

## Sağlık Kuruluşlarında Biyomedikal Teknoloji Uygulamaları ve Biyomedikal Mühendisliği

### Biomedical Technology Applications and Biomedical Engineering in Healthcare Organizations

Ömer Göç<sup>1</sup>

1. Harran Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Şanlıurfa, Türkiye  
<https://orcid.org/0000-0002-3047-6232>

#### Özet

Biyomedikal mühendisliği, teknolojinin hızla gelişmesi, hastalıkların çeşitlenmesi sebebiyle tıbbi cihazlar için mühendislik çözümlerine ihtiyaç duyan tıbbi sistemler için oldukça önemlidir. Birçok tıbbi ve teknik sorunun varlığı ve giderek karmaşıklaşan biyolojik problemler tıp mühendislerine olan talebin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Tıbbi cihazların üretiminde, bakımında, satışı konusunda uzmanlaşmış medikal şirketler tıbbi cihazların geliştirilmesini araştırmakta, mühendislik problemlerini analiz etmekte, sorunları anlamakta, çözmekte ve yeni mühendislik cihazları geliştirmekte ve yeni ürünler üretme konusunda önemli çalışmalar yapmaktadırlar.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomedikal Mühendisliği, Tıbbi Cihaz Teknolojileri, Klinik Mühendislik.

#### Abstract

Biomedical engineering is very important for medical systems that need engineering solutions for medical devices due to the rapid complex biological problems cause the demand for medical engineers to increase day by day. Medical companies specializing in the production, maintenance and sale of medical devices are researching the development of medical devices, analyzing engineering problems, understanding and solving problems and developing new engineering devices and making significant efforts to produce new products.

**Keywords:** Biomedical Engineering, Medical Device Technologies, Clinical Engineering.

#### GİRİŞ

Medikal mühendisliği hasarlı organların değiştirilmesi, tıbbi cihazlar, sağlık bakım sistemleri ve hastalıkların teşhis ve tedavisi için bilgisayar uygulamaları dahil olmak üzere mühendislik ilkelerinin tıbbi sorunlara uygulanmasıyla ilgilendir. Tıp mühendisliği ayrıca, olası tıbbi seçenekler, teşhis prosedürleri ve tıbbi cihazlar hakkında araştırma yaparak akademik alanlarda yeni teknolojinin icat edilmesini, üretilmesini, tasarlanmasını ve geliştirilmesini içerir. Tasarımı yapılan bu ürünlerin güvenli ve sağlıklı bir şekilde çalışmasını güvence altına alır (1,2). Ayrıca, milyonlarca insanın yaşam kalitesini artıran organ nakillerinde önemli role sahip olan dokuları ve kök hücreleri, bunları içeren endüstriyel etkileşimleri, kalp pilleri, koroner arter stentleri, protezler, protezler, dişçilik cihazları ve ürünleri gibi iç ve dış yardım cihazlarının geliştirilmesini inceler (3, 4).

Sorumlu Yazar: Ömer Göç, e-mail: [drymertsoy@gmail.com](mailto:drymertsoy@gmail.com)

Geliş Tarihi: 13.08.2023, Kabul Tarihi: 23.11.2023, Çevrimiçi Yayın Tarihi: 20.12.2023

Atf: Göç Ö. Sağlık Kuruluşlarında Biyomedikal Teknoloji Uygulamaları ve Biyomedikal Mühendisliği. Acta Medica Ruha. 2023;1(4):583-589. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10200606>



Sağlık alanında kullanılan biyomedikal teknolojiler, tıbbi cihaz sektörünün nitelik ve nicelik olarak gelişmesine sebep olmuştur. Biyomedikal cihaz teknolojileri ülkemizde yeni gelişim göstermeye başlamış olsa da, gerek ülkemizin coğrafi koşulu, gerekse siyasi ve ekonomik etkenlerin de desteğiyle dünyada üretilen yeni teknolojilere hızlı bir şekilde uyum sağlamaktadır.

