BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA TANIMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE MOTOR MONTAJINA UYGULANMASI

Adem ÇİÇEK

DOKTORA TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2005
ANKARA

Adem ÇİÇEK tarafından hazırlanan BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA TANIMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE MOTOR MONTAJINA UYGULANMASI adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :_____

Üye :_____

Üye :_____

Üye :_____

Üye :_____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA TANIMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE MOTOR MONTAJINA UYGULANMASI
(Doktora Tezi)

Adem ÇİÇEK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2005

ÖZET

Bu çalışmada, motor parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve niteliklerinin tanınması ve Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ortamında tanınan parçaların montajının yapılması amaçlanmıştır. Tanıma işleminde uzman sistem tekniği kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında oluşturulan motor parçalarının ilk önce program tarafından otomatik olarak STEP (Standard for the Exchange of Product model data) dönüşümü yapılmış ve oluşturulan STEP dosyası yorumlanarak her bir yüze ait komşu yüzler ve nitelikler çıkarılmıştır. Nitelikler ve komşu yüzler sayesinde parça tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanı ve parça tanıma işlemindeki yüz ilişkileri ve nitelikleri karşılaştırılarak parça ismi ve kural numarası bilgi tabanından tespit edilmiştir. Çizim, parça ismi ile veri tabanına kaydedilmiş ve çizime ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmiştir. Montaj aşamasında ise, kaydedilen parçalara ait referans yüzeyler belirlenmiş ve referans yüzeyler vasıtasıyla parçalar montaj dosyasına taşınarak BDT ortamında montajı yapılmıştır.

Bilim Kodu : **708**
Anahtar Kelimeler : **Parça tanıma, STEP, Motor montajı**
Sayfa Adedi : **233**
Tez Yöneticisi : **Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN**

DEVELOPING OF COMPUTER AIDED PART RECOGNITION SYSTEM AND IMPLEMENTATION TO ENGINE ASSEMBLY

(PhD Thesis)

Adem ÇİÇEK

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

October 2005

ABSTRACT

In this study, it is aimed that the parts of an engine are recognised through face neighbourhood relations and attributes and that recognised parts are assembled in a Computer Aided Design (CAD) environment. Expert system technique has been utilized in recognition procedure. Firstly, STEP conversion of the parts of an engine designed by user in a CAD environment are automatically performed and neighbouring faces and the face attributes belonging to each face are derived by evaluating of the STEP file generated. Part recognition procedure are carried out by using those attributes and the neighbouring faces. A knowledge base is also generated using a text editor. Comparing the face relations and the attributes in the knowledge base and part recognition procedure, part name and the rule number are determined from the knowledge base. Drawing is saved into the database with the name of the part and are represented in the Face Oriented Neighbourhood Relation Matrix. In the assembly stage, reference surfaces belonging to saved parts are determined and they are assembled by moving into the assembly file through reference surfaces in a CAD environment.

Scientific Code : 708
Key Words : Part recognition, STEP, Engine assembly
Page Number : 233
Adviser : Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN ve hocam Prof. Dr. Ahmet ÖZDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET……...…iii

ABSTRACT……iv

TEŞEKKÜR……..v

İÇİNDEKİLER……....vi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ……...…ix

1. GİRİŞ……...….1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI……...….5

2.1. Parça ve Unsur Tanıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar……..…..5

2.1.1. 2 boyutlu parçalar için unsur tanıma ile ilgili yapılan çalışmalar…….. 5

2.1.2. 3 boyutlu parçalar için parça ve unsur tanıma ile ilgili yapılan çalışmalar……..……... 8

2.1.3. Bu alanda yapılan diğer çalışmalar……27

2.2. Montaj ile İlgili Yapılan Çalışmalar……...32

2.2.1. Grafik tabanlı yaklaşımlar……..... 32

2.2.2. Unsur tabanlı yaklaşımlar……..... 42

2.2.3. Matris tabanlı yaklaşımlar……49

2.2.4. Montaj sistemini düzenleyen yaklaşımlar…….....54

2.2.5. Optimizasyon prosedürü kullanan yaklaşımlar…….....56

2.2.6. Kural tabanlı ve uzman sistem kullanan yaklaşımlar……58

3. UZMAN SİSTEMLER (EXPERT SYSTEMS)……..... 61

3.1. Bilgi Tabanı ……... 61

3.2. Muhakeme Ünitesi……...61

3.3. Kullanıcı Ara Birimi…… 62

Sayfa

3.4. Bilgiyi Alma Ünitesi……...62

3.5. Açıklama Ünitesi……..... 62

3.5.1. Neden sorularına cevap verme…….....62

3.5.2. Nasıl sorularına cevap verme……...62

3.6. Bilgi Temsil Teknikleri……63

3.6.1. İmalat kuralları…….....63

3.6.2. Çerçeveler ……... 63

3.7. Muhakeme Yöntemleri……...65

3.7.1. Geriye zincirleme……..…65

3.7.2. İleriye zincirleme……..... 65

4. STEP GRAFİK STANDARDI……... 66

5. VISUAL BASIC – ACTIVEX AUTOMATION…….. 73

6. GELİŞTİRİLEN SİSTEM……..... 77

6.1. STEP Dosyasını Yorumlama……... 80

6.2. Yüzeyleri Birleştirme……...93

6.3. Komşu Yüzeyleri ve Yüzey Niteliklerini Elde Etme…….....106

6.4. Yüz Komşuluk İlişki Matrisi……115

6.5. Bilgi Tabanı……... 127

6.6. İsteğe Bağlı Kural Yazma Modülü……...138

6.7. Parça Tanıma……153

6.8. Tanınan Parçaların Montajı……... 176

7. PROGRAMIN KULLANIMI……...186

7.1. AutoCAD'i Çalıştır……....188

Sayfa

7.2. Parça Tanı…….188

7.3. İsteğe Bağlı Kural Yazma……..189

7.4. Gösterim Modu…….191

7.5. Yeni Kural Ekle……196

7.6. Kural Çağır……..... 196

7.5. Parça Montajı Yap…….……..... 197

7.7. Çıkış……...198

7.8. İlerleme Çubuğu ve Zaman……198

8. SONUÇ VE ÖNERİLER……..199

KAYNAKLAR……204
EKLER…… 215
EK-1. Programla Tanınan ve Montajı Yapılan Parça Örnekleri……216
EK-2. Örnek Parça ve Parçaya ait STEP Formatı …….....218
EK-3. Örnek Parçaya ait STEP Dönüşüm Formatı……225
EK-4. Örnek Parçaya ait Budanmış STEP Dönüşüm Formatı……228
EK-5. Örnek Parçaya ait Komşuluk İlişki Formatı…….....231
EK-6. Örnek Parçaya ait Yüz Komşuluk İlişki Matrisi ve Otomatik
Kural Yazma Modülü ile Türetilmiş Kural Yazma Penceresi……...232
ÖZGEÇMİŞ……233

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.l. Unsur tanıma işlemi……9

Şekil 2.2. Örnek parça ve nitelikli bitişiklik grafiği……... 13

Şekil 2.3. FONG için örnek parça……...22

Şekil 2.4. FONG'da parça temsili……... 22

Şekil 2.5. Örnek parça ve nitelikli grafiği……...23

Şekil 2.6. Basit bir örnek parça ve VE/VEYA grafiği…….……... 41

Şekil 2.7. Birincil ve bileşik bağlantı unsurları……...47

Şekil 2.8. Örnek bir mamul ve mamulü temsil eden matrisleri…….. 51

Şekil 3.1. Bir takım tezgahının çerçeve temsili…….. 64

Şekil 4.1. B-Rep'te bir katının temsili için veri yapısı…….…….. 67

Şekil 4.2. Örnek parça…….68

Şekil 4.3. Örnek parça için STEP veri yapısı ağacı…… 72

Şekil 5.1. Visual BASIC ve AutoCAD arasındaki bağlantı modülü…….. 73

Şekil 6.1. Geliştirilen programın akış şeması……. 79

Şekil 6.2. Egzost supabının STEP formatındaki temsili……. 82

Şekil 6.3. Egzost supabına ait iki numaralı konik yüzey için STEP formatının STEP dönüşüm formatına dönüştürülmesi……... 83

Şekil 6.4. Egzost supabına ait iki numaralı konik yüzeyin niteliklerini STEP formatından STEP dönüşüm formatına dönüştüren program satırları……..85

Şekil 6.5. STEP dönüşüm formatının yapısı……... 87

Şekil 6.6. Somun üzerindeki bir düzlem yüzeyin iç ve dış kenar kalkası……...88

Şekil 6.7. Somun üzerindeki düzlem yüzeyin iç ve dış kenar halkalarının STEP dönüşüm formatında temsili……. 89

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.8. Motor kulakçığı……...90

Şekil 6.9. Motor kulakçığına ait STEP dönüşüm formatı……... 92

Şekil 6.10. Rondela yüzlerinin STEP formatındaki temsili……... 94

Şekil 6.11. Rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili……...94

Şekil 6.12. Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işleminden önceki temsili……...96

Şekil 6.13. Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili……..97

Şekil 6.14. Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işlemi……99

Şekil 6.15. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden önceki temsili……...…100

Şekil 6.16. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili……...…101

Şekil 6.17. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işlemi……...…102

Şekil 6.18. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonra budanmış STEP dönüşüm formatındaki temsili…….....103

Şekil 6.19. Flanşlı somun……104

Şekil 6.20. Silindirik yüzeyler için yüzey birleştirme işlemi yapan program satırları……..105

Şekil 6.21. Örnek parça 2……107

Şekil 6.22. Örnek parçanın 1 numaralı yüzüne ait komşuluk ilişki formatı……. 108

Şekil 6.23. Egzost supabı……...…... 109

Şekil 6.24. Egzost supabına ait komşuluk ilişki formatı……...…110

Şekil 6.25. Bir doğruyu ortak kenar olarak paylaşan iki komşu yüzeyin komşuluk ilişkilerini tespit eden program satırları……. 111

Şekil 6.26. Vantilatör kayışı……112

Şekil 6.27. Vantilatör kayışına ait komşuluk ilişkileri formatı……114

Şekil 6.28. Rondela ve rondelanın yüz komşuluk ilişki matrisi……....116

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.29. Egzost supabı ve egzost supabının yüz komşuluk ilişki matrisi…….117

Şekil 6.30. Yaylı rondela ve yaylı rondelanın yüz komşuluk ilişki matrisi……..117

Şekil 6.31. Emme supabının önden görünüşü……...119

Şekil 6.32. Programla elde edilen emme supabı için
yüz komşuluk ilişki matrisi……..... 119

Şekil 6.33. Egzost supabının önden görünüşü…….. 120

Şekil 6.34. Programla elde edilen egzost supabı için
yüz komşuluk ilişki matrisi…… 120

Şekil 6.35. Piston ve pistona ait yüz tabanlı komşuluk ilişki matrisi……... 121

Şekil 6.36. Hava filtresi bağlantısı ve hava filtresi bağlantısına
ait yüz komşuluk ilişki matrisi……122

Şekil 6.37. Motor bloğu…… 123

Şekil 6.38. Motor bloğunun farklı bir görünümü……. 124

Şekil 6.39. Motor bloğuna ait yüz komşuluk ilişki matrisi……124

Şekil 6.40. Motor bloğuna ait yüz komşuluk ilişki matrisinin son bölümü…….125

Şekil 6.41. Krank mili……...126

Şekil 6.42. Krank miline ait yüz komşuluk ilişki matrisi……. 126

Şekil 6.43. Krank miline ait yüz komşuluk ilişki matrisinin son bölümü…… 127

Şekil 6.44. Bilgi tabanının görünümü…….. 128

Şekil 6.45. Segman……... 130

Şekil 6.46. Segmanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı……... 131

Şekil 6.47. M8 flanşlı cıvata……. 132

Şekil 6.48. M8 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı……... 133

Şekil 6.49. M10 flanşlı cıvata……... 134

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.50. M10 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı……. 134

Şekil 6.51. Yaylı rondela…….. 135

Şekil 6.52. Yaylı rondelanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı……136

Şekil 6.53. Vantilatör…… 137

Şekil 6.54. Vantilatörün bilgi tabanında temsil edilen kuralı……... 138

Şekil 6.55. İsteğe bağlı kural yazma modülünün görünümü…… 139

Şekil 6.56. Şapkalı somun…… 140

Şekil 6.57. Yüz kontrol kutusu işaretlenmiş isteğe bağlı kural yazma modülü…... 140

Şekil 6.58. Yüz kontrol kutusu işaretli iken şapkalı somunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi…….. 141

Şekil 6.59. Yüz, yarıçap, açı ve yön kontrol kutuları işaretlenmiş isteğe bağlı kural yazma modülü…… 142

Şekil 6.60. Yüz, yarıçap, açı ve yön kontrol kutuları işaretli iken şapkalı somunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi……..…….142

Şekil 6.61. Biyel kolu……... 143

Şekil 6.62. Biyel kolunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi……. 144

Şekil 6.63. Burulma yayı…….. 145

Şekil 6.64. Burulma yayının isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilmiş kuralının tamamı…… 152

Şekil 6.65. Yağ buhar borusu……... 154

Şekil 6.66. Yağ buhar borusunun STEP dosyasından elde edilen parça tanıma formatı…….. 155

Şekil 6.67. Komşuluk ilişkilerini parça tanıma formatına dönüştüren program satırları……...156

Şekil 6.68. Yağ buhar borusunun bilgi tabanında temsil edilen kuralı……157

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.69. Yağ buhar borusunun kuralından elde edilen parça tanıma formatı…….. 158

Şekil 6.70. Parçanın kuralını parça tanıma formatına dönüştüren program satırları……...159

Şekil 6.71. Parça tanıma formatlarının karşılaştırılması…….. 160

Şekil 6.72. Yağ buhar borusunun parça tanıma mesaj kutusu…….. 161

Şekil 7.73. Parça tanımama durumunda gelen mesaj kutusu……... 161

Şekil 6.74. Krank kasnağı……. 162

Şekil 6.75. Krank kasnağının farklı bir görünümü……... 162

Şekil 6.76. Krank kasnağının komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatı……...167

Şekil 6.77. Krank kasnağının bilgi tabanında temsil edilen kuralı……... 169

Şekil 6.78. Krank kasnağının kuralından elde edilen parça tanıma formatı……. 171

Şekil 6.79. Krank kasnağı parça tanıma mesaj kutusu……..172

Şekil 6.80. M8x50 cıvata…….. 172

Şekil 6.81. M8x50 civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı…… 173

Şekil 6.82. M8x50 civatanın parça tanıma mesaj kutusu……. 173

Şekil 6.83. Geliştirilen sistemle tanınan bazı standart makine parçaları…….. 174

Şekil 6.84. Motor bloğunun tanınması……. 175

Şekil 6.85. Basma yayının tanınması……... 176

Şekil 6.86. Emme supabı…….. 177

Şekil 6.87. Emme supabının referans yüzeyi……... 178

Şekil 6.88. Emme supabının montajı…… 179

Şekil 6.89. Çizime devam etme mesaj kutusu…….. 179

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.90. Supap mekanizmasının patlatılmış görünümü……... 180

Şekil 6.91. Supap mekanizmasının montajlı görünümü……... 180

Şekil 6.92. Krank biyel mekanizmasının patlatılmış görüntüsü……... 181

Şekil 6.93. Krank biyel mekanizmasının montajlı görüntüsü……... 182

Şekil 6.94. Krank biyel mekanizmasındaki biyel civatasının montajını yapan program satırları……... 183

Şekil 6.95. Dizel motorun montajlı görüntüsü…….. 184

Şekil 6.96. Dizel motorun montajlı farklı bir görüntüsü…….. 185

Şekil 7.1. Geliştirilen programın genel görünümü……... 186

Şekil 7.2. Program formu ve kontrolleri……... 187

Şekil 7.3. Parça tanıma mesaj kutusu……... 188

Şekil 7.4. Parça tanımama durumunda gelen mesaj kutusu……..189

Şekil 7.5. İsteğe bağlı kural yazma modülü……..189

Şekil 7.6. Kural yazma formu……... 190

Şekil 7.7. Gösterim modu modülü…… 191

Şekil 7.8. STEP dosyası formu…… 192

Şekil 7.9. STEP dönüşümü formu…… 193

Şekil 7.10. Budanmış STEP dönüşümü formu…… 194

Şekil 7.11. Komşuluk ilişkileri formu……..195

Şekil 7.12. Yüz komşuluk ilişki matrisi…….…... 196

Şekil 7.13. Not defterinin bul menüsü…….. 197

Şekil 7.14. Çizime devam etme mesaj kutusu…….. 197

Şekil 7.15. İlerleme çubuğu ve zaman kontrolleri…… 198

1. GİRİŞ

Tasarımın amacı üretilmesi istenen parçaların çeşitli yöntemler, teknikler ve standart semboller kullanılarak parçanın bütün karakteristiklerini bir çizim ortamına yansıtıp imalata hazırlamaktır. Bilgisayar Destekli Tasarımın (BDT) kullanılmaya başlanması, endüstride önemli bir etki meydana getirmiş ve geleneksel tekniklere önemli üstünlükler sağladığı için ticari alana girmiş ve kısa zamanda kullanımı yaygınlaşmıştır. Geleneksel yöntemlere sağladığı üstünlükler doğruluk, hassasiyet, hız, düzgünlük, açıklık, uyum, tekrarlama, veri tabanı oluşturma ve veri ihracı gibi ana başlıklar altında toplanabilir. Bu yararlarından biri olan veri tabanı ve veri ihracında, BDT ortamında çizim bilgileri, çeşitli biçimlerde aktarılabilir veya veri tabanı halinde saklanabilir. Bunlar arasında SET, STEP, VDA-FS, DXF, IGES vb. sayılabilir. Veri tabanlarında kayıtlı çizim veya tasarım bilgileri Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) için kullanılabilmektedir. Ayrıca, BDT sistemleri 3 boyutlu modelleme imkanı sağlayarak üretim, tasarım ve montaj için önemli avantajlar sağlamaktadır. BDT, BDÜ'nün entegrasyonu için üretim bilgilerinin BDT'deki katı modellemeden elde edilmesi gerekmektedir. BDT veri tabanından üretim bilgilerinin elde edilmesi BDÜ için genelde yetersiz kalmaktadır. Çünkü güncel BDT sistemleri tam anlamıyla Bilgisayar Destekli Üretim, Bilgisayar Destekli İşlem Planlama (BDİP) ve Bilgisayar Destekli Montaj (BDM) verilerini tam olarak sağlamamaktadır. Her ne kadar bu konuda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da tasarım işlemini desteklemek ve entegrasyonu sağlamak için daha çok araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar, unsur tabanlı tasarım, unsur tanıma, parça tanıma, işlem planlama, montaj planlama gibi ana başlıklar altında toplanabilmektedir.

Özellikle son zamanlarda unsurlar üzerine araştırmalar yoğunlaşmış ve bu çalışmalardan biri olan unsur tabanlı tasarım özellikle bazı fonksiyonel ihtiyaçları karşılamak amacıyla ortaya çıkarılmıştır. Bu nedenle, kaliteli ve iyi bir tasarım için bütün fonksiyonel ihtiyaçların tatmin edilmesi hedeflenmiştir. Detaylandırılmış tasarım, unsurların ilave edilmesiyle üretim ve montajı desteklemek için geliştirilmiştir. Parçaların işlemsel özelliklerini parça üzerindeki unsurların içerdiği

düşünüldüğünden, unsurlar üzerindeki çalışmaların çoğu imalat alanında yoğunlaşmıştır. BDT modeli üzerindeki unsurları tanımak için unsur tanıma yaklaşımları geliştirilmiş ve bu yaklaşımlar BDT/BDÜ uygulamalarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- 2 boyutlu parçalar için unsur tanıma,
- 3 boyutlu parçalar için unsur tanıma,

1. Grafik tabanlı unsur tanıma,
2. Hacim ayrıştrma tabanlı unsur tanıma,
3. STEP tabanlı unsur tanıma,
4. Artışlı unsur çıkarma tabanlı unsur tanıma.

Unsurlar farklı bakış açılarına göre tanımlanabilmektedir. Örneğin; tasarım, analiz, montaj, fonksiyonlar ve üretim uygulamaları için unsur tanımlamaları gibi. Modellenen ürün üzerindeki üretim işleminin farklı şekillerde uygulanması, sonuçta planlamayı destekleyecek biçimde tanımlanmalıdır. Bir üretim unsuru, tipik olarak üretim metotlarına uygun bir geometride oluşturulmuş geometrik elemanlar olarak tanımlanabilir. Bir üründe bir üretim unsurunun bulunduğu her durumda üretim operasyon tipinin yapılabilirliği incelenmek zorundadır. Aynı zamanda, bu operasyonların yapılmasında gerekli olan bilgilere de karar verilebilmelidir. Unsur tanıma alanında uzun zamandır çok sayıda çalışma yapılmış ve çeşitli uygulama alanları için unsur tanıma algoritmaları geliştirilmiştir. Fakat, günümüze kadar geliştirilen unsur tanıma sistemleri sınırlı unsur tiplerini ve unsur etkileşimlerini ele almıştır. Unsur tanıma sistemlerinin yetersiz kaldığı alan unsur etkileşimleridir. Unsur etkileşimleri farklı unsurların farklı biçim ve konumlarda birbiri ile kesişmesinden oluştuğu için araştırmacılar bu unsur etkileşimlerine kısmi çözümler üretebilmişlerdir. Bu kısmi çözümler ise BDT/BDÜ sistemlerinde esnek bir şekilde kullanılamamıştır. Bundan dolayı, araştırmacılar son zamanlarda parça üzerindeki unsurlardan farklı olarak tüm parçayı tanıma ile ilgili çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Parça tanıma, parça üzerindeki unsurlar ile birlikte tüm parçanın tanınmasını esas almıştır. Aynı zamanda tanınan parçaları temsil eden fonksiyonel parça tanımlama şemaları geliştirilmiştir. Bu tanımlama şemaları parçayı hem

geometrik hem de topolojik veri açısından tanımlamaktadır. Parça tanımada, parçanın yüzey bağlanma ilişkileri (içbükeylik, dışbükeylik, komşuluk) ve yüzey nitelikleri tabanlı algoritmalar geliştirilmektedir. Tanınan parçalar bilgisayar destekli montaj planlama, bilgisayar destekli işlem planlama, takım yolu optimizasyonu, BSD kod türetme, FEM (Finite Element Method-Sonlu Elemanlar Metot) analizi gibi uygulama alanlarında etkin bir şekilde kullanılabilmektedir.

Bu çalışmada, motor parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınması ve tanınan parçaların BDT ortamında otomatik montajı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen programda uzman sistem tekniği kullanılmış ve uzman sistemin bilgi tabanı Windows tabanlı bir yazım editörü kullanılarak oluşturulmuştur. Geliştirilen sistem bir montaj sistemine uygulanmış ve montaj alanında yeni bir yaklaşım literatüre tanıtılmıştır. Günümüze kadar süregelen montaj planlama çalışmaları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Grafik tabanlı montaj planlama,
- Unsur tabanlı montaj planlama,
- Matris tabanlı montaj planlama,
- Genetik algoritmalar tabanlı montaj planlama,
- Kural tabanlı montaj planlama.

Aynı zamanda, montajı esas alan ticari yazılımlar günümüzde mevcuttur. Bu tür yazılımlar yüzeylerin eşleşmesi esaslı olarak çalışmaktadır ve montajın icra edilmesinde yüzeylerin eşleştirilmesi için kullanıcıya ihtiyaç duymaktadır. Geliştirilen parça tanıma tabanlı montaj sisteminde dizel otomobil motor parçaları ve standart makine elemanları yüzey ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınmış ve bir montaj dosyası açılarak parçaların otomatik montajı yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, bir parça tanıma metodu geliştirmek ve montaja bu parça tanıma metodunu uygulamaktır. Programın parça tanıma modülü için basit, orta düzey ve karmaşık parçaların tanınmasında herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Aynı zamanda kural yazma işlemini kolaylaştırmak için kullanıcı tarafından kuralı tanımlanamayacak kadar karmaşık olan parçalarda bir otomatik kural yazma modülü geliştirilmiştir. Bu

kural yazma modülü ile karmaşık profilli parçalar yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri açısından tanımlanabilmektedir. Bu da program için parça sınırlamasını ortadan kaldırmaktadır. Bu çalışmadaki parça tanıma algoritması, unsur tanıma algoritmalarındaki sınırlamaları ortadan kaldırarak parça biçiminde ve komşuluk ilişkilerinde herhangi bir sınırlama olmaksızın parçalar tanınarak BDÜ için gerekli bilgiler çıkarılmıştır. Ayrıca, parça tanıma algoritması bir dizel motora ve makinecilik alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarına uygulanmıştır. Fakat, program bilgisayar destekli işlem planlama, montaj planlama gibi farklı BDT - BDÜ uygulamalarına adapte edilmeye uygundur. Ayrıca yapılan çalışma literatürdeki çalışmalardan farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu güne kadar yapılan çalışmalar unsur tanıma ve unsurlar üzerine yoğunlaşmış olup parça tanıma üzerine çalışmalar literatürde çok kısıtlıdır. Bu çalışma ile aynı zamanda bir parça tanımlama şeması geliştirilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisi adı verilen bu matris parçayı hem geometrik hem de topolojik (yüzey bağlanma ilişkileri) açıdan tanımlamıştır. Diğer bir parça tanımlama şeması olan graf teorisinde parçadaki yüzey sayısı arttıkça grafikteki yüzey bağlanma ilişkilerini izlemek mümkün olmamakta ve grafik oldukça karmaşık hale gelmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi ile bu temsil formatı hem basitleştirilmiş hem de bilgisayar formatına uygun hale getirilmiştir. Montaj açısından şu andaki montaj yapan BDT sistemleri yüzey eşleştirme tabanlı olarak çalışmakta ve kullanıcı etkileşimine çok sık gitmektedir. Bu çalışma ile parça tanıma tabanlı bir montaj sistemi geliştirilerek literatüre katkı sağlanmış ve bilgisayar ortamında otomatik montaj işlemi basitleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, literatürde yer alan unsur tanıma, parça tanıma ve montaj (montaj planlama, montaj sistemleri, vb.) yaklaşımları ile ilgili yapılan çalışmalar irdelenerek bu çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

2.1. Parça ve Unsur Tanıma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Unsur tanıma çalışmaları son yirmi yıldır üzerinde yoğun olarak çalışılan bir konudur. Bundan dolayı, bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Araştırmacılar birbirinden farklı birçok unsur tanıma algoritması geliştirmiş ve unsur tanıma problemine kısmi çözümler bulmuşlardır. Bu çözümler, çağdaş BDT/BDÜ sistemlerinin entegrasyonu için yeterli olmadığından araştırmacılar farklı ve yeni çalışma alanlarına yönelmişlerdir. Parça tanıma konusu literatürde yeni bir çalışma alanı olarak kendini göstermektedir. Parçaya ait tüm geometrik ve teknolojik bilgiler çıkarıldığından ve açık bir şekilde temsil edildiğinden BDÜ sistemlerinde kullanılmaya daha elverişlidir. Unsur ve parça tanıma ile ilgili çalışmalar aşağıda açık bir şekilde özetlenmiştir.

2.1.1. 2 boyutlu parçalar için unsur tanıma ile ilgili yapılan çalışmalar

Tseng (1), modüler unsur tabanlı tasarım ve modüler unsur tanımayı birleştiren yeni bir modüler modelleme yaklaşımı geliştirmiştir. Bir parça, fonksiyonel ve geometrik özellikleri tabanlı birkaç ferdi bölümlere ayrılmış ve her bir bölüm fonksiyonel bir modülde temsil edilmiştir. Tasarımcı, tasarım esnasında tam bir parçanın tasarımını tamamlamak için bölümlerin her biri için modül kütüphanesinden fonksiyonel bir modül seçmektedir. Her bir modülde modüler unsur tanıma metodu kullanılarak temel işleme unsurları tanınmakta ve son sınır, otomatik işlem, planlamada kullanılmak üzere değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım dört aşamada gerçekleştirmiştir. Modül oluşturma aşamasında parça, analiz edilerek fonksiyonel ve geometrik özellikleri tabanlı birkaç fonksiyonel bölüme ayrılmakta ve her fonksiyonel bölüm için fonksiyon modülleri tasarlanmaktadır. Modüler unsur tanıma aşamasında unsur tanıma metodu bir önceki aşamada oluşturulan modüllerin

her biri için sınır temsil (B-rep) verisine uygulanmıştır. 2 boyutlu silindirik parçalardaki işleme unsurlarını tanımak ve sınıflandırmak için kenar bitişiklik grafikleri tabanlı bir metot kullanılmıştır. Modüller ile tasarım aşamasında bölümlerin her biri için bütün modüller oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Bu aşamada bu modüller yeni parça tasarlamak için kullanılmaktadır. Tasarımcı bu modüller vasıtasıyla parça üzerinde herhangi bir modifikasyona gidebilir. Son aşama olan işlem planı hazırlama aşamasında parça üzerindeki bütün bilgi BDİP uygulamaları için bir araya getirilmiştir.

Prabhu ve Pande (2-3), söz dizim kurallarına ait model tanıma ve doğal dil işleme tabanlı dizi işleme teknikleri kullanarak, BDT formatında oluşturulan mühendislik çizimlerinden üretilebilir unsurların zeki çıkarımı için bir sistem geliştirmişlerdir. Çizim öğeleri, unsur topolojisini ve geometrisini algılamak için söz dizimi yönünden analiz edilen unsur dizi modellerini çıkarmak için işlenmektedir. AUTOFEAT ismini verdikleri çalışmanın birincil amacı genellikle işleme merkezleri ile işlenen düzlemsel veya düzlemsel olmayan yüzeyleri ihtiva eden prizmatik parçaların BDT modellerinin zeki çözümlenmesi ve temsilidir. AUTOFEAT çalışmasında kullanılan çeşitli sistem modülleri aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmektedir:

- Veri düzenleyici ve çözümleyici, BDT dosyasından (DXF/IGES formatı) okunan bilgiyi daha ileri bir işlemeye yardımcı olmak için uygun veri yapılarında düzenler.
- Görünüş işleyici, geometrik öğe verisini (doğrular ve yaylar), koordinat bağlanabilirliği tabanlı halkaları kapalı veya açık olmak üzere iki sınıfta toplar.
- Model analizörü, geometrik öğeler arasındaki yapısal ilişkileri gözden geçirir ve bu ilişkileri görünüşlerin her birinden bilgi tabanlı unsurları temsil eden tek dizi modellere dönüştürür.
- Geometrik olmayan veri sentezleyici, ölçü ve metin bilgisini çıkararak unsur geometrisini ve topolojisini destekler.
- Unsur bütünleştirici soyut öğeleri belirler ve unsurlara geometrik tolerans bilgisini iliştirir.

Sonunda çıkarılan veri, nesne yönlü unsur tabanlı bir formatta temsil edilmiştir. Sistem cep, delik, fatura, kanal, çıkıntı gibi unsurları algılamada yetenekli olup bu unsurları 2 boyutlu çizimlerden çıkarmaktadır.

Puppo'nun (4) geliştirdiği algoritma, çizimi tanımlayan bir kenar bağlantı grafiğini, çizimin alan ve halkalarını, bağlantılar, kenarlar, halkalar ve alanlar arasındaki topolojik ilişkileri kodlayan daha zengin bir veri yapısına dönüştürmeye müsaade etmektedir. Böyle bir veri yapısı etkin bir şekilde çizimi çözümlemeye yardım eden çapraz operasyonları desteklemektedir. Kenar bağlantı grafiği doğrudan bağlantıların ve kenarların listesini ve karşılıklı ilişkilerini sağlar. Topolojik veri yapısının kalanı iki aşamada oluşturulmaktadır.

- Halka ve unsurlara ait kenarlar, kenar bağlantı grafiğinden faydalanılarak tanımlanır.
- Alanlar, çizimin bir düzlem süpürme çaprazı ile tanımlanır.

Halkalar ve unsurlar, düzenli kenarların zincirlerini izleyerek kenar bağlantı grafiğinden bulunmaktadır. Alanların çıkarılması için düzlem süpürme tekniği kullanılmıştır. Unsur, halka ve alan çıkarma işlemi 2 boyutlu nesneler için geçerlidir.

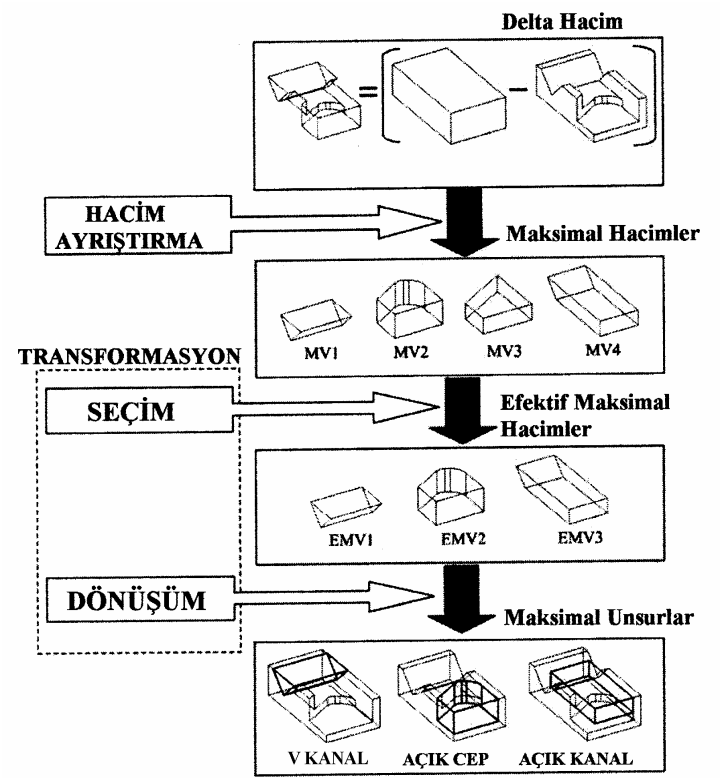
Li ve Hui (5) delik, kanal ve cep gibi düzenli biçimlerin tanındığı geleneksel unsur tanıma algoritmalarından farklı olarak 2 boyutlu ve serbest biçimli unsurları tanıma problemine çözüm bulmuştur. Metot, girdi olarak B-rep biçiminde temsil edilen bir modeli benimsemiş ve unsur tanıma işlemi için şablon eşleştirme yaklaşımını kullanmıştır. Araştırmacılar, iki aşamada problemi çözen etkin bir algoritma geliştirmişlerdir. Araştırma aşaması adı verilen ilk aşamada, potansiyel alanlar düşük bir çözünürlükte algılanarak unsurun kabaca yerleşimi tanımlanmaktadır. Hassaslaştırma aşamasında ise tam eşleşmeleri teşhis etmek için seçilen bölgeler iyi bir çözünürlükte hassaslaştırılarak unsurun tam yerleşimi bulunur. Belirli bir konfigürasyonda şablonun bir kısmı ve nesnenin sınırları üst üste gelir. Üst üste gelen kısım tam şablon sınırını karşılarsa, şablon tamamen konfigürasyonda nesne ile eşleşir. Üst üste gelen kısım sadece şablon sınırının bir

kısmını karşılarsa şablon kısmi olarak nesneye uyar. Eşleşmenin büyüklüğü şablon eşleştirme oranı ile ölçülmüştür. Eğer şablon eşleştirme oranı *"1"* ise, şablon sınırı ve nesnenin sınırları tam üst üste olduğu anlamına gelmektedir. Eğer şablon eşleştirme oranı *"0"* ile *"1"* arasında herhangi bir değer ise, şablonun sadece bir kısmı nesneyi karşılar. Bu çalışmada, bir şablon, nesnenin BDT modelinden tanınacak unsurları temsil eder. Bir unsuru algılamak için şablon bütün muhtemel konfigürasyona dönüştürülmektedir. Dönüştürme öteleme, döndürme ve ölçeklemeyi içerebilir. Her bir konfigürasyonda, dönüştürülen şablon ve orijinal nesne bir eşleşmenin bulunup bulunmadığını tayin etmek için belirli eşleşme kriterlerine karşı test edilir. Muhtemel bir eşleşme kriteri dönüştürülen şablon ve nesne arasındaki çakışık yüzey sınırlarının uzantısını ölçmektir.

2.1.2. 3 boyutlu parçalar için parça ve unsur tanıma ile ilgili yapılan çalışmalar

Hacim ayrıştırma tabanlı yaklaşımlar

Woo (6-7) unsur tanıma yaklaşımı, hacim ayrıştırma metodunu benimsemiştir. Metot, parçayı işlemek için ham parçadan kaldırılan hacmi ayrıştırarak tasarlanan parçadaki büyük hacimler olarak adlandırılan büyük ve basit hacimlere ayrıştırmış ve bu hacimleri büyük unsurlara dönüştürmüştür. Bu işlemin üç aşaması vardır. Birinci aşamada, delta hacim büyük hacimlere ayrıştırılır. Ayrıştırma delta hacmin yüzleri uzatılarak gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ayrıştırılan büyük hacimlerin en az sayısı ile delta hacmin bütün yüzlerini içeren maksi mal hacimler seçilir. Son aşamada ise ikinci aşamada seçilen her bir hacmin bir 3 eksen işleme merkezi ile tek operasyonda işlenebilip işlenemediği kontrol edilir. Eğer bu hacimler işlenebiliyorsa büyük unsur olarak tanınır. İşlenemiyorsa daha ileri bir ayrıştırma ile bir veya daha fazla büyük unsura dönüştürülür ve tanınır (Şekil 2.1). Bu çalışmada ele alınan büyük unsurlar orta düzey unsurlardır.



Şekil 2.l. Unsur tanıma işlemi

Wang ve Kim (8) dışbükey hacim ayrıştırma metodu kullanarak bir unsur tanıma metodu geliştirmişlerdir. Yaklaşımla tanınabilen unsurları, ana yönler boyunca polihedral unsurlarla etkileşen polihedral unsurlar, silindirik unsurlar ve bu polihedral ve silindirik unsurlara uygulanan sabit yarıçaplı karışık unsurlar olarak tanımlamışlardır. ASVP (Alternating Sum of Volumes with Partitioning-Parçalı Hacimlerin Değişken Toplamı) olarak adlandırdıkları dışbükey ayrıştırma metodunu dokuz test parçasına uygulamışlardır. Parçalar arasında kombinasyon operasyonları uygulayarak, ASVP ayrıştırma hacimsel biçim unsurlarından ibaret olan unsur ayrıştırmaya (FFD-Form Feature Decomposition) dönüştürülmüş ve negatif ve pozitif unsurlar gruplandırılmıştır. Burada unsur hacimleri mamul biçiminin anlamlı yüksek düzey öğelerini ifade etmektedir.

Sakurai, "Hacim ayrıştırma ve unsur tanıma" (9-10) isimli çalışmasının ilk bölümünde unsur tanıma metodunu polihedral nesnelere uygulamıştır. Yaklaşım unsurları elde etmek için hacim ayrıştırma metodunu benimsemiştir. Hacim

ayrıştırma metodu, büyük dışbükey hücreleri (MCC-Maximal Convex Cell) türetmek amacı ile ham parçadan iş parçasını işlemek için kaldırılan delta hacme uygulanmıştır. Sonra parça ile alan temasında olan her bir MCC'nin yüzleri yüze-yüz kesişme operasyonu kullanılarak bulunmuş ve MCC'nin bir hacim unsuru olup olmadığını bulmak için grafik eşleştirme metodu ile önceden tanımlanmış işleme unsurlarının yüzleri ile eşleştirilmiştir. Bu çalışmada, bir katı modeldeki yüzleri uzatarak mümkün olan bütün unsur çözümlemelerini türetebilen bir unsur tanıma algoritması geliştirilmiştir. Metot, katı modelin geometrik yüzeyleri ile katı modeli kuşatan boşluğu büyük dışbükey hücrelere ayrıştırabilmektedir. Algoritma sadece düzlem yüzeyli parçalar için geliştirilmiştir.

Wang vd. (11), üretim unsuru çıkarmak ve işlenen hacmi ayrıştırmak için ters gelişen bir yaklaşım sunmuşlardır. Ters gelişen kavramının anlamı, ham parçadan işlenmiş parçaya parça spesifikasyonlarını değiştiren işleme operasyonlarının sırasını ters çevirmektir. Bu prosedürün girdisi bir takım içbükey olarak bağlanan, eğik veya dairesel yüzlerdir. Çıktısı ise unsur hacimleridir. Unsur çıkarma sistemi, tasarımı biten parçanın B-rep modelini almakta ve iş parçası ham parçaya dönüştürülene kadar orta düzey iş parçası biçimleri türetmenin üç aşamasını gerçekleştirmektedir. Bu aşamalar;

- Silindirik yüzleri işleme,
- Eğik yüzleri işleme,
- İçbükey bağlanan yüzlerin setini işleme.

Her bir aşamada bir yüz seçilir ve bu yüzden bir unsur geliştirilir. Bir orta düzey iş parçası biçimi, geçerli iş parçası biçimi ile geçerli gelişen unsurun kombinasyonudur. B-Grow (Backward Growing-Geriye doğru büyüyen), bütün gelişen unsurların bağlı listesini ters ağaçtan türetir ve temel (fatura, cep vs.) bilgiyi depolar. İşleme operasyonu iş parçasından malzeme kaldırırsa, ters gelişen adım iş parçasına bu işlenen hacmi ilave eder. Uygun ters gelişen algoritmalar temel boşluk unsurlarını kolayca tanıyabilir ve çıkıntı unsurlarının yanı sıra boşluk unsurlarını da temel unsurlara ayrıştırabilir. Gelişme prosedürü esnasında unsur tipi, takım yanaşma yönü,

unsurlar arasındaki öncelik, unsur tipinin modifikasyonu, niteliği ve orta düzey iş parçası biçimleri gibi kullanışlı üretim bilgisi tayin edilebilir. Unsur etkileşimin karmaşık problemleri ters gelişen heuristik ayrıştırma yöntemi ile etkin bir şekilde çözülebilmektedir.

Dong ve Vijayan (12-13) optimal hacim ayrıştırma tabanlı bir unsur çıkarma yaklaşımı geliştirmişlerdir. Yaklaşım, istenen parça geometrisini elde temek için ham parça üzerinden kaldırılacak malzemenin tek bir takım yolu ile kaldırılabilen birincil hacimler tarafından biçimlendirildiği esasına göre çalışmaktadır. Bu birincil hacimler birtakım işlenebilir hacimlere (üretim unsurları) gruplandırılabilmektedir. Farklı hacim kaldırma maliyeti, takım ve bağlama kalıbı kullanma maliyeti ile sonuçlanabilen bu birincil hacimleri gruplandırmak için çok farklı yöntemler bulunmaktadır. İşlenebilir hacimlerin optimal seçimi için çalışmada matematiksel bir programlama modeli kullanılmıştır. Malzemenin maksimum miktarı tek bir operasyonda kaldırılabiliyorsa, bu işlenebilir hacim seçiminin optimal olduğu anlamıma gelmektedir. Bundan dolayı, parçayı üretmek için gerekli olan operasyonların sayısı ve maliyet minimize edilmektedir.

