



MEKANİK SİSTEMLERİN KAVRAMSAL TASARIMINDA ŞARTNAME AŞAMASINA YAPAY ZEKA TEKNİKLERİNE DAYALI SİSTEMATİK BİR YAKLAŞIM

İhsan TOKTAŞ*, Nizami AKTÜRK**

*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Teknikokullar/Ankara

**Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Maltepe/Ankara

Geliş Tarihi : 22.06.2001

ÖZET

Kavramsal tasarım, bir veya daha fazla kavram modellerin ihtiyaçlar ve fonksiyonların tarifinden, sonuçta tasarlanan bir nesnenin (sistemin) performans ve gerçek davranışının tahminine kadar bir geliştirme işlemidir. Bu çalışmada, kavramsal tasarımda şartname aşaması için bir metodoloji sunuldu. Şartname aşaması, ihtiyaçları ve tasarlanan nesnenin fonksiyonlara dönüşümünü sağlar. Kavramın en üst aşamasında vuku bulur ve fonksiyonlar tasarlanan nesnenin ileri sentezlenmiş tasarım parçalarına dönüştürülmesi için sentez işleminde yeterli bilgi sağlamalıdır. Metodoloji tasarımcıyla aktif bir ilişki içinde problem çözümü için izin verir. Önerilen metodolojinin önemli bir parçası, tasarım probleminin genel mantık ve yapısı, ihtiyaç ve fonksiyonel ağaçta temsil edilir. Sunulan metodoloji, bir örnekle gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Tasarım şartnameleri, Kavramsal tasarım, Tasarım işlemi, Yapay zeka, Metodoloji

A SYSTEMATIC APPROACH SUPPORTED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES TO SPECIFICATION STAGE IN CONCEPTUAL DESIGN OF MECHANICAL SYSTEMS

ABSTRACT

Conceptual design is a process progressing from a description of needs and functions to one or more abstract models, and finally to the prediction of the actual behavior and performance of the object being designed. In this paper, a methodology for the specification stage in conceptual design is presented. The specification stage provides requirements and transforms them into functions of the designed object. It occurs at the highest level of abstraction and it must provide enough information for the synthesis process where functions are transformed into design components that are further synthesized into the designed object. Methodology allows for problem solving in an active interaction with the designer. An important part of the proposed methodology is the requirement and functional tree representing the overall logic and structure at the design problem. The methodology presented is illustrated with an example.

Key Words : Design specifications, Conceptual design, Design process, Artificial intelligent, Methodology

1. GİRİŞ

Tasarım, ihtiyaç ve fonksiyon şartnamelerinin bir gurubu, bu şartnameler ve ihtiyaçlarla karşılanan

fiziksel bir ürün veya sistemin komple bir tarifine dönüştürme işlemi olarak tarif edilebilir (Anderson and Crawford, 1989).

Bir tasarım metodu aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (Pahl and Beitz, 1996):

- Sadece uzmanlık alanlarında değil, tasarım işleminde her çeşit problem için uygulanabilmelidir,
- İcat ve anlamayı teşvik etmelidir. Bu optimum çözümler için araştırmayı kolaylaştırır,
- Kavram, metot ve ortaya koyduğu bulgularla diğer disiplinlerle uyumlu olmalıdır,
- Tesadüfen çözümler bulmaya dayalı olmamalıdır,
- Benzer durumlarda bilinen çözüm yollarının kullanılmasını kolaylaştırmalıdır,
- Elektronik veri işlemiyle uyumlu olmalıdır,
- Kolayca öğrenilebilmeli ve öğretilmelidir,
- Modern yönetim bilimi düşünce ve prensiplerini yansıtmalıdır. Bu iş gücünü azaltır, zamandan tasarruf sağlar, insan hatalarını önler ve aktif ilginin korunmasını sağlar.

Böyle bir yaklaşım, diğerlerinden daha çabuk ve doğrudan mümkün olan çözümlerle tasarımcılara yol gösterecektir. Diğer bilim dallarına göre daha bilimsel, daha sıralı, daha şeffaf ve düzeltme için daha açıktır. Tasarım kataloglarını kullanmak ve önceki projelerden kurulmuş çözümlerle mümkün olan uygulamaları tanımak daha kolaydır.

Metotsuz, bilgiye dayalı sistem geliştirmek; unsurlar kullanarak model, depolanmış veri ve metotlar kullanmak; analiz programlarıyla özellikle geometrik modelleri, programdaki bağlantıları ayırmak, veri akışının sürekliliğini sağlamak; ve farklı şirket bölümlerinden veri bağlantısı yapmak mümkün değildir. Sistematik tasarım, bilgisayar ve tasarımcılar arasındaki çalışmayı ayırır, bilgisayar ve verinin rasyonel kullanıma sokulmasını oldukça kolaylaştırır (Anderson and Crawford, 1989).

2. MÜHENDİSLİK TASARIM İŞLEMİ

Tasarım işleminin çeşidini tarif etmek için birtakım teoriler geliştirilmiştir (Hubka, 1982; Beitz, 1987; Kalay, 1987; Kannapan and Marshek, 1989; Gero and Maher, 1990; Smithers and Troxell, 1990; Pahl and Beitz, 1996). Çoğunlukla, tasarım işlemi çalışmalarında birkaç model önerilmiş ve tasarım işleminin aşağıdaki modelleri ele alınmıştır (Int. 01).

- Kurallı (Prescriptive) Model,
- Tanımsal (Descriptive) Model,

- Bilgisayara Dayalı Modeller.

Kurallı modeller, 'doğru' bir tasarıma varmak için tasarım esnasında alınan kurallı faaliyetlerdir. Kurallı modeller, sistematik veya metodik tasarım yaklaşımları için temel teşkil eden modeller olarak gösterilmiştir. Tasarım işleminde bu modellerin, birkaç temel aşamadan oluştuğu görülmüştür. Bunun için aşağıdaki aşamalar ele alınmıştır (McCallum et al., 1987; Ullman et al., 1988; Ulrich and Seering, 1989; Pahl and Beitz, 1996).

1. **Problemin tarifi aşaması (Bilginin şartnamesi);** Tasarım problemi belirtilir, ihtiyaçlar ve şartnameler meydana getirilir.
2. **Kavramsal tasarım aşaması (Prensiplerin şartnamesi);** Fonksiyonlar, yerine getirilmek için ayırt edilir ve sık sık alt fonksiyonlarına ayrıştırılır. Sonra, çalışma prensipleri belirlenir veya her bir alt fonksiyon seçilir.
3. **Şekillendirme tasarımı aşaması (Yapımın şartnamesi);** Çalışma prensipleri parçalara ve sıralı ilişkilerine dönüştürülür.
4. **Ayrıntılı tasarım aşaması (Ürünün şartnamesi);** Her bir parçanın ölçüleri, toleransları ve malzemeleri belirlenir. Yani her bir parçanın üretim için yapım resimleri çizilir.

