

ELEKTROMEKANİK ÜRÜN TASARIMINDA ANLAŞMAZLIK TESPİT VE ÇÖZÜMÜ İÇİN BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

Nursel ALTAN

Ahmet GAYRETLİ *

Afyon Kocatepe Üniv. Fen Bil. Ens. Mak. Eğt. Böl.
nurselaltan@mynet.com

Afyon Kocatepe Üniv. Tek. Eğt. Fak. Mak .Eğt. Böl.
agayretli@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 05 Mayıs 2008, Kabul Tarihi: 11 Temmuz 2008

ÖZET

Günümüz ürünleri birden fazla teknolojiyi kapsayan, elektronik ve mekanik gibi farklı disiplinlerin kesişiminden oluşan ürünlerdir. Bu disiplinler arasındaki etkileşimler, tasarım ve üretim aşamasında çeşitli kısıtlamalardan dolayı anlaşmazlıklara sebep olabilir. Ortaya çıkan anlaşmazlıklara etkin çözüm bulunması üretim maliyetini düşürecek, ürün kalitesini artıracak, ürün tasarım ve geliştirme sürecini azaltacaktır.

Bu makale elektromekanik ürünlerin anahtar karakteristiklerine dayalı olarak çalışan bir ürün geliştirme sistemini tanıtmaktadır. Sistem elektromekanik ürünlerin belirlenen kısıtlamalar dahilinde tasarım ve üretimini geliştirmek için elektronik tasarım ile mekanik tasarımı birleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla CAD ile entegre edilmiş DELPHİ tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem bir elektromekanik ürün olan robot üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki bu sistem elektronik ve mekanik alanın kesişimini içeren ürünlerin tasarımında kısıtlamalara dayalı anlaşmazlıkların tespit edilmesini, bu anlaşmazlıkların etkin çözümünü ve ürün tasarım sürecinin azaltılmasını sağlamakta ve tasarım süreci boyunca tasarım ekiplerine yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Disiplinler Arası Ürün Tasarımı, Karar Destek Sistemi, Kısıtlamalar, Anlaşmazlık Yönetimi.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONFLICT DETECTION AND RESOLUTION IN INTERDISCIPLINARY PRODUCT DESIGN

ABSTRACT

Today's products are interdisciplinary and they include more than one technology such as electronics and mechanics. Interactions between different disciplines during the design and manufacturing of these products may cause conflicts due to discipline-based constraints. Dealing with these conflicts will effectively reduce product cost, and increase the quality, and shorten the product lead-time.

In this research a product development system based on key characteristics of complex products have been developed. It aims to achieve the integration of mechanical and electronics product design subject to a set of given constraints. The system has been developed by using Delphi based environment integrated with a CAD system. The system has been tested on a small walking robot. The results show that it can serve to detect conflicts caused by constraints violation, and provides effective resolution of those conflicts that lead to reductions in product development time and cost by supporting design teams.

Keywords: Interdisciplinary Product Design, Decision Support System, Constraints, Conflict Management.

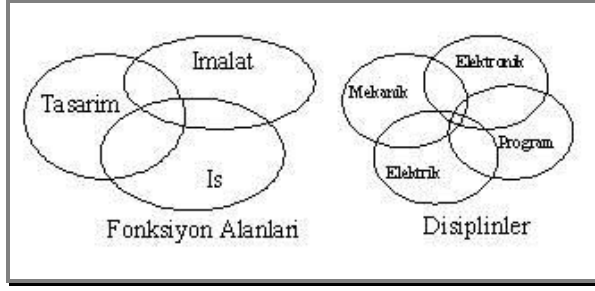
1. GİRİŞ

Herhangi bir tasarımın geçerliliğini yeniden gözden geçirirken müşteri ve teknik taleplerle birlikte karar noktalarının yeniden gözden geçirilmesi sırasında

diyalogun devamının sağlanması özellikle farklı disiplinlerin (mekanik, elektrik, elektronik, vb) birbirinin sahasına girdiği durumlarda çok önemlidir (Şekil 1). Böyle durumlarda disiplinler arası anlaşmazlıklar oluşabilmektedir. Bu anlaşmazlıkların

* Sorumlu Yazar

tespiti ve çözümü, disiplinler arası ürün tasarımı ve geliştirilmesini kolaylaştırır.



Şekil 1. Günümüzde işletme fonksiyonları ve farklı disiplinlerin kesişmesi

Günümüz ürünleri birden fazla teknolojiyi kapsayan, elektrik/elektronik ve mekanik gibi farklı disiplinlerin kesişiminden oluşan elektromekanik ürünlerdir. Bu ürünlere örnek olarak dijital fotoğraf makineleri, vibratörlü diş fırçaları, otomobil merkezi kilit sistemleri ve robotlar gösterilebilir. Bu ürünlerin tasarım ve geliştirilmesi, kolay ulaşılabilen uzmanlık bilgisi eksikliği, konuyla ilgili uzman, mühendis ve akademisyenlere zor ulaşabilmeden dolayı kısıtlıdır. Bu konuyla ilgili yayınlar, teknikler ve yardımcı programlar çok azdır.

