Mekatronikte Proje Tabanlı Animatronik Uygulamaları

Taner AKKAN
Yrd. Doç. Dr.Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
taner.akkan@deu.edu.tr

L. Özlem AKKAN
Öğr. Gör. Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
ozlem.karaca@deu.edu.tr

Hakan Çelik
Öğr. Gör. Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
hakan.celik@deu.edu.tr

Özet

Disiplinler arası Mekatronik mühendislik dalı çoğu teknolojik ürünün tasarımı ve üretiminde her geçen yıl büyüyen bir öneme sahiptir. Mekatroniği oluşturan Elektronik, Mekanik ve Yazılım temel bilim dallarına Malzeme ve Kontrol Mühendisliği gibi diğer farklı disiplinler de katkı vermektedirler. En çok bilinen uygulama alanlarından biri Robotik alanıdır. Özellikle tıp uygulamaları ve eğlence sektöründe canlıların benzetimi için kullanılan robotik yapılarla ilgili çalışmalar Animatronik diye isimlendirilmektedir ve Mekatroniğin dikkat çeken uygulama alanlarından biri olmuştur.
Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Mekatronik programında uygulanmakta olan proje tabanlı eğitimde öğrenciler projelerini takım çalışması ile yapmaktadırlar. Böylece öğrenciler başlangıcından tamamlanmasına kadar olan bir proje sürecinde teorik bilgilerini uygulayarak geliştirmektedirler. Mekatroniğin ilgilendiği tüm uygulama alanlarına ait projeler üretmek sadece projeyi yapan öğrenciler için değil diğer projelerle uğraşan öğrenciler için de yeni ufuklar açmaktadır. Animatronik, algılayıcı ve aktüatör teknolojilerini bir arada canlı anatomisine benzer olarak kullandığından ilginç proje seçim konularından biri olmaktadır. Bu çalışmada Animatronik dalı tanıtılmakta ve gerçekleştirilmiş olan çeşitli proje tabanlı uygulamalarından bahsedilmektedir. Bu uygulamalara ek olarak gelecekte yapılabilecek bazı proje fikirleri de tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mekatronik, Animatronik, Proje tabanlı eğitim, Robotik

Project Based Animatronic Applications in Mechatronics

Abstract

Interdisciplinary Mechatronics engineering field has a growing importance every year in design and manufacturing of many technological products. Different disciplines like Material and Control Engineering contributes primary disciplines Electronics, Mechanical and Software engineering that form Mechatronics. One of the most known application areas is robotic field. Especially, the studies of the robotic structures used for simulation of living in medical applications and entertainment sector are called Animatronic and become attractive application field of Mechatronics.
Students realize their projects with a team work in the project based education applied in Dokuz Eylul University Izmir Vocational School Mechatronics Program. Therefore, they improve their theoretical knowledge with applying them in a project process from the beginning to the end. Producing projects on all application areas that Mechatronics related opens up new horizons for not only the students involved in a project also the students in the other projects. Animatronics uses the sensor and actuator technologies together similar to anatomy of living and that makes it interesting project selection topic. In this study, Animatronic field is introduced and some realized project based applications are explained. Later, in addition to these applications, some future project ideas are discussed.

Keywords: Mechatronics, Animatronics, Project-based learning, Robotics.

GİRİŞ

Mekatronik mühendislik alanının (Auslander, 1996:1) tanımlandığı 1969 yılını takip eden yıllardan itibaren bilgisayarlı sistemler ve bilgisayarlı otomasyon hızlı bir ivmelenme kazanmıştır. Mekanik sistemlerin elektronik ve yazılım ile desteklenmesi sonucu Mekatronik çok disiplinli bilimi özellikle akıllı sistemlerin üretiminde vazgeçilmez bir tasarım ortamı oluşturmuştur. Mekatronik sistem kullanımının büyük ölçekli artışı bunların tasarlanması, üretimi, bakımı ve kullanımı için teknik elemanların eğitimi gerekliliğini de ortaya çıkarmıştır (Grimheden, 2006:63). Ülkemizde 2000'li yılların başında başlayan Mekatronik eğitimi gerek lisans gerek ön lisans alanında hızla gelişmektedir (Celik ve Akkan, 2010:732). Özellikle Meslek Yüksekokullarında Mekatronik programları yaygınlaşmaktadır (Çelik ve Akkan, 2011:21).