Hastanelerde tanı ve tedavi maksatlı kullanılacak olan biyomedikal teknolojilerin kalite, model, tür ve adetleri kurumların ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. Bu ihtiyaçlar tıbbi cihaz, ilaç, tanı kitleri, sarf malzemeler olabilir. Kurumlarda sürekli hizmet anlayışı benimsendiğinden kısa ve uzun süreli biyoteknolojik ürün ihtiyaçları taleplerinin belirlenmesi ve tedarik aşamalarının planlanması gerekmektedir. Sağlık kuruluşlarındaki işlemlerin sürekliliğini sürdürmek ve hizmet kalitesini arttırmak için kurumlarda biyomedikal birimlerinin hazır hale getirilmesi ve bu alanda faaliyet gösterecek personellerin istiham edilmesi gerekmektedir. Biyomedikal departmanları kurumlarda tanı ve tedavi amaçlı bulunan tıbbi teknolojilerin yönetim işlemini yapan birimlerdir. Değişen dünya koşulları, hastalıkların çeşitlenmesi biyomedikal teknolojilere ihtiyacı arttırmaktadır. Sağlık alanından gelen bu taleplere cevap verebilmek için biyomedikal birimlerinin kurulması elzem hale gelmiştir. Bu birimler kurulurken son teknolojilerden yararlanılmalıdır.

Türkiye’de hastanelerimizde biyomedikal bölümleri 2000’li yıllar sonrasında hızlı bir şekilde kurulmaya başlamıştır. Başlangıçta hasta yönetimlerinde bu alandaki eksiklikler değerlendirilmiş, bu alanda yapılması gerekenler planlanmıştır. Tıbbi sistemlerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılmasının cihaz yönetimi, hasta planlaması ve bürokratik işlemler açısından kolaylaştırıcı bir işlem olacağı görülmüştür.

### **Biyomedikal Teknolojiler Nedir?**

Sağlık alanında teşhis ve tedavi maksadıyla kullanılan tüm madde, malzeme, aparatlar biyomedikal teknoloji ürünleri içerisinde değerlendirilmektedir. Sağlık veya mühendislik alanında faaliyet gösteren üreticiler tarafından üretilen gerek mekanik gerekse elektronik olarak tasarımı yapılan, amaca uygun kullanımı için çeşitli yazılımları da kullanan tek başına ya da yalnız kullanılan ürünlerdir. Faaliyet konuları tasarım, üretim, araştırma geliştirme, bakım onarım, teknik işletme, arıza analizi, aplikasyon ve kalibrasyon işlemleridir. Sağlık kuruluşları bünyesinde bulunan biyomedikal teknolojilerin kuruma girdiği andan itibaren başlayan ve sonrasında karşılaşılabilecek tüm süreç biyoteknoloji faaliyetleri olarak değerlendirilmektedir.

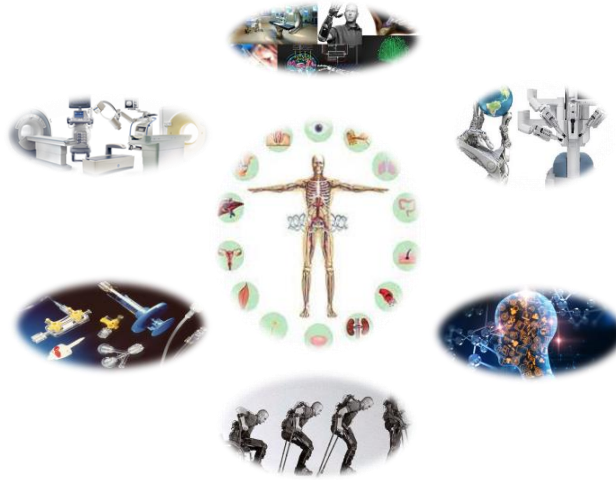
### **Biyomedikal Mühendisliği Nedir?**

Biyomedikal mühendisliği, mühendisliğin prensiplerinin, analitik yeteneklerin ve sorun çözme tekniklerinin biyoloji ve tıp bilimlerine uygulanmasıdır. Biyomedikal Mühendisleri sağlık alanında karşılaşılan sorunların giderilmesi için tedavi, tanı ve izleme gibi sağlıkta kullanılan teknolojiler konusunda genel olarak ilerlemeler sağlamayı amaçlayan, mühendislik biliminin tasarım ve sorun çözme yeteneklerini fen ve tıp bilimleriyle birleştirerek mühendislik ve tıp dünyası arasındaki açığı kapatmayı hedefler (5). Biyomedikal mühendisleri, tanı ve tedavi için kullanılan malzeme, cihaz ve sistemlerin tasarımı, üretimi, ar-ge, işletilmesi, aplikasyonu, kalibrasyonu ve bakımında çalışır.