Yukarıdaki aşamaları yapabilmek için yürütülen tüm faaliyetlere "Tasarım İşlemi" denir.

Kurallı yaklaşımın çoğu Alman yazarlar; (Rodenacker, 1970; Pahl and Beitz, 1977-1996; Koller, 1979; Roth, 1982) ve Alman Mühendisler Birliğinin standart kurallarında (Anon., 1987) önerilmiştir. Metodik (Kurallı) yaklaşımın felemenkçe bir örneği Van den Kroonenberg tarafından yapılmıştır (Kroonenberg Van Den, 1983).

2. 1. Kavramsal Tasarım Sistemi

Kavramsal tasarım, bir veya daha fazla kavram modellerin ihtiyaçlar ve fonksiyonların tarifinden, sonuçta tasarlanan bir nesnenin (sistemin) performans ve gerçek davranışının tahminine kadar bir geliştirme işlemidir. Kavramsal tasarımda, bir tasarımcı bir nesnenin fonksiyonel bir kavram tarifini ihtiyaçları tamamlayan fiziksel bir tarifine dönüştürür (Hoover and Rinderle, 1989). Bu anlamda tasarım, fonksiyonel uzaydan fiziksel uzaya bir dönüştürmedir. Diğer bir deyişle; davranışın bir tarifinden bir nesnenin fiziksel bir tarifinin meydana getirilmesidir. Kavramsal tasarım iki adıma ayrılabilir.

- Fonksiyonlarla bir nesnenin soyut bir tarifini (model) meydana getirmek,
- Modelin ideal özelliklerine uygun bir nesnenin fiziksel bir tarifini kavram tarifinden meydana getirmek.

Kavramsal tasarımla ilgili bu işlem; çoğunlukla şüpheli, belirsiz ve iyi anlaşılmazdır. Geleneksel metodlar tasarımın bu aşamasında kafi gelmeyebilir. Örneğin, optimizasyon yaklaşımı nitel faktörler ihmal edilme eğiliminde iken bir nicel tabiatın (ortamın) problemleri için uygundur. Nicel ve nitel faktörler yerleştirmek için bir yaklaşıma, tasarlanan nesnenin (sistemin) kalitesini ve tasarım işleminin verimliliğini geliştirmeye ihtiyaç duyulur.

Araştırmacıların bir kısmı yapay zeka yaklaşımları kullanarak tasarım problemleriyle ilgili denemeler yapmışlardır (Dixon et al., 1987; Gero, 1989; Kota, 1990).

Mekanik sistemlerin kavramsal tasarımı için bir sistem yapısının metodolojisi, en az çalışılan tasarım konularından biridir (Bakerjian, 1992; Kusiak, 1999).

Kavramsal tasarım aşağıdaki kavramlarla açıklanabilir;

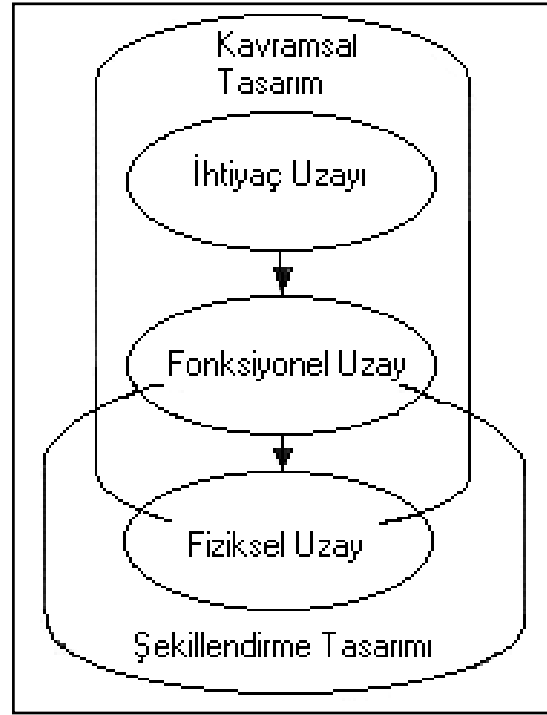
- **Yaratıcılık:** Kavramsal modeller yapmak için hayal ve icat kabiliyeti gereklidir. Yaratıcı zihinsel faaliyet, tasarım gelişimi için değişik kavramların sebebi ve bu kavramların kaynağıdır.
- **Çoklu çözümleri gerektirme:** Tasarım işlemi belirsizdir ve herhangi bir tasarım problemi için çok çözüm vardır.
- **Deneysellik:** Kavramsal modellerin değerlendirme ve yapısı için teorik yapıyı kurmakta kesinlik yoktur; işlem ve ilişkiler yerine deneysel bir ortam kullanılır.
- **Ortalama:** Tasarım ortamı kuramsal ve deneysel olduğundan tasarımdaki gelişmeler doğru bir şekilde artmasına rağmen sonuçlar ortalamadır.
- **Uzmanlık, bilgi ve zeka gerektirme:** Tasarımcı, tasarım işleminde mümkün olan çözümlerin değerlendirilmesi ve modellerin formülizasyon ve oluşturulmasında uzman kullanır.

Bu çalışmada sunulan yaklaşım, Şekil 1'deki tasarım işlemine ait üç farklı uzayı tanımakla başlar

(Kusiak and Sczerbicki, 1990; 1990a; 1990b, 1990c, 1990d, 1990e, Kusiak et al., 1991, 1991a, 1991b):

- İhtiyaç uzayı,
- Fonksiyonel uzay,
- Fiziksel uzay.

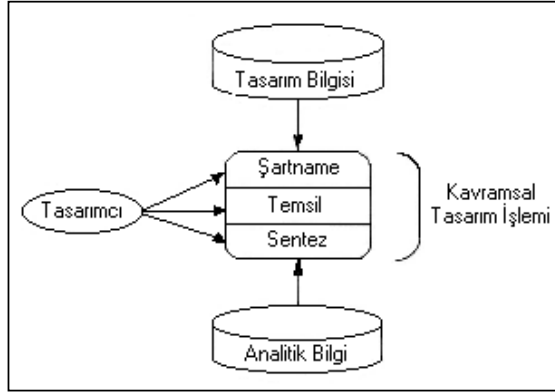
Şekil 1'de üç farklı tasarım uzayı arasındaki ilişki sunulmaktadır. Kavramsal tasarım, tasarlanan nesnenin ihtiyaçlarının tanımlanmasıyla başlar ve fiziksel tasarımın bazı elemanlarıyla biter. Fiziksel uzay şekillendirme tasarımının ana yuvasıdır.