Subrahmanyam (14) özellik tabanlı bir parçanın veya tasarım unsur modelinin işleme ve bağlama unsurlarını türetmek için kullanılabildiği bir metot geliştirmiştir. Heuristik tabanlı metotlar, işleme unsurlarını türetmek için kullanılan orta düzey aşamalar olan hacim ayrıştırma ve birleştirme için geliştirilmiştir. Nitelik tabanlı kurallar işleme unsurlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Bağlama unsurları ise işlemede ortaya çıkan kuvvetler ve momentler dikkate alınarak türetilmektedir. Bu çalışma aşağıdaki aşamalar üzerine yoğunlaşmıştır:

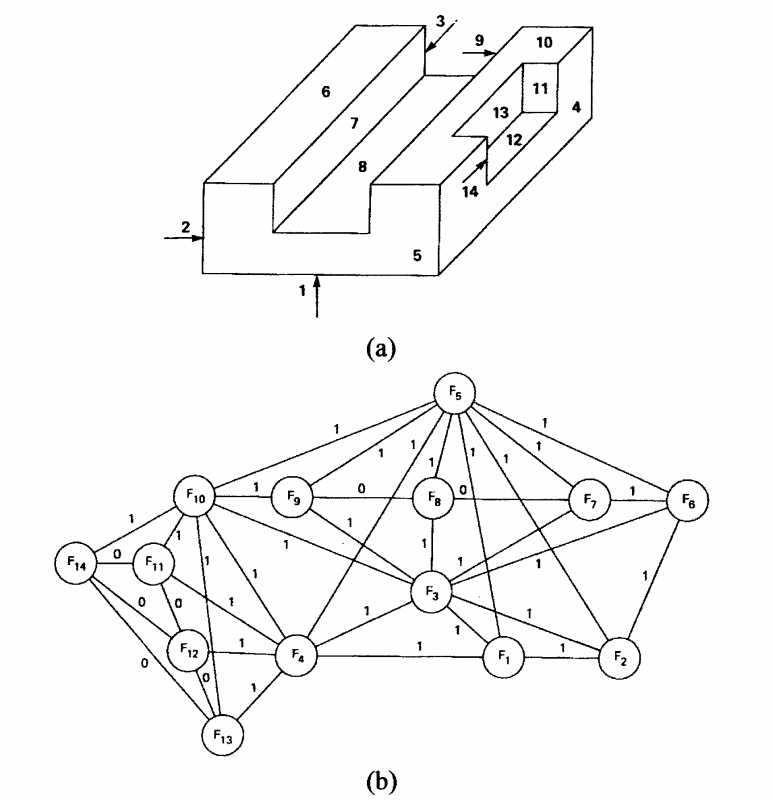
- Hacim ayrıştırma için heuristik tabanlı metotlar,
- Hacim birleştirme için heuristik tabanlı metotlar,
- İşleme ve bağlama unsurlarını düzenleme.

Li ve Liu (15) köşe yuvarlatma tabanlı detay unsur ayrıştırma metodu kullanarak 3 boyutlu bir parçadaki unsurların tanınması için bir metodoloji geliştirmişlerdir.

Geometrik modelin tüm sınırını sabit bir yarıçap ile yuvarlatmanın detay unsurlarını algılamada verimli olduğu bildirilmiştir. Köşe yuvarlatmanın avantajını kullanarak sınır öğelerinin detay düzeyi değerlendirilebilmektedir. Uygun detay unsurlarının öğeleri algılama ve ayrıştırma çevriminde, detay unsurlar yerelliği bakımından modelden bir bir ayrıştırılmaktadır. Detay unsur ayrıştırma doğrudan 3 boyutlu bir nesnenin geometrik sadeleştirmesi ile sonuçlanmaktadır.

Grafik tabanlı yaklaşımlar

Joshi ve Chang (16) grafik tabanlı bir unsur tanıma algoritması geliştirmişlerdir. Bir parçadaki unsurları, parçayı temsil eden AAG'nin (Attributed Adjacency Graph-Nitelikli Bitişiklik Grafiği) alt grafikleri olarak düşünmüşlerdir. Bu grafikte, her bir yüz bir düğüm (Node) ve iki yüzün paylaştığı her bir kenar ise bir yay (Arc) ile temsil edilmiştir. Eğer bir kenarı paylaşan yüzler içbükey açıyı temsil ediyorsa kenar niteliği *"0"* (Sıfır) değerini, dışbükey açıyı temsil ediyorsa kenar niteliği *"1"* (Bir) değerini almıştır (Şekil 2.2). Bu şekilde türetilen grafiğin alt grafikleri unsur tanıyıcı tarafından analiz edilmiş ve alt grafiklere uyan unsurlar çıkarılmıştır. Unsur tanıma yaklaşımı cep, kanal, kör kanal ve polihedral delikler gibi unsurlar ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 2.2. a) Örnek parça, b) Nitelikli bitişiklik grafiği

Trappey ve Lai (17) sac metal parçalar için hiyerarşik unsur tabanlı bir temsil şeması geliştirmişlerdir. Bu temsil şemasını kullanarak sac metal parçalar, üretim sınırlamaları göz önünde bulundurularak tanımlanmıştır. Bu çalışmada unsurlar iki tip olarak sınıflandırılmıştır. Birincisi sac metal parçaların birincil profillerini temsil etmek için kullanılan temel unsurlardır. Temel unsurlar herhangi bir geçiş operasyonu tanımlanmadan önce bir sac metal parçanın bölünmüş parçalarının biçimini temsil etmektedir. İkincisi ise tek bir sac metal üretim işlemini temsil eden üretim unsurlarıdır. Üretim unsurları temel unsurlar üzerine gerçekleştirilen sac metal operasyonlarının biçimini temsil etmektedir. Bu unsurlar, geometrik ve topolojik bilginin yanı sıra tolerans bilgisini de içermektedir. İlkel unsurlar üretim unsurlarını temsil etmek için tanımlanmaktadır. Bileşik unsurlar spesifik tasarım amacını gerçekleştirmek için ilkel unsurları bir araya getirerek tanımlanmaktadır. Daha sonra bu unsurlar ve tolerans bilgisi hiyerarşik bir yapıda temsil edilmiştir. Şema için veri yapısı, geometri, topoloji ve tolerans bilgisi dikkate alınarak

geliştirilmiştir. Bu hiyerarşik şema temel unsurlar, üretim unsurları ve ilkel unsurları ile bir sac metal parçayı tanımlamaktadır.

Qamhiyah, vd. (18) düzlem yüzeyli nesnelerin BDT modellerinden biçim unsurlarının ardışık çıkarımı için sınır tabanlı bir prosedür geliştirmişlerdir. Bu çalışmada unsurlar bir nesnenin temel biçimini değiştirmedeki etkileri tabanlı olarak sınıflandırılmıştır. Sonra geometrik muhakeme, biçim unsur sınıflarının genel özelliklerini elde etmek için kullanılmış ve biçim unsur sınıfları elde edilen özellikleri tabanlı ardışık olarak çıkarılmıştır. Geliştirilen prosedür halka bilgisine bağımlılığının sonucu olarak düzlemsel olmayan yüzeylere uygulanamamaktadır. Unsur çıkarma metodu beş aşamadan meydana gelmiştir. Halka bilgisine bağlı olarak her bir aşamada unsur sınıflarının her biri çıkarılmış ve her çıkarma aşamasından sonra kaybolan öğeler nedeniyle parça tekrar yapılandırılmıştır.

Li, vd. (19) bir tasarım unsur modelinden üretim unsurlarını tanımak için bir metodoloji sunmuşlardır. Geliştirilen unsur tanıma işlemcisi unsur tanıma işlemini üç aşamada gerçekleştirmektedir. İlk aşamada, işlemci parçanın tasarım unsur modelini özelliklerine ve unsurlar arasındaki etkileşme ilişkilerine göre tasarım unsurlarını ele alarak orta düzey bir üretim unsur ağacına dönüştürmektedir. İkinci aşamada, kombinasyon, ayrıştırma ve TAD (Tool Approach Direction-Takım Yanaşma Yönü) operasyonları vasıtasıyla parça için üretim unsur modelinin alternatif çözümlemeleri türetilir ve üretim unsur ağacı, bu çözümlemeleri depolamak için VE/VEYA (AND/OR) operatörleri ile güncellenir ve genişletilir. Son aşamada ise en düşük maliyetli (optimum) bir çözümleme üretim unsur ağacındaki unsurların işleme maliyetleri hesaplanarak seçilmektedir. Hacimsel unsurlar arasındaki ilişkileri dikkatlice tanımlayarak ve tasarını unsurları ve yardımcı bilgileri kullanarak işlemci, kompleks parçalardan üretim unsurlarını tanıyabilmektedir. İşlemci bazı temel unsurların yanı sıra STEP'te tanımlanan dizi, bileşik ve geçiş unsurlarını tanıyabilmektedir. Bu çalışmada tanınabilen unsur biçimleri, bir yön boyunca 2B'lu bir profili süpürerek elde edilen süpürme hacimler olarak sınırlandırılmıştır.

Gao ve Shah (20) B-rep modellerinden işleme unsurlarının otomatik tanınması için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Bu çalışmada sunulan metot etkileşen unsurların alternatif çözümlemelerini tanımak ve çıkarmak için geleneksel grafik tabanlı tanıma ile işaret tabanlı unsur tanımayı entegre etmesinden dolayı hibrit bir yaklaşımdır. Önce ferdi (etkileşmeyen) unsurlar üretim yüz bitişiklik grafiği tabanlı olarak tanınmaktadır. Etkileşen unsurlar ise bir unsur işareti olarak kullanılan unsurun minimal şart alt grafiği (MCSC-Minimal Condition Sub Graph) tabanlı olarak tanınmaktadır. Önceki işaret tabanlı unsur tanıma metotlarının aksine, bütün unsurların MCSG'leri unsur tipine bağlı olarak uniform bir yolla tanımlanır, türetilir ve tamamlanır. İşaretler genişletilmiş nitelikli bir bitişiklik grafiği (EAAG-Extended Attributed Adjacency Graph) ile tanımlanır, grafik ayrıştırma ile türetilir ve etkileşimlerden dolayı kaybolan öğeleri karşılayan gerçek zincirleri ekleyerek tamamlanır. Alternatif çözümlemeler türetilerek etkileşen unsurların her bir seti için bir çözümleme tayin edilir ve son olarak parça unsur modeli (veri yapısı) oluşturulur.

Kao vd. (21) işlenmiş bir parçanın BDT sınır temsilinden prizmatik unsurları çıkarmak için bir süper ilişki grafik (SRG-Super Relation Graph) metodu geliştirmişlerdir. Unsurları çıkarmak için kullanılan SRG metodu aşağıdaki prosedürleri gerçekleştirmektedir.

- Zarf yüz setini (EFS-Envelope Face Set) bulma. Burada dışbükey kabuk (zarf) küp, paralel yüz, silindir, koni veya prizma gibi ilkel biçimlerden ibarettir.
- Genel grafiği yapılandırma. Genel grafik tüm parçanın temsilidir. Genel grafikteki her bir düğüm nesnedeki bir yüzü ve her bir kenar ise iki yüz arasındaki bitişikliği temsil etmektedir.
- Etkileşen unsur yüz setlerini (IFFS-Interacting Feature Face Set) bulma. Etkileşen yüz setleri bulmanın prosedürü EFS'ye ait olan düğümleri ve genel grafikten bu düğümlere ait olan zincirleri kaldırmaktır. Bu prosedür bir veya birden fazla grafikle sonuçlanabilir. Bu grafikler etkileşen unsur yüz grafikleri olarak adlandırılır.

- IFFS'lerden SRG'leri elde etme. Her bir IFFS için SRG, IFFS'nin elemanlarını karşılayan düğümler veya süper içbükeyliği yada yüze yüz ilişkilerini temsil eden zincirlerden ibarettir. Oluşturulan SRG'ler ilkel SRG'ler ile eşleştirilmektedir. Eğer bir eşleşme varsa, SRG'deki yüzler bir ilkel unsur adayını biçimlendiriyor anlamına gelmektedir.
- Unsur hipotezi türetme. Unsur hipotezi türetmenin objektifi doğru unsurları çıkarabilmek için bir takım anlamlı hipotezler bulmaktır.
- Hipotez doğrulama. Unsur hipotezleri doğrulamanın temel fikri bir hipotez için unsur hacminin geçerli olup olmadığını kontrol etmektir.

Falcidieno ve Giannini (22) bir nesnenin katı modelinden unsur bilgisinin otomatik teşhis edilmesi ve çıkarılması için bir metot geliştirmişlerdir. Sistem, unsur tanıma, unsur çıkarma ve unsur düzenleme olmak üzere üç modülden meydana gelmiştir. Unsur tanıma modülü, bir yüz bitişiklik hiper grafiği (FAH-Face Adjacency Hypergraph) olarak adlandırılan bir katının yüz tabanlı temsili odaklı çalışmaktadır. FAH' ta bir katı model, her bir yüzü karşılayan bir düğüm, her bir kenarı karşılayan bir yay ve her bir köşe noktasını karşılayan bir hiper yay ile temsil edilmiştir. Unsur tanıma aşamasının amacı, oyuk ve çıkıntı unsurlarım teşhis etmektir. Bunu yapmak için, bir nesnenin FAH modelinin bütün kenar ve halkaları, içbükey veya dışbükey olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Sonra unsurlara iliştirilen yüzlerin listesi oluşturulmuştur. Bu yüzler birincil yüzler olarak adlandırılmış ve dış ve iç halkalarda ihtiva edilen içbükey kenarlar olarak tanımlanmıştır. Son olarak bir unsura ait olan bütün yüzler teşhis edilmiş ve tanınan unsur, oyuk veya çıkıntı unsuru olarak iç halkaların içbükeyliğine göre sınıflandırılmıştır Unsur çıkarma modülünde tanınan biçim unsurları, nesnenin orijinal biçiminden unsur çıkarıcı tarafından çıkarılmış ve FAH elemanları olarak bu unsurlar temsil edilmiştir. Son modül olan unsur düzenleme modülünde ise çıkarılan unsurlar planlı, yapılandırılmış yüz bitişiklik hiper grafiği (SFAH-Structured Face Adjacency Hypergraph) olarak adlandırılan bir hiyerarşik grafikte temsil edilmiştir. Bu çalışmada tanınabilen unsurlar oyuk ve çıkıntı unsurları olarak sınırlandırılmıştır.

Chuang ve Henderson (23) bir katı modelin 3 boyutlu sınır temsilinden biçim modellerinin (unsur) bilgisayar destekli tanınması için bir metot geliştirmişlerdir. Katı modelleme, veritabanındaki nesnenin köşe noktaları, köşe noktalarını kuşatan topoloji ve geometrik özellikler analiz edilerek sınıflandırılmaktadır. Tasarlanmış bir nesnenin köşe noktası-kenar (V-E-Vertex-Edge) grafiğinin düğümlerini etiketlemek için köşe noktası tiplerini kullanarak tanıma için yeterli bir biçim bilgisi ile etiketli bir grafik kurulmuştur. Nesnenin detayları bu etiketli grafiğe çıkarıldığından dolayı etiketli V-E grafiği gerçekte nesnenin kavramsal biçimini temsil etmektedir. Bölgesel biçimler için grafikler bu etiketli grafiklerin formunda tanımlanabilmektedir. Her bir tek bölgesel modelin tanınması, model grafiğini nesne için etiketli grafikte bulunan alt grafikler ile eşleştirme ile gerçekleştirilmektedir. Grafik eşleştirme, muhakemesiz veya sonuç çıkarmasız düğümden düğüme veya yaydan yaya yapıldığından cep veya kanal gibi değişken yüz sayısına sahip olan biçim modellerini tanımak için daha yüksek boyutlu gramer inceleyen metodun bir kombinasyonu kullanılmalıdır. Bu araştırmada gösterilen yaklaşım basit bağlanan yüzeyli biçim modellerini tanıma ile sınırlandırılmıştır.

Gavankar ve Henderson (24) bir katı modeldeki çıkıntı ve oyuk unsurlarını çıkarmak için kenar-yüz grafiği tabanlı bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma bu gibi unsurları çıkarmak için çoklu kenar halkasına sahip olan yüzleri teşhis etmekte ve bunları potansiyel ayrı düğümlerin azaltılmış seti olarak kullanmaktadır. Grafiği ayırmak için gerekli olan kompleks hesaplamalara, düğümlerin sadece bu sınırlı alt seti üzerine yapılmak için ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada tanınabilen unsurlar tekbir yüzey üzerine modellenebilen cep, kör delik ve çıkıntı gibi unsurlar ile sınırlandırılmıştır. Bu unsurlar bir yüzey üzerinde olduğu için bir yüz üzerinde birden fazla kenar halkası bulunmaktadır.

Huang ve Hoi'nin (25) geliştirdiği unsur tanıma yaklaşımı, jenerik unsurlardan kullanıcı tabanlı unsurları çıkarmaktadır. Burada jenerik unsurlar, delik, kanal, cep ve çentik gibi düşük düzey unsurlar olarak adlandırılmıştır ve geleneksel unsur tanıyıcılar veya unsur tabanlı BDT sistemlerinden elde edilmiştir. Kullanıcı tabanlı unsurlar ise kullanıcının tayin ettiği bir yöntemle bir araya getirilen düşük düzey

unsurların tipik setleri olan yüksek düzey unsurlar olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma üç tip unsur ile sınırlandırılmıştır; faturalı unsular, bileşik unsurlar ve dizi unsurlar. Metot, noktaları parçanın düşük düzey unsurları olan ve kenarları unsur ilişkilerini temsil eden bir unsur ilişki grafiği (FRG-Feature Relational Graph) tabanlı yüksek düzey unsurları çıkarır. Yüksek düzey unsurları tanımadan önce, parçanın FRG'si, düşük düzey bir unsur tanıma ve unsur tabanlı bir BDT sistemi vasıtasıyla türetilen unsur listesinden inşa edilmiştir. Yüksek düzey unsurlar, kesici biçimleri, unsur dizileri, fonksiyonellik ve işleme kurallarına göre CPG (Constrained and Parameterized Graph-Sınırlı ve Parametreli Grafik) modelleri kullanarak tanımlanır. Yüksek düzey unsurlar alt grafik izomorfik teknikleri kullanılarak tanınmıştır. Yüksek düzey unsur tanıma, düşük düzey FRG'nin alt grafiği ile CPG olarak tanımlanan yüksek düzey unsur modeli arasındaki bir eşleşmeyi tanımlar.

Pal ve Kumar (26-27) BDT veritabanından etkileşmeyen 3 boyutlu unsurların teşhisi için kısmi olarak matematiksel tekrarlayıcı ve kısmi olarak ta heuristik kurallar tabanlı hibrid bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmanın amacı, otomatik işlem planlama için mekanik BDT/BDÜ fonksiyonlarında geometrik muhakemeyi kolaylaştıran bir bilgi çatısı oluşturmaktır. Çalışmada, katı model veritabanı olarak IGES (6.0) veri dönüşüm formatı kullanılmıştır. Unsur çıkarma işleminin başında, çok yüzlü olmayan bir cep unsuru için temel bulma, ara yüzler ve ardışık bağlanabilirlik algılama gibi prosedürler kurulmuş ve bu prosedürler diğer unsurlar için genişletilmiştir. Bu stratejiye göre bir katı modelin veritabanından kanal, cep, boydan boya veya kör delik, köşe yuvarlatma ve pah gibi farklı unsurların çıkarımı tekrarlayan bir işlemdir. Unsur çıkarma işleminin başlıca aşamaları katışımsal tekrarlama, doğrulanabilir geçerlilik, bağlanabilirlik modeli algılama ve kademeli eliminasyondur.

Rezayat (28) orta yüzey tabanlı yeni bir yaklaşım için algoritmalar geliştirmiştir. Geliştirilen algoritmalarda orta yüzeyin parçaların çoğunluğu için B-rep'ten daha iyi bir tanımlayıcı olduğu düşünülmüştür. Bundan dolayı, bu yüzeylerin unsur tanıma için etkin bir girdi olarak kullanılabilmektedir. Orta yüzey iyi bir formatta biçim unsurlarını çıkarmak için ihtiyaç duyulan bilgiyi doğal olarak düzenler ve geometrik

muhakemeye müsaade eder. Orta yüzler parça içindeki malzeme dağılımını benimseyen bilgiyi doğal olarak sağladığı düşünülmektedir. Orta yüzey çıkarmanın aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Parçadaki yüzeyleri eşleştirme: Bu eşleştirme el ile veya otomatik olarak eşleştirilecek yüzün malzeme tarafı tanımlanır ve normal vektörü boyunca bir ışın gönderilir. Bu ışın tarafından vurulan ilk yüz kaynak yüzün eşi olarak tanımlanır ve katı modelin bütün yüzlerine bu işlem uygulanır.
- Yüzey topolojisi ve boyutu tabanlı bitişiklik grafiklerini oluşturma: Grafik teorisi ile birlikte katı modelin geometrisi ve topolojisi, unsurları tanımlamak ve orta yüzeyin topolojisi ve biçimini saptamak için kullanılır. Grafikte, parçadaki her bir yüz bir düğüm ve bu yüzleri bağlayan kenarlar doğrular olarak temsil edilmiştir. Yüzey çiftleri grafik üzerinde bir kenar niteliği olarak belirtilmiştir.
- Geometrik enterpolasyon ve 2B'lu Boolean operasyonları ile orta yüzey parçaları oluşturma: Bu bölümde, budanmamış yüz çiftlerinin her bir seti arasındaki uygun ara değeri olan bir yüzeyi elde etmek amaçlanmaktadır. Bu da geometrik enterpolasyon ve 2B Boolean operasyonları ile mümkün olmaktadır.
- Bitişiklik bilgisi tabanlı uygun bir şekilde parçaları birleştirme: Algoritmaların dikiş operatörleri (Join ve Connect) bitişiklik grafikleri tabanlı uygun bir şekilde oluşturulan orta yüzey parçalarını uzatır ve birbirlerine birleştirir. Böylece parçaya ait orta yüzey oluşturulmuş olur.

Locket ve Guenov (29) parça geometrisinden orta yüzey çıkarım tabanlı ince duvar enjeksiyon kalıp ve döküm parçaların kalıp unsurlarını çıkarmak için bir unsur tanıma yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çalışmanın katkısı orta düzey topoloji ve geometrisini ve kalıp unsurlarını tanıma metodolojisini temsil etmek için nitelikli bir orta yüzey bitişiklik grafiğini (AMAG-Attributed Mid-Surface Adjacency Graph) geliştirmesidir. Bir parçanın orta yüzeyi parça duvarlarını sıfır kalınlıkla yüzeyler olarak modellediğinden ölçüsel olarak temsil şeklini basitleştirmiştir. Çalışmanın sonucu orta yüzey temsilin unsur tanımada kalıp parçaları için B-REP katı modelden

daha iyi bir temel teşkil etmesidir. Unsur tanıma işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, orta düzey modeli AMAG'ı temsil eden bir yüz kenar bitişiklik matrisini yapılandırmak için değerlendirilmiştir. İkinci aşamada, unsur tanıma algoritmaları topoloji tabanlı baştaki unsur tanımlamalarını gerçekleştirmiştir. Son aşamada ise, unsur tanıma orta yüzey modelini kullanarak geometri kontrollerini yaparak tamamlanmıştır.

STEP tabanlı yaklaşımlar

Han vd. (30) işleme alanında unsur tanıma ve işlem planlamayı entegre etmek için bir sistem sunmuşlardır. Sistem, işleme unsurları, yüzey pürüzlülüğü, geometrik ve boyutsal toleranslar gibi bütün kullanışlı bilgiyi içeren girdi ve çıktı formatları olarak nötr mamul veri standardı STEP'i kullanmaktadır. Sisteme girdi olarak kullanılan parça, parçayı üretmek için ihtiyaç duyulan bir takım operasyonları türetmek için analiz edilmiştir. Üst katmanın bir düğümünün spesifik bir operasyonu karşıladığı, alt katmanın bir düğümünün ise bir unsur için spesifik bir işlemi karşıladığı iki katmanlı bir araştırma stratejisi benimsenmiştir. Ziyaret edilen her bir operasyon düğümü için üretilebilir unsurları türetmede takım veritabanına müracaat edilmekte, unsur bağlılığı kurulmakta ve alt katman araştırması istenmektedir. Alt katman optimal bir işleme sırasını ve bu sıranın üretim maliyetini hesaplamaktadır. Sonra, kontrol geri üst katmana dönmektedir. Alt katmanda hesaplanan üretim maliyeti ile birlikte operasyon maliyet analizi üst katmanın operasyon boşluk araştırmasına kılavuzluk eder. Nihayetinde, her bir operasyon başına optimal bir işleme sırasının tayin edildiği bir operasyon sırası türetilmektedir. Bu çalışmada 3 eksenli işleme merkezlerinde düz uçlu parmak freze ve yuvarlatılmış uçlu parmak freze ile işlenen cep, kanal ve delik gibi unsurlar STEP tabanlı olarak tanınmaktadır.

Bhandarkar ve Nagi (31) bir standartlar tabanlı biçim unsuru çıkarma sistemi geliştirerek STEP standardını desteklemişlerdir. Geliştirilen unsur çıkarma sistemi parçanın geometrisini ve topolojisini tanımlayan STEP AP 202 dosyasını girdi olarak kabul etmekte ve çıktı olarak biçim unsuru tabanlı işlem planlama için STEP AP 224 formatında biçim unsuru bilgisi ile bir STEP dosyası türetmektedir. Algoritma

frezeleme operasyonları ile işlenen düzlemsel ve silindirik yüzeyler gibi birincil biçimleri içeren prizmatik katılar için geliştirilmiştir. Unsurları çıkarmak için bir modül tanımlanmıştır. Bu modül STEP dosyasını okuduktan sonra, dosyanın biçim temsilinin uygun tipine yani ABSR'ye (Advanced B-rep Shape Representation-İleri B-rep Biçim Temsili) sahip olup olmadığını kontrol etmek için dosyayı tekrar gözden geçirir. Biçim temsili dosyada mevcut değilse, dosyanın unsurları çıkarmak için esas olan topoloji bilgisine sahip olmadığını belirtir. Bu noktada dosyanın daha fazla işlenemeyeceğini kullanıcıya bildirerek unsur çıkarma işlemini durdurur. Öte yandan, eğer dosyada bir ABSR öğesi mevcut ise unsurlar dosyada verilen topoloji bilgisinden çıkarılır. Bu çalışmada çıkarılan unsur tipleri boşluk unsurları, iç biçim unsurları, dış biçim unsurları ve bağlantı düzenleyici unsurlardır. Boşluk unsurları katının içinde barındırılan fakat yüzeylere etkisi olmayan unsurlardır. İç biçim unsurları, delik, cep gibi bir veya daha fazla yüzeyin iç biçimini düzenleyen unsurlardır. Dış biçim unsurları ise kanal, fatura ve dış cep gibi katının dış biçimini düzenleyen unsurlardır. Bağlantı düzenleyici unsurları ise pah ve köşe yuvarlatmaları gibi parçanın çeşitli yüzlerinin bağlanma şekillerini düzenlerler. Algoritma sırası ile önce boşluk unsurlarını sonra iç biçim unsurlarını sonra da dış biçim unsurlarını en son ise bağlantı düzenleyici unsurları çıkarır. Son olarak bu unsurların geometrisi ve topolojisi ayrı AP 224 öğelerine dönüştürülerek çıktı STEP dosyası türetilmiştir.

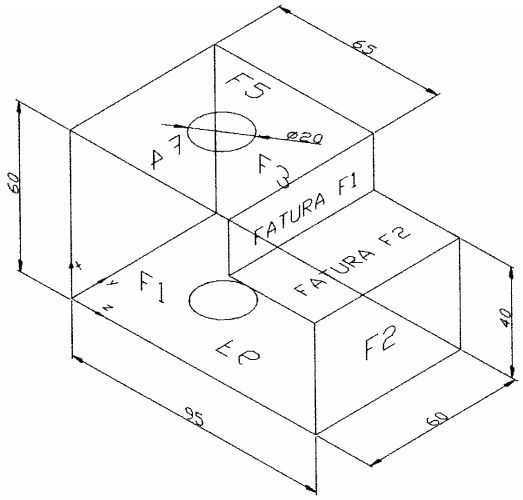
Gülesin ve Jones (32) veritabanındaki bitmiş, orta düzey ve ham parçaları temsil etmek için yüz tabanlı komşu grafiği (FONG-Face Oriented Neighbouring Graph) olarak adlandırılan bir parça modeli temsil şeması geliştirmişlerdir. STEP dosyası kullanarak yüz ve unsurlar tayin edilmiş ve yüzler arasındaki açılar hesaplanmıştır. Aynı zamanda, yüzler arasındaki komşuluk, içbükeylik ve dışbükeylik ilişkileri saptanarak parça modeli kısa ve özlü bir şekilde temsil edilmiştir. Parça ilk önce birtakım yüzler olarak tanımlanmıştır.

Parça = {Yüzlerin seti}

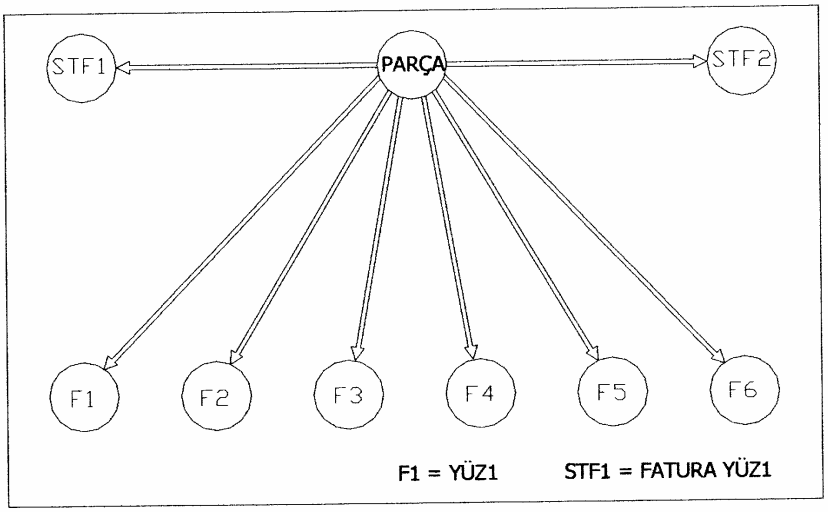
Her yüz ise aşağıdaki gibi temsil edilmiştir.

Yüz = {Yüzler, unsurlar, dir, kenar halkası}

Burada yüzler, yüz için komşu yüzlerdir. Unsurlar yüzdeki alt unsurlardır, dir, yüzün yönünü ifade eder ve kenar halkası ise yüzün kenarları ve köşe noktalarının listesidir. Her bir yüz, açı ve içbükeylik-dışbükeylik ilişkisi olmak üzere iki niteliğe sahip olan bir ortak kenarı paylaşan komşu yüzlere bağlanmaktadır. Eğer yüzler dışbükey bir açıyı biçimlendiriyorsa, yayın niteliği pozitif ve eğer içbükey bir açıyı biçimlendiriyorsa, yay niteliği negatif olarak atanır. Örneğin, Şekil 2.3'deki örnek parça önce birtakım yüzler olarak temsil edilmiştir (Şekil 2.4). Daha sonra, her bir yüz için komşu yüzler, yüz ve komşu yüzler arasındaki açılar ve içbükeylik-dışbükeylik ilişkileri, yön, noktalarının koordinatları ile kenar listesi ve alt unsurlar tayin edilmiş ve temsil edilmiştir.

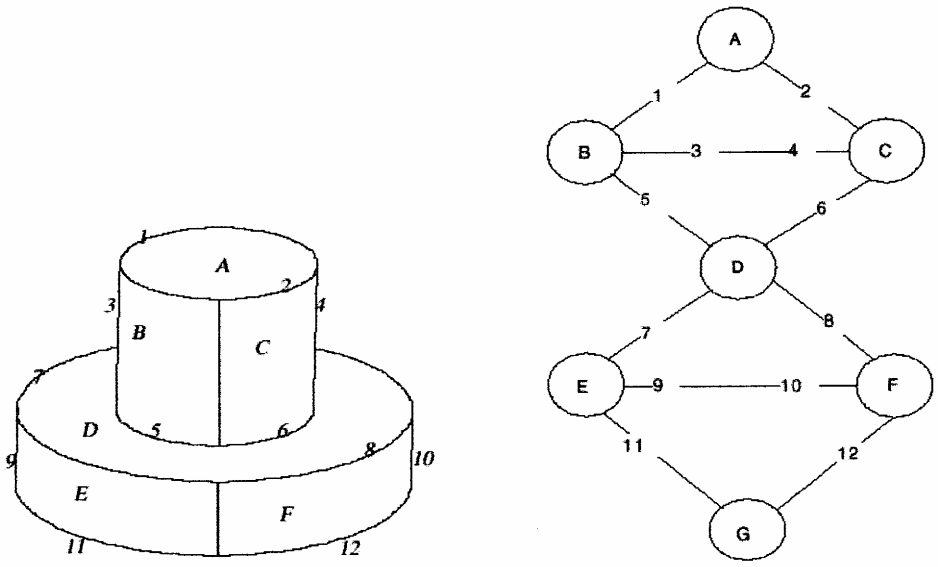


Şekil 2.3. FONG için örnek parça



Şekil 2.4. FONG'da parça temsili

El-Mehalawi ve Miller (33) veritabanındaki BDT modeli için bir temsili şema geliştirmişlerdir. Parçalar, parçanın yüzlerini karşılayan düğümler ve parçanın kenarlarını karşılayan zincirleri içeren nitelikli grafikler kullanılarak temsil edilmiştir. Parça yüzeyleri STEP dosyasında açıkça verilmiştir. Yüzey tipi, normal yönü gibi yüzey nitelikleri düğümlere ve kenar tipi, iki bağlanmış düğüm, kenar uzunluğu ve iki düğüm arasındaki nispi yön gibi kenar nitelikleri zincirlere iliştirilmiştir. Grafik, bir veri dönüşüm formatı olan parçanın STEP fiziksel dosyası yardımıyla hazırlanmaktadır. Hangi BDT sistemi olursa olsun her bir parça için bir tane STEP dosyası olmalıdır. Bir parçanın grafiğini oluşturmak için işlemler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, Pro-Engineer ve Solidworks gibi bir BDT sisteminde BDT modeli oluşturulmuş ve BDT modeli STEP parça 21 formatına dönüştürülmüştür. İkinci aşamada ise STEP bilgisi temsil tabanlı nitelikli grafiklerine haritalanmıştır. Grafik ve nitelikleri, yüzey ve eğri tipi gibi herhangi bir koordinat sistemine bağlı olmayan bazı geometrik bilgiler ile birlikte tamamen parçanın topolojisini tanımlamaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Örnek parça ve nitelikli grafiği

El-Mehalawi ve Miller (34) çalışmalarının ikinci bölümünde mekanik parçaların veritabanındaki benzer tasarımlarını tekrar gözden geçirme ve eşleştirme için bir yaklaşım sunmuşlardır. Gözden geçirme ve eşleştirme işlemleri mekanik parçalar

arasındaki geometrik ve topolojik benzerlik üzerine dayandırılmıştır. Bu işlemler beş aşamada gerçekleştirilmiştir.

- Pro-Engineer ve Solidworks gibi bir BDT sisteminde BDT modeli oluşturulmuş ve BDT modeli STEP parça 21 formatına dönüştürülmüştür.
- STEP bilgisi temsil tabanlı bir nitelikli grafiğe haritalanmıştır.
- Düzlemsel yüzeyleri temsil eden düğümlerin sayısı ve düğümlerin sayısı gibi çıkarılan unsurlara dayalı veritabanındaki grafikler indekslenmiştir.
- Çıkarılan unsurları kullanarak yumuşak sınırlamalara dayalı yeni parça grafiğine benzer veritabanında birtakım grafikler gözden geçirilmiştir.
- Düğüm ve kenar niteliklerine dayalı bir takım kati sınırlamalar kullanarak aday setteki her bir grafik ile yeni parçanın grafiği eşleştirilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümü son üç aşama üzerinde durmuştur. Biçim tabanlı mekanik parçaları tekrar gözden geçirme ve eşleştirmenin maliyet hesaplama ve işlem planlama gibi bir çok uygulama alanları vardır. Benzer parçaları eşleştirme ve bu parçalar için bir benzerlik indeksi hesaplamanın ise üretim değerlendirmesi, muhakeme esaslı tasarım, robotik ve bilgisayar bütünleşikli üretimde uygulamaları vardır. Parça biçimi tabanlı mekanik parçaların veritabanı sistemi bütün bu uygulamalarda hizmet verir, iki grafik (parça) arasındaki benzerlik faktörü veya indeksi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$S = \frac{2N_S}{N_0 + N_J} \quad \frac{E_1}{E_2}$$

Burada N_S düğüm çiftlerinin sayısıdır. N_0 yeni tasarımın grafiğindeki düğümlerin sayısıdır. N_J mukayese için aday grafikteki düğümlerin sayısıdır. E_1 uygun düğümlere bağlanan uygun kenarların sayısıdır. E_2 uygun düğümlere bağlanan kenarların toplam sayısıdır. Burada belirtilen benzerlik faktörü iki grafikte benzer

olarak bulunan düğüm çiftlerinin sayısına dayandırılmıştır. Bu, her iki grafikteki düğümlerin sayısı ile eşleştirilen çiftlerin sayısı arasındaki oranı yansıtmaktadır.

Candadai, vd. (35) tasarım indeksleme ve gözden geçirme, değişken tasarım, değişken işlem planlama ve tasarım tenkitini içeren dağıtımlı üretimin önemli aktivitelerini desteklemek için grup teknolojisinin (GT) sistematik kullanımını tartışmışlardır. Çalışmada dağıtımlı üretim için tasarım gözden geçirmeyi desteklemek için mekanik ve elektro-mekanik mamul tasarımlarının tam ve anlamlı temsilinde STEP kaynaklarını kullanarak entegre bir nesne tabanlı grup teknolojisi (OOGT-Object Oriented Group Technology) modeli geliştirmişlerdir. Model STEP'in geometrik ve topolojik temsillerini ve STEP' in biçim unsurlarını kullanmaktadır. Entegre model, mamul alt tabakası biçiminin tam bir sınır temsilini ve mikro dalga modülün elektronik kısmının bir tanımını ihtiva etmektedir.

Dereli ve Filiz (36) 3 boyutlu parçalar üzerindeki unsurları tanımak için bir unsur tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Sistemin önemli karakteristiklerinden iki tanesi, parçanın bitişiklik ilişkileri tabanlı olması ve girdi olarak modelin STEP bilgisini kullanmasıdır. Sistem prizmatik parçalar için optimize edilmiş işlem planlama sistemi olarak adlandırılan bir işlem planlama sistemine entegre edilmiştir. Başlama düzeyi çoğunlukla tasarım aşamasıdır. Bir BDT platformunda (Pro-Engineer) parça modellendikten ve parçanın STEP bilgisi elde edildikten sonra işleme unsurları tanınmaktadır. Sisteme girdi, katı modelleme sisteminde modellenen parça için oluşturulan STEP dosyasını son işleme ile çıkarılan B-rep veri dosyasıdır. B-rep dosyası prizmatik parçanın bütün bilgilerini (koordinatlar, yüz numaraları, köşe noktası numaraları gibi) içermektedir. Bu dosyayı kullanarak sistem her bir yüzün yönelimini tayin eder. Parçanın bitişik yüzleri arasındaki ilişkiler bulunmakta ve bu ilişkiler bir ilişki matrisi içinde saklanmaktadır. Bu matrisin elemanların izleyerek unsurlar önce çıkarılmakta ve sonra bu unsurlar veritabanında mevcut olan unsur tipleri ile karşılaştırılarak unsurlar tanınmaktadır. Unsur çıkarma için bu çalışmada kullanılan metot birincil olarak içbükeylik tabanlıdır. Metot kenarların içbükey ayrıştırılması prensibini benimsemiştir.

Artışlı unsur çıkarma tabanlı yaklaşımlar

Lee ve Kim (37-38) bir unsur tabanlı tasarım modelinden işleme unsurlarının alternatif çözümlemelerini türetmek için unsur tabanlı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirilen yaklaşım unsur tabanlı modelleme ve işleme unsuru çıkarma prosedürleri esnasında elde edilen tasarım unsur bilgisi, nominal geometri ve fonksiyon gerekleri gibi unsur üzerindeki bilgiyi kullanarak alternatif işleme unsurlarını türetme işlemini basitleştirmektedir. İşleme unsurları, parçanın unsur tabanlı tasarımı esnasında artışlı olarak çıkarılmaktadır. Unsur dönüşüm işlemi, geometri ve unsurdaki bilgiyi kullanarak her bir tasarım unsurunu bir işleme unsuruna veya bir takım işleme unsurlarına dönüştürmektedir. Tekrar yönelim, azaltma, ve/veya ayırma operasyonları kullanarak alternatif modeller çıkarılan işleme unsurlarından türetilmektedir. Her bir operasyonun gerçekleştirilmesi esnasında arzu edilmeyen modeller erişebilirlik yönlerinin sayısını minimize etme gibi kriterler kullanarak elimine edilmiştir. İşleme unsurları ve öncelik ilişkileri veri dönüşüm amaçlı olarak STEP tabanlı bir işleme unsur grafiğinde temsil edilmiştir. Bu çalışmada ele alınan işleme unsurları 3 eksen frezeleme operasyonları ile sınırlandırılmıştır.

Sandiford ve Hinduja (39) katı bir nesnenin 3B' lu sınır temsilinde bulunan topoloji ve geometriyi kullanarak unsurların tanınması için bir algoritma sunmuşlardır. Yüzlerin, kenarların ve köşe noktalarının içbükeyliği unsurlar ve unsurlar arasındaki etkileşimleri algılamak için kullanılmıştır. İçbükeylik metodu kullanıldığından bu unsur tanıma sisteminde dışbükey köşe yuvarlatmaları ve pahlar tanınamamaktadır. Unsur tanıma algoritması dört aşamada gerçekleştirilmektedir. Unsur algılama aşamasında parçanın topoloji ve geometrisinin içbükey yapısını kullanan içbükeylik metodu vasıtasıyla unsura ait olan yüzler teşhis edilmektedir. İkinci aşamada gerçek parçanın topoloji ve geometrisi kullanılarak unsur hacmi yapılandırmaktadır. Unsur doğrulama aşaması, ham parça ile karşılaştırma ve gerektiğinde düzeltme aşamasıdır. Son aşamada ise unsur, iş parçası ile birleştirilir ve bu işlem yeni güncel orta düzey bir iş parçası için tekrarlanmaktadır.

Xu ve Hinduja (40) algoritmalarında orta düzey bir iş parçasındaki unsurları tanımak için iki metot kullanmışlardır. İlk metot, denkliğin üç fiziksel durumu (sabit, nötr ve değişken) tabanlı olduğundan denklik metodu olarak isimlendirilmiştir. Bu metot iç halkalardan meydana gelen unsurları tanımaktadır. Böyle dışbükey bir iç halkanın varlığı bir unsurun varlığının göstergesidir. İkinci metot, içbükeylîk metodu ise topolojik öğelerin içbükeylik özellikleri tabanlıdır ve iş parçası üzerindeki yüzey unsurlarını algılar. İş parçası üzerindeki yüzey kenarlarından biri içbükey ise bir yüzey unsurunun varlığını gösterir. Unsur tanıma sistemi beş aşamadan ibarettir. İlk aşamada, sistem unsuru oluşturan yüzleri tanımlar. İkinci aşamada, uygun unsur hacmi yapılandırılır. Bu aşama unsur geçerliliğini kontrol eden ve gerektiğinde düzelten unsur muayene ile sürdürülür. Sonra iş parçası güncelleme olarak ifade edilen orta düzey biçimi elde etmek için unsur hacmi iş parçasına yapıştırılır. Son olarak, her bir unsur kontrol edilir ve unsurlar bir unsur sınıflandırma formatına göre sınıflandırılır.

2.1.3. Bu alanda yapılan diğer çalışmalar

Wong ve Leung (41) çoklu uygulamaları ve unsur tabanlı tasarımı entegre etmek için prototip bir unsur dönüşüm sistemi geliştirmişlerdir. Prototip sistemde unsurlar nötr ve uygulama unsurları olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır. Nötr unsurlar herhangi bir uygulamadan bağımsız unsurlar olarak tanımlanmıştır. Sistem, tasarım, işleme ve operasyon planlamayı desteklediğinden, uygulama unsurları, unsur tabanlı tasarım unsurları, işleme unsurları ve operasyon planlama unsurları olmak üzere üç tip olarak düşünülmüştür. Nötr unsurların kullanımı, tasarım işlemi ve yukarıda belirtilen uygulamalar arasındaki unsur dönüşümüne müsaade etmektedir. Bütün uygulamaların unsurları nötr unsurlardan dönüştürülebilmektedir. Yani, farklı uygulamalar arasındaki unsur dönüşümü bu dolaylı dönüşüm sistemi sayesinde başarılabilmektedir. Prototip sistemdeki unsur dönüşümü kural tabanlı uzman sistem yaklaşımı ile gerçekleştirilmektedir. Kurallar uygulama unsurlarının temsilleri ile nötr unsur modelleri arasındaki eşleşme için tanımlanmıştır. Çalışma sadece kutu biçimli unsurların dönüşümü üzerine odaklanmıştır.