Mekatronik eğitiminin özellikle ön lisans düzeyinde iki sene gibi kısa bir süre içinde hem teorik hem de uygulamalı verilmesi çok zor bir problemdir. Özellikle, teorik bilgilerin, öğretim elemanlarının yönetiminde öğrencilerin ekip çalışması yaparak bir veya iki dönemlik bir proje sürecinde uygulamaya dönüştürülmesi buna uygun bir çözümdür. Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programında 2008-2009 öğretim yılından beri uygulanan Proje Tabanlı Eğitim proje sunum, proje sergileri ve bu projelerden üretilen akademik bildiriler ile verimli sonuçlar üretmiştir. Proje sürecinin yararlarını anlamak üzere proje süreci tamamlandıktan sonra projeleri gerçekleştiren öğrencilerden alınan görüşler değerlendirildiğinde uygulanmakta olan proje süreci kazanımları daha iyi anlaşılmaktadır (Akkan v.d., 2015:1245).

Animatronik, robotik sistemlerin, insan ve hayvanları taklit etmek ve yaşamsal davranışları canlı veya cansız nesnelere kazandırmak amacıyla kullanımını sağlayan bir Mekatronik alt disiplinidir (Wikipedia, 2016a). Günümüz teknolojisinde aslında robotiğin tüm unsurlarını kullanan animatronik robotik ile karıştırılabilir. Ama Animatronik özellikle canlı hareketlerini taklit edip gerçeğine yakın davranışlar sergileyerek canlıymış gibi bir yanılsama yaratması yüzünden böyle bir kaygı olmadan yapılan robotik sistemlerden ayrılmaktadır. Geçmişte genelde mekanik bilimi ile yapılan animatronik sistemler, elektronik ve yazılımın çok geliştiği günümüzde Mekatronik Tasarım Felsefesi ile gerçekleştirilmektedir. Böylece robotik sistemlere çok benzeyen bu yapılar bazen canlı taklidi yapması nedeniyle Animatronik Robotik Sistemler diye de isimlendirilmektedir.

Animatronik, özellikle film endüstrisinde cansız nesnelerin ve canlıların taklidinde kullanılan özel efektlerin elde edilmesi için çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Burada soyu tükenmiş canlı yaşamlarını da canlandırmak ve gösterebilmekte büyük fayda sağlanmaktadır (Burns ve Samanta, 2015:1). Animatronik cansız Robotik ve Mekatronik sistemlerin el kuklacılığı, kablolu kumanda gibi daha insan ve yetenek yoğun platformdan, uzaktan bilgisayarlı ve radyolu kontrol gibi daha modern ve akıllı platforma taşınması ile daha hızlı bir gelişme kaydetmiştir (Sirinterlikci ve Mativo, 2005:196). Böylece, akıllı kontrol yardımıyla kendi karar verebilen ve otomatik çalışan taklit sistemlerini yapmak olanaklı hale gelmiştir.

Animatronik için, çok disiplinli Mekatronik Mühendisliği temel alanlarını içermek yeterli değildir. Ayrıca anatomi, robotik, fizik, kimya, malzeme, kontrol, estetik, akustik, optik ve endüstriyel tasarım gibi başka alanları da kapsamak gerekmektedir. Bu çok disiplinli olma durumu Animatronik alanını çok zorlu bir uygulama alanına dönüştürmektedir. Ama aynı zamanda bu zorluk proje tabanlı eğitim için geniş bir öğrenme platformu sağlayan uygun proje bir konusu yapmaktadır. Bu geniş öğrenme platformu diğer birçok alandaki teknik elemanlar, mühendisler, sanatçılar ve tıp doktorları gibi geniş ölçekli uzman katkısını da gerektirmektedir.