Şekil 1. İhtiyaç, fonksiyon ve fiziksel uzaylarda kavramsal ve şekillendirme tasarımı

Bu çalışmada sunulan yaklaşımın ana fikri, tasarlanan nesnenin en temel unsurlarını temsil için ihtiyaç ve fonksiyon ağaçlarını kullanmaktır. Bu kavram unsurlarının kullanımının avantajı temsil ve sentez aşamasına geçişe izin vererek ihtiyacın tanımından tüm şartnamelere gitmeyi mümkün kılmasıdır.

Tasarım işlemi, çeşitli aşamalarda fikir birliğine varmaya dayalıdır. Aşamalar, bütün tasarım döngüsü için sıralı bir yol olmamasına rağmen, tasarım problemlerine bir tasarımcı yaklaşımında temel bir sıra vardır. Kusiak and Sczerbicki, (1990; 1990a; 1990b; 1990c; 1990d; 1990e; Kusiak et al., 1991) mekanik sistemlerin kavramsal tasarımı için bir metodoloji önermişlerdir. Önerilen bu metodoloji üç aşamadan oluşur (Şekil 2).



Şekil 2. Kavramsal tasarımın üç aşaması

- Şartname Aşaması** : İhtiyaç açıklanmasıyla başlar ve onların tasarım nesnesinin fonksiyonlarına dönüşümünü hedefler (Pahl and Beitz, 1996). Şartname aşaması kavramın en üst aşamasında gerçekleşir. Temsil ve sentez aşamasına başlamak için şartname aşamasında yeterince bilgi toplanmalıdır.
- Temsil Aşaması** : Bu aşamada, parçalar fonksiyonlara atanır. Şartname aşamasında meydana gelen fonksiyonların model ve çerçeve temsillerini sağlamak hedeflenir.
- Sentez Aşaması** : Temsil aşamasında oluşan fonksiyonların temsillerini kullanarak sentezler ve tasarım nesnelerinin genel modeline dönüştürür (tasarlanan nesne, kavramın bir fiziksel modelidir) (Tomiya et al., 1989; Hoover and Rinderle, 1989; Ulrich and Seering, 1989). Sentez, tasarım çözümünün son formunun tarifini içine alır.

Temsil ve Sentez aşamaları (Kusiak and Szczerbicki, 1990; Kusiak et al., 1991; 1991a; 1991b; Kusiak, 1992; 1999)'da detaylı olarak tartışılmıştır.

3. ŞARTNAME AŞAMASI

Tasarım ihtiyaçları, ihtiyaç uzayında tasarım ödevini açıklayan "istekler" ve "arzular" dır. İstekler bütün durumlarda karşılanması gereken ihtiyaçlardır (Örneğin tropikal şartlara uygunluk, sızdırmazlık vb. gibi nitel istekler). Arzular, maliyette kabul edilebilir sınırlı artışlar sağlama şartı mümkün ise hesaba katılması gereken ihtiyaçlardır. Arzuları; büyük, orta ve küçük önemli olarak tasnif etmek tavsiye edilir (Pahl and Beitz, 1996). İhtiyaçlar, en genel talepten daha özel taleplere bir soyut tasarım ödevi kavramını açıklar. Bir tasarım fonksiyonu, verilen

bir ihtiyacı karşılayan alet için gerektiren davranışları gösterir (Kota and Ward, 1990). İhtiyaç ve fonksiyonlar, tasarım sisteminin bilgiye dayalı özel ve parça temsili alanıdır. Aynı zamanda tasarım tecrübe değişiklikleri veya ihtiyaçları sonradan tasarımcı tarafından düzeltilebilir.

Bir tasarım ödevi, tasarım alanına bağlı genel ihtiyaçları verir. İhtiyaçlar, ileri alt-ihiyaçların bir setine ayrıştırılır. İhtiyaç aşamalarının sayısı, tasarım ödevinin karmaşıklığına bağlıdır.

Fonksiyonlar ve ihtiyaçlar bir alanda verilmek için spesifikleştirilir. Her bir ihtiyaç bir yada daha fazla fonksiyon tarafından tamamlanabilir ve her bir fonksiyon bir veya daha fazla ihtiyaca uygun gelebilir. İhtiyaçlar ve fonksiyonlar arasındaki ilişkiler, ihtiyaç-fonksiyon matrisleri (1) formunda temsil edilebilir.

$$S_1=\{F1\} \quad S_2=\{F2, F3\} \quad S_3=\{F1, F4, F5\} \dots S_n=\{Fp, Fq\}$$

$$[a_{ij}] = \text{ihtiyaç}$$

R1	1		2	
R2		1		1
.				
.				
Rm		2	1	
	C ₁	C ₂	C ₃	C _n

Bu matris, hem belirli ihtiyaçları karşılayan fonksiyonlar arasında daha karmaşık ilişkileri hem de basit bire bir ihtiyaç-fonksiyon ilişkisini birleştirir. Tasarım çözümleri için araştırmada ihtiyaç-fonksiyon matrislerinin uygulaması ileride bir örnekle gösterilmiştir.

Matris (1)'de her bir satır bir ihtiyaç (R_i) için uygun gelmektedir. Her bir sütun onlar arasındaki (AND/OR) ilişkisiyle fonksiyonların bir S_j setini göstermektedir. Fonksiyon setleri, tasarım probleminin yapısı ve genel mantıkta fonksiyonel ağaç temsilleri ve ihtiyaçlar üzerinde yapılan araştırma esnasında guruplarda meydana getirilmektedir. Matriste her bir sıfır olmayan girişte bir a_{ij} ≥ 1 değerine sahiptir. a_{ij} = 1 değerinin anlamı ihtiyaç R_i, S_j fonksiyon setinden bir fonksiyon tarafından karşılanmaktadır. a_{ij} ≥ 1 değerinin anlamı, ihtiyaç R_i, S_j fonksiyon setinden a_{ij} fonksiyonlarıyla karşılanmaktadır. Matris (1)'de, bir ihtiyacı veren bir veya daha fazla fonksiyon setlerine karşılık gelebileceği gösterilmiştir. Örneğin; R1 spesifikleşmiş bir ihtiyaçsa:

R1: Alete kuvvet uygulamak,

Uygun gelen fonksiyonel setler aşağıdaki gibi listelenmelidir:

$$S_1 = \{F1 \text{ OR } F2\}$$

F1: İnsan kuvveti uygula,
 F2: Mekanik kuvvet uygula,
 $S_2 = \{F1 \text{ AND } (F3 \text{ OR } F4)\}$
 F3: Elle kuvvet uygula,
 F4: Herhangi bir şeyle kuvvet uygula,
 $S_3 = \{F1 \text{ AND } (F5 \text{ OR } F6)\}$
 F5: Kuvveti artır,
 F6: Kuvveti azalt,
 $S_4 = \{F1 \text{ AND } (F7 \text{ OR } F8)\}$
 F7: Dönel kuvvet uygula,
 F8: Doğrusal kuvvet uygula,