Kruth, vd. (42) CAD PPI (CAD Process Planning Interface-BDT İşlem Planlama Arabirimi) ismini verdikleri çalışmada tel kafes ve unsur tabanlı BDT sistemlerinden kullanıcı tanımlı üretim unsur bilgisini tanımlamak ve çıkarmak için bir metot geliştirmişlerdir. CAD PPI' ın amacı yarı otomatik (kullanıcı etkileşimli) olarak iş parçasının bütün geometrik ve teknolojik verisini (iş parçası parametreleri, unsur parametreleri, unsur ilişkileri) tanımlamak ve işlem planlayıcıya veya işlem planlama modüllerine bu bilgiyi uygun hale getirmektir. CAD PPI üç katmandan meydana gelmiştir. Birinci katman NI'dır (Neutral Interface-Nötr Arabirim). Bu katman diğer BDT sistemleri ile veri transferine izin vermektedir. İkinci katman jenerik unsur çıkarma katmanıdır. Bu katman birtakım jenerik unsurlar için unsur parametre değerlerinin çıkarılmasına müsaade eder. Son katman ise kullanıcı tanımlı unsur katmanıdır. Bu katman kullanıcı tanımlı unsurlar üzerindeki jenerik unsurları haritalar ve ikinci katmanda toplanılan jenerik unsur parametrelerinden kullanıcı tanımlı unsur parametrelerini tayin eder. CAD PPI' ın son amacı, BDT çizimi üzerindeki uygun olan veriden tam bir parça tanımı oluşturmaktadır. Unsur tabanlı işlem planlama sistemleri için girdi olarak hizmet veren bu dosya üç parçadan ibarettir; genel iş parçası bilgisi, unsur bilgisi ve unsur ilişki bilgisi. Geliştirilen bu yazılım modülü ölçüleri, şekil ve konum toleranslarını analiz ederek teknolojik unsur bilgisini çıkardığı gibi geometrik unsur bilgisini de çıkarma yeteneğine sahiptir.

Kuo'nun "Tel kafes modellerden kuadrik yüzeylerin otomatik çıkarımı" (43) isimli çalışmasında geliştirdiği minimum iç açı algoritması (MIA-Minimum Internal Angle Algorithm) bir tel kafes modeldeki bütün kuadrik yüzeyleri etkin bir şekilde çıkarmaktadır. Sisteme girdi olarak kabul edilen tel kafes model yüzey bilgisi olmayan 3 boyutlu kenarların koleksiyonudur ve bu model hiç iç köşe noktası içermemektedir. MIA algoritmasında önce başlangıç işaret köşe noktası olarak henüz işlenmemiş olan bir dışbükey kabuk köşe noktası seçilir. Sonra daha önce eşleşmeyen ve seçilen köşe noktasına bitişik olan kenar çifti ve yüzey denklemini tanımlamak için minimum dönme açılı bir kenar seçilir. Tekrar kenar çiftindeki uygun kenara dönüldüğünde, bir yüz halkası bulunur. Algoritma daima minimum iç açılı kenarı seçer. Bundan dolayı, bir yüz halkasını izlemenin hesapsal karmaşıklığı yüz halkasındaki köşe noktalarının sayısına ve her bir köşe noktasının kenar derecesine bağlıdır. Bir tel kafes modeldeki bütün yüzleri izlemek için her aday köşe

noktasına bitişik olan her bir kenar çifti kontrol edilmelidir. Algoritma çıktı olarak tel kafesteki nokta, kenar ve yüz halkalarının sayısını ve tipini verir.

Zhu ve Meng (44) köşe yuvarlatma/yuvarlatmaları otomatik önleme ile 3 boyutlu modelleri basitleştirmek için bir yaklaşım sunmuşlardır. Önce iz yüzlerinin tanımlanmasını kolaylaştırmak için kullanılan çift niteliğe dayanarak bütün topolojik öğelerin (yüzler, kenarlar ve noktalar) dışbükeyliği (dışbükey, içbükey, pürüzsüz) ve sonrada orijinal B-rep modelindeki köşe yuvarlatma/yuvarlatmalar tanımlanmaktadır. Bu iki aşamadan sonra önleme işlemi, köşe yuvarlatma/yuvarlatmalar ile ilişkili bütün topolojik öğeler temizlenerek ve basitleştirilen B-rep modelinin geometrik ve topolojik uyumunu sağlamak için artıştı bir birleştirme işlemiyle önlemeden dolayı oluşan boşluklar doldurularak gerçekleştirilmiştir. Artışlı birleştirme işleminde karışan nitelikler tekrar dönüşümü sağlamak için önlenen iz yüzlere uygun yeni oluşturulan kenarlara iliştirilmiştir. Birleştirme işleminin sonunda bütün iliştirilen çift nitelikler topolojik öğelerden kaldırılmış ve elde edilen B-rep modeli unsur tanıma için girdi model olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Meeran ve Zulkifli (45) ortogonal olmayan unsurlar ile ilgili yapay sinir ağları tabanlı bir unsur tanıma sistemi sunmuşlardır. Sistem, katı modelin B-rep verisini girer ve kesitsel katman metodu kullanarak unsur hacimleri için bir araştırma yapar. Etkileşen unsurlara ilişkin hacimler "kesitler ve noktalar" ve "katı ve kesik çizgileri" in düzenini kullanarak kenarlar ve noktaların 2B' lu modellerine dönüştürülürler. Bu unsur modelleri çok katmanlı pozitif reaksiyon yapay sinir ağları ile tanıma için daha sonra girdi matrislerine dönüştürülürler.

Chep, vd. (46) yüksek bir parça temsil düzeyi elde etmek ve bilgisayar destekli işlem planlama (BDİP) sistemine hiyerarşik veri setlerini aktarmak için uygulanan nesne tabanlı analiz faaliyetlerini tanımlamışlardır. Nesne tabanlı modelleme faaliyetleri, sistemde saklanan tüm bilginin ölçülü spesifikasyonuna izin veren nesne tabanlı sistem analizi (OOSA-Object Oriented System Analysis) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu metot tarafından kullanılan bütün modeller nesne tabanlı veritabanının nasıl tanımlandığını ve üretken bir BDİP sistemi tarafından nasıl

kullanılabildiğini göstermek için detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Önerilen unsur modeli, BDT modelinden çıkarılabilen ve tanınabilen bütün parça bilgisini hesaba katarak tanımlanmıştır. Sonuç, 3B' lu iş parçalarının işleme operasyon sıralarını tanımlamak için üretim unsurlarını kullanacak BDİP sistemlerine müsaade eden bir nesne tabanlı veritabanının tasarımıdır. Bir nesne tabanlı veritabanının tanımlanması üretim unsurlarını tanımlamada zorunlu bir aşamadır. Önerilen yaklaşım BDT sisteminden tanınabilen ve teşhis edilebilen geometrik formları entegre etmek için yeterince geniş kapsamlıdır. Çalışmada delik geometrisi nesne tabanlı analiz aşaması ile işleme çevrimlerini türetmek için kullanılan uzman sistemlerdeki bilgi temsili aşaması arasındaki bağı göstermek için örnek alınmıştır. BDT modeli BDİP sisteminde açıkça ve kesin olarak kapsanan veri arasındaki arabirim dört modülden oluşan bir bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir. Birinci modül, BDT modelinden unsurları çıkarmakta. İkinci ve üçüncü modül, biçim ve hassas unsurları tanımakta ve son modül ise nesne tabanlı programlama kısmına sonuçların gönderilmesine müsaade etmektedir.

Çağdaş BDT sistemlerinin temsilleri BDT sistemi tasarım çalışmasında kullanılan nesnelerin malzemeleri hususunda herhangi bir bilgi sağlamamaktadır. Bu bilgi genellikle üretim mühendisleri tarafından bilgisayar destekli üretim safhasında sağlanmaktadır. Üretilecek çok malzemeli nesnelere müsaade eden hızlı modelleme (RP-Rapid Prototyping) tekniklerin geliştirilmesiyle, bu düzenleme yetersiz kalmıştır. Chiu ve Tan (47) bu eksikliğin giderilmesi amacıyla bir BDT sistemindeki çok malzemeli nesnelerin temsili için bir şema sunmuşlardır. Bu temsil şeması katının geometrik ve topolojik bilgisinin yanı sıra katının malzeme bilgisini de içermektedir. Nesnenin malzeme ağacı BDT sisteminin veri yapısında inşa edilmiştir. Bu malzeme ağacından bilgi çıkarılarak ve RP makinelerine STL dosya formatının düzenlenmiş versiyonu olarak aktarılarak çok malzemeli nesneler RP makinelerinde imal edilebilmektedir.

Kayacan, vd. (48) bilgisayar destekli tasarım (BDT) ve bilgisayar destekli üretim (BDÜ) arasındaki bağlantıyı sağlayan bilgisayar destekli işlem planlamasının temel taşını oluşturan eğik prizmatik parçaların unsur tanıma işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Geliştirilen Taban- Yüzey-İlişki (TYİ) bilgi tabanı ve birim vektör yöntemi ile eğik prizmatik parçaların işlem planlamasında kullanılacak bütün bilgileri sistematik olarak elde edilmiştir. İmalatı düşünülen parça üzerinde bulunan yüzeylerden herhangi birinin tanıtılacak parçaya referans olabilecek yüzeylerin koordinat sistemi üzerindeki düzlemi belirlenir. Bu düzlem üzerindeki en küçük *x, y, z* değerlerinden başlayarak büyüğe doğru yüzeylerin komşuluk değerlerinden de faydalanılarak bütün yüzeyler tespit edilmiştir. Tespit edilen yüzeylerden unsurun tipine uyabilecek ve bulunduğu koordinat düzlemine taban yüzey olabilecek yüzeyler her unsur için ayrı ayrı tespit edilir. Taban referans yüzeyi belirlendikten sonra yüzeyler arası komşuluk ilişkisi, yüzeylerin vektörel olarak yönü ve taban referans yüzeyinin koordinat düzlemi ayrı ayrı belirlenmiştir. Unsurları tanıtabilmek için parçayı oluşturulan yüzeylerin tek tek köşe noktaları, kenarları ve yüzeyin vektörel yönü tanımlanmaktadır. Daha sonra unsurlar hakkında elde edilen bilgiler bir sonuç tablosunda temsil edilmektedir.

Başak (49-50) prizmatik parçalar için geliştirilen bir unsur tabanlı parametrik tasarım programında üretim unsurlarının uygulanacağı prizmatik parçaya ait yüzey ve kenar bilgilerinin çıkarılması ve üretim unsurlarının tanımlanması içîn bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma ile unsur tabanlı bir sistem geliştirilerek unsur bilgileri hazır olarak veri tabanında saklanabilmektedir. AutoCAD ortamında bir unsur oluşturmak için ilkel geometrik elemanların boyutlandırılıp bir araya getirilmesi veya birbirinden çıkarılması gerekmektedir. Bu ise modelleme işleminin uzamasına neden olmaktadır. Geliştirilen sistem AutoCAD programına eklenerek unsurlar daha kolay ve hızlı modellenebilmektedir. Unsur tabanlı parametrik tasarım programında unsurların prizmatik parçanın yüzeylerine uygulanabilmesi için öncelikle uygulanacak yüzey ve kenarların seçilmesi gerekmektedir. Seçilen bu yüzey ve kenarların uygulama esnasında birtakım bilgilerinin elde edilmesi gerekmektedir. AutoLISP programlama dili ile beraber API (Application Programming Interface) fonksiyonları AutoCAD çalışırken katı veya bölge bilgilerini elde etmek için kullanılmıştır.

Zhang, vd. (51) serbest biçimli yüzey işlemenin işlem planlamasını otomatikleştirmek için yüzey tabanlı bir unsur tanıma yaklaşımı sunmuşlardır. Yaklaşım geometrik unsurların tanınması için ardışık dört aşamadan ibarettir: yüzey geometrik verisinin dönüşümü ve ön işlemi, NURBS yüzeyin alt bölümlere ayrılması, yüzey yönelim alanlarının yapılandırılması ve geometrik unsurların tanınması. Sunulan şema, girdi geometri verisinin IGES BDT modeli tabanlı olduğunu ve yüzey modelinin budanmış NURBS yüzeyleri formunda olduğunu varsayar. Mamul yüzeylerinin bağlanma ilişkileri analiz edilmiş ve her bir yüzey belirli bir nokta yoğunluk ızgarası üzerinde yüzey normal vektörü tabanlı yönelim bölgelerine alt bölümlenmiştir ve sonra aynı yönelimli tüm bağlanmış tüm bölgeler yüzey yönelim alanları olarak gruplandırılmıştır. Sonunda, geometrik unsurlar, alan bağlanabilirliği ve ilişkilerinin analizi vasıtasıyla tanınmıştır. Yaklaşımın sınırlaması parça yönelimine bağlı olmasıdır.

2.2. Montaj ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde montaj ile ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmını montaj planlama çalışmaları oluşturmaktadır. Montaj planlama ile montajı yapılacak mamuldeki parçalar için tüm muhtemel montaj sıralarının ve bu muhtemel montaj sıraları içerisinden de optimum montaj sırasının tespiti gerçekleştirilmektedir. Optimum montaj sırası kullanılarak montaj hattının tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı, montaj planlama montaj çalışmaları içinde önemli bir yer tutmaktadır. Aşağıda montaj planlama yaklaşımları sınıflandırılarak günümüze kadar yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2.2.1. Grafik tabanlı yaklaşımlar

Arieh ve Kramer (52) alt montaj operasyonlarının farklı kombinasyonlarını dikkate alarak muhtemel tüm montaj sıralarını türetmek için bir metodoloji sunmuşlardır. Bu metodoloji montaj analizinin iki aşamasından ibarettir. İlk aşamada parçanın muhtemel tüm montaj sıraları türetilmiştir. Bu sıralar doğrudan montaj operasyonlarının muhtemel kombinasyonlarını karşılamakta ve montajın iç veya dış

tipi olup olmadığını tanımlamaktadır. Bu aşamaya girdi parçaların listesi, her bir parçanın temas listesi ve öncelik ilişkilerinin listesidir. İkinci aşamada girdi olarak birinci aşamadan elde edilen montaj sıraları kullanılarak muhtemel tüm alt montaj kombinasyonları türetilmektedir. Çok sayıdaki muhtemel kombinasyonlara rağmen verilen bir mamul montajı için bunların sadece bir kısmı uygulanabilirdir. Muhtemel kombinasyonlar temas sınırlamaları, öncelik sınırlamaları ve teknolojik sınırlamaları karşılamak zorundadır. Bu sınırlamalar muhtemel işlem planlarının sayısını mantıklı bir sayıya düşürmektedir.

Rampersad (53) "İntegral montaj modeli" isimli çalışmasında mamul, işlem ve sistem tasarımı arasındaki etkileşimi daha iyi anlayabilmek için bir integral montaj modeli geliştirmiştir. Bu modelin objektifi kontrol edilebilir tasarım işlemini ve yüksek tasarım kalitesini gerçekleştirmektir. İntegral montaj modelindeki etkileşim mamul, montaj işlemi ve montaj sistemi arasında tanımlanmıştır. Montaj işleminin özellikleri hem mamul hem de montaj sisteminin özelliklerinin bir fonksiyonu olarak kabul edilmiştir.

< montaj işlemi> =f(<mamul>, <montaj sistemi>)

Bununla birlikte, montaj sisteminin fonksiyonu, ortamın ihtiyaç duyduğu mamullerin montajını yapmaktır. Bu fonksiyon sadece işlem kontrol edilebilir bir şekilde yürütülebilirse gerçekleştirilebilir. Bunu başarmak için mamul ve montaj sisteminin belirli şartları karşılaması önemlidir. *f* fonksiyonu işlem özellikleri ve mamul ve sistem özellikleri arasındaki ilişkileri tayin etmektedir. Bu fonksiyon böylece montaj işleminin karmaşıklığını tanımlamaktadır. İntegral montaj modeli çeşitli montaj değişkenleri arasındaki kompleks ilişkileri daha iyi anlamayı sağlamaktadır. Bu model tasarım ve montaj sistemlerinin analizinin yanı sıra mamul geliştirme ve işlem planlama için bir referans model olarak düşünülmüştür. Bu hiyerarşik model veritabanının çeşitli montaj ve üretim tabanlı tasarım problemlerini çözmede kullanılabilmesi için sistematik ve planlı bir şekilde mamul, işlem ve sistem verisini depolamak için bir fırsat sağlamıştır.

Seow ve Devanathan (54-55) mekanik montaj sıralarını modellemek, tayin etmek ve analiz etmek için geçici bir mantık çatısı sunmuşlardır. Sunulan mantık çatısı montaj sıralarının karşılandığı bütün sınırlamaları veya şartları temsil ve analiz etmek için kullanılan bir ifade dilidir. P, U, □ ve ◊ operatörleri ile ifade edilen öncelik bilgisinin bir sınıfının muhakemesini ve manipülasyonunu kolaylaştıran özellikler tanıtılmıştır. P ve U operatörleri bir mekanik montaj için bütün muhtemel montaj sıralarını modellemek veya kodlamak için teorik temeli oluşturmaktadır. Diğer operatörler ile zenginleştirilen geçici mantık verilen bir mekanik montajın geometrik, mekanik ve kararlılık özellikleri gibi kriterlerden ortaya çıkan montaj görevlerinin geçici sınırlamalarının temsili ve analizi için esnek bir çatı sağlamıştır.

Zha vd. (56) montaj planlarının otomatik türetimi, seçimi ve değerlendirmesi, optimizasyonu ve simülasyonu için yeni bir yaklaşım ve sistem sunmuşlardır. Bir mamul ve montajı (örneğin montaj sınırlamaları, katı model ve BDT veritabanı, heuristik kurallar) hakkındaki bilgi, hibrit bir yaklaşım ve sayısal ve sembolik temsilli bir model kullanılarak tanımlanmıştır. Bu yeni metodoloji muhtemel alt montajları muhakeme ederek ve ayrıştırarak ve bu alt montajları montaj Petri-Net modelinde temsil ederek mamulün muhtemel montaj sıralarını türetmektedir. Sonra, nitel stratejik sınırlamalar muhtemel montaj sınırlamalarını değerlendirmek için kullanılmıştır. İyi bir montaj sırasını elde etmek için montaj zamanı ve maliyeti, istasyon sayısı, operatör sayısı ve parça önceliği indeksi gibi bazı nicel kriterler optimal montaj sırasını seçmek için muhtemel tüm montaj sıralarına uygulanmıştır.

Baldwin vd. (57) muhtemel montaj sıralarını türeten ve iyi bir sırayı seçmek için tasarımcıya destekleyen bir ortamı sağlayan bir takım bilgisayar desteği geliştirmişlerdir. Çalışmada, öncelik bilgisi türetme, montaj sıralarını türetme ve sıraları düzenleme prosedürleri entegre edilmiştir. Tüm muhtemel montaj sıralarını türetme işlemi, öncelik ilişkileri olarak bütün geometrik ve mekanik montaj sınırlamalarını bulmak ve temsil etmek için kesme-seti (cut-set) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Muhtemel montaj sıraları demontaj analizi kullanılarak türetilmekte ve bu işlemler icra edilirken kullanıcı etkileşimine gidilmektedir.

Kesme-seti metodunda önce montaj hakkındaki topolojik bilgi bir irtibat diyagramı olarak girilir. Sonra tüm muhtemel alt montajlar türetilir. Bu da, tüm muhtemel parça kombinasyonlarını türeterek irtibat diyagramındaki parçaların veya düğümlerin kombinasyonu ile biçimlendirilen alt grafiğin bağlanabilirliğini test ederek gerçekleştirilmektedir. Tüm bağlanan alt grafikler muhtemel alt montajlar olarak düşünülmüştür. Sonra montaj kesme-setleri türetilmiştir. Montaj kesme-setleri bir montaj için öncelik ilişkilerini tayin etmede ihtiyaç duyulan bütün sorguları türetmek için kullanılmaktadır. Öncelik ilişkileri araştırma, bir seri sorgu araştırmalarıdır. Öncelik ilişkileri çıkarılır çıkarılmaz, bu ilişkiler bir montaj sıra diyagramına veya bir montaj sıra ağına dönüştürülmüştür. Daha sonra bir takım kriterler bu montaj sıralarına uygulanarak birkaç tane ideal montaj sırası elde edilmiştir.

Swaminathan vd. (58-59) deneyim tabanlı bir montaj planlayıcı (APE-Assembly Planner Using Experience) geliştirmişlerdir. APE ismini verdikleri çalışmalarında planlayıcı montajı halka (loops) olarak adlandırılan birtakım konfigürasyonlara ayırmıştır. Bir halka yönleri ile birlikte eşleşen parçaların bir sırasından ibarettir. APE bir montaja uygulanan öncelik sınırlamalarını kullanarak birtakım muhtemel montaj planlarını sistematik olarak geliştirmektedir. APE tarafından istihdam edilen plan temsili öncelik sınırlamalarının tüm plana kolayca uygulanabilmesine müsaade etmektedir. Sınırlamalar planlama işleminin herhangi bir aşamasında veya saklı durumların adaptasyonu esnasında uygulanabilmektedir. APE'de grafikler montajı modellemek için kullanılmaktadır. Grafikler formal, etkin ve esnek bir temsili sağlamaktadır. Montaj üç çeşit grafik ile temsil edilmiştir: bağlantı grafiği, eşleşme yönü grafiği ve engel durum grafiği. Plan, bir montaj öncelik grafiği ile temsil edilmiştir. Bu planlayıcı hem veri tabanında bulunan saklı durumların tekrar kullanımına hem de daha geniş planları biçimlendirmek için istihdam edilen parçalar arasındaki ilkel bağlantıların kullanımına müsaade ettiği için hibrit bir planlayıcıdır.

Chakrabarty ve Wolter (60) montajın parçaları arasındaki yapısal ilişkilerin hiyerarşik bir temsilini kullanarak optimum montaj sırasını planlamak için yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. HAP (Hierarchical Assembly Planner-Hiyerarşik Montaj Planlayıcı) adını verdikleri algoritmaya girdi yapılara ve alt yapılara ayrıştırılmış

montajın hiyerarşik parçalarıdır. HAP tarafından kullanılan plan temsili bütün alt montajları teşhis etmektedir. Algoritma genel yapılan inşa etmek için tercih edilen yollar hakkındaki bilgiyi içeren bir yapı kütüphanesinin varlığını varsayar ve düşük düzey yapılar için planları seçerek ve sonra daha yüksek düzey yapılar için seçilen planları birleştirerek alttan yukarı (Bottom-Up) planlama yapar. Algoritma optimum planları seçmek için değerlendirme fonksiyonları kullanmaktadır. Fakat bu fonksiyonlar planları tamamen optimize etmeye yeterli değildir.

Lin ve Chang (61) 3 boyutlu mekanik mamullerin montaj planlarının otomatik türetimi için bir metodoloji sunmuşlardır. Çalışmanın öncelikli amacı mekanik mamullerin montajını tanımlamak ve planlamak için etkin bir yol geliştirmektir. Geliştirilen metodoloji montaj tasarımı için katı modellerin oluşturulmasıyla başlamış ve eşleşme ve çarpışma bilgisi montaj katı modellerinden çıkarılmıştır. Aynı zamanda, çerçeve tabanlı bir temsil şeması montajdaki geometrik olmayan bilgiyi açıkça temsil etmek için kullanılmıştır. Montaj planlarını türetmede iki durum planlama şeması kullanılmıştır. Bu çalışmada montaj sıralarının türetimi iki aşamaya ayrılmıştır:

- Sadece geometrik sınırlamaları dikkate alan başlangıç montaj planlama,
- Geometrik olmayan sınırlamaları dikkate alan plan modifikasyonu.

Planlamanın başlangıcında montaj planları sadece mamul geometrisi tabanlı türetilmiştir. Hiyerarşik bir tarzda parça bağlanabilirlik ilişkilerini analiz eden ve ferdi parçaların çarpışmadan montajının yapılmasını temin eden üç düzey bir planlama stratejisi geliştirilmiştir. Baştaki montaj planları geometrik olmayan özelliklerden çıkarılan sıra sınırlamaları altında ikinci aşamada revize edilmiştir. Hem yüksek düzey montaj sıra bilgisi hem de düşük düzey montaj işlem detayları son montaj planlarında ihtiva edilmektedir. Bu metodoloji girdi olarak montaj tasarımını kullanır ve muhtemel tüm montaj sıralarını türetir. Bu çalışmada muhtemel tüm montaj sıralarını temsil etmek için montaj öncelik diyagramları kullanılmıştır. Diyagram parçaları temsil eden köşe noktaları ve parçalar arasındaki montaj öncelik ilişkilerini ifade eden yönlü kenarları olan bir ağaçtır.

Zorc ve Noe (62) parça spesifikasyonundan optimal montaj sıralarını çıkaran prototip bir montaj planlayıcı geliştirmişlerdir. Planlayıcıya girdi olarak kullanılan montaj temsili, montaj hareketlerinin geometrisi ile doğrudan ilişkili olan parçalar arasındaki uzaysal ilişkiler tabanlıdır. Planlama işlemi iki mantıklı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, uygulanabilirlik kriterleri kullanılarak muhtemel montaj sıraları elde edilmiştir. İkinci aşamada ise seçim kriterleri kullanılarak optimal montaj sırası elde edilmiştir. Muhtemel tüm montaj sıraları bir VE/VEYA (AND/OR) grafiğinde temsil edilmiş ve grafik, farklı bir AO* heuristik algoritması kullanılarak en iyi montaj sırası için araştırılmaktadır. Bir VE/VEYA grafiği, birbirine bağlı VEYA ve VE düğümlerinden ibarettir. VEYA düğümleri montajları, alt montajları ve parçaları temsil ederken VE düğümleri ise montaj operasyonlarını temsil etmektedir. Sistemin çıktısı, araştırma kriterlerine göre gerekli montaj hareketi tanımlı bir optimal montaj sırasıdır. Bu aşamada, araştırma kriterlerini temsil eden geometrik uygulanabilirlik ve kararlılık, uygulanabilirliği test etmek için ve paralellik ise alternatifleri değerlendirmek için kullanılmıştır.

Ko ve Lee (63) montaj için bir montaj prosedürünü otomatik türeten bir metot geliştirmişlerdir. Çalışmalarında bir montaj, montajdaki parçalar ve parçalar arasındaki ilişkiler özellikle eşleşme şartları ile tanımlanmıştır. Gerçek bir zincir bir montajdaki eşleşen parçaların herhangi bir çifti arasındaki bir öğedir ve iki parça arasındaki bütün eşleşme şartlarını taşımaktadır. Bundan dolayı bir tasarımcı bu tanım şemasında bir montajı tanımlamak için eşleşen parçalar arasında sadece eşleşme şartlarını temin etmelidir. Bu eşleşme şartları çakışma kontrolü için yeterli geometrik bilgiyi taşımaktadır. Bu çalışmada dört tip eşleşme şartı kullanılmıştır;

- Karşıtlık (against),
- Geçme (fits),
- Sıkı geçme (tight fits),
- Temas (contact).

Parçaların eşleşme şartlarından montaj prosedürü iki aşamada türetilmektedir. Birinci aşamada, eşleşme sağlanır sağlanmaz montajdaki her bir parça hiyerarşik bir ağacın

spesifik bir köşe noktasına yerleştirilir. İkinci aşamada ise çakışma kontrolü yardımıyla hiyerarşik ağaçtan bir montaj prosedürü veya öncelik grafiği türetilir.

Gupta ve Krishnan (64) mamul ailesi tabanlı montaj sırası tasarımı olarak ifade edilen parçaların ve montaj operasyonlarının genelliğinden faydalanarak montaj sırası tasarlayan bir algoritma sunmuşlardır. Mamul ailesi tabanlı montaj sıra tasarımı algoritması büyük jenerik alt montajları (MGSA-Maximally Generic SubAssembly) teşhis etmektedir. MGSA teşhis edilir edilmez tek mamul montaj sırası türetme prosedürleri parçalardan büyük jenerik alt montajlara ve MGSA' lardan bitmiş mamullere montaj adımlarının sırasını türetmek için kullanılmıştır. MGSA' ları türetmede algoritmik yaklaşımı geliştirmek için mamul ailesi bağ diyagramı (PFID-Product Family Interconnection Diagram) çoklu mamulün parça bağlantılarının müşterek temsili için ve ayrı parçalar ve montaj bağlantıları bakımından mamuller arasındaki ilişkilerden faydalanmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada jenerik alt montajlar bütün öncelik sınırlamalarını sağlayan ve alt grafikteki her bir kenarın ailedeki bütün mamuller ile etiketlendiği ve her bir düğümün bir parçayı karşıladığı PFID' ın alt grafikleri olarak düşünülmüştür.

Gu ve Yan (65) "BDT yönlü montaj sırası planlama" isimli çalışmalarında unsur tabanlı bir veritabanından montaj sıralarını otomatik türetmek için grafik tabanlı heuristik bir yaklaşım sunmuşlardır. Unsur tabanlı temsil mamul montajını modellemek için kullanılmıştır. Otomatik montaj sıra planlama sistemi herhangi bir kullanıcı müdahalesi olmadan montaj sıralarını türetmek için başlıca dört aşamayı kullanmaktadır. İlk aşamada mamul, unsur tasarım temsili tabanlı bağ grafikleri oluşturulmuştur. Muhtemel bir demontaj sırasını türetmek için planlayıcı bağ grafiklerinin irtibat ve temas ilişki grafikleri olmak üzere iki çeşidini kullanmaktadır. Bir irtibat grafiği mamuldeki tüm parçalar arasındaki bağlanma ilişkilerini ve temas ilişki grafiği ise hem geometrik hem de geometrik olmayan sınırlamaları içeren temas halindeki parçalar arasındaki yön ilişkilerini temsil etmektedir. İkinci aşamada, bağ grafikleri kullanılarak montaj alt gruplara (alt montaj) ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırmanın amacı çok parçalı mamullerin montajındaki karmaşıklığın giderilmesidir. Üçüncü aşamada, oluşturulan her bir alt grup için demontaj sırası

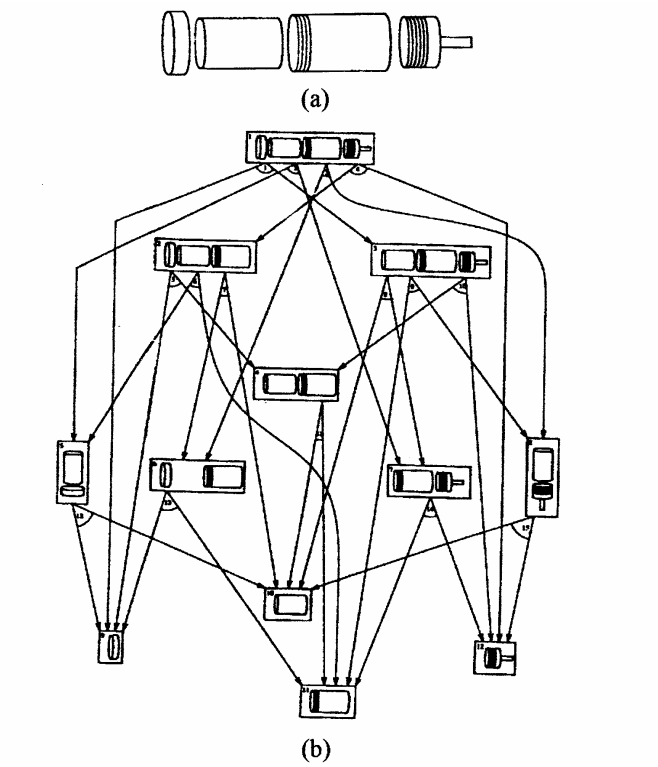
türetilmektedir. Bu aşamada, bir parçanın mamul montajından demontajı yapılırken çarpışmaya neden olmayan herhangi bir yön bulunmakta ve bu yön montaj yapısı için bir kararsızlığa neden olmuyorsa, bu parçanın demontajı yapılabilir anlamına gelmektedir. Bu mantığa göre demontaj sıraları türetilmektedir. Son aşamada ise alt grupların demontaj sıraları tam bir demontaj sırası için birleştirilmiş ve demontaj sıraları ters çevrilerek son montaj sıralarına dönüştürülmüştür.

Laperriere ve El Maraghy (66) eş zamanlı mühendislik uygulamaları için kullanılabilen montaj sıra alternatiflerini türetmek ve değerlendirmek için üretken bir montaj işlem planlayıcı (GAPP-Generative Assembly Process Planner) geliştirmişlerdir. Montajı yapılacak mamulün grafik modelinin oluşturulması ile optimal montaj sıraları tek bir işlemde otomatik olarak türetilmiş ve değerlendirilmiştir. Mamulün grafik modeli spesifik formatlı bir dosyada kullanıcı tarafından tanımlanmıştır. Kullanıcı aynı zamanda montajdaki parçalar, parçalar arasındaki ilişkiler (temas, bağlantı ve blokaj vs.) ve her bir ilişki ile belirtilen müsaade edilebilir yönleri tayin etmektedir. Bir mamulün grafik temsilinin verilmesiyle, montaj sırasının türetimi biçim olarak mamul grafik modelindeki ve alt grafiklerindeki kesme setlerini bulmaya eşdeğerdir. Grafik modelinin her bir kesme seti fiziksel durumların bir demontaj operasyonunu karşılamaktadır. Montaj sıraları montaj durumlarının yönlü bir grafiğinde temsil edilmiştir. Bu grafikteki düğümler kurulan bağlantılar bakımından mamulün çeşitli montaj durumlarıdır. Yönlü kenarlar ise demontaj operasyonlarını karşılamaktadır. Üst düğümden alt düğüme yönlü her bir yol ise bir demontaj sırasını temsil etmektedir. Çalışmada araştırma boşluğunu azaltmak için montaja geometrik uygulanabilirlik ve erişebilirlik sınırlamaları tatbik edilmiştir. Bu sınırlamalara rağmen montaj durumlarının yönlü grafiği oldukça büyük kalabilmekte ve çok sayıda muhtemel demontaj sıralarını içerebilmektedir. Bu durumda optimum demontaj sıralarını değerlendirmek için dört kriter kullanılmıştır. Bunlar:

- Montaj sırasındaki tekrar yönelmelerin sayısı,
- Montaj operasyonları arasındaki paralellik,
- Alt montajların kararlılığı,
- Benzer montaj operasyonlarının ardışık olarak toplanması.

Zhao ve Masood (67) mekanik parçaların optimal montaj sırasını türetmek için geliştirdikleri bilgisayar destekli zeki montaj işlem planlama (ICAPP-Intelligent Computer Aided Assembly Process Planning) sistemini tanıtmışlardır. Sistem, bir montaj modeli oluşturmak için bir grafik seti tekniğini istihdam etmiştir. Bu set nitelikli bir topoloji grafiği, bir bağlantı sınırlama grafiği, bir tolerans grafiği ve bir özel işlem sınırlama grafiğini içermektedir. Herhangi bir mamul için montaj sıralarının türetiminde tarif edilecek kritik problemler temel parçanın tayini, alt montajların seçimi, tüm gerekli sınırlamaların tanımlanması ve bu sınırlamaların belirlenmesini ve çözümlenmesini içermektedir. ICAPP sisteminde algoritmalar temel parçanın seçimi, alt montajların tanımlanması ve sınır değerlerinin tayini için geliştirilmiştir. Optimal montaj sırasının türetimi için mamulün VE/VEYA grafiği türetilmiş ve bu grafiğe AO* heuristik algoritması uygulanarak optimal montaj sırası bulunmuştur.

De Mello ve Sanderson'un (68) “Montaj planlarının VE/VEYA grafik temsili” isimli çalışmalarında tüm muhtemel montaj sıralarının kısa ve özlü temsili için VE/VEYA grafik temsilini kullanmışlardır. Bir VE/VEYA grafiği tüm muhtemel montaj planlarının temsilinde düğümlerin sayısını azaltmakta ve muhtemel montaj planları için araştırmayı kolaylaştırmaktadır. Bu çalışmada üç uygulama tartışılmıştır. En iyi montaj planının ön seçimi, uygulama hatalarını düzeltme ve görevlerin fırsatçı programlanması. En iyi montaj planının ön seçimi için kullanılan yaklaşım en iyi demontaj planının önseçimi için de kullanılabilmektedir. En iyi montaj planını bulmak için VE/VEYA grafiğinde yukarıdan-aşağı (top-down) araştırması yapılmaktadır. Uygulama hatalarını düzeltmek içinse alttan-yukarı (bottom-up) araştırması yapılmaktadır. VE/VEYA grafikleri düğümler ve hiper arklardan meydana gelmekte ve operasyonların ortalama sayısını azaltmaktadır. Şekil 2.6'da örnek bir parça ve bu parçanın VE/VEYA grafiği verilmiştir.



Şekil 2.6. a) Basit bir örnek parça, b) VE/VEYA grafiği

Börklü ve Sinanoğlu (69,70) grafik tabanlı metotlar kullanarak montaj sırası planlamaya etkin çözümler sağlayacak bir yöntem araştırmışlardır. Montajı oluşturan parçalar ve parçalar arasındaki ilişkiler montaj bağlantı grafiği ve montaj sıraları ise yön grafiği kullanılarak temsil edilmiştir. Her bir montaj durumu parça küme ayrışmaları ile gösterilmiştir. Montajı yapılamayacak parça alt kümeleri alt montaj, kararlılık, geometrik ve mekanik uygunluk sınırlayıcıları kullanılarak belirlenmektedir. Uygun montaj sıralarının yön grafik temsilini oluşturmada hiyerarşik seviyeler dikkate alınmıştır.

Niu vd. (71) montaj planlamada öncelik grafiklerini türetmek için hiyerarşik bir yaklaşım sunmuşlardır. Yaklaşımın temel mantığı, montajdaki tüm parçalar için yön sınırlama setlerini tanımlamak, bu setlerin öncelik ilişkilerini hiyerarşik olarak çıkarmak ve her bir katman için tüm öncelik grafiklerini elde etmek ve değerlendirmektir. Yaklaşıma girdi eşleşme ilişki grafiği (MRG-Mating Relation Graph) ve geometrik muhakeme ve bilgi vasıtasıyla MRG'den mantıksal olarak

çıkarılan hiyerarşik ilişki grafiğidir (HRG-Hierarchical Relation Graph). Montajın MRG'sine göre, revize bir algoritma yönsüz blok grafiğini (NDBG- Non Directional Blocking Graph) türetir. Aynı zamanda, montajın HRG'sini ve kayıtlı yön sınırlama setlerini kullanarak her bir katman için tüm muhtemel öncelik grafikleri başka bir algoritma tarafından türetilmiştir. Son aşamada ise tüm muhtemel grafikleri içinden belirli bir katmandaki optimal öncelik grafiği seçilmiştir.

Chen vd. (72) daha iyi bir montaj planı geliştirmede planlayıcıya yardımcı olmak için heuristik çalışma kurallı üç aşamalı entegre bir yaklaşım sunmuşlardır. İlk aşamada, üst grafik ve dönüşüm kuralları montaj modellerinin patlama grafiğini oluşturmak için kullanılmıştır. İkinci aşamada, üç düzey bir ilişki modeli tam ilişki model grafiğini ve isabet matrisini oluşturmak için geliştirilmiştir. Üçüncü aşamada ise, ceza indeksi tabanlı matematiksel model formüle edilmiş ve minimum ölçme tablo metodu muhtemel bir montaj sırasını türetmek ve değerlendirmek için kullanılmıştır. Yaklaşım gerçek bir ortamda elle veya otomatik montaja yardımcı olmak için 3 boyutlu parça modellerinin potansiyel uygulamalarında montaj için tasarımı (DFA-Design For Assembly) kolaylaştırır ve grafik tabanlı metotları kullanarak 3 boyutlu parçaların nispi konumunu, sınırlamalarını ve ilişkilerini tasarımcının tanımasına müsaade eder.

2.2.2. Unsur tabanlı yaklaşımlar

Chao ve Chen (73) montaj parçaları ile birlikte fonksiyonel bilgiyi içeren bir montaj modeli sunmuşlardır. Bir montaj diyagramı ve sınırlama tablosundan ibaret olan model, muhtemel olmayan konfigürasyonları süzmek için mamul konfigürasyon aşamasında bir doğrulama mekanizması olarak kullanılabilmektedir. Montaj diyagramı farklı parçalar arasındaki montaj ilişkilerini, sınırlama tabloları ise parçaların veri ilişkilerini temsil etmektedir. Montaj modelini kurmada aşağıdaki yaklaşımları kullanarak karmaşık mamul yapısı düzenlenmiş ve analizi basitleştirilmiştir.

- Montajı temsil etmek için bir hiyerarşik diyagram,
- Karmaşık mamul yapılarını ele almak için jenerik bir mamul yapısı ve önem ilişkisi,
- Montaj ilişkilerini basitleştirmek için parçaları sınıflandırma,
- Parçalar arasındaki ilişkileri temsil etmek için bir sınırlama tablosu.

Bu yaklaşımlar kullanılmak suretiyle montaj analiz edilerek montaj modeli kurulmuştur. Montaj diyagramında bloklar ve düğümler, parçaları ve alt montajları temsil etmek için kullanılmıştır. Zincirler ise farklı zincir tipleri ile farklı anlamlara sahip olabilen montaj ilişkilerinin varlığını temsil etmek ve blok ve düğümleri birleştirmek için kullanılmıştır. İliştirilen notasyonlar sembollerdir ve bu semboller önceden tanımlanmış bazı tablolar, matematiksel matrisler veya montaj diyagramlarında temsil edilemeyen bazı standart tanımlamaları izleyebilir. Bu semboller montaj diyagramında mevcut bir montaj ilişkisinin açıklanması ve tanımlanmasına odaklanmıştır ve montaj sınırlamalarını tanıtmada yararlıdır. Montaj modelleme işlemi, montaj diyagramı ve bu diyagrama iliştirilmiş olan notasyonları içeren montaj bilgisini zorlayan birtakım prosedürlerdir. İşlemin başlıca görevleri bir mamulü ayrıştırmak ve montaj ilişkilerini analiz etmektir.

Latombe vd. (74) toleranslı parçalardan müteşekkil mamullerin montaj sıralarını türetmek için algoritmalar geliştirmişlerdir. Bu algoritmalar uygun tolerans değerlerinin seçiminde tasarımcıları desteklemek için etkileşimli bir BDT ortamında çalıştırılmaktadır. Bu çalışma montajdaki parçaların toleranslı bir geometriye sahip olduğunu varsaymaktadır. Bunun başlıca faydası, bir mamulün tayin edilen toleranslar içinde parçaların muhtemel tüm numuneleri için mümkün olan sonsuz hareketler ile bir montaj sırasını kabul edip etmeyeceğine karar veren etkin bir prosedürün tanımlanmasıdır. Eğer mamul böyle bir sırayı kabul ederse prosedür bu sırayı türetebilmektedir. Böyle bir sıranın var olmadığı durumlarda toleranslı ölçülerin sadece bazı değerleri için mümkün olan montaj sıralarını türeten diğer bir prosedür sunulmuştur. Eğer prosedür böyle bir sırayı da türetemezse o zaman mamulün montaj edilebilir bir numunesi yoktur. Bu iki prosedür çokgen biçimli

parçalardan oluşan 2B'lu montajlar ve çok yüzlü parçalardan oluşan 3 boyutlu montajlar için tanımlanmıştır. Fakat sadece birinci prosedür uygulanabilmiştir.

