

Ismail Şahin
Araştırma Görevlisi

Hüseyin R. Börklü
Doç. Dr.

G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi
Makine Eğitimi,
Ankara

Üç Temel Görünüşü Verilen Nesnelerin Autocad 2000 Ortamında Otomatik 3B Modellerini Oluşturma

Bu makalede üç temel görünüş veya izdüşümleri verilen nesnelerin 3B modellerini bilgisayar ortamında oluşturmada kullanılacak yeni bir hacimsel yaklaşım tanıtılmaktadır. Bu yaklaşım: 2B nesne görünüşlerine ait dış profil ve iç ayrıntı yapılandırma elemanlarının tanınması, dış ve iç yapılandırma elemanları elde etme, görünüşlere ait elde edilen katıların doğru konuma getirilmesi için döndürülme ve taşınması, ve kesitirme ile son katının elde edilmesini içermektedir. Tanıtılan bu metod kullanılarak Visual LISP kodunda yazılan ve AutoCAD 2000 ortamında çalışan bir program geliştirilmiştir. Bu program, çeşitli prizmatik ve silindirik nesnelerin YKG veya hacimsel modelleri hızlı bir şekilde oluşturabilmekte ve kullanıcıya sunabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Katı modelleme, yeniden yapılandırma, dik izdüşümler.

GİRİŞ

2B izdüşümlerden otomatik katı model oluşturma alanında yapılan çalışmalar tek ve çok görünüş yaklaşımları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tek görünüş yaklaşımları genelde nesne yorumlama üzerinde yoğunlaşmıştır. Yani bu çalışmalar daha çok 3B nesne oluşturmada kullanılacak 3B verilerin elde edilmesini amaçlamaktadır. Ayrıca 3B nesne elde etmeye yönelik bazı çalışmalar da vardır. Bunlar arasında Sugihara [1] ve Shiptalni [2] sınır temsili modeller üzerinde çalışmışlardır. Wang ve Grinstein'in çalışmaları düzlemsel ve eğri yüzeyli nesnelere ait temel elemanları elde edebilen çalışmalardır [3, 4]. Wang ve Grinstein, bu çalışmalarda tek görünüş olarak girilen 3B modellerin Yapısal Katı Geometri (YKG) ağaçlarını çıkartıp yeniden yapılandırmışlardır. Wu ve Lin ise, izometrik girdilerden yararlanarak YKG modeller elde etmişlerdir [5].

Otomatik katı model oluşturmaya yönelik çalışmalar, genelde çok görünüş yaklaşımları kapsar. Bu yaklaşımlar, girdi olarak iki veya daha çok görünüş kullanmaktadır. Ayrıca yardımcı görünüşlerden yararlanan çalışmalar da vardır. Bu çalışmalar, kullandıkları temsil tekniklerine göre tel kafes ve hacime dayalı (katı model/YKG) yaklaşımlar olarak iki ana başlık altında incelenebilir [6, 7].

Tel kafese dayalı çalışmalarda 2B izdüşüm verilerinden faydalanılarak tel kafes veya sınır temsili ile modellenmiş nesnelere elde edilmiştir. Tel kafese dayalı olarak 3B model elde eden ilk araştırma, Idesawa tarafından yürütülmüştür [8]. Bu çalışmada Idesawa, düzgün bir sırada nokta, doğru, yüzey ve 3B model elde etmiştir. Yaklaşım içerdiği hiyerarşik yapıdan dolayı aşağıdan-yukarı yaklaşım olarak da anılmaktadır [6, 7]. Diğer taraftan Wesley ve Markowsky tarafından geliştirilen algoritmalar ile de düzgün çokgen nesnelerin 3B modelleri elde edilmiştir [9]. Sakurai ve Gossard [10], geliştirdikleri köşe-tipi sınıflandırma metodu ile, silindirik, konik, küresel ve halkamsı yüzeylerden oluşan nesnelerin 3B modellerini elde etmişlerdir. Daha sonra You ve Yang altı görünüş kullanarak 3B modeller elde etmiştir [11]. Yöntem yardımcı görünüşleri kullanabilmekte ve olası görünüş eksikliklerini belirleyip giderebilmektedir. Shin ve Shin [12], 2B izdüşüm verileri ile 3B nesne oluşturma aşamaları boyunca elde edilen veriler arası ilişkiler kurarak deneme miktarlarını azaltan bir çalışma yapmıştır. Watanabe vd. [13], aşağıdan-yukarı yaklaşımlarda ortaya çıkan görünüş tutarsızlıklarını ele almıştır. Bu yaklaşım, girdi görünüşlerindeki kullanıcı hatalarını veya çizim programlarından kaynaklanan yanlış yorumları belirlemek için kullanılmıştır. Tanaka vd. [14], diğer çalışmalardan farklı olarak izdüşümlerin birden çok katı modelini belirlemeyi denemişlerdir. Kuo [15], dörtgen yüzeyli parçaların 2B çizimlerini otomatik yorumlayan ve bunlardan 3B nesne elde

eden bir çalışma yapmıştır. Dori ve Weiss [16], nesne dönüştürme ağları kullanarak 3B nesnelere elde etmişlerdir. Yöntemde 3B nesne elde etme işlemi oldukça uzun zaman almakta ve eksik görüntüler belirlenememektedir. Şahin ve Börklü [17, 18], aşağıdan-yukarı yaklaşıma dayalı çalışmalarında Sakurai'nin köşe-tip sınıflandırma yöntemini kullanarak düzlemsel modeller elde etmişlerdir. AutoCAD girdilerine uygulanan çalışmada, kullanılan ortak köşe belirleme yöntemi ile AutoCAD koordinat sisteminden kaynaklanan koordinat karışıklıkları giderilmektedir. Yan vd. [19], geometrik hesap hatalarını etkin bir şekilde düzelten bir algoritma tanıtmıştır. Ayrıca burada, girdi görüntülerindeki görünmez çizgiler dikkate alınmakta ve üst üste gelen yüzeylerdeki belirsizlikleri ortadan kaldıran bir yöntem uygulanmaktadır.

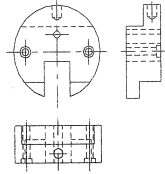
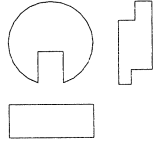
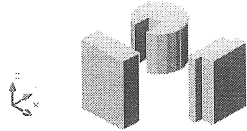
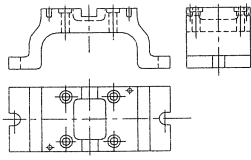
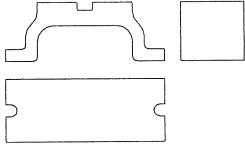
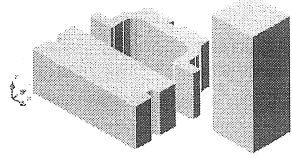
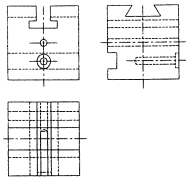
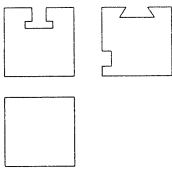
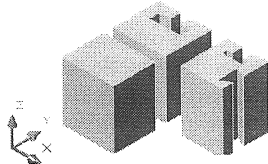
Hacime dayalı (katı model) yaklaşımlar, 2B izdüşümlerden faydalanarak nesnelere 3B katı modellerini oluşturmaktadır. Burada YKG yaygın kullanıldığı gibi çeşitli modelleme teknikleri de kullanılmaktadır (süpürme temsili vb.). Bu alandaki ilk çalışma, YKG temel elemanların belirlenmesi ve birleştirilmesine dayanan Aldefeld'in çalışmasıdır [20]. Daha sonra Aldefeld'in çalışmasındaki kullanıcı katkısı azaltan ve bireysel parça ilişkilendirilmesine hitap eden bir çalışma yapılmıştır [21]. Chen ve Perng [22], üç aşamalı bir işlemle 3B katı model elde etmeyi denemiştir. Bu işlemler: ayrıştırma, yeniden yapılandırma ve düzenleme şeklindedir. Yöntemle farklı kalınlıklardaki çok yüzlüler kullanıcı etkileşimli olarak modellenmektedir. Masuda ve Numao [23], değişken olmayan topoloji ve kabule bağlı doğru bakım sistemine (ATMS) dayalı üç görüntüleri katı modellere dönüştüren bir metod tanıtmışlardır. Metod, tüm katı adayları değişmeyen topoloji kullanan hücresel bir modelle kontrol etmektedir. Dutta ve Srivinas çalışmalarında, iki dik izdüşüm görünüşünü kullanarak katı modeller elde etmektedirler [24]. Burada işlem, bir köşeden başlar, tek tek yüzler ilave edilir ve bir katı oluşturulana dek sürer. Liu vd.'nin çalışması ise [25], 3B parçaların otomatik yapılandırması ve unsurların tanınmasını içermektedir. Shum vd. çalışmalarında [26], altı girdi görünüşü kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımın ana basamakları: her görünüşü doğrusal olarak sündürme (süpürme tekniğine göre), ilişkili görüntüleri döndürüp birleştirme ve hacimsel kesiştirme ile son nesnenin elde edilmesini içermektedir. Shum vd. daha sonra [27], yöntemi üç görünüşü ve görünmeyen kenarları da içine alacak