Bu çalışmada öncelikle kısaca Animatronik tarihsel gelişiminde belli başlı önemli sistemlerden örnekler verilecek, daha sonra Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programı'nda Proje Tabanlı Eğitim kapsamında gerçekleştirilen el ve kafa animatronik projelerinden kısaca bahsedilecektir.

ANİMATRONİĞİN TARİHSEL GELİŞİMİNDEN ÖRNEKLER

Otomat veya animatron olarak tanımlanan mekanik tabanlı gerek insan operatörlüğünde çalışan gerekse otomatik bir takım hareketleri sürekli tekrarlayan sistemler aslında animatroniğin daha gelişmiş türdeki örneklerinin başlangıcı sayılabilirler (Wikipedia, 2016b). Bunlar robotiğin tarihsel gelişiminde gösterilen örnekler olmasına karşın özellikle bazıları insan ve hayvanları taklit ettiğinden

aynı zamanda animatroniğin de tarihini oluşturmaktadır. Elektronik ve bilgisayar kontrollü olmayan mekanik tabanlı bu sistemler, bugünkü gelişmiş teknolojik robotik ve animatronik sistemler yardımıyla ileride belki de gerçeklerinden ayırmakta zorlanacağımız taklitlere dönüşeceklerdir.
İlk çağ ve ortaçağdaki öncül animatronik sistemlerden bu çalışmada bahsedilmeyecektir.1500'lü yıllarda Leonardo Da Vinci tasarımı ve ilk insansı robotik yapılardan Mekanik Şövalye robotu (Gates, 2007:62) ve animatronik Aslan otomatı (Bedini,1964:24) ilk modern çağ örneklerdendir. Mekanik şövalyenin üç serbestlik dereceli bacak bölümü ve 4 serbestlik dereceli gövdesi vardır. Gövde içine konumlanmış mekanik sistem gövdeyi hareket ettirirken, bacak bölümü dışarıdan bir mil ile kontrol edilmektedir. Robot ayakta durabilmekte, oturabilmekte, kollarını hareket ettirebilmektedir. 1769 yılında Wolfgang Von Kempelen tarafından yapılan Türk isimli satranç oynayan makine içinde gizli bir insan operatör tarafından kumanda ediliyor bile olsa kumandalı bir animatron ya da animatronik robot sayılabilir (Standage, 2002:20). 1737 yılında (Wikipedia, 2016b) dünyada ilk başarılı biyomekanik otomat sayılan Flütçü (The Flute Player) Fransız mühendis Jacques de Vaucanson tarafından yapılmıştır (Moran, 2007:680). 12 şarkı çalabilen gerçek insan boyutlarındaki bu otomat parmaklarını çalma sırasında oynatmaktaydı. Vaucanson ayrıca Sindiren Ördek (Digesting Duck) isimli yiyen ve dışkılayan bir ördek yanılsaması yaratan mekanik bir ördek de yapmıştır (Cottom, 1999:52).
Günümüze daha yakın modern örneklerden biri 1939 New York Dünya fuarında gösterilen Elektro isimli robot ve köpeği Sparkodur. Elektro, 2 metrenin üzerinde boyu, 120 kg ağırlığı ile ses komutu ile yürüyen, yüzlerce kelime konuşabilen, kafasını ve kollarını oynatabilen bir mekanik robottu ve ona eşlik eden Sparko ise havlayabiliyor ve oturabiliyordu (Schaut, 2006). 1961 yılında bilgisayardan yönetilen mekanik el MH-1 Heinrich Ernst tarafından geliştirilmiştir (Ernst, 1962:39). 1993 yılında Jurassic Park filmi için gerçek hayat boyu en büyük Animatronik yapılardan biri olan 6.1m boyunda ve 7900 kg ağırlığındaki "Tyrannosaurus Rex" üretilmiştir (Jacobsen v.d., 2004:319). 1999 yılında AIBO isimli insan robot ilişkisine odaklı günümüze dek birçok güncelleme alan ve birçok bilimsel makaleye konu olmuş bir robot köpek yapılmıştır (Fujita, 2001:781). Yine 2000 yılında sunulan ASIMO isimli insansı robot 50 kg ağırlığı ve 1,30 metre boyu ile insana benzer özellikler taşıyan robotik insan yardımcısı olarak tanıtılmıştır. Günümüze dek birçok güncelleme yapılan robot özellikle insanın yapabildiği yürüme, koşma, merdiven çıkma gibi aktiviteleri taklit etmektedir (Hirose ve Ogawa, 2007:12)
2000'li yıllardan bu yana ise animatroniğin konusunda giren pek çok hayvan veya insan formunda akıllı otonom hareketli robotik yapı inşa edilmiştir. Bu robotik sistemlerin temel işlevi genelde insanların giremeyeceği tehlikeli bölgelerde insan hayatını kurtarmak veya gündelik hayatta yapamayacağımız ağır işlerde yardımcı olmaktır. Burada özellikle yapılacak işin zorluğuna göre hayvan ve insan anatomisinin taklit edilmesi hem uyumluluk hem de yetenek açısından gerekli olabilmektedir. Günümüzde daha küçük boyutlu ve ekonomik pil ömrü sağlayan mini bilgisayarlar, gelişmiş elektronik algılayıcılar, daha verimli ve akıllı motorlar ve aktüatörler üretilebilmektedir. Bu teknolojik gelişmeler bugün ve gelecekte canlılara hem görünüş hem de işlev anlamında daha çok benzeyen ve hatta birçok özelliğiyle insana göre daha güçlü ve yetenekli animatronik sistemlerin daha hızlı gelişmesi sonucunu da yanında getirecektir.

GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖRNEK ANİMATRONİK PROJELERİ

Animatronik alanında özellikle insana benzer robotik çalışmaları mikrodenetleyicilerin yaygınlaşması ve ucuzlaması ile kolayca yapılabilir olmuştur. Kuvvet algılayıcı dirençler, hız ve pozisyon algılayıcıları gibi algılayıcılar ile servo motor sürücü, DC (Doğru Akım) motor sürücü, röleli veya yarı iletken anahtarlayıcılar yardımıyla bu tür robotik platformların elektronik devre tabanı oluşturulmaktadır. DC elektrik motorları, servo motorlar, tekerlekler, dişliler, redüktörler, röle veya selenoid kontrollü doğrusal hareketli silindirler gibi elemanlar yardımıyla mekanik sistemlere hareket kazandırılmaktadır. Oluşturulan mekanik altyapı ile bütünleştirilen elektronik sistemler Arduino platformu gibi bir mikrodenetleyici platform üzerinde Arduino C tabanlı bir yazılım ile kontrol edilmektedir. Daha üst seviyeli kontroller ise Arduino platformundan kişisel veya mini bilgisayar platformuna taşınarak yapılabilmektedir. Bu bölümde Proje tabanlı eğitim kapsamında öğrencilerin gerçekleştirmiş olduğu Animatronik el ve Animatronik kafa alt başlığında dört adet temel insan uzuvlarına ve fiziksel hareketlerine benzer davranan Animatronik proje çalışmaları tanıtılacaktır.