Bilgisayar tabanlı ortak ürün geliştirme çevreleri uzak mühendislik disiplinlerinden dolayı uzmanlık gerektiren karmaşık ürünlerin tasarımını adreslemek için geliştirilmiştir [1]. Böyle çevrelerin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi, tasarım süreci boyunca farklı tasarım alanları arasındaki kısıtlamaların belirlenmesini, izlenmesini ve çözülmesini gerektirir. Kısıtlama yönetimi, ortak tasarım sürecinde, etkin araçlar ve yöntemler gerektiren önemli bir sorundur [2,3]. Kısıtlama ağları, anlaşmazlıkları önleyerek ürün tasarımlarını geliştirmek için tasarımcıya yardım etmesi için gerçekleştirilmektedir [4,5]. Aynı grupların tasarımcıları arasında yeni bilgi ve bu bilginin paylaşılmasıyla gelişmiş ürün tasarımının çözümlerinin başarılması için gerekli olan anahtar faktörler elde edilir [6].

Ürün maliyetinin hemen hemen %80'i tasarım aşamasında tespit edildiği için, anlaşmazlık çözümü, maliyet tasarruflarına önderlik eden üretim zamanını azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Anlaşmazlık yönetimini desteklemek için birçok araç ve yöntemler geliştirilmiştir. Bir gözlemci ajandan ikincil ajanlara oluşan kısıtlamalar ve yaygın tercihler esas alınarak tanımlanmış genel konu içindeki sınırlı uzmanlıklarını kullanan ajan tabanlı sistemler geliştirilmiştir [7-12]. Ama ajanlar arasında kapsamlı iletişime ihtiyacı olan değişken bir tasarımda herhangi bir değişim olması

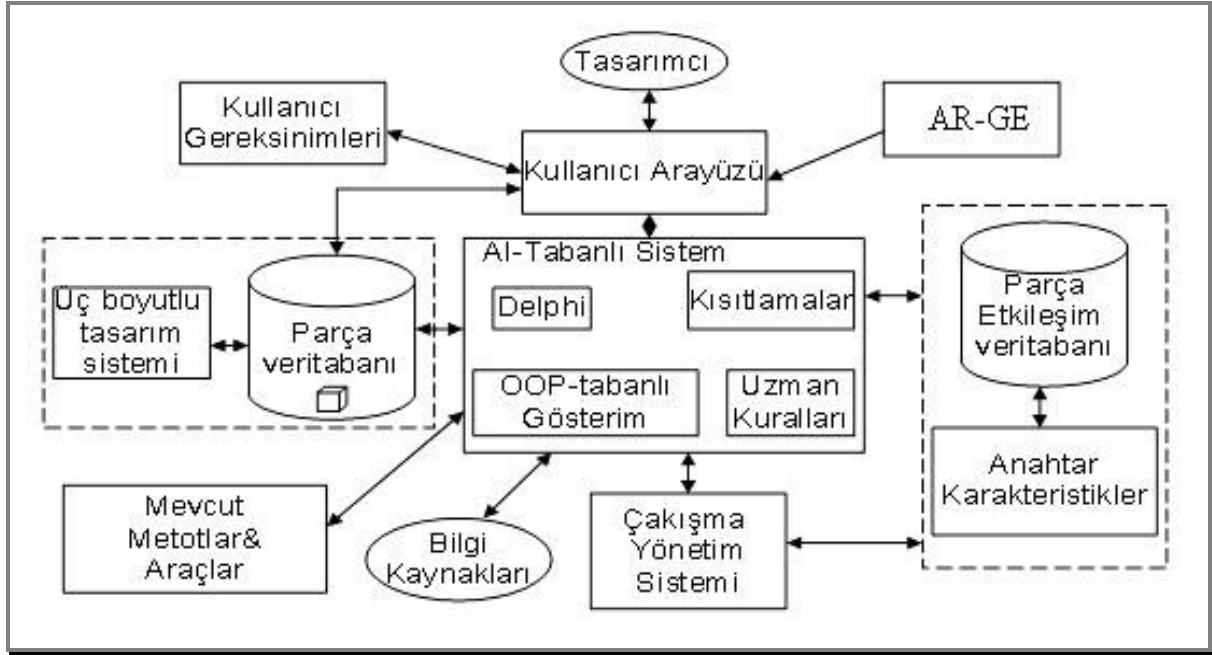
yaygın bir problemdir. Bu yüzden uygun bir çözüme ulaşmak daha uzun zaman alır. Ayrıca, bu tür insanı bir unsur kapsayan ortak bir ürün tasarımındaki tasarım anlaşmazlıklarının etkin çözümü henüz adreslenememiştir.

Elektromekanik sistemler için hızlı ve mümkün olan erken tasarım kararlarının alınması anahtar problemlerden bir tanesidir. Şöyle ki müşteri isteklerinin fonksiyon, boyut, alan, güç, maliyet, tamir vb. olarak çevrilmesi ve ifade edilebilmesi ve bir ürünün belirli özel fonksiyonları yerine getirmek üzere alt sistemlere bölünmesi ve bu alt sistemlerin yerleştirileceği lokasyonların boyut ve hacimlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu alt sistemlere bölme işlemi, kritik bir şekilde müşteri ve teknik isteklerin doğru bir şekilde kayıt edilebilecek bir dil ve formatta temsil edilmesine bağlıdır. Bu, tasarım ekibinin tasarım sürecinin ileri safhalarında istediği yere ve karar noktasına geri dönmesini sağlayacaktır. Bu süreçler disiplinler arası ürünün "niçin" alt sistemlere bölünmesi gerektiği ve tasarım kararlarının niçin ve nasıl alındığı sorularının cevabını kapsamalıdır.