şekilde genişletmişlerdir. Liu vd. [28], ise mühendislik çizimlerdeki geometrik ve topolojik ilişkilerden faydalanarak 3B nesne oluşturan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, nesne yapılandırma aşamalarında oluşabilecek hatalı elemanlar, Moebius kuralı ile ayrılmaktadır. Aynı araştırmacı bir başka çalışmada ise, eğri yüzeyli nesnelere (konik, eliptik, parabolik vb.) ele almıştır [29]. Burada izdüşümlerden tel kafes model ve daha sonra katı model oluşturulmaktadır. Suh vd. [30], iki görüntüyle ifade edilen çok yüzlü nesnelere ele alan bir çalışma yapmıştır. Şahin [31], hacimsel kesiştirme yöntemi kullanarak silindirik ve prizmatik parçaların katı modellerini elde etmiştir. Yöntem AutoCAD girdilerine uygulanmıştır.

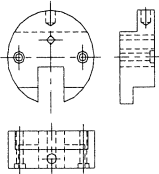
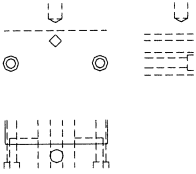
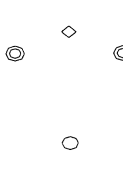
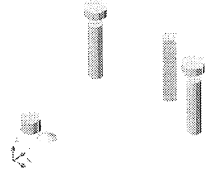
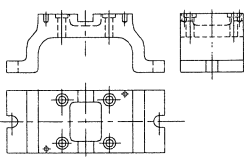
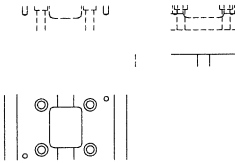
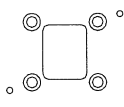
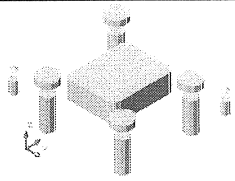
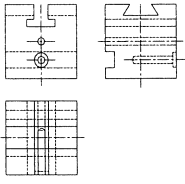
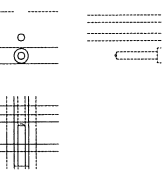

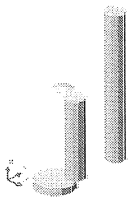
2B VE 3B TEMEL ELEMAN SINIFLANDIRMASI

Bu araştırma kapsamında yapılan çalışmada izdüşümleri oluşturan 2B temel elemanlar ve bunlardan elde edilen katı temel elemanlar sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma, 2B temel elemanların (doğru, yay, daire vb.) izdüşüm üzerindeki konumlarına göre yapılmaktadır. Öncelikle 2B temel elemanlar sınıflandırılmakta ve bu sınıflandırmaya paralel bir şekilde, katı temel elemanların oluşturulduğu kapalı bölgeler ve bu bölgelerin sündürülmesi ile oluşturulan katı temel elemanlar da sınıflandırılmaktadır. Bu Sınıflandırma yöntemi ile, katı model elde etme işlemi hiyerarşik bir sıra ile gerçekleştirilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre;

- Görüntülerdeki izdüşümlerin dış hattını oluşturan 2B temel elemanlar dış elemanlar olarak isimlendirilmektedir. Dış hatların oluşturduğu kapalı alan ise dış alan olarak isimlendirilmektedir. Aynı şekilde dış alanların sündürülmesi ile oluşturulan katı temel elemanlar dış katılar olarak isimlendirilmektedir (Şekil 1).
- İzdüşüm dış hatlarının iç kısmında kalan 2B temel elemanlar (yay, çizgi, daire vb.) iç elemanlar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2). İç elemanların oluşturdukları kapalı alanlar iç alanlar olarak adlandırılmaktadır. Bu kapalı alanların sündürülmesi ile de iç katılar oluşturulmaktadır. Şekil 2'de gösterilen iç katıların daha açık bir şekilde ifade edilebilmesi için, katıların gösteriminde teknik resim kurallarına uyulmamıştır.

2B Üç görünüş	Dış Eleman ve alanlar	Dış katılar
		
		
		

Şekil 1. Örnek nesnelere ait dış hat ve katılar

2B Üç görünüş	İç Elemanlar	İç Alanlar	İç Katılar
			
			
			

Şekil 2. Örnek nesnelere ait iç hat ve katılar

GELİŞTİRİLEN PROGRAM

Araştırma kapsamında 2B izdüşümlerden otomatik 3B katı modeller elde etmeye yönelik bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program, VisualLISP programlama dil kodunda yazılmıştır. Hazırlanan program ile, AutoCAD 2000 ortamında üç görünüş olarak yapılan 2B izdüşümler yorumlanarak katı modelleri oluşturulmaktadır. Program içinde AutoCAD komutları otomatik bir şekilde kullanılmaktadır. 2B verilerin elde edilmesinde DXF veri formatından faydalanılmaktadır.

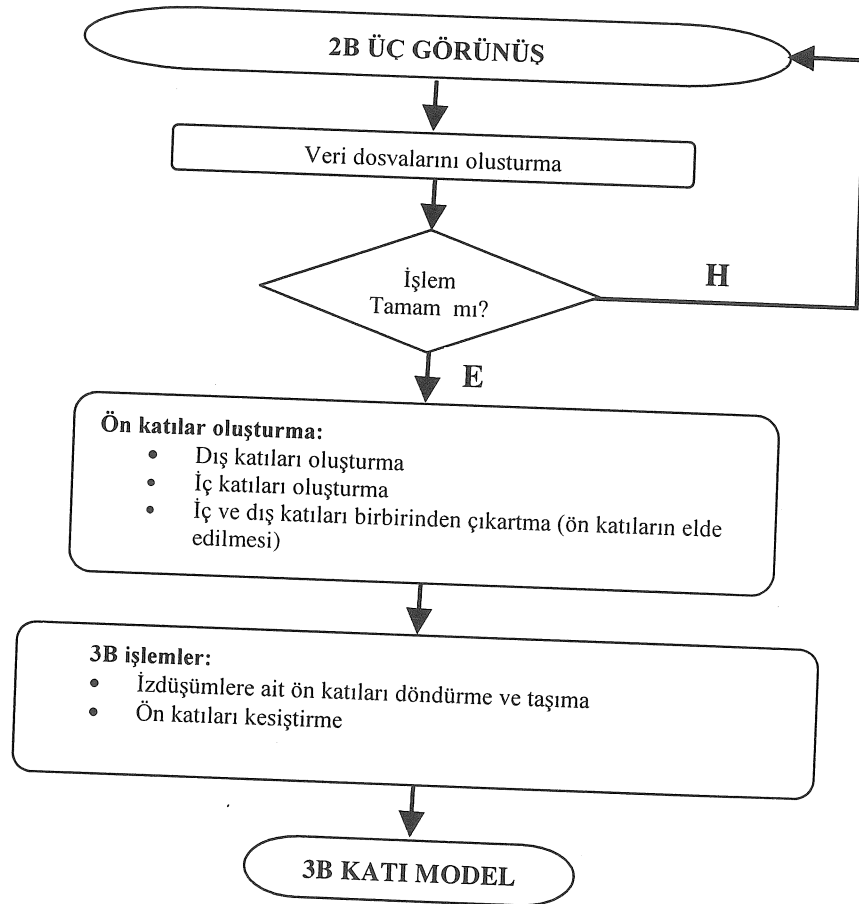
Hazırlanan program ile, DXF verileri 3B katı model işleminde kullanılmak üzere metin dosyalarına aktarılmakta ve yorumlanmaları ile işlem gerçekleştirilmektedir. Programın işlem ana basamakları şu şekilde özetlenebilir: 2B veri dosyalarının hazırlanması, görünüşlerde dış ve iç

katıların oluşturulması, dış ve iç katıların Boolean operasyonları (genelde çıkartma) ile birleştirilmesi ve 3B'lu işlemler (Şekil 3).