Yukarıdaki şartnameler için uygun gelen matris satırı aşağıdaki gibi verildi.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
R1 [1	2	2	2

ve tüm fonksiyon setlerinde F1 fonksiyonu görünür. C_j değeri matriste (1) S_j fonksiyon seti aletin fiyatını temsil eder. Fiyat alanları bilindiği için geçmişteki tasarım tecrübelerinden tekrar bulunabilir. Çalışmanın tasarım bölümündeki örnekte, spesifik bir çözümü ele alan AND/OR ağacının nasıl aranacağını ve spesifikleşmiş fonksiyonlar için kuramsal fiyatların nasıl uygulanması gerektiği ele alınmaktadır. Böyle bir araştırma, fiyatı kesin bilinmeyen durumlar için bile yerine getirilebilir. Fakat fonksiyonların fiyatları arasındaki ilişki spesifikleştirilmelidir. Örneğin, fonksiyonlar fiyat artışı veya düşüşüne göre düzenlenir.

Bir fonksiyon aletinin fiyatı yeni alanlar için bilinmiyorsa, alternatif çözümler için araştırmada model hala kullanılabilir. Matris (1)'de verileri kullanarak tasarım nesnesinin fonksiyonel uzayda biri optimize edilebilir. Örneğin, tüm fonksiyonlarla ilişkilendirilmiş toplam fiyat minimize edilebilir (Amaç fonksiyonu (2)'ye bakınız).

$$\min \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 1 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{\substack{k \in F_p \\ x_i \in F_q}} X_k + X_i = 1 \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$x_j = 0, 1 \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

'den,

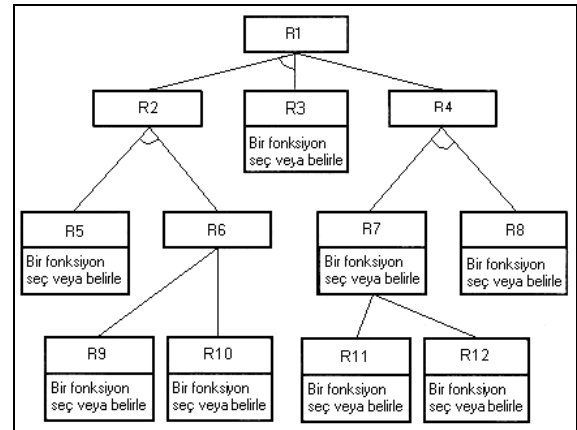
C_j = fonksiyon seti S_j'nin fiyatı,
 F_p, F_q = fonksiyon setlerinin gurupları;

p, q = 1,, r
 m = ihtiyaçların sayısı,
 n = fonksiyon setlerinin sayısı,
 r = fonksiyon setlerinin guruplarının sayısı,

$x_j = \begin{cases} 1 & \text{fonksiyon seti } S_j \text{ seçildi ise} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$

Sınırlandırma (3), fonksiyonların setinin en az birinde tamamlanan her bir ihtiyacı sağlar. Sınırlandırma (4), birleştirilemeyen bazı fonksiyonları birleştirir. Sınırlandırmalar ve şartnamelerin ortamına bağlı model ((2)-(5)) meydana getirilir. Model ((2)-(5)), herhangi bir genel amaç sonuç program kodu tarafından çözülebilir. Örnek, LINDO (Schrage, 1984).

Şekil 3 bir R1 genel ihtiyacın alt-ihtiyaçlara ayrışması ve onlara uyan fonksiyonları gösterir. Bir ihtiyaç bir fonksiyona (veya fonksiyonlara) uygun gelebilir veya alt-ihtiyaçlara ayrılabilir. Örnek olarak, araba için spesifik güvenlik ölçümleri bir ihtiyaç olarak kullanılabilir.



Şekil 3. Şartname aşamasında ihtiyaçların ayrışması

Şekil 3'de ağacın nodları arasında her yay bir birleşme ile temsil edildi (Tablo 1). Yaysız bir nod birleşmeyen bir temsildir. Şekil 3'de sunulan örnekte, genel ihtiyaç R1, aşağıdaki 4 set alt ihtiyaçların her biri tarafından tamamlanır.

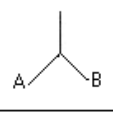
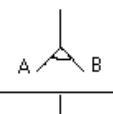
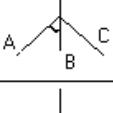
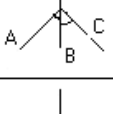
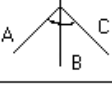
- (i) {R11, R8},
- (ii) {R12, R8},
- (iii) {R10, R5, R3},
- (iv) {R9, R5, R3}.

Yukarıdaki setlerin her biri farklı bir kavramsal tasarımı ele alabilir. Şekil 3'de, spesifikleştirilen fonksiyonlarda karmaşıklığın üç farklı aşaması vardır. Önce biri R2 AND R3, OR R4 ihtiyaçları tarafından temsil edildi. İkinci aşamada, R5 AND

R6, OR R7 AND R8 ihtiyaçları tarafından ve bir üçüncüsü R9 OR R10, OR R11 OR R12 ihtiyaçları tarafından temsil edildi.

Fonksiyonel uzayda, fonksiyonlar ileri alt-fonksiyonlarına ayrılabilirler. Bir sistemin karmaşıklığı arttıkça mantık ağacı aynı şekilde genişler. Daha sonra fonksiyonel ve ihtiyaç uzaylarını araştırmak için bir sistematik yaklaşım geliştirmeye gerek duyulur. Mantık ağacı böyle takımlardan biridir ve şartname aşamasında yapıları içine alan kayıt ve temsilleri için tasarımcıya yardımcı olur.

Tablo 1. AND/OR Şartlarının Grafikselsel ve Alfabetik Temsili

AND/OR Şart Temsili		
Grafikselsel	Alfabetik	Sembolik
	A or B	$A \vee B$
	A and B	$A \wedge B$
	(A and B) or C	$(A \wedge B) \vee C$
	(A and B) or (B and C)	$(A \wedge B) \vee (B \wedge C)$
	A and B and C	$A \wedge B \wedge C$

Fonksiyonlar, temsil aşamasında parçalarla uyana kadar ayrıştırılır. Bu uyum bire bir fonksiyon-parça ilişkisi için basit temsil edilebilir ve mekanik sistemler alanında sık sık karşılaşılan daha karmaşık ilişkiler olabilir. İhtiyaç ve fonksiyonların ayrışmaları tasarımcı veya uzman sistem veya her ikisi tarafından yapılır. Tasarımcı, tasarım bilgi ve tecrübelerine göre ayrışmaları yapmaktadır. Uzman sistem ise, ihtiyaç ve fonksiyonların ayrışma prensiplerini oluşturan kataloglarla, bir bilgiye dayalı sistemle desteklenmektedir.