Animatronik El Projeleri

Esnek algılayıcılar yardımıyla kontrol edilen ilk animatronik el projesinde (Akkan v.d., 2012:3) beş adet mini servo motorun Arduino UNO denetleyici platformu sayesinde bağımsız olarak beş parmağı hareket ettirmesi sağlanmaktadır. Çalışmada geliştirilmiş olan esnek algılayıcıların yerleştirildiği eldiven kontrol için kullanılmaktadır. Esnek algılayıcı tek yönlü olarak kendi olanaklarımızla üretilmiştir. Eldivendeki her bir parmak hareketinin esnek algılayıcıda ürettiği direnç değişimleri okunarak, uygun katsayılarla işlendikten sonra servo motorların açısal hareketlerine dönüştürülmektedir. Böylece eldiveni giymiş bir operatör tarafından Animatronik el yönetilmektedir. İnsan elinin hareketinin taklidi sadece aynı yerdeki operatör tarafından değil internet yoluyla uzaktan eldiven yardımıyla yapılması veya günümüzde yaygın kullanılan akıllı telefon, tablet gibi cihazların dokunmatik ekranları yardımıyla kablosuz kontrol edilmesi olasıdır. Şekil 1'de animatronik el sisteminin parmaklar açık ve kapalıyken hareketleri görülmektedir.



Şekil 1: Algılayıcı eldiven açık (üstte) ve kapalıyken (altta) robot elin durumu

Mekanik açıdan daha gelişmiş çoklu servo motor kullanılan insan eline benzer animatronik bir diğer çalışmada daha karmaşık bir mekanizma yardımıyla insan elinin hareketleri daha iyi taklit edilmeye çalışılmıştır. Burada parmakların yatay hareketleri için beş adet servo motor ve parmakların aşağı yukarı hareketi için de yine beş adet ayrı servo motor kullanılmıştır. Daha yüksek torklu bir servo motor ise bileğin hareket etmesini sağlamaktadır. Basitlik açısından her bir parmak hareketi beş adet sürgülü ayarlanabilir direnç üzerinden gerçekleştirilmektedir. PIC16F877 mikrodenetleyicisi yardımıyla tüm sürgülü dirençlerin pozisyon bilgisi alınarak bileği ve parmakları yatay ve düşey hareket ettiren mekaniğe aktarılmaktadır. Kontrol kartı ve temel el yapısı Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Çok Servo motorlu İnsan Eline Benzer Mekatronik Robot El Tasarımı

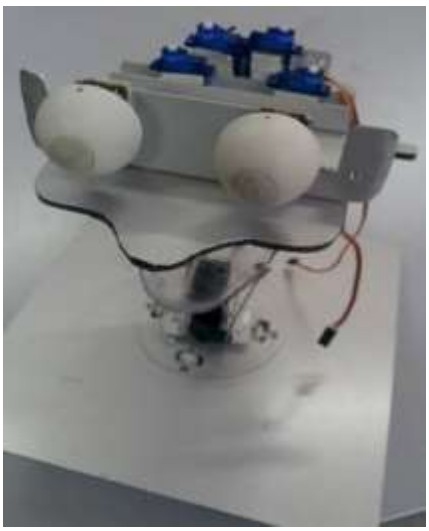
Animatronik Kafa Projeleri

Bu konuda yapılan ilk çalışmada iki eksende hareketli boyun eklemine sahip "Üçüncü Göz" isimli bir animatronik kafa sistemi (Akkan v.d, 2014:1) belirli renkteki cisimlerin hareketini takip etmektedir. Sistem bir Arduino UNO mikrodenetleyici platformu ve buna ek olarak CMUCAM4 görüntü işleme eklentisi ile kontrol edilmektedir. Görüntü işleme eklentisi istenilen bir cismin odak noktasını renklere göre bulma yeteneğine sahiptir. Kafa yatay eksende sağa ve sola, düşey eksende ise yukarı ve aşağı insan kafa hareketlerini taklit etmektedir. Görüntü işleme eklentisi motor sürücü kartına gerek duymadan motorları sürebilme yeteneğine sahiptir. Sisteme eklenen LCD ekran üzerinde görüntü işleme eklentisinin kamera görüntüleri de izlenebilmektedir. Sistemin bir fotoğrafı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3: Üçüncü Göz isimli Animatronik Kafa Projesi

