

# Web Tabanlı Makina Kavramsal Tasarımı

Murat MAYDA, Hüseyin R. BÖRKLÜ

## ÖZET

Tasarım işlemi, fonksiyonel uzayda tanımlanan ihtiyaçların fiziki çözüm uzayında optimum karşılanması için yürütülen faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir. Tasarımı bilimsel temellere oturtmayı amaçlayan ‘Sistematik Mühendislik Tasarımı’, amacın netleştirilmesi, kavramsal, şekillendirme ve ayrıntılı tasarım aşamalarından oluşmaktadır. Bunlardan çok kritik bir öneme sahip olan kavramsal tasarım, bazı farklı tasarım kavramları (tasarım alternatifleri) oluşturma ve aralarından en uygun bir veya birkaçını seçmeyi içerir. Burada belirlenen fikir ve kavramlar, bunu izleyen tüm tasarım aşamalarını ve geliştirilecek sistemi oldukça çok etkiler. Son yarım asırlık süreçte BDT alanında yoğun araştırmalar yapılmış ve birçok deneysel / ticari yazılım geliştirilmiştir. Ancak güncel BDT yaklaşımları, farklı ve uzak yerlerdeki tasarımcıların müşterek çalışmalarını mümkün kılacak yaklaşımlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu amaçla web bir çözümdür ve böylece yeni kuşak BDT sistemleri geliştirilebilecektir. Bu çalışmada geliştirilen web tabanlı bir kavramsal tasarım programı tanıtılmaktadır. Çalışma kapsamında, genelde kavramsal tasarımın değerlendirme kısmı ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Kavramsal tasarım, sistematik tasarım

## Web Based Machine Conceptual Design

### ABSTRACT

The design process can be described as the all activities that embody an optimal description of a product in the physical solution space that satisfies the specification described in the functional requirement space. Systematic Engineering Design, which aims at providing a scientific basis for design, consists of the clarification of task, conceptual design, embodiment design and detail design. Conceptual design has a very important effect among these states and includes the development of various design concepts and the selection of the best solution. The ideas and solution principles generated during the conceptual design influence the entire following design activities and processes. Within the last 50 years intensive research has been conducted in the field of CAD and many commercial / experimental CAD tools have been developed. But, new CAD approaches have concentrated on the development of computational systems which allow different designers who are at various locations. Web is a solution for that purpose and as a result new generation of CAD systems can be developed. In this paper, the development of a web based conceptual design system is described. The paper is mainly concentrated on the evaluation phase of conceptual design.

**Key Words :** Conceptual design, systematic design

### 1. GİRİŞ

Henüz tam anlaşılmamış olmasına rağmen tasarımın oldukça karmaşık ve yüksek seviyeli yaratıcılık gerektiren bir faaliyet alanı olduğuna dair yaygın bir kanaat vardır. Tasarım alanında çalışan araştırmacıların yayımlarına bakıldığında, önce bunların birbirleri ile ilişkili ve farklı görüşlere sahip oldukları sanılabilir. Ancak konu daha ayrıntılı incelendikçe, hiçte öyle olmadığı anlaşılabilir. Bu araştırmacılara göre tasarım işlemi; “fonksiyonel uzayda tanımlanan ihtiyaçların fiziki çözüm uzayında optimum karşılanması için yürütülen faaliyetler bütünü” olarak tanımlanabilir [1]. Diğer bir ifade ile tasarım, birçok bilim dalı ve / veya disiplinin bir arada uygulandığı yaratıcı bir faaliyet alanı olup, faydalı mamul geliştirmeyi amaçlar.

Oxford İngilizce sözlüğüne göre ‘tasarım’ (design) [2]; “1. (n) gelecek ürün kroki veya planlanması v.b., bunu yapma sanatı, bir dekorasyonu şekillendiren çizgiler şeması veya biçimi, oluşum, ürünün saptanan biçimi, mantıklı plan, amaç; 2f. (v), bir şey için tasarım yapma, tasarımcı olma, niyet” olarak belirtilmiştir. Yani “tasarlama”, sadece teknik bir terim olmayıp genel teknolojik içerikli iletişim ve iş birliği dilinin bir parçası olarak tüm yaratıcı faaliyetleri göstermektedir [3]. Tasarım işlemine tesir eden birçok faktör vardır ve bunlardan önemli dördü şunlardır:

- *Tasarım alanı* - makine, elektrik, elektronik, mimari ve yazılım gibi,
- *Tasarım seviyesi* - sistem, fabrika, montaj ve parça gibi,
- *Tasarımcı tecrübesi* - tasarımcı eğitimi, yeteneği ve birikimi gibi,
- *Tasarımın içeriği* - yeni, düzeltme, değişken ve tekrarlı gibi.

Makale 11.09.2008 tarihinde gelmiş, 19.09.2008 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.

M. MAYDA, H. R. BÖRKLÜ Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Makine Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA  
e-posta : rborklu@gazi.edu.tr  
Digital Object Identifier 10.2339/2008.11.4. 353-363

Bunlardan ilk üç faktör yeterince açık olmakla birlikte dördüncü, ek açıklama gerektirmektedir [3, 4, 5].

- *Yeni tasarım*, özgün (orijinal) çözüm prensipleri ile yepyeni bir görev ve / veya problem(ler)in çözümünü içerir.
- *Düzeltilme tasarımı*, şekillendirme tasarımını yeni ihtiyaçlara göre uyarlama veya uygulamayı kapsar (bilinen prensip ve ispatlanmış çözümler kullanılarak).
- *Değişken (varyant) tasarım*, planlanmış sistem sınırları içinde parça ve montajın boyut ve oluşumu değiştirilir.
- *Tekrarlı tasarım*, değiştirilmeyen bir tasarımı tekrar üretime sokmayı kapsar.

Yukarıda dört farklı tasarım çeşidinden bahsedilmekle birlikte bunların kesin sınırları her zaman tayin edilemeyebilir. Gerçekte her tasarım, soyuttan somuta döngüsel ve gittikçe ayrıntılaştıran bir şekilde değişir ve gelişir. Diğer taraftan bir tasarım amacına ulaşma stratejisi, iki grupta tasnif edilebilir [4]:

- **Çözüm uyarlı:** tasarım uzayı ve ihtiyaçlar birlikte incelenirken bir başlangıç çözümü önerilir, analiz edilir ve sürekli değiştirilir / geliştirilir.
- **Problem uyarlı:** olası çözüm alternatifleri oluşturma öncesi özleştirme / genelleştirme yapılır ve problem yapısı analiz edilir.