Biyomedikal Mühendisliği farklı disiplinlerin bileşiminden oluşmuş bir mühendislik dalıdır. Özellikle “Mühendislik” kavramını vurgulamamız gerekiyor. Ülkemizde bu alanla ilgili eksik ve yanlış bilgiler mevcuttur. Bu alanımız öğrenciler tarafından fizyoterapi, tıbbi tanı ve pazarlama ve hemşirelik gibi meslek olarak algılanmaktadır. Biyomedikal mühendisliği

elektrik-elektronik, makine, yazılım, bilgisayar ve malzeme mühendisliği gibi alanlara benzer ve bunların kaynaşımından oluşmuş bir alandır.

Mühendislik ana temaları üretimi arttırmak, problemleri çözmek, verimliliği arttırmak ve teknolojileri iyileştirmektir. Bu amaçlar doğrultusunda doğa bilimleri, matematik ve bilimsel yöntemler kullanılmaktadır (6). Bilim insanları ve mucitler yeni teknolojiler ortaya çıkarırken, bu buluşları gerçek hayatta uygulayan mühendislerdir. Biyomedikal mühendislerini diğer mühendislik dallarında ayıran en önemli faktör doğrudan sağlık alanında kullanılan biyoteknolojilerle ilgilenilmesidir. Biyomedikal mühendisleri cihaz ve malzemelerin tasarım ve üretim aşamalarında; bilgisayar, yazılım, malzeme, makine gibi diğer mühendislik alanlarından uzmanlarla birlikte temel fen bilimleri alanlarındaki uzmanlardan destek alırlar. Bunlara ek olarak tasarlanan ve üretilen malzemelerin teknik olarak işletilmesi aşamasında; sağlık personelleri ile yakın çalışırlar. Biyomedikal Mühendisleri Biyomedikal Cihaz tanımlamalarında bulunan birçok ekipman ile ilgilenmektedirler.



Şekil 1. Biyomedikal Uygulama Alanları

### Biyomedikal Mühendisliğinin Tarihçesi

Tıp mühendisliğinin kökeni antik uygarlığa, yani filozof Alcaion, filozof Platon ve insan vücudu da dahil olmak üzere çevrelerindeki dünyayı 1200 yıllık organize bir bilimsel metodoloji yoluyla inceleyen Yunan Dr Galen'e, özellikle de Maimonides'in zamanına kadar fizyoloji çalışmalarına, fiziksel, deneysel ve analitik ilkeleri uyguladığı için tarihteki en büyük mühendis olarak adlandırılan Leonardo Da Vinciye kadar dayanır (7,8).

Tarih öncesi dönemlerde tıpta kullanılan aletler ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Mağaralarda bulunan çakmaktaşlarından yapılan bıçak ve kafatası şeklindeki cerrahi malzemeler, bazı ilkel tıbbi müdahalelerin yapılmış olabileceğini göstermektedir. Bu dönemlerde kesikler tendon ipliği ve kemik iğnesi kullanılarak dikilirken, yara dudaklarının arasına drenaj olarak ağaç kabukları yerleştirilirdi. Kırık tedavileri için tahta askılar ve çeşitli hayvan derilerinden alçılar kullanılmıştır. Eski Mısır'da bulunan MÖ 7. yüzyıla ait Edwin Smith Papirüsü'nde cerrahi aletlerin kullanıldığına ve kırıkların atellerle tedavi edildiğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Özellikle sivri uçlu aletlerin ısıtılarak koter olarak kullanıldığına dair bilgiler mevcuttur. Cerrahi alanında ileri durumda bulunan Hindistan'da forseps, spekülüm, makas, neşter, iğne, koter, şırınga, şırınga, testere ve kateter gibi çeşitli cerrahi alet kullanılmıştır. Batı'da ortaçağ boyunca kayda değer bir gelişme olmamıştır. İslam dünyasında 11. yüzyılda İbn-i Sina cerrahide kullanılmak üzere bazı cerrahi aletler öneren ilk kişidir (9).