Bu makale üç bölümden oluşmaktadır. İlk olarak elektromekanik ürün tasarımı için önerilen yaklaşım tanıtılmaktadır. Daha sonra ürün anahtar karakteristiklerinin ve anlaşmazlıkların tespiti ve çözümü ve son bölümde tasarımı destekleyen prototip sistem hakkında bilgi verilmektedir.

2. ELEKTROMEKANİK ÜRÜN TASARIMI İÇİN ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Çalışma kapsamında elektromekanik ürünler için tasarım sürecinde Şekil 2'de görülen tasarım yaklaşımı geliştirilmiştir. Ürünün parça resimleri üç boyutlu tasarım programında çizilerek parçalar hakkında gerekli bilgiler parça veri tabanına kaydedilir. Tasarlanması düşünülen ürünün anahtar karakteristikleri ve parça etkileşimleri tespit edilerek ortaya çıkabilecek anlaşmazlıklar ve bu anlaşmazlıkların etkin çözümü araştırılır. Elde edilen bilgiler uzman sistem kuralları olarak bir algoritma halinde Delphi tabanlı bir sistemde oluşturulmuş sistem veritabanına eklenir. Tasarlanan sistemde müşteri ve tasarımcı gereksinimlerinin ifade edileceği bir kullanıcı ara yüzü bulunmaktadır. Girilen gereksinimleri karşılamak için sistem, veritabanına eklenen bilgi ve algoritmalar sayesinde tasarımcıyı yönlendirecek ve ideal ürün tasarımını sağlayacaktır. Ayrıca ürünün çalışması esnasında ortaya çıkabilecek anlaşmazlıkları yine veritabanına eklenmiş algoritma sayesinde tespit edecek ve gerekli uyarı ve önerileri sunacaktır.



Şekil 2. Çalışma kapsamında takip edilecek olan tasarım yaklaşımı

2.1 Ürün Anahtar Karakteristiklerinin Vasıtasıyla Anlaşmazlıkların Tespiti Ve Çözümü

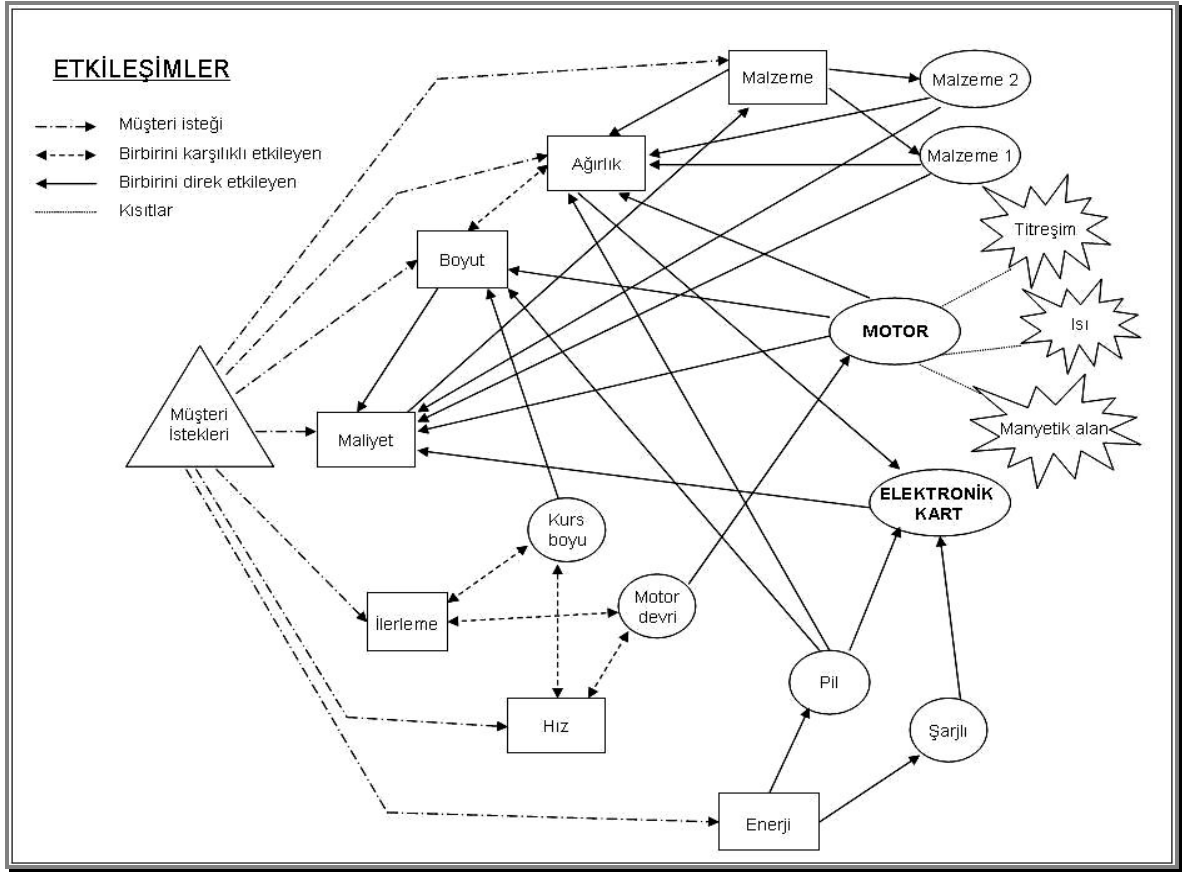
Bir ürünün anahtar karakteristikleri genellikle elektromekanik ürünlerin performansını etkileyen faktörlerle ilgilidir. Elektromekanik ürünlerin ses, ısı, güç, titreşim, iletkenlik ve elektromanyetiklik gibi pek çok anahtar karakteristiği vardır. Bu karakteristikler kısıtlamalara göre modellenebilir. Tasarladığımız sistemde kısıtlamalar olarak yürüyen bir robot üzerinde müşteri istekleri baz alınarak Şekil 3'teki etkileşimler oluşturulmuştur. Burada müşteri robotun hızı, maliyeti, ağırlığı gibi çeşitli isteklerde bulunabilir. Bu tür kısıtlar kullanılan malzeme ve motor gibi elemanları etkilemektedir. Sistem veritabanına eklenmek üzere bu etkileşimler göz önünde tutularak bir algoritma hazırlanmıştır.