İhtiyaç ve fonksiyonların ayrışma prensipleri için Pahl ve Beitz (1996) tarafından oluşturulan kataloglar, uzman sistem bilgi tabanında hem özel hem de genel alanda imalat kurallarıyla desteklenmiştir.

Model ((2)-(5))'le birlikte ihtiyaç ve fonksiyonlar için mantık ağacı, tasarım çözümlerini araştırmak için kavramsal tasarımda uygulanmıştır. İhtiyaçlar

ve fonksiyonlar için mantık ağacı kavramsal tasarımda iki farklı yolla uygulanabilir:

- Alternatif kavramsal tasarım çözümleri için araştırma,
- Tek çözüm için araştırma.

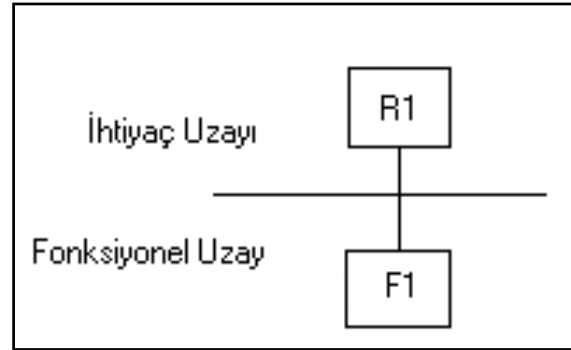
Aşağıdaki bölümde, Kusiak (1999)'ın tek çözüm için araştırma ayrıntıları tartışılmaktadır. Modele örnek olarak Hashim'in kullandığı hijyenik valf seçilmiştir (Hashim et al., 1993).

4. BİR HİJYENİK VALF TASARIMI

Aşama 1.

İhtiyaç uzayı R1'le fonksiyonel uzay F1'le temsil edildi. R1 genel ihtiyaç en üst aşamadır.

R1: Bir hijyenik valf tasarımı,
R1'e uyan F1 fonksiyonu (Şekil 4),
F1: Girdi ve çıktı arasında akışkanı naklet,



Şekil 4. Şartname aşamasının 1. aşamasında ihtiyaç-fonksiyon uygunluğu İhtiyaç-fonksiyon matrisi $[a_{ij}]$ temsili

$$\begin{matrix} F1 \\ R1[1] \\ [C_j][C_1] \end{matrix} \quad (6)$$

Her bir alternatifin fiyatı (C_j) öncelikle tüm tasarım nesneleri için tasarım kütüphanesinde depolanır. Böyle fiyatlar spesifik uzman tasarım bilgisinin parçasıdır. Bir fonksiyon kavram ve fiyatı kolayca atanamazsa, sıradan bir ölçek kullanmak yeterlidir. Örneğin, $C1 > C2$ (6)'daki veriler için çözüm aşağıdaki gibidir:

Çözüm 1-1: $\{F1\}$ 'dir.

Bu aşamada, model tabanlı bir hijyenik valfin kavramsal tasarımı öncelikli olarak seçilebilir veya

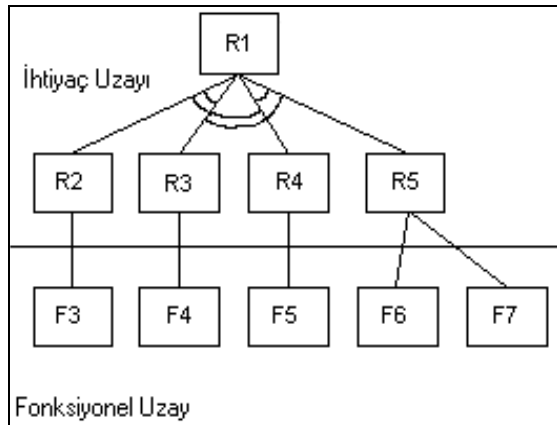
modele dayalı kabul edilebilir. Çözüm yoksa genellikle aşama 2'ye geçilir. Aşama 1'de çözüm, ileri tasarım için çok kavram kullanır.

Aşama 2.

İhtiyaç R1 aşağıdaki alt ihtiyaçlara ayrılır.

- R2: Alete güç uygulanmaz,
 R3: Alet bir valf kullanarak akışkanın geçişini kontrol edebilir,
 R4: Alet iki veya ikiden fazla valf kullanarak akışkanın geçişini kontrol edebilir,
 R5: Alete güç uygulanır,
 Dört ihtiyaç arasındaki mantıksal ilişki (R2 AND R3) OR (R2 AND R4) OR (R3 AND R5) OR (R4 AND R5)'dür.
 Fonksiyon uzayında aşağıdaki fonksiyonlar eklenir.
 F3: İnsan gücü uygula,
 F4: Bir valf kullanarak akışkanın geçişini kontrol etmek,
 F5: İki ve ikiden fazla valf kullanarak akışkanın geçişini kontrol etmek,
 F6: Hidrolik güç uygula,
 F7: Pnömatik güç uygula,
 Aşama 2'de fonksiyon ağacı ve mantıksal ihtiyaçlar sunulur. Şekil 5'de görüldüğü gibi R1'i tamamlayan ihtiyaçların dört seti vardır.

- (i) {R2, R3},
 (ii) {R2, R4},
 (iii) {R3, R5},
 (iv) {R4, R5}.



Şekil 5. Şartname aşamasının 2. aşamasında ihtiyaç ve fonksiyon ağacı

Şekil 5'de dört yayın her biri bir AND ilişkisini temsil eder. Buna göre, ihtiyaç-fonksiyon matrisleri,

$$\begin{matrix} & F3 & F4 \\ R2 \begin{bmatrix} 1 & \\ & \\ & \\ & \end{bmatrix} \\ R3 \begin{bmatrix} & 1 \\ & \\ & \\ & \end{bmatrix} \\ [Cj] \begin{bmatrix} 3.5 & 5.2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

$$\begin{matrix} & F3 & F5 \\ R2 \begin{bmatrix} 1 & \\ & \\ & \\ & \end{bmatrix} \\ R4 \begin{bmatrix} & 1 \\ & \\ & \\ & \end{bmatrix} \\ [Cj] \begin{bmatrix} 3.5 & 6.2 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

$$\begin{matrix} & F4 & F6 & F7 \\ R3 \begin{bmatrix} 1 & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \\ R5 \begin{bmatrix} & 1 & 1 \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \\ [Cj] \begin{bmatrix} 5.2 & 10.9 & 11.9 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (9)$$

$$\begin{matrix} & F5 & F6 & F7 \\ R4 \begin{bmatrix} 1 & & \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \\ R5 \begin{bmatrix} & 1 & 1 \\ & & \\ & & \end{bmatrix} \\ [Cj] \begin{bmatrix} 6.2 & 10.9 & 11.9 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (10)$$

{F3, F4} seti (7)'de problem için çözümü temsil eder, {F3, F5} seti (8) için çözümü temsil eder, {F4, F6, F7} (9) için çözümü temsil eder ve {F5, F6, F7} (10) için çözümü temsil eder. Çözüm (7) için $\sum C_j$ en küçük değer olduğundan aşama 2'de bir çözüm vardır.