On yedinci yüzyılda Batı'da Aydınlanma Çağı'nın başlamasıyla birlikte önemli gelişmeler başladı. Fahrenheit (168-1738) termometreyi, Leeuwenhoek (1632-1723) mikroskopu icat etti. Laënnec (1781-1826) stetoskopu, Simpson (1811-1870) ise anesteziyi icat etmiştir. Von Helmholtz (1821-1894) oftalmoskopu icat etti. Tıbbi görüntüleme teknolojisi, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen'in (1845-1923) X-ışını tüpünü icat etmesiyle başladı. X ışınlarının buluşu ile tıp alanında yeni bir dönem başladı. X ışınları ilk olarak kemik kırık ve anomalilerinin tespitinde yaygın olarak kullanıldı. 1930'lı yıllarda baryum ve radyoopak malzemelerin yaygın kullanılması tüm organların görüntülenmesini sağladı. 1903 yılında Hollanda'lı bilim insanı Willem Einthoven ilk elektrokardiyografi cihazını icat etti. 1927 yılında Philip Drinker ve Harvard Üniversitesi'ndeki meslektaşları ilk modern solunum cihazını geliştirdi. 1940 yılında ABD'den Austin Moore ilk metal kalça protezi ameliyatını gerçekleştirdi.

Bin dokuz yüzlü yıllarda tıbbi yöntemler teknolojiye daha bağımlı hale gelmiş, ileri cerrahi tekniklerin geliştirilmesi ve anjiyografi tekniklerinin kullanımı ile kalp ve damar cerrahisi alanında yeni bir dönem başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında tıbbi cihaz teknolojisi çok hızlı bir şekilde gelişmiş ve bu süreç sonrasındaki teknoloji gelişmelerinin temeli bu dönemlerde atılmıştır. 1945 yılında Hollanda'lı bilimci Willem Kolff ilk diyaliz makinesini geliştirmiş, İngiliz hekim Sir John Charnley 1950 yılında ilk yapay kalça kemiği değişimini gerçekleştirmiştir. 1950'lerde kullanılmaya başlanan transistörler sağlık alanında biyomedikal ekipmanları yaygınlaştırdı. 1951 yılında ABD'li elektrik mühendisi Miles Edward liderliğindeki bir grup bilim insanı ilk ticari kalp makinesini geliştirmiştir. ABD'li kardiyolog Paul Zoll 1952 yılında kalp dışına yerleştirilen ilk kalp pilini geliştirdi (10).

### **Tıbbi Cihaz Mühendisliğinin Gelişimi**

Mühendislik firmaları cihazlar geliştirebilir ve hasarlı olanların bakımını yapabilir. Mühendislik firmaları genel tıp ve teknik alanlarda çalışmaktadır. Bu doğrultuda medikal mühendisliğinin sorumlulukları; Cerrahi ve doku mühendisliği için bilgisayar programları ve teknikleri gibi yeni tıbbi prosedürlerin tasarlanması, test edilmesi ve uygulanmasıdır. Tıbbi cihazlar kurumlara ve hastanelere satılmadan önce tıbbi cihazların bakımı gibi bazı süreçlerin belirli koşulları karşılaması gerekir. Bu cihazların güvenli ve etkili olduklarının kanıtlanmış olması gerekmektedir. Biyoteknolojileri kullanan kullanıcılar hekim veya cihaz kullanıcısı ve kullanılan hasta zarar görmüyorsa güvenli kabul edilir. Bu nedenle ihtiyati tedbirler alınmalıdır. Son yıllarda makinalar kaynaklı kazaların artması makine onayları öncesi sıkı testlerin uygulanmasına sebep oldu. Bu testlerde sistemler istenen hedefe makul süreler içerisinde ulaşırlarsa etkili kabul edilmektedir. Tıp mühendisliği, mühendislik bilimlerini (mekanik, elektrik, elektronik ve bilgisayar) biyomedikal ve fizyolojik bilimlerle birleştiren, biyomedikal problemleri ele almak, analiz etmek ve çözmek için ileri mühendislik teorilerini ve tekniklerini uygulayan bir bilim dalıdır. Bu, ölçmek ve anlamak için uygun araçlar ve cihazlar tasarlayarak yapılır. "Mühendislik", adı ne olursa olsun, bu disiplin tek bir hedefe odaklanır, bu da hastalıkları teşhis ve hastaları tedavi etmek için kullanılan cihazların tasarımı ve bakımınıdır. Bu alanın mühendislik ve tıp alanları arasında bir bağlantı görevi gördüğü düşünülmektedir (5,11).