Veri Dosyaları Oluşturma

2B veri dosyaları, katı model elde etmede kullanılacak 2B girdilerin geometrik ve topolojik verilerini saklamak amacı ile oluşturulmaktadır.

Veri dosyalarında saklanan bu veriler düzenlenerek, katı model oluşturma aşamalarında kullanılmaktadır. Veri dosyaları oluşturulmadan önce katı modeli oluşturulacak izdüşümler 2B'lu olarak AutoCAD 2000 ortamında girilmektedir. 2B izdüşümler TS 88 Teknik Resim çizim kurallarına uygun ve üç görünüş olarak oluşturulmalıdır. Teknik resim çizim kurallarına uygun girdi, katı model oluşturma işleminin doğru bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır.



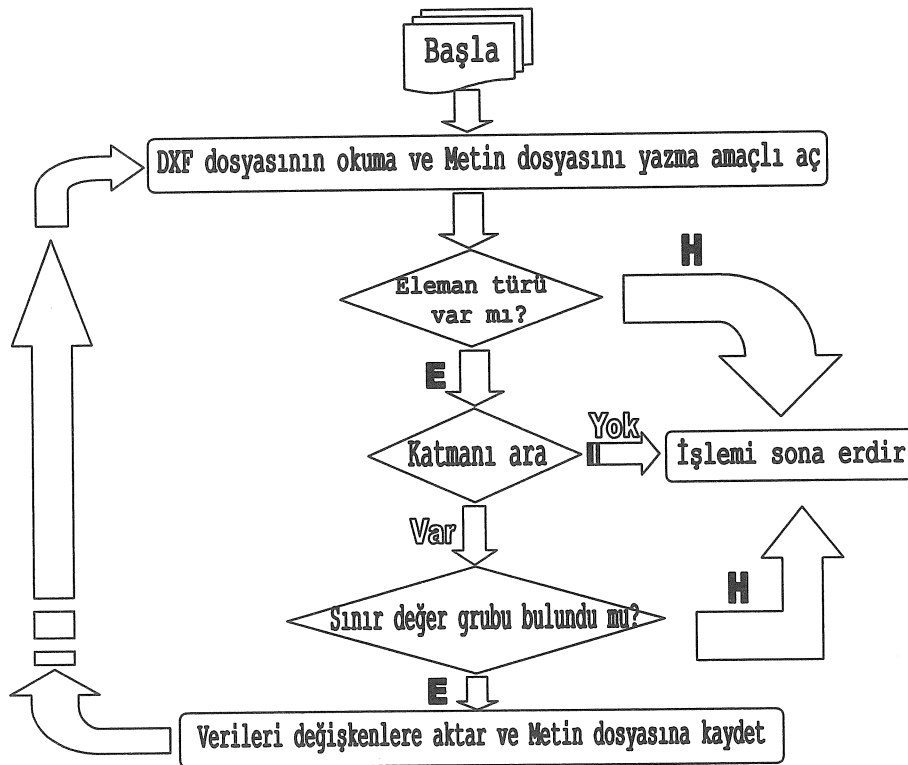
Şekil 3. Program işlem adımları

İzdüşüm girdileri hazırlandıktan sonra veri dosyaları oluşturulur. Burada iki tür veri dosyası elde edilmektedir. Bunlar, AutoCAD ortamında yapılan çizimlere ait her türlü çizim verisinin saklandığı DXF (Drawing Exchange Format) ve bu verilerin düzenlenerek aktarıldığı metin dosyalarıdır. Veri dosyalarının oluşturulması işleminden önce her bir görünüşe ait izdüşümler ayrı katmanlara atılır. Bu işlem, DXF verilerinin belirli bir düzende aktarılabilmesi ve izdüşüm verilerinin birbirine karışmaması için yapılır. Daha sonra, ekrandaki çizime ait DXF dosyası oluşturulur. DXF dosyaları AutoCAD ortamında yapılan çizimlerin DXF formatında kaydedilmesini içerir.

Bütün bu katman ve DXF dosyası oluşturma işlemleri program tarafından ve otomatik bir şekilde yapılır. İzdüşümlerin seçimi, kullanıcı tarafından her bir görünüşün sıra ile çerçeve içine alınması ile yapılır. Seçim noktalarını tanımlayan koordinat değerleri değişkenlere aktarılarak programın sonraki aşamalarında kullanılabilir hale getirilmektedir. Çizimlere ait DXF verilerin aktarıldığı dosyalar metin dosyalarıdır. Bu amaçla her bir görünüşteki (ön, yan ve üst) 2B temel elemanlar için metin dosyaları

oluşturulur. Metin dosyalarına temel elemanlara ait geometrik bilgiler aktarılır. Bu işlem Şekil 4'de gösterilen veri aktarım yöntemine göre yapılır.

Bu yöntemde göre, DXF dosyaları okuma amaçlı açılırken, eş zamanlı olarak, metin dosyaları yazma amaçlı açılır. Daha sonra her bir eleman DXF içinde analiz edilerek metin dosyalarına gerekli veriler aktarılır. Metin dosyalarına 2B temel elemanların koordinat (başlangıç ve bitiş, merkez vb.), yarıçap ve yay başlangıç ve bitiş açıları gibi geometrik değerler aktarılır. Veri aktarımının gerçekleşmesi için tanımlanan eleman türü, katman ve sınır değer gruplarının program tarafından bulunması gerekmektedir. Eğer bu gruplar bulunursa değerler aktarılır. Veri aktarımı ile, temel elemanlara ait değerler metin dosyalarına çizim sıralarına göre aktarılır. Bu işlem her bir görünüşte ve her bir temel eleman için belirli bir sıra dahilinde ve otomatik yapılır. Veri aktarım işleminin bu aşamasında görünmeyen çizgiler ve eksen çizgileri metin dosyalarına aktarılmaz. Çünkü veri aktarım işleminin bu aşamasında amaç, dış katıları oluşturmada kullanılacak verileri düzenlemektir.



Şekil 4. Veri aktarımı

Ön Katılar Oluşturma

Dış Katı Yapılandırma Elemanları Elde Etme:

Dış katılar, dış alanlardan oluşturulur. Bu nedenle ilk olarak dış elemanlardan dış alanlar oluşturulur. Dış alanlar, izdüşümün dış hattını oluşturan 2B temel elemanların birleşik çizgi (Polyline) haline getirilmesi ile oluşturulur. Dış alan oluşturma işleminde kullanılacak 2B temel elemanlara ait veriler, bir önceki adımda oluşturulan metin dosyalarından elde edilir. İşlem, AutoCAD birleşik çizgi elde etme komutu olan "pedit" komutunun program içinde otomatik kullanılması ile yapılır. Bu işlemde gerekli olan pedit noktası, dış elemanlardan herhangi birinin başlangıç veya bitiş noktasıdır. Dış alan olarak tanımlanacak elemanların seçimi ise programın başında izdüşümlerin seçiminde kullanılan seçim noktaları yardımı ile yapılmaktadır.