Yaklaşık yarım asırlık bir zaman dilimi öncesine kadar tasarım, mühendislik biliminden daha çok bir sanat dalı olarak algılanıyor ve kabul ediliyordu. Ancak genelde Alman bilim adamlarının çaba ve araştırmaları sonucu teknik bir süreç haline dönüşmüştür. Pahl ve Beitz, mühendislik tasarımı için sistematik bir yaklaşım geliştirmiş [5] ve öğrencileri Feldhusen ve Grote bu yaklaşımı daha da ileri bir düzeye taşımışlardır [4]. 'Sistematik Mühendislik Tasarımı (SMT)' yaklaşımı, tasarımı bilimsel temeller ve izlenmesi gereken bazı kurallara bağlar. Bir başka ifade ile metodolojik teknikler kullanılarak tasarım işlemi, salt sezgi (ki bu da dışlanmaz) veya kişi yetenek ve yaratıcılığından bağımsız sistematik bir şekilde yapılabilmektedir. Böylece orta düzey tasarımcılar tarafından dahi iyi tasarımlar elde edilebilecektir. Bu, bir tasarımın fonksiyonel özelliklerini artırmanın yanı sıra yüksek dayanıklılıkta, daha basit, ucuz, hafif ve az malzeme kullanımı / israfı ile ve optimum şekilde elde edilmesini sağlayacaktır. Tasarım amaçlı tüm kaynak ve araştırmalarda en çok atıfta bulunan 'Sistematik Mühendislik Tasarım' yaklaşımı, şu dört ana aşamadan oluşmaktadır [4, 5]:

1. **Amacın netleştirilmesi:** iyi bir tasarım problem tanımının (ihtiyaç listesi veya tasarım şartnamesi) yapılabilmesi için gerekli tüm bilgilerin derlenmesi,

2. **Kavramsal tasarım:** bazı farklı tasarım çözüm kavramları (tasarım alternatifleri / seçenekleri) oluşturma ve aralarından bir veya birkaçının seçilmesi,
3. **Şekillendirme tasarımı:** seçilen çözüm kavramların geliştirilmesi, tasarım oluşum ve ön imalat işlemlerinin belirlenmesi,
4. **Ayrıntılı tasarım:** geometrik şekil, boyutlar, yüzey pürüzlülüğü, toleranslar ve parçalara ait diğer imalat özellikleriyle birlikte genel montaj yapısının belirlenmesi.

Sistematik mühendislik tasarım işlem aşamalarının nasıl adım adım organize edildiği ve uygulandığı, Şekil 1'deki şemada görülmektedir.

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT), yukarıda tanımlanan genel tasarım işleminin bilgisayar yardımı ile (özel yazılım ve gerekirse donanım kullanılarak) yapılmasıdır. Burada tasarımcı, bilgi ve yaratıcılık sağlamak ve tasarım işlemini kontrol etmektedir. Bilgisayar ise; değiştirilebilir grafik oluşturma, karmaşık tasarımları çabuk analiz etme ve veri depolama veya geri getirme gibi yollarla tasarım işlemini verimli kılmaktadır. Böylece bir BDT sistemi, en iyi mamulü, daha ucuz ve hızlı geliştirmek için tasarımcı ve bilgisayarların üstün özelliklerini / yeteneklerini birleştirmektedir [6].

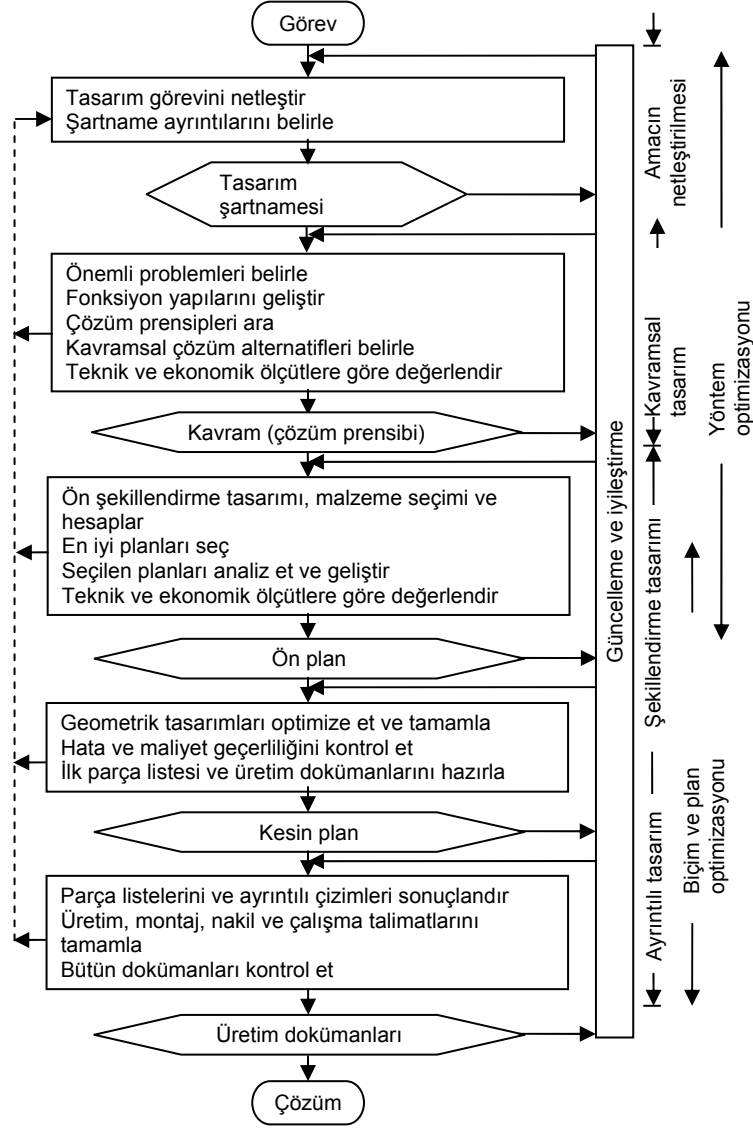
## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Geçmişte tasarım, bir şirket ve müşterek çalışan bir tasarım grubu ile yapılırdı. Son ürün geliştirme paradigmaları, bu işlemlerin farklı yerlerde bulunan tasarımcı / uzmanlarca yapılacağını göstermektedir [7]. Mevcut bilgisayar destekli mühendislik yazılım kuşağı, önceki metotlara göre ürün geliştirmede devrim yaratmış ve teknolojiyi oldukça ileri taşımıştır. Ancak bu bilgisayar sistemleri, geleneksel ürün geliştirme işlemlerine dayanmakta ve yeni endüstriyel paradigmaları yeterince desteklememektedir. Amerikan Bilim Araştırma Kurumu'nun yakın tarihli bir raporunda, uzaktan ve internet üzerinden kullanım ve koordinenin yeni kuşak BDT sistemleri geliştirmede önemi vurgulanmaktadır [8].

Tasarım, birçok uzmanın müşterek çalışması gereken bilgi yoğun bir işlemdir. Bu bilginin temin ve kullanımını koordine eden uzaktan destek, rekabet gücü yüksek yeni ürün tasarımında çok gereklidir. Bütünleşik tasarım, birçok tasarımcı ve uzman yeteneği gerektirir. Bunlar, çeşitli modeller veya simülasyonlar oluşturur ve farklı tür veya düzeyde bilgi sağlarlar. Modern tasarım problemleri, çeşitli branş ve uzmanlık gerektiren karmaşık bir düzeydedir ve tek bir tasarımcı tarafından çözülemez. Ürün tasarım / modelleme amaçlı mevcut bilgisayar destekli sistemler, genelde tek başına çalışır. Böylece BDT sistemlerinde, dağınık ve yayılmış bir modelleme yaklaşımına ihtiyaç vardır. Geniş alanlı ağ vasıtasıyla, uzaktan web tabanlı tasarım sistemlerine bağlantı yapılabilir. Burada çalışan BDT sistemleri, ağ üzerindeki birçok kullanıcı iletişimini destekler. Bu iş-

lemde kullanıcı, normal donanım ve yazılıma ilave bir sisteme ihtiyaç duymaz. Bu tür bir sistem, şu avantajları sağlayabilir [7]: (1) web sunucusu, tasarım sistemi için iyi bir ara birim sunar, (2) referanslı metin nakil protokolü (HTTP) tasarım sistemlerinde standart bir iletişim yolu olabilir, (3) internet üzerindeki çeşitli donanım ve yazılım kaynaklarından faydalanılabilir.

incelenmiş ve bazı modelleme teknikleri geliştirilmiştir. Bunların çoğu, özel ürün veya çeşitli tasarım faaliyet alanlarına yöneliktir. Örneğin, geometrik modelleme esas itibari ile ayrıntılı tasarımı desteklerken; bilgi modelleme, kavramsal tasarımda kullanılır. Bu tekniklere dayalı NIST'teki bir tasarım arşivleme projesi, ürün modellemeyi ilişkili ve farklı üç açıdan temsile çalışır.