Tıp mühendisliği, tıbbi alanların çeşitliliği ve bu mühendislik alanının ilgilendiği fizyolojik sistemlerin (insan vücudu) büyüklüğü nedeniyle, en sofistike, gelişmiş ve en pahalı tekniklerin biridir (11-12). Birçok şirket ve üniversite bilimsel araştırmalara milyonlarca dolar yatırım yapıyor. Araştırmacılar tıbbi makineler ve yapay organlar geliştiriyor. Bilimsel

araştırma projelerinden üretilen makineler, ülkede yürürlükte olan yasa ve yönetmeliklere uygun olduklarından emin olmak için dikkatle kontrol edilmektedir. Makineler, güvenliklerinin onaylanabilmesi için birçok test ve analizden geçmek zorundadır. Amerika ve Almanya gibi bazı ülkeler diğer ülkelerde satılmak üzere makineler üretmektedir. Biyomalzemeler, tıbbi görüntüleme, tıbbi mekanik, nano biyoteknoloji, doku mühendisliği cihaz mühendisliğinin en önemli alanları arasında yer almaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi, hastalıkların artması ve çözüm gerektiren birçok tıbbi ve teknik sorunun varlığı, giderek daha karmaşık hale gelen biyolojik sorunlarla başa çıkmak, daha iyi sonuçlar elde etmek için önceki cihazların çalışmalarını geliştirmek ve doktorun görevini daha iyi bir şekilde yerine getirmesine yardımcı olacak yeni cihazlar icat edecek tıp mühendislerine olan talebin artmasına neden olmaktadır. Daha iyi ve daha hızlı, bir tıp mühendisine olan ihtiyaç her geçen gün artıyor (13,14).

### **Biyomedikal Mühendisliğinin Sağlayacağı Yararlar**

- Yerinde onarım ile onarım için geçen sürenin en aza düşürülmesi ve arızaya müdahale süresinin azalacağı öngörülmektedir.
- Cihazlar için uygulanacak olan çeşitli bakım prosedürleri ile arıza oranları düşmektedir.
- Kullanıcılara verilen eğitimlerle kullanım ve kullanım süreçli arızalar giderilmekte, düzenli bakımlarla hem zaman hem de maddi tasarruflar sağlanmaktadır.
- Biyomedikal birimlerinin yeni yönetim anlayışıyla kullanım ve arıza istatistiklerinin iyileşeceği öngörülmektedir.
- Çeşitli kalite prosedürleri ve risk değerlendirmeleri, cihazlarda ortaya çıkabilecek olası sorunların belirlenmesi, sistemlerin doğru ve verimli çalışması yönünden çeşitli yönergeler oluşmasını sağlamaktadır.
- Onarımı mümkün olmayan sistemlerle ilgili en doğru kararların verilmesi sağlanacak ve yeni cihazların alınması yönünde şeffaf kararlar verilmektedir.
- Cihaz ve sarf malzeme ön talep aşamasından, satın alma, kurulum aşamalarına kadar geçen süreçte birimler arası doğru ve etkili iletişim sağlanır.
- Sağlık kuruluşlarındaki tıbbi cihaz yönünden hizmet sürekliliği sağlanmaktadır.
- Sağlık kuruluşlarında mal ve hizmet alımı süreçlerinde şeffaflık sağlanarak, kalite, güvenlik ve maliyet incelemesi yapılarak en doğru kararlar verilmektedir (15).
- Biyoteknolojilerin kullanım süreçleri boyunca verimlilik-maliyet analizleri gerçekleştirilmesine katkı sunulur (16).

### **Hastanelerde Biyomedikal Birimlerinin Görev ve Sorumlulukları**

Teknoloji Yönetimi, Eğitim, Hastane Tesis Dizaynı ve Proje Yönetimi, Risk Yönetimi, Kalite Güvence ve Teknoloji Değerlendirmesi gibi alanlar hastanelerde biyomedikal birimlerinin görev ve sorumluluklarını oluşturmaktadır (17).

Hastanelerde kullanılan biyomedikal cihaz ve teknolojilerin daha doğru ve daha etkin olarak kullanımını, uzmanlık alanı biyomedikal mühendislerinin görev ve sorumluluklarını eksiksiz bir şekilde yerine getirdiklerinde mümkün olmaktadır (18).



Biyomedikal cihaz ve teknolojilerinin hastanelerde tedarik süreci Ar-Ge Çalışmaları, tıbbi cihaz alımından önceki hizmetler, tıbbi cihaz satın alımı esnasındaki hizmetler, tıbbi cihaz alımı sonrası hizmetler, kalibrasyon ve bakım-onarım aşamalarını içermektedir.