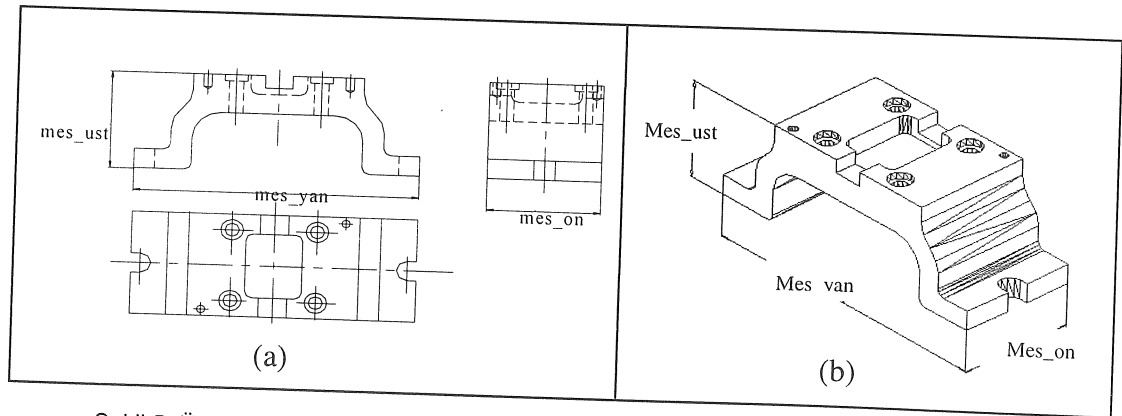
Dış katı elde etme işlemi dış alan elde etme işlemi takip edecek şekilde yapılır. Dış katılar, dış alanlara belirli bir kalınlık verilmesi ile oluşturulur. Burada doğrusal bir sündürme söz konusudur. Sündürme işlemi için gerekli veriler, sündürme miktarı (kalınlık) ve sündürme yönüdür. Dış katı yapılandırma elemanların sündürme uzunluğu görünüşler arası ilişkiler yardımı ile belirlenir. Örneğin Şekil 5.(a)'da dik izdüşümleri verilen nesnenin ön görünüşüne ait sündürme miktarı, yan görünüşte mes_on olarak gösterilen mesafe kadar olur. Benzer şekilde sol yan görünüşe ait sündürme miktarı Şekil 5.(a)'da mes_yan ve üst görünüş sündürme miktarı mes_ust olarak belirtilen mesafeler kadar olmalıdır.

Sünderme miktarları, görünüş seçiminde kullanılan köşe noktaları kullanılarak program tarafından otomatik hesaplanır. Başlangıçta bu mesafeler, nesne boyutlarından büyük olabilir. Ancak son aşamada sünderülen katılara ait hacimsel kesişim yapılması ile, 3B'lu gerçek nesne elde edilecektir. Sünderme yönleri ise, her görünüşe ait

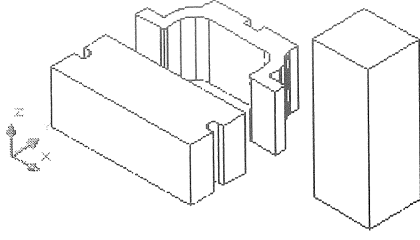
negatif normal vektör doğrultusunda (- "Z" eksen yönü), alınır. Böylece her görünüşteki dış alanlar, sünderme mesafe ve yön değerlerine göre uzatılarak katı hale dönüştürülür. Şekil 6'da işlem sonucu elde edilen görünüşlerdeki dış katılar görülmektedir.

İç Katı Yapılandırma Elemanları Elde Etme: Bu aşamada Bölüm 2'de ayrıntılı olarak tanımlanan iç elemanlar ele alınarak, bunlardan iç alan ve iç katı yapılandırma elemanları elde edilir. İç katı yapılandırma elemanı elde etme işlemi şu adımları içerir: iç elemanlara ait veri ve veri dosyalarının elde edilmesi, iç alan ve iç katı temel elemanların elde edilmesi

Bu işlemlerden önce, dış katı temel elemanlar oluşturulan yeni katmanlara konur. Dış ve iç katılara ait katmanlar birbirinden ayrılarak işlemlerde kolaylık sağlanır. İç elemanlarla ilgili işlemlere geçmeden önce dış katılara ait bu katmanlar kapatılır ve ekranda sadece iç elemanlar kalır. Daha sonra iç elemanlara ait veriler incelenip bunlara ait veri dosyaları oluşturulur. Veri dosyası oluşturma işlemi, dış elemanlara ait veri dosyalarına benzer şekilde yapılmaktadır. Bu amaçla önce iç elemanlara ait yeni bir DXF dosyası oluşturulur ve bu dosyadaki veriler yorumlanarak iç elemanlar için oluşturulan metin dosyalarına aktarılır. DXF dosyasının açılması ve buradaki verilerin düzenlenip aktarılması Şekil 4.'de görülen akış şemasına uygun bir şekilde olur. Burada dış elemanlardan farklı olarak, görünmeyen çizgiler de işleme sokulmaktadır. Bu amaçla her görünüşteki görünmez çizgilerin aktarıldığı ayrı birer metin dosyası oluşturulur. Böylece, görünür ve görünmeyen çizgiler birbirinden ayrılır. İç katı yapılandırma elemanları iki ana başlık altında incelenmektedir: prizmatik ve karmaşık iç katılar, silindirik iç katılar. Bu iki tür katı temel elemanların elde edilme yöntemi farklı olduğu için ayrı ayrı ele alınmaktadır.



Şekil 5. Üç temel görünüşe ait sünderme uzunlukları: (a) izdüşümlerde (b) 3B uzayda



Şekil 6. Dış katılar

a) Prizmatik ve karmaşık iç katı yapılandırma elemanlarının elde edilmesi: Prizmatik ve karmaşık iç katılar, düzlemsel ve karmaşık (kama kanallı deliklerin 2B izdüşümleri vb.) iç alanlardan elde edilir. İşlem, dış katıların elde edilmesine benzer bir tarzda iki aşamada gerçekleşir: iç elemanlardan iç alanların elde edilmesi ve iç alanların doğrusal bir biçimde sündürülerek iç katıların elde edilmesi. Şekil 7'deki işlem algoritmasında görüldüğü gibi, işlemin gerçekleşmesi için ilgili görünüşte en az bir çizgi parçasının bulunması gerekir. Böylece gereksiz araştırmalardan kaçınılır ve işlem zamanı azalır.

İç alan oluşturma işlemi dış alan oluşturma işlemine benzer şekilde yapılmaktadır. İşlem için gerekli seçim noktaları iç elemanların aktarıldığı metin dosyalarından alınır ve değişkenlere depolanır. İç alan oluşturma işleminin tamamlanabilmesi için iç elemanların hepsinin seçim işlemi, dış alanlarda kullanılan seçim noktaları kullanılarak gerçekleştirilir.

```

[[ iç elemanlara ait çizgi.txt dosyasını okuma modunda
ac
  Eleman sayısını belirle
  {While döngü değişkeni /= "dosya sonu" dizgisi (devam
  et)

  [If eleman sayısı >1 then dış alan elde etme işlemini
  başlat]
    Sınır nokta koordinatlarını değişkenlere aktar
    İç alan elde etme işlemini yap
    };While sonu
  ]] txt dosyasını kapat

```

Şekil 7. İç alan elde etme algoritması

İkinci aşama iç alanların sündürülerek prizmatik iç katının elde edilmesidir. Bu işlem daha önce yapılan sündürme işlemlerine benzer şekilde yapılır. Görünüşler arası ilişkiler yorumlanarak sündürme mesafeleri hesaplanır. Bu işlem, görünüşlerde oluşturulan düzlemsel iç alanların komşu görünüşlerdeki görünmez çizgiler ile ilişkileri yorumlanarak yapılmaktadır. Yorumlama, iç alanın başlangıç veya bitiş noktalarından herhangi birinin

komşu görünüşteki görünmez çizgi koordinatı ile aynı olması kuralına dayandırılmaktadır. Üç görünüş için oluşturulan kurallar şu şekildedir:

- 1) Ön görünüşteki düzlemsel iç alanı oluşturan çizgi parçalarından herhangi birinin "x" koordinatı ile üst görünüşteki görünmez çizgilerden "x" koordinatı aynı olan ve "y" koordinatı ile yan görünüşteki görünmez çizgilerden "y" koordinatı aynı olan çizgi, ön görünüşteki düzlemsel alanın üst ve yan görünüşteki izdüşümleridir.
- 2) Yan görünüşte bulunan düzlemsel iç alanı oluşturan çizgi parçalarından herhangi birinin "y" koordinatı ile ön görünüşteki görünmez çizgilerden "y" koordinatı aynı olan çizgi parçası, yan görünüşteki düzlemsel iç alanın ön görünüşteki izdüşümlerinden birisidir.
- 3) Üst görünüşte bulunan düzlemsel iç alanı oluşturan çizgi parçalarından herhangi birinin "x" koordinatı ile ön görünüşteki görünmez çizgilerden "x" koordinatı aynı olan çizgi parçası, üst görünüşteki düzlemsel iç alanın ön görünüşteki izdüşümlerinden birisidir.