Çözüm 1-2: {F3, F4},

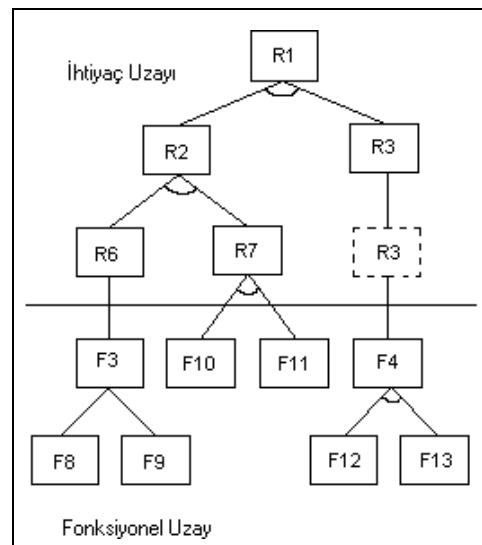
Aşama 3.

İhtiyaç R2 alt-ihyaçlara ayrılır;

- R6: Alete insan gücü uygula,
 R7: Alet akışkan oranı ve kuvveti nakleder,

Buna göre aşağıdaki fonksiyonlar ilave edilir,

- F 8: Elle insan kuvveti uygula,
 F 9: Ayakla insan kuvveti uygula,
 F10: Kuvvet naklet,
 F11: Akışkan oranı naklet,
 F12: Volan parçası ile kompresör parçasının hareket edebilmesiyle akışkanın geçişini kontrol etmek,
 F13: Aletin volan parçası veya kompresör parçası hareket edebilir,



Şekil 6. Şartname aşamasının 3. aşamasında ihtiyaç ve fonksiyon ağacı

Şekil 6'da, şartname aşamasının 3. aşamasında ihtiyaç-fonksiyon ağacı sunuldu. Buna göre, R1'i tamamlayan ihtiyaçların bir seti vardır.

(i) {R3, R6, R7}

Şekil 6'daki kesik çizgilerle gösterilen ihtiyaçlar başlangıç aşamasında fonksiyonlara atandırıldı. Aşama 3 için, ihtiyaç-fonksiyon matrisi aşağıdaki gibi verildi.

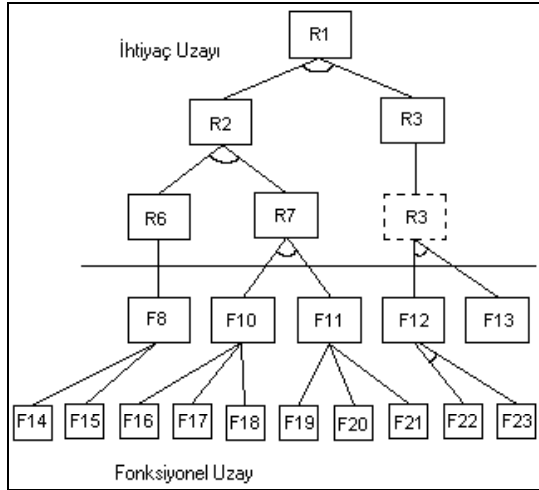
$$R6 \begin{bmatrix} F8 & F9 & F10 \wedge F11 & F12 \wedge F13 \\ 1 & 1 & & \\ R7 & & 2 & \\ R3 & & & 2 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$[Cj] [3.0 \quad 4.0 \quad 12.7 \quad 15.3]$$

Çözüm 1-3: {F8, F10, F11, F12, F13},

Aşama 4.

F14: Dönel kuvvet uygulamak,
 F15: Doğrusal kuvvet uygulamak,
 F16: Mekanik dönüşüm uygulamak,
 F17: Hidrolik dönüşüm uygulamak,
 F18: Pnömatik dönüşüm uygulamak,
 F19: Mekanik dönüşüm uygulamak,
 F20: Hidrolik dönüşüm uygulamak,
 F21: Pnömatik dönüşüm uygulamak,
 F22: Hareket edebilen parçanın hareketiyle izlemek,
 F23: Hareket edebilen parçanın izini sabitle,



Şekil 7. Şartname aşamasının 4. aşamasında ihtiyaç ve fonksiyonel ağacı

$$R6 \begin{bmatrix} F14 & F15 & F16 & F17 & F18 & F19 & F20 & F21 & F13 \wedge F22 \wedge F23 \\ 1 & 1 & & & & & & & \\ R7 & & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \\ R3 & & & & & & & & 3 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$[Cj] [2.9 \quad 3.3 \quad 10.1 \quad 15.8 \quad 12.8 \quad 16.0 \quad 13.0 \quad 17.0 \quad 16.1]$$

Çözüm 1-4: { F13, F14, F16, F20, F22, F23 },

Aşama 5.

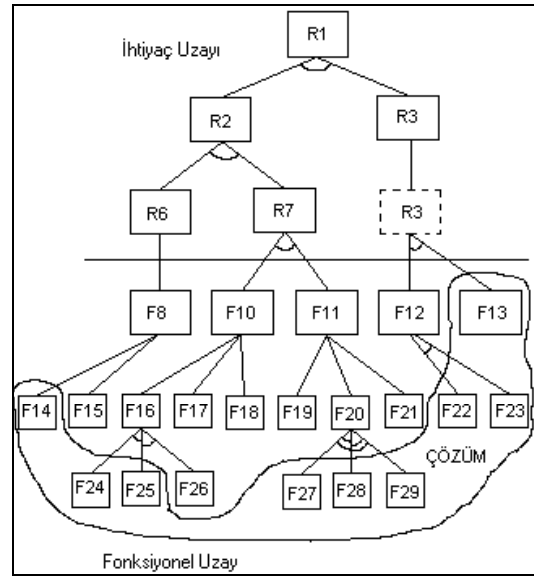
F24: Vida iletimi uygulamak,
 F25: Radyal kuvveti düşey kuvvete dönüştür,
 F26: Piston iletimi uygulamak,
 F27: Valfin esnek diagramıyla kontrol etmek,
 F28: Akışkan oranı 2.5 kg/s.'den büyük olduğunu kontrol et.
 F29: Akışkan oranı 2.5 kg/s.'ye eşit olduğunu kontrol et. F16 ve F20 fonksiyonlarının son ayrışması için, ihtiyaç-fonksiyon matrisi aşağıdaki gibi verildi.