Elektromekanik ürünlerde parçalar arasındaki etkileşim, her bir parçanın işlevi, maliyeti,

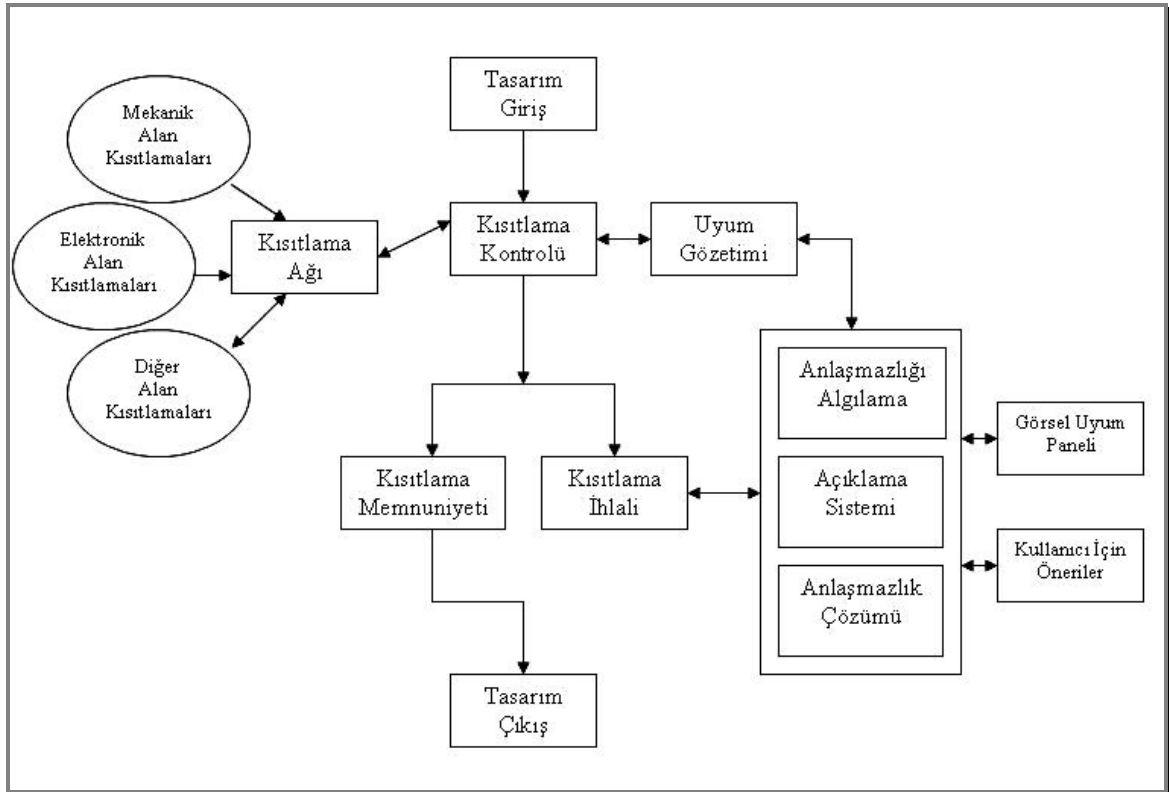
performansı ve kalitesine önemli bir etki yapar. Bundan dolayı ürünün en ideal tasarımı için tasarım süreci boyunca bu etkileşimler anlaşmazlık olmaması için dikkate alınmalıdır.

Tasarımın herhangi bir aşamasında ortaya çıkabilecek anlaşmazlıklar, disiplinler arası tasarım yaklaşımı yöntemiyle oluşturulan anahtar karakteristiklere bağlı olarak çözülür. Anlaşmazlık yönetim modülü karar verme süreci, anlaşmazlık durumlarının yönetimi ve tasarımcılarca verilen kararların doğrulanması işlemlerinden sorumludur.

