



İDEAL MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ VE HİDROLİK – PNÖMATİK

Aytaç GÖREN
Özgün BAŞER

ÖZET

İlk kez 1970'li yıllarda telaffuz edilmeye, 1990'larda ise oldukça gözde olmaya başlayan mekatronik kavramı, İngilizce “mechanics” ile “electronics” kelimelerinin uygun bir şekilde birleştirilmesinden oluşmuştur. Mekatronik, makina, elektronik, yazılım ve kontrol sistemleri teknolojilerine dayanan yeni bir alandır. Yeni bir mühendislik alanı olması itibariyle, mekatronik mühendisliği eğitimi kapsamı da gün geçtikçe genişlemekte ve değişime uğramaktadır. Yeni bir araştırma ve mühendislik alanı ortaya çıkmasından hemen sonra yaşanan geçiş sürecinde verilmesi gereken eğitimlerin konu ve kapsamlarının seçilmesi gerek yeni bir alan olması gerekse de farklı coğrafi şartlarda farklı sorunlarla ilgilenilmesi ihtiyacından dolayı oldukça zordur. Bununla birlikte, her yerde bire bir aynı konu ve kapsamda eğitimin gerekliliği beklenmez.

Bu çalışmada, mekatronik araştırma ve eğitim alanının ortaya çıktığı gelişmiş ülkelerdeki üniversitelerdeki mekatronik mühendisliği eğitimlerinden yola çıkılarak, ideal mekatronik ve mekatronik mühendisliği eğitimlerinin ülkemizde nasıl olması ve nasıl olmaması gerektiği üzerinde durulmuş; hidrolik – pnömatik alanının bu eğitimler kapsamında geleceğinin ne olabileceği hakkında değerlendirmeler yapılmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

The word 'mechatronics' was firstly pronounced in 1970's. It was originated from the words 'mechanics' and 'electronics'. In 1990's, this research area began to be very popular. Mechatronics research area is a new research area which is based on machines, electronics, software and control system technologies. Since it is a new interdisciplinary engineering field, the contents of the field are expanding and progressing day by day. Both the lectures and the contents of the lectures in education of a new engineering area are hard to determine since the area is new and the local conditions for the new area are uncertain at the beginning. In addition to this, the education contents have to be flexible for different regions.

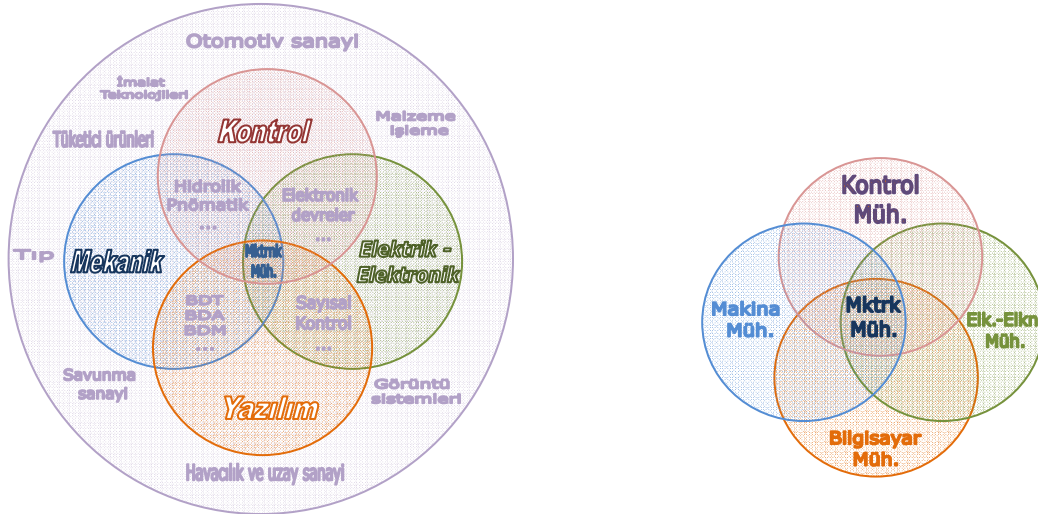
Setting out from the mechatronics engineering education in universities of some developed countries, in which the mechatronics term originated, ideal mechatronics engineering education for our country and the future of hydraulics-pneumatics in mechatronics engineering education are discussed in this study.

1. MEKATRONİK

Mekatronik, teknolojik ürün ve tasarımda makine, elektrik-elektronik ve bilgisayar mühendisliklerinin kaynaşmasını ifade eden disiplinlerarası bir mühendislik felsefesidir. Bu terim ilk olarak 1969 yılında Japonya'da Yoshikawa firması tarafından kullanılmış, kısa zamanda bütün dünyada çok önemli bir yer edinmiştir.

Mekatronik, hassas makine mühendisliğinin, elektronik kontrolün ve sistem düşüncesinin ürün ve proses tasarımında sinerjik kombinasyonudur [3]. Sistem entegrasyonu ve tasarımı, güç elektroniği, hareket ve güc kontrolü, otomotiv, üretim uygulamaları, otomasyon ve özellikle robotik uygulamaları, tekstil, mikro elemanlar, optoelektronik sistemler, hidrolik-pnömatik sistemler ve benzer sistemler mekatroniğin uygulama alanları arasında sayılabilir. Günümüzde mekatronik sistemlerin gelişimi biyomekatronik, tarımsal mekatronik, tüketici mekatroniği gibi çok değişik terimleri ortaya çıkarmıştır [4]. Başka bir tanımlamaya göre ise mekatronik; mikro elektroniğin, makine mühendisliğine uygulanması veya mekanik ve elektroniği, bilgi teknolojisi ile işlevsel olarak birleştirip özümsemesini sağlayan bir yaklaşımdır [5].

Yukarıdaki tanımlardan hareketle mekatronik; başta makina olmak üzere, elektrik-elektronik ve bilgisayar bilim dallarını, teknolojik talep ve sorunlara çözüm getirmek üzere, müşteri istekleri doğrultusunda, bir bütünlük içinde algılayan ve aynı potada eriten yeni bir interdisipliner mühendislik felsefesi olarak tanımlanabilir. Bu yeni mühendislik felsefesinde, çeşitli bilimlerin koalisyonu ve sinerjik kaynaştırılması söz konusudur. Mekatronik ile ilgili tanımlarda, mekatroniğin aslında bir kesişim mühendisliği olduğu ve büyük oranda robotikten oluştuğuna sıkça vurgu yapılmaktadır.



