

İKİ GÖRÜNÜŞLE İFADE EDİLEN PRİZMATİK PARÇALARIN UZMAN SİSTEM YARDIMIYLA KATI MODELLERİNİ OLUŞTURMA

İsmail ŞAHİN ve H. Rıza BÖRKLÜ

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Beşevleri Ankara
isahin@gazi.edu.tr, rborclu@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 23.11.2006; Kabul/Accepted: 22.05.2007)

ÖZET

Bu makale, iki görünüşle ifade edilen prizmatik parçaların otomatik 3B modellerini oluşturma konusunu incelemekte ve bu amaçla geliştirilen bilgisayar temelli bir yaklaşımı tanıtmaktadır. Bu yaklaşım; 2B görünüşlere ait verilerin yorumlanması ile 3B unsurların belirlenmesi ve bunların hacimsel keşitirilmeleri ile 3B modellerinin oluşturulması esasına dayanmaktadır. Bu amaçla bir dizi kural tanımlanmış ve uzman sistem yaklaşımı ile geliştirilen bir bilgisayar programında uygulanmıştır. Geliştirilen bu program ile, köşe cep ve kapalı kanal gibi unsurların oluşturulması etkin olarak yapılabilmektedir. Araştırmanın bir diğer yeniliği ise, tam ve yarım kesit görünüşlerden de katı model oluşturabilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Yeniden yapılandırma, kesit görünüşler, uzman sistem.

RECONSTRUCTION OF SOLID MODELS OF PRISMATIC PARTS FROM THEIR TWO VIEWS WITH USE OF EXPERT SYSTEM

ABSTRACT

This paper examines how to automatically reconstruct 3D models from their orthographic two views and explains a new approach developed for that purpose. The approach is based on the identification of geometric features with the interpretation of 2B views, their volumetric intersections and reconstruction of solid models. A number of rules have been defined for this goal and they implemented on a prototype software with the approach of expert systems. The developed software allows determination of some features efficiently such as slot, holes, blind holes, closed prismatic holes, etc. Another contribution of this research is to reconstruct solid models from their sectional and half section views that is almost nonexistent in the related literature.

Keywords: Reconstruction, sectional views, expert system.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) alanında son yarım asırlık zaman diliminde yoğun araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmasına ve piyasaya birçok ticari BDT paketi sürülmüş olmasına rağmen hala tam çözülmemiş bazı konular mevcuttur. Bunlardan birisi de, 2 Boyut (2B) olarak ifade edilen teknik resim veya makina resimlerinin insan katkısı olmaksızın bilgisayar ortamında katı modellere (3 Boyut - 3B) dönüştürülme problemi. Buna karşılık makina tasarımlarının önemli bir kısmı, günümüzde de kağıt veya bilgisayar ortamında 2B'lu teknik resim çizimleri ile ifade edilmektedir. Bu durum ise, parçaların 3B'lu veya katı modellerine kolayca

uygulanabilecek kütle veya ağırlık hesaplama, çeşitli dayanım hesap veya analizlerini yapabilme, CNC kodlarını türetme v.b. gibi hususların gerçekleşmesini engellemektedir. Ayrıca BDT / Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ) otomasyonunu sağlayacak unsur tanıma metodlarına yönelik araştırmalarda katı modellere dayalı daha fazla olgunlaşmış ve kolaylaşmış bir düzeydedir. Diğer taraftan insan-makina iletişimi, endüstriyel amaçlı robot görüntü algılama, askeri savunma, tıbbi tedavi ve jeolojik tarama gibi alanlarda da, belirli bir oranda 2B'tan 3B'a dönüşüm gerekmektedir.

Şu ana kadar 2B görünüşlerden 3B'a dönüşüm amaçlı yapılan çalışmalar, iki başlık altında tasnif edilebilir.

Bunlar: sınır temsiline dayalı (B-Rep) ve hacime dayalı (Yapısal Katı Geometri – YKG) yaklaşımlardır.

1.1. Sınır Temsili Yaklaşımlar (B-Rep Approaches)

Bu alandaki çalışmaların temeli Idesawa'nın aşağıdan yukarı yaklaşımıdır [1]. Burada; görüntüleme ait noktalardan 3B noktalar (köşeler) çıkartılmakta, bunlar kullanılarak 3B kenarlar oluşturma, daha sonra da 3B yüzey ve nesnelere elde edilmektedir. Sonraki yıllarda, benzer temel ve sınır temsil yaklaşımını kullanan diğer araştırmacılar; düzlemsel, silindirik, küresel ve konik biçimli nesnelere modelleyebilen çalışmalar yapmıştır [2]. Yakın zamanda yapılan araştırmalarda ise, daha fazla girdiye sahip ve çoklu çözümler sunabilen etkili algoritmalar geliştirilmiştir [3–7]. Tanaka ve arkadaşları bu çalışmalardan farklı olarak 2B'li montaj resimlerini 2B'li parça çizimlerine ayırıştırarak katı modellerini oluşturmuştur [8].

1.2. YKG Yaklaşımlar (CSG Approaches)

Bu yöntemde, önce 2B görüntüler yorumlanmakta ve temel elemanlar elde edilmektedir. Daha sonra bu temel elemanlar; birleştirme, çıkartma ve kesiştirme gibi boolean operasyonlara tabi tutulur ve böylece katı modeller elde edilir. Bu yaklaşımı kullanan ilk çalışma, Aldefeld tarafından yapılmıştır. Çalışma, YKG temel elemanların belirlenmesi ve birleştirilmesine dayanmaktadır [9]. Ancak burada aynı profile sahip nesnelere ele alınmıştır ve kullanıcı etkileşimine ihtiyaç vardır. Bu yaklaşımı kullanan diğer araştırmacılar, girdi çeşidini artırma ve kullanıcı etkileşimini azaltmaya çalışmışlardır [2].