Şekil 1. Tasarım işlem basamakları [4]

Bilgisayar destekli ağ merkezli tasarım sistemi geliştirme amacıyla son yıllarda birçok araştırma yapılmıştır [9, 10, 11]. Bunlardan bazıları imalat, servis ve ürün bilgi paylaşımında işbirliği / koordinasyonda tasarımcıya yardımcı olur [12, 13]. Diğerleri ise, tasarım sınırlayıcıları arası çelişkileri çözer veya karar işlemlerinde destek sağlar [14, 15].

Tasarımcı, tasarım sürecinde çeşitli karmaşıklık düzeyli bilgiyi derler, üretir, yorumlar, depolar ve kullanır. Genelde tasarım bilgisi, ürün ve tasarım işlem bilgisi olarak ikiye ayrılabilir [16]. Ürün bilgisi, kapsamlı

Bunlar [8]: fiziki oluşum (biçim), tüm etkiyi belirleme (fonksiyon - ne yapar?) ve çalışma etkileri (davranış - nasıl yapar?). Gelecek kuşak BDT sistemi geliştirme amaçlı yeni NIST araştırmaları, tasarım bilgisinin öz ve yukarıda belirtilen farklı açılardan temsili içerermekte ve NIST çekirdek ürün modeli olarak adlandırılmaktadır (Core Product Model, CPM [12, 13]). Ayrıca CPM, ürün ve montaj bilgisini birleştirir / bütünleştirir ve temel düzeyli bir ürün modeli sağlar. Yani bu: bir ticari yazılıma bağımlı olmayan, açık, mülkiyet / tekel bağımsız, genişletilebilir, özel bir ürün geliştirme sisteminden bağımsız ve çok paylaşılan mühendislik bilgi içerikli bir

modeldir. Çekirdek model; fonksiyon, biçim, davranış, malzeme, fiziki ve fonksiyonel ayrıştırma ve bunlar arası ilişkileri kapsayan bir temsil yaklaşımıdır. Eleman ilişkili veri modeli, bu modeli oldukça etkiler.

Tasarım işlem bilgisi, tasarım faaliyetleri (motivasyon, düşünme, çalışma, karar gibi) ve tasarım geliştirme mantığı olarak ikiye ayrılabilir. Tasarım geliştirme mantık temsili, ürün fonksiyonuna dek uzanan oldukça karmaşık bir konudur. Tasarım yapı matrisi, tasarım faaliyet temsili amaçlı kullanılmış ve bazı araştırmalar yürütülmüştür. Örneğin web tabanlı prototip bir sistem, MIT’de geliştirilmiştir. Ancak, tasarım geliştirme mantığı alanında birkaç araştırma bulunmaktadır [17]. Seans temsili açısından tasarım bilgisi, arşiv ve üretilen olarak ikiye ayrılabilir [18]. Bunlardan ilki, kaynak ve arşivlerde mevcut tasarım bilgisini belirtirken (tasarım ve mühendislik el kitapları gibi); diğeri, tasarım işlemi esnasında üretilen bilgiyi ifade eder. Kaynaklardaki bilgi temsili:

1. Mevcut bilgiyi (tecrübeler de dahi) bazı prensip, geliştirme mantığı ve sınırlayıcılar şeklinde genelleştirme ve sınıflandırma (TRIZ gibi [4]).
2. Benzerlik tabanlı tasarım [19] ve uygulama araştırmaları. Örneğin İngiltere’deki Lancaster Üniversitesi’nde bütünleşik bir bilgi temsil metodolojisi ve bilgi tabanı geliştirilmiştir. Ayrıca, mühendislik bilgi yönetimi amaçlı bir yazılım da geliştirmiştir. Bu yazılım; geçmiş tasarım bilgi tabanından çözüm arama ve ürün tasarımında olası alternatifler aramada mevcut teknolojileri sağlar. Bilgisayar destekli üretilen bilgi, tekrar kullanım ve arşivlemede dinamik tasarım bilgisi oluşturur. Bu alanda da birkaç araştırma vardır. Blessing [20], ürün modelinden ziyade tasarım işlemine dayalı bir destek sistemi önermektedir. Burada yapı ve faaliyetleri temsil için, küme tasarım matrisi kullanılmaktadır. Bir başka araştırma alanı ise, ürün temsilinde ontoloji (bir alanda mevcut olanlar ve ilişkileri) kullanımınıdır [21].

Buna göre açık ve tam tasarım bilgisi ve tasarım sürecinde karar amaçlı faaliyetlere destek gereklidir. Rodgers v.d. [22], web tabanlı YZ araçları kullanan bir tasarım destek sistemi tanıtmaktadır. Bu sistem, tasarım bilgisi araştırmada tasarımcılara destek sağlamaktadır. Burada YZ, metin yaklaşımı olarak kullanılır ve tasarımcılar arası iletişim kolaylaşmaktadır.

Bilgisayar destekli müşterek tasarım, mühendislik tasarım çalışmalarına yardımcı bilgisayar teknolojisi kullanır. Bu alanda kavram paylaşımı ve oluşturmada bilgisayar destekli koordine önemlidir. Birçok birey ve organizasyon servis sağlayabilir ve bütünleşik bir ürün modeli oluşturma sürecindeki katılımcılar, ayrıntı veya özel model veri yapısından uzaklaşmaz. Burada uzman bilgisi düzenleme veya teknolojisi sağlamak çok önem-

lidir. Nesnel uyarlı bir yaklaşım, bu tür bilgi düzenleme ortamı sağlar. Ayrıca nesnel uyarlı bir mimari, dağıtılmış bir bilgisayar çevresine oldukça uygundur [23]. Dağıtılmış nesne teknolojisi, Genel İstek Araç Mimarisi (CORBA) [24] ve DCOM / ActiveX [25] gibi, dağıtılmış bilgisayar çevre ihtiyaçlarını gidermede kullanılabilir. Bir bilgisayar platformu ve dil bağımsız arabirim tanımı, yazılım uygulamaları arası iletişime izin verir. Örneğin World Wide Web, platform bağımsız protokol (HTTP) ve dil bağımsız bilgi sunma şeması (HTML) ile etkin ve yaygın kullanılmaya başlamıştır. Modüler ve kısımlardan oluşan yazılım teknolojisi, müşterek bir BDT sistemi oluşturmak için uyarlanmıştır. Wang v.d. [26], modüllere dayalı bir müşterek tasarım yaklaşımı önermiştir. Bu modüller; tekrar kullanılabilir, veri ve metotları sergilenebilir, diğer uygulamalarca ulaşılabilir ve çalıştırılabilir. Zeki yordamcı (ajan) metodu, temel sistem modülü olarak kullanılmaktadır. Ancak bunlar; bilgi değil, veri odaklıdır.