* BDT, BDA, BDM: Bilgisayar destekli tasarım, analiz ve mühendislik.

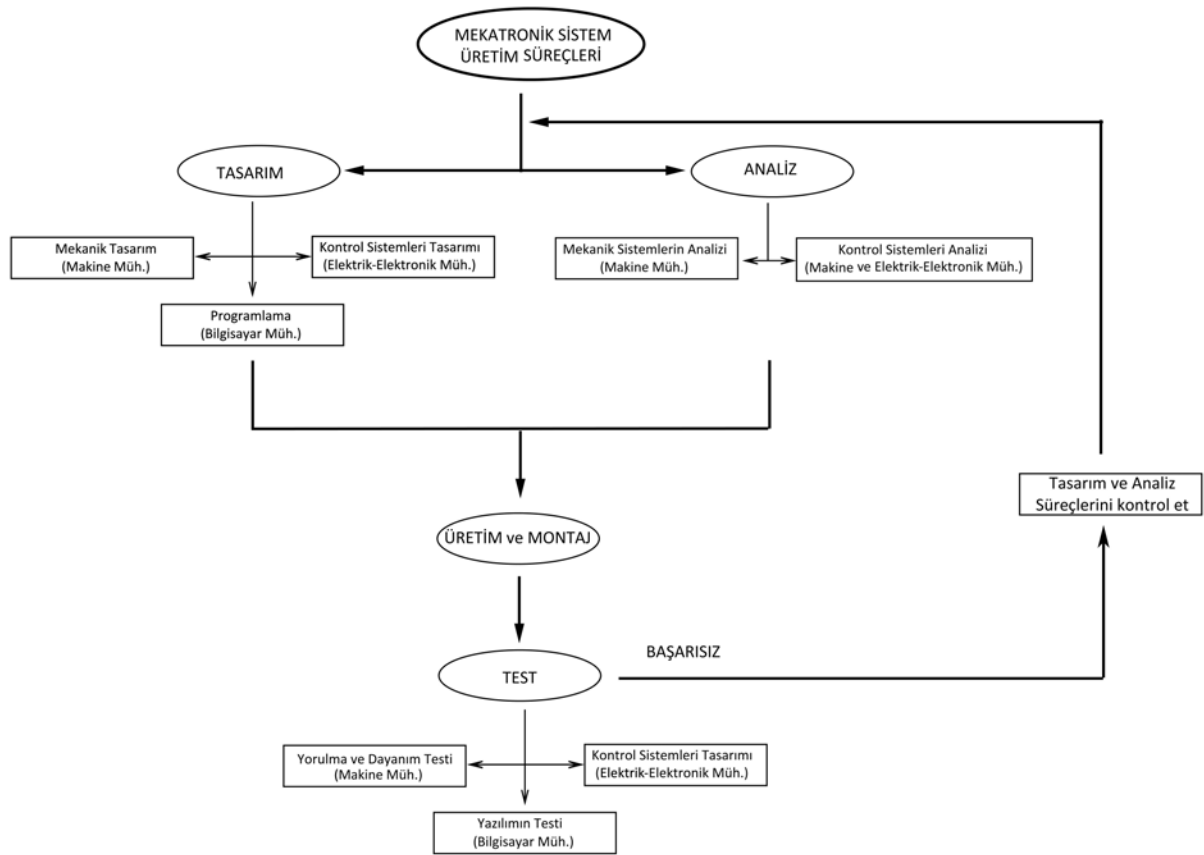
** Craig, mekatronik araştırma alanlarını anlatırken, 'tasarım boyunca sinerji ve entegrasyon' olarak ifade eder.

Şekil 1. Mekatronik mühendisliği araştırma alanları [16].

Mekatroniğin tarihçesine bakıldığında temellerinin otomasyona dayandığı görülmektedir. Otomasyon basitçe endüstride kullanılan insan gücünün yerini çeşitli mekanizmaların ve akıllı sistemlerin aldığı endüstriyel süreçler olarak tanımlanabilir. Her ne kadar tanımda akıllı sistemler kavramı yer alsada ilk organize otomasyon uygulamalarının sanayi devrimin sonrasında İngiltere'de 18. Yüzyılın ikinci yarısının sonlarında çeşitli mekanizmaların üretimde insan gücüne olan ihtiyacı azaltılması ile başladığı varsayılır [10]. Özellikle 1900'lü yıllarının hemen başında Henry Ford'un seri üretim

kavramını ortaya koyması, otomasyonun üretim teknolojileri arasında vazgeçilmez bir yere sahip olmasını sağlamıştır. Otomasyonun günümüzde anlaşılabilir tanıma kavuşması nümerik kontrollü takım tezgahlarının 1950'li yıllarda üretimde kullanılmaya başlanmasıyla olmuştur. 1960'lı yılların sonlarında yarı iletken malzeme teknolojisinde hızlanan gelişmeler ve mikroçip bilgisayarların ortaya çıkışı, bilgisayar destekli nümerik kontrollü takım tezgahlarının (CNC tezgahlarının) gelişimi ve nihayetinde endüstriyel robotların ve bu robotlar arasındaki koordinasyonu sağlayan bilgisayar ağlarının 1970'lerde ortaya çıkışı, mekatonik kavramının otomasyon teknolojilerinin ortasına oturmasına neden olmuştur. Günümüzde artık otomasyon denildiğinde akla ilk mekatronik sistemler gelmekte ve bu sistemleri kullanma becerisi olan uzman kişilere olan talep hızla artmaktadır.

Mekatronik mühendisliğinin araştırma alanları, otomotiv sanayiinden malzeme işleme sektörüne, imalat teknolojilerinden savunma sanayiine, görüntü sistemlerinden tıp, uzay ve havacılık sistemlerine kadar oldukça geniştir. Şekil 1'de bu alanlar ve mekatronik mühendisliğinin hangi mühendislik alanlarının ortak kümesi olduğu gösterilmiştir [16].