Bu modül kısıtlamalara bağlı olarak oluşan anlaşmazlıkların tespitini ve çözümünü sağlayan bir mekanizma içermektedir. Tespit ettiği anlaşmazlıklarla ilgili tasarımcıya uyarıda bulunur ve bu uyarı ile ilgili gerekli açıklamaları yaparak çözüm önerisinde bulunmaktadır. Anlaşmazlık yönetimi için önerilen model Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Sistemdeki kısıtlamalar arasındaki etkileşimler



Şekil 4. Anlaşmazlık yönetimi için önerilen model

Burada mekanik, elektrik/elektronik ve diğer alan kısıtlamaları dahilinde bir kısıtlama ağı oluşturulur. Tasarımcı, istediği kısıtları sisteme girdikten sonra, sistem, veritabanında kontrolünü yapar ve kısıtlar doğrultusunda en uygun tasarımı sağlar. Eğer tasarımcı istekleri sağlanamıyorsa, sistem buradaki anlaşmazlığa çözüm önerileri sunar ve yine en optimum tasarımın sağlanmasına yardımcı olur.

Örneğin;

Tasarımcı isteği (kısıtı) 1: maliyeti "x" YTL'yi aşmamalı,

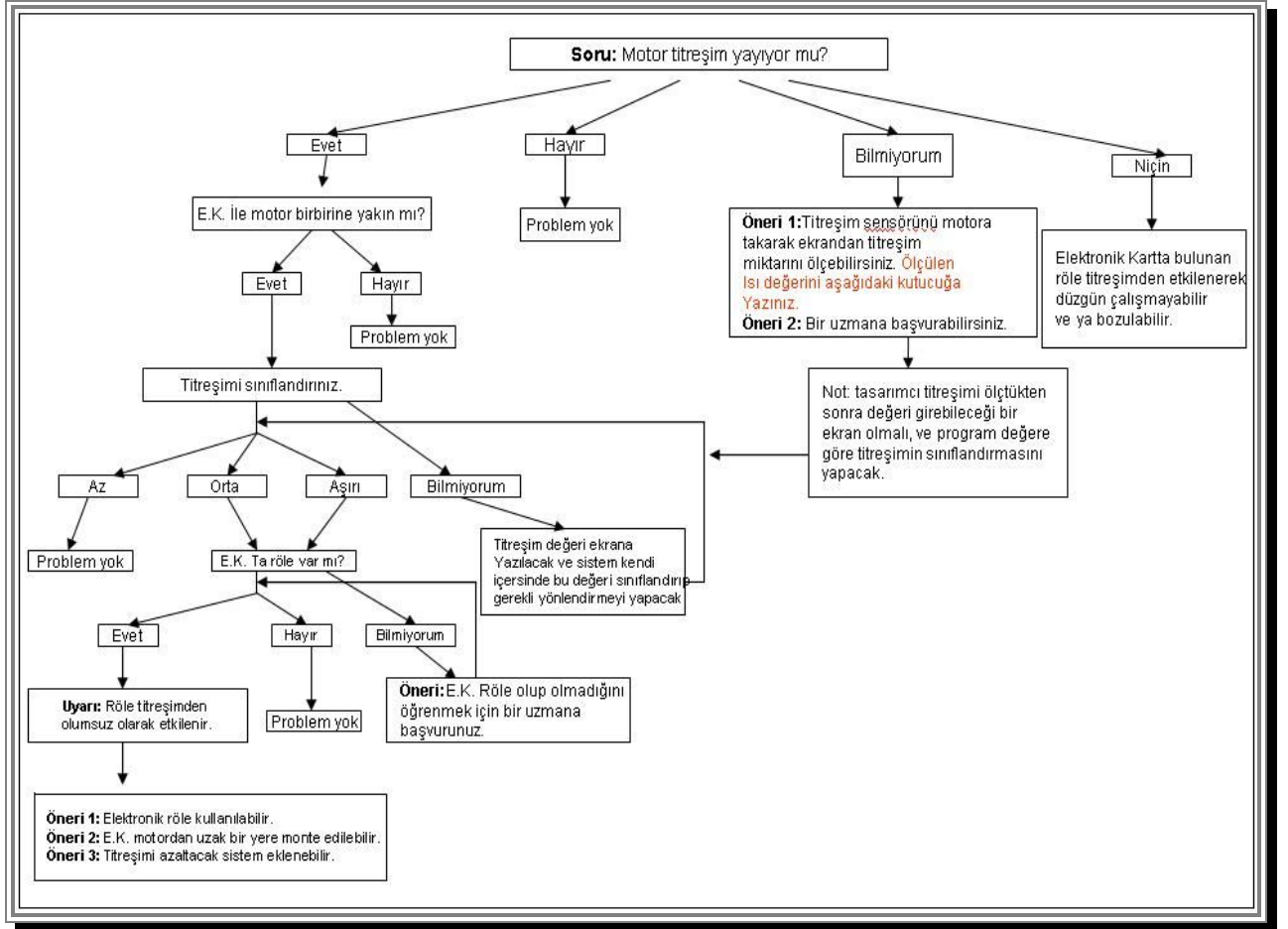
Tasarımcı isteği (kısıtı) 2: ağırlığı "x" gramdan az olmalı v.b.