Bir diğer çalışmada ise Me-kafa isimli iki eksende hareketli boyun haricinde yine iki eksende bağımsız göz hareketine sahip ve Raspberry Pi platformu ile insan yüzü tanıma özelliğine sahip daha gelişmiş bir animatronik kafa sisteminin mekanik bölümü görülmektedir. Sistemi kontrol edilen yazılım Python dilinde yazılmıştır. Sistemde boyunun sağa-sola ve yukarı-aşağı hareketini sağlayan servo motorlar ile iki gözün birbirinden bağımsız iki eksenli hareketini sağlayan servo motorlar 16 kanallı 12 bit Vuru Genişlik modülasyonu (PWM) üreten I^2C seri iletişim kontrollü motor kartı ile sürülmektedir. Burada hem boyun ölçüleri hem de göz ekseni altındaki taşıyıcı platform gerçek insan kafa ölçülerine göre tasarlanmıştır. Üzerine uygun bir kaplama yapıldığında insan kafasına gerçek boyutlarda benzeyebilecektir. Sistemin mekanik kısmı Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4: Me-kafa Animatronik Kafa mekanik sistemi

SONUÇ

Animatronik, Mekatroniğin eğlenceli ve zorlu robotik uygulamalarını içeren ve birçok bilim alanında yeni şeyler öğrenmeyi gerektiren bir çalışma alanıdır. Mekatroniğin çok disiplinli yapısına ek olarak özellikle canlı benzetimi için anatomik bilgi edinmeyi veya bu alandaki uzmanlarla çalışmayı gerektirmektedir. Bunun dışında mekanik tabanlı platformlar oluştururken farklı malzemeler hakkında bilgi sahibi olma ve malzeme kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Animatronik tabanlı projelerin öğrenmeyi ivmelendiren çok disiplinli bu yapısı ekip çalışmasını zorunlu kılmakta ve özendirmektedir. Bütün bu bilgiler ışığında Animatronik proje çalışmalarının proje tabanlı eğitimde uygun bir öğrenme desteği sağlayacağı açıktır.

Animatronik alanına ait projeler robotik alanındaki projelere göre daha zorlayıcı yapısı nedeniyle öğrenciler tarafından daha az tercih edilmektedir. Ama bu tür zorlayıcı projeler sonunda öğrenci daha fazla bilgi ve deneyim kazanmakta ve öğrencilerin proje geliştirme özgüvenleri de artmaktadır. Proje tabanlı eğitim desteğinden beklenen öğrenci kazanımlarına yüksek seviyede uygun olması dolayısıyla bu tür projelerin yapılmasının daha fazla özendirilmesi ve bu konudaki projelerin daha çok geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programı'nda yapılan özellikle insana benzer kafa ve el Animatronik projelerinin başarıyla gerçekleştirilmiş olan örneklerinden birkaçı tanıtılmıştır. Bu projelerde özellikle insan anatomisine benzer mekanik platform tasarımı elektronik devreler ve yazılım ile bütünleştirilerek örnek Mekatronik sistemler elde edilmiştir. Bu örneklerin yeni güncellemelerle daha gelişmiş animatronik projelerine dönüştürülmesine ve Animatronik alanına ait yeni özgün projeler yapılmasına çalışılmaktadır.

Animatronik yapılarda çok sayıda motor, motor sürücüsü ve birden fazla mikrodenetleyici platformu kullanılması bu tür projeleri maliyet açısından zorlayıcı hale getirmektedir. Buna çözüm olarak bir animatronik proje alt bölümlere ayrılmalı ve farklı çalışma gruplarınca kendi aralarında koordinasyon sağlayacak şekilde yönetilerek sonradan bir araya getirilmeye çalışılmalıdır. Örneğin bir insan kolunu oluşturan parmaklar, bilek, ön kol, dirsek, pazı ve omuz gibi parçaları ayrı projeler sonucunda elde edip sonra birleştirecek şekilde bir çalışma planı oluşturulabilir. Burada her parça kendi motorları, motor sürücüleri, mikrodenetleyici kartları ve hatta kendi pil ünitelerini içerecek şekilde projelendirilebilir. Daha sonra tüm kolu yönetecek daha güçlü bir mikrodenetleyici platformu üniteler arasında seri kanal iletişim protokolleri ile iletişim kurarak bir bütün olarak animatronik kol yapısının başarılı bir şekilde çalışması sağlanabilir.