YKG yaklaşımı son yıllardaki çalışmalarda daha yaygın kullanılmaktadır [10–13]. Burada girdi görüntüleri, normal vektörleri doğrultusunda sündürülmekte ve böylece elde edilen nesnelere kesiştirme işlemine tabi tutularak katı modeller oluşturulmaktadır. Ayrıca YKG temel elemanlarına boolean operasyonlarının uygulandığı benzer amaçlı yaklaşımlar da vardır [14]. Diğer taraftan Dimri ve Gurumoorthy [15], kesit içeren parçalara ait 3B model oluşturma konusunu incelemiştir. Liu vd., makina resimlerinin geometrik ve topolojik ilişkilerden faydalanarak düzlemsel, silindirik ve eğri yüzeyli (konik, eliptik ve parabolik gibi) nesnelere kapsayan çalışmalar yapmışlardır [16,17]. Yakın zamanda ise, lazer tarayıcı ve x-ray cihazları gibi farklı yöntemlerle taranmış nesnelere hitap edecek araştırmalar ivme kazanmıştır [18,19]. Şahin ve Börklü geliştirdikleri hacimsel yaklaşımla prizmatik parçaların katı modellerini oluşturmuşlardır [20]. Araştırmacılar daha sonra iki görünüş girdisi kullanarak silindirik parçaların katı modellerini oluşturmuşlardır [21]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ise sınır temsili ve YKG yaklaşımları birlikte kullanan karma yöntemler geliştirilmiştir [22].

Bu makalede hacimsel kesiştirme yaklaşımı kullanarak prizmatik parçaların katı modellerini oluşturan bir çalışma tanıtılmaktadır. Çalışmada iki görünüş girdisi kullanılmaktadır. Algoritma tam ve yarım kesitleri bir arada ele alması yönü ile önemli bir yenilik içermektedir. 3B yorum elde etme aşamasında yapay zeka tekniklerine başvurulması çalışmanın bir literatüre kattığı bir diğer yeniliktir. Oluşturulacak katı temel elemanların biçimine ve buna bağlı olarak birbirleri arasında uygulanacak boolean operasyonlarına hazırlanan uzman sistem aracılığı ile karar verilmektedir.

2. TEMEL KAVRAM VE NOTASYONLAR (BASIC CONCEPTS AND NOTATIONS)

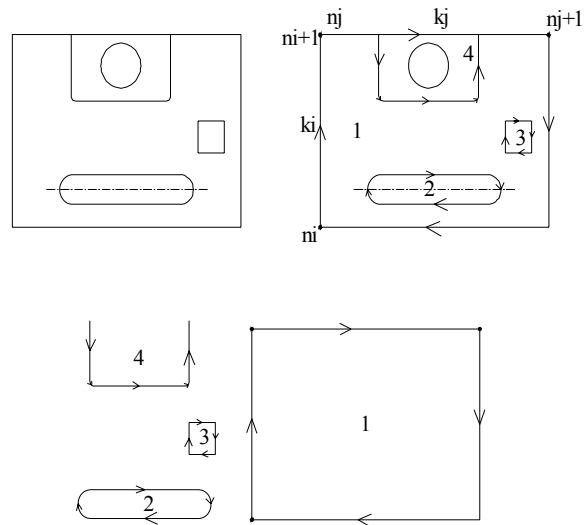
Bu araştırma kapsamında kullanılan bazı kavram ve notasyonlar aşağıda açıklanmıştır.

- Köşe noktası (n_i):** Bir köşe noktası üç temel koordinatla tanımlanır.

$$n_i = \{ (x_i, y_i, z_i) : 1 \leq i \leq n ; n, i \in \mathbf{Z} \}$$
- Kenar (k_i):** Bir kenar, iki köşe noktası arasında uzanan doğru parçasıdır.

$$k_i = \{ (n_i, n_j) : i \neq j : 1 \leq i \leq n ; 1 \leq j \leq n ; n, i, j \in \mathbf{Z} ; n_i \not\subset n_j \Leftrightarrow n_j \not\subset n_i \}$$
- İlişkili kenar kümesi (ik_s^k):** Bir izdüşümü oluşturan 2B kenarlardan (doğru, yay) birbirlerine ortak bir köşe noktası ile bağlı olan kenarların oluşturduğu 2B temel eleman kümesidir. Şekil 1(b)'de verilen k_i ve k_j kenarlarının ilişkili kenar olabilmesi için aşağıdaki şartları taşıması gerekir:

$$k_i = \{ (n_i, n_{i+1}) : n_i < n_{i+1} \} : k_j = \{ (n_j, n_{j+1}) : n_j < n_{j+1} \} : i < j : n_{i..m} = x_{i..m}, y_{i..m}, z_{i..m} \text{ ve } n_{j..m} = x_{j..m}, y_{j..m}, z_{j..m} : 1 \leq i \leq m : 1 \leq j \leq m : m, j \in \mathbf{Z} \text{ olmak üzere}$$



Şekil 1. a) 2B izdüşüm, b) İlişkili (1 – 4), c) kapalı (1 -3) ve açık kenar kümeleri (4) (a) Basic view b) related edges (1-4) c) closed and open edge sets (4)

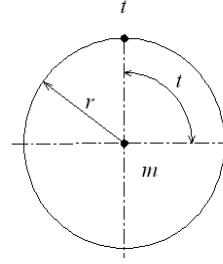
- eğer $n_{i+1} = n_j$ ise bu iki kenar ilişkilidir.
- İlişkili kenar kümesi oluşturma işlemine her bir çizim grubuna ait en küçük x koordinatlı kenardan başlanır. Bu tür kenar bulunduğunda ilk kenar (k_i), ilişkili kenar listesine kaydedilir. İlişkilendirilecek eleman kalmadığında ise küme numarası (s) bir artırılır. Kenar listesinde işleme tabi tutulmamış kenar varsa, yeni ilişkili kenar kümesi için işlem tekrarlanır (Şekil 2).

- iv. **Kapalı kenar kümesi (k_s^k):** İlişkili kenar kümesindeki ilk kenar (k_i) ve son kenarın (k_n) son nokta koordinatları birbirine eşit ise bu kenar kümesi kapalı kenar kümesi olarak isimlendirilir (Şekil 1.c).