Dağıtılmış tasarım sistemleri: dağıtılmış tasarımcılara ulaşım veya farklı yerlerdeki tasarımcıların çeşitli kaynaklara erişim / müşterek kullanması şeklinde olabilir. Merkezden yayma, merkezi modellenmeyen / kontrol edilmeyen tasarım katılımcı veya modeller arası koordine manasındadır (www benzeri). Bu, dağıtılmış kaynak etkileşimleri ile merkezi kontrol sistem büyüklüğü ve esnekliğini kısıtlayabilir. Pahng v.d. [27], dağıtılmış nesne modelleme ve değerlendirmeye dayalı, müşterek tasarım modelleme ve karar desteği için web tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem, disiplinler arası problemleri modüler alt sistemlere ayırır ve tasarımcılar arası bilgi ve sorumluluğu paylaşır. Ayrıca modelleme elemanlarının yeniden kullanımları da kolaylaşır. Böylece tasarımcı, matematiksel model veya modüller tanım yapabilir ve büyük modeller oluşturmak için bunları birleştirebilir. Burada öncelik belirleme ve farklı açılarından tasarım alternatiflerini değerlendirmede çoklu karar metodu kullanılmıştır. Servis değiştirme ağı, bütünleşik bir eş zamanlı sistem modeli oluşturur. Ağ merkezli müşterek tasarım için başka programlar da vardır (Örneğin [28, 29], mimari veya çerçeveler). Bunlar, çoklu kullanıcı sistem mimarisi, örneğin kara tahta tabanlı PICE [30], DIS [31]; veri ve model değiştirme sistemleri, örneğin SHARE [23], NIIP [32] ve çoklu yordamcı tabanlı dağıtılmış sistem mimarileri gibidir.

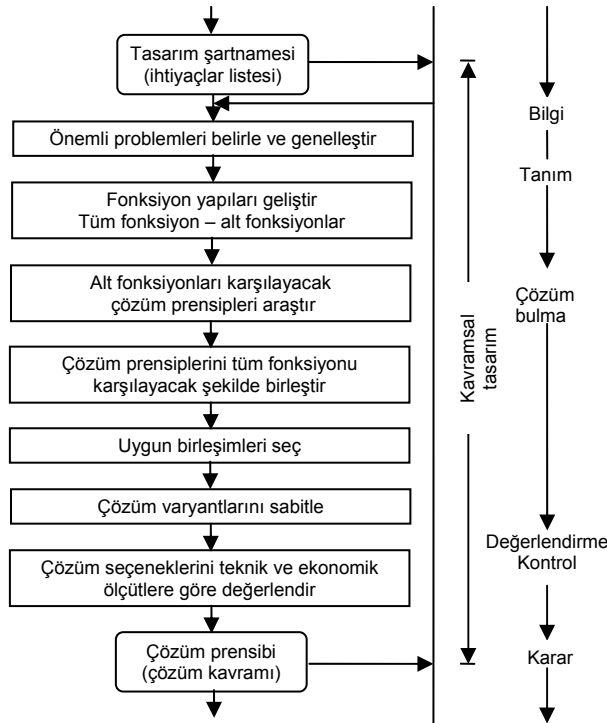
Müşterek tasarım modelleme ve karar işlemlerini destek için geliştirilmiş bilgisayar sistemleri, farklı amaç ve açılardan aşağıdaki gibi tasnif edilebilir [33]:

1. İşlem merkezli müşterek tasarım ve iş akış yönetim sistemleri,
2. Mühendisler için zaman gerektiren ürün veri ve bilgisi elde edecek müşterek ürün veri / bilgi yönetim sistemleri,
3. Ağ tabanlı müşterek tasarım sistemleri. Bunlar da; web bağımsız ve web bağımlı sistemlerdir,

4. Müşterek tasarımda çelişki belirleme, yönetme ve çözme sistemleri,
5. Farklı özellikli, müşterek tasarım sistemine dayalı uzaktan kullanım yaklaşımları.

### 3. MAKİNA KAVRAMSAL TASARIMI

Ürün planlama ve ihtiyaç listesi (tasarım şartnamesi) sonrası aşamayı teşkil eden “Kavramsal Tasarım” sürecinde; önemli ve genel problemler tanımlanır, bu problemlere uygun fonksiyon yapıları geliştirilir ve çözüm prensipleri aranır, bunların optimum birleşimleri ile bazı tasarım seçenekleri (tasarım çözümleri) elde edilir ve çeşitli değerlendirme yöntemleri uygulanarak bir (veya daha fazla) kavramsal çözüm(ler) bulunur. Burada özetlenen kavramsal tasarım işleminde izlenmesi gereken adımlar Şekil 2’de verilmektedir [4]



Şekil 2. Kavramsal tasarım basamakları [2]

#### 3.1. Tasarım Şartnamesi

Tasarım şartnamesi, özel bir tasarım çözümünün karşılaması gereken ihtiyaçları içerir. Bu ihtiyaçlar, tasarım sürecine bağlı sürekli değiştirilir ve güncellenir. Burada ihtiyaçlar, istek ve arzular cinsinden belirtilmelidir. İstekler, tasarım çözümü tarafından mutlak surette; arzular ise, ekonomik ve teknolojik olanakların elverdiği ölçüde karşılanması gereken ihtiyaçlardır.

#### 3.2. Önemli Problemleri Genelleştirme

Tasarım şartname ihtiyaçları, önemli ve genel ifadelerle indirgenmeli ve problem bağımsız terimlerle tanımlanmalıdır. Bu işlem, şöyle yapılabilir: 1) kişisel öncelikleri ihmal, 2) fonksiyon ve önemli sınırlayıcıları dolaylı etkileyen ihtiyaçları dikkate almama, 3) nicel ve

rileri nitellere dönüştürme ve önemli ifadelerle indirgeme, 4) bir önceki maddeyi genelleştirme ve 5) problemi bağımsız terimlerle ifade etme.

#### 3.3. Fonksiyon Yapıları Geliştirme

Teknik anlamda fonksiyon; bir sistemin (fabrika, makine veya montaj) girdi ve çıktıları arasındaki ilişkidir. Sistemin genel işlevi, tüm; alt kısım işlevleri ise, alt fonksiyonlar ile gösterilir. Tüm fonksiyon, sistemin iç yapısı / ayrıntısını göstermez ve sadece genel durumunu yansıtır. Alt fonksiyonların uyumlu / anlamlı birleşimi ile bir fonksiyon yapısı oluşturulur. Bu, normal programcılıktaki akış şeması benzeri bir yapıdır ve tasarımı formüle eder. Tüm fonksiyon ve fonksiyon yapısı, aynı tür enerji, sinyal ve malzeme girdi ve çıktılarına sahiptir.