Zha ve Du (75) unsur tabanlı BDT sistemi, mamul modelleme sistemi, montaj planlama sistemi ve montaj değerlendirme sistemini entegre eden bir bilgi tabanlı uzman sistem geliştirmişledir. IKAPS (Integrated Knowledge-based Assembly Planning System-Entegre Bilgi Tabanlı Montaj Planlama Sistemi) için mamul modellemenin amacı, STEP kullanarak mamul model verisini temsil etmek, yönetmek ve dönüştürmek için mekanizmalar sağlamaktır. Geliştirilen sistemin merkezi elemanı mamul modelidir. Montaj tabanlı mamul modeli, montaj tasarımı ve planlamanın ihtiyaçlarını karşılamak için çok sayıda STEP öğesi olarak tanımlanmıştır. Bir mamul veya mamulün parçaları tasarlanır tasarlanmaz, mamul verisi (örneğin, montajın hiyerarşik yapısı ve montaj ilişkileri vs.) bir unsur tabanlı BDT sisteminde türetilmektedir. Daha sonra bu veri, STEP öğelerinin numuneleri olarak mamul modelinde saklanmaktadır. Mamul modelleme sisteminin çıktısı montaj işlem planlama ve montaj edilebilirlik değerlendirmesi vs. için kullanılabilen ferdi parçalar ve montajlar veya mamul modelleridir. Sistem, aynı zamanda DXF (örneğin AutoCAD) ve STEP tabanlı modelleme sisteminden ferdi parçaların ve montajların gönderilen BDT dosyalarını kabul edebilmektedir. Unsur tanıma teknikleri kullanarak montaj editörü parçalar ve ferdi parçalar üzerindeki unsurlar arasındaki bağlayıcıları ayırabilmektedir. Montaj planlama sistemi gerekli bilgiyi bir ön işlemci vasıtasıyla mamul modelinden elde etmekte ve muhtemel tüm montaj sıralarını türetmektedir. Montaj değerlendirme sistemi ise montaj edilebilirliği ve montaj sıralarını içeren tasarım ve planlama sonuçlarını değerlendirmektedir. Bu sonuçlar, toplam montaj zamanı veya montaj değerlendirme indeksi ve montaj sıra değerlendirme indeksinin minimizasyonu bakımından değerlendirilmiştir.

Werling ve Wild (76) montaj planlama algoritmalarının gereksinimlerini karşılayan ve özellikle model tabanlı montaj planlama için faydalı olan yeni bir mamul modeli önermişlerdir. Model, iş parçalarının daha hassas ve daha esnek temsilini sağlamıştır. Model, biri nesnenin geometri ve topolojisini tanımlayan diğeri de nesnenin teknolojik özelliklerini tanımlayan iki kısımdan ibarettir. Geometrinin

hassasiyetindeki artış analitik temsilli çok yüzlü bir modeli geliştirerek başarılmıştır. Nitelik ve unsurların esnek temsili diğer planlama alanlarına nispeten modelin genelliğini artırmaktadır. Teknolojik model fiziksel niteliklerin ve biçim unsurlarının temsilini içermektedir. Bu mamul modeli ile bir nesne için uygulamaya has nitelik ve unsur setleri tanımlanabilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen veri modeli, üç farklı bakış açısından hibrittir. İlki, iki farklı biçim temsilini entegre etmiştir. İkincisi, iki farklı iç temsili kullanmış ve sonuncusu ise hem geometrik hem de teknolojik bilgiyi tek bir modelde birleştirilmiştir.

Wang ve Ozsoy (77) montaj parçaları arasındaki eşleşme ilişkilerinden tolerans zincirlerini türetmek için bir algoritma sunmuşlardır. Bir tolerans zinciri, verilen bir montajın kullanıcı tanımlı toplam ölçüsü ile ferdi ölçüler arasındaki ilişkiler olarak tanımlanmaktadır. Toplam ölçüler ise diğer ölçülerden daha fazla bir montajın fonksiyonelliğini etkileyen ölçüler olarak tanımlanmaktadır. Bu ilişkiler montaj grafiği tarafından temin edilen eşleşme ilişkilerinde saklıdır. Eşleşme grafiği montajdaki tüm parçalar arasındaki eşleşme ilişkilerinin grafiksel bir temsilidir. Eşleşme grafiğindeki her bir düğüm eşleşen bir parçayı, her bir yay ise uygun eşleşme bağlantısında tanımlanan iki eşleşen parça arasındaki eşleşme ilişkilerini temsil etmektedir. Montajın montaj grafiği araştırılarak tek bir eşleşme grafiği eşleşme bağlantılarından çıkarılmıştır. Ölçüleri ve toleransları ile birlikte tolerans zincirleri ise eşleşme grafiği baştan başa araştırılarak otomatik olarak türetilmiştir,

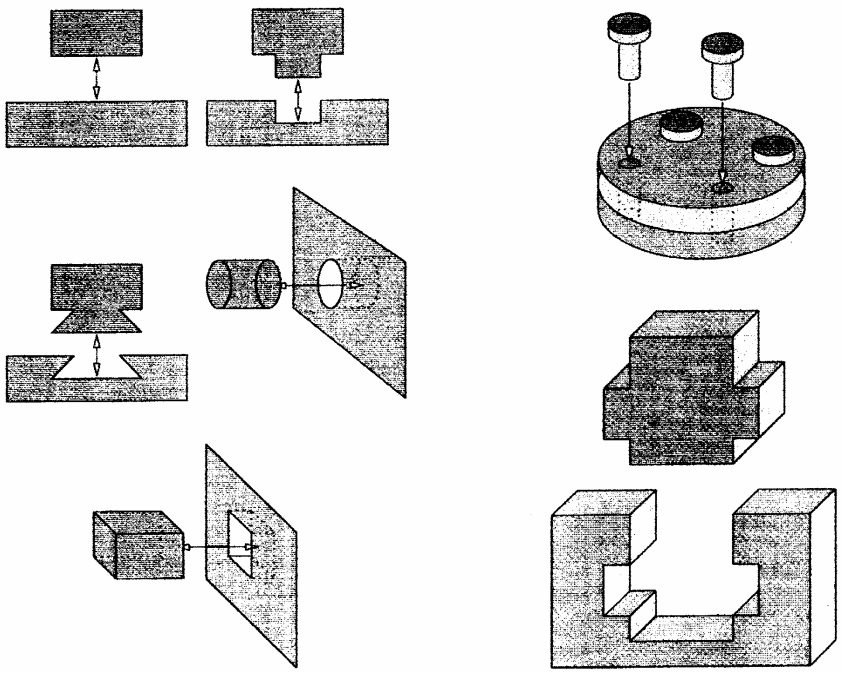
Eng vd. (78) montaj sıra planlama otomasyonu için unsur tabanlı bir model sunmuşlardır. Bir mamul için temel montaj modelleme stratejisi, bir mamulün parçalarının eşleşen unsurları tabanlıdır. Bu çalışmanın amacı BDT modeli ile bir mamulün montaj planlamasını entegre etmek, doğru ve pratik bir montaj sırası türetmek ve planlama işlemini gerçekleştirmek için bir yazılım sistemi kurmaktır. Bu çalışmada montaj planlama için demontaj yaklaşımı kullanılmıştır. İki eşleşen unsur arasındaki serbestlik derece bilgisi kinematik şartları karakterize etmek için kullanılmıştır. Parçanın tüm unsurlarındaki serbestlik derecesinin Boolean operasyonları, öncelik ilişkisini kurmak için kullanılan lokal serbestlik derecesini sağlamaktadır. Bir tasarımın farklı parçaları arasındaki ilişkiler geometrik muhakeme

ile kurulmuş ve bir unsur tanıma sistemi geometrik muhakeme işlemini kolaylaştırmak ve öncelik bilgisini desteklemek için kullanılmıştır. Öncelik bilgisini çıkarmaya ilaveten sistem modelleme işleminin başında geometrik muhakeme ile çıkarılamayan ilişkiler kullanıcı etkileşimi ile çıkarılmıştır. Global alanda gerçekleştirilen bir montaj işlemini temin etmek için sınır kutusu prosedürü global çakışmaları algılamada kullanılmıştır. Yaklaşım, planlayıcıya birçok montaj sırası sunmadan ziyade bir montaj sırasının türetimini desteklemek için bir takım kriterler kullanmıştır. Ayrıca birkaç heuristik kural araştırma işlemini kolaylaştırmak için kullanılmıştır. Çalışma, montaj işlemini modellemek için bir kinematik çift irtibat diyagramı (KPLD-Kinematic Pair Liasion Diagram) kullanmıştır. Unsur eşleşme matrisleri ise unsurları vasıtasıyla bağlanan iki parça arasındaki serbestlik derecesi sınırlamalarını temsil etmek için kullanılmıştır.

De Fazio vd. (79) montaj için unsur tabanlı tasarımın bir formunu uygulayan prototip bir yazılım sistemi tanıtmışlardır. Sistem, otomatik bir yazılım sistemi olmamakla beraber, eş zamanlı tasarımla ilgilenen tasarımcılar için bir karar ve tasarım desteği sağlamaktadır. Sistem, kullanıcının mamulün unsur düzeyli katı modelini yapılandırması ve unsur eşleşmelerini göstererek parçaların montajını yapması ile başlamaktadır. Unsur ve montaj bilgisi tüm parçalar ve bu parçaların unsurları ile hiyerarşik bir formda ve ilaveten eşleşme verisi ise bir irtibat diyagramı formunda elde edilmiştir. Sonra, kullanıcı legal montaj operasyonlarını tayin etmek ve muhtemel tüm montaj sıralarını türetmek için tasarımcı ile soru-cevap diyalogunu kullanan montaj sıra türeticisini çağırır. Sıraların tatmin edici bir seti elde edilene kadar, tasarımcı montaj durumunu, montaj etkisini, paralel operasyonlu veya bir noktada birleşen montaj hatlı ve ilaveten diğer sınırlı montaj planlarını isteğe bağlı elimine ederek sıraları düzenleyebilmektedir. Tasarımcı bu sıraları unsur bilgisini kullanan bir montaj işlem planlayıcıya transfer eder ve kullanıcı montajı planlamak için bu sıraları girdi olarak kullanmaktadır. Montaj planı, parça veya alt montaj yönelimi, boyutu, ağırlığı ve görev tipi gibi bilgiyi içermektedir. Bu bilgi montaj kaynaklarını bir araya toplayan ve gerekli üretim oranını ve yatırım hedeflerini karşılayan her bir aday sıra için en az maliyetli montaj sistemini oluşturan bir montaj

sistemi tasarım modülüne geçirilmiştir. Tasarımcı bu işlemde herhangi bir yere dönebilmekte ve orijinal tasarımda revizyonlar yapabilmektedir.

Van Holland ve Bronsvoort (80) hem ferdi parçaların hem de montajın modellenmesi ve planlanması için entegre nesne tabanlı bir mamul modeli sunmuşlardır. Mamul modelindeki spesifik montaj bilgisini temsil etmek için montaj unsurları kullanılmıştır. Bu çalışmada montaj unsurları ikiye ayrılmıştır. Birincisi parçalar arasındaki tutma bilgisini temsil eden tutma unsurları ve diğeri ise bağlantıları temsil eden bağlantı unsurlarıdır (Şekil 2.7). Bir tutma unsuru jenerik bir parça için besleme, sabitleme ve kavrama hakkındaki bilgiyi taşımaktadır. Bağlantı unsurları ise birkaç parça arasındaki spesifik bir bağlantı için montaj bilgisini taşımaktadır. Bu bilgilere dayanarak bir prototip modelleme ortamı geliştirilmiştir. Mamul modeli, analiz ve planlama modüllerinde özellikle kararlılık analizi, kavrama planlama, hareket planlama ve montaj sırası planlamada başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Montaj için unsur tabanlı mamul modelleri bir yandan ferdi parça ve montaj modellemeyi diğer yandan da modelleme ve planlamayı entegre ederek hem montaj modellemeye hem de montaj planlamaya etkin bir şekilde yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.7. Birincil ve bileşik bağlantı unsurları

Chang ve Perng (81) unsur tabanlı bir sistem için bir montajdaki parçaları otomatik konumlayan yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Sunulan yaklaşım, eşleşen unsurların ve eşleşme ilişkilerinin yüksek düzey öğelerini kullanarak herhangi bir konumdaki parçaları montaj konumuna dönüştürebilmektedir. Parça unsur bilgisi, unsur tabanlı bir tasarım sisteminden elde edilebilen unsur isimlerini ve unsur parametrelerini (referans noktaları, ölçüler, yönelimler vs.) içermektedir. Bu çalışmada unsur yönelimlerinin, global koordinat sisteminin koordinat eksenlerine dik veya paralel olduğu varsayılmaktadır. Erkek ve dişi eşleşen unsurlar kavramı iki parçanın montajını açıkça tanımlamak için kullanılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan eşleşme ilişkileri geçme, temas ve ayar olarak düşünülmüştür. Geçme eşleşme ilişkisinde eşleşen unsurların çifti aynı hacim boşluğunu paylaşırlar. Yani, erkek eşleşen unsur silindirik çıkıntı, dişi eşleşen unsur ise delik gibi düşünülebilir. Temas eşleşme ilişkisinde eşleşen unsurların çifti aynı hacim boşluğunu paylaşmazlar fakat birbirleri ile temas halindedirler. Yani iki fatura unsurunun karşılıklı eşleşmesi düşünülebilir. Ayar eşleşme ilişkisinde ise eşleşen unsurların çifti aynı hacim boşluğunu paylaşmazlar fakat birbirleri ile ayarlı bir şekilde eşleşirler. Yani iki delik unsurunun karşılıklı eşleşmesi düşünülebilir. Ayrıca çalışmada montajdaki bir nesnenin montaj yerleşimi ve yönelimine göre konumlanabileceği varsayılmaktadır. Nesnenin yerleşimi referans orijinine göre tanımlanmakta ve montaj tasarımında otomatik parça konumlama görevini basitleştirmek için her bir parçanın referans orijini unsur tabanlı tasarım sistemindeki sol alt köşeye yerleştirilmiştir. Eşleşen unsurların yönelimlerini tayin etmede dönüşüm operasyonlarını tanımlamak için sınır yüz kavramı kullanılmıştır. Parçaların ve eşleşen unsurların hacim karakteristikleri, referans orijini ve sınır yüzü otomatik parça konumlama operasyonlarını tayin etmek için kullanılmıştır.

Mascle (82) montaj için gerekli olan çeşitli aktiviteleri desteklemek için SCAP (Systeme de Caracteristiques d'Assemblage de Produits-Mamul Montaj Unsurları Sistemi) olarak adlandırılan bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem, kullanıcının katı modelleyiciden gelen geometrik temsilde açıkça sunulmayan fakat mamul modelini desteklemede faydalı olan bir takım teknolojik ve fonksiyonel unsurları çıkarmasına müsaade etmiştir. Aynı zamanda, sistem montaj işlemindeki her bir aşamada mamul

modellemeye izin vermiştir. SCAP bu iki özelliği ile diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. SCAP sisteminde tanımlanan veritabanı yapısı kullanıcının durumları mamul modeline entegre etmesine ve sistemin montaj durumu ile yapısını karşılaştırarak her bir duruma ilişkin unsurları otomatik olarak çıkarmasına müsaade eden bir sıra yapı tabanlıdır. Sistemde kullanılan nesne tabanlı yapı aynı zamanda kullanıcının çeşitli durumların yapılarını kaydetmesine ve tekrar türetmesine müsaade etmektedir. Bu çalışma çeşitli montaj aşamalarını muayene etmiştir ve her bir aşama için montaj planlayıcıyı desteklemek amacıyla sistem tarafından türetilmesi zorunlu olan unsurların tipini tayin etmiştir. Önceden bahsedildiği gibi katı modelleyici tarafından doğrudan desteklenmeyen geometrik olmayan unsurlar mamul modelleme aşamasında ilave edilmelidir.

Coma vd. (83) otomatik bir montaj için tasarım (DFA) değerlendirme sistemi için geometrik takımlar sunmuşlardır. Montajdaki her bir parça için iki aşamalı bir unsur araştırması gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, minimal sınır kutusu kullanılarak kütle, ölçüler ve simetriler parçanın DFA' sına göre ya dönel yada prizmatik olarak sınıflandırılmasına müsaade edilerek tanımlanır. İkinci aşamada, biçim unsurları tayin edilerek mekanize yönelimin etkin metoduna müsaade edilerek çıkarılır. Bu algoritmalar ile birlikte FuzzyDFA olarak bilinen bir montaj tabanlı BDT sisteminin bulanık karar destek sistemi desteklenir. Bu nedenle, FuzzyDFA tasarımcı girdilerini minimize ederek montaj değerlendirme işlemini otomatize eder. Bulanık mantığın bu kullanımı parça tasarımı detaylandırılmadığında yada belirsiz kaldığında tasarım sırasında mamuldeki her bir parçanın değerlendirilmesine müsaade eder. DFA değerlendirme sistemi ile elle ve otomatik operasyonlar için ya zaman/maliyet yada fayda ölçeği hesaplanabilmektedir.

2.2.3. Matris tabanlı yaklaşımlar

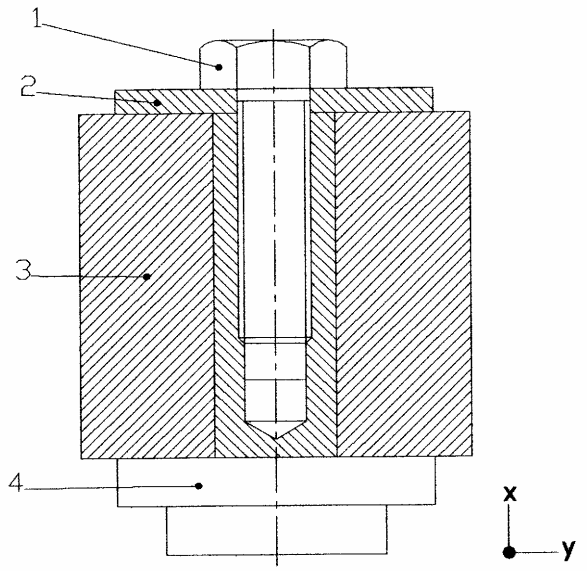
Lee ve Kumara (84) tasarım aşamasında kompleks bir montajı analiz etmek ve montaj sıralarını etkin bir şekilde türetmek için bir şema geliştirmişlerdir. Tasarımcı bilgisi, tercih modül setini elde etmek için kullanılmıştır. Setin modülerliği test edilmektedir ve hiyerarşik olarak montaj sıralarını türetmek için kullanılmaktadır. Bu

şema ile türetilen sıralar, modüller için tasarımcı tercihini yansıtmış ve bir montaj tasarımından montaj hattı yerleşimini tasarlamayı kolaylaştırmıştır. Montaj sıraları parçaların demontaj sıralarının türetilmesi ile elde edilmiştir. Bir montajdan belirli bir parçanın demontajı serbestlik derecesi ve çakışma derecesi ile ilişkilendirilmiştir. Demontaj yönleri x ve z yönleri olarak düşünülmüş ve bu yönlere göre matrisler ve süpürme tablosu yapılandırılmıştır. Montaj ve demontaj sıraları matrisler ve süpürme tablosu vasıtasıyla türetilmiştir.

Gottipolu ve Ghosh (85) çalışmalarında bir mamulün montajında kullanılacak en iyi sırayı tayin etmek için ilk önce muhtemel tüm montaj sıralarını teşhis etmiş ve sonra en iyi montaj sırasını seçmek için bu sıraları değerlendirmişlerdir. Bununla birlikte, çok sayıda muhtemel sıralar olduğundan etkin ve özlü bir temsil metodu gerekmektedir. Bu çalışmada muhtemel tüm montaj sıralarını uygun bir şekilde temsil etmek ve nicel ve nitel kriterleri kullanarak bu sıraları değerlendirmek için montaj sıra grafiği (ASG-Assembly Squence Graph) olarak adlandırılan bir temsil metodu geliştirilmiştir. Montaj sırasının tayini için sunulan yaklaşım montajın BDT modelinin oluşturulmasıyla başlar. PADL-2 katı modelleme paketi, WCS'de geometri ve konumlarını temsil eden montajın ferdi parçalarının geometrik modellerini oluşturmak için kullanılmıştır. Montajın geometrik modelinden ilişkisel bilginin çıkarımı iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, parçaların her bir çifti arasındaki temas tayin edilmiştir. İkinci aşamada ise her bir parçanın diğerinden muhtemel demontaj yönelimi tayin edilmiştir. Montajın uygulanabilirliğini doğrulamak için bağlanabilirlik ve öncelik sınırlamaları olarak iki tip sınırlama dikkate alınmış ve bu sınırlamalar doğrultusunda muhtemel tüm montaj sıraları türetilmiş ve bu sıralar bir ASG'de temsil edilmiştir. ASG, irtibat sıra grafiği ve VE/VEYA grafiğinin bazı avantajlarını kullanmak için bu grafikler ile bazı ortak özelliklere sahiptir. Montaj sıra grafiğindeki düğümler muhtemel alt montajları karakterize eden parça setlerinin alt setidir. Bundan dolayı, her bir düğüm bir alt montajı karşılar. ASG'deki düğümler kutular ile temsil edilmiş ve her bir kutunun montajdaki parçaları karşılayan hücreleri vardır. Grafikte taralı her hücre uygun parçanın montajının yapıldığını gösterirken boş hücreler ise parçanın montajının diğer sevilerde yapılacağını göstermektedir. Grafiğin ilk düzeyinde düğümlerde ferdi

parçalar temsil edilirken son düzeyinde ise montajı yapılmış mamul temsil edilmiştir. Bu grafik üzerinde birtakım nicel ve nitel kriterler kullanılarak kabul edilemeyen montaj durumları ve montaj görevleri elimine edilmiş ve optimum bir montaj sırası elde edilmiştir.

Dini ve Santochi (86) bir mamulün alt montaj ve montaj sıralarının seçimi için esnek montaj planlama sistemi (FLAPS-Flexible Assembly Planning System) olarak adlandırılan bir montaj planlama yazılım sisteminde uygulanan bir prosedür geliştirmişlerdir. Daha kolay ve daha etkin temsil elde etmek için prosedür, BDT aşamasında çıkarılan tüm bilgiyi bir matematiksel modelde planlamıştır. Bundan dolayı, sistemde bir mamulün parçaları arasındaki çakışma, temas ve bağlantılar sırası ile çakışma, temas ve bağlantı matrisinde temsil edilmiştir (Şekil 2.8). Muhtemel alt montajlar bu matrislere uygulanabilir bazı matematiksel şartları sağlayarak otomatik olarak algılanmıştır. Alt montaj ve son mamul için muhtemel montaj sıraları ise çakışma ve bağlantı matrislerinden elde edilen alt matrisler ve daraltılmış matrisler analiz edilerek türetilmiştir.



$$A_x = \begin{array}{c|cccc|} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Çakışma Matrisi

$$B_x = \begin{array}{c|cccc|} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Temas Matrisi

$$C_x = \begin{array}{c|cccc|} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Bağlantı Matrisi

Şekil 2.8. Örnek bir mamul ve mamulü temsil eden matrisleri

Zhang vd. (87) otomobil gövde montajının muhtemel tüm montaj sıralarını otomatik çıkarmak için bir prosedür tanımlamışlardır. Bu prosedür bağlantı ve daraltılmış matris tanımlamaları vasıtasıyla elde edilen otomobil gövdesinin matematiksel modeli tabanlıdır. Bu iki matris parçalar ve alt montajlar arasındaki öncelik sınırlama bilgisini temsil eder. Muhtemel alt montajlar bu iki matrise uygulanabilir bazı matematiksel şartları sağlayarak otomatik olarak algılanmaktadır. Her bir alt montaj ve tüm mamul için muhtemel tüm montaj sıraları baştaki bağlantı alt matrisi ve daraltılmış matrisi tekrar düzenleyerek türetilmektedir. Çalışmada montajın öncelik bilgisi yönlü bir grafikle tanımlanmıştır. Bu yönlü grafik birtakım etiketli noktalar ve bu noktaları birbirine bağlayan kenarlardan oluşmaktadır. Her bir nokta bir sayı ile etiketlenmiş bir parçayı temsil etmektedir. Her bir kenar ise iki parça arasındaki bir ilişkiyi göstermektedir. Bu ilişki iki parça arasındaki bağlantı ve nispi montaj önceliğinin yapısını içerir. Grafik teorisine göre yönlü grafikte gösterilen ilişkiler bire bir bağlantı matrisine haritalanabilmektedir. Montaj sıraları bağlantı matrisi ve daraltılmış matris analiz edilerek her bir alt montaj ve son mamul için türetilebilmektedir.

Yazar (88-89) montaj tasarımın zaman alıcı ve pahalı işlemlerini elimine eden, ileriye dönük çalışmalarla eklenecek modüller sayesinde klasik montaj tasarımının yerini almak üzere, LISP programlama dili ve dönüşüm matrislerinden (taşıma, döndürme, yansıma ve ölçeklendirme) yararlanılarak AutoCAD ortamında montajı gerçekleştiren bir ön paket hazırlamışladır. Temel dönüşüm matrislerinden hareketle montaj için gerekli dönüşüm matrisi türetilmiş ve montajın bilgisayar ekranında gerçekleştirildiği alt programlar oluşturulmuştur. Böylece AutoCAD ortamında üç boyutlu (katı model) resimleri çizilen bir ürünün, yine AutoCAD ortamında montajını oluşturacak bir paketin alt yapısı hazırlanmıştır. AutoCAD ortamında AutoLISP ve dönüşüm matrisleri ile üç boyutlu nesnelerin montaj tasarımı, klasik yöntemlere göre daha kısa sürede yapabilme, maliyeti önemli ölçüde azaltma ve bilgileri daha hızlı elde edebilme olanağı sağlamaktadır. Ayrıca aynı montaj tasarımlarının farklı konum ve verilerini defalarca analiz etme olanağını tasarımcıya sağlamaktadır. Bu çalışmada **m x n**' lik bir matris ile **l x k**' lik bir matrisin çarpım programı ve bir örnek parçanın üç değişik konumda montaj edilme ihtimallerini

gösteren dönüşüm matrislerinin çıkarılması ve çalışma koordinat sistemlerinin organizasyonu aktarılmıştır. Bu örnekteki üç muhtemel montaj AutoCAD ortamında kullanıcı etkileşimli olarak gerçekleştirilmiştir. Dönüşüm matrisleri ile ilgili işlemleri yapan programlar hazırlanarak AutoCAD ortamında üç boyutlu nesnelerin otomatik montajı için ileriye dönük çalışmalara temel oluşturulmuştur.

Dilipak (90-92) bilgisayar destekli montaj çalışmalarında karşılaşılan en önemli zorluklardan birisi olan montaj sıralarının teşhisi ve bu sıraların grafiksel temsilini gerçekleştiren bir çalışma yapmıştır. BDT ortamında modellenen bir mamulün muhtemel tüm montaj sıraları kullanıcı etkileşimi olmaksızın tespit edilmekte ve bu sıralar bir irtibat sıra grafiğinde temsil edilerek tasarımcıya sunulmaktadır. Geliştirilen programa girdi olarak ürünün montajlı haldeki katı modeli kullanılmıştır. Montaj sırasının otomatik algılanması için, girdi ürünün parçaları arasındaki konum ve bağlantı ilişki bilgileri gerekmektedir. Bunun için ürünün tüm parçaları için AutoCAD' in "massprop" (Mass properties-Kütle özellikleri) fonksiyonu kullanılarak her bir parçanın hacim, kütle, üç boyutlu uzayda kapladığı alanlar vs. bilgiler elde edilmiş ve sırayla her bir parça 3 ana eksen (x, y, z) boyunca hareket ettirilmiştir. Bu işlemler sayesinde parçalar arasındaki temas ve parçaların demontajı sırasındaki çarpışmalar tespit edilerek Temas ve Hareket fonksiyonları otomatik olarak türetilmiştir. Oluşturulan bu fonksiyonlar vasıtasıyla muhtemel tüm montaj sıraları ve bazı sınırlamalara göre montaj sıraları türetilmiştir. Bu montaj sıraları irtibat sıra grafiği şeklinde otomatik olarak temsil edilmiş ve sonra uygun olmayan montaj sıraları bu grafikten elimine edilerek nihai irtibat sıra grafiği oluşturulmuştur.

Sinanoğlu (93) montaj planlama sistemlerinde karşılaşılan temel problemlerden birisi olan montaj sistemlerinin modellenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu yaklaşım, montaj sistemini matrisler ile temsil etmektedir. Yaklaşımda, montaj sisteminin tel kafes modelinden faydalanılmıştır. Ayrıca, montajdaki her bir parça farklı renklerde tasarlanmıştır. Montaj resmi ve çeşitli görünüşleri üç farklı eksen boyunca *(-x, -y, -z)* taranmaktadır. Tarama işlemin geliştirilen yazılım tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Tarama ile elde edilen ve farklı montaj parçalarının renk kodları program tarafından değerlendirilmekte ve kartezyen koordinat

sisteminin altı ekseni boyunca montaj parçaları arasındaki temas ilişkilerini temsil eden temas matrisleri oluşturulmaktadır. Bu matrisler kartezyen koordinat sisteminin altı ekseni boyunca tanımlanmıştır. Montajın satır ve sütunlarına montajı oluşturulan parçalar yerleştirilmiştir. Temas matrislerinin her bir elemanı parçalar arası temas ilişkisini tanımlamaktadır. Temas durumu; *"1"* ile, temasın olmaması durumu ise; *"0"* ile temsil edilmiştir. Temas matrisleri, geliştirilen program ile otomatik olarak belirlenmiştir. Bu program her bir parçası farklı renk ile çizilmiş tel kafes montaj modelini veya bu modelin çeşitli görünüşlerini girdi olarak almakta ve temas matrislerini oluşturmaktadır. Bu matrisler sıra planlama sistemlerinde bir montaj modelinin tam temsili için yeterlidir.

2.2.4. Montaj sistemini düzenleyen yaklaşımlar

Jeong (94) belirli montaj sıralarının seçiminin esnek montaj sistemlerinin (FAS-Flexible Assembly Systems) performansına olan etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. FAS' ın performansı genel FAS programlama problemi (GFASSP-Generalized Flexible Assembly System Scheduling Problem) kullanılarak değerlendirilmiştir. Klasik FASSP ile karşılaştırıldığında, GFASSP, alt montajların transfer zamanı dikkate alınırken, FAS ortamındaki montajları tamamlamak için çevrim zamanını minimize etmesinin yanı sıra her bir mamul için etkin montaj sıralarını seçmeye çalışmaktadır. GFASSP bir montaj sırasını montaj sıra ağacından çıkarılabilen montaj operasyon ağacı olarak adlandırılan montaj operasyonlarının sıralı bir seti olarak dikkate almaktadır. GFASSP alt montajları mesafe ve transfer zamanını minimize ederek seçilen bir montaj sırasına uygun tüm operasyonları için program bulmaktadır.

Liu ve Chiou'nun (95) "Kapalı otomatik montaj sistemlerinin tasarım ve performans değerlendirmesi" isimli çalışmalarında kapalı otomatik montaj sistemlerinin (AAS-Automatic Assembly System) tasarım optimizasyonu için heuristik bir metot ve performans değerlendirmesi için regresyon bir model geliştirmişlerdir. Heuristik metot bir sıra ağ model tabanlıdır. Bu metot optimal sistem kullanımını elde etmek için bir AAS' deki ve istasyonların her bir çifti arasındaki tampon boşluktaki

paletlerin sayısını belirlemek için kullanılabilmektedir. Regresyon model heuristik metottan elde edilen sistem tasarımını kullanan bilgisayar simülasyon deneyi tabanlıdır. Model, kapalı otomatik sistemlerin performansını değerlendirmek için pratik bir metot sağlayabilmektedir.

Dore ve Lo (96) robot tabanlı montaj sistemlerinin organizasyonunu ve yerleşimini temsil etmek ve bu sistemlerin ayrı ayrı tekno-ekonomik ömürlerini değerlendirmek için kinematik ve optimal bir simülasyon modeli geliştirmeyi hedefleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Model, montaj sistemlerinin çeşitli formlarını özetlemekte, robot montajı hassasiyetini kontrol etmekte ve robot tabanlı sistemlerin alternatif organizasyonlarını teşhis etmektedir.

"Montaj planlamada bilgisayar destekli ürün analizi" isimli çalışmada Weule vd. (97) esnek montaj planlama işleminin birinci aşamasındaki bir montaj planlayıcıya yardımcı olması için KOMPASS adını verdikleri yeni bir sistem geliştirmişlerdir. Tüm montaja uygun mamul verisi bir BDT veritabanı değerlendirilerek ve gerekli bilgi çıkarılarak tayin edilmektedir. Montaja uygun bilgi, mamul yapısı bilgisi ve parça bilgisi olarak iki bölümde değerlendirilmiştir. Mamul yapısı bilgisi alt montajlar, bağlantı yüzeyleri, montaj sırası, montaj yönleri, montaj kuvveti, montaj operasyonları ve birleştirme metotlarını, parça bilgisi ise geometri, toleranslar, ağırlık merkezi, ağırlık, yüzey kalitesi, yüzey davranışı, tutma yüzeyleri ve atalet momentlerini içermektedir. Sistem, aynı zamanda mamul yapısını analiz etmekte ve montaj hattının planlanması için gerekli operasyonların sıralarını tayin etmektedir. Yukarıda çıkarılan bilginin kullanımı aynı zamanda bir mamulün farklı montaj sıralarında montaj hattının esnekliğini tayin etmede faydalıdır. Sistem ile parçanın geometrik ve teknolojik analizi yapılmış ve bir montaj öncelik grafiği türetilmiştir.

He ve Kusiak (98) modüler mamullerin montaj sistemlerinin tasarımı için bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu çalışmada modüler mamuller için montaj sistemi bir montaj hattının biçimini almaktadır. Modüler mamullerin özel yapısını uyarlamak için montaj hattı, temel operasyonlar için bir alt montaj hattı ve değişken operasyonlar için bir alt montaj hattı olmak üzere iki kısma ayrıştırılmıştır. Temel alt

montaj hattı kararlı bir çevrim zamanı ile tek mamul montaj hattı olarak tasarlanmıştır. Değişken alt montaj hattı ise akış hattı olarak tasarlanmış ve bir akış programlama metodu ile dengelenmiştir. Akış programlama yaklaşımı ile dengelenen bir montaj hattı çoklu mamuller için toplam boş zaman bakımından kararlı bir çevrim zamanı ile dengelenen montaj hattından daha iyi çalıştığı görülmüştür. Mamullerin dengesiz akışını engellemek için iki alt montaj hattı arasında işlemde iş (WIP-Work-in-Process) tamponu kullanılmıştır. Aynı zamanda, montajın konfigürasyon problemini formüle etmek ve çözmek için bir optimizasyon prosedürü kullanılmıştır.

2.2.5. Optimizasyon prosedürü kullanan yaklaşımlar

Schmidt ve Jackman (99) maliyet ve performans ölçümlerini kullanarak en iyi montaj sırasını ve istasyonların setini tayin eden bir metot geliştirmişleridir. Mamul tasarım aşaması sırasında bu prosedürün uygulaması tasarımcının tasarım kararlarının şekillenmesine potansiyel olarak yardımcı olur. Örneğin, eğer tasarımcı montaj zamanını veya irtibatın yapısını mamul geometrisinde değişiklikler düşündüğünde, bu metot, mamulün birim maliyetine montajın etkisini hızlı bir şekilde değerlendirebilmektedir. Değerlendirmeden sonra, tasarımcı sonuçlar tatmin edici değilse, önerilen değişiklikleri tekrar gözden geçirebilmektedir. İlaveten, sistem montaj sırasını ve montaj istasyonu konfigürasyonunu kapsayan prototip bir üretim sistemini türetmektedir. Bu çıktılar işlem planlama aşamasında kullanılabilmektedir. Metot, problemin hiyerarşik yapısını benimseyen benzetme tabanlı çok kademeli bir optimizasyon yaklaşımı kullanmıştır. Problem, istasyonların sayısı, istasyon tipleri ve irtibatların tayini olmak üzere üç kademeye ayrıştırılmıştır. Prosedür, en iyi prototip üretim sistemini türeterek ve tayin edilmemiş irtibatları elimine ederek optimal çözümü bulabilmektedir.

Lazzerini ve Marcelloni (100) genetik algoritmalar (GA-Genetic Algorithm) vasıtasıyla montaj planlarını türeten ve değerlendiren bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmalarında sadece dikey eksen boyunca parçaları montaj edebilen robotlardan müteşekkil montaj hatları üzerine odaklanmışlardır. Gelişigüzel türetilen ve genellikle uygun olmayan montaj sıralarından başlayarak çaprazlama ve mutasyon

GA'nın muhtemel optimum montaj sıralarının çıkarılmasında etkin rol oynamıştır. GA'ların optimizasyon problemlerini çözmek için uygun metot olduğu düşünülmüştür. Doğal seleksiyon prensiplerini taklit ederek GA' lar eğer uygun bir şekilde şifrelenirse gerçek problemler için çözümler geliştirebilmektedir. Verilen bir problem için her bir potansiyel çözüm kromozom olarak adlandırılan ikili veya gerçek diziler olarak kodlanmaktadır. Genellikle GA' lar kromozomların gelişigüzel olarak türetilen baştaki popülasyonu ile başlar ve her bir aşamada yeni bir popülasyon için iki temel operatörden (çaprazlama ve mutasyon) geçerli olanı kullanılarak türetilmektedir. Çaprazlama ürün kromozomları türetmek için kaynak kromozomları bir araya toplarken, mutasyon bir kromozomun lokal modifikasyonudur. Kromozomlar uygunluk değeri tabanlı çaprazlama ve/veya mutasyon için seçilmektedir.

Smith ve Smith (101) "Otomatik montaj planlama için gelişmiş bir genetik algoritma" isimli çalışmasında geleneksel genetik algoritmayı kullanan montaj planlayıcıdan optimal ve optimale yakın çözümleri daha güvenli daha çabuk bulan gelişmiş bir genetik algoritma sunmuştur. Algoritma araştırma performansını geliştirmek için uygunluğu dikkate almadan verilen bir montaj jenerasyonunun üyeleri dışında geniş bir araştırma yapmakta ve kullanıcı tanımlı sınır şartları sağlanana kadar araştırmaya devam etmektedir.

Hong ve Cho (102) "robotik montaj sırasını türetmek için genetik algoritma tabanlı bir yaklaşım" isimli çalışmasında robotik montaj için montaj sınırlamalarını karşılayan ve montaj maliyetini azaltan optimal sıraları türetmek için genetik algoritma (GA-Genetic Algorithm) tabanlı bir metot geliştirmişlerdir. Bu metotta bir montaj sırası montaj maliyeti yönünden uygun olan sıra olarak temsil edilmiştir. Önce, bir takım sıralardan ibaret olan bir popülasyon oluşturulmuştur. Daha sonra, popülasyon sıraların uygunluğu tabanlı çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operasyonlar vasıtasıyla yeni nesle evrilmiştir. Tekrarlayan evrim sonucunda, en uygun sıralar şeklinde temsil edilen montaj sıraları son aşamada bulunmuştur. Yaklaşımın etkinliğini göstermek için elektrik rölesi ve otomobil alternatörü gibi endüstriyel ürünlere uygulanmış ve sonuçların robotik montaj sıraları ve montaj maliyeti açısından tatminkar olduğu görülmüştür.

Smith “Genetik montaj planlamada prematüre çözümü azaltmak için çoklu genetik operatörler kullanma” (103) isimli çalışmasında genetik montaj planlamada klasik çaprazlama ve mutasyon operatörlerine ilaveten iki yeni operatör (kes ve yapıştır ve kır ve ekle) kullanmıştır. Genetik operatörlerin çeşitliliği montaj planlayıcıya hep aynı çözümleri bulma işleminden kaçınma ve optimal çözümleri şansını artırma konusunda yardımcı olmaktadır.

2.2.6. Kural tabanlı ve uzman sistem kullanan yaklaşımlar

De Fazio ve Whitney (104) “Tüm mekanik montaj sıralarının basitleştirilmiş türetimi” isimli çalışmalarında Bourjault’ un montajı teşkil eden parçaların seti için seri kurallardan algoritmik olarak geçerli tüm montaj sıralarını türeten metodunu benimsemişlerdir. Bu metodu modifiye ederek çok sayıda parçası olan montajlara montaj analizinin bu tekniğinin uygulanmasını daha pratik ve basit hale getirmişlerdir. Bu çalışmada kurallar, parçaların eşleşmeleri hakkındaki soruların bir serisine verilen cevaplardan türetilmektedir. İki metot arasındaki göze çarpan fark, montaj sıralarının algoritmik türetimine müsaade eden ilişkiler için sorulan soruların formunda ve sayısındadır. Bourjault'un metodunda $2l^2$ sayıda soru bunun dışında ilave sorular gerektirirken, modifiye edilen bu çalışmada $2l$ sayıda soru gerektirmektedir. Burada l parçalar arasındaki ilişkilerin sayısıdır.

Steven ve Lai (105) mamul montaj analizi ve hassasiyeti için bir uzman tasarım sistemi geliştirmişlerdir. KBDA sistemi (A Knowledge Based Design System for Assembly-Montaj için Bilgi Tabanlı Tasarım Sistemi) montaj metodunun tayini, elle montaj için analiz, otomatik montaj için analiz ve tekrar tasarım için analiz olmak üzere dört modülden meydana gelmiştir. Montaj metodu üretim fonksiyonları kriterleri kullanılarak program tarafından tayin edilmektedir. Elle yada otomatik montaj için analiz montajın etkinliğini artırmak için gerçekleştirilmektedir. Elle montaj analizinde montajdaki parçalar, montaj zamanı, montaj maliyeti ve parçaların minimum teorik sayısını bulmak için analiz edilmiştir. Otomatik montaj analizinde ise montajın nicel ve nitel analizleri yapılmıştır. Son modülde ise montaj işleminde

tasarımın geliştirilmesi, etkinliğin artırılması, toplam maliyet ve toplam zamanın azaltılması için tasarımcıya bazı öneriler sunulmaktadır.

Zha vd, (106) montaj tabanlı tasarım için bir bilgi tabanlı uzman tasarım sistemi geliştirmişlerdir. Montaj tabanlı tasarım uzman sistem (AODES-Assembly Oriented Design Expert System) adını verdikleri yaklaşım, bir eşzamanlı mühendislik ortamında tasarım, montaj planlama, montaj edilebilirlik analizi ve değerlendirmesini entegre etmek için yapılandırılmış ve tasarımcının, tasarım işleminin herhangi bir aşamasında mamulü türetmesine, analiz etmesine ve/veya modifiye etmesine müsaade etmek için tasarlanmıştır. AODES tamamen etkileşimli bir modda çalışmakta ve mamul yapısı, parçaların sayısı, parça tasarımı ve parça malzemesi gibi belirli bir konu ile ilişkilendirilen bilgi sisteme dahil edilmektedir. Sistem bir mamulün parça sayısını minimize etmek ve spesifik bir mamul için en ekonomik montaj tekniğini seçmek için tasarımcıyı yetkilendirmiştir. Montaj için mamul tasarımı hakkındaki bütün tavsiyeler ve optimal montaj sırasını içeren montaj sıraları, kullanıcı sistemde sunulan sorulan etkileşimli olarak cevapladığında geniş bir montaj bilgi tabanından otomatik muhakeme, araştırma, hesaplama ve simülasyon vasıtasıyla türetilebilmekte ve canlandırılabilmektedir.

Bu çalışmada ise BDT veritabanındaki bilgiler yorumlanarak parça tanıma işlemini gerçekleştirecek bir prosedür geliştirilmiştir. Geliştirilen prosedür bir dizel motor parçalarını ve endüstride yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarını tanıma işlemine uygulanmıştır. Motor parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tanınarak BDT ortamında tanınan parçaların montajı yapılmıştır. Tanıma prosedüründe uzman sistem tekniği kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında oluşturulan motor parçaları ilk önce program tarafından otomatik olarak STEP dönüşümü yapılmış ve oluşturulan STEP fiziksel dosyası yorumlanarak her bir yüze ait komşu yüzler ve yüze ait nitelikler çıkarılmıştır. Nitelikler ve komşu yüzler sayesinde parça tanıma prosedürü gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanı ve parça tanıma prosedüründeki yüz ilişkileri ve nitelikleri karşılaştırılarak parça ismi ve kural numarası bilgi tabanından tespit edilmiştir. Çizim, parça ismi ile bilgisayara

kaydedilmiş ve çizime ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmiştir. Montaj aşamasında ise, kaydedilen parçalara ait bir referans yüzey belirlenmiş ve referans yüzeyler vasıtasıyla parçalar montaj dosyasına taşınarak BDT ortamında montajı yapılmıştır.