Şekil 2. Mekatronik Sistem üretim süreçleri

2. MEKATRONİK SİSTEMLERDE ANALİZ, TASARIM VE ÜRETİM

Bir mekatronik sistemin ortaya çıkarılması sürecinde, sistem tasarımı, analizi ve üretimi gibi aşamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Mekatronik felsefesinin temelinde bu gibi sistemleri üretebilen ve tüm bu aşamalarda farklı mühendislik alanlarının bilgilerini kullanabilen elemanlar yetiştirmek yatmaktadır. Aşamaların içerdiği konulara göre makina mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği ve bilgisayar mühendisliği bilgilerinin gerektiği yerlerde kullanılması ile ancak bu sistemlerin tasarımı yapılabilir. Şekil 2'de, bir mekatronik sistemin oluşturulması sürecindeki aşamalar ve bu aşamalarda hangi mühendislik dallarının bilgi birikimine ihtiyaç olduğu gösterilmektedir.



Şekil 2'de görüldüğü gibi Mekatronik sistemlerinin tasarım sürecinde mekanik sistemlerin tasarımı, kontrol sistemlerinin tasarımı ve program kodlarının yazılması alt kısımları bulunmaktadır. Sistem tasarımı yapıldıktan sonra mekanik sistemler için gerekli analizler katı modelleme programları ve elektrik-elektronik komponent analizi ise çeşitli devre analiz yazılımları ile yapılabilmektedir. Tüm bu tasarım ve analiz süreçleri bittikten sonra ilk prototip parçaların üretimi ve sistemin montajı yapılır. Prototip üretildikten sonra gerekli testler yapıp sistemin uygun çalıştığı görülürse, süreç tamamlanmış olmaktadır. Eğer üretilen prototip testlerde istenen şartları sağlamaz ise tasarım ve analiz süreçlerine geri dönüp gerekli geliştirmeler yapılmalıdır.

3. MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ

Mekatronik mühendisliği özel niteliklere sahip uygulamalar etrafında gelişmiş, gelişme süreci içinde uygulamaların çekiciliği ile yaygınlaşmıştır [14]. Başlangıçta, temelini oluşturan mühendislik dallarının birinde lisans eğitiminin devamında tamamlayıcı olarak yine mekatroniğin temelini oluşturan başka bir mühendislik alanında yüksek lisansla bu mühendislik alanının boşluğu giderilmeye çalışılsa da sonraları yavaş yavaş mekatronik mühendisliği lisans eğitimi veren üniversiteler artmaya başlamıştır.

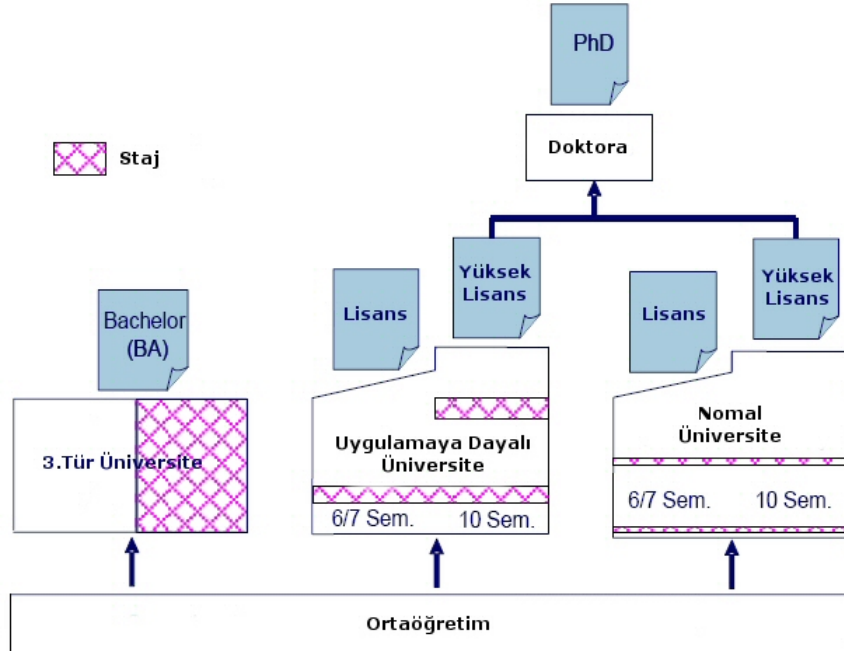
Gelişen teknoloji ve artan yaşam kalitesinin endüstriyel ürünlere en büyük etkilerinden birisi de genel tüketici profiline göre değil; idealde, her tüketici profiline ayrı üretilen üründür. Seri üretimde bunu başarabilmenin kritik bir noktasını tüketicinin isteklerinin üretim ve tasarım aşamasındaki kişi ya da kişiler tarafından bilinmesi ve uygun çözümün bulunması oluşturur. Bu aşamada, ürünün mekanik tasarımının, sistemin kontrolünün ve işlevselliğinin tüketici istekleriyle etkileşiminin sağlanması ile en uygun ürünün tasarlanıp üretilebilmesinin çözümü, bu özelliklerin hepsini gözönüne alarak tasarlayabilecek ve üretebilecek mühendis profilini bulabilmekten geçer. Mekatronik mühendisi eğitimini lisans düzeyinde verme ihtiyacının temeli de bu kayıdan kaynaklanmaktadır.

Lisans düzeyinde verilen mekatronik mühendisliği eğitiminin en önemli noktasını, Şekil 1'de gösterilen mühendislik alanlarının birleşiminden oluşan programda bolca ve farklı zorluk derecelerinde verilmesi gereken projeler oluşturmaktadır [8]. Böylece, projede uygulayarak gören öğrenci, uygulamalı öğretimin getirdiği daha kolay öğrenme avantajının yanında, doğru ve daha uygun çözümü bulma yetisi de kazanabilmektedir. Tablo 3'de gösterilen mekatronik eğitimi konuları, mekatronik mühendisliği eğitimine uyarlandığında, tabloda belirtilen konuların verileceği derslerin içeriğine tasarım, hesaplama ve temel mühendislik dersleri dahil edilmesinin yanında, tamamlayıcı olarak proje dersleri ve endüstride uygun stajlar da eklenir.