#### 3.4. Alt Fonksiyonlar için Çözüm Prensipleri Arama

Bir tasarıma ait fonksiyon yapısı geliştirilmesi sonrası bu şemada yer alan alt fonksiyonlara mümkün olduğunca fazla çözümler aranmalıdır. Bu çözümler, temel prensipler cinsinden olmalı ve basit şematik veya metinsel ifade edilmelidir. Çözüm arama amaçlı: (1) geleneksel, (2) sezgi ve (3) sistematik (veya şüphe) temelli birçok yöntem kullanılmaktadır.

#### 3.5. Çözüm Prensiplerini Birleştirme

Alt fonksiyonlar için bulunan çözüm prensipleri, daha sonra bir sınıflandırma şeması ile gösterilmelidir. Burada alt fonksiyonlar ve olası çözümleri düzgün bir sütun - satır sırasında girilmelidir. Arkasından bu çözümlerin uygun ve mantıklı çeşitli birleşimleri ile farklı tasarım kavramları (varyantları) elde edilir. Bu işlemde çözüm prensipleri arası fiziki ve geometrik uyum ile ekonomik ve teknik özelliklere dikkat edilmelidir.

#### 3.6. Uygun Birleşimleri Seçme

Bulunan farklı tasarım kavramları; işlev, uygulanabilirlik ve maliyet gibi bazı ölçütlere göre değerlendirilir ve aralarından iyi olanlar seçilir. Bu amaçla standart bir seçim kartı kullanılır. Bu ilk değerlendirme sonrası seçilen tasarım kavramları, genelde şematik olarak ta gösterilir ve daha açık ifade edilir.

#### 3.7. En İyi Kavramsal Tasarımı Belirleme

Birçok alternatif arasından ilk değerlendirme ile belirlenen birkaç tasarım kavramı, daha sonra ikinci ve üçüncü değerlendirme işlemleri ile teke düşürülmelidir. Bu değerlendirme işlemleri; bir amaçlar ağacı hazırlama ve burada belirlenen ölçütlerin parametrelere aktarımı ile değer profil diyagramlarını içerir. İkinci değerlendirme işlemi sonucu genelde en iyi iki ve son değerlendirmede ise, en cazip gözükten kavramsal tasarım belirlenir. Son değerlendirme aşamasında belirlenen tasarım kavramı, izleyen tüm tasarım aşamalarında esas alınır.

#### 4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KAVRAMSAL TASARIM

##### 4.1. Sistemin Akış Şeması

Piyasada mevcut tasarım amaçlı ticari yazılımlar, genelde hazır model geliştirme ve analizinde kullanılmaktadır. Bunlar, kavramsal tasarım geliştirme ve değerlendirme işlemlerine nitelikli destek sağlamamaktadır. Buna karşın kavramsal tasarım, tüm tasarım işlemi içinde çok kritik bir yer ve öneme sahiptir. Çünkü diğer tüm çalışmalar burada belirlenen fikir ve çalışma (çözüm) prensiplerine dayanır.

Bu çalışmada, kavramsal tasarım aşamalarını destekleyecek web tabanlı bir bilgisayar sistemi (WEBKATA) geliştirilmiştir. Bu bilgisayar sisteminin genel bir akış şeması, Şekil 3'te görülmektedir. Burada Pahl ve Beitz'in 'Sistemik Tasarım' [4] ve Cole'nin önerdiği 'Fonksiyonel Çözümleme' [34] yaklaşımları esas alınmıştır.

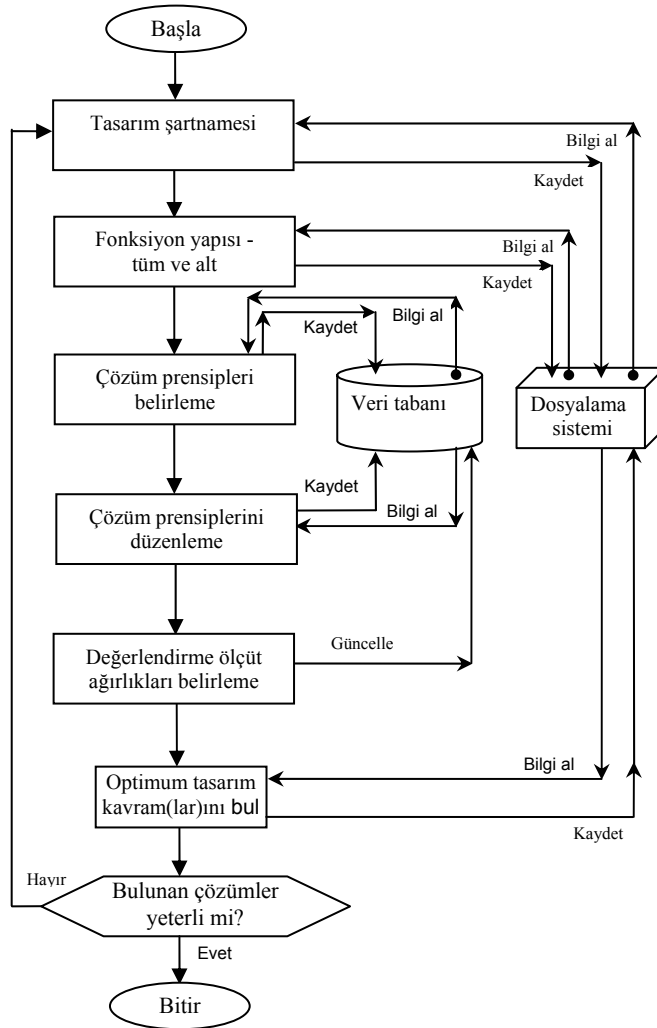
WEBKATA sistemi, kavramsal tasarım işleminin şu dört aşamasını uygulama ve bunlara nitelikli destek sağlamayı mümkün kılmaktadır:

- Tasarım şartnamesi belirleme,
- Fonksiyon yapıları (tüm ve alt fonksiyonlar) ve çözüm prensipleri belirleme,
- Genel değerlendirme ölçüt ağırlıkları belirleme ve
- En uygun çözüm prensipleri (kavramlar) bulma ve bilgisayar ortamında saklama.

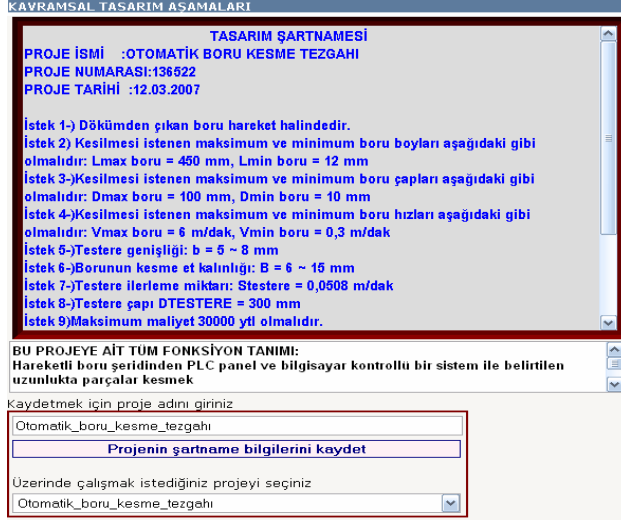
Ayrıca sistem, tüm bu işlemlerin internet üzerinden yapılmasına ve böylece uzakta bulunan kullanıcıların sistemin sunduğu olanaklardan yararlanmasına izin vermektedir.