3. UZMAN SİSTEMLER (EXPERT SYSTEMS)

Bir uzman sistem, uzman bir insanın davranışlarını taklit etmeye çalışan bir programdır. Alan ile ilgili özel bilgiyi kullanmaya ve zeki kararlar almaya yeteneklidir. Uzman sistemler, özel bir alandaki uzman bilgi gerektiren problemleri çözebilir ve bu bilgiyi belli bir biçimde temsil edip, saklayabilirler. Bunun için, bu sistemler Bilgiye Dayalı Sistemler (Knowledge Based Systems) diye de adlandırılır. Bir uzman sistem aşağıdaki birimleri içerir:

- Bilgi Tabanı (Knowledge Base),
- Muhakeme Ünitesi (Inference Engine),
- Kullanıcı Arabirimi (User Interface),
- Bilgiyi Alma Ünitesi (Knowledge Acquisition),
- Açıklama Ünitesi (Neden ve Nasıl Sorularına Cevap Verme).

Her ne kadar çoğu uzman sistem yukarıdaki tüm birimleri içermese de tam bir uzman sistem hepsini kapsamalıdır.

3.1. Bilgi Tabanı

İlgili alana özel tecrübeye dayalı bilginin saklandığı veri tabanına denir. Kural ve olgulardan meydana gelir. Olgular, nesneler arasındaki ilişki, sınıflandırma ve açıklamalardan ibarettir. Kurallar ise problem alanı ile ilgili kavramlar arasındaki mantıksal ilişkileri tanımlar.

3.2. Muhakeme Ünitesi

Kuralları ve olguları okuyarak ne demek istediklerini anlar ve muhakeme fonksiyonunu icra eder.

3.3. Kullanıcı Ara Birimi

Kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimi sağlar. Genellikle Neden ve Nasıl sorularına cevap verebilen bir açıklama ünitesini içerir. Açıklama ünitesi muhakemenin nasıl yapıldığını açıklar. Ayrıca kullanıcı ile iletişim anında bazı sorular sorar ve kullanıcıda neden bu soruyu sorduğunu bilmek isterse açıklama ünitesi gerekli açıklamayı yapar.

3.4. Bilgiyi Alma Ünitesi

Kullanıcıya, bilgi tabanındaki kurallar veya olguları düzeltme, ekleme veya çıkarma yapma ve bazılarını silme imkanı sağlar.

3.5. Açıklama Ünitesi

3.5.1. Neden sorularına cevap verme

Kullanıcının sorusuna karşılık verilen bilginin maksadını (amacını) gösterir. Kullanıcı "bu bilgi ile neden ilgileniyorsun?" diye sisteme sorduğunda kullanıcının orijinal sorusu ile bu bilgiyi birbirine bağlayan ilgili kurallar ve olgular cinsinden sistemin maksadını gösterir. Böylece, neden sorularına cevap verme, o andaki alt amaçtan (subgoal) araştırma bölgesindeki (search space) asıl amaca doğru giderek gerçekleştirilir. Bunu yapabilmek için, sistem danışma (consultation) anındaki muhakeme silsilesini muhafaza eder.

3.5.2. Nasıl sorularına cevap verme

Sistem bir cevap (çözüm) bulduğunda kullanıcı bu sonuca nasıl ulaştığını görmek isteyebilir. Nasıl sorusuna, ana amaçtan çözüme ulaştıran alt amaca doğru hareket ederek oradaki ilgili tatmin edilmiş olan tüm kural ve olgular gösterilir.

3.6. Bilgi Temsil Teknikleri

Tecrübeye dayalı bilginin, uzman sistemde bilgisayarın okuyabileceği bir biçimde temsil edilmesi gerekmektedir. Uzman sistemlerde bilgiyi temsil etmek için birkaç teknik geliştirilmiştir:

- İmalat Kuralları (Production Rules),
- Çerçeveler (Frames).

3.6.1. Eylem kuralları

Bilginin temsil edilmesi için en önemli format imalat kuralı formatıdır. Bilgi, EĞER-ÖYLEYSE (IF-THEN) kuralları biçiminde temsil edilir.

yani:

EĞER
Şartlar
ÖYLEYSE
Sonuç veya gerekli eylem

Kurallar genellikle iki ana parçadan medya gelir: EĞER (IF) parçası (şart kısmı diye adlandırılır) ve ÖYLEYSE (THEN) parçası (sonuç veya eylem kısmı da denir). Şartlar, doğru veya yanlış sonucunu veren ifadeler biçiminde yazılır. ÖYLEYSE (THEN) kısmı sonuçlardan veya icra edilmesi gereken eylemlerden oluşur. Bu eylemler, bilgi sağlamak, hesaplamaları yapmak, bazı çıktıları üretmek ve kullanıcıya girdi için soru sormak gibi işlemler olabilir.

3.6.2. Çerçeveler

Çerçeveler nesneleri tanımlamak için kullanılan hiyerarşik veri yapılarıdır. Tipik bir çerçeve nesnelerin bir sınıfını açıklar. Nesne ile ilgili çeşitli elemanları tanımlamak

için kanallardan (slots) meydana gelir. Bu kanallar, nesnenin özellikleri, diğerleri ile ilişkileri, sınırlama açıklamaları ve varsayılan değerlerden meydana gelen doldurucular (fillers) tarafından doldurulabilir. Doldurucular, sayısal, sembolik ve alfa sayısal gibi bazı tipik verilerdir. Özel eylemlerin yapılabilmesi için, algoritmik bilgilerde ilgili kanallara eklenebilir. Örneğin, bir kanalın ne zaman doldurulacağı veya gerektiğinde bir değerin bir kanal için nasıl elde edileceği gibi.

Bir çerçeve yapısı bilgiyi, özellikler, diğer çerçevelerle olan ilişkiler, sınırlamalar, varsayılan değerler, yöntemler, v.s. den meydana gelir. Çerçeveler bilginin bir hiyerarşi içinde düzenlenmesini sağlar ve miras alma (bilgiyi başka çerçeveye alma) özelliğine sahiptir. Bu özellik hiyerarşide daha aşağıda olan bir çerçevenin, hiyerarşide daha yukarı olan çerçevelerden bazı özellikleri alabilmesine imkan sağlar. Örneğin, bir takım tezgahının özelliklerini temsil etmek için bilgileri içeren kanallara sahiptir. Takım tezgahı çerçevesi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

ÇERÇEVE ADI: Takım Tezgahı	
takım-tezgahı-adı	freze-tezgahı-12
x-ekseni-hareketi	180
y-ekseni-hareketi	560
z-ekseni-hareketi	560
ilerleme-aralığı	1-10000
hızlı-hareket	1200
devir-sayısı aralığı	45-3150
en büyük-takım-çapı	200
en büyük-takım-uzunluğu	300
kontrol	CNC

Şekil 3. 1. Bir takım tezgahının çerçeve temsili

3.7. Muhakeme Yöntemleri

Bilgi tabanına dayalı (uzman sistem) problem çözümünde, bir çözüme ulaşmanın tek ve açık bir yöntemi genellikle yoktur. Böylece her safhada muhtemel çözümü bulmak için birkaç yolun araştırılması gerekir. Problem çözme sisteminin kontrol yapısı çözüm yollarının seçimi için genel bir strateji tanımlar. İki ana muhakeme algoritması vardır. Bunlar:

- Geriye zincirleme (Backward chaining),
- İleri zincirleme (Forward chaining).

3.7.1. Geriye zincirleme

Muhakeme ünitesi, bir kuralın sonuç kısmı (ÖYLEYSE-THEN) kısmı ile başlar ve bu parçayı ispatlanacak ana amaç olarak alır. Sonra, bu ana amacı sonuç kısmında olan diğer kurallar listesini veya kuralı araştırır. Uyan bir kuralı bulunca, bu kuralı şartların her birini tatmin etmeye çalışır.

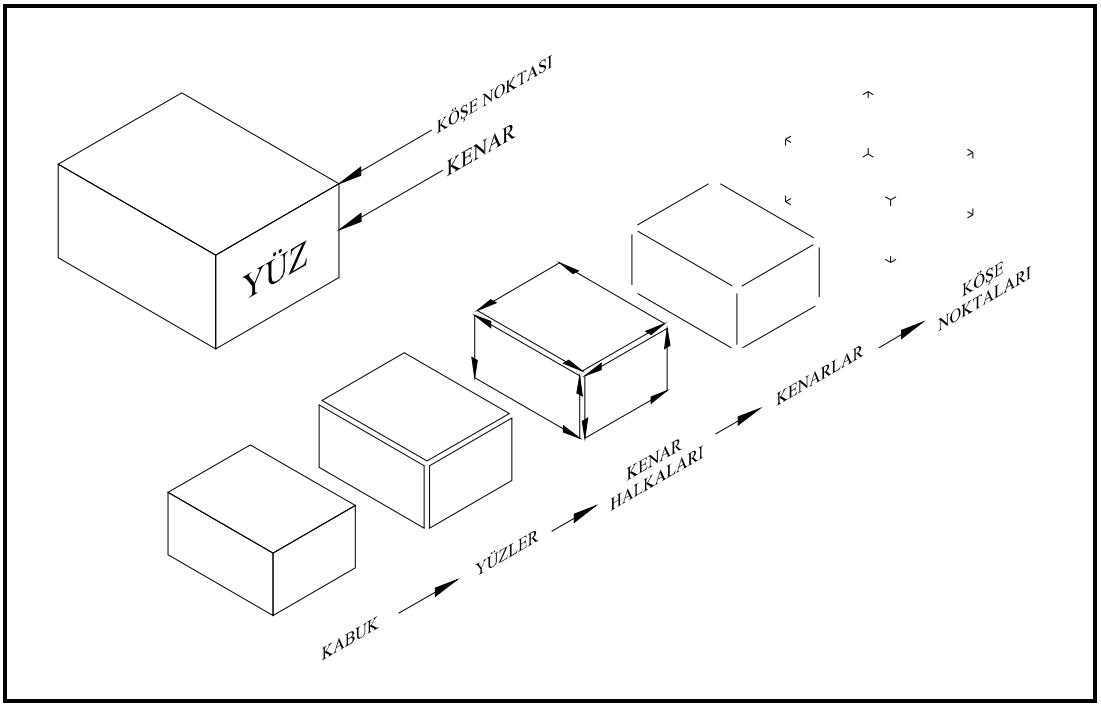
3.7.2. İleriye zincirleme

İleriye zincirleme, eldeki bilgilerle başlar ve bir çözüm amacına ulaştıran çözüm yolunu bulmaya çalışır. Muhakeme ünitesi olguları kontrol eder ve çözüm amacına ulaşmaya çalışır. İleriye zincirleme bir kuralın EĞER (IF) şart kısmından başlar ve kuralın ÖYLEYSE (THEN) kısmını ispatlamak için bu şartları tatmin etmeye çalışır (107-116).

4. STEP GRAFİK STANDARDI

Grafik standartları, parça çizim veya modeline ait geometrik ve/veya topolojik bilgileri belirli bir formatta kaydeden ve farklı BDT veya BDÜ sistemleri arasında iletişimini sağlayan yapılar olarak tanımlanabilir. Bundan dolayı, grafik standartları BDT/BDÜ entegrasyonunun temel öğelerinden olan işlem planlamanın verimliliği için büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, grafik standartları çeşitli tasarım ve üretim platformları arasında veri dönüşümünü sağlayan mekanizmalar olarak ta düşünülmektedir. Standartların bu çeşit kullanımıyla, bir fabrika yada organizasyonda halihazırda kullanılmakta olan çeşitli yazılım ve donanımlar değişik uygulamalar için kullanılabileceği gibi yeni yazılım ve donanımlar da rahatlıkla mevcut sisteme adapte edilebileceklerdir. DXF, IGES, SET, VDA-FS, CAD*I, STEP gibi geliştirilen grafik standartları halen yaygın olarak kullanılmaktadır. STEP (Standard for the Exchange of Product Data) grafik standardı, bir tasarımı mamul haline getirmek için gerekli bütün işlemlerin ve bağlı parametrelerin standardize edilmesini ve tanımlanmasını; hiçbir uygulama, tasarım ve üretim yazılımına bağlı kalmadan gerçekleştirebilmeyi sağlamak için tasarlanmıştır. Bütün diğer standartları bünyesinde toplayan STEP standardı, bu standartların aksine geometrik veri dönüşümünün yanı sıra tolerans ve yüzey kalitesi gibi teknolojik üretim bilgilerinin ve topolojik unsur ilişkilerinin tanımını da içermektedir. STEP yapısını diğerlerinden ayıran diğer bir özellik ise esnek ve dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. Bir STEP dosyası “ISO-10303-21;” satırı ile başlar. “END-ISO-10303-21;” satırı ile sonlanır. Burada, ISO-10303 STEP grafik standardının uluslararası standart numarası, 21 ise STEP’in bölüm numarasını göstermektedir. Bir STEP dosyası HEADER ve DATA bölümleri olmak üzere iki bölümden oluşmuştur. Mamul verisi DATA bölümünde temsil edilmiştir.

BDT sistemlerinin çoğu iç veri yapısı olarak B-Rep’in bazı formlarını kullanmaktadır. Bu sistemlerin her birinin detaylı veri yapısı farklıdır. Bununla birlikte B-Rep’in genel veri yapısı Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir.



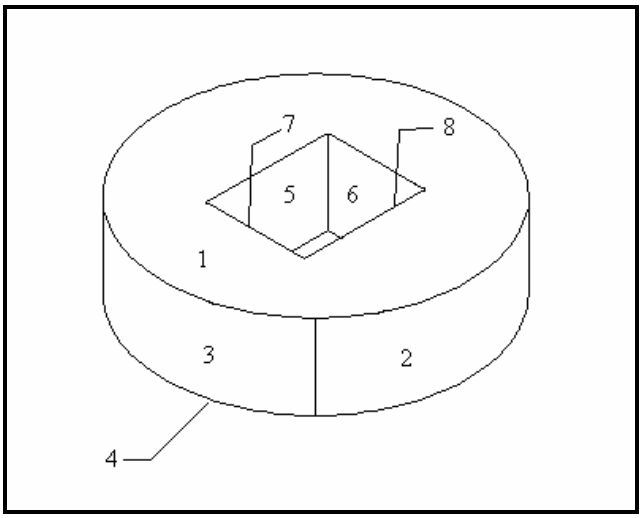
Şekil 4.1. B-Rep'te bir katının temsili için veri yapısı

STEP yapısında parça geometrisinin temsili manifold B-Rep üzerine dayandırılmıştır. Manifold katı B-Rep "topolojik temsil öğelerinin, referans eğrilerinin, yüzeylerin ve noktaların birkaç katmanı vasıtasıyla bir geometrik temsil" olarak tanımlanmıştır. Bu temsil ve daha önce gösterilen basit B-Rep arasındaki asıl fark geometrik öğelerin açıkça tanımlanmasıdır. Manifold B-Rep aynı zamanda topolojik bilgiyi geometrik bilgi ile birleştirmiştir. Bu temsilin ana unsurları şunlardır:

Tanımlamanın en yüksek düzeyi kabuktur. Bir kabuk kenarlar boyunca yüzeylerin katılmasıyla oluşturulan bir topolojik öğedir. Alanı birleşik, yönlü, sonlu ve yüzeyleri kendi aralarında kesişmezler. Alanı ile birlikte bir kabuk STEP fiziksel dosyasında tanımlanır. Örneğin Şekil 4.2'deki parçanın kabuk tanımı aşağıdaki gibi olacaktır:

P = CLOSED_SHELL (", (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8));

Burada (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8) Şekil 4.2'deki parçayı oluşturan yüzleri temsil etmektedir.



Şekil 4.2. Örnek parça

Tanımlamanın ikinci düzeyi yüzdür. Bir yüz, kenar halkaları ile sınırlanan yüzeyin bir parçası olan bir topolojik öğedir. STEP'te bir yüz geometrik ve topolojik öğelere dayanarak tanımlanan topolojik öğedir. Örneğin, Şekil 4.2.'deki F2 yüzü STEP dosyasında aşağıdaki kayıtlar ile verilmiştir.

F2 = ADVANCED_FACE (" ", (FOB) , FT)

Burada FOB parametresi, F2 yüzünü sınırlayan yüz dış sınırına işaret eden bir değişkendir. Aynı zamanda, yüz dış sınırının kapsadığı unsurlar var ise bunlar yüz sınırı (FB) olarak ifade edilmiştir. Yüz sınırları yüzün içerdiği unsurlara bağlı olarak bir veya birden fazla olabilmektedir. FT, F2 yüzeyinin biçiminin tanımlandığını belirtir.

Yüzey tanımlaması STEP fiziksel dosyasında açıkça verilmiştir. Örneğin F1 ve F2 yüzlerini karşılayan yüzeyler:

FT1 = PLANE (" ", FAP1)
FT = CYLINDRICAL_SURFACE (" ", FAP2, r)

Burada FAP1, FT1 düzlemsel yüzeyin normalinin yönünü belirtir. FAP2, FT silindirik yüzeyinin eksenin yönünü belirtir. r, FT silindirik yüzeyinin yarıçapıdır.

Bir yüz sınırı, yüzü sınırlamada kullanılmak için tasarlanan bir kenar halkasıdır. Yüzün dış sınırını tanımlamanın ilave anlamsallığını taşıyan yüz dış sınır çizgileri olarak adlandırılan ikincil bir tipi vardır.

Yüz sınırları için örnekler:

FOB = FACE_OUTER_BOUND (“ ”, EL1)
FB = FACE_BOUND (“ ”, EL)

Bir kenar halkası aynı köşe noktalarında başlayan ve biten yönleri olan kenarlardan oluşan topolojik bir öğedir. Alanı kapalı bir eğridir. Şekil 4.2’deki parçanın STEP dosyasındaki kenar halkası örnekleri:

EL1 = EDGE_LOOP (“ ”, (OE1, OE2, OE3, OE4))

OE1, OE2, OE3, OE4, kenar tanımlamasına işaret etmektedir.

OE1= ORIENTED_EDGE (“ ”, EC1)

Tüm kenarlar STEP fiziksel dosyasında birer yönlü kenar ile temsil edilmiştir.

Kenar tanımlama geometrik öğelere dayanarak verilmiştir. Örneğin:

EC1 = EDGE_CURVE (“ ”, SP1, EP1, CT1)

SP1, köşe noktasının başlangıç noktasıdır. EP1, Köşe noktasının bitiş noktasıdır. CT1, OE1 kenarının eğri tipidir.

Eğri tipi STEP fiziksel dosyasında aşağıdaki gibi verilmiştir. Örneğin:

CT1 = CIRCLE (“ ”, CAP, r)
CT2 = LINE (“ ”, VEC, SP2)
VEC= (“ ”, LD, L)

Eğer eğri tipi bir yayı temsil ediyorsa, CAP, eğriye ait lokal koordinat sisteminin orijinine (yayın merkezini karşılayan noktaya) ve eğrinin lokal X ve lokal Z koordinat yönlerine işaret etmektedir. r, ise yayın yarıçap değeridir. Eğer eğri tipi bir doğruyu temsil ediyorsa, VEC doğrunun vektörünü, SP2 doğrunun başlangıç noktasını, LD doğru yönünü ve L ise doğru boyunu göstermektedir.

Her bir öğenin (kenar veya yüzey) yönü lokal koordinat sistemine dayanarak açıkça verilmiştir. Örneğin F2 yüzünün eksen yerleştirme öğesi aşağıdaki gibi verilmiştir.

FAP2 = AXIS2_PLACEMENT_3D (“ ”, FLO, FZ, FX)

FLO, yüze ait lokal koordinat sisteminin orijinini karşılayan noktaya işaret eder. FZ, lokal Z ekseninin yönünü ve FX, lokal X ekseninin yönünü belirtir. X ve Y eksenlerinin yönleri parçanın global koordinat sistemine göre verilmiştir. Lokal Z ekseni, düzlemsel ve küresel yüzeylerin normalini ve silindirik ve konik yüzeylerin eksenlerini karşılamaktadır.

STEP ortamındaki öğelerin BDT ortamındaki öğeler ile aynı fakat tanımlama metotlarının farklı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, farklı BDT sistemleri kendine özgü temsil yaklaşımları tabanlı farklı metotlarla aynı geometrik öğeyi tanımlayabilir. STEP ortamında öğeler aşağıdaki setlerle tanımlanır.

- Yüz setleri SF,
- Halka setleri SL,
- Kenar setleri SE,
- Köşe noktası setleri SV.

Aynı zamanda STEP ortamındaki geometrik ve topolojik öğeler aşağıdaki gibi S ile temsil edilebilir.

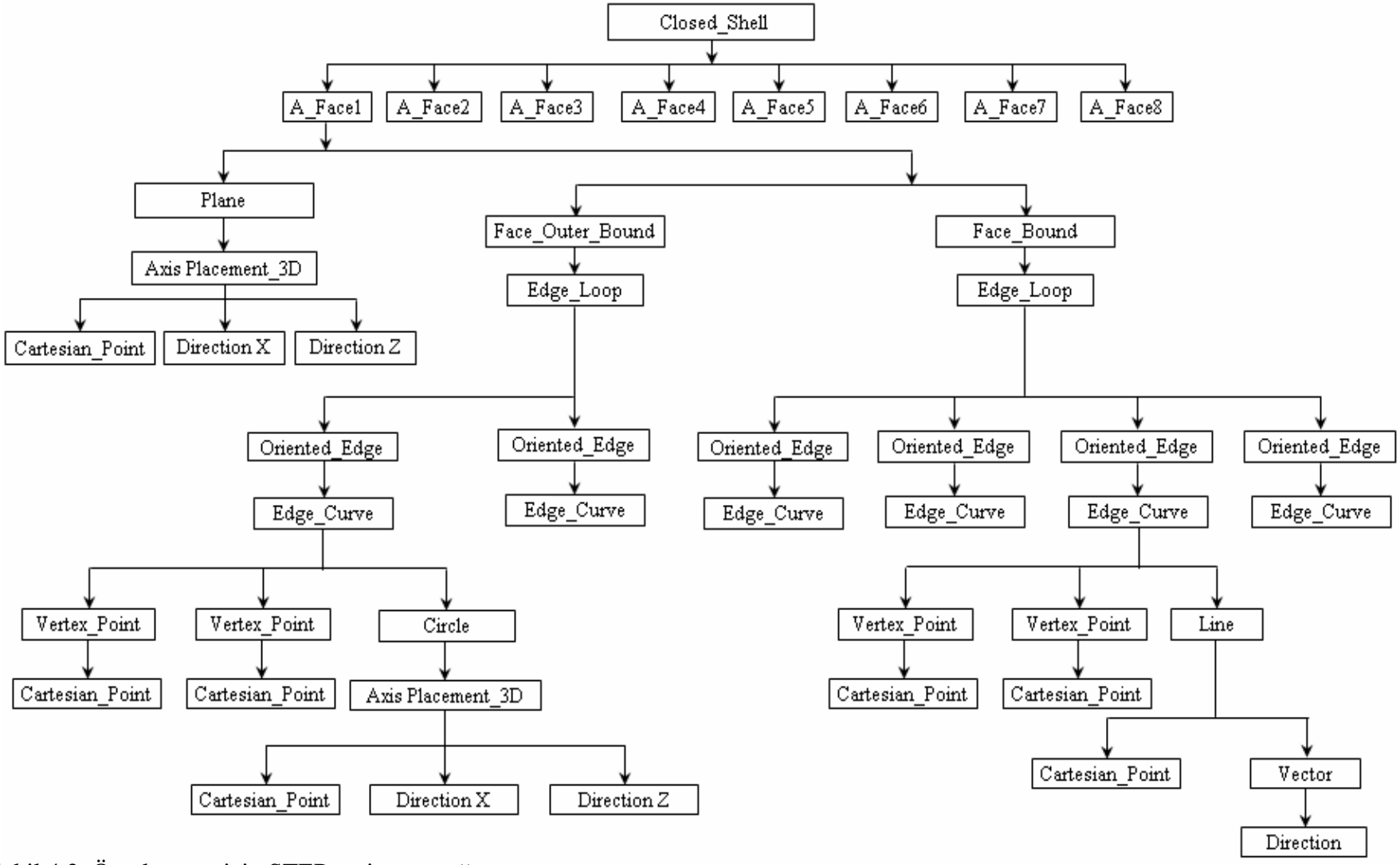
S = { SF, SL, SE, SV, ξ}

ξ, STEP ortamındaki farklı geometrik ve topolojik öğeleri birleştiren ilişkiler setidir. Buradan, C üzerindeki öğeleri S üzerindeki öğelere haritalayan birtakım fonksiyon olduğu sonucuna varılabilir. Bu fonksiyonları aşağıdaki gibi tarif edilebilir:

- Yüz seti haritalama f_{f}: CF → SF,
- Halka seti haritalama f_{l}: CL → SL,
- Kenar seti haritalama f_{e}: CE → SE,
- Nokta seti haritalama f_{v}: CV → SV.

Fonksiyonlar büyükten küçüğe f_{f}, f_{l}, f_{e}, f_{v} dir.

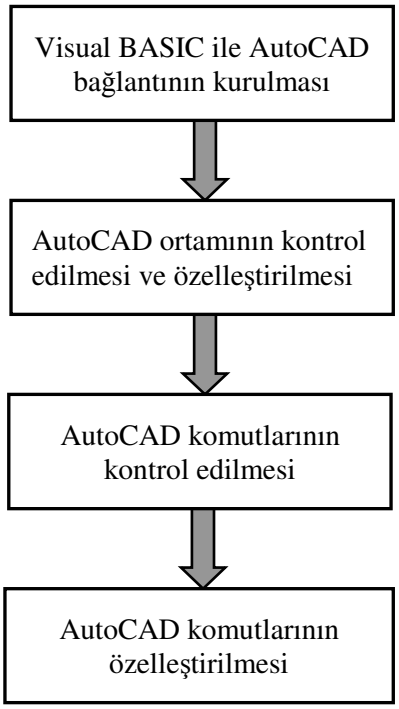
Buda farklı BDT sistemleri arasında farklı iç temsillerden dolayı ortaya çıkar. Üstelik, aynı BDT sistemleri için parça oluşturma sırası bir tasarımcıdan diğerine nasıl farklı ise, iç temsilde farklı olabilmektedir. Bu haritalamanın yapısı STEP geliştirme organizasyonları tarafından geliştirilmiştir. Bu fonksiyon aynı parçanın farklı BDT temsillerini farklı BDT ve BDÜ sistemleri tarafından kesin olarak çözümlenebilen STEP ortamındaki bir temsile dönüştürmeyi garanti etmektedir. Diğer bir deyişle, STEP temsili herhangi bir parça için tek olmayı garanti etmemektedir. Bundan dolayı, STEP bölüm 21 dosyasındaki tek olmama durumu farklı BDT sistemlerinde kullanılan temel B-Rep'in tek olmamasından kaynaklanmaktır. Parametrik tabanlı geometrinin STEP temsili değişken tabanlı geometri ile aynıdır. Aynı zamanda oluşturulma sırası ne olursa olsun belirli bir BDT sistemi kullanılarak oluşturulan bir parça için STEP temsili tektir. Şekil 4.3'te Örnek parçanın 1 numaralı yüzü için STEP veri yapı ağacı verilmiştir (117-121).



Şekil 4.3. Örnek parça için STEP veri yapısı ağacı

5. VISUAL BASIC – ACTIVEX AUTOMATION

Visual BASIC, Windows tabanlı uygulamalarda bulunan işlevleri program kodlarıyla bütünleştirmek için Activex Automation adı verilen teknolojiyi kullanmaktadır. Activex Automation'u tam olarak destekleyen Windows tabanlı uygulamalar, uygulama işlevlerini, bağlantı özellik ve yöntemlerle birlikte erişime açmaktadırlar. Nesnelerini erişime açan Windows tabanlı uygulamalara nesne uygulamaları yada sunucu uygulamamaları adı verilmektedir. Buna karşılık, erişime açılmış bu nesneleri kullanan programlara ise istemci yada denetçi uygulamalar adı verilmektedir. Bu çalışmada Activex Automation nesnesi sayesinde Visual BASIC ile AUTOCAD arasında bağlantı kurulmuş, AutoCAD ortamı ve komutları Visual BASIC fonksiyonları vasıtasıyla kontrol edilmiş ve AutoCAD ortamı ve komutları özelleştirilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Visual BASIC ve AutoCAD arasındaki bağlantı modülü

Visual BASIC ile AutoCAD arasındaki bağlantı aşağıdaki program satırları Visual BASIC programlama editörüne yazılarak kurulmuştur.

```
On Error Resume Next
Set acadApp = GetObject("AutoCAD.Application.16")
If Err Then
Err.Clear
Set acadApp = CreateObject("AutoCAD.Application.16")
If Err Then
MsgBox Err.Description
Exit Sub
End if
End if
```

Visual BASIC ile AutoCAD arasındaki bağlantı kurulduktan sonra geliştirilen program formu ile AutoCAD penceresinin eşzamanlı olarak ekranda görüntülenebilmesi için AutoCAD penceresinin boyutlarının ve ekranda yerleşiminin ayarlanması gerekmektedir. AutoCAD penceresinin boyutları istenen büyüklüğe ayarlanması ve ekranda istenen yere yerleştirilmesi aşağıdaki program kodlarıyla gerçekleştirilir.

```
acadApp.WindowTop = 0
acadApp.WindowLeft = 255
acadApp.Width = 770
acadApp.Height = 740
acadApp.Visible = True
```

Bir AutoCAD uygulaması aktif olarak ve bu aktif dokümanın modelleme (model space) olarak aşağıdaki gibi ayarlanır.

```
Set acadDoc = acadApp.ActiveDocument
Set moSpace = acadDoc.ModelSpace
```

Ayarlamadan sonra AutoCAD çizim komutları, Visual BASIC kodları ile kullanılabilir hale gelmiştir. Gerekli Visual BASIC fonksiyonları kullanılarak 2 ve/veya 3 boyutlu çizim nesneleri AutoCAD'in modelleme uzayında oluşturulur. Aşağıda verilen Visual BASIC kodları ile AutoCAD ortamında bir doğru (line), bir çoklu doğru (polyline) ve bir çember (circle) oluşturulmuştur.

```
points(0) = 100: points(1) = 100: points(2) = 0
points(3) = 100: points(4) = 200: points(5) = 0
points(6) = 200: points(7) = 200: points(8) = 0
points(9) = 200: points(10) = 100: points(11) = 0
points(12) = 100: points(13) = 100: points(14) = 0
SPoint(0) = 100: SPoint(1) = 300: SPoint(2) = 0
EPoint(0) = 200: EPoint(1) = 500: EPoint(2) = 0
centerPoint(0) = 100: centerPoint(1) = 50: centerPoint(2) = 0
radius = 50
Set pol = moSpace.AddPolyline(points)
Set lin = moSpace.AddLine(SPoint, EPoint)
Set circ = moSpace.AddCircle(centerPoint, radius)
acadApp.Visible = True
acadApp.ZoomAll
```

Aynı zamanda, Activex Automation yardımıyla Visual BASIC'ten AutoCAD'in aktif çizim sayfasının komut satırına komut göndermek suretiyle AutoCAD komutlarını aktif hale getirmek mümkündür. Aşağıdaki verilen kodlarla bazı AutoCAD komutları çalıştırılmıştır.

```
acadApp.activedocument.sendcommand "_rotate3d" & vbCr & "all " & vbCr & "y"
& vbCr & basepoint & vbCr & "90" & vbCr
acadApp.activedocument.sendcommand "_copybase" & vbCr & basepoint & vbCr &
"all " & vbCr
acadApp.activedocument.Close
acadApp.documents.Open "D:\STEP\montaj.dwg"
```

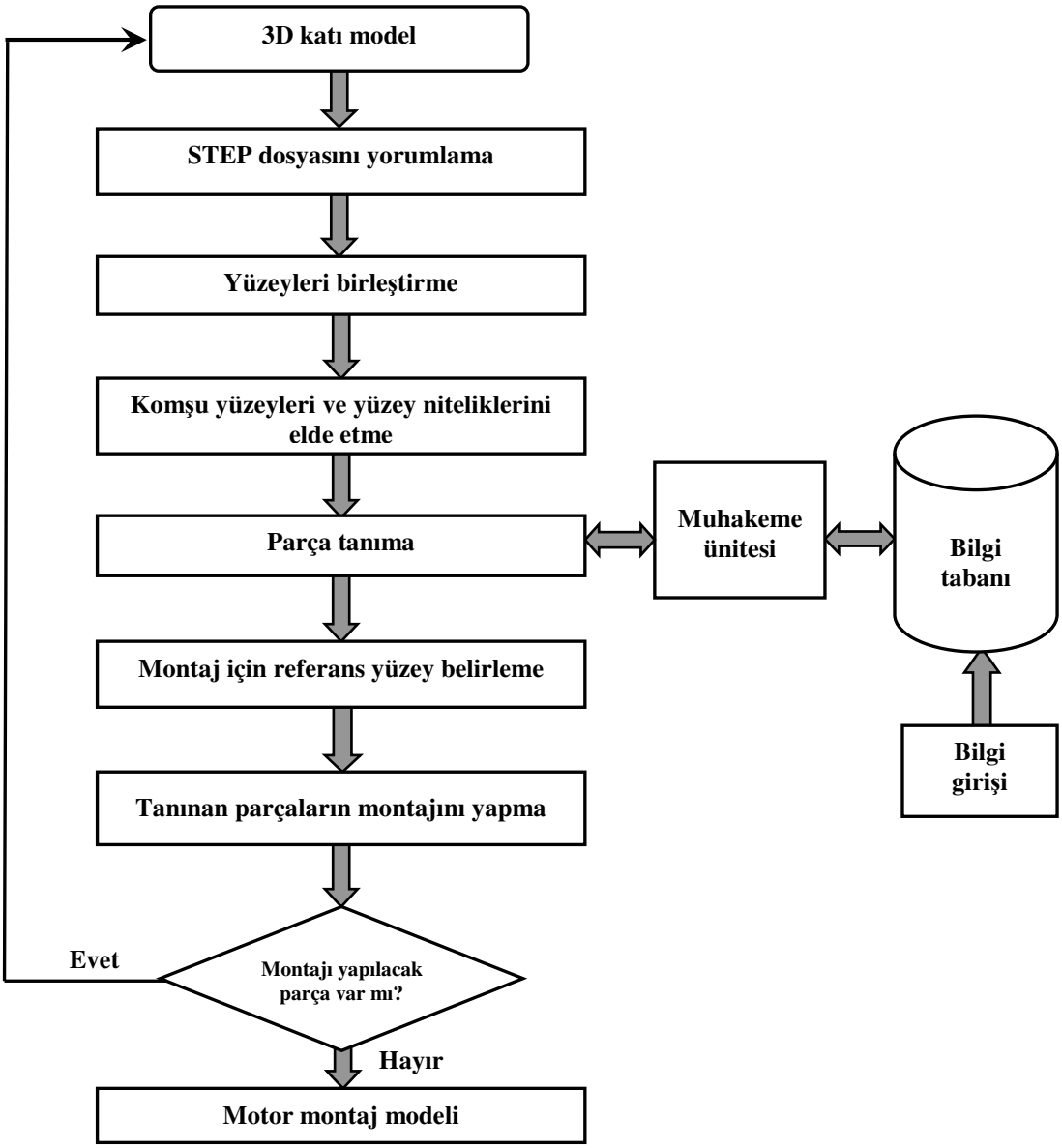
```
acadApp.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-801.3935,-455.3693,194.9706" & vbCr
acadApp.activedocument.sendcommand "_zoom e "
acadApp.activedocument.sendcommand "_qsave " (122-126).
```

6. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Bu çalışmada, bir dizel otomobil motoru parçalarının ve makinecilik alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınması ve BDT ortamında tanınan parçaların otomatik montajlarının yapılması için bir yöntem ve yazılım geliştirilmiştir. Tanıma prosedüründe uzman sistem tekniği kullanılmıştır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında oluşturulan motor parçalarının ve standart makine parçalarının katı modellerinin STEP dönüşümü yapılarak tanınacak ve montajı yapılacak her bir parçaya ait bir STEP dosyası oluşturulmakta ve bu dosya bilgisayara bir dosya ismi ile kaydedilmektedir. Oluşturulan STEP dosyasındaki 3 boyutlu modele ait öğeler (kapalı veya açık kabuk, yüz, dış kenar halkası, iç kenar halkası, yönlü kenar, kenar eğrisi, köşe noktası, yön, lokal orijin, vb.) geliştirilen program tarafından yorumlanarak STEP formatı, daha özlü ve parça tanıma ve montaj prosedürlerini kolaylaştıracak bir formata (STEP dönüşüm formatı) dönüştürülmektedir. Daha sonra STEP dönüşüm formatı programa girdi olarak kullanılarak bu formattaki özdeş yüzler tespit edilip bunlar içinde bir birleştirme operasyonu gerçekleştirilmiştir. Çünkü, parça üzerindeki silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler parçanın STEP dosyasında iki, üç veya dört yüzeyle temsil edilebilmektedir. Özdeş yüzeyleri birleştirme işlemi bilgi tabanında kural tanımlama, parça tanıma ve montaj işlemlerini gerçekleştirmek için bir zorunluluktur. Bu işlem sonucunda STEP dönüşüm formatından budanmış STEP dönüşüm formatı elde edilmiştir. Parça tanıma ve montaj işlemlerinde budanmış STEP dönüşüm formatı girdi olarak kullanılmaktadır. Budanmış STEP dönüşüm formatındaki her bir yüz geliştirilen program tarafından tek tek ele alınarak o yüze ait komşu yüzler ve nitelikler (yarıçap, açı, yön, yüzey tipi, lokal orijin vs.) çıkarılmıştır. Birbirine komşu olan yüzeyler ortak bir kenarı paylaştığından, komşu yüzeyleri tespit etmek için her bir yüzeye ait kenar halkasındaki kenar eğrileri kullanılmıştır. Çıkarılan nitelikler ve komşu yüzler sayesinde parça tanıma prosedürü gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanında her bir parça için bir kural yazılmıştır. Bu kurallarda IF-THEN yapısı kullanılmıştır. Bilgi tabanındaki kurallar yine parçaya ait nitelikler ve komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurularak kullanıcı tarafından veya

programa ilave edilen bir otomatik kural yazma modülü tarafından yazılmaktadır. Yani, kullanıcı isterse kuralı kendisi yazabilmekte ya da geliştirilen programa otomatik olarak yazdırarak kuralı bilgi tabanına kopyalayabilmektedir. Bu modül, kullanıcının kuralını tanımlayamayacağı kadar karmaşık ve yüzey sayısı fazla olan parçalar için kural tanımlamada büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Bu modül sayesinde parça biçimi ve yüzey tipi ve komşuluk ilişkilerinde sınırlama olmaksızın parçaların kuralları bilgi tabanında temsil edilebilmekte ve parçalar bilgisayar tarafından tanınarak bilgisayar ortamında otomatik montajı yapılabilmektedir. Bilgi tabanı ve parça tanıma prosedüründeki yüzey ilişkileri ve nitelikleri geliştirilen program tarafından parça tanıma formatına dönüştürülmekte ve parçanın STEP dosyasından ve bilgi tabanından elde edilen parça tanıma formatları birbirleriyle karşılaştırılarak parçaya ait kural bilgi tabanından tespit edilip parça tanınmakta ve parça ismi ve kural numarası bilgi tabanında temsil edilen kuraldan alınmaktadır. Çizim, elde edilen parça ismi ile bilgisayara kaydedilmekte ve parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde parçadaki yüzlere ait bağlanma ilişkileri ve nitelikler temsil edilmiştir. Nitelikler geometriyi, bağlanma ilişkileri ise topolojiyi temsil etmektedir. Bundan dolayı yüz komşuluk ilişki matrisi, parçaları hem topolojik hem de geometrik veri açısından tanımlamaktadır. Yüz komşuluk ilişki matrisinin boyutları parçadaki yüz sayısı ile orantılı olarak bilgisayar programı tarafından belirlenmektedir. Örneğin; 12 tane yüzü olan bir parçanın yüz komşuluk ilişki matrisi 12x12 kare matristir. Aynı zamanda yüz komşuluk ilişki matrisi, matris formatında düzenlendiğinden bilgisayar formatına uygundur. Bundan dolayı, yüz komşuluk ilişki matrisi ile çıkarılan parça verisi farklı BDT/BDÜ uygulamaları için kullanışlı olup bu çalışmada matristen elde edilen veri, parça tanıma ve otomatik montaj amaçlı kullanılmaktadır. Montaj aşamasında ise, tanınan ve bilgisayara kaydedilen parçalara ait referans yüzeyler belirlenmiş ve bu referans yüzeylerin lokal orijinlerini karşılayan noktalar tespit edilerek bu noktalar parçayı montaj dosyasına taşıma için temel noktalar olarak tayin edilmiştir. Parçalar bu noktalardan yakalanarak montaj dosyasındaki belirlenen noktalara taşınmış ve BDT ortamındaki montaj tamamlanmıştır. Bu çalışmada ele alınan yüzey çeşitleri, silindirik, konik, düzlem, küresel, toroid, sınırlı ve b_spline yüzeylerdir. Bu yüzeylerden oluşan basit, orta düzey ve karmaşık parçalar herhangi bir sınırlama

olmaksızın geliştirilen program tarafından kolayca tanınabilmektedir. Bu nedenle parça tanıma algoritması bu çalışmada kullanılan montaj sisteminden farklı BDT/BDÜ uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilecek ve farklı çalışmalara öncülük edebilecek kapasitededir. Geliştirilen programın akış şeması Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Geliştirilen programın akış şeması

6.1. STEP Dosyasını Yorumlama

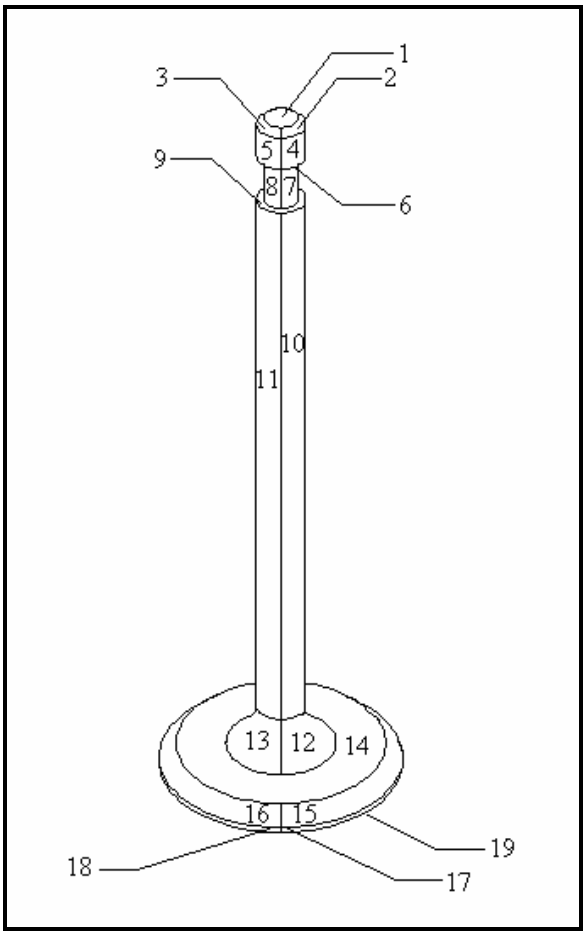
Bu aşamada, kullanıcı tarafından AutoCAD ortamında oluşturulan dizel motor parçaları ve standart makine parçalarının katı modelleri STEP dönüşümü otomatik olarak yapılarak tanınacak ve montajı yapılacak her bir parça STEP formatında kaydedilmektedir. Çizime ait türetilen STEP dosyası bilgisayarın hard diskine *recognition.stp* dosyası olarak kaydedilmektedir. Otomatik STEP dönüşümü ve oluşturulan STEP dosyasının bilgisayara kaydedilmesi işlemleri Visual BASIC ile AutoCAD arasında bağlantı kurulduktan sonra aşağıdaki program satırları Visual BASIC program yazma editörüne yazılarak gerçekleştirilmiştir.

```
cadx.activedocument.sendcommand "cmddia 0 "
cadx.activedocument.sendcommand "stepout d:\STEP/recognition.stp  "
```

Program satırlarından da anlaşılacağı gibi STEP dosyasını türetmek ve bilgisayara kaydetmek için AutoCAD'in *"stepout"* komutu kullanılmıştır. Bu komut, Visual BASIC vasıtasıyla AutoCAD'in komut satırına gönderilerek parçaya ait STEP dosyası hard diskin istenen bölümüne *(d:\STEP/recognition.stp)* kaydedilmiştir. Daha sonra program, bilgisayara kaydedilen *recognition.stp* dosyasını açarak STEP dosyasında bulunan tüm öğeleri program formunda gizlenmiş bir liste kutusuna taşımakta ve programın çalışma hızını artırmak için bundan sonraki işlemlerde bu liste kutusunda temsil edilen bilgiyi kullanarak yürütmektedir. STEP dosyasını açma ve STEP öğelerini *recognition.stp* dosyasından program formundaki liste kutusuna taşıma işlemi aşağıdaki program satırları kullanılarak icra edilmiştir.

```
Open "d:\STEP\recognition.stp" For Input As #1
Do While Not EOF(1)
Line Input #1, t
List1.AddItem t
List1.Visible = False
Loop
Close #1
```

Program formundaki liste kutusuna taşınan çizime ait STEP öğeleri tek tek değerlendirilerek ileride parça tanıma ve montaj aşamalarında kullanılmak üzere STEP formatı STEP dönüşüm formatına dönüştürülmüştür. STEP dönüşüm formatını oluşturmadaki amaç, STEP dosyasında karmaşık ve program yazımını zorlaştıracak şekilde dizilen çizim öğelerini daha basit ve özlü bir formatta düzenleyerek parça tanıma ve montaj işlemlerini kolaylaştırmaktır. Ayrıca parça tanıma ve montaj aşamalarında kullanılmayacak olan STEP öğeleri STEP dönüşüm formatında temsil edilmeyerek bu format STEP formatına göre oldukça basitleştirilmiştir. STEP dönüşüm formatında parça, yüzeyleri ile temsil edilmektedir. Parça üzerindeki her bir yüz için bir yüz bölümü açılarak bu bölümde her bir yüz, yüze ait öğeler (nitelikler, kenar halkası, kenar eğrileri ve kenar eğrileri koordinatları) ile temsil edilmiştir. Bölüm 4'te bahsedildiği gibi STEP formatındaki her bir ADVANCED_FACE öğesi tasarlanan parçaya ait bir yüzü temsil etmektedir. Bundan dolayı, program STEP formatını baştan sona kadar satır satır okuyarak bir ADVANCED_FACE öğesi bulduğunda, STEP dönüşüm formatında bir yüz için bir bölüm açmakta ve açılan bölümde yüzlerin STEP formatındaki dizildiği sıralamaya göre her bir yüze ait bir yüz numarası vermektedir. STEP dönüşüm formatında yüzlere ait her bölüm yüz numarası ile başlamakta ve sırasıyla yüz nitelikleri ve yüz dış sınırını veya yüz içerisinde bir unsuru temsil eden kenar halkası elemanları ile devam etmektedir. Program, liste kutusundan her bir yüze ait nitelikleri ve kenar halkasını sorgulayarak iki bölümden oluşan STEP dönüşüm formatında gerekli bilgileri temsil etmektedir. STEP dönüşüm formatı bir sonraki işlem olan yüzey birleştirme işlemi için program tarafından girdi olarak kabul edilmektedir. Bundan dolayı, program yüzey birleştirme işlemi için özdeş yüzeyleri tespit ederken ve birleştirme işlemini gerçekleştirirken STEP dönüşüm formatını kullanmaktadır.