$i_s^k = \{k_i, k_{i+1}, \dots, k_n\}$; $k_i = (n_i, n_{i+1})$; $k_n = (n_n, n_{n+1})$; $n_i < n_{i+1}$ ve $n_n < n_{n+1}$ olmak üzere eğer $n_i = n_{n+1}$ ise $i_s^k \in k_s^k$ dir.

- v. **Açık kenar kümesi (a_s^k):** Bir açık kenar kümesinde ilk ve son kenar koordinatları farklı olmalıdır, yani $n_i \neq n_{n+1}$ ise $i_s^k \in a_s^k$ 'dir (şekil 1.c)).

- vi. **Dairesel bölge:** Dairesel bölgeler tam silindirik unsurların 2B izdüşümleridir ve doğrusal ayrıntı içermezler. Bir daire merkez (x, y, z), yarıçap (r) ve tepe (tp) noktasından oluşur. Tepe noktası dairenin komşu görünüşlere izdüşümünü düşüren köşesidir (Şekil 3). Tepe noktası koordinatları aşağıdaki bağıntılar yardımı ile hesaplanır.



$$m = \{ (m_x, m_y, m_z) : m_z = 0 \}$$

$$tp = \{ (tp_x, tp_y, tp_z) : tp_z = 0 \}$$

$$t = 90^\circ \text{ olmak üzere}$$

$$tp_x = mx + r * \cos(t)$$

$$tp_y = my + r * \sin(t)$$

Şekil 3. Dairesel bölge ve tepe noktası hesabı (Calculation of circular area and top point)

- Parça görünüşlerini girme ve bunlara ait ön işlemler
- İlişkili kenar ve bunların kapalı kümelerini belirleme
- Görünüş izdüşümlerini belirleme ve model alanı oluşturma,
- Dış ve iç katılardan ön katılar oluşturma,
- Bunların hacimsel kesişmeleri ile katı modeller elde etme.

Yukarıda özetlenen yaklaşıma ait işlemler, Şekil 4'te görülen akış şeması ile de verilmiştir. Bu şemada da görüldüğü gibi, bir uzman sistem yardımı ile katıların biçimi ve bunu oluşturmada gerekli işlemler belirlenmektedir.

3.1. Ön İşlemler (Preliminary Processes)

2B izdüşümlerle ilgili verilerin elde edilmesinde DXF veri formatından yararlanılmaktadır. 2B veriler DXF ortamından Microsoft Access ortamında hazırlanan veri tabanına transfer edilmektedir. Bu bilgiler, görünüş düzlemine (ön, yan ve üst), 2B eleman türüne

3. KATI MODEL OLUŞTURMA ALGORİTMASI (SOLID MODEL RECONSTRUCTION ALGORITHM)

Bu araştırma kapsamında, iki görünüş şeklinde verilen parça resimlerinden katı model oluşturma amacıyla yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirme ve deneysel çalışmaları süren bu yaklaşım mevcut hali ile şu işlem basamaklarından oluşmaktadır:

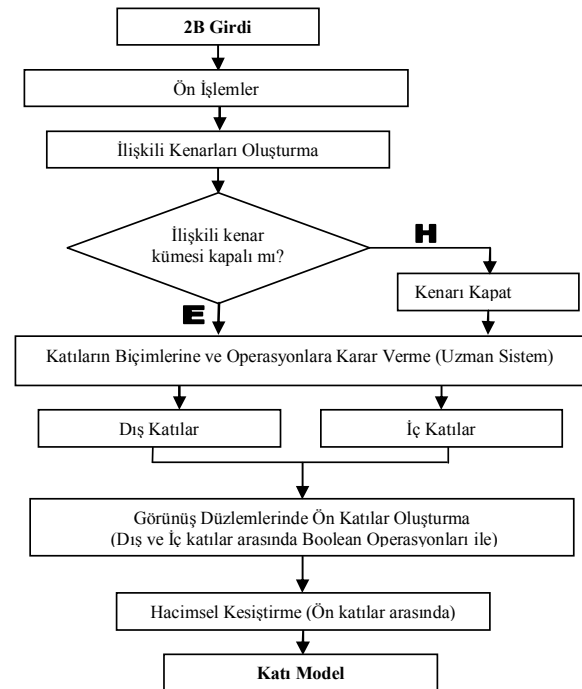
```

g=l 'ilişkili kenar küme numarası
If n>l then
For i = l to n
For j = i+1 to n

If xi+1 = xj and yi+1 = yj and zi+1 = zj then
i_s^k = {k_i, k_{i+1}, ..., k_n}
else: end if
next: next
s=s+1: else : end if

```

Şekil 2. İlişkili kenar oluşturma algoritması (The algorithm of related edge determination)



Şekil 4. Katı model oluşturma işlem akış şeması (Flow chart of solid model construction)

(doğru, yay ve daire) ve çizgi türüne (eksen, görünmez) göre sınıflandırılmaktadır.

3.2. İlişkili Kenarların Bulunması (Identification of Related Edges)

Şekil 2’de verilen algoritma kullanılarak, veri tabanına aktarılan 2B temel elemanlardan ilişkili kenar kümeleri oluşturulur. İlişkili kenarlar, birbirlerine ortak köşe noktaları ile bağlanan 2B temel elemanlardan (doğru ve yay) oluşur. Bu aşamada ilişkili kenarların kapalı veya açık olma durumları kontrol edilerek kapalı ve açık kenar kümelerine karar verilir (Şekil 1(c)). Kapalı ve açık kenar kümeleri, katı modelin oluşturulacağı katı temel elemanların model alanıdır. Model alanı kapalı kenar kümelerinden oluşur. Bu nedenle açık kenar kümelerinin kapatılması gerekir.