##### 4.2. Sistemin Kullanımı

Önce tasarımın karşılaması gereken ihtiyaçlar, tasarım şartnamesinde belirtilmelidir. Daha sonra temel problemler saptanır ve fonksiyon yapısı (tüm ve alt fonksiyonlar) geliştirilir. Arkasından tasarım şartnamesi ve tüm fonksiyon tanımları WEBKATA sistemine girilir. Bu işlemlere ait bir örnek, Şekil 4'deki otomatik boru kesme tezgâh tasarımı ile gösterilmiştir

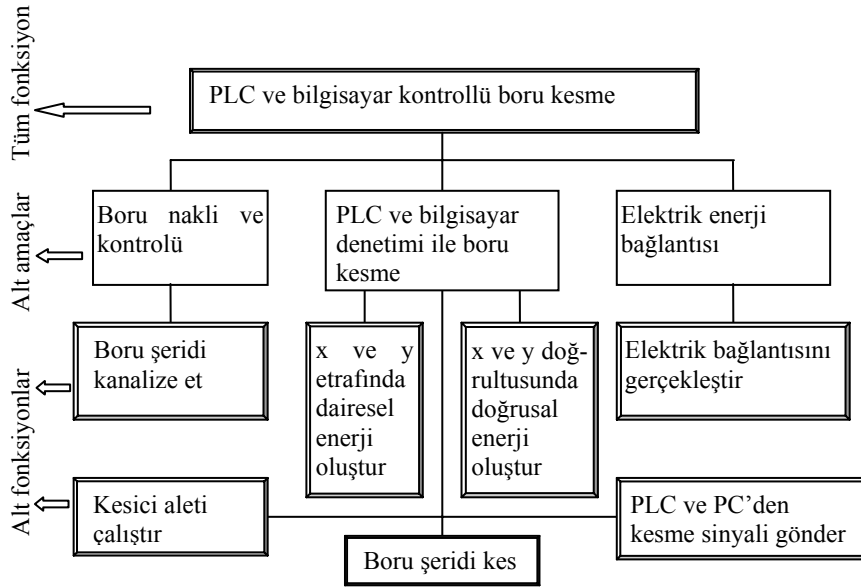


Şekil 3. Geliştirilen WEBKATA sisteminin işlem akışı şeması



Şekil 4. WEBKATA sistemine tasarım tanımı girme (şartname, tüm fonksiyon tanımı).

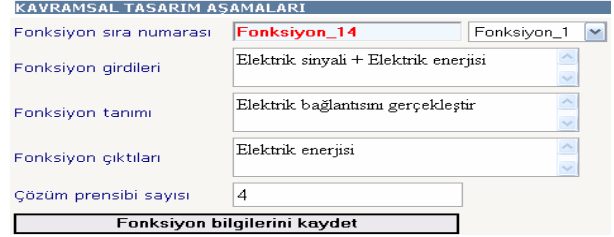
Daha sonra tasarıma ait çeşitli fonksiyon yapıları geliştirme, analizi ve bunlara sınıflandırma şeması hazırlanır. Aynı örneğe ait hiyerarşik bir fonksiyon diyagramı, Şekil 5’de gösterilmiştir.



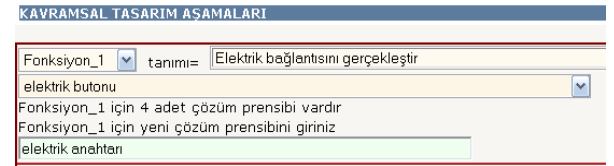
Şekil 5. Otomatik boru kesme tezgâhi hiyerarşik fonksiyon diyagramı

WEBKATA sistemi, genişletilebilir ve eklentiler yapılabilir bir karakterde geliştirilmiştir. Yani kullanıcı, yeni ihtiyaçlar doğrultusunda her zaman sisteme yeni fonksiyon ve çözümleri (çözüm prensipleri) ilave edebilmektedir. Bu işlemlerin nasıl yapıldığını gösteren örnek ekran çıktıları, Şekil 6 ve 7’te verilmiştir. Ayrıca tasarlanmakta olan sistemin alt fonksiyonları ve bunlara ait olası tüm çözümler, sınıflandırma şemaları ile gösterilir ve buradaki çözümlerin uygun her kombinasyonu ise, sisteme ait alternatif bir kavramsal

çözüm olacaktır. Örnek tasarıma ait bir sınıflandırma şeması ise, Çizelge 1’de görülmektedir.



Şekil 6. WEBKATA sistemine yeni bir alt fonksiyon ekleme



Şekil 7. WEBKATA sistemine yeni çözüm prensibi ekleme

len yüzde ağırlıkları sembollerle görülmektedir. Ana ve alt ölçütler kendi içinde ağırlık olarak yüz değerini sağlamaları gerekmektedir. Bu durum matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$A_{y1} + B_{y1} + C_{y1} + D_{y1} + E_{y1} + F_{y1} + G_{y1} + H_{y1} = 100$$

$$A_{y11} + A_{y12} + A_{y13} + A_{y14} + A_{y15} = 100$$

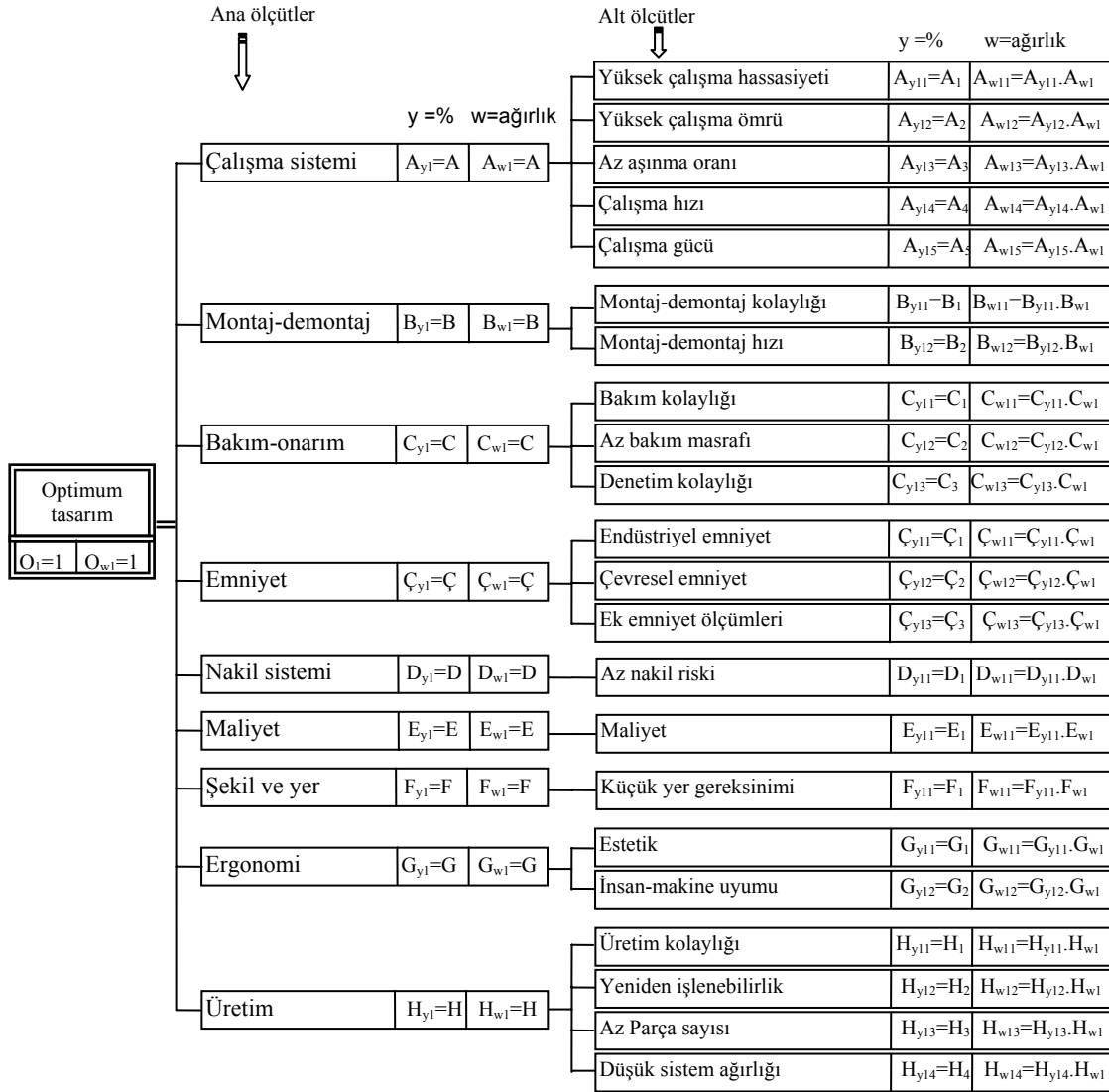
$$H_{y11} + H_{y12} + H_{y13} + H_{y14} = 100 \text{ olmalıdır.}$$