Şekil 6.2. Egzost supabının STEP formatındaki temsili

Şekil 6.2'de verilen egzost supabının iki numaralı konik yüzeyi için STEP formatının STEP dönüşüm formatına dönüştürülmesi Şekil 6.3'te verilmiştir. Şekil 6.3'te görüldüğü gibi egzost supabının iki numaralı konik yüzeyinin STEP formatındaki temsili STEP dönüşüm formatında düzenlenerek basitleştirilmiştir. Program bu şekilde tüm yüzeylerin STEP formatını STEP dönüşüm formatına dönüştürmüş ve bu formatı ikinci bir liste kutusunda temsil etmiştir.

STEP formatı
2. yüzey

```
#125=CARTESIAN_POINT(",(176.5,137.5,99.5));
#126=DIRECTION(",( 0.0,0.0,-1.0));
#127=DIRECTION(",(0.0,1.0,0.0));
#128=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#125,#126,#127);
#129=CONICAL_SURFACE(",#128,2.75,45.0);
#130=CARTESIAN_POINT(",(176.5,139.75,100.0));
#131=VERTEX_POINT(",#130);
#132=CARTESIAN_POINT(",(176.5,140.75,99.0));
#133=VERTEX_POINT(",#132);
#134=CARTESIAN_POINT(",(176.5,139.75,100.0));
#135=DIRECTION(",(0.0,0.707,-0.707));
#136=VECTOR(",#135,1.41);
#137=LINE(",#134,#136);
#138=EDGE_CURVE(",#131,#133,#137,.T.);
#139=ORIENTED_EDGE(",*,*,#138,.F.);
#140=CARTESIAN_POINT(",(176.5,135.25,100.0));
#141=VERTEX_POINT(",#140);
#142=CARTESIAN_POINT(",(176.5,137.5,100.0));
#143=DIRECTION(",(0.0,0.0,-1.0));
#144=DIRECTION(",(0.0,1.0,0.0));
#145=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#142,#143,#144);
#146=CIRCLE(",#145,2.25);
#147=EDGE_CURVE(",#131,#141,#146,.T.);
#148=ORIENTED_EDGE(",*,*,#147,.T.);
#149=CARTESIAN_POINT(",(176.5,134.25,99.0));
#150=VERTEX_POINT(",#149);
#151=CARTESIAN_POINT(",(176.5,134.25,99.0));
#152=DIRECTION(",(0.0,0.707,0.707));
#153=VECTOR(",#152,1.41);
#154=LINE(",#151,#153);
#155=EDGE_CURVE(",#150,#141,#154,.T.);
#156=ORIENTED_EDGE(",*,*,#155,.F.);
#157=CARTESIAN_POINT(",(176.5,137.5,99.0));
#158=DIRECTION(",(0.0,0.0,-1.0));
#159=DIRECTION(",(0.0,1.0,0.0));
#160=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#157,#158,#159);
#161=CIRCLE(",#160,3.25);
#162=EDGE_CURVE(",#133,#150,#161,.T.);
#163=ORIENTED_EDGE(",*,*,#162,.F.);
#164=EDGE_LOOP(",(#139,#148,#156,#163));
#165=FACE_OUTER_BOUND(",#164,.T.);
#166=ADVANCED_FACE(",(#165),#129,.T.);
```

STEP dönüşüm formatı
2. yüzey

konik yüzey
yarıçap
2.75
koniklik açısı
45
lokal orijin
(176.5, 137.5, 99.5)
yön
(0, 0, -1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
2.25
yay merkezi
(176.5, 137.5, 100)
yay koordinatları
(176.5, 139.75, 100)(176.5, 135.25, 100)
doğru
doğru boyu
1.41
doğru koordinatları
(176.5, 135.25, 100)(176.5, 134.25, 99)
yay
yay yarıçapı
3.25
yay merkezi
(176.5, 137.5, 99)
yay koordinatları
(176.5, 134.25, 99)(176.5, 140.75, 99)
doğru
doğru boyu
1.41
doğru koordinatları
(176.5, 140.75, 99)(176.5, 139.75, 100)
$$$$$
%%%%%

Şekil 6.3. Egzost supabına ait iki numaralı konik yüzey için STEP formatının STEP dönüşüm formatına dönüştürülmesi

Şekil 6.4'te egzost supabına ait iki numaralı konik yüzeyin niteliklerini STEP formatından STEP dönüşüm formatına dönüştüren program satırları verilmiştir. Bu nitelikler yüzey tipi, konik yüzeyin yarıçapı, koniklik açısı, konik yüzeye ait lokal koordinat sisteminin orijini ve lokal koordinat sisteminin x ve z yönleridir.

```
For i = 0 To List1.ListCount - 1
a = List1.List(i)
If a Like "*ADVANCED_FACE*" Then
adface = a
x1 = InStr(a, ",(")
x2 = InStr(a, "),")
x = x2 - x1
no = Mid(a, x1 + 2, x - 2)
surfaceno = Val(Mid(a, x2 + 3, 15))
yüznum = yüznum + 1
List2.AddItem yüznum & ". yüzey"
For sur = 0 To List1.ListCount - 1
a = List1.List(sur)
If a1 Like "?" & surfaceno & "=" & "*" Then
If a1 Like "*CONICAL_SURFACE*" Then
conic = a1
List2.AddItem "konik yüzey"
X69 = InStr(a1, "(")
X70 = InStr(X69 + 5, a1, ",")
X71 = InStr(X70 + 5, a1, ",")
conaxisno = Val(Mid(a1, X69 + 5, 15))
conradius = Round(Val(Mid(a1, X70 + 1, 15)), 2)
conangle = Round(Val(Mid(a1, X71 + 1, 15)), 2)
List2.AddItem "yarıçap"
List2.AddItem conradius
List2.AddItem "koniklik açısı"
List2.AddItem conangle
For i163 = 0 To List1.ListCount - 1
a1 = List1.List(i163)
If a1 Like "?" & conaxisno & "=" & "*" Then
If a1 Like "*AXIS2_PLACEMENT_3D*" Then
conicaxisplacement = a1
X72 = InStr(a1, "(")
X73 = InStr(X72 + 5, a1, ",")
X74 = InStr(X73 + 5, a1, ",")
conaxiscpointno = Val(Mid(a1, X72 + 5, 15))
conaxisdirno = Val(Mid(a1, X73 + 2, 15))
conaxisdirno2 = Val(Mid(a1, X74 + 2, 15))
For i173 = 0 To List1.ListCount - 1
a1 = List1.List(i173)
If a1 Like "?" & conaxiscpointno & "=" & "*" Then
If a1 Like "*CARTESIAN_POINT*" Then
coniccpoint = a1
X75 = InStr(a1, ",(")
X76 = InStr(X75 + 3, a1, ",")
X77 = InStr(X76 + 3, a1, ",")
conaxiscarpointx = Round(Val(Mid(a1, X75 + 2, 15)), 5)
conaxiscarpointy = Round(Val(Mid(a1, X76 + 1, 15)), 5)
conaxiscarpointz = Round(Val(Mid(a1, X77 + 1, 15)), 5)
List2.AddItem "lokal orijin"
List2.AddItem "(" & conaxiscarpointx & ";" & conaxiscarpointy & ";"
& conaxiscarpointz & ")"
Exit For
End If
End If
Next i173
For i183 = 0 To List1.ListCount - 1
a1 = List1.List(i183)
```

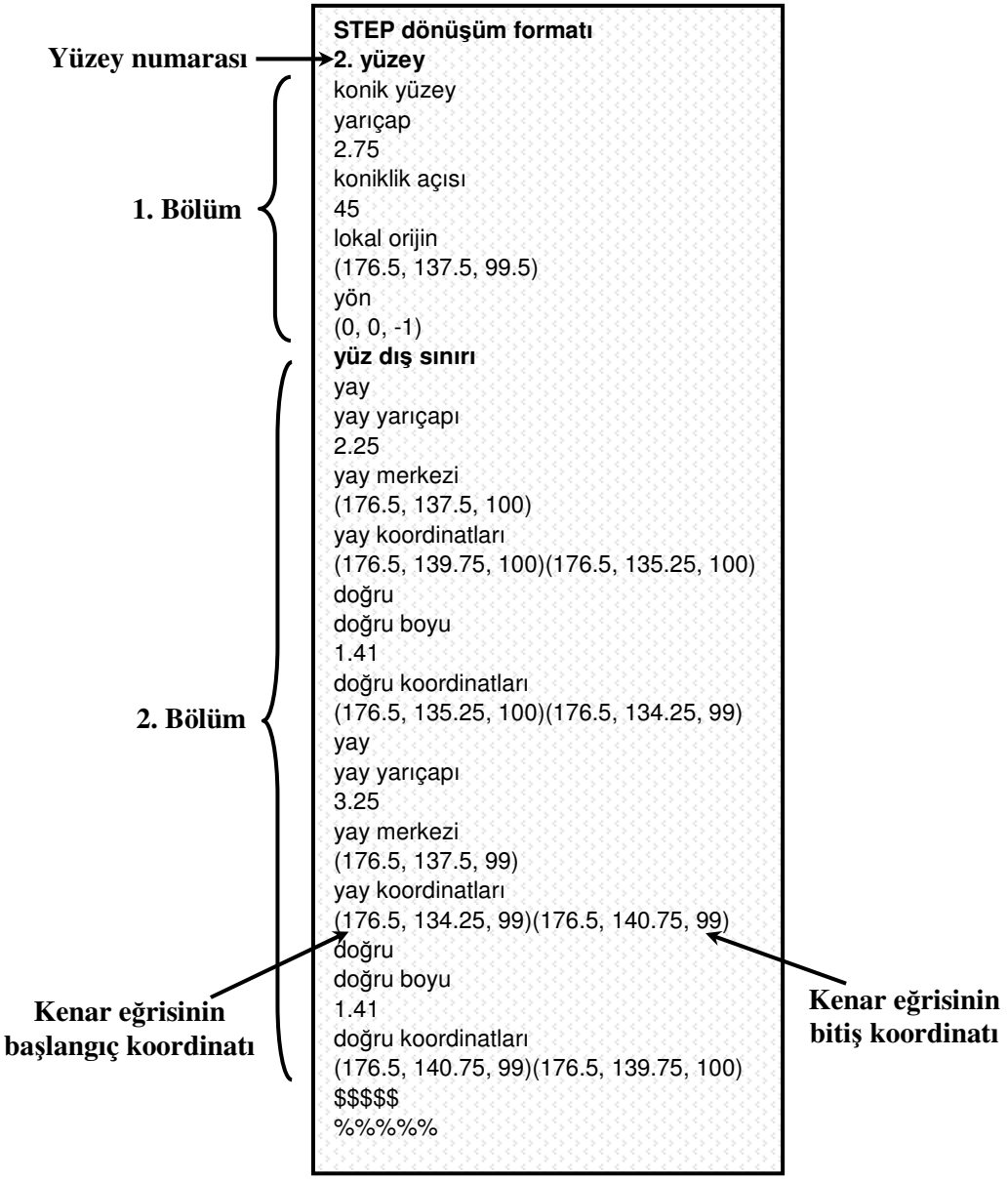
→

```
If a1 Like "?" & conaxisdirno & "=" & "*" Then
If a1 Like "*DIRECTION*" Then
conicdir = a1
X78 = InStr(a1, ",(")
X79 = InStr(X78 + 3, a1, ",")
X80 = InStr(X79 + 3, a1, ",")
conaxisdirx = Round(Val(Mid(a1, X78 + 2, 15)), 5)
conaxisdiry = Round(Val(Mid(a1, X79 + 1, 15)), 5)
conaxisdirz = Round(Val(Mid(a1, X80 + 1, 15)), 5)
List2.AddItem "yön"
List2.AddItem "(" & conaxisdirx & "," & conaxisdiry & "," &
conaxisdirz & ")"
Exit For
End If
End If
Next i183
For i193 = 0 To List1.ListCount - 1
a1 = List1.List(i193)
If a1 Like "?" & conaxisdirno2 & "=" & "*" Then
If a1 Like "*DIRECTION*" Then
conicdir2 = a1
X81 = InStr(a1, ",(")
x82 = InStr(X81 + 3, a1, ",")
x83 = InStr(x82 + 3, a1, ",")
conaxisdirx2 = Round(Val(Mid(a1, X81 + 2, 15)), 5)
conaxisdiry2 = Round(Val(Mid(a1, x82 + 1, 15)), 5)
conaxisdirz2 = Round(Val(Mid(a1, x83 + 1, 15)), 5)
Exit For
End If
End If
Next i193
Exit For
End If
End If
Next i163
Exit For
End If
End If
Next sur
End if
Next i
```

Şekil 6.4. Egzost supabına ait iki numaralı konik yüzeyin niteliklerini STEP formatından STEP dönüşüm formatına dönüştüren program satırları

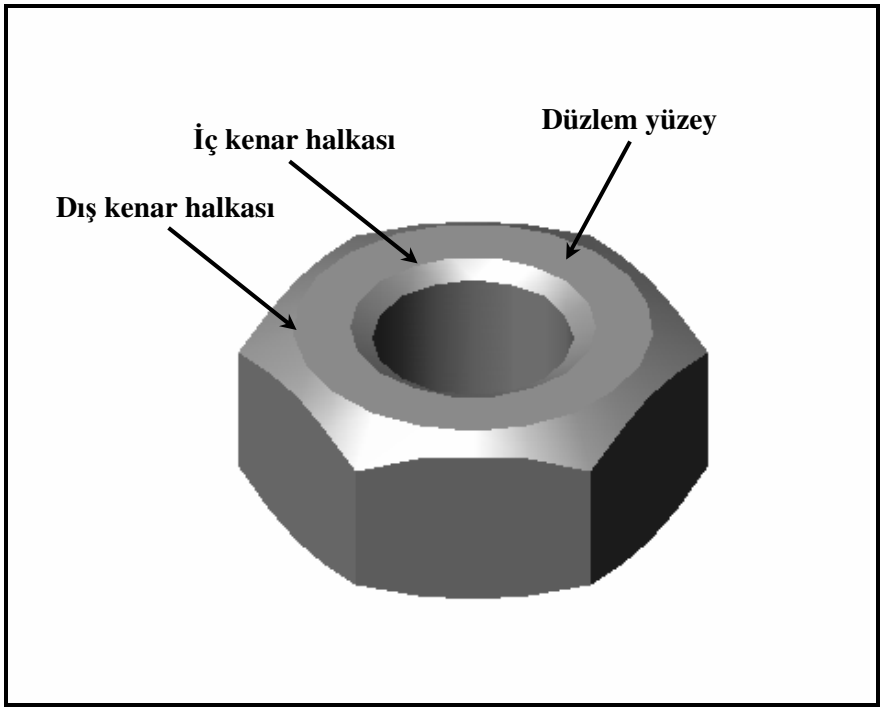
Bu format, Bölüm 4'te açıklanan STEP formatının çözümü şeklinde olup ilave olarak her bir yüzeye STEP'te temsil edildiği şekilde bir yüzey numarası verilmiştir. STEP dönüşüm formatındaki her bir yüzün temsili yüzey numarası ile başlamakta ve *"%%%%%"* karakterleri ile sona ermektedir. Daha sonra birinci bölümde yüzey tipi ve yüzey niteliklerinin (yüzey tipi, yarıçap, yön, koniklik açısı, maksimum yarıçap,

minimum yarıçap, lokal orijin vs.) altına nitelik değerleri yazılarak temsil edilmiştir. STEP dönüşüm formatında yüzey tipleri, silindirik yüzey, konik yüzey, küresel yüzey, toroid yüzey, düzlem yüzey, sınırlı yüzey ve b_spline yüzeyler olarak sınıflandırılmıştır. STEP dönüşüm formatında temsil edilen yüzeyin yüzey tipi eğer düzlem yüzey ise yüzey nitelikleri yüzeye ait yüzey tipi, lokal orijin ve lokal koordinat sisteminin *z* eksenin yönüdür. Yüzey tipi silindirik veya küresel yüzey ise yüzey nitelikleri yüzey tipi, yüzeyin yarıçapı, yüzeye ait lokal orijin ve lokal koordinat sisteminin *z* eksenin yönüdür. Yüzey tipi konik yüzey ise yüzey nitelikleri yüzey tipi, yüzeyin yarıçapı, koniklik açısı, yüzeye ait lokal orijin ve lokal koordinat sisteminin *z* eksenin yönüdür. Yüzey tipi toroid yüzey ise yüzey nitelikleri yüzey tipi, yüzeyin maksimum ve minimum yarıçapı, yüzeye ait lokal orijin ve lokal koordinat sisteminin *z* eksenin yönüdür. Yüzey tipi sınırlı veya b_spline yüzey ise yüzey nitelikleri yüzeyin tipidir. Lokal koordinat sisteminin *z* ekseninin yönü düzlem ve küresel yüzeyde yüzeyin normalinin yönünü, silindirik, konik ve toroid yüzeyde bu yüzeylerin eksenlerinin yönlerini vermektedir. Lokal koordinat sisteminin orijini ise montaj aşamasında seçilecek referans yüzeyin temel noktası olarak kullanılmaktadır. İkinci bölümde ise yüzey içerisinde oluşturulmuş bir veya birden fazla iç kenar halkası varsa bunlar yüz sınırı, aynı zamanda yüzeyin dış sınırını temsil etmek için yüz dış sınırı öğeleri kullanılmıştır. Bu iki öğenin de alt bölümlerinde yüz sınırı ve yüz dış sınırının kenar halkalarını oluşturan kenarların eğri tipleri, nitelikleri ve eğrinin başlangıç ve bitiş koordinat değerleri bulunmaktadır. Bu çalışmada beş çeşit kenar eğrisi tipi kullanılmıştır. Bunlar, yay, doğru, elips, sınırlı eğri ve b_spline eğridir. STEP dönüşüm formatında temsil edilen eğrinin eğri tipi bir yay ise yayın yarıçapı, yayın merkezi ve yayın başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları verilmiştir. Eğri tipi doğru ise doğru boyu ve doğrunun başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları verilmiştir. Eğri tipi elips ise elipsin maksimum yarıçapı ve minimum yarıçapı, elipsin merkezi ve elipsin başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları verilmiştir. Eğri tipi sınırlı eğri yada b_spline eğri ise STEP dönüşüm formatında sadece bu eğri tiplerinin başlangıç ve bitiş noktalarının koordinatları verilmiştir. STEP dönüşüm formatı sonraki aşamalarda kullanılacağından yapılacak işlemleri basitleştirmek amacıyla program tarafından gerçekleştirilmiştir. STEP dönüşüm formatının yapısı Şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5. STEP dönüşüm formatının yapısı

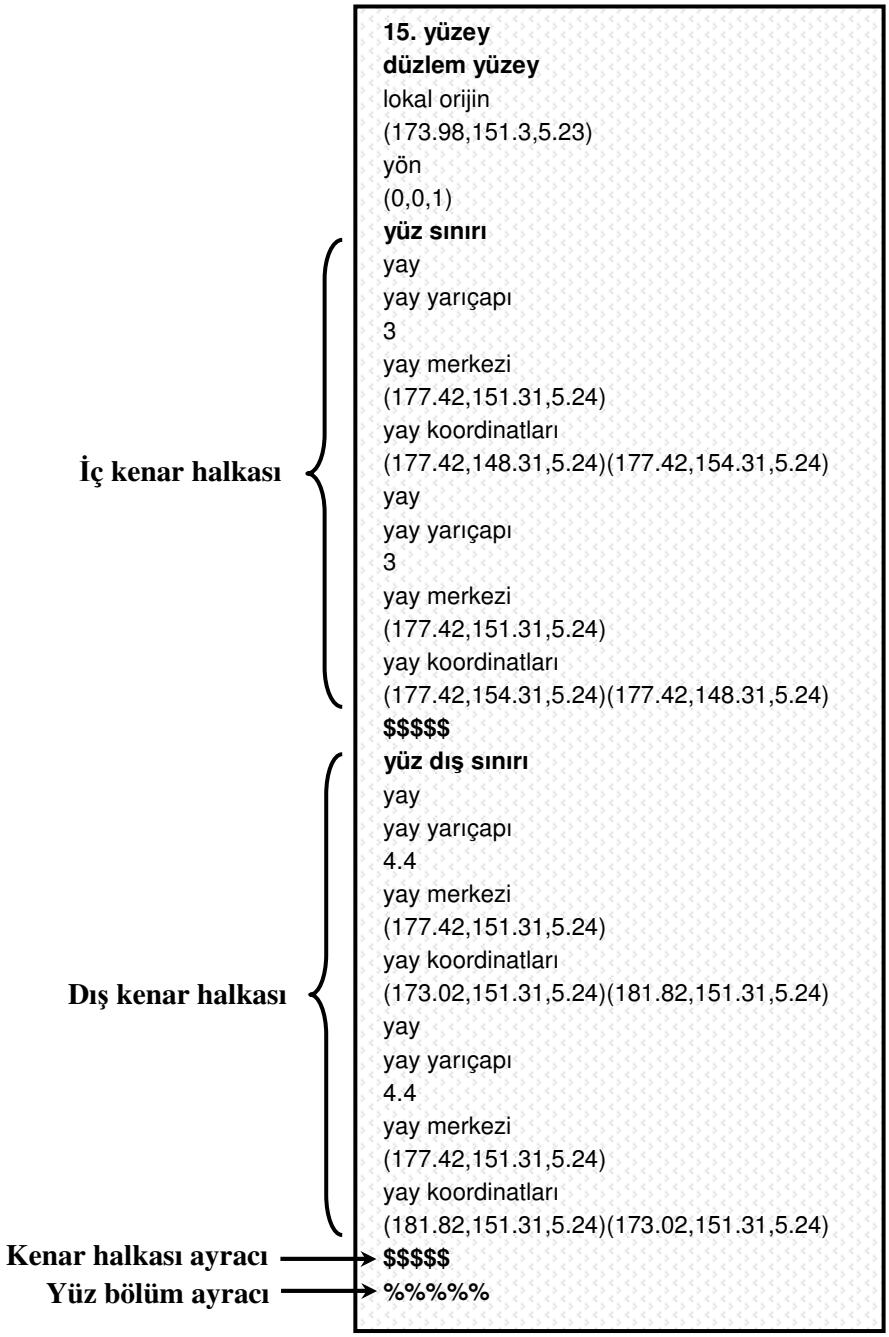
Burada verilen yüz üzerinde herhangi bir iç kenar halkası olmadığı için STEP dönüşüm formatında yüz sınırı öğesi temsil edilmemiştir. Sadece, yüzü sınırlayan dış kenar halkası yüz dış sınırı ile temsil edilmiştir.



Şekil 6.6. Somun üzerindeki bir düzlem yüzeyin iç ve dış kenar kalkası

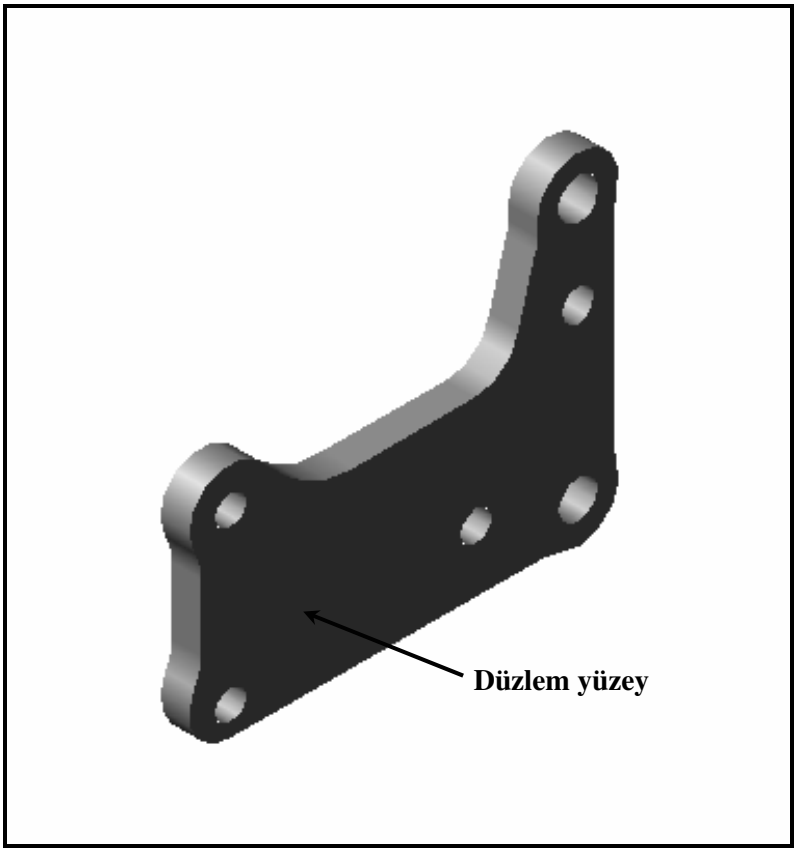
Şekil 6.6'da gösterildiği gibi somuna ait düzlem yüzeyin bir tane hem dış kenar halkası hem de iç kenar halkası bulunmaktadır. Herhangi bir parça üzerindeki her bir yüzü çevreleyen mutlaka bir dış kenar halkası vardır. Fakat iç kenar halkası yüz üzerinde bir unsurun (cep, delik, vb.) olup olmamasına bağlıdır. Şekil 6.6'daki düzlem yüzün dış kenar halkasının yanı sıra yüz üzerinde bir delik unsurunu biçimlendiren bir kenar halkası olduğundan buna bir iç kenar halkası olduğu anlamına gelmektedir. STEP dönüşüm formatında dış kenar halkası ve iç kenar halkası ayrı ayrı alt bölümlerde temsil edilmiştir (Şekil 6.7). Bir dış kenar halkası STEP dönüşüm formatında yüz bölümünün içinde *"yüz dış sınırı"* ile başlayan ve *"$$$$$"* karakterleri ile biten bölüm içinde temsil edilmiştir (Şekil 6.7). Bir iç kenar halkası ise STEP dönüşüm formatında yüz bölümünün içinde *"yüz sınırı"* ile başlayan ve *"$$$$$"* karakterleri ile biten bölüm içinde temsil edilmiştir (Şekil 6.7). Bu karakterler arasında kalan öğeler ise bu iç ve ya dış kenar halkasını oluşturan kenar eğri tipleri, eğri nitelikleri ve kenar eğrilerinin başlangıç ve bitiş koordinatlarını temsil etmektedir. Şekil 6.7'de gösterildiği gibi *"$$$$$"* karakterleri kenar halkası ayracı olarak isimlendirilmiştir. Bu ayraç her bir iç veya dış kenar

halkası bölümünü birbirinden ayrı olarak STEP dönüşüm formatında temsil edilmesini sağlamıştır. *"%%%%%"* karakterleri ise yüz bölümünü sonlandığını gösteren karakterlerdir. STEP dönüşüm formatında bir yüz bölümü o yüze ait yüz numarası ile başlamakta ve *"%%%%%"* karakterleri ile sonlanmaktadır.



Şekil 6.7. Somun üzerindeki düzlem yüzeyin iç ve dış kenar halkalarının STEP dönüşüm formatında temsili

Herhangi bir yüzey üzerinde birden fazla iç kenar halkası olabilmektedir. Bu da bu yüzey üzerinde birden fazla unsur olduğunu göstermektedir. Örneğin; Şekil 6.8'de gösterildiği gibi motor kulakçığının düzlem yüzeyinin bir dış kenar halkası olmasına rağmen bu yüzey üzerinde altı tane delik unsuru bulunduğu için yüzeyin altı tane iç kenar halkası olduğu anlamına gelmektedir. Bu yüzeye ait yüzey nitelikleri, bir tane dış kenar halkası ve altı tane iç kenar halkası Şekil 6.9'da gösterildiği gibi STEP dönüşüm formatının düzlem yüzeye ait bölümünde ayrı ayrı alt bölümlerde temsil edilebilmektedir. STEP dönüşüm formatında bir yüzün alt bölümleri şu şekilde sıralanmıştır; yüz numarası, yüz nitelikleri, yüz sınırı ve yüz dış sınırı ve yüz bölüm sonu. Bu formatta parçaya ait tüm yüzey öğeleri STEP formatından geliştirilen program tarafından okunarak STEP dönüşüm formatında temsil edilmiştir.



Şekil 6.8. Motor kulakçığı

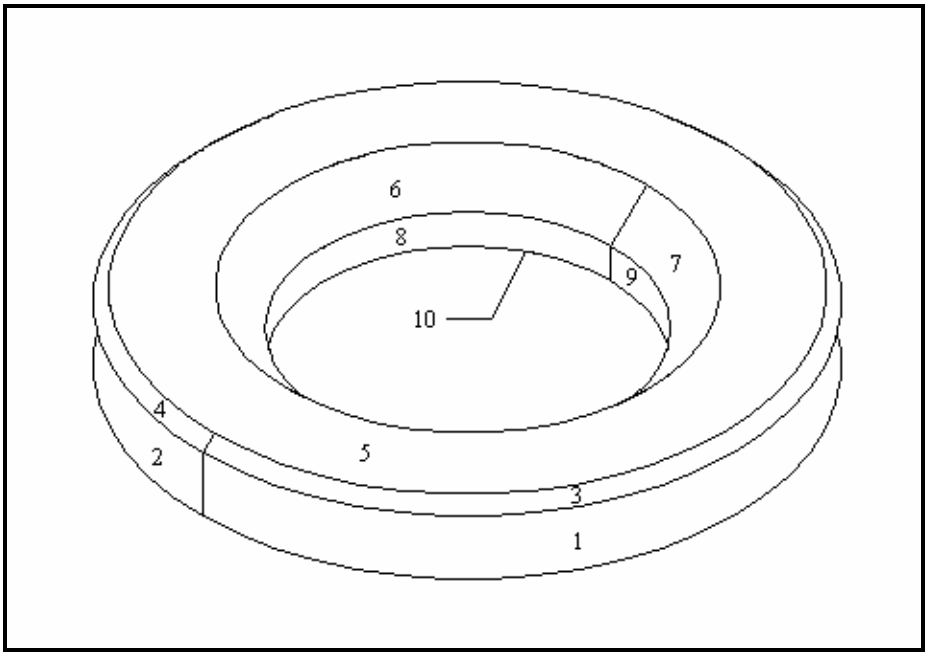
30. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(542.12,349.64,-104.09)
yön
(1,0,0)
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,519.52,-12)
yay koordinatları
(542.12,525.77,-12)(542.12,513.27,-12)
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,519.52,-12)
yay koordinatları
(542.12,513.27,-12)(542.12,525.77,-12)
$$$$$
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,519.52,-82)
yay koordinatları
(542.12,525.77,-82)(542.12,513.27,-82)
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,519.52,-82)
yay koordinatları
(542.12,513.27,-82)(542.12,525.77,-82)
$$$$$
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,418.02,-68.5)
yay koordinatları
(542.12,424.27,-68.5)(542.12,411.77,-68.5)
yay
yay yarıçapı
6.25
yay merkezi
(542.12,418.02,-68.5)
yay koordinatları
(542.12,411.77,-68.5)(542.12,424.27,-68.5)
$$$$$
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
6.75
yay merkezi
(542.12,375.52,-10)
yay koordinatları
(542.12,382.27,-10)(542.12,368.77,-10)
yay
yay yarıçapı
6.75
yay merkezi
(542.12,375.52,-10)
yay koordinatları
(542.12,368.77,-10)(542.12,382.27,-10)
$$$$$
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
8.4
yay merkezi
(542.12,375.52,28)
yay koordinatları
(542.12,383.92,28)(542.12,367.12,28)
yay
yay yarıçapı
8.4
yay merkezi
(542.12,375.52,28)
yay koordinatları
(542.12,367.12,28)(542.12,383.92,28)
$$$$$
yüz sınırı
yay
yay yarıçapı
8.05
yay merkezi
(542.12,375.52,-80)
yay koordinatları
(542.12,383.57,-80)(542.12,367.47,-80)
yay
yay yarıçapı
8.05
yay merkezi
(542.12,375.52,-80)
yay koordinatları
(542.12,367.47,-80)(542.12,383.57,-80)
$$$$$
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
129.41
doğru koordinatları
(542.12,390.12,-94)(542.12,519.52,-94)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,519.52,-77)
yay koordinatları
(542.12,519.52,-94)(542.12,536.52,-77)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,519.52,-77)
yay koordinatları
(542.12,536.52,-77)(542.12,534.23,-68,47)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,551.52,-58.43)
yay koordinatları

```
(542.12,534.23,-68.47)(542.12,531.52,-58.43)
doğru
doğru boyu
27.85
doğru koordinatları
(542.12,531.52,-58.43)(542.12,531.52,-30.57)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,551.52,-30.57)
yay koordinatları
(542.12,531.52,-30.57)(542.12,534.23,-20.53)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,519.52,-12)
yay koordinatları
(542.12,534.23,-20.53)(542.12,536.52,-12)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,519.52,-12)
yay koordinatları
(542.12,536.52,-12)(542.12,507.5,0.02)
doğru
doğru boyu
14.57
doğru koordinatları
(542.12,507.5,0.02)(542.12,497.2,-10.28)
yay
yay yarıçapı
40
yay merkezi
(542.12,468.91,18)
yay koordinatları
(542.12,497.2,-10.28)(542.12,468.91,-22)
doğru
doğru boyu
49.65
doğru koordinatları
(542.12,468.91,-22)(542.12,419.27,-22)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,419.27,-2)
yay koordinatları
(542.12,419.27,-22)(542.12,399.95,-7.18)
doğru
doğru boyu
26.06
doğru koordinatları
(542.12,399.95,-7.18)(542.12,393.2,17.99)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,412.52,23.17)
yay koordinatları
(542.12,393.52,17.99)(542.12,392.52,23.17)
doğru
doğru boyu
4.83
doğru koordinatları
(542.12,392.52,23.17)(542.12,392.52,28)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,375.52,28)
yay koordinatları
(542.12,392.52,28)(542.12,358.52,28)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,375.52,28)
yay koordinatları
(542.12,358.52,28)(542.12,359.44,22.49)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,340.52,16)
yay koordinatları
(542.12,359.44,22.49)(542.12,360.52,16)
doğru
doğru boyu
84
doğru koordinatları
(542.12,360.52,16)(542.12,360.52,-68)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,340.52,-68)
yay koordinatları
(542.12,360.52,-68)(542.12,359.44,-74.49)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,375.52,-80)
yay koordinatları
(542.12,359.44,-74.49)(542.12,358.52,-80)
yay
yay yarıçapı
17
yay merkezi
(542.12,375.52,-80)
yay koordinatları
(542.12,358.52,-80)(542.12,382.23,-95,62)
yay
yay yarıçapı
20
yay merkezi
(542.12,390.12,-114)
yay koordinatları
(542.12,382.23,-95.62)(542.12,390.12,-94)
$$$$$
%%%%%
```

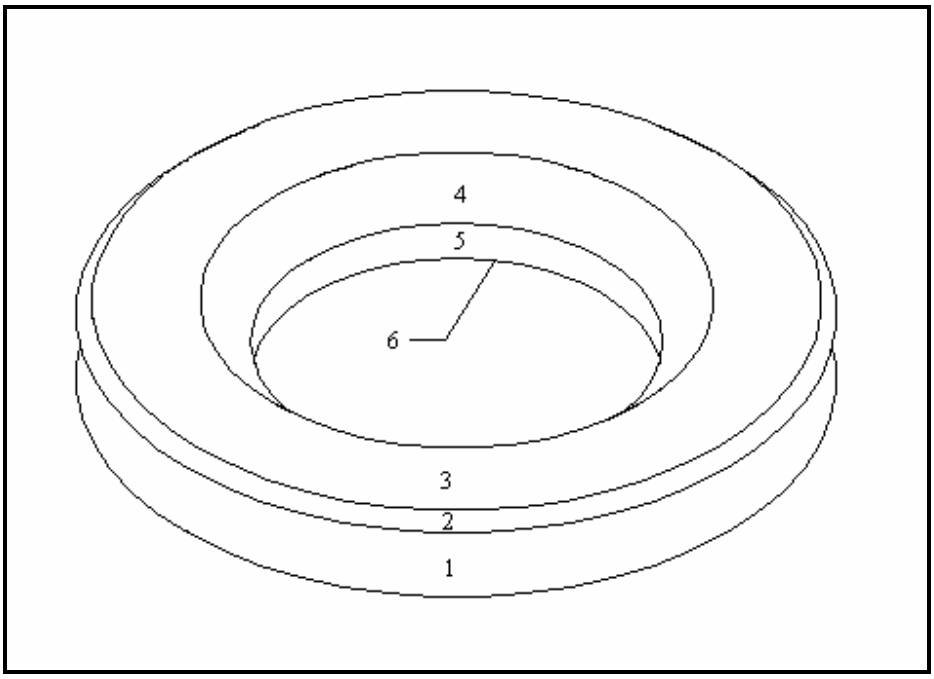
Şekil 6.9. Motor kulakçığına ait STEP dönüşüm formatı

6.2. Yüzeyleri Birleştirme

STEP grafik standardında silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler parça üzerindeki bulunuş şekline göre iki, üç veya dört yüzeyle temsil edilebilmektedir. Bu STEP formatının iç temsil yapısından kaynaklanan bir durumdur. Örneğin, Şekil 6.10'daki rondelanın 1-2 ve 8-9 numaralı silindirik yüzey çiftleri ve 3-4 ve 6-7 numaralı konik yüzey çiftleri tek bir yüzey olarak görünmesine rağmen rondela STEP dosyasında iki simetrik yüzey olarak temsil edilmiştir. STEP formatının bu yapısını bilmeyen kullanıcılar bu çalışmada kullanılan parça tanıma algoritması için bilgi tabanına yazacağı kuraldaki yüz komşuluk ilişkileri ile STEP formatından program tarafından elde edilen yüz komşuluk ilişkileri birbirini karşılamayacağından, parça tanıma ve montaj işlemleri imkansız hale gelecektir. Bu gibi aksaklıkları gidermek için program bu simetrik olan veya aynı nitelikleri paylaşan yüzeyler arasında bir yüzey birleştirme işlemi gerçekleştirerek bu yüzey çiftlerinin tek bir yüzey haline getirmekte ve budanmış STEP dönüşüm formatı olarak isimlendirilen bir formatta temsil edilmesini sağlamaktadır. Budanmış STEP dönüşüm formatı, STEP dönüşüm formatında özdeş yüzeyleri temsil eden yüz bölümlerinin bir araya getirilerek tekbir yüz bölümü olarak temsil edilmesi ile oluşturulmuş bir formattır. Bu format parça tanıma ve montaj işlemleri için girdi olarak kullanılan formattır. Program budanmış STEP dönüşüm formatını oluştururken bir önceki aşamada anlatılan STEP dönüşüm formatını girdi olarak kabul etmektedir. Şekil 6.11'de rondelanın yüzey birleştirme işleminden sonraki yüzey biçimleri ve sayıları görülmektedir. Rondelanın STEP temsilinde 10 olan yüzey sayısı yüzey birleştirme işleminden sonra 6 tanedir. 4 çift yüzey arasında yüzey birleştirme işlemi yapılmıştır. Yüzey birleştirme işleminden sonra Şekil 6.10'daki 1-2, 3-4, 6-7 ve 8-9 numaralı silindirik ve konik yüzeyler sırasıyla Şekil 6.11'deki 1, 2, 4, 5 numaralı yüzeylere geliştirilen program tarafından otomatik olarak dönüştürülmüş ve budanmış STEP dönüşüm formatında temsil edilmiştir. Böylece, rondelanın bilgi tabanında temsil edilecek kuralında tanımlanması gereken yüz komşuluk ilişkileri doğru olarak gerek kullanıcı tarafından gerekse geliştirilen otomatik kural yazma modülü tarafından tanımlanarak bilgi tabanında temsil edilebilmektedir. Bu da parça tanıma ve montaj prosedürlerinin verimli bir şekilde yürütülmesini sağlayacaktır.