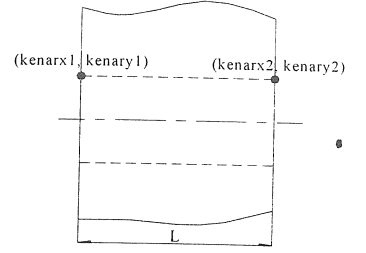
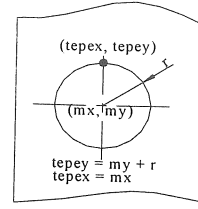
Bu kriterlere uyan çizgi parçalarının uzunluğu hesaplanarak düzlemsel iç alanın sündürme miktarı bulunmaktadır. Sündürme yönü dış katılarda olduğu gibi negatif normal vektör doğrultusunda (- "Z" eksen yönü) alınır.

Prizmatik iç katılar elde edildikten sonra bu katılar dış katılardan çıkartılır. Bu işlemin yapılabilmesi için daha önce kapatılan dış katılara ait katmanlar aktif hale getirilir. Çıkartma işlemi için her iki katı üzerinde seçim noktaları gerekmektedir. Burada dış ve iç alan oluşturulurken kullanılan seçim noktaları kullanılarak işlem tekrarı önlenir. Daha sonra bu seçim noktaları kullanılarak çıkartma işlemi yapılır. Çıkartma işlemi AutoCAD "Subtract" komutunun program içinde otomatik olarak çalıştırılması ile yapılır.

b) Silindirik iç katı yapılandırma elemanlarının elde edilmesi: Bu aşamada, 2B izdüşümlerde dış hat içinde kalan daireler işleme alınır. Burada, 3B katıda bulunan silindirik delikleri oluşturmada kullanılacak olan silindirik (iç) katılar elde edilir. Burada ilk olarak, görünüşlerdeki dairelerle ilgili verilerin aktarıldığı metin dosyaları ile, görünmeyen çizgilerin aktarıldığı metin dosyaları karşılaştırılır. Bu işlem için ilk önce daire verilerinin aktarıldığı metin dosyaları okutularak ilgili veriler değişkenlere aktarılır. Bu veriler, daire merkez noktası ve yarıçapıdır. Karşılaştırmanın yapılabilmesi için daire tepe nokta koordinatlarına ihtiyaç vardır. Çünkü dairenin komşu görünüşlerdeki izdüşümleri tepe

noktalarının uzantılarından oluşur. Tepe nokta koordinatlarının elde edilmesi için daire yarıçapı, dairenin merkez koordinatına eklenir. Tepe nokta koordinatlarının elde edilmesinde, yarıçap miktarı eklenecek merkez koordinatları (x veya y) görünüşe göre değişir. Bu amaçla, ön görünüşte "y", yan görünüşte "y" ve üst görünüşte "x" koordinatlarına yarıçap eklenerek tepe nokta koordinatları elde edilir. Daha sonra bu tepe noktalarının ilgili görünüşlerdeki izdüşümleri bulunarak sündürme miktarları hesaplanır. Sündürme miktarları bu izdüşümlerin uzunluğudur.

Şekil 8'deki örnekte ön görünüşteki silindirik deliğin yan görünüşteki izdüşümü ile ilişkisi gösterilmektedir. Buna göre, merkez nokta koordinatları (mx, my) ve yarıçapı "r" olarak tanımlanan dairenin tepe noktası (tepex, tepey), "my" olarak tanımlanan merkez "y" koordinatına "r" yarıçapının eklenmesi ile hesaplanır. Yan görünüşte (kenarx1, kenary1) ve (kenarx2, kenary2) koordinatları ile ifade edilen çizgi parçası ile tepe noktası arasında $tepey = kenary1$ ve $tepey = kenary2$ eşitliği sağlanıyorsa, yan görünüşteki çizgi parçası bu dairenin izdüşümü olarak kabul edilir. Bu eşitliği sağlayan çizgi parçasını oluşturan iki nokta arasındaki mesafe hesaplanarak sündürme miktarı (L) hesaplanmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Örnek iki görünüşte (ön-yan) daire-görünmez kenar ilişkisi

Şekil 9'da verilen işlem algoritmasında da görüldüğü gibi, silindirik iç katı elde etme işlemi, belirli bir sıra dahilinde yapılır.

Çizim sırasına göre önce ilk daire, daha sonra benzer şekilde görünüşlerdeki bütün daireler yorumlanarak sündürme miktarları hesaplanır. Daha sonra aynı algoritma içinde bu mesafeler kullanılarak silindirik iç katılar elde edilir. Bu yöntemle boydan boya ve kör delikler kolay bir şekilde elde edilmektedir.

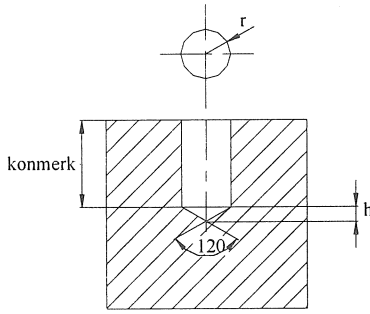
```

[[ daire.txt dosyasını okuma amaçlı aç
  • Eleman sayısını bir değişkene aktar
  • Döngü değişkeni ata
  {while döngü değişkeni /= "DOSYA SONU" (devam et)
    [if elemansayısı >= 1 then
      • İlk daireye ait sınır değerlerini değişkenlere ata
      • daire tepe noktasını hesapla ve değişkene ata (tepex, tepey)
    ]; if sonu
  ] [komşu görünüşe ait kesik kenar.txt dosyasını okuma amaçlı aç
    • Döngü değişkeni belirle
    {while döngü değişkeni /= "DOSYA SONU" (devam et)
      [[if döngü değişkeni /= "DOSYA SONU" (devam et)
        • Sınır değerlerini değişkenlere ata
        • İlk kenar listesini oluştur [ (kenarx1, kenary1) ve (kenarx2, kenary2)]
        [if tepey=kenary1 ve tepey=kenary2 (ön-yan ve yan-ön için) then
          (üst-ön için; tepex=kenarx1 ve tepex=kenarx2)
          • Sündürme mesafesini hesapla (kenar listesindeki değerleri kullanarak)
          • Matkap ağız çizimi için koni sınır değerlerini ve koni tepe nokta koordinatlarını belirle
          • Silindirik iç katıyı elde et (daireyi sündürerek)
            • Dış katı seçim noktalarını al
            • Dış katı ile silindirik iç katı arasında çıkartma işlemini yap
          ]; if sonu
        ]; if sonu
      ] while sonu (kesik kenar)
    kesikkenar.txt dosyasını kapat ]
    [if elemansayısı (daire)>1 then daire için döngü değişkenini üç artır ve işleme devam et
    ]; if sonu
  ] while sonu (daire)
  daire.txt dosyasını kapat]]

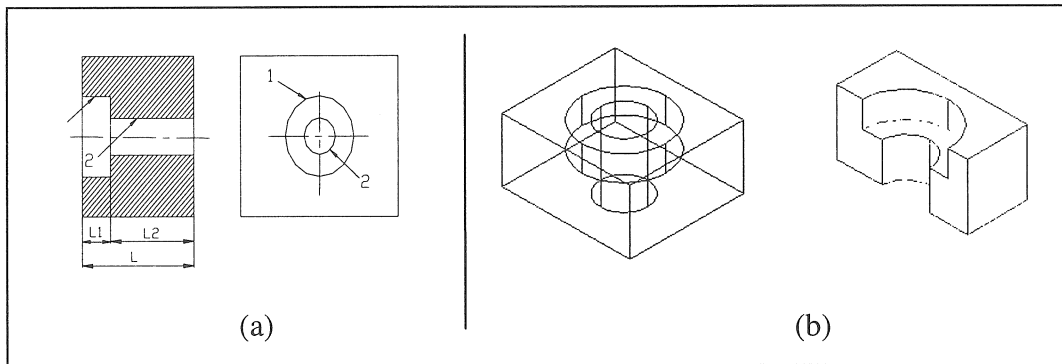
```