$$R7 \begin{bmatrix} F24 \wedge F25 & F27 \wedge F28 \wedge F29 \\ 2 & 3 \\ [Cj] [9.9 \quad 12.7] \end{bmatrix} \quad (13)$$

Bu aşama için çözüm,

Çözüm 1-5:

{F13, F14, F22, F23, F24, F25, F27, F28, F29}



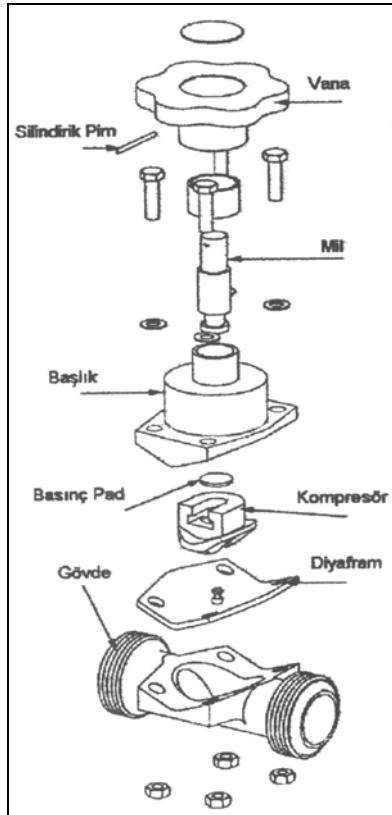
Şekil 8. Şartname aşamasının 5. aşamasında ihtiyaç ve fonksiyonel ağacı

Bu tasarım örneğinde, bir tasarımcı çözüm 1-5 temsil eden parçaların bir setini meydana getirmek için aşama 5'de yeterli ayrıntılara sahiptir. Bu çalışmada, parça-fonksiyon uygunluğu ile ilgili ayrıntı verilmemiştir. Hijyenik valfin açılmış fiziksel temsili Şekil 9'da gösterilmiştir.

Önerilen yaklaşım aşağıdaki avantajlara sahiptir.

- Mantık ağacı ile ihtiyaç ve fonksiyonların temsili farklı kavramsal tasarım çözümlerinin sistematik oluşumu için izin verir.

- AND/OR ağaçlarının araştırması fiyat azaltımının spesifik bir çözümü ele alınabilir. İlaveten, fiyat artış ve düşüşe göre sistematik çeşitli çözümleri kullanabilir.
- Metodoloji tasarımcıyla aktif etkileşimi sürdürür. Bir tasarımcı uzmanlık, tecrübe ve diğer spesifik üstünlüğe paralel yapılabilen kavramın çeşitli aşamalarında çalışmalıdır.
- Metodoloji sistematik bir mantık yaklaşımına dayalıdır.
- Tasarım problemleri daha kolay anlaşılabilir ve icat edilebilirliği teşvik eder.
- Önerilen metodoloji şartname işleminde bazı sınırlandırmaları gözönünde bulundurur (Örneğin sınırlandırma (3) ve (4)). Bu özelliklerle, fiyat, işlenebilirlik, montaj edilebilirlik, güvenlik, güvenilirlik vb. gibi tasarım özellikleri gözden geçirildiğinde önemlidir.
- Metodoloji formülize edilmiş; fakat önerilen araştırma işlemi, matris ve mantık ağaçlarının karmaşıklığını en aza indirilmiştir.
- Çeşitli yapay zeka teknikleri AND/OR ağacı araştırması için kullanılabilir.
- Bu yaklaşımla, sadece örnek bir hijyenik valfin tasarımının yanında, teorisi ve sistematik tasarım prensipleri de geliştirilmiştir.
- Problemi hem nicel hem de nitel açıdan ele alır.
- Yeni tasarım bilgisi kavramsal tasarım için var olan bilgi tabanına birleştirilebilir.



Şekil 9. Hijyenik valfin açılmış fiziksel temsili

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Kusiak'ın (1999) kavramsal tasarımda şartnameler için sistematik bir yaklaşımı tartışıldı. Yaklaşım, aşağıdaki problemle yönlendirildi: İhtiyaçlar ve fonksiyonların şartnamesi, mantıklı birleşimlerin ihtiyaç ve fonksiyonlara ayrışması, ihtiyaç ve fonksiyonlar arasındaki birbiriyle etkileşimli temsili, ve fonksiyonel uzayda optimizasyon. AND/OR ağacı ihtiyaçlar, fonksiyonlar ve onların ilişkilerini temsil için kullanıldı. Geliştirilen bu tasarım otomasyonu modelleme tekniği, genel amaçlı bir programlama modeli olup, uygulama örneği olarak bir hijyenik valfin tasarımı seçilmiştir. Ayrıca, bu makalede verilen mekanik sistemin dışında çok sayıda sistemin kavramsal tasarımı için uygulanmıştır (Kusiak, 1990; 1999; 1992; Kusiak and Szczerbicki, 1990a; 1990b; 1990c, 1990d, 1990e; Kusiak et al., 1991, 1991a, 1991b; Toktas ve Aktürk, 2001).

Araştırmalar göstermiştir ki, tasarım metotları ve YZ teknikleri Bilgisayar Destekli Tasarımda (BDT) etkin bir şekilde kullanılabilir ve gelecekte daha iyi BDT takımlarının gelişmesine imkan sağlayabilir. Ayrıca, tasarımcılara yeni ufuklar açabilir, kendilerine özgü tasarım metotları ve stratejileri geliştirilebilir. Açıkça görülüyor ki; yapay zeka teknikleri de yeni tasarım metotlarının geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

6. KAYNAKLAR

Anonymous, 1987. Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products, VDI Guidelines, Beuth Verlag, Berlin.

Anderson, D. C. and Crawford, R. H. 1989. Knowledge Management For Preliminary Computer Aided Mechanical Design, in: Organization of Engineering Knowledge For Product Modelling in Computer Integrated Manufacturing, Ed. Sata T., Elsevier, 15-34.

Bakerjian, R. 1992. Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Society of Manufacturing Engineers, Vol. V1, Ch. 9, pp. 30-58.

Beitz, W. 1987. "General Approach of Systematic Design", **International Conference on Engineering Design ICED 87**, Boston, MA., pp 15-20.