## SONUÇ

Biyomedikal Mühendisliği dünyada 40 yıl kadar geçmişi olan sağlık bilimleri, fen bilimleri ve tıp bilimlerinin bileşiminden oluşan disiplinler arası bir alandır. Bilim dalının teknolojik olarak ileri gitmesiyle birlikte teşhis ve tedavide hata payları azalmakta, tanı ve tedavi süreleri azalmakta, cihaz kullanım süreleri düşmekte, sistemlerin ve ilaçların hastaya olası yan etkileri minimize edilmekte, tanı ve tedavinin non-invazif yöntemlerle yapılma olasılığı artmakta, kan kaybı gibi istenmeyen durumların önüne geçilmektedir.

Dünya genelinde sağlık alanında daha ileriye gidebilmek için sağlık alanında faaliyet gösteren bilim insanları ile birlikte biyomedikal mühendislerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu alanlara doğru ve zamanında yatırımların yapılması gerekmektedir. İyi bir sanayi-akademi işbirliği ile biyomedikal teknolojilerinin sağlık alanına katkıları daha da artacağı düşünülmektedir.

**Finansman:** Herhangi bir finansal destek yoktur.

**Çıkar Çatışması:** Yazar(lar) çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKLAR

1. Galton F. Typical laws of heredity. Nature. 1877;15:492-553. <http://doi:10.1038/015512b0>
2. Layla Abd al Jaleel Mohsen, Atared Saad Jebur AL-Mashhadi, Rajaa Abdulameer Ghafil , Review on the Use of Mathematical and Computer Programs in Accounting for Engineering Systems, Journal of Analog and Digital Devices. 2021;1-5. <https://www.researchgate.net/publication/352330478>
3. Broemeling, Lyle D.(2011). An Account of Early Statistical Inference in Arab Cryptology. The American Statistician. 2011;65(4): 255-257. <http://doi:10.1198/tas.2011.10191>.
4. Kawther Mejbel Hussein., Review in Digital Data in Supporting of Information Technologies., Journal of Digital Integrated Circuits in Electrical Devices. 2021;6(1):23-29.
5. John D. Enderle and Joseph D. Bronzino . Introduction to Biomedical Engineering. 3 th. USA: Elsevier 2012
6. Kim, J. The Human Brain Project Between Politics, Science, and Engineering. *Engineering Studies*. 2023;1-25. <https://doi.org/10.1080/19378629.2023.2277197>
7. Yates, F. Sir Ronald Fisher and the design of experiments. Biometrics. 1964;20(2):307-321. <https://doi.org/10.2307/2528399>
8. Agresti, A, Hitchcock DB. Bayesian inference for categorical data analysis. Statistical Methods and Applications. 2005;14:297-330. <https://doi.org/10.1007/s10260-005-0121-y>
9. Numanoğlu, Rukiye. "Tıbbi Cihaz Sektörü Gelecek Yansımaları: Omurga Cerrahisi Cihazları Örneği." Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD 2020;5:3.
10. Wasden, Chris. "Medical technology innovation scorecard: the race for global leadership." Pricewaterhouse Coopers. 2011;49.
11. Rao Singiresu. Applied Numerical Methods of Engineers and Scientists. Upper Saddle River New Jersey: Prentice Hall. 2002;6(2):18-24.

12. Atkinson A, Donev A, Tobias R. Optimum experimental designs. 1 th. OUP Oxford. 2007
13. Stigler SM. Francis Galton's Account of the Invention of Correlation. *Statistical Science*. 1989;4 (2), 73-79.
14. Neyman J. On the two different aspects of the representative method: The method of stratified sampling and the method of purposive selection. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1934;97(4), 557- 625.
15. Oğlak S. Biyomedikal Mühendislik Hizmetlerinin Hastane İşletmelerinin Verimliliğine Katkısının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir. 1996.
16. Coşkun Ö, Çömlekçi S. Biyomedikal Mühendislik Hizmetlerinin Hastanelerdeki Rolü. *SduTeknik Bilimler Dergisi*. 2011;23:1.
17. Bronzino Joseph D. *Management of Medical Technology*. 1 th. Butterworth-Heinemann Inc. MA USA. 1992.
18. Galanopoulos K, Khan MA. A Local Area Network for the Biomedical Engineering Department. 14th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 1992;3,1128-1129. <http://doi:10.1109/IEMBS.1992.5761386>