3.2.1. Açık kenar kümelerinin kapatılması (Closing of open edge sets)

Açık kenar kümeleri muhtemel köşe cepler, kör veya boydan boya kanal gibi unsurlardır (Şekil 5.a). Bu unsurların oluşturulabilmesi açık kenar kümelerinin kapalı kenar kümelerine dönüştürülmesiyle mümkündür. Bu işlem için hayali köşe olarak tanımlanan köşeler oluşturulur. Hayali köşeler, açık kenar kümesinin kapatılabilmesi için gerekli olan köşe noktasıdır ve var olan köşe nokta koordinatlarından oluşturulur. Bunun için:

- Açık kenar kümesinin, açık kısmı ($a1$) ile kapalı kısmının ($k1$) birbirlerine göre konumları (Şekil 5 (b-f)) ve
- Açık kısmındaki ($a1$) köşe koordinatları birbirleriyle karşılaştırılır.

Hayali köşe koordinatları belirlendikten sonra, yeni köşe noktası ile ilgili kenarların köşe noktaları

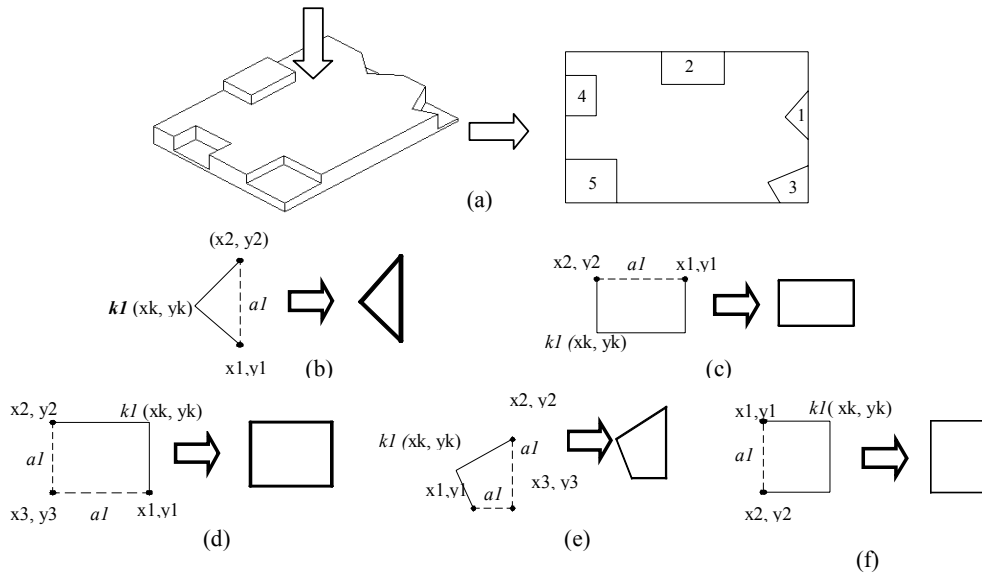
birleştirilerek açık kenar kümesi kapalı kenar kümesine dönüştürülür. Şekil 5’te verilen örnek açık kenar küme türlerinin hayali köşelerini oluşturmak için geliştirilen kurallar Tablo 1’de görülmektedir.

3.3. Görünüş İzdüşümlerinin Bulunması (Determination of View Projection)

Kapalı kenar kümeleri ve dairelerin diğer görünüşlerdeki izdüşümleri (eşleştiği köşeler) aşağıdaki şekilde bulunur:

- Ortak koordinat ekseninin belirlenmesi. Ortak koordinat eksenini ön-yan görünüşler arasında “y” eksenini, ön – üst arasında ise “x” eksenidir (Şekil 6).
- Kapalı kenar kümeleri ile ortak koordinat eksen değerleri eşit olan komşu görünüşteki kenarlar bu bölgelerin izdüşümleridir. Şekil 6’da ön görünüşte $ik_1^k = \{k1, k2, k3, k4\}$ kenarlarından oluşmakta ve $ik_1^k \in k_1^k$ ’dir.
- Bu kapalı kenarın yan görünüşteki izdüşümü, “y” koordinatlarına eşit olan köşe noktalarının oluşturduğu kenardır. Ön görünüşteki k_1^k kapalı bölgesinin yan görünüşteki izdüşümü $k1 - k2$ köşelerine eş olan $ky1 - ky2$ ve $k3 - k4$ köşelerine eş olan $ky3 - ky4$ köşeleridir.
- Dairesel bölgelerin izdüşümleri tepe noktaları ile aynı koordinata sahip kenarlardan oluşur. Ön görünüşteki $d1$ dairesinin yan görünüşteki izdüşümü, dairesel bölgeye ait $tp1$ noktası ile aynı “y” koordinat değerine sahip $k5 - k6$ ve $k7 - k8$ köşeleridir (Şekil 6).

Süpürme miktarları: Kapalı bölgelerin izdüşümleri bulunduktan sonra, bu izdüşümlerin boyları ve yatayla yaptıkları açılar hesaplanır. İzdüşüm boyu, temel katı elemanın süpürme miktarını, açısı ise süpürme açısını



Şekil 5. Örnek açık köşeler türleri (Sample of open edge types)

Tablo 1. Hayali köşelere ait noktaları oluşturmada kullanılan örnek kurallar (Rules for the identification of dummy vertices)

Tür	Köşe koordinat Durumları		Hayali köşe koordinatları	Örnek
	Kapalı – açık köşe konumu	Açık köşe noktalarının konumu		
1	$X_k < x_2 \wedge y_k < y_2$	$x_1 = x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - b
1	$X_k < x_1 \wedge y_k > y_1$	$x_1 = x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - b
2	$X_k = x_2 \wedge y_k < y_2$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 = y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - c
2	$X_k = x_1 \wedge y_k < y_1$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 = y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - c
3	$x_k < x_1 \wedge y_k > y_1$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_3 = x_2; y_3 = y_1$	Şekil 5 - e
3	$x_k < x_2 \wedge y_k < y_2$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_3 = x_2; y_3 = y_1$	Şekil 5 - e
4	$x_k > x_1 \wedge y_k = y_1$	$x_1 = x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - f
4	$x_k > x_2 \wedge y_k = y_2$	$x_1 = x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_1, y_1 - x_2, y_2$	Şekil 5 - f
5	$x_k > x_1 \wedge y_k > y_1$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_3 = x_2; y_3 = y_1$	Şekil 5 - d
5	$x_k > x_2 \wedge y_k = y_2$	$x_1 \neq x_2 \wedge y_1 \neq y_2$	$x_3 = x_2; y_3 = y_1$	Şekil 5 - d

