyoloji bilgilerinin yanında, elektrik, elektronik, bilgisayar mühendisliği bilgi ve becerilerini de kapsamakta olduğunu görürüz.

Bu çalışmada, biyomedikal mühendisliğinin elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislikleri ile ilişkisini incelerken, bu mühendisliklerin mevcut ders programları incelenerek örtüşen bilgi ve beceriler tespit edilmeye çalışılmıştır.

## **2. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendislikleri Müfredat Programlarının İncelenmesi**

Elektrik-elektronik ve biyomedikal mühendislikleri programları arasındaki ilişkinin

incelenebilmesi için, öncelikle çeşitli üniversitelerde her iki alanda yürütülen müfredat programları incelenerek, gösterilmekte olan dersler konu başlıkları dikkate alınarak aşağıdaki tablolarda listelenmiştir. Farklı üniversitelerin ilgili bölümlerindeki ana ve seçimlik dersler çeşitlilik ve farklılık gösterdiğinden, tablolar hazırlanırken, farklı üniversitelerde ana ders olarak okutulan dersler, temel ders başlığı altında toplanmıştır. Tablo 1’de elektrik-elektronik mühendisliği programlarındaki temel ve branşlaşmaya yönelik ders başlıkları, Tablo 2’de de biyomedikal mühendisliği programındaki temel ve branşlaşmaya yönelik ders başlıkları görülmektedir.

**Tablo 1: Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programlarındaki Temel ve Branşlaşmaya Yönelik Ders Başlıkları**

<b>Temel Ders Başlıkları</b>	<b>Branşlaşmaya Yönelik Ders Başlıkları</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devre Teorisi*</li> <li>• Yarıiletken Cihazlar ve Modelleme</li> <li>• Elektronik*</li> <li>• Sayısal Elektronik*</li> <li>• Mikroişlemciler*</li> <li>• Sinyaller ve Sistemler*</li> <li>• Programlama Dilleri*</li> <li>• Elektromanyetik Teori*</li> <li>• Nümerik Analiz</li> <li>• Mühendislik Grafikleri</li> <li>• Olasılık ve İstatistik*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinyal İşleme*</li> <li>• Görüntü İşleme*</li> <li>• Elektromekanik*</li> <li>• Kontrol Sistemleri*</li> <li>• Ayrık Zamanlı Sistemler</li> <li>• Güç Elektroniği</li> <li>• Telekomünikasyon*</li> <li>• Mikrodalgalar</li> <li>• Entegre Dizaynı</li> <li>• Mühendislik Optiği</li> <li>• Robotics</li> <li>• Bilgisayar Yapıları*</li> <li>• İşletim Sistemleri</li> <li>• Veri Yapıları*</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biyomedikal Sinyaller ve Sistemler*</li> </ul>

- Yapay zeka

**Tablo 2: Biyomedikal Mühendisliği Programlarındaki Temel ve Branşlaşmaya Yönelik Ders Başlıkları**

Temel Ders Başlıkları	Branşlaşmaya Yönelik Ders Başlıkları
<ul style="list-style-type: none"><li>• Anatomi ve Fizyoloji</li><li>• Biyokimya</li><li>• Biyomekanik</li><li>• Biyomalzeme</li><li>• Bioistatistik*</li><li>• Maddelerle Biyolojik Etkileşim</li><li>• Biyomedikal Mühendisliği Prensipleri</li><li>• Programlama Dilleri*</li><li>• Elektronik*</li><li>• Sayısal Elektronik*</li><li>• Devre Teorisi*</li><li>• Sinyaller ve Sistemler*</li><li>• Elektromanyetik Teori*</li><li>• Görüntüleme Sistemleri</li><li>• Biyomedikal Mühendisliğinde Deneysel Yöntemler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biyomedikal Dizayn</li><li>• Biyomedikal Enstrümantasyon ve Ölçme</li><li>• Biyomedikal Sistem Simülasyonları</li><li>• Biyomedikal İşaret İşleme*</li><li>• Biyomedikal Görüntü İşleme*</li><li>• Fizyolojik Sistemlerin Matematiksel ve Bilgisayar Modellemeleri</li><li>• Mühendislik Grafikleri</li><li>• Nümerik Analiz</li><li>• Biyomedikal Akışkanlar Mekaniği ve Enerji Aktarımı</li><li>• Telekomünikasyon Prensipleri*</li><li>• Aktarım Olayları</li><li>• Fizyolojik Kontrol Sistemleri*</li><li>• Elektromekanik*</li><li>• Yapay Organlar</li><li>• Termodinamik</li><li>• Bilgisayar Yapıları*</li><li>• Veri Yapıları*</li></ul>