Dixon, J. R., Cunningham, J. J. and Simmons, M. K. 1987. Research in Designing With Features, in Intelligent CAD, I, Eds. Yoshikawa, H., Gossard, D., Proc. IFIP TC 5/ WG 5.2 Workshop on Intelligent CAD, Elsevier, 137-148.

Gero, J. S. (Ed.) 1989. Artificial Intelligence in Design, **Proc. 4th Int. Conf. on Applications of AI in Engineering**, Cambridge, UK, Computational Mechanics Publications & Springer-Verlag.

Gero, J. S. and Maher, M. L. 1990. Theoretical Requirements For Creative Design By Analogy, Proceedings of the First International Workshop on Formal Methods in Engineering Design, Manufacturing, and Assembly, Fitzhorn, P.A.(Ed.), Colorado Springs, Colorado, pp. 19-27.

Hashim, M. F., Juster, N. P. and Pennington, A. D., 1993. "Generating Design Variants Based On Functional Reasoning", **Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED'93**, The Hague, August 17-19, Vol.1, 60-67.

Hoover, S. P. and Rinderle, J. R. 1989. A Synthesis Strategy For Mechanical Devices, Research in Engineering Design, 1: 87-103.

Hubka, V. 1982. Principles of Engineering Design, Butterworth Scientific, London, U.K.

[Int. 01] <http://www.wb.utwente.nl/staff/otto/thesis>

Kalay, Y. E. 1987. Computability of Design, John Wiley & Sons, New York.

Kannapan, S. M. and Marshek, K. M. 1989. An Algebraic and Predicate Logic Approach to Representation and Reasoning in Machine Design, Technical Report 212, Department of Mechanical Engineering, The University of Texas at Austin, Austin, Texas.

Koller, R. 1979. Konstruktionslehre Für Den Maschinen Geräte und Apparatebau, Springer Verlag, Berlin.

Kota, S. 1990. "Qualitative Motion Synthesis: Towards Automating Mechanical Systems Configuration," **Proceedings of the NSF Design and Manufacturing Systems Conference**, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, pp.77-91.

Kota, S. and Ward, A.C. 1990. "Functions, Structures and Constraints in Conceptual Design", **Proceeding of the 2nd International Conference on Design Theory and Methodology**, Rinderle, J., Ed., Chicago, Illinois, pp. 239-250.

Kroonenberg, H., Van Den, H. 1983. Methodisch Ontwerpen, Course Notes, in Dutch, University of Twente, Enschede.

Kusiak, A. 1990. Intelligent Manufacturing Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Kusiak, A. Ed. 1992. Intelligent Design and Manufacturing, Wiley, New York.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990. A Formal Approach to Design Specifications, B. Ravani, Ed., Advances in Design Automation (New York : ASME), pp. 311-316.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990a. "Conceptual Design System: A Modeling and Artificial Intelligence Approach," **Proceedings of the Second National Symposium on Concurrent Engineering (Morgantown, WV)**, pp. 427-442.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990b. "Conceptual Design System: A Modeling Approach," Working Paper No. 90-02, Department of Industrial and Management Engineering, The University of Iowa, Iowa City, IA.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990c. "A Methodology For Conceptual Design of Mechanical Systems", Working paper No. 90-05, Department of Industrial and Management Engineering, The University of Iowa, Iowa City, IA.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990d. "Rule-Based Synthesis is in Conceptual Design", **Proceedings of the Third International Symposium on Robotics and Manufacturing (Vancouver, BC)**, pp. 757-762.

Kusiak, A. and Szczerbicki, E. 1990e. A Formal Approach to Design Specifications, B. Ravani, Ed., Advances in Design Automation (New York: ASME), pp. 311-316.

Kusiak, A., Szczerbicki, E. and Park, K. 1991. A Novel Approach to Decomposition of Design Specifications and Search For Solutions, International Journal of Production Research, Vol. 29, No 7 , pp. 1391-1406.

Kusiak, A., Szczerbicki, E. and Vujosevic, R., 1991a. CONDES: An Intelligent System For Conceptual Design, Expert Systems, 3 (2).

Kusiak, A., Szczerbicki, E. and Vujosevic, R. 1991b. Intelligent Design Synthesis: An Object-Oriented Approach, International Journal of Production Research, Vol.29, No.7, pp.1291-1308.

Kusiak, A. 1999. Engineering Design, Academic Press, San Diego, USA.

McCallum, K. J., Duffy, A. and Green, S. 1987. An Intelligent Concept Design Assignant, Design Theory for CAD, in Yoshikawa, H. and Warman, E. A. (Eds), North-Holland, Amsterdam, pp. 301-317.

Pahl, G. and Beitz, W. 1977. Konstruktionslehre, Handbuch Fer Studium und Praxis, Springer Verlag, Berlin.

Pahl, G. and Beitz, W. 1996. Engineering Design, New York: Springer-Verlag,.

Rodenacker, W. G. 1970. Methodisches Konstruieren, Springer Verlag, Berlin Heidelberg,.

Roth, K. 1982. Konstruieren Mit Konstruktionskatalogen, Systematisierung und Zweckmassige Aufbereitung Technischen Sachverhalte Fer Das Methodische Konstruieren, Springer Verlag, Berlin.

Schrage, L. 1984. Linear, Integer and Quadratic Programming With LINDO, Scientific Press, Palo Alto, CA.

Smithers, T. and Troxell, W. 1990. "Design is Intelligent Behavior; But What's the Formalism?", **Proceedings of the First International Workshop on Formal Methods in Enginnering Design, Manufacturing, and Assembly**, Fizhorn, P. A. (Ed.), Colorado Springs, Colorado, pp. 28-41.

Toktaş, İ. ve Aktürk, N. 2001. "Mekanik Sistemlerin Kavramsal Tasarımında Şartname ve Temsil Aşamasına Yapay Zeka Tekniklerine Dayalı Sistematik Bir Yaklaşım", **Mamtek 2001 II. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu**, 7-9 Kasım, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

Tomiyama, T., Kiriya, T., Takeda, H. and Xue D. 1989. Metamodel : A Key to Intelligent CAD Systems, *Research in Engineering Design*, 1 (1), 19-34.

Ullman, D. G., Dietterich, T. G. and Stauffer, L. 1988. A Model of the Mechanical Design Process Based on Empirical Data, *Artificial Intelligence For Engineering, Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 2, pp. 33-52.

Ulrich, K. and Seering, W. P. 1989. Synthesis of Schematic Descriptions in Mechanical Design, *Research in Engineering Design*, Vol. 1, No. 1, pp. 3-18.

Winslett, M. and Chu, S. I. 1990. "Performance Representation of Design Optimization Processes", **Proceeding of NSF Design and Manufacturing Systems Conference, Tempe, Arizona (Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers)**, pp. 109-114.