oluşturur. Şekil 6'da k_1^k kapalı kenar kümesinin izdüşümlerinden olan ky_1 ve ky_2 izdüşümün köşe nokta koordinatları;

$$ky_1 = \{(x_{y1}, y_{y1}, z_{y1})\} \quad ky_2 = \{(x_{y2}, y_{y2}, z_{y2})\}; \quad z_{y1} = z_{y2} = 0$$

olmak üzere,

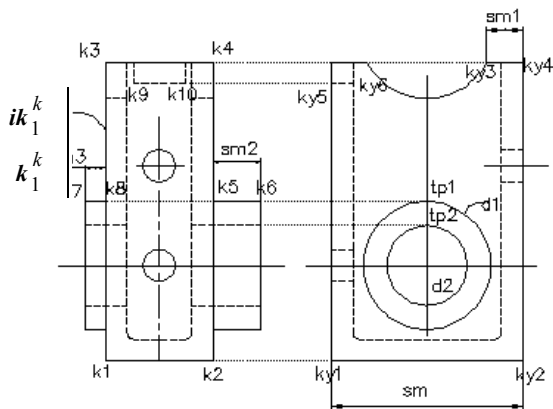
Süpürme miktarı (S_m);

$$S_m = \sqrt{(x_{y2} - x_{y1})^2 + (y_{y2} - y_{y1})^2 + (z_{y2} - z_{y1})^2}$$

süpürme açısı (S_a) ise $s_a = \tan\left(\frac{y_{y2} - y_{y1}}{x_{y2} - x_{y1}}\right)$ 'dir.

k_1^k kapalı kenar kümesi ve $d1$ daireesinde görüldüğü gibi bir kapalı bölgenin birden fazla izdüşümü varsa (Şekil 6);

- Düzlemsel bölgeler için südürme miktarı büyük olan izdüşüm
- ($S_m, S_{m1}: S_m > S_{m1} \Rightarrow S_m = S_{m1}$)



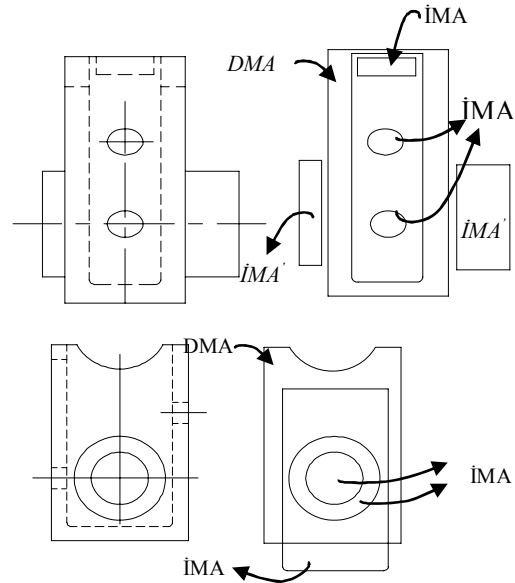
Şekil 6. Görünüşlerin izdüşümleri ve südürme miktarları (Projections of the views and extrusion distances)

- Dairesel bölgeler için ise her bir izdüşümün südürme miktarı ayrı ayrı hesaplanarak veri tabanına aktarılır (S_{m2}, S_{m3}).

3.3.1. Model alanı oluşturma (Construction of model area)

Model alanı düzlemsel ve dairesel kapalı bölgelerden oluşur. Bu aşamada 2B kapalı kenar kümeleri ve dairesel bölgelere “z” koordinatı atanarak 3B’lu konumları oluşturulur. İki çeşit model alanı vardır:

- Dış Model Alanı (DMA): Görünüş bölgelerindeki dış katıların oluşturulduğu alandır. DMA, kapalı kenar kümelerinde en dış bölgedeki kapalı bölgedir. DMA açık kenar kümelerinden oluşmaz.
- İç Model Alanı (İMA): Görünüş bölgelerinde DMA içinde kalan kapalı kenar kümeleri, dairesel bölgeler ve açık kenar kümelerinden oluşturulan kapalı kenar kümeleri iç model alanı



Şekil 7. Dış ve iç model alanları (Outer and inner model areas)

olarak tanımlanmıştır. Şekil 7’de görülen DMA ile dışardan temas halinde ve ortak alanları bulunmayan kenar kümeleri de ($\dot{I}MA$) iç model alanları ile birlikte ele alınmıştır ($DMA \cap \dot{I}MA = \emptyset$).

DMA ’lar referans model alanı kabul edilirler ve “z” koordinatları “0” alınır. $\dot{I}MA$ ’ların Z koordinatı, $\dot{I}MA$ ’nın bulunduğu görünüşteki DMA ’nın izdüşümünün en küçük koordinatı ile (ortak koordinat eksenini dışındaki koordinat değeri) $\dot{I}MA$ ’nın izdüşümünün en küçük koordinatı arasındaki farktır. Şekil 8’de yan görünüşteki DMA ’nın en küçük (x ve y koordinatına göre) köşe noktası $k5$ iken ön görünüşte $k2$ ’dir. $\dot{I}MA1$ olarak gösterilen dairenin izdüşümünün en küçük köşe noktası $k1$, $\dot{I}MA2$ olarak gösterilen model alanının izdüşümünün en küçük köşe noktası $k4$ ’tir. Buna göre $\dot{I}MA1$ ve $\dot{I}MA2$ model alanlarının “z” koordinatları;

$$k2 \in k_1^k, k2 \in DMA; k1 \in k_3^k, k1 \in \dot{I}MA3'$$

$$k2 = \{k2_x, k2_y, k2_z\}$$

$$k1 = \{k1_x, k1_y, k1_z\} \Rightarrow \dot{I}MA1_z = k1_x - k2_x$$

$$k4 \in k_1^k, k4 \in DMA; k5 \in k_2^k, k5 \in \dot{I}MA2'$$

$$k4 = \{k4_x, k4_y, k4_z\}$$

$$k5 = \{k5_x, k5_y, k5_z\} \Rightarrow \dot{I}MA2_z = k4_x - k5_x$$

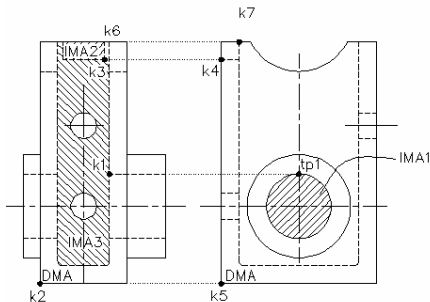
eşitlikleri ile hesaplanır. Model alanını oluşturan bütün köşe noktaları için “z” koordinatı hesaplanır.