Çizelge 1. Otomatik boru kesme tezgâhına ait alt fonksiyonlar ve çözüm prensipleri

Çözüm prensibi Alt fonksiyon	1	2	3	4
<p>1</p>	Elektrik butonu	Elektrik anahtarı	Kontaktör	Şalter
<p>2</p>	PLC&PC			
<p>3</p>	Profil-1	Profil-2	Profil-3	Profil-4
<p>4</p>	Servo motor	Step motor		
<p>5</p>	Servo motor	Step motor		
<p>6</p>	Kam mekanizması	Krank-biyel mekanizması	Güç vidası	Bilyalı vida sistemi
<p>7</p>	HSS freze testere	Krom vanadyum daire testere	Sert metal uçlu (elmas) testere	HSS profil testere







Şekil 8. Kavramsal tasarımları değerlendirmede kullanılan amaçlar ağacı

Örneğin; “Yüksek çalışma hassasiyeti” alt ölçütünün değerlendirme aşamasında tüm tasarım içindeki ağırlık değeri,  $A_{w11}=A_{y11}.A_{w1}$  olacaktır. Benzer tarzda diğer ölçütlerin de ağırlıkları belirlenir ve bunların toplamı ise, 100 (veya 1) tam puana eşit olur. Yani;

$$A_T = \sum_{i=1}^5 A_{w1i} \cdot A_{w11i} \quad , \quad B_T = \sum_{i=1}^2 B_{w1i} \cdot B_{w11i} \quad , \quad \dots$$

$$H_T = \sum_{i=1}^4 H_{w1i} \cdot H_{w11i} \quad \text{olmak üzere,}$$

Bu çözüm prensibine ait toplam ölçüt ağırlığı:

$$\text{Ağırlık ölçüt} = A_T + B_T + C_T + \checkmark_T + D_T + E_T + F_T + G_T + H_T \text{ olur.}$$

Böylece kavramsal tasarımların değerlendirme ve ölçümü, daha iyi, objektif ve optimum yapılabilecektir. Tüm bu işlemler, hazırlanan bilgisayar yazılımı ile otomatik yapılmakta ve tasarımcıya kaliteli destek sunulmaktadır. Örnek tasarım problemi otomatik boru kesme tezgâhına ait alt fonksiyonlar, bunlara ait elde edilen kavramsal tasarım çözümleri ve değerlendirme sonuçları, Şekil 9’da verilmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tasarım işlem ve içeriği, güncel web tabanlı tasarım araştırmaları ve benzer amaçlı geliştirilen bir kavramsal tasarım programı tanıtılmıştır. Bu makale kapsamında daha çok kavramsal tasarımın değerlendirme kısmı üzerinde durulmuştur. Bu araştırmada elde edilen genel sonuçlar şu şekilde belirtilebilir:

1) Kavramsal tasarım amaçlı geliştirilecek yazılımlar ile bu işlemden tasarımcıya kaliteli destek sağlanabilir. Araştırma kapsamında bu husus, özellikle değerlendirilmede gösterilmiştir.

2) Yapılan bu çalışmada, fonksiyon yapıları esas alınmış ve tasarım formülasyonunda kullanılmıştır. Alt fonksiyonlara olası ve fazla çözümler aranması, bunların sınıflandırma şemalarında gösterilmesi ve uygun

mümkün kılmak için, şematik diller UML ve SysML kullanılabilir [8].

c) Bu sisteme ayrı bir grafik tabanlı modül eklenebilir ve çözümler üç boyutlu olarak gösterilebilir. Böylece endüstri kuruluşlarında tasarım faaliyetleri daha etkili, hızlı ve verimli yürütülebilir, teknik okullarda ise; tasarım ders kalitesi artırılabilir.

KAVRAMSAL TASARIM AŞAMALARI						
id numarası	Fonksiyon adı	Fonksiyon girdisi	Fonksiyon	Fonksiyon çıktısı	Çözüm sayısı	
<a href="#">Düzenle</a> <a href="#">Sil</a> 11	Fonksiyon_1	Elektrik sinyali + Elektrik enerjisi	Elektrik enerjisini ilet	Elektrik enerjisi	4	
<a href="#">Düzenle</a> <a href="#">Sil</a> 12	Fonksiyon_2	Elektrik enerjisi	Dairesel mekanik enerji oluştur	Dairesel mekanik enerji	2	
<a href="#">Düzenle</a> <a href="#">Sil</a> 13	Fonksiyon_3	Dairesel mekanik enerji	Doğrusal mekanik enerji oluştur	Doğrusal mekanik enerji	4	
<a href="#">Düzenle</a> <a href="#">Sil</a> 14	Fonksiyon_4	Doğrusal mekanik enerji	Büyükliğini artır	Doğrusal mekanik enerji	2	
<a href="#">Düzenle</a> <a href="#">Sil</a> 15	Fonksiyon_5	Doğrusal mekanik enerji	Doğrusal mekanik enerjiyi azalt	Doğrusal mekanik enerji	2	

**1 2 3**

Tüm fonksiyonu oluşturacak alt fonksiyon yapılarının ID numaralarını seçiniz

11  12  13  14  15  18  19  20  21  23  25  27  28

**11 numaralı Fonksiyon\_1 için 4 numaralı elektrik butonu kullanılmalıdır.**  
**12 numaralı Fonksiyon\_2 için 7 numaralı Servo motor kullanılmalıdır.**  
**13 numaralı Fonksiyon\_3 için 12 numaralı Krank - Biyel mekanizması kullanılmalıdır.**  
**18 numaralı Fonksiyon\_6 için 15 numaralı PLC panel kullanılmalıdır.**  
**25 numaralı Fonksiyon\_11 için 19 numaralı HSS Profil Testere kullanılmalıdır.**  
**27 numaralı Fonksiyon\_12 için 20 numaralı Ucu kapalı tüm daire profilii kullanılmalıdır.**  
**28 numaralı Fonksiyon\_13 için 24 numaralı PC (Klavye) kullanılmalıdır.**

Listeden seçili olanı sil

Şekil 9. Otomatik boru kesme tezgâhı için çözüm ve değerlendirme sonuçları

kombinasyonları ile sistem ait tasarım çözüm uzayı mümkün en geniş kapsamda olabilecektir.