Burada sistem, veritabanına eklenen parça bilgileri ve belirlenen anahtar karakteristikler arasındaki etkileşimler için kısıtlamalara dayalı olarak hazırlanan algoritma sayesinde tasarımcı isteğinin sağlanıp sağlanmadığını kontrol eder. Eğer istek sağlanamıyorsa burada anlaşmazlık oluşur. Anlaşmazlığın çözümü için sistem veritabanına eklenen algoritmayı uygulayarak gerekli tasarım

değişikliklerini (motor değişimi, elektronik kart boyutunun değiştirilmesi, v.b.) tasarımcıya sunar.

Elektromekanik sistemlerde mekanik elemanlar kuvvetleri aktarmak ya da kuvvetlere karşı koymak için kullanılırken elektrik elemanları ise güç ya da ışık üretmeye imkân sağlar. Elektronik elemanlar ise denetim ve kontrol işlemini yerine getirmek için kullanılırlar.

İşlevsel modüller arasındaki etkileşimler aşırı ısınma ya da titreşim oluşturabilir. Bu da tasarlanan sistemde pek çok problemin kaynağı olabilir. Bu problemleri önlemek için probleme yol açan elemanın yeri değiştirilebilir. Ya da hasara uğrayacak elemana koruyucu kılıf veya soğutma sistemi gibi koruyucu bir sistem eklenebilir. Bu tür etkileşimlerin sebep olabileceği problemlerin tespiti ve çözümleri için, sistemin hangi ortamda çalışacağı, yaydığı gürültü, sistemde oluşacak manyetik alan vb. durumlarında tasarladığımız sistemin izleyeceği yol için bir algoritma hazırlanmıştır. Titreşim için hazırlanan algoritma Şekil 5'de görüldüğü gibidir.

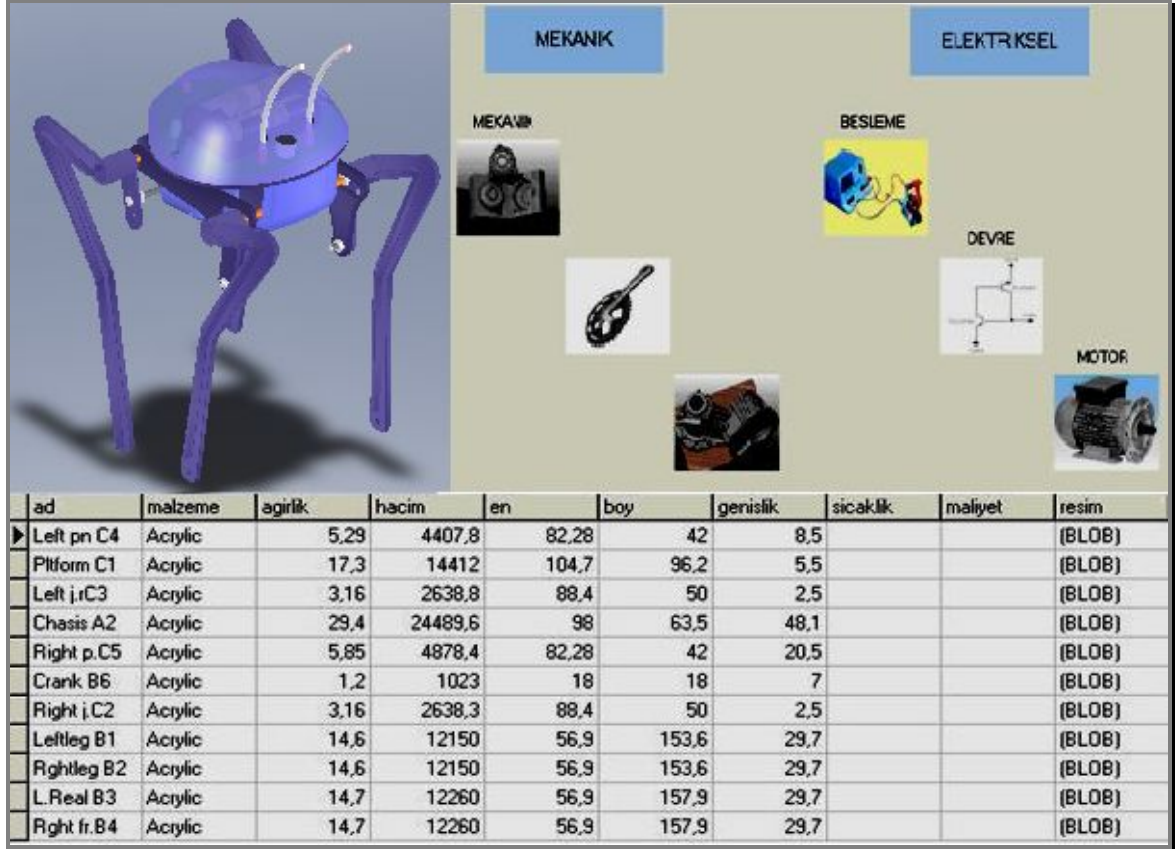


Şekil 5. Sistemde motorun yayabileceği titreşimin veritabanına eklenmek üzere hazırlanan algoritması