3.4. 3B Nesne Türüne Karar Verme (Determination of 3D Object Type)

3B nesne yorumlama adımında en çok kullanılan yapay zeka tekniklerinden olan Uzman Sistem kullanılmıştır. Uzman sistem 2B izdüşüm ve diğer girdi verilerini kullanarak temel katı elemanın türü ve buna bağlı olarak yapılacak operasyonlara karar vermektedir.

3.4.1. Uzman sistem - US – (Expert system)

Bilgi tabanlı bir karar destek mekanizması olan uzman sistem, insan bir uzmanın problemler karşısındaki davranışını taklit eden bir bilgisayardır.



Şekil 8. İMA ve DMA’ların en küçük köşe noktaları (Minimum vertexes that have minimum x, y coordinate value)

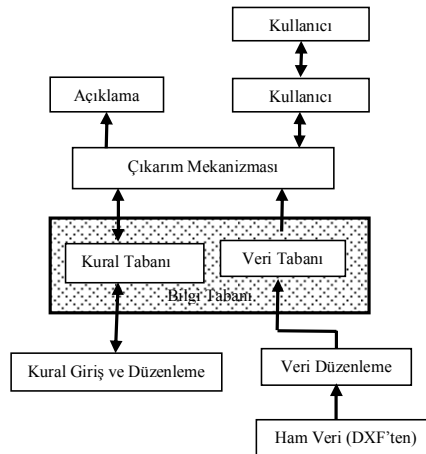
programıdır. Bu program bir uzmanın çok özel bir görevde kullandığı bilgi ve bulgularını içine alır [23]. Genel olarak tüm US’lerde Bilgi tabanı, Sonuç çıkarım mekanizması ve kullanıcı arabirimi bulunur (Şekil 9).

Bilgi Tabanı: Bilgi tabanı bir konuda bir veya birden çok uzmanın bilgilerinin bir araya getirilmesiyle oluşur. Bilgi tabanı problem hakkında ön bilgilerin bulunduğu veri tabanı ve uzman bilgisinin aktarıldığı kural tabanı bileşenlerinden oluşur.

Veri Tabanı: Veri tabanı, problemin o andaki durumunu anlatan gerçekler ve belirli bir ana kadar elde edilmiş nitelik-değer çiftlerinden oluşur. Çalışma için hazırlanan veri tabanında 2B izdüşüm hakkındaki fiziksel ve hesaplanmış bilgiler yer almaktadır. Bunlar, 2B görüntü ve onun komşu görünüşteki izdüşümünün türü ve çizgi türleri, izdüşümün uzunluğu, izdüşümün ifade edilmiş şekli (kesit veya değil), 2B görüntü ve izdüşüme dair koordinat verileri gibi bilgiler bulunmaktadır.

Kural Tabanı: Uzman sistem, belirli durumlarda çalışan ve eğer – o halde veya diğer bir yapıda tanımlanan kurallar topluluğunu depolamak için bir belleğe sahip olmalıdır. Kurallar, problemin ve sonuca ulaştırılacak şartların düzgün şekilde ifade edildiği cümlelerdir. Çalışma kapsamında hazırlanan uzman sistem, 2B izdüşümlerin verilerinin yorumlanması sonucu elde edilen ön yorumları kullanarak 3B unsurların biçimine karar vermektedir. Bu karar sonucunda, unsurun oluşturulmasında izlenecek yola ve unsurlar arasında yapılacak boolean operasyonuna karar verilmektedir. Kurallar if – then yapısı ile verilmiştir. Tablo 2’de Şekil 10’da verilen bazı örnek parçalarla ilgili kurallar görülmektedir.

Çıkarım Mekanizması: Çıkarım mekanizması eldeki bilgilerden yeni bir bilgi elde etmek için kullanılan yöntemdir. Çıkarım mekanizmasının görevi bilgi tabanını yorumlama ve kontroldür [24]. Çıkarım mekanizması genelde iki teknikle oluşturulur. Bunlar;



Şekil 9. Uzman sistem genel yapısı (General structure of expert system)

ileri ve geriye zincirleme metotlarıdır. Tanıtılan çalışmada çıkarım mekanizması “ileriye zincirleme” yöntemi ile tasarlanmıştır. İleriye zincirleme metodu bilinen verilerden başlar ve uygun kural bulununca bu kuralın mevcut şartlarını tatmin etmeyi temel alır (Şekil 12).

Kullanıcı Arabirimi: Kullanıcı ile uzman sistem arasında iletişimi sağlayan birimdir. Kullanıcı ara birimi uzman sistemin bilgi tabanını kontrol etme, kural ekleme ve çıkarma gibi işlemleri yaparken kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimi neden/nasıl sorularıyla sağlar.

4. KATI MODEL OLUŞTURMA (Solid Model Construction)

Uzman sistem yardımıyla temel elemanların tipine ve buna bağlı olarak temel elemanın türüne ve ana parçayla arasında yapılacak boolean operasyonuna karar verilmektedir. Katı temel elemanların oluşturulmasında önce dış model alanlarından dış katı, daha sonra iç model alanlarından doğrusal ve eksenel süpürme operasyonları ile iç katılar oluşturulur. Dış katı, referans katıdır ve iç katı temel elemanların bu katıya eklenip çıkartılması ile ön katılar oluşturulur.