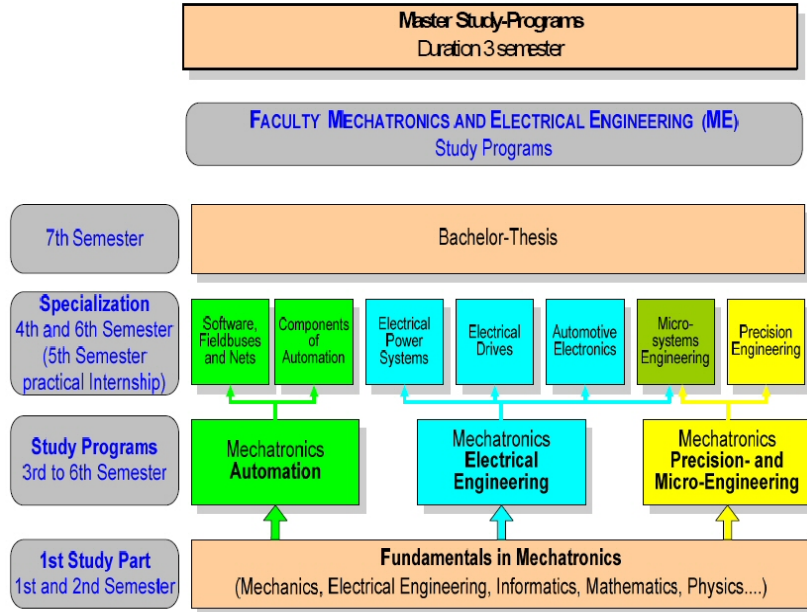
3.1. Örnek Bir Mekatronik Mühendisliği Eğitimi: HS - Esslingen (Almanya)

Endüstriden gelen yoğun talep üzerine 1995 yılında Almanya'nın ilk Mekatronik Enstitüsü Esslingen Üniversitesi'nde Göppingen'de kurulmuştur [13]. Alman eğitim sisteminin birçok ülkenin eğitim sisteminden farklıdır (bkz. Şekil 3). Bu farklılıklar gözönüne alındığında, yeni oluşmakta olan bir mühendislik alanının sisteme entegrasyonunun bazı avantaj ve dezavantajları olmaktadır. Endüstriye yakınlığı ile bilinen uygulamaya dayalı üniversitelerde (Fachhochschule), bu yakınlıktan dolayı gerek uygulama imkanları gerekse de staj ve proje üretebilme imkanları oldukça fazladır. Endüstriyel sorunların üniversite tarafından çözülebilmesinin güzel bir örneği, Steinbeis Vakfı'nın FHTE (Fachhochschule für Technik Esslingen)'de kullanılmasıdır. Sanayi destekleri, sorunlarının çözümünde ve uygulamalı eğitimin ihtiyaçlarının karşılanabilmesinde etkin bir biçimde kullanılabilmektedir.

FHTE, Mekatronik ve Elektrik Mühendisliği Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Würslin, mekatronik kavramının oldukça geniş olduğunu ve sadece mekatronik eğitimi adı altında verilecek bir eğitimin genel bir mühendis profili yetiştirmekten öteye gitmeyeceğini, endüstrinin ihtiyaçlarını karşılamaktan ise uzak kalacağını belirtiyor [13]. Bu nedenle, fakültedeki eğitim üç branşa bölünmüş durumdadır (bkz. Şekil 4). Bunlar, otomasyon, elektrik mühendisliği ile hassas üretim ve mikro mühendislik dallarıdır.



Şekil 3. Almanya'da yükseköğrenim sistemi.



Şekil 4. HS-Esslingen'de mekatronik alanında eğitim programı [13].

Burada gözardı edilmemesi gerekli bir nokta da 2007 istatistiklerine göre Türkiye'de 38 devlet üniversitesinde makina mühendisliği eğitimi verilmesidir [7]. Bu eğitimlerin büyük bir çoğunluğunda ise genel makina mühendisliği eğitimi verilmektedir. Gelişmiş ülkelerin büyük bir gücü olan endüstrinin ve teknolojinin isteklerine yönelik hızlı yenilenebilen esnek eğitim ya da bilim üretebilecek bireyler yetiştirebilecek ideal bir eğitim ise birçok nedenden dolayı maalesef mümkün olamamaktadır.



3.2. Örnek Bir Mekatronik Mühendisliği Eğitimi: University of Leeds (Birleşik Krallık)

Leeds Üniversitesi (Birleşik Krallık), multi disiplinler bir program olan (makina ve elektronik mühendisliklerine bağlı) mekatronik ve robotik programına yıllık en fazla 25 öğrenciyi 3 yıllık lisans veya 4 yıllık yüksek lisans için programa dahil etmektedir. Program 1991/1992 eğitim yılında açılmıştır. İlk açıldığında [11], ilk iki yılında yüksek lisans ya da lisans öğrencisi için aynı program geçerli ve yüksek lisans öğrencisi için dört yıllık eğitimin üçüncü yılı istenilen bir enstitüde yurtdışında devam edilebilmekteyken; 2008 yılı için Şekil 5. 'teki biçimde değişmiştir.

Bu programda gösterilen hidrolik ve pnömatikle ilgili direkt ders isimleri bulunmamasına karşın, hidrolik ve pnömatik konuları eyleyiciler ve algılayıcılar gibi kontrol uygulamalarını içeren derslerin içeriğinde bulunmaktadır (Şekil 5).