3. TASARIMI DESTEKLEYEN PROTOTİP SİSTEM

Elektromekanik ürünlerin tasarımlarını önemli derecede etkileyen temel özelliklerin belirlenebilmesi için yürüyen bir robotu oluşturan parçalar SolidWorks mekanik tasarım otomasyon programında üç boyutlu olarak çizilerek montajı yapılmıştır. Çalışma, öncelikle elektromekanik ürünlerin tasarım, imalat ve montajını, anlaşmazlık

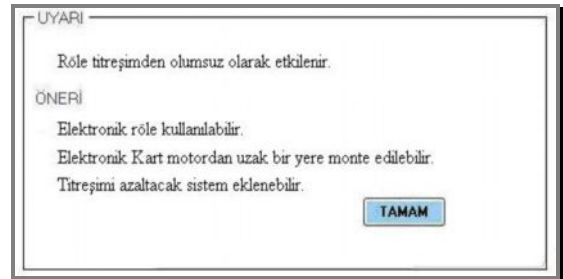
yönetimini, geometri, ağırlık, görünüm ve bunların bir araya gelmesini kapsayacağından, SolidWorks programında, çizilen parçaların malzeme cinsi girilerek ağırlığı, hacmi, yoğunluğu, atalet momenti gibi mekanik özellikleri elde edilmiştir. Tasarım için belirlenen elektromekanik parçanın elektriksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesiyle birlikte elde edilen bilgiler sistem veri tabanına aktarılmıştır (Şekil 6).



ad	malzeme	ağırlık	hacim	en	boy	genislik	sıcaklık	maliyet	resim
Left pn C4	Acrylic	5,29	4407,8	82,28	42	8,5			(BLOB)
Pltform C1	Acrylic	17,3	14412	104,7	96,2	5,5			(BLOB)
Left j.rC3	Acrylic	3,16	2638,8	88,4	50	2,5			(BLOB)
Chasis A2	Acrylic	29,4	24489,6	98	63,5	48,1			(BLOB)
Right p.C5	Acrylic	5,85	4878,4	82,28	42	20,5			(BLOB)
Crank B6	Acrylic	1,2	1023	18	18	7			(BLOB)
Right j.C2	Acrylic	3,16	2638,3	88,4	50	2,5			(BLOB)
Leftleg B1	Acrylic	14,6	12150	56,9	153,6	29,7			(BLOB)
Rightleg B2	Acrylic	14,6	12150	56,9	153,6	29,7			(BLOB)
L.Real B3	Acrylic	14,7	12260	56,9	157,9	29,7			(BLOB)
Right fr.B4	Acrylic	14,7	12260	56,9	157,9	29,7			(BLOB)

Şekil 6. Parça Kayıt Menüsü ve Veri Tabanı,

Tasarlanan sistem genel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada sistem, belirlenen ürün anahtar karakteristikleri doğrultusunda hız, maliyet, ağırlık gibi tasarımcı isteklerini yerine getirmek için optimum tasarımı sağlar. İkinci aşamada ise elektromekanik ürünlerdeki parça etkileşiminden doğabilecek problemleri sistem veritabanına aktarılan algoritma sayesinde tasarımcıya hatırlatarak gerekli uyarı ve çözüm önerileri sunar. Bir örnek olarak, tasarlanan ürünün bir elemanı olan motorun yaydığı titreşimin sebep olabileceği problem için sistemin sunduğu uyarı ve çözüm önerileri Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Prototip sistemin titreşimden dolayı oluşabilecek problem için sunduğu uyarı ve çözüm önerileri

4. SONUÇ

Bu çalışmada, birden fazla teknolojiyi kapsayan, elektronik ve mekanik gibi farklı disiplinlerin kesişiminden oluşan elektromekanik ürünlerin tasarımı için yeni bir yaklaşım önerilmiş ve bu yaklaşımı destekleyen bir prototip sistem geliştirilmiştir. Bu sistem öncelikle ürünün maliyet, ağırlık gibi anahtar karakteristiklerini ve fiziksel kısıtlamalarını içermektedir. Sistem bu kısıtlamaları değerlendirerek karmaşık sistemlerde farklı bilim dallarındaki tasarımcılara olabildiğince yardım edecektir. Müşteri isteklerini karşılayarak maliyet, kalite ve ürün geliştirme zamanında önemli gelişmeler sağlayacaktır. Ayrıca kısıtlamalar dahilinde var olan bir ürüne yeni fonksiyonlar eklemeye yardım edecektir. Bununla beraber karmaşık sistemlerde oluşabilecek anlaşmazlıkların tespitini ve çözümünü sağlayacaktır.

Tasarlanan ürün üzerinde alınan kararlar gerekli olduğunda karar noktalarına dönebilmek için tasarım geçmişi sistem veri tabanına kaydedilir. Bu çalışma elektromekanik ürün tasarımının bütün sorunlarını gideren bir sistem geliştirmek için devam eden bir araştırmayı kapsamaktadır. Tasarlanan sistemden elde edilen sonuçlar ümit vericidir. Sistem müşteri istekleri, ürün maliyeti ve tasarım süreci aşamalarında önemli bir azalma sağlayabilir.