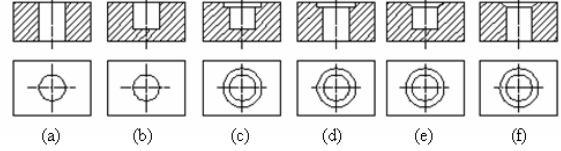
Şekil 13.a’da oluşturulan dış katı ve iç katı temel elemanlar görülmektedir. İç katı temel elemanlar ile dış katı temel eleman arasında yapılan boolean operasyonları sonucunda görünüş bölgelerindeki (G1 – G2) ön katılar oluşturulur (Şekil 13. b). Son işlem, her iki görünüş bölgesinde oluşturulan ön katılar arasında hacimsel kesiştirme yapılmasıdır (Şekil 13. c). Şekil 14’te hazırlanan programla katı modelleri oluşturulan parçalardan bazı örnekler görülmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

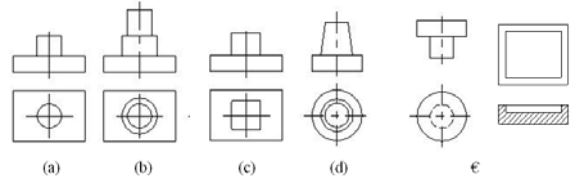
Burada yapılan çalışmada iki görünüşle ifade edilen prizmatik parçaların bilgisayar ortamında otomatik katı modelleri oluşturulmuştur. Çalışmada hacimsel (YKG) bir yöntem kullanılmış ve bu amaçla Visual Basic 6.0 ve VisualLISP programlama dilleri ile yazılan ve AutoCAD grafik ortamını kullanan bir bilgisayar programı

yazılmıştır.

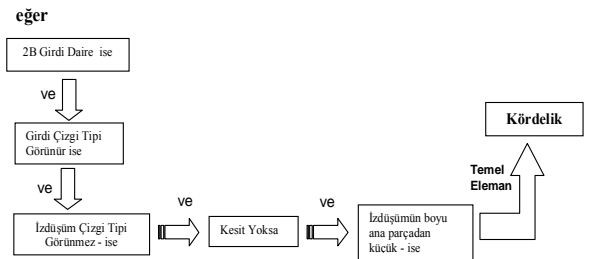
Prizmatik parçalarda köşe cepler ve kapalı kanal gibi bölgelerin katı modellerinin oluşturulmasında problemler ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu bölgelerin 2B izdüşümleri kapalı bir döngü oluşturmamaktadır. Burada geliştirilen açık kenar kapatma algoritması ile probleme etkili ve yeni bir çözüm getirilmektedir. Ayrıca kesit görünüşleri tam olarak ele alan çalışmalara literatürde rastlanmamaktadır. Yapılan çalışma ile bu eksikliklere çözüm getirilmektedir.



Şekil 10. Kullanılan bazı geometrik unsurlar: (a) Boydan boya, (b) Kör, (c, d) Silindirik havşalı, (e, f) konik havşalı delik (Some of the used geometrical features: (a)through (b) blind (c, d) counterbore (e, f) countersink holes)



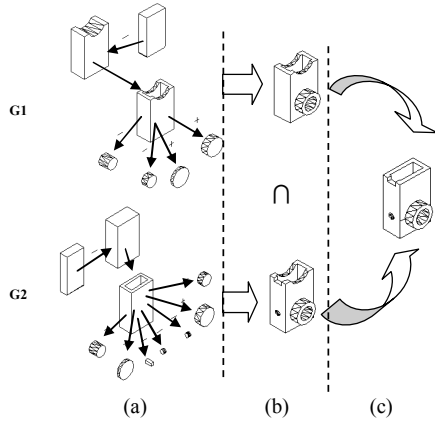
Şekil 11. Kullanılan bazı geometrik unsurlar: (a) Silindirik, (b)konik silindirik, (c) ters silindirik (d) prizmatik çıkıntı € kör ve boydanboya cep (Some of the used geometrical features: (a) cylindrical (b) conic cylindrical (c) reverse cylindrical (d) prismatic protrusion (f) blind and through pocket)



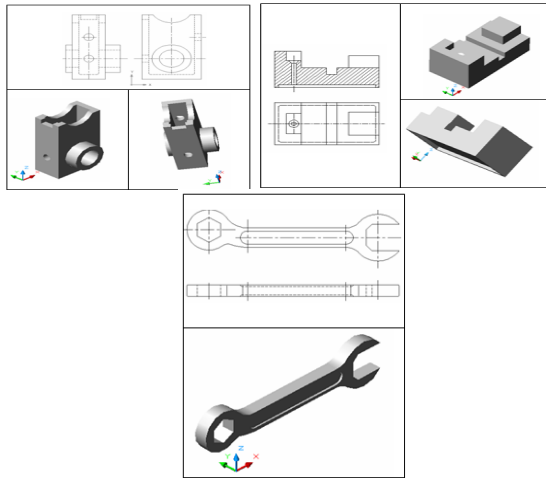
Şekil 12. İleri zincirleme yöntemi ile örnek bir unsurun tanınması (Recognition of a sample feature with the method of forward chaining)

Tablo 2. Uzman sistem bilgi tabanı ve örnek çıkarımlar (Expert system knowledge base and sample inferences).

Bilgi Tabanı (Veri tabanı – Kural tabanı ilişkileri)														ÇIKARIM	
Görünüş		Girdi Türü		Girdi Çizgi türü		İzdüşüm Çizgi Türü		İzdüşüm köşe Sayısı		Kesit Durumu		Uzunluk Ana parçadan		Temel Eleman	
Ön	Yan	○	□	—	--	—	--	●	●	▨	□	>	<	=	
✓		✓		✓			✓	✓		✓				✓	Havşa Başlı Delik
✓		✓		✓			✓		✓	✓				✓	Boyan boya delik
✓		✓		✓		✓			✓	✓			✓		Kör delik
	✓		✓	✓		✓			✓	✓			✓		Prizmatik çıkıntı
✓			✓	✓			✓		✓	✓			✓		Kör Cep
✓			✓		✓	✓			✓	✓			✓		Ters silindirik çıkıntı



Şekil 13. Katı model oluşturma aşamaları (Solid model reconstruction stages)



Şekil 14. Örnek parçalar (Some sample parts)

Parça biçimine karar vermede kesit görünüşlerin etkin bir kullanımı söz konusudur. Çalışmanın literatüre kattığı diğer bir yenilik, 3B yorum elde etme aşamasında yapay zeka tekniği kullanılmasıdır. Katı temel elemanların biçimine ve buna bağlı olarak birbirleri arasında uygulanacak boolean operasyonlarına hazırlanan uzman sistem aracılığı ile karar verilmektedir.