Module table: Mechatronics and Robotics	
Year 1 (BEng and MEng)	
Compulsory modules: <ul style="list-style-type: none">• Circuit Analysis & Design• Design & Manufacture 1• Solid Mechanics	<ul style="list-style-type: none">• Fundamentals of Electrical Engineering• Digital Electronics & Microcontrollers• Analytical Techniques
Year 2 (BEng and MEng)	
Compulsory modules: <ul style="list-style-type: none">• Power Generation & Electronic Conversion• Design Project• Embedded Systems & Control Engineering• Vibration & Control	<ul style="list-style-type: none">• Mechatronics & Robotics Systems• Design & Manufacture 2• Computers in Engineering Analysis
Year 3 (BEng and MEng)	
Compulsory modules: <ul style="list-style-type: none">• Individual Project• Design & Manufacture Systems	<ul style="list-style-type: none">• Robotics & Machine Intelligence• Professional Studies• Control Systems & Design
Optional modules: <ul style="list-style-type: none">• International Corporate Leadership 1• Electric Drive Systems• Embedded Systems	<ul style="list-style-type: none">• Biomedical Engineering• Vehicle Design & Analysis
Year 4 (MEng only)	
Compulsory modules: <ul style="list-style-type: none">• Group Design Project• Advanced Control Systems	<ul style="list-style-type: none">• Mechatronics & Robotics Applications
Optional modules: <ul style="list-style-type: none">• Power Electronics & Drive• Digital Design for System-on-Chip• Combustion in Engines	<ul style="list-style-type: none">• Automotive Driveline Engineering• International Corporate leadership 2• Automotive Chassis Engineering• Product Design & Entrepreneurship

Şekil 5. Leeds Üniversitesi, Mekatronik ve Robotik lisans ve yüksek lisans eğitim programı [12].
(BEng: Bach. of eng.; MEng: Mast.of eng.)

Bir önce verilen FHTE örneğiyle birlikte Leeds Üniversitesi örneği detaylı incelendiğinde göstermektedir ki; üniversiteler, coğrafyalarında bulunan sanayi doğrultusunda eğitimlerini çeşitlendirdiklerinde, hem uygulamalı eğitim için gerekli desteği kendi başlarında yaratabilmekte, mezunları çok daha kolay iş bulabilmekte, sanayi sorunlarına çözüm bulabilirken, yeni mezunlarca alınması gereken ya da sanayi tarafından ek olarak verilmesi gereken eğitime harcanan masraflara engel olunarak ülke ekonomisine büyük katkılar sağlanabilmektedir. Öte yandan, endüstrinin araştırma ve geliştirmeye üniversite üzerinden desteği ve AR-GE'ye daha fazla bütçe ayırması, bilgi birikiminin sağlanması, teknolojinin geliştirilebilmesi ve eğitim kalitesinin artışı olarak geri dönebilmektedir.



4. TÜRKİYE'DE MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ

Mekatronik, Türkiye gündemine 1993 yılında girmiş olmasına rağmen, bu konudaki gelişmeler oldukça yavaş bir seyir izlemiştir. Mekatroniğin akademik ve endüstriyel çevrelerde yaygınlık kazanması 2000'li yılların başında mümkün olabilmektedir. Türkiye'de bugün mekatronik, ön lisans, lisans ve lisansüstü düzeye kadar hemen her kademedeki eğitimi yapılan bir disiplin haline gelmiştir. Tablo 1'de Türkiye'de 2008-2009 öğretim yılında açılacak olan Mekatronik önlisans ve lisans programları verilmiştir [7].

Tablo 1. 2008-2009 öğretim yılı açılacak olan Mekatronik Programları

Üniversite Fakülte/Yüksek Okul	Program Adı	Öğretim Süresi	Kontenjan
ATILIM ÜNİVERSİTESİ (ANKARA) Mühendislik Fakültesi	Mekatronik Mühendisliği	4	68
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Mühendislik Fakültesi	Mekatronik Mühendisliği	4	60
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi	Mekatronik Mühendisliği	4	60
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi	Mekatronik Mühendisliği (ikinci öğr.)	4	60
SABANCI ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Mühendislik ve Doğa Bilimleri	Mekatronik Mühendisliği	4	40
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ (İSPARTA) Teknik Eğitim Fakültesi	Mekatronik Öğretmenliği	4	40
MARMARA ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Teknik Eğitim Fakültesi	Mekatronik Öğretmenliği	4	40
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	60
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	60
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ Edremit Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	30
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ Edremit Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	30
CELÂL BAYAR ÜNİVERSİTESİ (MANİSA) Soma Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ Çan Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ Çan Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	40
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ (İZMİR) İzmir Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	45
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ (İZMİR) İzmir Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	45
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ Gaziantep Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	30
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ (TOKAT) Turhal Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	35
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ (TOKAT) Zile Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ (TOKAT) Zile Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	40
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ Şebinkarahisar Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
KADIR HAS ÜNİVERSİTESİ (İSTANBUL) Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	50

**Tablo 1. (Devam) 2008-2009 öğretim yılı açılacak olan Mekatronik Programları**

Üniversite Fakülte/Yüksek Okul	Program Adı	Öğrenim Süresi	Kontenjan
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	50
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	50
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ Gebze Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	50
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ Gebze Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	50
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ (HATAY) İskenderun Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	30
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ (HATAY) İskenderun Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	30
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ (TEKİRDAĞ) Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ Adapazarı Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (uzaktan eğitim)	2	700
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ Adapazarı Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	30
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ (KONYA) Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ (KONYA) Konya Ereğli Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	40
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ (BURSA) Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	Mekatronik	2	30
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ (BURSA) Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	Mekatronik (ikinci öğr.)	2	30

* Bknz. Kaynakça [7]

Tablo 1’de görüldüğü gibi, lisans seviyesinde üçü vakıf üniversitesi olmak üzere toplam dört üniversite mekatronik mühendisliği eğitimi vermektedir. Ayrıca Marmara ve Süleyman Demirel Üniversiteleri mekatronik öğretmenliği alanında 4 yıllık eğitim programları ile dikkat çekmektedir. Bunlardan başka, dikkat çeken bir diğer husus ise Sakarya Üniversitesi’nin gerçekleştirdiği uzaktan Mekatronik eğitimi programıdır. Tüm tablo, mekatronik sistemleri alanında uzmanlaşan tekniker/teknisyen, eğitmen ve mühendislerin ülkemizde ihtiyaç duyulan vasıflarda eleman olduklarını göstermektedir. Özellikle mekatronik eğitiminin devam ettiği ön lisans okullarının, Türkiye’nin imalat sanayinin geliştiği bölgelerde bulunması, nitelikli bir mekatronik eğitimi için gerekli olan okul-sanayi işbirliğinin sağlanabilmesi bakımından memnun edici bir durumdur. Türkiye’de, önlisans düzeyde mekatronik eğitimi almış teknik işgücüne daha da fazla talep vardır. Çünkü, imalat endüstrisinin %99.6’sı Küçük ve Orta Büyüklükte İşletmelerden (KOBİ) oluşmakta ve imalat alanındaki toplam istihdamın %56.3’ünü de, bu işletmeler sağlamaktadır [9]. Bu işletmeler, Ar-Ge çalışmaları ve tasarım yapacak ekonomik güçten yoksun olduklarından, bunun yerine, hazır patent ve lisans almaya dayalı üretim yapmaktadırlar. Dolayısıyla, bu işletmelerde, tasarımcı mühendisten çok, uygulama ve üretim becerisi yüksek teknikere ihtiyaç duyulmaktadır. KOBİ’lerin mekatronik ön lisans düzeyinde eğitim almış tekniker ihtiyacının karşılanması için, ön lisans mekatronik programlarının yaygınlaştırılması büyük önem taşır [2].