3) Genel değerlendirme ölçüt kapsamı, tasarlanacak makine sistem alanlarına göre program kodlarına müdahale edilerek genişletilebilmektedir. Böylece makine kavramsal tasarımda alan esnekliği sağlanabilir.

4) WEBKATA sistemi, internet ortamında çalışmasından dolayı, farklı ve uzak yerlerdeki tasarımcıların müşterek çalışmalarını mümkün kılar. Böylece zaman ve maliyetten büyük tasarruf sağlanabilir.

Bu çalışmaya ilave araştırmalar şu doğrultularda yapılabilir:

a) Sisteme; ürün planlama, şekillendirme ve ayrıntılı tasarım aşamaları eklenerek tüm tasarım işlemi bilgisayar destekli bir hale getirilebilir.

b) Web tabanlı tasarım sisteminin daha etkin ve farklı yerlerdeki tasarımcıların müşterek çalışmasını

## 6. KAYNAKLAR

- Börlü, H.R., "Makina Mühendisliğinde Tasarım ve Tasarım İşlem Modelleri", Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, Matim - Makina Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara, C. 3, S. 1, Say. 35-41, Haziran 1995.
- "Oxford sözlüğü", <http://www.oed.com/>.
- J. Feldhusen, "<http://www.ikt.rwth-aachen.de/en/education/downloads-education.html>".
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. ve Grote, K. H., "Engineering Design – A Systematic Approach", Springer Verlag, 3. Baskı, London, UK, 2007.
- Pahl, G. ve Beitz, W., "Engineering Design", The Design Council, Springer-Verlag, London, 1988.
- Kertlioğlu, S., "Üretim İçin Tasarım", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Bölümü, Mayıs 1998.
- Allen, R.H., v.d., "The Role of Standarts in Innovation", Technological Forecasting and Social Change, 64, 171-181, 2000.

8. Kim, J. v.d., "Data Exchange of Parametric CAD Models Using ISO 10303-108", Technical report, NISTIR 7433, USA, July 2007.
9. Kondun, G., Chandrakasan, A., "Framework for collaborative and distributed web-based design", in: Proceedings of Design Automation Conference, Proceedings of the 1999 36th Annual Design Automation Conference (DAC), New Orleans, LA, USA, 21—25 June, pp. 898—903, 1999.
10. Sriram, R.D., "Distributed and Integrated Collaborative Engineering Design", Sarven Publishers, Glenwood, MD 21738, December, 2002.
11. Sobolewski, M.W., J.W. Erkes, "CAMnet: architecture and applications", in: Proceedings of Concurrent Engineering: a Global Perspective", McLean, VA, pp. 627—634, 1995.
12. Fenves, S.J., "A core product model for representing design information", NISTIR 6736, NIST, Gaithersburg, MD, 2001.
13. Sudarsan, R., Han, Y.H., Feng, S.C., Roy, U., Wang E., Sriram R.D., Lyons, K., "Object-oriented representation of electro-mechanical assemblies using UML", NISTIR 7057, NIST, Gaithersburg, MD, 2003.
14. Wang, K.-L., Jin, Y., "Managing dependencies for collaborative design", Proc. of 2000 ASME Design Engineering Technical Conf. and Computers and Information in Engineering Conference, Baltimore, MA, 10-13, September, 2000.
15. Lu, S.C.Y., Cai, J., Burkett, W., Udawadia, F., "A methodology for collaborative design process and conflict analysis", Annals of CIRP 49 (1), 69-73, 2000.
16. Stokes, M., "Managing Engineering Knowledge: MOKA Methodology for Knowledge Based Engineering Applications", MOKA Consortium, London, 2001.
17. Pena-Mora, F., Sriram, R.D., Logcher, R., "Conflict mitigation system for collaborative engineering", AI EDAM-Special Issue of Concurrent Engineering, 9 (2), 101-123, 1995.
18. Zha, X.F., Fu, M.F., Lu, W.E., Ma, Zhu, C.F., "Knowledge modeling in design process-knowledge modeling in product family design for mass customization", SIMTech Technical Report, MIT/02/03 1/PDD, Singapore, 2002.
19. Wood III, W.H., Agogino, A.M., "Case based conceptual design information server for concurrent engineering", Computer-Aided Design, 8 (5), 361-369, 1996.
20. Blessing, L.T.M., "A process-based approach to computer supported engineering design", Ph.D. Thesis, University of Twente, 1993.
21. Patil, L., Dutta, D., Sriram, R.D., "Ontology-based exchange of product data semantics", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2 (3), 213-225, 2005.
22. Rodgers, P.A., Huxor, A.P., Caldwell, N.H.M., "Design support using distributed web-based AI tools", Research in Engineering Design, 11,31-44, 1999.
23. Toyé, G., Cutkosky, M.R., Tenenbaum, JM., Glicksman, J., "SHARE: A methodology and environment for collaborative product development", Proc. of Second Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, Morgantown, West Virginia, pp. 33-47, 1993.
24. Siegel, J., "CORBA: Fundamentals and Programming", OMG, 1996.
25. Chappel, D., "Understanding ActiveX and OLE", Microsoft Press, Redmond, WA, 1996.
26. Rosenman, M., Wang, F.J., "A component agent-based open CAD system for collaborative design", Automation in Construction, 10, 383-397, 2001.
27. Pahng, F., Senin, N., Wallace, D.R., "Distribution modeling and evaluation of product design problems", Computer-Aided Design, 30(6), 411-423, 1998.
28. MADEFast, <http://madefast.srnford.edu/>, 1999.
29. RaDEO, <http://elib.cme.nist.gov/radeo/>, 1998.
30. Sriram, R.D., Logcher, R., "The MITDICE Project", IEEE Computer, 64-65, 1993.
31. Bliznakov, P.I., Shah, JJ., Jeon, D.K., Urban, S.D., Design information system infrastructure to collaborative design in a large organization", Proc. of ASME DETC'95, vol. 1, Boston, MA, pp. 1-8, 1995.
32. NIIIP, <http://www.niiip.org/>, 1999.
33. Li, Y.L., Shao, X.Y., Li, P.G., Liu, Q., "Design and implementation of a process-oriented intelligent collaborative product design system", Computer in Industry, 53, 205-229, 2004.
34. Cole, E.L., "Functional analysis: A system conceptual design tool", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 34(2), 354-365, 1998.