Şekil 9. Silindirik iç katı elde etme algoritması

c) **Matkap ağızlarının oluşturulması:** Silindirik deliklerin oluşturulması sonrası, kör deliklere ait matkap ağızlarının oluşturulması gerekebilir. Matkap ağızları silindirik katı elde etme algoritması içinde, silindirik katıların elde edilmesinin ardından oluşturulmaktadır. Matkap ağızları AutoCAD YKG elemanlarından koniler kullanılarak oluşturulur. Oluşturulacak koni için gerekli olan veriler, koni merkezi, yüksekliği ve yarıçapıdır. Bu değerler, ilgili silindirik elemandan elde edilir. Şekil 10'da görüldüğü gibi kör deliklere ait matkap ağızları teknik resimde genelde 120° olarak gösterilmektedir. Program içinde matkap ağızını oluşturacak koninin yüksekliğini (koniyük) hesaplamak için, dik üçgen bağıntısı kullanılır. Buna göre, koni yüksekliği daire yarıçapının (r), uç açısının tanjant değerine bölünmesi ile elde edilir. $Koniyük = r / \tan 60$ bağıntısı ile koni yüksekliği hesaplanmaktadır. Koninin merkezi ise, daire merkezi ile aynıdır. Fakat koni 3B silindirik elemanın ucuna çizileceği için "z" koordinatına ihtiyaç vardır. Bunun için, sündürme miktarı koni merkezi için oluşturulan koordinat listesine doğrudan "z" koordinatı olarak atanır. Koni yarıçapı ise, daire yarıçapı ile aynıdır. Daireyle ilgili veriler, daire sündürme işleminde aktarıldığı için bu verilere ulaşmak kolaydır. Daha sonra, AutoCAD 3B temel eleman komutlarından "cone" komutu bu verilerle otomatik çalıştırılarak koni elde edilir.



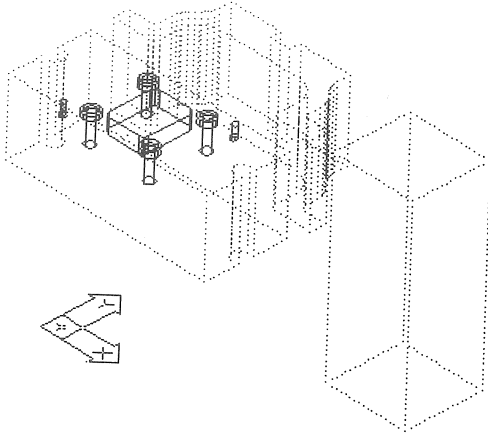
Şekil 10. Bir kör delik ve matkap ağızı



Şekil 11. (a) Kademeli delik sündürme miktarları (b) Sündürme sonrası ve deliklerin birbirinden çıkartılmış hali (3B ve kesit düzleminde)

d) **Kademeli deliklerin oluşturulması:** Bir kademeli delik, aynı merkez koordinatlarına sahip iki daire arasındaki ilişki ile belirlenir. Bu amaçla, aynı merkez koordinatlarına (x ve y) sahip daireler araştırılır. Bu tür bir durum varsa, bu daireler arasında önce dış daire, sonra iç dairenin sündürme miktarı, normal delik elde etme işleminde olduğu gibi hesaplanır. Fakat burada AutoCAD ortamında yapılan bütün girdilerin aynı yüzeyde yapıldığı unutulmamalıdır. Yani iç ve dış deliğin 2B izdüşümleri AutoCAD'de aynı yüzeydedir. Bu durumda, sündürme mesafeleri görünüşler arasında koordinatsal eşitlik şartına bağlandığı için, içteki deliğin gerçek uzunluğundan daha küçük hesaplanmasına sebep olacaktır. Bu durum Şekil 11'de açık bir şekilde gösterilmektedir. Şekil 11'deki kademeli delikte dıştaki (1 numaralı) dairenin sündürme miktarı $L1$, içteki (2 numaralı) dairenin sündürme miktarı $L2$ 'dir. Her iki delik aynı yüzeyden itibaren sündürüleceği için içteki deliğin sündürme miktarının L kadar olması gerekmektedir. Bu amaçla kademeli delikte iç deliğin sündürme miktarı şekilde $L1$ ve $L2$ olarak verilen, dış ve iç deliğin sündürme miktarlarının toplamı kadar olmalıdır (L). Bu durum, kademeli deliğin Şekil 11. (b)'deki 3B bakış doğrultusuna göre verilen görünüşlerinde daha açık görülmektedir.

Şekil 12'de bütün bu işlemler sonunda elde edilen örnek iç katılar görülmektedir.



Şekil 12. İç katılar

Silindirik İç Katıların Dış Katılardan Çıkarılması: Silindirik iç katı elde etme işlemi sırasında, bütün bu silindirik (ve konik) iç katılar dış katıdan çıkarılır. Bu işlem, Şekil 9'daki işlem algoritmasında da görüldüğü gibi her iç katının oluşturulması ve bunların dış katıdan çıkarılmasını içerir. Çıkarma işleminde gerekli olan veriler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Dış katı üzerinde bir seçim noktası
- İç katılardan silindirik deliklerin tepe noktaları
- Matkap ağızlarının oluşturulmasında kullanılan konilerin tepe noktaları

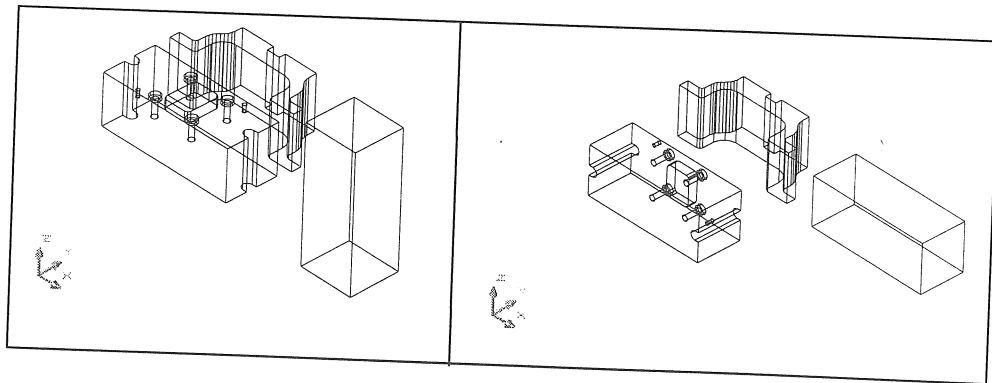
Dış ve iç katı arasında yapılacak çıkartma işlemleri için gerekli bu veriler, program tarafından ilgili metin dosyalarından çekilip değişkenlerde saklandığı için bu noktaların tekrar elde edilmesine gerek yoktur. Bu veriler tekrar kullanılarak işlemler gerçekleştirilir. Silindirik elemanların seçimi işleminde kullanılacak olan tepe noktaları ise, silindirik elemanın sündürme miktarlarının

belirlenmesi sırasında elde edilmiştir (Şekil 8). İşlem tekrarını önlemek için silindirik çıkartma işlemi silindirik iç katı elde etme işleminin ardından yapılır. Önce dış katı herhangi bir noktadan seçilir, sonra silindirik eleman seçilerek işlem tamamlanır. Program içinde daire verilerinin döngüsel tarzda okunması ve delik sayısı kadar işlemin uygulanması ile bütün silindirik çıkartma işlemleri yapılır.

3B İşlemler

Bu aşamada katı temel elemanlar arasında 3B operasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler ön, yan ve üst görünüşte oluşturulan temel elemanların döndürülmesi ve bütün temel elemanların ön görünüşteki katı üzerinde birleştirilmesidir.