Lisans düzeyinde mekatronikle ilgili derslerin ve laboratuvarların bulunduğu diğer üniversiteler Dokuz Eylül Üniversitesi, Boğaziçi Üniversitesi, ODTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yeditepe Üniversitesi ve Bahçeşehir Üniversitesi olarak sıralanabilir. Bu üniversitelerde, lisans düzeyinde bağımsız mekatronik mühendisliği bölümleri henüz açılmamış olmasına rağmen, lisans düzeyinde yandal olarak ya da seçmeli ders olarak mekatronikle ilgili dersler verilmekte ve laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır.

**Tablo 2.** Mekatronik eğitimi temel konuları

Kocaeli Mekatronik Müh. Eğitim Programı	
1.DÖNEM ----- Matematik I Fizik I Malzeme Bilimi I Bilgisayar Programlama I Elektrik-Elektronik I	6.DÖNEM ----- İş Hayatı İçin Yabancı Dil (İng) İş Hayatı İçin Yabancı Dil (Alm) Uygulamalı Bilgisayar Programı Sistem Analizi Mikroişlemciler Proses Kontrol II İşletme Organizasyonu
2.DÖNEM ----- Matematik II Fizik II Bilgisayar Destekli Çizim Bilgisayar Programlama II Malzeme Bilimi II Elektrik-Elektronik II	7.DÖNEM ----- Türk Dili-I Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi-I Sunumlu Proje Teknik Seçmeli I Gerçek Zamanda Kontrol Sayısal Elektronik Sayısal İşaret İşleme Teknik Seçmeli II Mekanik Titreşimler Isıl Sistemlerin Tasarımı Teknik Seçmeli III Bilgisayar Destekli İmalat Endüstriyel Otomasyon Haberleşmesi Güç Elektroniği ile Elektriksel Tahrik Sosyal Seçmeli I Web Tasarımı Endüstri Tarihi
3.DÖNEM ----- Yabancı Dilde Okuma Konuşma (İng) Yabancı Dilde Okuma Konuşma (Alm) Mekatronik Temel Prensipleri Mekatronik Yapı Elemanları Termodinamik Teknik Mekanik Elektrik-Elektronik III İstatistik (Sınırlı Seçimli) Uygulamalı Mühendislik Matematiği (Sınırlı Seçimli)	8.DÖNEM ----- Türk Dili-II Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi-II Bitirme Çalışması Teknik Seçmeli Ders IV Bulanık Mantık Doğrusal Olmayan Sistemlerin Kontrolü Teknik Seçmeli V Robot Sistem Uygulamaları Otomotiv Mekatroniği Teknik Seçmeli VI Sonlu Elemanlar Yöntemi Görüntü (İmge)İşleme Mekatronikte Kullanılan Özel Elektrik Makinaları Sosyal Seçmeli II Bilim Tarihi Teknoloji Yönetimi
4.DÖNEM ----- Mesleki Yabancı Dil I (İng) Mesleki Yabancı Dil I (Alm) Mekatronik Dizayn Sensor Tekniği Elektrik-Elektronik IV Akışkanlar Mekaniği Tahrik Sistemleri	
5.DÖNEM ----- Mesleki Yabancı Dil II (İng) Mesleki Yabancı Dil II (Alm) Otomasyon Proses Kontrol I İmalat Yöntemleri	

* Bknz. Kaynakça [15]

Yüksek lisans programlarına baktığımızda, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Atılım Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi başta olmak üzere birçok üniversite artık mekatronik mühendisliği alanında eğitim vermekte, doktora programları da gün geçtikçe çoğalmaktadır. Lisansüstü programlarının artması, yeni teknolojilerin geliştirilip mekatronik ürünlere dönüştürme yeteneğine sahip insanların ülkemizde yetişmesine önem verildiğini göstermesi açısından sevindiricidir.

Genel olarak Mekatronik eğitime bakıldığında ders gruplarının üç ana bölümde toplandığını görülmektedir. Bu bölümlerin birincisi olan temel dersler, özellikle temel fen bilimleri konularını ve temel matematik alanlarını içermektedir. İkinci ana bölümde yer alan dersler makine mühendisliği disiplini ile ilgili olan derslerdir. Bu dersler, genelde mekanizma tasarımı ve analizi, malzeme seçimi ve malzeme dayanımı gibi konuları ele almaktadır. Elektronik-elektronik, kontrol ve bilgisayar

derslerinden oluşan üçüncü bölüm mekatronik sistemlerin kontrolü ve kumandasını sağlayan donanımları ve yazılımların eğitim ve öğretiminin verildiği kısımdır (Bknz. Tablo 2 ve Tablo 3).

Mekatronik eğitiminde bu üç ana başlığı içeren konular arasında ilişkilerin iyi kurulması, eğitimin kalitesini yükseltmekte ve mekatronik tanımındaki sinerjinin eğitim alanına aktarılması sağlanabilmektedir.