	• Mikroişlemciler*

Elektrik-elektronik ve biyomedikal mühendislikleri müfredat programlarını genel olarak incelediğimizde, her ikisinde de burada gösterilmemiş olan temel mühendislik derslerinin dışında, bazı temel derslerin zorunlu, branşlaşmaya yönelik bazı derslerin de seçimsel olarak yer aldığını görmekteyiz. Elektrik-elektronik-bilgisayar mühendislikleri; telekomünikasyon, kontrol, güç elektroniği, mikrodalga ve antenler, enerji, bilgisayar vb ana bilim dallarına, biyomedikal mühendisliği ise; biyomühendislik, medikal mühendislik ve klinik mühendisliği gibi dallara ayrılmaktadır. Branşlaşmaya yönelik seçimsel dersler içinde de bahsedilen dallara uygun olarak alınması zorunlu dersler bulunmaktadır.

Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde, karşılaştırılan mühendislik dallarındaki derslerin, ağırlıkları farklı olmakla beraber, büyük oranda aynı konu başlıklarını içerdiği görülmektedir. Bu konu başlıklarını içeren dersler tablolarda “ \* ” işareti ile işaretlenmişlerdir.

### **3. Biyomedikal Mühendisliği Çalışma Alanlarının Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendislikleri ile İlişkisi**

- Fizyolojik sistemlerin modellenmesi, simülasyonu ve kontrolü;

Fizyolojik sistemlerin matematiksel modellerinin oluşturulması, bunların nümerik analiz yöntemleri kullanılarak simülasyonları ve kontrolünü içeren biyomodelleme ve kontrol konusu;

- Fizyolojik sistemlerin işleyişlerinin daha iyi anlaşılmasını ve bu konularda geliştirilen hipotezlerin doğrulanmasını sağlamak için araştırmalarda,
- Oluşturulan matematiksel model parametrelerinin fizyolojik sistemdeki bozuklukları simüle etmek üzere eğitim ve öğretimde,
- Klinik uygulamalarda,

uygulama olanağı bulunmaktadır[4].

Bu konudaki çalışmaların etkin şekilde yürütülebilmesi için, iyi bir anatomi ve fizyoloji bilgisinin yanında, elektrik-elektronik-bilgisayar mühendislikleri alanlarındaki, sinyaller ve sistemler, nümerik analiz, bilgisayar programlama, bilgisayar grafikleri, kontrol sistemleri vb. derslerin alınması gereklidir.

- Fizyolojik sinyallerin algılanması, ölçülmesi ve monitörize edilmesi;

Çeşitli fizyolojik sistemler, işleyişleri sırasında kendilerine has birtakım biyosinyallerin oluşmasına neden olurlar. Bunların ölçülüp monitörize edilmesi fizyolojik sistemin işleyişindeki bozuklukların tespitine olanak sağlayabilir. Fizyolojik sinyallerin algılanmaları çeşitli sensörler ve transduserler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Algılanan sinyaller analog veya dijital elektronik devrelerle, diğer sinyal kaynaklarından ayrılıp ölçülebilir ve monitörize edilebilir duruma getirilir. Bütün bunların gerçekleştirilebilmesi için elektrik elektronik mühendisliği bünyesindeki, devre analizi, analog ve sayısal elektronik, enstrümantasyon ve ölçme, elektromekanik, mikroişlemciler vb. derslerin alınması gerekir.