Döndürme: AutoCAD ortamında yapılan 2B çizimler x-y bakış doğrultusuna göre oluşturulmaktadır. Bu durum, grafik ekranındaki tüm 2B çizimler için gereklidir. 2B izdüşümlerden oluşturulan katılar, izdüşümlerin 2B konumlarına göre oluşturulmaktadır. Ancak katıların tanımlandığı profiller 3B uzayda olması gereken ve dolayısı ile nesne oluşturmada kullanılacakları konumda değildirler. Böylece daha sonraki taşıma ve kesiştirme işlemlerinin doğru yapılabilmesi için katıların gerçek (3B uzaydaki) bakış doğrultularına göre döndürülmesi gerekmektedir. Bu bakış doğrultuları, ön görünüş için x-z, yan görünüş için y-z ve üst görünüş için x-y şeklindedir. Bu nedenle, yan görünüme ait katı, "y" eksenini etrafında e saat akrebi yönünde 90 derece; üst görünüşteki katı ise, "x" eksenini etrafında ve saat akrebi yönünde 90 derece döndürülmelidir. Çalışmada, bütün görünüşler ön görünüş üzerinde birleştirildiği için, üst görünüş gerçek konumunda olmasına rağmen döndürülmektedir. Kesiştirme işlemi sonrası ön görünüşün, saat akrebinin tersi yönünde 90 derece döndürülmesi ile, üst görünüş tekrar ilk konumuna getirilmektedir. Şekil 13'te döndürülen katıların döndürme öncesi ve sonrası görüntüleri görülmektedir.

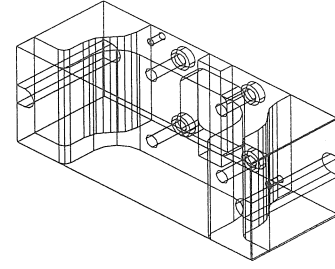


Şekil 13. Görünümlere ait katılar: (a) normal halde, (b) döndürme sonrası

Katı Temel Elemanların Taşınması: Katı temel elemanlar bu aşamada ön görünüş üzerine taşınmaktadır. Bu işlem, yan ve üst görünüşlerdeki katı temel elemanların ön görünüşteki katı temel eleman üzerine taşınması ile yapılır. Taşıma için gerekli olan veriler; taşıma noktaları ve katıların taşınacağı noktadır. Bu veriler, görünüşlerdeki katıların kütsel özellikleri incelenerek bulunur. Bu amaçla görünüşlerde oluşturulan üç katının kütsel özellikleri elde edilerek metin dosyalarına aktarılır. Katıların kütle özellikleri AutoCAD "Massprop" komutunun program içinde kullanılması ile elde edilir. Bu dosyaların oluşturulması ve okutulması metin dosyalarının okutulması ile benzer şekildedir. Bu dosyalarda her bir katıya ait, alan, hacim, ağırlık merkezi, atalet momenti vb. kütsel özelliklerin yanı sıra katının sınır nokta koordinatları da bulunmaktadır.

Katıların taşınması işleminde bu sınır değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu değerler, en küçük ve en büyük x, y ve z noktalarıdır. Daha sonra bu değişkenlerden, her bir katının en küçük ve en büyük noktalarının bulunduğu koordinat listeleri oluşturulur. Taşınacak katıların seçim işlemi bu koordinat listeleri yardımı ile yapılır.

Taşıma işleminde, ön yüzeyler referans alınır (x-y bakış doğrultusuna göre). Burada, bütün katıların ön yüzeyleri birleştirme yüzeyleri olarak belirlenerek ön görünüş ön yüzeyine taşıma işlemi yapılır. Yani yan ve üst görünüş katıları (ön yüzeylerinde belirlenen taşıma noktalarından), ön görünüş katısının ön yüzeyinde belirlenen taşıma noktasına taşınır. Ön yüzeylerden geçen taşıma noktalarının belirlenmesi için katı sınır değerlerinden oluşturulan koordinat noktaları düzenlenerek yeni koordinat listeleri oluşturulur. Şekil 14'te görüldüğü gibi taşıma noktaları her bir katının en küçük "x", en büyük "y" ve en büyük "z" noktalarından oluşur. Yan ve üst görünüşte oluşturulan katılar en küçük x, en büyük y ve z noktasından tutularak ön görünüş katısının en küçük x, en büyük y ve en büyük z noktasından oluşan referans noktasına taşınır.

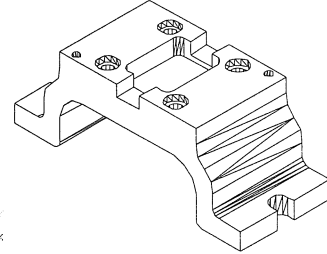


Şekil 14. Ön görünüş üzerine taşınmış katılar

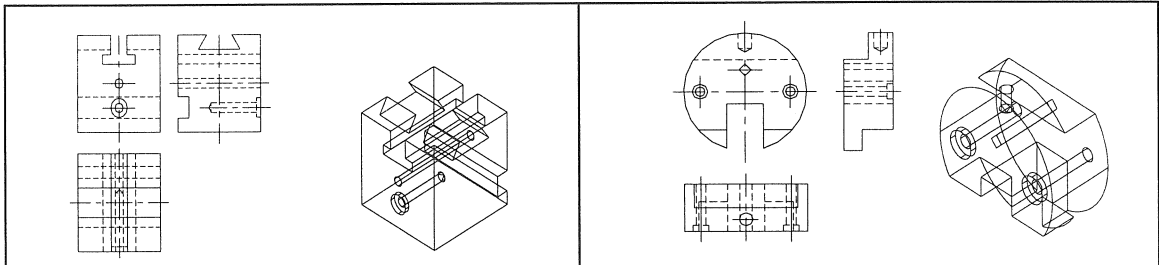
Hacimsel Kesiştirme ve Katı Model

Bu aşamada ön görünüşte birleştirilen temel elemanlar kesiştirme işlemine tabi tutulur. Kesiştirme işlemi AutoCAD "intersect" komutunun program içinde çalıştırılması ile gerçekleştirilir. Intersect komutu, iki veya daha fazla mevcut bölgenin üst üste binen alanını ve iki veya daha fazla mevcut katının ortak hacmini hesaplar ve bulduğu alan ya da ortak hacmi tek bir nesne olarak oluşturarak orijinal nesnelere siler.

En son işlem, kesiştirme sonucu elde edilen katı üzerinde düzenlemeler yapılarak son nesnenin elde edilmesidir. Bu aşamada, elde edilen katı model "x" eksenini etrafında döndürme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlem, 3B nesnenin döndürme kısmında anlatılanlar çerçevesinde gerçek bakış doğrultusuna getirilmesi için yapılmaktadır. Nesne burada x eksenini etrafında saat akrebinin tersi yönünde 90 derecelik bir döndürme işlemine tabi tutulmaktadır. Son olarak, ekran üzerinde kalması olası 2B temel elemanlar silinir. Bütün bu işlemler sonunda 3B katı model elde edilmiş olur. Şekil 15, işlem sonunda elde edilen örnek nesneyi göstermektedir.



Şekil 15. 3B katı model



Şekil 16. Örnek çıktılar

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada üç temel görünüşü verilen bir nesnenin 3B hacim modelini oluşturma amacı ile yapılan bir araştırma tanıtılmıştır. İşlem; üç görünüş veri dosyalarının oluşturulması (2B), katı yapılandırma elemanların belirlenmesi, 3B katı işlemlerin yapılması ve hacimsel kesiştirme ile de nesnenin yeniden yapılandırma ve gösterimini içermektedir. Bu işlemlerin tam otomatik yapılmasını sağlamak için VisualLISP kodunda ve AutoCAD 2000 ortamında çalışan bir program hazırlanmıştır. Bu programla oluşturulan 3B nesne temsilinde, YKG (Yapısal Katı Geometri) veya hacim yaklaşımı kullanılmıştır.

Hazırlanan program ile, üç görünüşte açık bir şekilde ifade edilen nesnelere 3B olarak modellenmektedir. Geliştirilen yaklaşım ile, görünmeyen kenarlar işleme dahil edilmektedir. Görünmeyen kenarların işleme sokulması ile kademeli ve kör delikler gibi unsurların oluşturulması kolaylaştırılmaktadır. Çalışmada karşılaşılan en büyük güçlük ise, üst üste gelen kenar ve deliklerin yorumlanmasıdır. Bu gibi durumlarda bazı belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir.