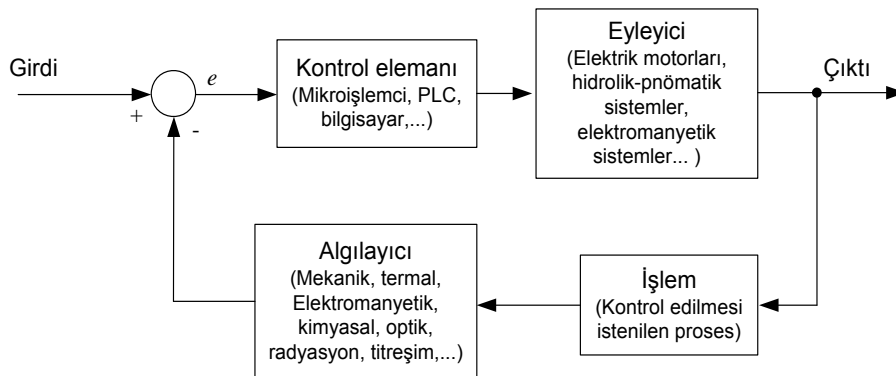
Tablo 3. Mekatronik mühendisliği programında açılan örnek dersler

Mekatronik (Temel Dersler)	Mekatronik (Elektrik-Elektronik, Kontrol ve Bilgisayar Dersleri)	Mekatronik (Makina ve Bilgisayarlı Tasarım Dersleri)
<ul style="list-style-type: none">- Teknolojinin Bilimsel İlkeleri- Matematik- Bilgisayar- Temel Fen Bilimleri- Genel ve Teknik İletişim- Zorunlu Dersler- Seçmeli Dersler	<ul style="list-style-type: none">- Temel Elektrik Elektronik- Elektrik-Elektronik Ölçme- Analog-Digital Devre Analizi- Mikroişlemciler- Programlanabilir Mantık Denetleyiciler- Otomasyon- Algılayıcılar ve Eyleyiciler- Otomasyonda Ölçme Teknikleri- Süreç (Proses) Kontrolü- Seçmeli Dersler	<ul style="list-style-type: none">- İmalat İşlemleri- Malzeme- Bilgisayarlı Tasarım ve Üretim- Akışkanlar Mekaniği- Termodinamik ve Isı- Bilgisayarlı Bütünleşik Üretim- Mekatronik Sistem Tasarımı- Robot Teknolojileri- Seçmeli Dersler

* Bknz. Kaynakça [1]

5. MEKATRONİK EĞİTİMİNDE HİDROLİK-PNÖMATİK

Kapalı devre bir kontrol sistemi ele alındığında, temel dört bölümden oluşmaktadır (Şekil 6). Bunlar, biliş (kontrol elemanı), eyleyici (aktüvatör), algılayıcı (sensör) ve işlemdir (proses). Kontrol elemanı, sistemden aldığı geribesleme ile sistemin hatasını düzelten kısımdır. Uygulamada genellikle, mikrodenetleyici/mikroişlemci, PLC ya da bilgisayar kullanılır. Algılayıcılar birçok farklı çeşitten oluşmaktadır. Kontrol edilmek istenilen sistemin kontrol parametrelerine göre kullanılırlar. Sisteme, hatayı gidermek için etki eden kısım ise eyleyicilerdir. Aktüvatörler (eyleyiciler), güç iletimi açısından üç grupta; elektrik, hidrolik ve pnömatik olarak incelenebilir [18, 20]. Pnömatik ve hidrolik, en çok bu kısımda kullanılır ve belirli özellikleri ile ön plana çıkar. Endüstriyel otomasyonda, pnömatik hız ve maliyet açısından üstünken, hidrolik ise güç ve hassasiyette üstündür [21,22]. Hidroliğin özellikle, yüksek güç/boyut oranı, hızlı tepki süresi ve yüksek tork değeri oldukça bilinen özellikleridir. Bu avantajlarıyla, iş makinalarında, asansörlerde, otomotivde, iletimde, liftlerde, krenlerde, enjeksiyon makinalarında ve eğlence parklarında bolca kullanılırlar. Pnömatik ise temiz, bakımı kolay ve hızlı bir teknolojidir. Seri üretimde, bu üstünlükleri nedeniyle, çokça karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 6. Temel kapalı devre kontrol blok diyagramı



Pnömatik ve hidroliğin, mekatronik mühendisliği eğitiminde de makina mühendisliği eğitiminde olduğu gibi, önemli bir yer teşkil etmesi gerekmektedir. Eğitim programlarında direkt olarak pnömatik-hidrolik dersleri bulunması, birçok dersin içeriğinde de olması gereklidir. Bu derslerden birkaçı: Otomasyon, eyleyiciler (aktüvatörler), araştırma ve uygulama projeleri, sistem modelleme ve kontrol ile ilgili dersler, robotik olarak sıralanabilir. Gelişmiş ülkelerdeki konuyla ilgili programlar incelendiğinde benzer sonuçlar görülmektedir.

SONUÇ

Endüstriyel otomasyonda pnömatik ve hidrolik sistemlerin diğer çözümlere göre üstünlükleri düşünüldüğünde, mekatronik mühendisliği eğitim konularının önemli bir kısmını hava ya da sıvı akışkanla çalışan sistemlerin oluşturması gerekliliği basitçe görülebilir. Pnömatik ve hidrolik eğitimi, mekatronik mühendisliği eğitim programı içerisinde özellikle laboratuvar derslerinde, uygulama derslerinde ve eyleyicilerle ilgili derslerde verilmesi gereklidir [11, 13, 17,18,19]. Kontrol, otomasyon, robotik gibi derslerin anlaşılmasını kolaylaştırması ve her öğrencinin uygulamalarda aktif rol alabilmesini sağlayabilecek uygun maliyetli bir çözüm olması itibarıyla, mekatronik mühendisliği eğitiminde pnömatik en uygun çözüm olarak görülmektedir.