- Biyoelektrik verilerin sinyal işleme teknikleri kullanılarak tespiti, sınıflandırılması ve analiz edilmesi;

Fizyolojik sistemdeki birtakım bozuklukların teşhis edilebilmesi için, bu sistemlerden elde edilen biyoelektrik, biyomekanik, biyokimyasal, biyomanyetik, biyoakustik ve biyooptik sinyallerin incelenmesi gerekebilir. Bu incelemelerde; dinamik karakteristiklerinin çıkarılması, spektral analizleri, wavelet (zaman-ölçekli) analizleri, özellik çıkarma (extracting features), veri sıkıştırma, filtreleme, sinyal ortalama, yapay zeka teknikleri vb. sinyal işleme ve analiz yöntemleri kullanılır.

- Tedavi ve rehabilitasyon prosedürleri ve cihazlarının geliştirilmesi;

Biyomedikal mühendisliği eğitimi bünyesinde, fizyolojik sisteme kontrollü olarak uygulanan; ısı, elektriksel potansiyel, elektromanyetik kuvvetler gibi, bir takım dış uyarıcıların tedavi ve rehabilite edici etkileri ve bunları gerçekleştirecek cihazların ve prosedürlerin geliştirilmesi de yer almaktadır. Bu cihaz ve prosedürlerin geliştirilmesi; olayın fizyolojisinin iyi bilinmesinin yanında, çoğunlukla elektronik ve mikroişlemcili kontrol düzeneklerinin kullanılmasını gerektirir. Bu nedenlerle; elektronik, sayısal elektronik, mikroişlemci, elektromanyetik, devre teorisi konularında yeterli bilgiye sahip olunması gerekir.

- Hastayla ilgili bilgilerin bilgisayarla analizi ile klinik karar vermeye yardımcı olunması;

1970'li yıllardan beri tıp alanındaki klinik karar verme problemlerinin çözümlenmesinde etkin olarak kullanılan uzman sistemlerin programlama mantığı geliştirilirken; uzman kişilerden toplanan veriler ve uzman kişinin karar vermesine yardımcı olan süreçler kullanılır. Bu konuda yapılacak çalışmaların etkin biçimde yürütülebilmesi için, çeşitli bilgisayar programlama, yapay zeka, uzman sistemler, yapay sinir ağları, fuzzy logic, vb. konulardaki derslerin alınması gerekir.

- Tıbbi görüntüleme;

Fizyolojik sistemlerin anatomik yapılarının ve fizyolojik aktivitelerinin görüntülenmesi, biyomedikal mühendisliği bünyesinde önemli bir yer tutmaktadır. Biyomedikal alanında; radyasyon görüntülemesi, ultrasonik görüntüleme, manyetik rezonans görüntülemesi, tomografik görüntüleme vb. görüntüleme yöntemleri mevcuttur. Bu tür sistemlerin

geliştirilmesi, etkin kullanımlarının sağlanması, yeni görüntüleme sistemlerinin geliştirilmesi biyomedikal mühendisliğinin önemli çalışma alanlarından biridir. Bu alanda yapılan çalışmaların elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislikleriyle yakından ilişkili olduğu açıktır. Bu nedenle; devre teorisi, elektronik, sayısal elektronik, mikroişlemciler, programlama dilleri, elektromanyetik, sinyal ve görüntü işleme, elektromekanik, kontrol sistemleri, güç elektroniği gibi çok çeşitli derslerin alınması gereklidir.

Tedavi ve rehabilitasyon prosedürleri ve cihazlarının geliştirilmesi ve vücut fonksiyonlarını yerine getirmede yardımcı olacak, protez vb. ilave parçaların tasarlanması; biyomekanik, faydalı amaçlar için yeni biyolojik ürünlerin oluşturulması veya değişime uğratılması ise biomateryal alanlarının kapsamına girer. Kliniksel gereçler, cihazlar, sistemler ve prosedürlerin geliştirilmesi ve dizayn edilmesi işlemleri ise klinik mühendisliğinin çalışma alanıdır.