REFERANSLAR

Akkan, T.,Olcay, T., Çelik, H., Öztürk, S., ve Erem, O. (2012). Esnek Algılayıcı Kontrollü Animatronik El Uygulaması, *Proje Tabanlı Mekatronik Eğitimi, Çankırı Çalıştayına sunulmuş bildiri*.

Akkan, T., Çelik H., Olcay T., Akkan L.Ö., Atilay, A., Yılmaz, M., Taban, M. (2014). Üçüncü Göz, *Mkt-2014 Proje Tabanlı Mekatronik Eğitimi, Sinop Çalıştayına sunulmuş bildiri.*

Akkan, T., Çelik H., Olcay T., Akkan L.Ö. (2015). Proje Tabanlı Mekatronik Eğitiminde Öğrenci Kazanımları, *4. Uluslararası meslek Yüksekokulları Sempozyumu UMYOS 2015, Yalova sunulmuş bildiri.*

Auslander, D. M. (1996). What is mechatronics?. *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on*, *1*(1), 5-9.

Bedini, Silvio A. (1964). The Role of Automata in the History of Technology. *Technology and Culture*, 5(1): 24-42.

Burns, B., ve Samanta, B. (2015). Design and implementation of an interactive animatronic for guest response analysis. *Proceedings of the IEEE Southeast Con 2015*, Florida sunulmuş bildiri.

Celik, H., & Akkan, T. (2010). Mechatronics Education in Vocational Schools in Turkey and Comparative Curriculum Analysis. *Technics Technologies Education Management-Ttem*, 5(4), 730-739.

Çelik, H. veAkkan, T. (2011). General View of Mechatronics Education in Turkey. *6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11) Elazığ, Turkey Sempozyumuna sunulmuş bildiri.*

Cottom, D. (1999). The Work of Art in the Age of Mechanical Digestion. Representations, (66), 52–74.

Ernst, H. A. (1962). MH-1, a computer-operated mechanical hand. In Proceedings of the May 1-3, 1962, spring joint computer conference (39-51). ACM.

Fujita, M. (2001). AIBO: Toward the era of digital creatures. The International Journal of Robotics Research, 20(10), 781-794.

Gates, B. (2007). A robot in every home. Scientific American, 296(1), 58-65.
Grimheden, M., Mechatronics Engineering Education, Industrial Engineering and Management Doctoral Thesis. Stockholm, Sweden, 2006.
Hirose, M., & Ogawa, K. (2007). Honda humanoid robots development. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 365(1850), 11-19.
Jacobsen, S. C., Olivier, M., Smith, F. M., Knutti, D. F., Johnson, R. T., Colvin, G. E., & Scroggin, W. B. (2004).Research robots for applications in artificial intelligence, teleoperation and entertainment. The International Journal of Robotics Research, 23(4-5), 319-330.
Moran, M. E. (2007). Jacques de Vaucanson: The father of simulation, Journal of Endourology, 21(7), 679-683.
Schaut, S. (2006).Robots of Westinghouse, 1924-today. Mansfield Memorial Museum.
Sirinterlikci, A.,&Mativo, J. M. (2005). A novel approach in integrating product design into curriculum: Toy and entertainment animatron design. Journal of manufacturing systems, 24(3), 196-202.
Standage, T. (2002). The Turk: The Life and Times of the Famous 19th Century Chess-Playing Machine. Walker.
Wikipedia, (2016a). *Animatronics*. Wikimedia Foundation, Inc., https://en.wikipedia.org/wiki/Animatronics adresinden 25Şubat 2016 tarihinde alınmıştır.
Wikipedia, (2016b). *Automaton*. Wikimedia Foundation, Inc., https://en.wikipedia.org/wiki/Automaton adresinden 01 Mart 2016 tarihinde alınmıştır.