Çalışmada girdi görünüşleri AutoCAD altında gerçekleştirilmektedir. Daha önce AutoCAD altında yapılan benzer çalışmalar olsa da burada kullanılan metodun üstünlüğü sadece üç görünüş girdisi ile işlemi gerçekleştirmesidir. Daha önce aynı yöntemi kullanan benzer çalışmalar altı görünüşü içermektedir [26].

Bu çalışmada izdüşüm verileri, DXF formatında elde edilmekte ve yeniden yapılandırma işleminde kullanılmaktadır. Tam otomatik yapılabilen bu işlem, kullanıcı katkısı gerektirmemektedir. Ayrıca veri (metin) dosyaları kullanılarak verilerin saklanması ve işlenmiş bilgilerin elde edilmesi de mümkündür.

Çalışmada, nesneyi oluşturan elemanlar; dış ve iç elemanlar olarak ayrılmaktadır. Bu yöntemle, verilerin yorumlanması ve işlemin gerçekleştirilmesi kolaylaşmaktadır. Bu yöntem, düzlemsel ve silindirik deliklerin oluşturulmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu makale kapsamında tanıtılan çalışmanın devamı mahiyetinde bundan sonra yapılacak araştırmalarda şu konular ele alınabilir:

1. Yapısal katı geometri ve sınır temsili ile modelleme beraber kullanılarak (karma bir model) işlemdaki verimlilik artırılabilir.
2. Bazı durumlarda üç görünüş parçalarının ifade edilmesinde yetersiz kalmaktadır (üst üste gelen çizgi ve delikler v.b.), bu nedenle çalışma yardımcı görünüşleri kapsayacak şekilde genişletilebilir.
3. Kaynaklarda, kesit görünüşleri ele alan yaklaşımlara rastlanmamıştır. İleriki çalışmalar bu yöne kaydırılabilir.

4. Çalışmaların daha etkin ve başarılı olabilmesi için yapay zeka tekniklerine başvurulabilir.

AUTOMATIC RECONSTRUCTION OF 3D OBJECTS IN AUTOCAD 2000 ENVIRONMENT FROM THEIR THREE BASIC VIEWS

This paper describes a new volume - oriented approach that would be used for the reconstruction of 3D models depending on their basic views or orthographic projection drawings. The approach involves: the recognition of various 2D primitives regarding contours of views and those inside of contours, application of extrusions to contours with respect to their normal vectors and then some Boolean operations (usually subtractions) by the use of inside primitives, translations and rotations of the obtained solids for bringing them in a correct orientation, and finally construction of 3D object (solid) by the application of an intersection operation. A computer program that running under AutoCAD 2000 environment has been developed by using VisualLISP facilities. This program can reconstruct quickly various cylindrical and polyhedral parts and shows them on the screen.

Keywords: Solid modelling, Reconstruction, Orthographic projection.

KAYNAKLAR

1. Sugihara, K., Machine Interpretation of Line Drawings, MIT Press., 1986.
2. Shpitalni, M., Lipson, H., Identification of Faces in a 2D Line Drawing Projection of a Wireframe Object, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18, 10, 1000-1011, 1996.
3. Wang, W., On the automatic Reconstruction of a 3D Object's Constructive Solid Geometry Representation from its 2D Line Drawing, D.Sc Thesis, University of Massachusetts, Lowell, MA, 1992.
4. Wang, W.D., Regular curved object's CSG-Rep reconstruction from a Single 2D Line Drawing, *Proc. Of 1991 SPIE Intelligent Robots and Computer Vision X: Neural, Biological and 3D Methods*, 1608, Boston, USA, 1991.
5. Wu, M.C., Lin, M.S., Automatic construction of CSG Solids from a Single Isometric Drawing, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9, 1, 1-21, Jan-Feb 1996.
6. Wang, W., Grinstein, G.G., A survey of 3D Solid Reconstruction from 2D Projection line drawings, *Computer Graphics Forum*, 12 (2), 137-158, (1993).

7. Nagendra, I.V., Gujar, U.G., 3D object from 2D orthographic views.-a survey, *Computer and Graphics*, 12, 1, 111-114, 1988.
8. Idesawa, M., A System to Generate A Solid Figure From A Three View, *Bull. JSME* 16, 216-225, 1973.
9. Markowsky, G. and Wesley, M.A., Fleshing out wire frames, *IBM J. Res. Develop.*, 24, 582-587, September 1980.
10. Sakurai, H., and Grossard, D.C., Solid model input through orthographic views, *Computer Graphics*, 17, 3, 243-251, July 1983.
11. You, C.F., Yang, S.S., Reconstruction of curvilinear manifold objects from orthographic views, *Computers & Graphics*, 20, 2, 275-293, Mar-Apr 1996.
12. Shin, B.S., Shin, Y. G., Fast 3D solid model reconstruction from orthographic views, *Computer Aided Design*, 30, 1, 63-76, 1998.
13. Watanabe, T., Revision of inconsistent orthographic views, *Journal for Geometry and Graphics*, 2, 1, 45-53, 1998.
14. Tanaka, M., Iwama, K., Hosoda, A., Watanabe, T., Decomposition of a 2D Assembly Drawing into 3D Part Drawings, *Computer Aided Design*, 30, 1, 37-46, 1998.
15. Kuo, M.H., Reconstruction of quadric surface solids from three-view engineering drawings, *Computer Aided Design*, 30, 7, 517-527, 1998.
16. Dori, D., Weiss, M., A scheme for 3d object reconstruction from dimensioned orthographic views, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 9, 1, 53-64, Feb 1996.
17. Şahin, İ., Börklü, H.R., 2B İzdüşüm Görünümlerinden Otomatik 3B Sınır Temsili Modellerin oluşturulması, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14, 4, 1455-1465, Ekim 2001.
18. Şahin, İ., Börklü, H.R., Temel izdüşüm görünüşlerinden bilgisayar destekli 3B nesnelerin elde edilmesi, *G.Ü.T.E.F. Politeknik Dergisi*, 4, 3, 1-10, Eylül 2001.
19. Yan, Qing-wen., Chen, C. L. P., Tang, Z., Efficient Algorithm for the Reconstruction of 3D Objects from Orthographic Projections, *Computer Aided Design*, 26, 9, 699-717, 1994.
20. Aldefeld B., On automatic recognition of 3D structures from 2D representation, *Computer Aided Design*, 15, 2, 59-64, March 1983.
21. Ho, B., Inputting constructive solid geometry representations directly from 2D orthographic engineering drawings, *CAD*, 18,3, 147-155, 1986.
22. Chen, Z., Perng, D.B., Automatic reconstruction of 3D solid objects from orthographic views, *Pattern Recognition*, 21, 439-449, 1988.
23. Masuda, H., Masayuki, N., A Cell-based approach for generating solid objects from orthographic projections, *Computer Aided Design*, 29, 3, 177-187, 1997.
24. Dutta, D., Srinivas, Y.L., Reconstruction of curved from the polygonal orthographic views, *Computer Aided Design*, 24, 3, 149-159, 1992.
25. Liu, C.H., Perng, D.B., Chen, Z., Automatic form feature recognition and 3d part reconstruction from 2D data, *Computer & Industrial Engineering*, 26, 4, 689-707, Oct. 1994.
26. 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*, 21, 6, 787-800, 1997.
27. 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*, 33, 91-102, 2001.
28. Liu, S., Hu, S., Wang, G., Sun, J., Reconstructing of 3d object from orthographic views, *Chinese Journal of Computers*, 23, 2, 141-146, Feb. 2000.
29. Liu, S.X, Hu, S.M, C, Y.J., Sun, J.G., Reconstruction of curved solids from engineering drawings, *Computer Aided Design*, 33, 1059-1072, 2001.
30. Suh, T.J., Kim W.S., Kim, C.H., Two phase 3D object reconstruction from two-view drawings, *IEICE Transactions On Information and Systems*, E82D, 7, 1093-1100, Jul 1999.
30. Şahin, İ., *Temel İzdüşümlerden Bilgisayar Destekli 3B Katı Modeller Oluşturma*, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enst., Ağustos 2001.