Görüldüğü gibi, biyomedikal mühendisliği alanındaki çalışmaların yürütülebilmesi için; temel mühendislik, tıp ve biyoloji bilgilerinin yanında, elektrik, elektronik, bilgisayar mühendisliği bilgi ve becerilerinin de ağırlıklı olarak kullanılması gerekmektedir.

#### **4. Sonuç**

Bu çalışmanın sonucunda elektrik, elektronik, bilgisayar mühendislik eğitimlerinin çoğunlukla, biyomedikal mühendisliği çalışma alanlarından; fizyolojik sinyallerin algılanması, ölçülmesi ve monitörize edilmesi, biyoelektrik verilerin sinyal işleme teknikleri kullanılarak tespiti, sınıflandırılması ve analiz edilmesi, tedavi ve rehabilitasyon prosedürleri ve cihazlarının geliştirilmesi, hastayla ilgili bilgilerin bilgisayarla analizi ile klinik karar vermeye yardımcı olunması ve tıbbi görüntüleme ile ilişkili olduğu görülmüştür. Bu alanlardaki çalışmaların yürütülebilmesi için; elektronik, sayısal elektronik, devre teorisi, elektromekanik, elektromanyetik, sinyal ve görüntü işleme, sinyaller ve sistemler, kontrol sistemleri, mikroişlemciler, programlama dilleri, yapay zeka, telekominikasyon, enstrümantasyon ve ölçme gibi derslerin çalışma alanlarına göre farklılık göstermek üzere, biyomedikal mühendisliği eğitimi içinde yer almasının gerektiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın, ABD'de 120'nin üzerinde üniversitede, Avrupa'da da birçok üniversitede yürütülen, ülkemizde ise yeni yeni gelişmekte olan biyomedikal mühendislik eğitiminin, program geliştirme çalışmalarına kaynaklık edebileceği düşünülmektedir.

#### **Kaynakça**

- [1]. Bronzino, Joseph D., ve diğerleri, The Biomedical Engineering: Handbook, CRC Press, Inc. Florida, USA, 1995.
- [2]. Enderle J., Blanchard S., Bronzino J., Introduction to Biomedical Engineering, Academic Press, San Diego, A.B.D., 2000.
- [3]. Karagöz İ., Tıbbi Teknoloji Yönetimi, Haberal Eğitim Vakfı, Ankara, 1998.
- [4]. Rideout Vincent C., Mathematical and Computer Modeling of Physiological Systems, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1991.
- [5]. Yazgan E., Korürek M., Tıp Elektroniği, İstanbul Teknik Üniversitesi Ofset Baskı Atelyesi, İstanbul, 1996.
- [6]. Academic Programs in Biomedical Engineering; <http://www.whitaker.org/academic/>
- [7]. EEE Undergraduate Curriculum-odtu.htm; <http://www.eee.metu.edu.tr/education/uncur.html>
- [8]. Undergraduate odtu- bme.htm; <http://ee.eee.metu.edu.tr/~biomed/index.html>

- [9]. Undergraduate boun-eem; [http://www.ee.boun.edu.tr/ee-2002-tr/under\\_graduate.html](http://www.ee.boun.edu.tr/ee-2002-tr/under_graduate.html)
- [10]. Graduate boun-bme; <http://www.bme.boun.edu.tr/bmeweb/gradprg.html>
- [11]. Undergraduate-Başkent Üniversitesi-bme; <http://www.baskent.edu.tr/>
- [12]. Undergraduate-Başkent Üniversitesi-eem; <http://www.baskent.edu.tr/>
- [13]. Undergraduate-Bilkent Üniversitesi-eem; <http://www.ee.bilkent.edu.tr/undergraduate.html>