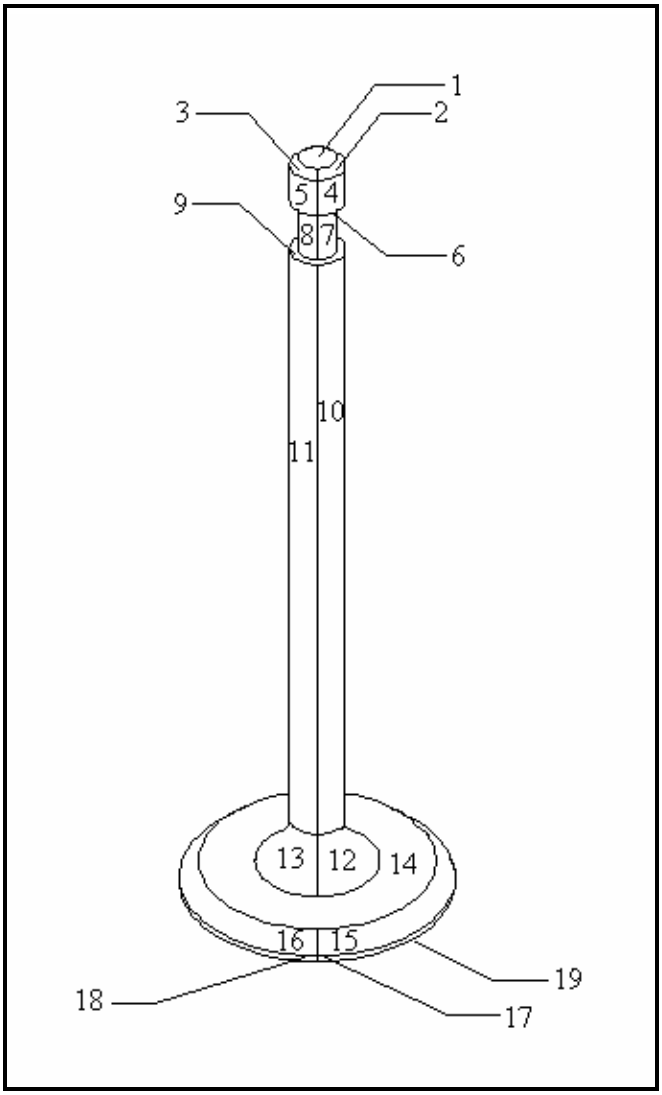
Şekil 6.10. Rondela yüzlerinin STEP formatındaki temsili



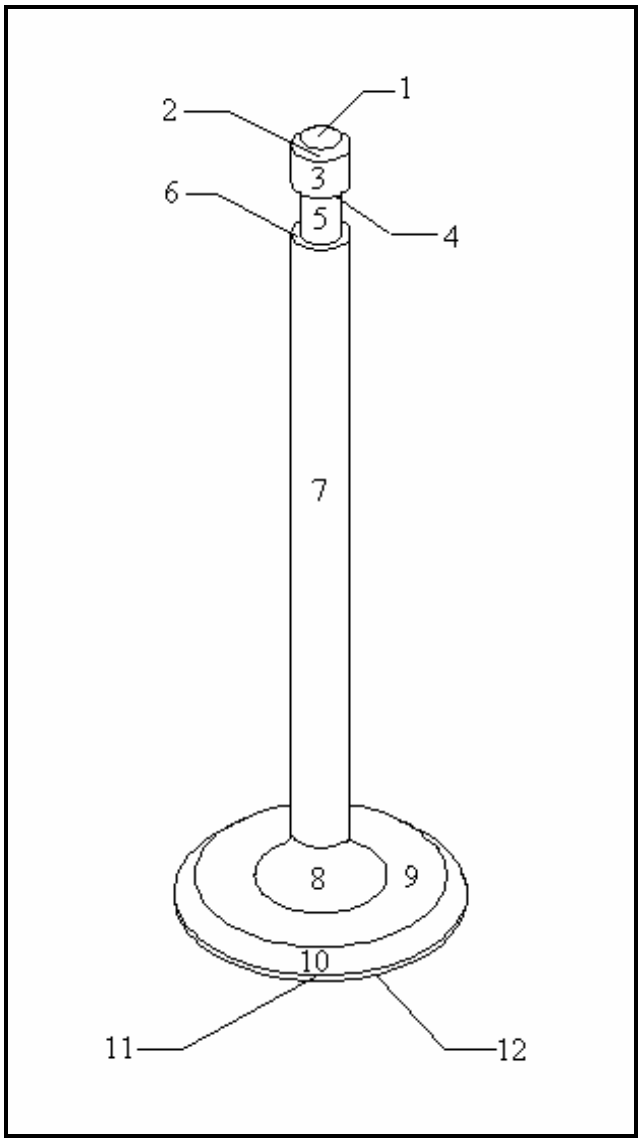
Şekil 6.11. Rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili

Yüzey birleştirme işlemine bir başka örnek Şekil 6.12'deki egzost supabıdır. Egzost supabındaki 2-3, 4-5, 7-8, 10-11, 12-13, 15-16 ve 17-18 numaralı silindirik, konik ve

sınırlı yüz çiftleri yine STEP dosyasında nitelikleri aynı iki simetrik yüzey olarak temsil edilmiştir. Parça tanıma ve montaj işlemlerinin doğru olarak yürütülmesi için program, bu simetrik yüz çiftleri arasında da yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Yüzey birleştirme için program önce simetrik yüzlerin özdeş yüzler olup olmadığını STEP dönüşüm formatından sorgulamaktadır. Daha sonra bu sorgulama sonucunda yüz çiftleri özdeş yüzler ise program yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Yüz çiftleri özdeş yüzler değilse, program bu yüzleri ferdi yüzler olarak kabul edip bir sonraki aşamaya geçmektedir. Burada program yüz çiftlerini sorgulamış, yüz çiftlerinin özdeş yüzler olduğuna karar vermiş ve yüz çiftleri arasında yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmiştir. Bu yüzler birleştirme işleminden sonra Şekil 6.13'daki gibi tek bir yüzey olmuştur. Bu birleştirme işleminden sonra komşu yüzler tespit edilerek parça tanıma, yüz komşuluk matrisini oluşturma ve montaj işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey birleştirme işleminden önce parçanın STEP formatında 19 yüz varken birleştirme işleminden sonra parçanın yüz sayısı 12 yüze inmiştir. Yani, 7 çift yüzde birleştirme işlemi program tarafından yapılmıştır. Yüzey birleştirme işleminden sonra Şekil 6.12'deki egzost supabındaki 2-3, 4-5, 7-8, 10-11, 12-13, 15-16 ve 17-18 numaralı silindirik, konik ve sınırlı yüz çiftleri sırasıyla Şekil 6.13'daki egzost supabındaki 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11 numaralı yüzeyler olarak temsil edilmiştir.



Şekil 6.12. Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işleminden önceki temsili



Şekil 6.13. Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili

Yüzey birleştirme işlemi aynı zamanda yukarıdaki şekillerde (rondela ve egzost supabı) verilen yüzlerin STEP dönüşüm formatındaki yüz bölümleri arasında da yapılmaktadır. Program, STEP dönüşüm formatındaki özdeş yüz bölümlerini tespit ederek bu özdeş yüzleri birleştirmektedir. Birleştirilen yüz bölümleri budanmış STEP dönüşüm formatında tek bir yüz bölümünde temsil edildiğinden program diğer aşamalarda bu yüzleri tek bir yüzey gibi düşünmektedir. Yüzey birleştirme işlemi yapabilmek için bazı şartların bir araya gelmesi gerekmektedir. Yani, program tüm simetrik olan yüz çiftleri için yüzey birleştirme işlemini yapmamaktadır. Aynı

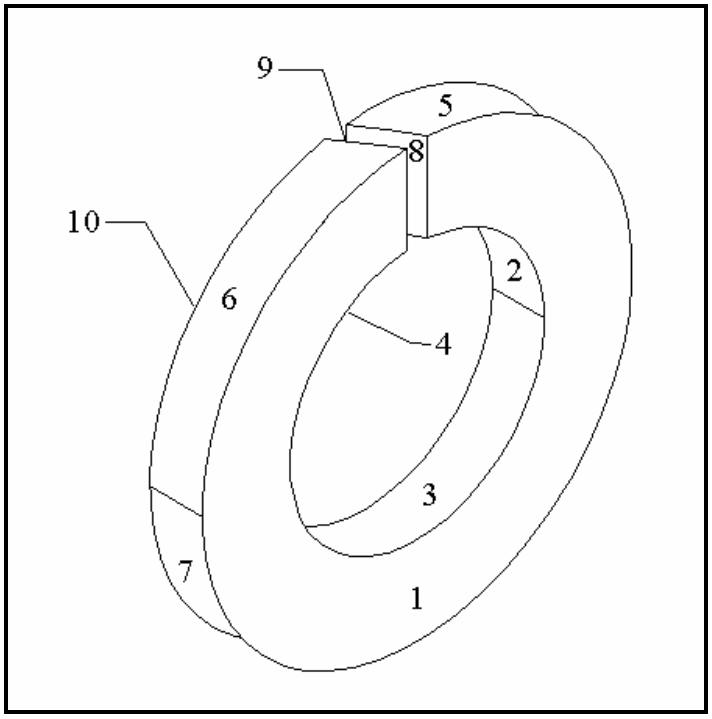
nitelikleri taşıyan iki veya daha fazla yüzeyin en az ortak bir kenarı paylaşmaları durumunda program yüzey birleştirme işlemini gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda silindirik ve küresel yüzeyler için iki yüzeyin yüzey tiplerinin, yarıçaplarının, yönlerinin ve lokal orijinlerinin birbiri ile aynı olması gerekmektedir. Konik yüzeyler için yüzey tiplerinin, koniklik açılarının, yarıçaplarının, yönlerinin ve lokal orijinlerinin birbirine eşit olması gerekmektedir. Toroid yüzeyler için ise yüzey tiplerinin, toroid yüzeyin maksimum ve minimum yarıçaplarının, yönlerinin ve lokal orijinlerinin birbirine eşit olması gerekmektedir. Bu eşitlikler sağlandığında ve iki yüzey en az bir ortak kenarı paylaştığında iki yüzeyin bilgileri bir araya getirilerek bu iki yüzey tek bir yüzeymiş gibi değerlendirilmiş ve komşu yüzeyleri birleştirilen bu yüzeylerle bulunmuştur. Yüzeyin niteliklerinde ise aynı cins ve nitelikli yüzeyler arasında birleştirme yapıldığından bir değişme olmamıştır. Şekil 6.14'da egzost supabının yüzey birleştirme işlemi yapılmadan önceki temsilindeki (Şekil 6.12) 17 ve 18 numaralı silindirik yüzeylerin STEP dönüşümü ve yüzey birleştirme işlemi yapıldıktan sonraki durumu (Şekil 6.13) egzost supabının 11 numaralı silindirik yüzeyinin budanmış STEP dönüşüm formatı verilmiştir. Bu yüzey birleştirme işlemi tüm yüzey çiftleri üzerinde uygulanarak bilgi tabanı tasarımı, parça tanıma ve montaj prosedürleri kullanışlı hale getirilmiştir.

STEP dönüşüm formatı
17. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
14
lokal orijin
(176.5, 137.5, -2.625)
yön
(0, 0, -1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -2.25)
yay koordinatları
(176.5, 151.5, -2.25)(176.5, 123.5, -2.25)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 123.5, -2.25)(176.5, 123.5, -3)
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -3)
yay koordinatları
(176.5, 123.5, -3)(176.5, 151.5,-3)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 151.5, -3)(176.5, 151.5, -2.25)
18. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
14
lokal orijin
(176.5, 137.5, -2.625)
yön
(0, 0, -1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -3)
yay koordinatları
(176.5, 151.5, -3)(176.5, 123.5, -3)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 123.5, -3)(176.5, 123.5, -2.25)
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -2.25)
yay koordinatları
(176.5, 123.5, -2.25)(176.5, 151.5, -2.25)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 151.5, -2.25)(176.5, 151.5, -3)

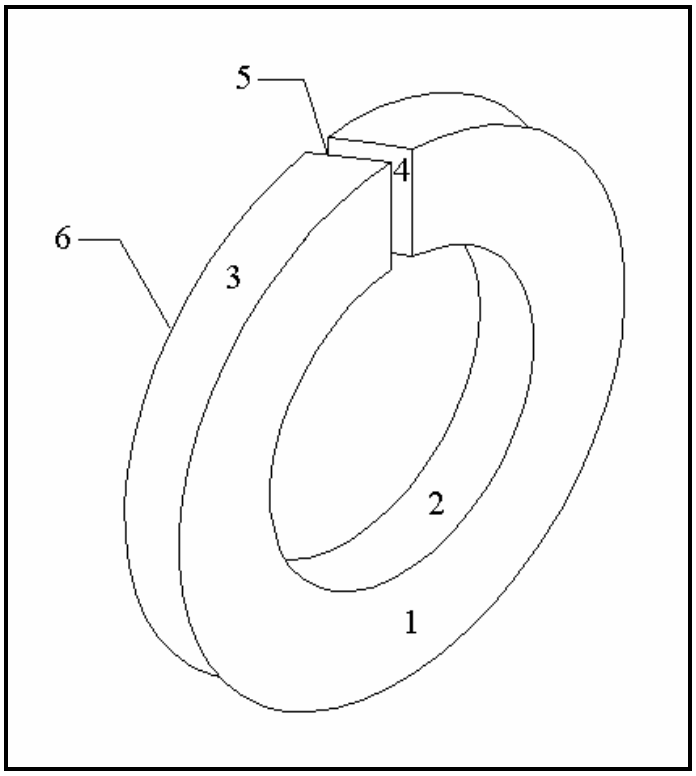
Budanmış STEP dönüşüm formatı
11. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
14
lokal orijin
(176.5, 137.5, -2.625)
yön
(0, 0, -1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -2.25)
yay koordinatları
(176.5, 151.5, -2.25)(176.5, 123.5, -2.25)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 123.5, -2.25)(176.5, 123.5, -3)
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -3)
yay koordinatları
(176.5, 123.5, -3)(176.5, 151.5, -3)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 151.5, -3)(176.5, 151.5, -2.25)
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -3)
yay koordinatları
(176.5, 151.5, -3)(176.5, 123.5, -3)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 123.5, -3)(176.5, 123.5, -2.25)
yay
yay yarıçapı
14
yay merkezi
(176.5, 137.5, -2.25)
yay koordinatları
(176.5, 123.5, -2.25)(176.5, 151.5, -2.25)
doğru
doğru boyu
0.75
doğru koordinatları
(176.5, 151.5, -2.25)(176.5, 151.5, -3)

Şekil 6.14 Egzost supabı yüzlerinin birleştirme işlemi

Bazı durumlarda STEP grafik standardında bir yüzey üç veya dört yüzeyle temsil edilebilmektedir. Örneğin, Şekil 6.16'daki yaylı rondelanın 2 ve 3 numaralı silindirik yüzleri STEP formatında 2-3-4 ve 5-6-7 numaralı üçer yüzey ile temsil edilmiştir (Şekil 6.15). Burada, bu yüzeyler iki parçada temsil edilmişken yüzlerden biri 8 ve 9 numaralı yüzler ile iki parçaya ayrıldığından bir silindirik yüzey toplam üç yüzeyle temsil edilmiştir. Bunu önlemek için yüzey birleştirme işlemi bu üç yüzey için üç defa tekrarlanarak tek bir yüzey elde edilmiştir (Şekil 6.16). Yüzey birleştirme işlemini program STEP dönüşüm formatındaki üç yüzeyin yüz bölümlerine uygulayarak budanmış STEP dönüşüm formatında yüzleri tek bir yüz bölümü olarak temsil etmiştir. Budanmış STEP dönüşüm formatı daha sonraki aşamalardaki işlemlerde girdi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 6.15. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden önceki temsili



Şekil 6.16. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonraki temsili

Şekil 6.15'deki yaylı rondelanın 5, 6 ve 7 numaralı yüzlerinin STEP dönüşüm formatı ve bu format üzerinde yüzey birleştirme işleminin yapılışı Şekil 6.17'de gösterilmiştir. Şekil 6.18'de ise yüzey birleştirme işleminden sonra elde edilen Şekil 6.16'daki 3 numaralı yüzey için budanmış STEP dönüşüm formatı verilmiştir.

STEP dönüşüm formatı
5. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
9
lokal orijin
(451,636,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(442,635,0)(451,635,9)
elips
max yarıçap
18
min yarıçap
9
elips merkezi
(451,634,0)
elips koordinatları
(451,635,9)(450,637,8)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(450,637,8)(442,637,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(442,637,0)(442,635,0)
$$$$$
%%%%%

+

STEP dönüşüm formatı
6. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
9
lokal orijin
(451,636,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(460,637,0)(451,637,9)
elips
max yarıçap
18
min yarıçap
9
elips merkezi
(451,636,0)
elips koordinatları
(451,637,9)(452,635,9)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(452,635,9)(460,635,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(460,635,57,0)(460,637,0)
$$$$$
%%%%%

+

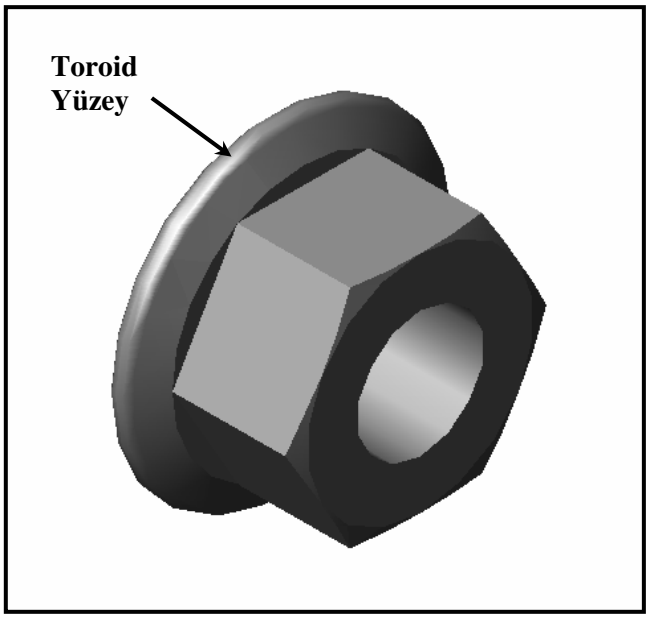
STEP dönüşüm formatı
7. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
9
lokal orijin
(451,636,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(460,635,0)(442,635,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(442,635,0)(442,637,0)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(442,637,0)(460,637,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(460,637,0)(460,635,0)
$$$$$
%%%%%

Şekil 6.17. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işlemi

Budanmış STEP dönüşüm formatı
3. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
9
lokal orijin
(451,636,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(442,635,0)(451,635,9)
elips
max yarıçap
18
min yarıçap
9
elips merkezi
(451,634,0)
elips koordinatları
(451,635,9)(450,637,8)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(450,637,8)(442,637,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(442,637,0)(442,635,0)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(460,637,0)(451,637,9)
elips
max yarıçap
18
min yarıçap
9
elips merkezi
(451,636,0)
elips koordinatları
(451,637,9)(452,635,9)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(452,635,9)(460,635,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(460,635,57,0)(460,637,0)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,635,0)
yay koordinatları
(460,635,0)(442,635,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(442,635,0)(442,637,0)
yay
yay yarıçapı
9
yay merkezi
(451,637,0)
yay koordinatları
(442,637,0)(460,637,0)
doğru
doğru boyu
2
doğru koordinatları
(460,637,0)(460,635,0)

Şekil 6.18. Yaylı rondela yüzlerinin birleştirme işleminden sonra budanmış STEP dönüşüm formatındaki temsili

Şekil 6.19'daki flanşlı somuna ait toroid yüzey flanşlı somunun program tarafından otomatik olarak oluşturulan STEP dosyasında özdeş dört yüzey olarak temsil edilmiştir. Yine program, ilk önce flanşlı somunun STEP formatını okuyarak bu formatı STEP dönüşüm formatına dönüştürmüş ve STEP dönüşüm formatından bu dört özdeş yüzeyi tespit ederek dört özdeş yüzeyi ve diğer özdeş yüzeyleri tek bir yüzeye dönüştürmüş ve bu yüzeyleri budanmış STEP formatında temsil etmiştir. Geliştirilen programda silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeylerin maksimum dört yüzeyle temsil edilebileceği düşünülerek dört defa yüzey birleştirme işlemi yapılmıştır. Yüzey birleştirme işlemi yapıldıktan sonra liste kutusundaki yüz bölümlerinin numaralarını gösteren yüzey numaraları sıralaması bozulduğundan STEP dönüşüm formatındaki yüz numaraları iptal edilerek budanmış STEP dönüşüm formatında yüz bölümleri tekrar numaralandırılmaktadır. Buradaki numaralandırma işleminden sonra programda gerçekleştirilen son işleme kadar yüz bölümlerinin yüz numaraları değişmemektedir. Şekil 6.20'de silindirik yüzeyler için yüzey birleştirme işlemi yapan program satırları verilmiştir.



Şekil 6.19. Flanşlı somun

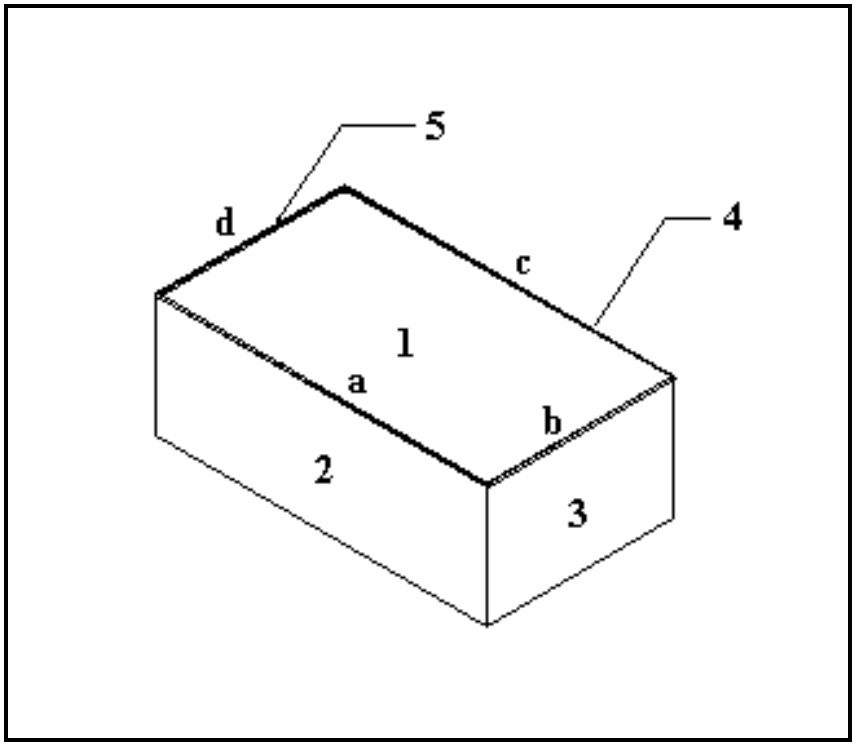
```
For modif = 0 To List2.ListCount - 1
silnumb = 0
If List2.List(modif) Like "silindirik yüzey" Then
silyüzbas1 = modif
For silmo20 = silyüzbas1 To List2.ListCount - 1
If List2.List(silmo20) = "$$$$$" And List2.List(silmo20 + 1) = "%%%%%" Then
silyüzson1 = silmo20 + 1
Exit For
End If
Next silmo20
For silmo1 = silyüzbas1 To silyüzson1
If List2.List(silmo1) = "yarıçap" Then:silfaceradius = List2.List(silmo1 + 1):End If
If List2.List(silmo1) = "lokal orijin" Then:silfaceorigin = List2.List(silmo1 + 1):End If
If List2.List(silmo1) = "yön" Then:silfacedirection = List2.List(silmo1 + 1):End If
If List2.List(silmo1) = "yay koordinatları" Or List2.List(silmo1) = "doğru koordinatları" Or
List2.List(silmo1) = "elips koordinatları" Or List2.List(silmo1) = "b_spline eğri koordinatları" Then
silsurpoint = List2.List(silmo1 + 1)
silsurbasla = InStr(silsurpoint, ")(")
silsurbitis = InStrRev(silsurpoint, ")")
silsurbitis1 = silsurbitis - silsurbasla
silsurbaslanokta = Left(silsurpoint, silsurbasla)
silsurbitisnokta = Right(silsurpoint, silsurbitis1)
silsurpoint1 = silsurbaslanokta & silsurbitisnokta
silsurpoint11 = silsurbitisnokta & silsurbaslanokta
For silyaz = silyüzson1 To List2.ListCount - 1
If List2.List(silyaz) = "silindirik yüzey" Then
silyüzbas2 = silyaz
For silmo22 = silyüzbas2 To List2.ListCount - 1
If List2.List(silmo22) = "$$$$$" And List2.List(silmo22 + 1) = "%%%%%" Then
silyüzson2 = silmo22 + 1:Exit For:End If:Next silmo22
For silmo30 = silyüzbas2 To silyüzson2
If List2.List(silmo30) = "yarıçap" Then:silfaceradius1 = List2.List(silmo30 + 1):End If
If List2.List(silmo30) = "lokal orijin" Then:silfaceorigin1 = List2.List(silmo30 + 1):End If
If List2.List(silmo30) = "yön" Then:silfacedirection1 = List2.List(silmo30 + 1):End If
If List2.List(silmo30) = "yay koordinatları" Or List2.List(silmo30) = "doğru koordinatları" Or
List2.List(silmo30) = "elips koordinatları" Or List2.List(silmo30) = "b_spline eğri koordinatları" Then
silsurpoint4 = List2.List(silmo30 + 1)
silsurbasla1 = InStr(silsurpoint4, ")(")
silsurbitis1 = InStrRev(silsurpoint4, ")")
silsurbitis12 = silsurbitis1 - silsurbasla1
silsurbaslanokta1 = Left(silsurpoint4, silsurbasla1)
silsurbitisnokta1 = Right(silsurpoint4, silsurbitis12)
silsurpoint12 = silsurbaslanokta1 & silsurbitisnokta1
silsurpoint112 = silsurbitisnokta1 & silsurbaslanokta1:End If
If silfaceradius = silfaceradius1 And silfaceorigin = silfaceorigin1 And silfacedirection =
silfacedirection1 Then
If silsurbaslanokta = silsurbaslanokta1 Or silsurbaslanokta = silsurbitisnokta1 Or silsurbitisnokta =
silsurbaslanokta1 Or silsurbitisnokta = silsurbitisnokta1 Then
silnumb = silnumb + 1
If silnumb = 1 Then
For silmo15 = silyüzbas1 - 1 To silyüzson1:List3.AddItem List2.List(silmo15):Next silmo15
For silmo33 = silyüzbas2 - 1 To silyüzson2:List3.AddItem List2.List(silmo33):Next silmo33
For silmo150 = silyüzbas1 - 1 To silyüzson1 - 2:List4.AddItem List2.List(silmo150):Next silmo150
For silmo330 = silyüzbas2 + 8 To silyüzson2:List4.AddItem List2.List(silmo330):Next silmo330
End If:End If:End If:Next silmo30
End If:Next silyaz:End If:Next silmo1
End If
Next modif
```

Şekil 6.20. Silindirik yüzeyler için yüzey birleştirme işlemi yapan program satırları

6.3. Komşu Yüzeyleri ve Yüzey Niteliklerini Elde Etme

Bu aşamada, program, yüzey birleştirme işleminden sonra elde edilen budanmış STEP dönüşüm formatını girdi olarak kabul etmekte ve budanmış STEP formatını değerlendirerek tanınacak parça üzerindeki her bir yüze ait nitelikleri ve komşuluk ilişkilerini komşuluk ilişki formatı olarak isimlendirilen bir formatta temsil etmektedir. Komşuluk ilişki formatında her bir yüze ait yine bir yüz bölümü oluşturulmakta ve her bir yüz bölümünde o yüze ait yüz nitelikler ve komşu yüzeyler temsil edilmektedir. Yüz nitelikleri daha önceden budanmış STEP dönüşüm formatında temsil edildiğinden program bu formattan bunları doğrudan komşuluk ilişki formatına geçirmiştir. Bu aşamada farklı olarak her bir yüze ait komşu yüzeyler tespit edilmiştir. Komşu yüzlerin bulunmasında, program sıra ile parça üzerindeki her bir yüzü budanmış STEP dönüşüm formatında temsil edildiği sıra ile ele alarak bu yüzü meydana getiren kenar halkasındaki her bir kenar eğrisini sorgulamıştır. Ele alınan yüzün kenar halkasını meydana getiren her bir kenar eğrisi iki yüzey tarafından paylaşıldığından, yüzü sınırlayan kenar halkasındaki her bir kenar eğrisini paylaşan diğer yüzler o yüze komşu yüzler olarak tanımlanmıştır. Bu şekilde, program budanmış STEP dönüşüm formatından yüzlerin kenar halkalarını oluşturan kenar eğrilerini tek tek sorgulayarak her bir yüze ait komşu yüzleri bulmaktadır. Şekil 6.21'deki örnek parçada 1 numaralı yüzün kenar halkası *a, b, c, d* kenar eğrilerinden (doğru) meydana gelmektedir. Örnek parçadaki 1 numaralı yüzün komşu yüzeylerini bulmak için bu yüzün kenar halkasındaki kenar eğrilerini paylaşan diğer yüzeyler program tarafından otomatik olarak tespit edilerek bu yüzeyler 1 numaralı düzlem yüzeyin komşu yüzeyleri olarak tespit edilmiştir. Şekil 6.21'de gösterildiği gibi bu kenar eğrilerinden *a* kenar eğrisi 1-2, *b* kenar eğrisi 1-3, *c* kenar eğrisi 1-4 ve *d* kenar eğrisi 1-5 yüzeyleri tarafından paylaşılmaktadır. Buna göre, 1 numaralı düzlem yüzeyin komşu yüzeyleri 2, 3, 4 ve 5 numaralı düzlem yüzeyler olarak tespit edilmiştir. Komşu olan yüzeylerin budanmış STEP dönüşüm formatındaki her bir yüz bölümünde temsil edilen kenar halkalarının her ikisinde nitelikleri ve başlangıç ve bitiş koordinatları aynı olan bir kenar eğrisi mevcuttur. Program bir yüzeyin budanmış STEP dönüşüm formatında temsil edilen kenar halkasındaki her bir kenarı paylaşan diğer yüzeyi bulmakta ve bu yüzeyi komşu yüzey olarak tanımlamaktadır.

Tüm yüzey ve bu yüzeyi oluşturan tüm kenar eğrilerinde bu işlem uygulanarak bu yüzeylere ait komşu yüzeyleri çıkarılmakta ve tüm yüzeylerin nitelikleri ve komşululuk ilişkileri komşuluk ilişki formatında temsil edilmektedir. Komşuluk ilişkileri hem parçaların tanınmasında hem de yüz komşuluk ilişki matrisinin tanımlanmasında ve oluşturulmasında girdi format olarak kullanılmaktadır.



Şekil 6.21. Örnek parça 2

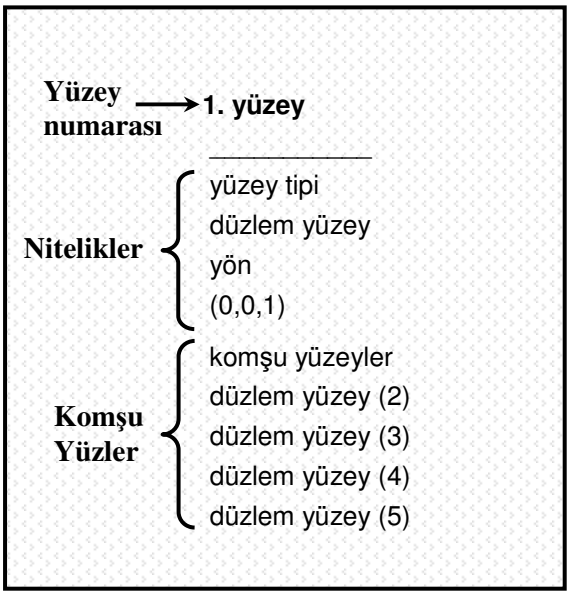
Bu çalışmada ele alınan tüm yüzler ait nitelikler ve komşuluk ilişkileri aşağıda verilen formatta düzenlenmiştir.

Yüzey numarası (tüm yüzeyler için)

_____

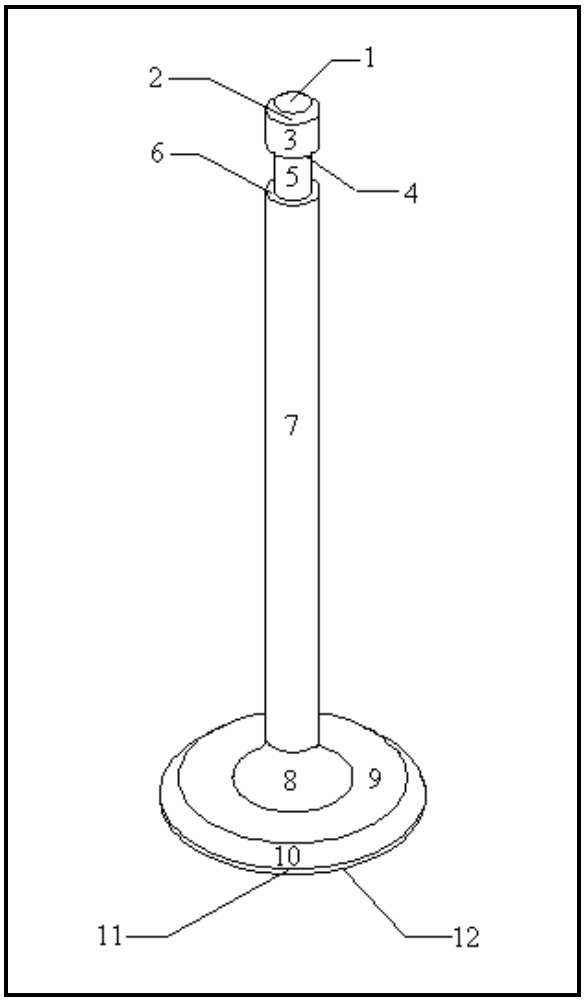
yüzey tipi (tüm yüzeyler için)
yarıçap (silindirik, konik ve küresel yüzeyler için)
maksimum yarıçap (toroid yüzeyler için)
minimum yarıçap (toroid yüzeyler için)
koniklik açısı (konik yüzeyler için)
yön (düzlemsel, silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler için)
komşu yüzeyler (tüm yüzeyler için)
++++++++++++

Tüm yüzey tipleri için komşuluk ilişkileri ve nitelikler bu formatta yüz komşuluk ilişki matrisinin oluşturulmasında ve parça tanıma aşamasında kullanılmak üzere geliştirilen program formunda gizlenmiş bir liste kutusunda temsil edilmiştir.



Şekil 6.22. Örnek parçanın 1 numaralı yüzüne ait komşuluk ilişki formatı

Komşuluk ilişki formatı iki bölümden oluşmaktadır (Şekil 6.22). İlk bölümde komşuluk ilişki formatında temsil edilen yüzün nitelikleri ikinci bölümde ise yüze ait komşu yüzeyler verilmiştir Şekil 6.21'deki örnek parçanın 1 numaralı yüzeyi ait komşuluk ilişkileri Şekil 6.22'de verilmiştir.



Şekil 6.23. Egzost supabı

Şekil 6.23'deki egzost supabına ait komşuluk ilişkileri formatı Şekil 6.24'te verilmiştir. Aynı zamanda, bir doğruyu ortak kenar olarak paylaşan iki komşu yüzeyin komşuluk ilişkilerini tespit eden program satırları Şekil 6.25'te verilmiştir.

Komşuluk ilişki formatı

1. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
konik yüzey
2. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
2.75
koniklik açısı
45
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
silindirik yüzey
3. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
3.25
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
konik yüzey
4. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
silindirik yüzey
silindirik yüzey
5. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
2.25
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
6. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
silindirik yüzey
silindirik yüzey
7. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
3.25
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
sınırlı yüzey
8. yüzey
yüzey tipi
sınırlı yüzey
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
silindirik yüzey
9. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
konik yüzey
sınırlı yüzey
10. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
12.88
koniklik açısı
45
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
silindirik yüzey
11. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
14
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
konik yüzey
12. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,-1)
komşu yüzeyler
silindirik yüzey

Şekil 6.24. Egzost supabına ait komşuluk ilişki formatı

```
For kombul = 0 To List7.ListCount - 1
numb4 = 0
If List7.List(kombul) Like "*. yüzey" Then
yüzbasbul = kombul
List8.AddItem List7.List(yüzbasbul) & "'e komşu yüzeyler"
List8.AddItem "------------"
For kombul1 = yüzbasbul To List7.ListCount - 1
If List7.List(kombul1) = "$$$$$" And List7.List(kombul1 + 1) = "%%%%%" Then
yüzsonbul = kombul1 + 1
Exit For
End If
Next kombul1
For kombul2 = yüzbasbul To yüzsonbul
If List7.List(kombul2) = "doğru" Then
komdpoint = List7.List(kombul2 + 4)
komdbasla = InStr(komdpoint, ")(")
komdbitis = InStrRev(komdpoint, ")")
komdbitis1 = komdbitis - komdbasla
komdbaslanokta = Left(komdpoint, komdbasla)
komdbitisnokta = Right(komdpoint, komdbitis1)
kompoint1 = komdbaslanokta & komdbitisnokta
kompoint11 = komdbitisnokta & komdbaslanokta
For kombul30 = 0 To List7.ListCount - 1
If kompoint1 = List7.List(kombul30) Or kompoint11 = List7.List(kombul30) Then
vol90 = kombul30
For kombul40 = vol90 To 0 Step -1
If List7.List(kombul40) Like "*. yüzey" Then
yüztip0 = kombul40
yüzeytip0 = List7.List(yüztip0)
If List7.List(yüzbasbul) <> yüzeytip0 Then
If yüzeytip0 <> yüzeytip7 Then
yüzeytip7 = yüzeytip0
List8.AddItem yüzeytip0
End If
End If
Exit For
End If
Next kombul40
yüzeytip0 = ""
yüzeytip7 = ""
End If
Next kombul30
End If
Next kombul2
End if
Next kombul
```

Şekil 6.25. Bir doğruyu ortak kenar olarak paylaşan iki komşu yüzeyin komşuluk ilişkilerini tespit eden program satırları

Yukarıda verilen örneklere göre daha karmaşık olan vantilatör kayışı (Şekil 6.26) STEP dönüşüm formatında 40 yüzeyle temsil edilmiştir. Program 8 yüzey çifti arasında yüzey birleştirme işlemi yaparak vantilatör kayışına ait 32 yüzeyi budanmış STEP dosyasında temsil etmiştir. Daha sonra program budanmış STEP dönüşüm formatını girdi olarak kabul etmiş ve burada temsil edilen yüzeylerin komşu yüzeylerini ve niteliklerini çıkararak komşuluk ilişki formatında budanmış STEP dönüşüm formatında temsil edilen sıraya göre Şekil 6.27'de gösterildiği gibi temsil etmiştir. Bu format vantilatör kayışına ait yüz komşuluk ilişki matrisinin oluşturulmasında ve tanınmasında girdi format olarak kullanılmış ve bu işlemler komşuluk ilişki formatı ile gerçekleştirilmiştir.

Şekil 6.26. Vantilatör kayışı

1. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,3226,0,94654)
komşu yüzeyler
silindirik yüzey
konik yüzey
silindirik yüzey
konik yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
2. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,44698,0,89454)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
3. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,44698,-0,89454)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
konik yüzey
silindirik yüzey
konik yüzey
4. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,59818,0,80136)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
5. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,80136,-0,59818)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
6. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(-0,95106,0,24763,-0,18485)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
7. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,80136,0,59818)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
8. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,95106,0,24763,-0,18485)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
9. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,59818,0,80136)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
silindirik yüzey
konik yüzey
silindirik yüzey
10. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,44698,0,89454)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
11. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,89454,0,44698)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
12. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(-0,95106,0,27643,0,13812)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
13. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,89454,-0,44698)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
14. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,95106,0,27643,0,13812)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
15. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,44698,0,89454)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
konik yüzey
silindirik yüzey
konik yüzey
16. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
53,5
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
17. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey

→

18. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
63,5
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
düzlem yüzey
19. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
20. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,3226,0,94654)
komşu yüzeyler
silindirik yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
21. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-0,94654,0,3226)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
22. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,95106,-0,2925,0,09969)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
23. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,94654,-0,3226)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
24. yüzey
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(-0,95106,-0,2925,0,09969)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
25. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
26. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
42
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
27. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
28. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
32
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
29. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
30. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
86
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey
31. yüzey
yüzey tipi
konik yüzey
yarıçap
3,08
koniklik açısı
72
yön
(1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
silindirik yüzey
32. yüzey
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
76
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
konik yüzey
konik yüzey

Şekil 27. Vantilatör kayışına ait komşuluk ilişkileri formatı

6.4. Yüz Komşuluk İlişki Matrisi

Parça temsil şemaları parçaların hem geometrik hem de topolojik açıdan tanımlanması amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu şemalar parçaların hem yüzey ilişkilerini hem de niteliklerini temsil etmektedirler. Nitelikler geometriyi, yüzey bağlanma ilişkileri ise topolojiyi tanımlamaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan farklı temsil şemaları mevcuttur. Bunlardan en çok kabul göreni graf teorisidir. Graf teorisinde parça bir grafikle temsil edilmiş ve her bir yüz bir düğüm ve bu yüzleri birbirine bağlayan her bir kenar bir yay ile temsil edilmiştir (Şekil 2.5). Bu çalışma ile literatürdeki diğer parça tanımlama şemalarından farklı yeni bir parça tanımlama şeması geliştirilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisi adı verilen bu tanımlama şeması parçayı hem geometrik hem de topolojik açıdan temsil etmektedir. Bu matrisi oluşturmak için komşuluk ilişkilerinin tanımlanması gerekmektedir. Bir önceki aşamada komşuluk ilişikleri tanımlandıktan sonra bu ilişkiler bir matris formunda program tarafından otomatik olarak düzenlenmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi parçaya ait olan her bir yüzün yüz biçimini (silindirik, konik, toroid, düzlem, küresel, b_spline, sınırlı vb.), yüz numarasını ve yüz niteliklerini (yarıçap, yön, koniklik açısı, lokal orijin gibi) matris üzerinde temsil etmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi, tanınmakta olan parçanın yüz sayısı ile orantılı olarak program tarafından otomatik olarak boyutlandırılmaktadır. Parçanın yüz sayısı olarak komşuluk ilişki formatındaki yüz sayısı esas alınmıştır. Örneğin, herhangi bir parçanın komşuluk ilişki formatındaki yüz sayısı 15 ise yüz tabanlı ilişki matrisi 15x15 bir kare matristir. Yüz komşuluk ilişki matrisi program formundan farklı bir Visual BASIC formunda yapılandırılmıştır. Matriste parça üzerinde bulunan tüm yüzlerin yüzey tipleri soldan sağa ve yukarıdan aşağıya olmak üzere komşuluk ilişki formatında temsil edilen sıralamaya göre yerleştirilerek yüz komşuluk ilişki matrisi boyutlandırılmıştır. Matrise yerleştirilen yüzey tipleri aşağıdaki gibi kısaltılarak matrise yerleştirilmiştir.

silindirik yüz : sil
konik yüz : kon
düzlem yüz : düz

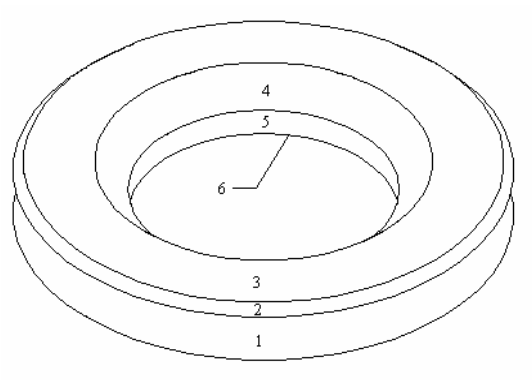
küresel yüz : kür

toroid yüz : tor

b_spline yüz : bsp

sınırlı yüz : sın

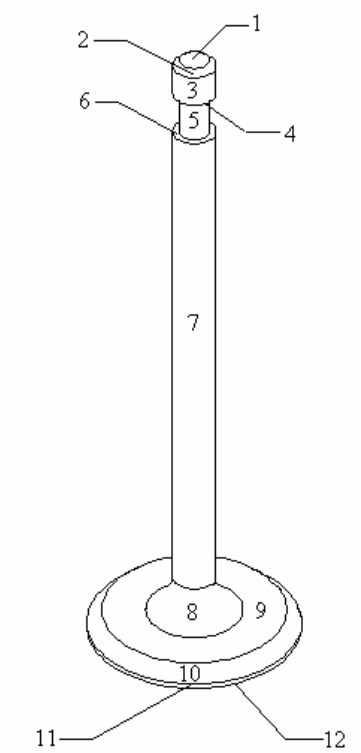
Program komşuluk ilişkileri formatını okuyarak ilk yüzü ele almakta ve yüze ait nitelikleri matristeki o yüze ait yüz kısaltmasına iliştirmektedir. Sonra komşuluk ilişkileri bölümüne geçerek diğer yüzlerle komşuluk ilişkilerini sorgulamaktadır. Hangi yüzey ile komşuluk ilişkisi varsa matriste o yüzü karşılayan alana *"1"* değerini, komşuluk ilişkisi yoksa *"0"* değerini yerleştirmektedir. Program tüm yüzler için bu işlemleri yaparak kare matrisi komşuluk ilişkilerine göre doldurmaktadır. Böylelikle tüm yüzler arasındaki komşuluk ilişkileri ve nitelikler matriste açıkça temsil edilmektedir. Şekil 6.28'de rondela ve rondelaya ait 6x6 kare yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir. Bu matristen 1 numaralı silindirik yüzeyin 2 numaralı konik ve 6 numaralı düzlem yüzey ile komşu olduğu sonucu çıkmaktadır. Aynı şekilde, 2 numaralı konik yüzeyin 1 numaralı silindirik yüzey ve 3 numaralı düzlem yüzey ile, 3 numaralı düzlem yüzeyin 2 numaralı konik yüzey ve 4 numaralı konik yüzey ile, 4 numaralı konik yüzeyin 3 numaralı düzlem yüzey ve 5 numaralı silindirik yüzey ile, 5 numaralı silindirik yüzeyin 4 numaralı konik yüzey ve 6 numaralı düzlem yüzey ile, 6 numaralı düzlem yüzeyin 1 numaralı silindirik yüzey ve 5 numaralı silindirik yüzey ile, komşu olduğu sonucu çıkmaktadır.