5. TEŞEKKÜR

Üzerinde çalışılan bu proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (106M226). Ayrıca katkılarından dolayı Prof. Dr. Süleyman Taşgetiren'e teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] Tseng CJ, Abdalla H, (2004) "A human computer system for collaborative design (HCSCD)" *Journal of Materials Processing Technology*, 155: 1964-1971 Part 2, Sp. Iss. SI NOV 30 2004
- [2] Farr, R., Gayretli, A., Hodgson, A. and Gindy, N (2003) "Virtual Teams and Electromechanical Product Design" accepted for publication in *International Journal of Advanced Manufacturing Systems*, March 2003
- [3] Gayretli, A and Abdalla, H, (1999) " A Prototype Constraint-Based System for The Automation and Optimisation of Machining Processes", *Journal of Manufacture-Part B*, Vol. 213, pp. 655- 676
- [4] Bowen, J, (1997) " Using dependency records to generate design co-ordination advice in a constraint-based approach to concurrent engineering ", *Computers in Industry*, Vol. 33, pp.191-199
- [5] Hayes, C C and Su, C S, (1995) "Using a Manufacturing Constraint Network to Identify

Costcritical Areas of Designs" *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol.9, pp. 73-87

[6] Yoshimura, M and Yoshikawa, K, (1998) "Synergy Effects of Sharing Knowledge during Cooperative Product Design" *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 6, No. 1, pp. 7-14

[7] Pena-Mora, F., Hussein, K., Vadhavkar, S. and Benjamin, K (2000) "CAIRO: a concurrent engineering meeting environment for virtual design teams" *Artificial Intelligence in Engineering*, Vol. 14, pp. 203-219

[8] Balasubramanian, S. and Norrie, D., H., (1996) " A Multi-agent Architecture for Concurrent Design, Process Planning, Routing, and Scheduling", *Concurrent Engineering: Research and Application*, Vol.4, No.1, pp. 7-15

[9] D'Ambrosio, J, Darr, T, and Birmingham, W., (1996) "Hierarchical Concurrent Engineering in a Multiagent Framework" *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol.4, No.1, pp. 47-57

[10] Wong, STC (1997) "Coping with conflict in cooperative knowledge-based systems" *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 27, No.1, pp. 57-72

[11] Cooper, S and TalebBendiab, A (1998) "CONCENSUS: multi-party negotiation support for conflict resolution in concurrent engineering design" *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 9, No.2, pp. 155-159

[12] Barber, KS, McKay, RM, Goel, A, Han, DC, Kim, J, Liu, TH and Martin, CE (2000) "Sensible Agents: The distributed architecture and testbed" *IEICE Transactions on Communications*, Vol. E83B, No.5, pp. 951-960

ÖZGEÇMİŞLER

Nursel ALTAN

1982 yılında Bilecik'te doğmuştur. 2002 yılı Balıkesir Üniv. Makine Teknikerliği Bölümü, 2006 yılı Afyon Kocatepe Üniv. Makine Resmi ve Konstrüksiyonu Öğretmenliği Bölümü mezunudur. Tasarım ve Konstrüksiyon, Uzman Sistemler konularıyla ilgilenmektedir. Şu anda Yüksek Lisans Eğitimine Afyon Kocatepe Üniv. Tasarım ve Konstrüksiyon alanında devam etmektedir.

Yrd. Doç. Dr. Ahmet GAYRETLİ

1968 yılında Aydın'da doğmuştur. 1991 yılı Selçuk Üniv. Makine Mühendisliği mezunudur. Yüksek lisansını Loughborough Üniv.'de "Endüstriyel

Tasarım”, doktorasını De Monfort Üniv.’de “İmalat İçin Tasarım” alanında tamamlamıştır. 2000-2004 yıllarında Nottingham Üniv.’de Araştırmacı olarak çalışmıştır. Ayrıca 2004-2005 yıllarında Öztekin Tarım Makinaları Tic. Ltd. Şti ve Fergana Otomotiv Sanayi ve Tic. Ltd’de AR-GE Müdürü ve Genel Koordinatör olarak çalışmıştır. 2005 yılında Afyon Kocatepe Üniv.’de Öğretim Görevlisi unvanını almıştır. 2006 yılında Yrd. Doç. olmuş ve hala görevine devam etmektedir. Yurt dışında ve yurt içinde çeşitli projelerde yürütücü ve araştırmacı olarak

çalışmıştır. Ve şu anda da yürütücülüğünü yaptığı Tubitak destekli bir proje ve yardımcı yürütücü olduğu projeleri bulunmaktadır. 2003 yılında Londra’da “The A.M. Strickland Prize 2002” ödülünü almıştır. Ürün Geliştirme, Disiplinler Arası Ürün Tasarımı, Uzman Sistemler Ve Uygulamaları, Fabrika Simülasyonu, Anlaşmazlık Yönetimi, İmalat Ve Montaj İçin Tasarım konularıyla ilgilenmektedir. 30 civarında makalesi uluslararası dergi ve sempozyumlarda yayınlanmıştır. Çeşitli uluslararası dergiler ve Tubitak için hakemlik yapmaktadır.