Multi disiplinler veya konusu çok geniş olan bir mühendislik eğitim programında , programı oluşturan mühendislik alanlarının tüm derslerinin dört yılda verilemeyeceği düşünüldüğünde, en büyük kaygı fazla öğrenci sayısı ve aşırı hafifletilmiş ya da genel mühendis yetiştirmeye yönelik eğitim programıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Gürbüz R., "MYO'nda Mekatronik Eğitimi", Türkiye'de Mekatronik Eğitimi, ITHET'2004, İstanbul, 2004.
- [2] TMMOB Makine Mühendisliği Odası İzmir Şubesi Mekatronik Uzmanlık Komisyonu Raporu, 2008.
- [3] Bradley, Dawson et. Al., "Mechatronics, Electronics in Products and Processes", Chapman and Hall Verlag, London 1991.
- [4] Fukuda T. & Hasegawa Y., "Mechatronics, today and tomorrow", Mechatronics 2004 9th Mechatronics Forum International Conference, August 2004.
- [5] Çeltekligil U., "Elektrik mühendisliği lisans öğretiminde branşlaşma - endüstriyel otomasyon" http://egitim.emo.org.tr/bildiriler/bildiri_49.doc, 2003
- [6] Erden A., "Mekatronik üzerine bir söyleşi", TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, EMO Dergisi, Sayı: 419, Yıl: 2003.
- [7] ÖSYM internet sitesi, www.osym.gov.tr
- [8] Murray, W.R. & Garbini, J.L., "Mechatronics capstone projects at the University of Washington", Proceedings of the 1999 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, s. 598-604, Atlanta, ABD, 1999.
- [9] Savaşır, R. "Türkiye ve AB ülkelerinde küçük ve orta boyutlu işletmeler açısından istihdam politikaları". Ankara: Kamu-İş Yayını,1999.
- [10] Joneja, A., "Introduction to computing in industrial applications", lecture notes, Hong Kong University of Science and Technology, Department of Industrial Engineering and Logistics Management.
- [11] Gill, K.F. & Corda, J., "Mechatronics programme of study at the University of Leeds"
- [12] Leeds Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği 2008/2009 eğitim yılı lisans düzeyi tanıtım broşürü. http://www.engineering.leeds.ac.uk/ug/images/UG%20brochure%20PDF's%20for%20web/2009/EIectronic_Electrical_Engineering_09.pdf.
- [13] Würslin, R., "Mechatronics, research and technology transfer at Esslingen University of Applied Sciences", IFAC-DECOM-TT'07, s. 329-334, Çeşme, 2007.



- [14] Erden, A., “*Mekatronik mühendisliği eğitimi*”, Mekatronik Mühendisliği Kavramlar ve Uygulamalar, s.122, MMO Yayın No: 2007/422, 2007.
- [15] Kocaeli Üniv. Mekatronik Müh. Böl. internet sayfası, http://mf.kou.edu.tr/dept.asp?b_kodu=23.
- [16] Craig, K., “*Is anything really new in mechatronics education?*”, IEEE Robotics and Automation Magazine, s. 12-19, Haziran 2001.
- [17] Ibrahim, M.Y., “*Development of a mechatronics course at Monash University, Australia*”, IEEE ICIT '02, s. 1327-1332, Bangkok.
- [18] Erden A., Ünlüsoy Y. S., “*Hidrolik ve pnömatik sistemler ve mekatronik*”, Endüstri ve Otomasyon, Sayı 57, s. 26-30, 2001.
- [19] Amerongen, J. & Jongkind, W., “*Mechatronics in the Netherlands*”, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 1, no. 2, s. 106-110, 1996.
- [20] Dülger L. C., “*Mekatronik yeni mühendislik felsefesini*”, Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı 510, 2002.
- [21] Kartal, F., “*Endüstriyel Hidrolik*”, Modül Ders Araçları ve Özel Eğitim Hizmetleri, İzmir, 2007.
- [22] Gören A., “*Endüstriyel otomasyon sunumu*”, www.deu.edu.tr/mechatronics/files/Endoto.pps MMO-İzmir Şubesi, öğrenci komisyonu bilgilendirme toplantıları, 2005.

ÖZGEÇMİŞLER

Aytaç GÖREN

Dokuz Eylül Üni. Makina Mühendisliği'nde Konstrüksiyon ve İmalat opsiyonunu 1999 yılında tamamladı. Yüksek Lisans çalışmasını 2001 yılında Dokuz Eylül Ün. Makina Müh. - Makina Teorisi ve Dinamiği ABD' da tamamladı. Yüksek lisansta bir dönem davetli araştırmacı olarak FH-Rosenheim'da (Almanya) bulundu. 2007 yılında 'Yapay Sinir Ağlarıyla Non-holonmik Araçların Kontrolü' üzerine doktora çalışmasını tamamladı. Doktora çalışması esnasında, nanoteknoloji konusunda araştırmalarda bulunmak üzere bir dönem Viyana Teknik Üniversitesi'nde (Avusturya) bulundu. NH araçların dinamiği ve kontrolü, robot teknolojileri, klasik kontrol teknikleri, mekatronik, yapay sinir ağları, görüntü işleme, hidrolik-pnömatik sistemler ve endüstriyel otomasyon üzerinde çalışmalarına halen DEÜ, Makina Müh. Böl. , Otomatik Kontrol Laboratuvarı'nda devam etmektedir. 2005 yılından günümüze Solaris (DEÜ Güneş Enerjisi ile Çalışan Araç) projelerinin yürütücülüğünü ve danışmanlığını yapmaktadır. Güneş enerjisi ile çalışan araçlar, modern kontrol teknikleri, mobil robotlar ve yapay sinir ağları üzerine yayınları bulunmaktadır. MMO-İzmir Şubesi, Mekatronik Uzmanlık Komisyonu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Uzmanlık Komisyonu üyesidir.

Özgün BAŞER

1996 yılında Bornova Anadolulisesi'nde lise öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği'nde lisans eğitimine başladı. Bu bölümü 2000 yılında tamamladıktan sonra yüksek lisans çalışması yapmak üzere Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Teorisi ve Dinamiği Programı'na girdi ve buradan 2003 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans çalışmasını iki ayaklı yürüme üzerine yaptı. Bu konuda çalışmalarına devam etmek üzere 2003 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi'nde doktora programına başladı ve halen doktora eğitimini sürdürmektedir. İlk olarak 2005 yılında Tübitak tarafından düzenlenen Formula G güneş arabaları yarışına katılmak üzere kurulan Solaris ekibinde 2005-2006 yıllarında aktif olarak çalışan Özgün Başer'in çalışma konuları arasında iki ayaklı yürüme dinamiği, robot teknolojileri, mekatronik, klasik kontrol teknikleri ve güneş enerjisi ile çalışan araçlar bulunmaktadır.