Bu makalede tanıtılan araştırma kapsamında tam ve yarım kesitle ifade edilen parçalar ele alınmış; kademeli ve kısmi kesitlerle ilgili uygulamalara ise yer verilmemiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Idesawa, M., "A System To Generate A Solid Figure from A Three View", **Bull. JSME**, Cilt 16, 216-225, 1973.
2. Şahin, İ., Börklü H.R., "2B Görünüş Verilerinden Bilgisayar Destekli 3B Modeller Oluşturulması: Kaynak Araştırması", **Mühendis ve Makine**, Cilt 507, 20-31, 2002.
3. Shin, B.S., Shin, Y. G., "Fast 3D Solid Model Reconstruction From Orthographic Views", **Computer Aided Design**, Cilt 30, No 1, 63-76, 1998.
4. Kuo, M.H., "Reconstruction of Quadric Surface Solids from Three-View Engineering Drawings", **Computer Aided Design**, Cilt 30, No 7, 517-527, 1998.
5. Liu, S.X, Hu, S.M, C, Y.J., Sun, J.G., "Reconstruction of Curved Solids From Engineering Drawings", **Computer Aided Design**, Cilt 33, 1059-1072, 2001.
6. Gong, JH., Zhang, GF., Zhang, H., Sun, JG., "Reconstruction of 3D Curvilinear Wire-Frame From Three Orthographic Views", **Computers & Graphics**, Cilt 30, 213-224, 2006.
7. Liu, SX, Hu, SM, Sun JG, "Two Accelerating Techniques for 3D Reconstruction", **Journal of Computer Science And Technology**, Cilt 17, No 3, 362-368, 2002.
8. Tanaka, M., Anthony, L., Kaneeda, T., Hitooka, J., "A Single Solution Method for Converting 2D Assembly Drawings to 3D Part Drawing", **CAD**, Cilt 36, 723-734, 2004.
9. Aldefeld B., "On Automatic Recognition of 3D Structures from 2D Representation", **CAD**, Cilt 15, No 2, 59-64, 1983.
10. Shum, S.S.P., Lau, W.S., Yuen, M.M.F., YU, K.M., "Solid Reconstruction from Orthographic Opaque Views Using Incremental Extrusion", **Computer & Graphics**, Cilt 21, No 6, 787-800, 1997.
11. Shum, S.S.P., Lau, W.S., Yuen, M.M.F., Yu, K.M., "Solid Reconstruction from Orthographic Views Using 2-Stage Extrusion", **Computer Aided Design**, Cilt 33, 91-102, 2001.
12. Lee, H., Han, S., "Recostruction of 3D Interacting Solids of Revolution from 2D Orthographic Views", **Computer Aided Design**, 1-11, Article in pres, 2005.
13. Çiçek A, Gülesin M., "2 Boyutlu Çizimlerden 3 Boyutlu Katı Modellerin Otomatik Elde Edilmesi", **Gazi Üniv. Müh.-Mim. Fak. Der.**, Cilt 20, No 3, 387-394, 2005.
14. Tam, K.S., Atkinson, J., "An Approach for Creating Solid Models from Orthogonal Views by Identification of Boolean Operations", **Journal of Materials processing Technology**, Cilt 138, 1653-1659, 2003.
15. Dimri, J., Gurumoorthy, B., "Handling Sectional Views in Volume-Based Approach to Automatically Construct 3D Solid from 2D Views", **Computer Aided Design**, Cilt 37, 485-495, 2005.
16. Liu, S., Hu, S., Wang, G., Sun, J., "Reconstructing of 3D Object From Orthographic Views", **Chinese Journal of Computers**, Cilt 23, No 2, 141-146, 2000.
17. Liu, S.X, Hu, S.M, C, Y.J., Sun, J.G., "Reconstruction of Curved Solids From Engineering Drawings", **Computer Aided Design**, Cilt 33, 1059-1072, 2001.
18. Benko, P., Martin, R. R., Varady, T., "Algorithms for Reverse Engineering Boundary

- Representation Models”, **Computer Aided Design**, Cilt 33, 839-851 2001.
19. Shum, S.P.S., Lau, W.S., Yuen, M.M. F., Yu, K.M., “Cost-Effective Solid Reconstruction from an X-ray Image”, **Journal of Materials Processing Technology**, Cilt 1, No 21, 207-216, 2002.
 20. Sahin, İ., Borklu H. R., “Üç Temel Görünüşü Verilen Nesnelerin AutoCAD Ortamında Otomatik 3B Modellerini Oluşturma, **Makine Tasarımı ve İmalat Dergisi**, Cilt 5, No 1, 9-22, 2003.
 21. Sahin İ., Börklü, H. R., “Hacimsel Kesiştirme Yaklaşımı Kullanarak Silindirik Parçaların Katı Modellerini Oluşturma”, **Politeknik Dergisi**, Cilt 10, No 1, 71-77, 2007.
 22. Gong, J. H., Zhang, G. F., Zhang, H., Sun, J. G., “Solid Reconstruction Using Recognition of Quadric Surfaces From Orthographic Views”, **Computers Aided Design**, Cilt 38, 821-835, 2006.
 23. Medsker, L., Liebowitz, J., **Design and Development of Expert Systems and Neural Networks**, Macmillan, New York, A.B.D., 1994.
 24. Allahverdi, N., **Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması**, Atlas, 12, İstanbul, 2002.