		1	2	3	4	5	6
sil	**1**	0	1	0	0	0	1
kon	**2**	1	0	1	0	0	0
düz	**3**	0	1	0	1	0	0
kon	**4**	0	0	1	0	1	0
sil	**5**	0	0	0	1	0	1
düz	**6**	1	0	0	0	1	0

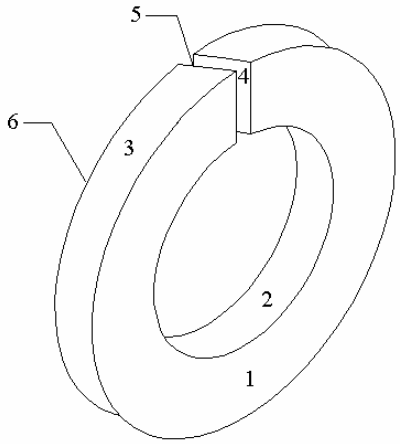
Şekil 6.28. Rondela ve rondelanın yüz komşuluk ilişki matrisi

Şekil 6.29'da egzost supabı ve egzost supabına ait 12x12 kare yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir. Şekil 6.30'da ise yaylı rondela ve yaylı rondelaya ait 6x6 kare yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir.



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
düz	**1**	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	**2**	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**3**	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**4**	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
sil	**5**	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
düz	**6**	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
sil	**7**	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
sın	**8**	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
düz	**9**	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
kon	**10**	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
sil	**11**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
düz	**12**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

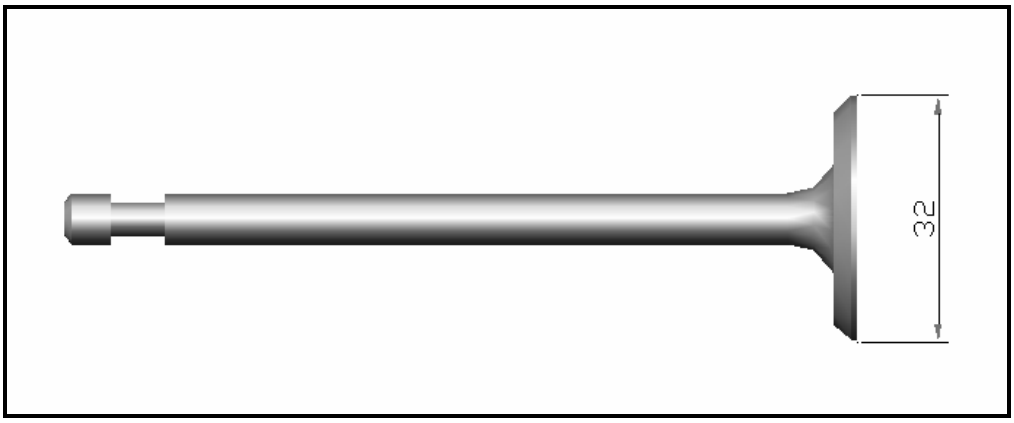
Şekil 6.29. Egzost supabı ve egzost supabının yüz komşuluk ilişki matrisi



		1	2	3	4	5	6
pla	**1**	0	1	1	1	1	0
cyl	**2**	1	0	0	1	1	1
cyl	**3**	1	0	0	1	1	1
pla	**4**	1	1	1	0	0	1
pla	**5**	1	1	1	0	0	1
pla	**6**	0	1	1	1	1	0

Şekil 6.30. Yaylı rondela ve yaylı rondelanın yüz komşuluk ilişki matrisi

Ayrıca yüz komşuluk ilişki matrisinde parça üzerindeki her bir yüzeye ait yüz nitelikleri de temsil edilmiştir. Niteliklerin temsil edilmesi ile hangi yüzeyin hangi yüzey ile komşu olduğu kolaylıkla tespit edilebilmekte ve birbiri ile benzeşen matrisler birbirinden ayırt edilebilmektedir. Bu nitelikler yüz komşuluk ilişki matrisindeki her bir yüzü temsil eden yüz tipi kısaltmalarına iliştirilmiştir. Matris oluşturulduktan sonra imleç bu yüz tipi kısaltmalarının üzerine geldiğinde o yüze ait nitelikler bir pencere ile ekrana gelmektedir. Bu şekilde bir parça yüz komşuluk ilişki matrisinde tüm yüzler için komşuluk ilişkileri ve nitelikleri temsil edilebilmektedir. Aynı zamanda, yüz komşuluk ilişki matrisinde tanınan parçaya ait parça adı ve bilgi tabanında temsil edilen kural numarası matris formundaki bir Visual BASIC etiket (label) kontrolünde temsil edilebilmektedir. Şekil 6.32'de gösterildiği gibi *"Parça adı : emme supabı, Kural no : 2"* ibaresi ile parça adı ve kural numarası emme supabına ait yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilmiştir. Aynı zamanda imleç son yüzey (12. yüzey) olan silindirik yüzeyi temsil eden yüz kısaltmasının üzerine getirildiğinde bu silindirik yüzeye ait olan nitelikler *(yüzey no: 12, yüzey tipi: silindirik, yarıçap: 16 ve yön: (0,0,1))* ekrana gelmektedir. Bu şekilde matriste temsil edilen yüzeylerin nitelikleri kolayca öğrenilebilmekte ve matrisin analiz edilmesi oldukça kolaylaşmaktadır. Şekil 6.32'de, Şekil 6.31'deki emme supabının program tarafından elde edilen yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir. Şekil 6.34'te ise Şekil 6.33'deki egzost supabının program tarafından elde edilen yüz komşuluk ilişki matrisi verilmiştir. Burada emme supabı ile egzost supabının yüzleri arasındaki komşuluk ilişkileri tamamen aynıdır. Fakat aralarındaki tek fark emme supabındaki kapama yüzeyine (konik yüzey) komşu olan silindirik yüzeyin çapı 32 mm (Şekil 6.31), egzost supabında ise 28 mm'dir (Şekil 6.33). Dolayısıyla parça tanıma prosedürünün bu iki benzer parçayı tanıyabilmesi için bilgi tabanında tanımlanan komşuluk ilişkileri yeterli olmayacaktır. Bu nedenle, bilgi tabanında parçanın komşuluk ilişkilerinin yanı sıra yüz niteliklerinin tanımlanması zorunludur. Aynı zamanda, emme supabının yüz komşuluk ilişki matrisinde emme supabındaki yüzeyin yarıçapı 16 mm (Şekil 6.32), egzost supabındaki yüzeyin yarıçapı da 14 mm (Şekil 6.34) olarak temsil edilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde hem yüzey nitelikleri (geometri) hem de komşuluk ilişkileri (topoloji) temsil edilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilen bilgi farklı BDT/BDÜ uygulamaları için elverişlidir.

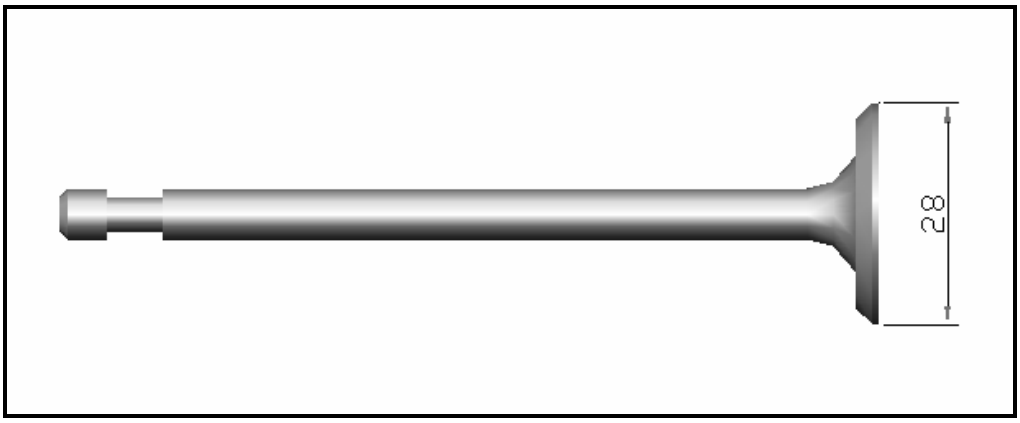


Şekil 6.31. Emme supabının önden görünüşü

	düz	düz	düz	düz	düz	kon	sil	sil	sil	sın	kon	sil
düz	0	0	0	0	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
düz	0	0	0	0	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
düz	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
düz	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
kon	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
sil	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sil	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
sil	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
sın	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
kon	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sil	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Şekil 6.32. Programla elde edilen emme supabı için yüz komşuluk ilişki matrisi

Geliştirilen programla elde edilen yüz komşuluk ilişki matrisi 42 yüzeye kadar bir Visual BASIC formunda temsil edilmiştir (Şekil 6.32 ve Şekil 6.34). 42 yüzeyden daha fazla olan yüzeyli parçalar için oluşturulan yüz komşuluk ilişki matrisi ekrana sığmadığı için formun üzerine yerleştirilen bir Visual BASIC ızgara kontrolünde (MSFlexGrid) temsil edilmiştir. Izgara kontrolünün kaydırma çubukları sayesinde yüzey sayısı bu çalışmada 479 yüzeye kadar olan parçaların matrisleri program tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 6.33. Egzost supabının önden görünüşü

Yüz Komşuluk İlişki Matrisi

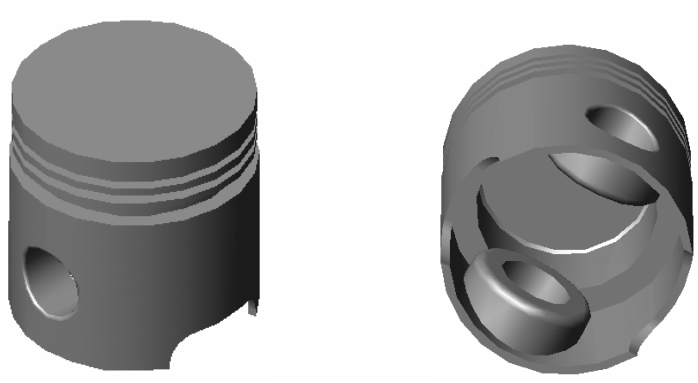
Parça adı: egzost supabı, Kural no: 1

yüzey no: 7, yüzey tipi: silindirik, yarıçap: 14, yön: (0,0,-1)

	düz	düz	düz	düz	düz	kon	sil	kon	sın	sil	sil	sil
düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
düz												
düz	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
düz	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
düz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
kon	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
sil	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
kon	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
sın	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
sil	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
sil	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

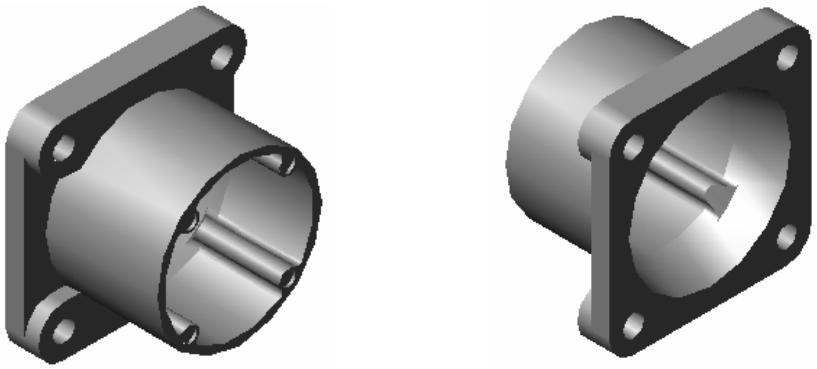
Şekil 6.34. Programla elde edilen egzost supabı için yüz komşuluk ilişki matrisi

Şekil 6.35'de verilen pistonun farklı tiplerde 62 tane yüzeyi vardır. Program bunlardan 20 tanesi üzerinde yüzey birleştirme işlemi yaparak yüzey sayısını 42'ye indirmiştir ve 42x42 bir kare matris hazırlayarak pistonun geometri ve topolojisini tanımlamıştır. Aynı şekilde, Şekil 6.36'da verilen hava filtresi bağlantısı'nın farklı tiplerde 76 tane yüzeyi vardır. Program, bunlardan 19 tanesi üzerinde yüzey birleştirme işlemi yaparak yüzey sayısını 57'ye indirmiştir ve 57x57 bir kare matris hazırlayarak hava filtresi bağlantısının geometri ve topolojisini tanımlamıştır.



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
düz	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
düz	**2**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
düz	**3**	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
düz	**4**	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
düz	**5**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
düz	**6**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
düz	**7**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
düz	**8**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
düz	**9**	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
düz	**10**	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
bsp	**11**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
bsp	**12**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
düz	**13**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**14**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
düz	**15**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**16**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
düz	**17**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**18**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**19**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**20**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**21**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	**22**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**23**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**24**	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**25**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**26**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**27**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**28**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tor	**29**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**30**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
tor	**31**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**32**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
sil	**33**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**34**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	**35**	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
sil	**36**	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
sil	**37**	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sil	**38**	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sil	**39**	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sil	**40**	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
sil	**41**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
kon	**42**	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

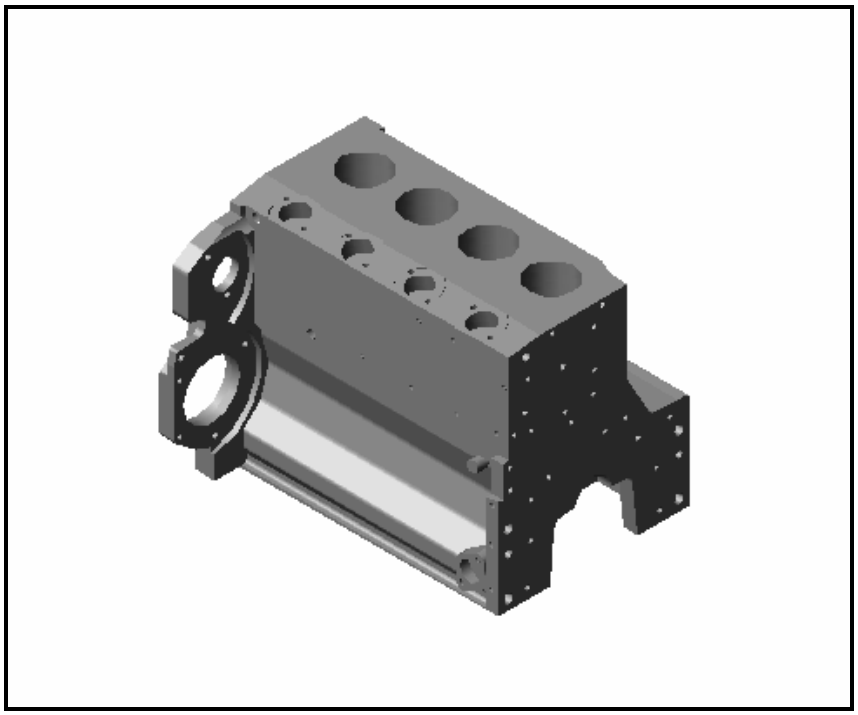
Şekil 6.35. Piston ve pistona ait yüz komşuluk ilişki matrisi



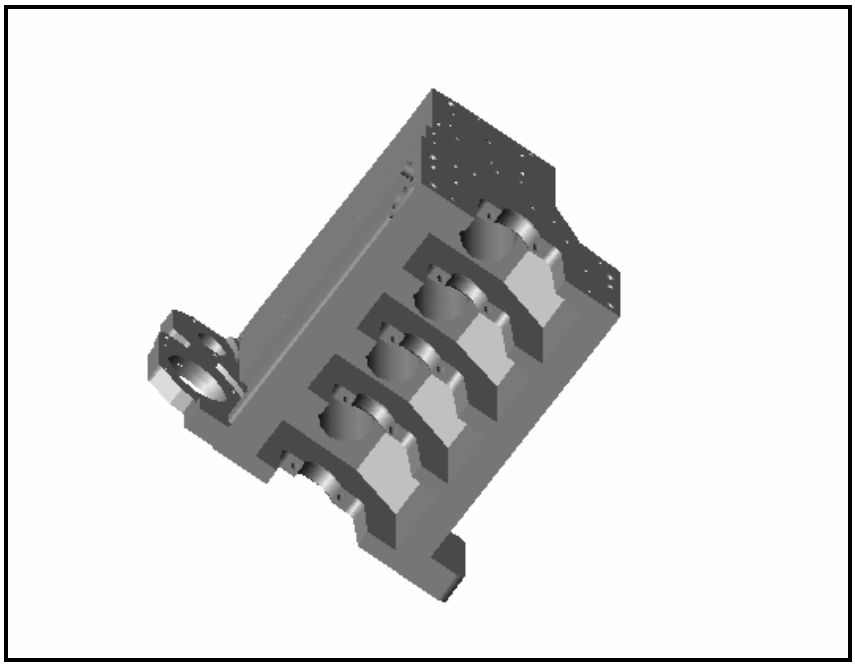
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
kon	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
düz	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
düz	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
düz	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
düz	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
düz	7	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
düz	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
düz	9	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
düz	10	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
düz	11	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
düz	12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
düz	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
düz	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
düz	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
kon	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
sil	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
sil	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sil	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
kon	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
kon	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
kon	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
sın	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
sın	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
sın	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sın	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sın	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sın	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
sın	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
sın	32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sın	33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
sın	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
sın	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
düz	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
düz	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	44	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
sil	45	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	47	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	48	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	49	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	50	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	51	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	52	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kon	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
sil	55	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sın	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
sın	57	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Şekil 6.36. Hava filtresi bağlantısı ve hava filtresi bağlantısına ait yüz komşuluk ilişki matrisi

Motor parçaları arasında en fazla yüze sahip olan motor bloğu program tarafından tanınmış ve yüz komşuluk ilişki matrisi hazırlanmıştır. Motor bloğunun STEP dönüşümü yapıldığında yaklaşık 20287 satırlık bir STEP dosyası oluşturulmuştur ve bu STEP dosyası program tarafından yorumlandığında motor bloğunda 662 yüzey olduğu ortaya çıkmıştır. Program 183 yüzey üzerinde yüzey birleştirme işlemi yapmış ve 479 yüzeyli bir budanmış STEP formatı ve bu formattan da komşuluk ilişki formatı oluşturmuştur. Bu format değerlendirilerek 479x479 bir kare yüz komşuluk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu matris formların boyutunu aştığı için Visual BASIC ızgara (MSFlexGrid) kontrolünde temsil edilmiştir. Matriste aynı zamanda parça adı ve parçaya ait bilgi tabanında yazılmış kuralın numarası da bir Visual BASIC etiket kontrolünde (Label) verilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilen parçaya ait geometrik ve topolojik bilgi herhangi bir üretim alanında kullanılmaya müsaittir. Şekil 6.37 ve Şekil 6.38'de verilen motor bloğunun yüz komşuluk ilişki matrisi ekrana sığmadığından ilk bölümü Şekil 6.39, son bölümü ise Şekil 6.40'ta verilmiştir.



Şekil 6.37. Motor bloğu



Şekil 6.38. Motor bloğunun farklı bir görünümü

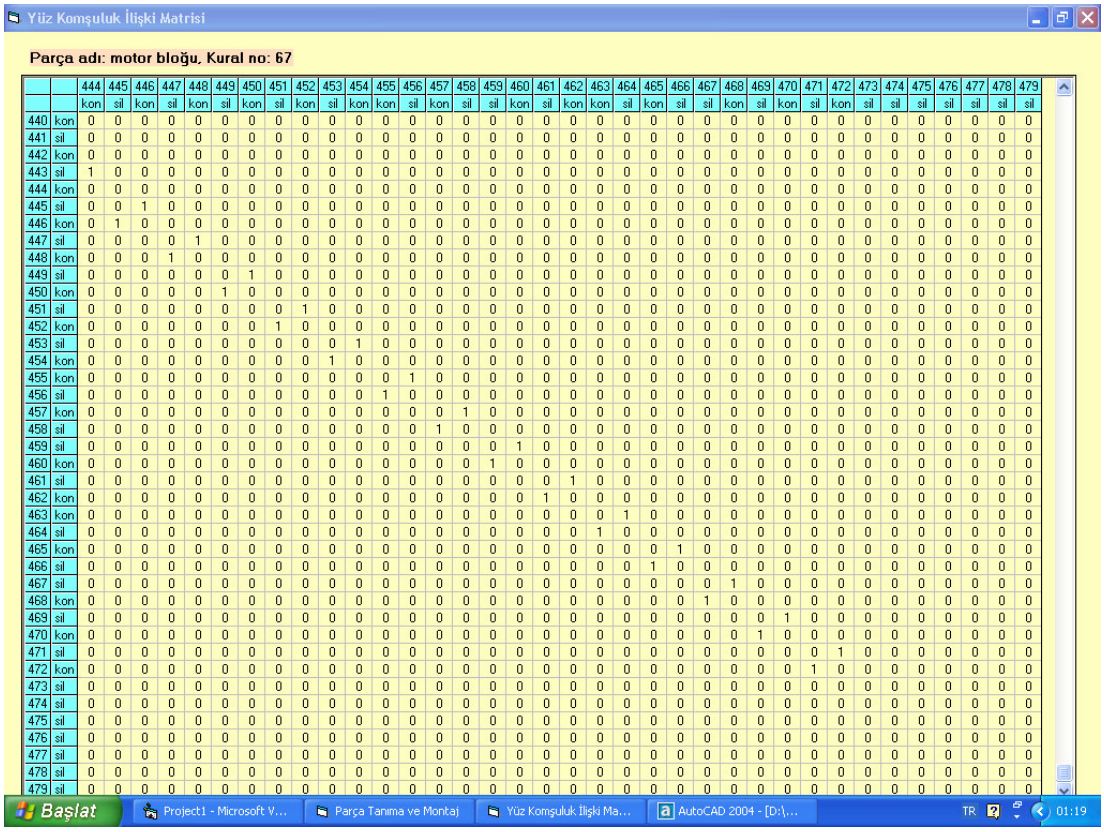
Yüz Komşuluk İlişki Matrisi

Parça adı: motor bloğu, Kural no: 67

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	3
		düz	düz	düz	düz	sil	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	d
1	düz	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
2	düz	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
3	düz	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
4	düz	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
5	sil	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
6	düz	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
7	düz	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
8	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
9	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
10	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
11	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
12	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
13	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
14	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
15	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
16	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
17	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
18	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
19	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
20	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
21	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
22	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
23	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
24	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
25	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
26	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
27	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
28	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
29	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
30	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
31	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
32	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
33	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
34	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
35	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
36	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
37	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
38	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
39	düz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
40	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(

Başlat | Project1 - Microsoft V... | Parça Tanıma ve Montaj | Yüz Komşuluk İlişki Ma... | AutoCAD 2004 - [D:\... | TR | 01:18

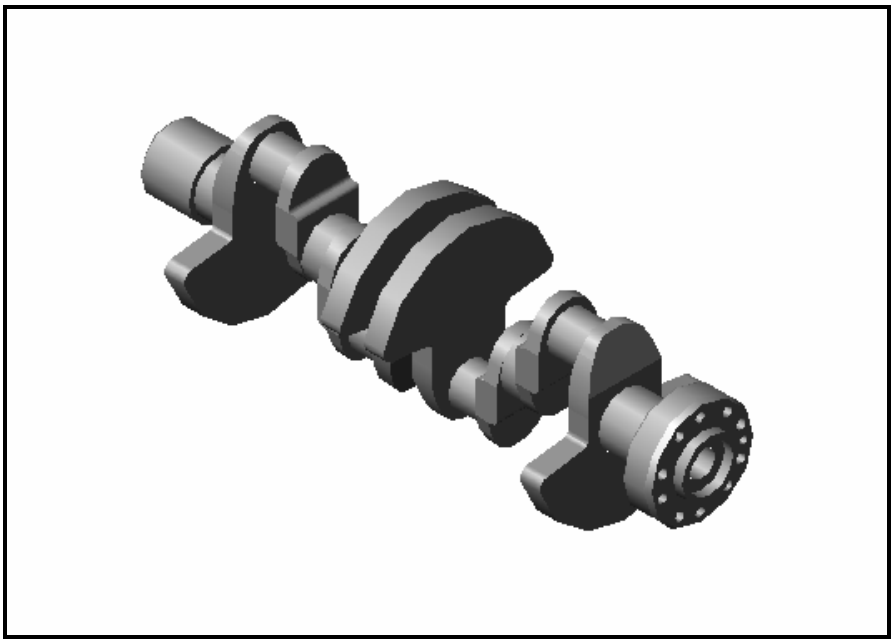
Şekil 6.39. Motor bloğuna ait yüz komşuluk ilişki matrisi



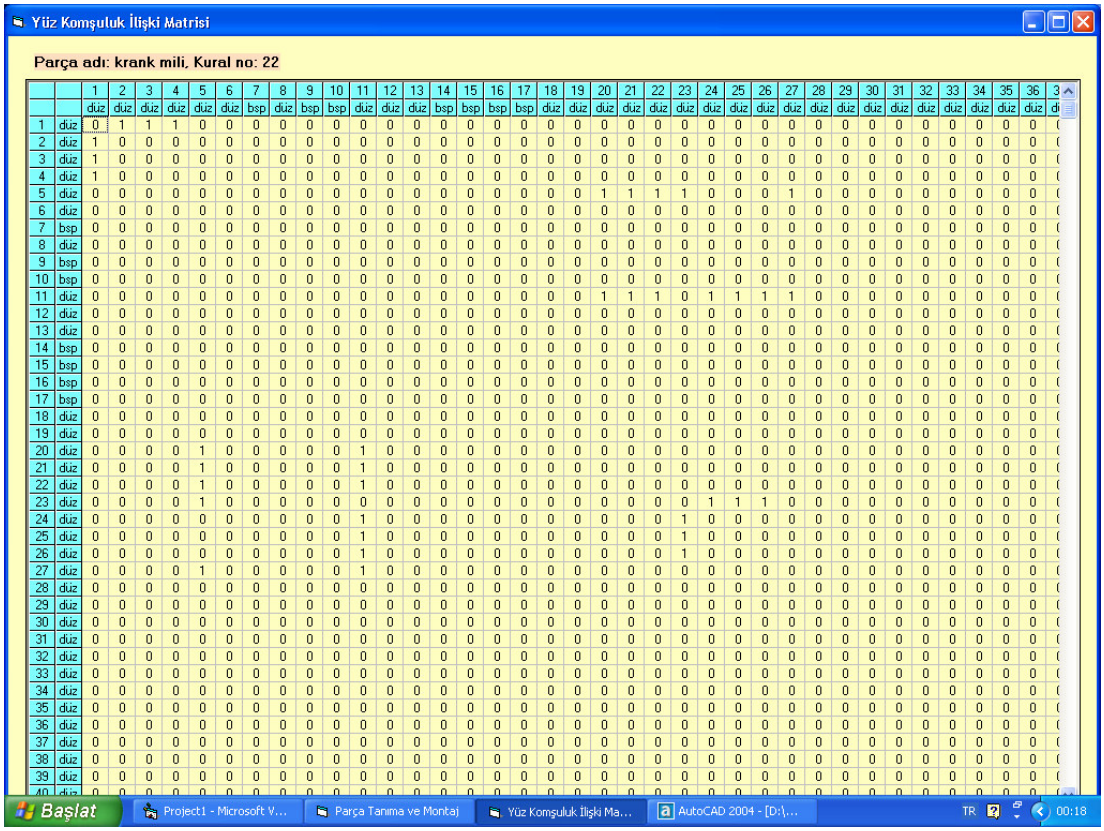
		444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479
		kon	sil	kon	sil	kon	sil	kon	sil	kon	sil	kon	kon	sil	kon	sil	sil	kon	sil	kon	kon	sil	kon	sil	sil	kon	sil	kon	sil	kon	sil	sil	sil	sil	sil	sil	sil
440	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
441	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
442	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
443	sil	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
444	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
445	sil	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
446	kon	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
447	sil	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
448	kon	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
449	sil	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
450	kon	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
451	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
452	kon	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
453	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
454	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
455	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
456	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
457	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
458	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
459	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
460	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
461	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
462	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
463	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
464	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
465	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
466	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
467	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
468	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
469	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
470	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
471	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
472	kon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
473	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
474	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
475	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
476	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
477	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
478	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
479	sil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 6.40. Motor bloğuna ait yüz komşuluk ilişki matrisinin son bölümü

Yine karmaşık motor parçalarından olan krank mili program tarafından tanınmış ve yüz komşuluk ilişki matrisi hazırlanmıştır. Krank milinin STEP dosyası program tarafından yorumlandığında 297 yüzey olduğu ortaya çıkmıştır. Program 93 yüzey üzerinde yüzey birleştirme işlemi yapmış ve 204 yüzeyli bir budanmış STEP formatı ve bu formattan da komşuluk ilişki formatı oluşturmuştur. Bu format değerlendirilerek 204x204 bir kare yüz komşuluk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Bu matris formların boyutunu Şekil 6. 41'de verilen krank milinin yüz komşuluk ilişki matrisi ekrana sığmadığından ilk bölümü Şekil 6.42, son bölümü ise Şekil 6.43'te verilmiştir. Geliştirilen program sayesinde tanınması ve tanımlaması çok zor olan parçalar kolaylıkla tanınabilmekte ve bilgisayar formatına uygun olan bir tanımlama şeması olan yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilebilmektedir.



Şekil 6.41. Krank mili



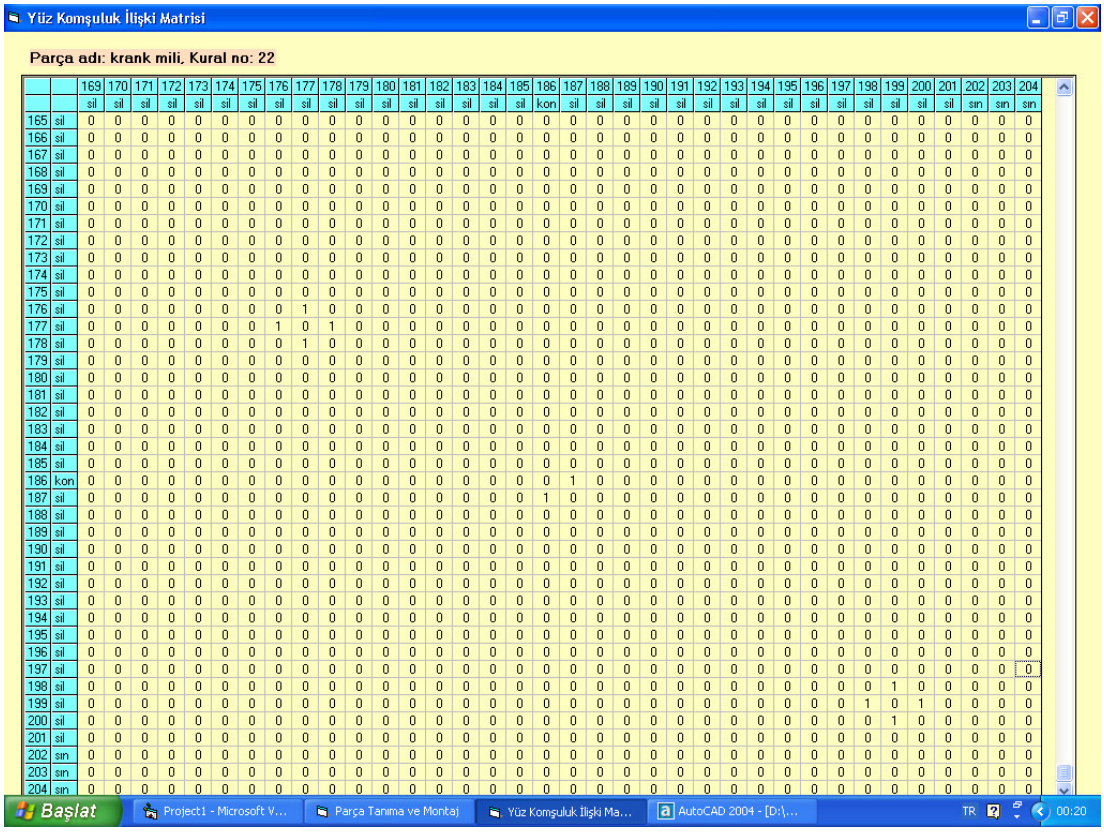
Yüz Komşuluk İlişki Matrisi

Parça adı: krank mili, Kural no: 22

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	3
		düz	düz	düz	düz	düz	düz	bsp	düz	bsp	bsp	düz	düz	düz	bsp	bsp	bsp	bsp	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	düz	d
1	düz	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
2	düz	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
3	düz	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
4	düz	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
5	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
6	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
7	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
8	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
9	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
10	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
11	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
12	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
13	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
14	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
15	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
16	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
17	bsp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
18	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
19	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
20	düz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
21	düz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
22	düz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
23	düz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
24	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
25	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
26	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
27	düz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
28	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
29	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
30	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
31	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
32	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
33	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
34	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
35	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
36	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
37	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
38	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
39	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(
40	düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(

Başlat | Project1 - Microsoft V... | Parça Tanıma ve Montaj | Yüz Komşuluk İlişki Ma... | AutoCAD 2004 - [D:\... | TR | 00:18

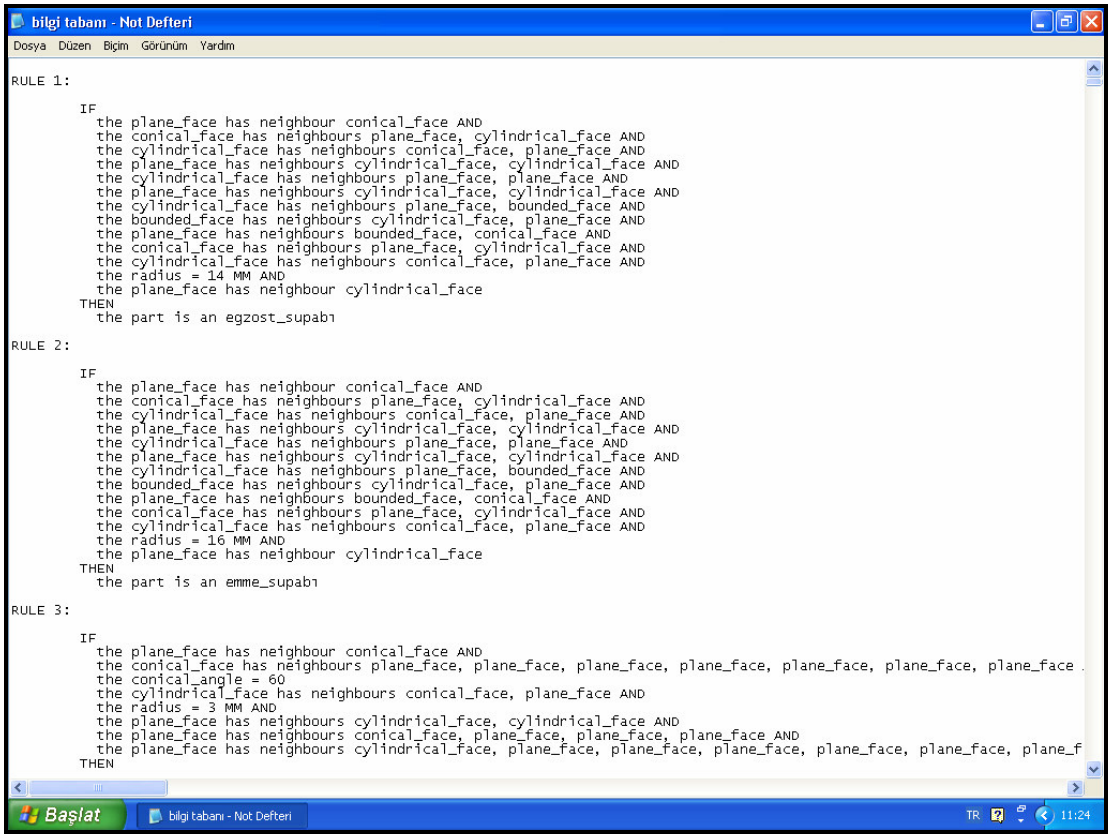
Şekil 6.42. Krank miline ait yüz komşuluk ilişki matrisi



Şekil 6.43. Krank miline ait yüz komşuluk ilişki matrisinin son bölümü

6.5. Bilgi Tabanı

Geliştirilen programda uzman sistem tekniği kullanıldığından uzman sistemin gereği olan bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanı, Not Defteri (NotePAD) programında yazılmış bir yazı (text) dosyasıdır. Bilgi tabanında her bir parça için bir kural yazılmış ve oluşturulan yazı dosyası bilgi tabanı.txt olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Dizel motor parçaları ve standart makine parçalarını tanımak üzere toplam bilgi tabanına 183 kural yazılmıştır. Program, motor parçalarının ve standart makine parçalarının hem STEP dosyasını hem de bilgi tabanını değerlendirerek buradaki bilgileri komşuluk ilişki formatına dönüştürmekte ve elde ettiği bilgileri karşılaştırarak parçaları tanımaktadır. Bilgi tabanında her bir kuralı temsil eden her bir parça, kendisini oluşturan yüzeylerin komşuluk ilişkileri ve her bir yüzeyin nitelikleri tabanlı olarak temsil edilebilmektedir. Kurallarda IF-THEN yapısı kullanılmıştır. Şekil 6.44'de bilgi tabanının görünümü verilmiştir.



Şekil 6.44. Bilgi tabanının görünümü

Herhangi bir parça için bilgi tabanına kural yazma formatı aşağıdaki gibidir:

“RULE NO:” Kural numarası

“IF”

“the” + yüzey tipi + “has neighbour” veya “neighbours” + komşu yüzey1, komşu yüzey2, komşu yüzey3 ..... komşu yüzey N “AND”

“the” + nitelik = nitelik değeri “AND”

“THEN”

“the part is a” veya “an” + parça ismi

Kural yazarken ilk önce kural numarası hemen altına IF yapısı tanımlanmaktadır. Bundan sonraki satırlarda parçaya ait her bir yüz için komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanımlanabilmektedir. Her bir yüz için kural tanımlanırken ilk satırda yüz komşuluk ilişkileri tanımlanmalıdır. Yukarıdaki formatta verildiği gibi komşuluk ilişkileri tanımlanırken önce ele alınan yüzey hemen yanına o yüze ait

komşu yüzeyler yazılmaktadır. Komşu yüzler yazılırken eksik tanımlama yapmamaya dikkat edilmelidir. Eğer yüze ait nitelikler kuralda temsil edilmek isteniyorsa yüz niteliği yüz komşuluk ilişkilerinin hemen altına, nitelik değeri ise yüz niteliğinin hemen yanına yazılmalıdır. Daha sonra THEN yapısı ve son olarak parça isminin belirlendiği sonuç kısmı tanımlanmaktadır. Bu şekilde bilgi tabanında bir kural tanımlandığında program herhangi bir sınırlama olmaksızın tüm parçaları tanıyabilmektedir.

Bu çalışmada ele alınan tüm yüzey tipleri için kural yazma formatı aşağıda verilmiştir;

the plane_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,-1,0) AND

Bir düzlem yüzey bilgi tabanında komşu yüzeyleri ve yüzeyin normalini gösteren yön ile temsil edilebilmektedir.

the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 12 MM AND
the direction = (0,-1,0) AND

Bir silindirik yüzey bilgi tabanında komşu yüzeyleri ve yüzeyin yarıçapı ve ekseninin yönünü gösteren yön ile temsil edilebilmektedir.

the conical_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the conical_angle = 45 AND
the radius = 11.75 MM AND
the direction = (0,-1,0) AND

Bir konik yüzey bilgi tabanında komşu yüzeyleri ve yüzeyin yarıçapı, koniklik açısı ve ekseninin yönünü gösteren yön ile temsil edilebilmektedir.

the spherical_face has neighbours cylindrical_face AND
the radius = 6.25 MM AND
the direction = (0,1,0) AND

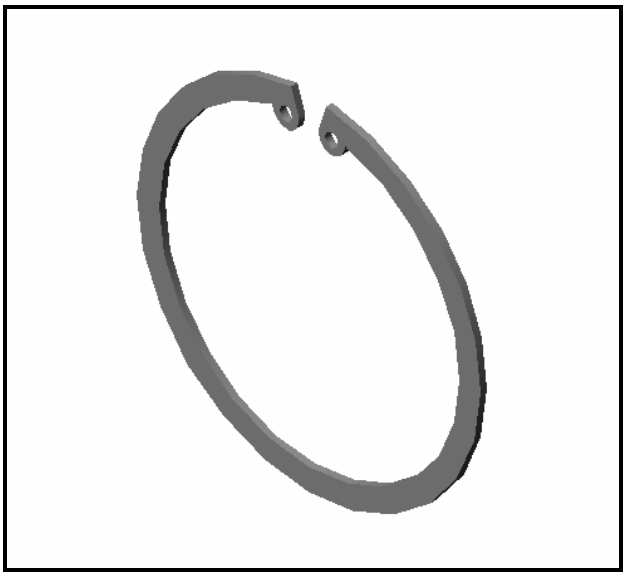
Bir küresel yüzey bilgi tabanında komşu yüzeyleri ve yüzeyin yarıçapı ve normalini gösteren yön ile temsil edilebilmektedir.

the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, conical_face AND
the max_radius = 14 MM AND
the min_radius = 4 MM AND
the direction = (0,0,-1) AND

Bir toroid yüzey bilgi tabanında komşu yüzeyleri ve tüpün döndüğü merkezin yarıçapı (maksimum yarıçap), tüpün yarıçapı (minimum yarıçap), ve yüzeyin ekseninin yönünü gösteren yön ile temsil edilebilmektedir.

the bounded_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the b_spline_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND

Sınırlı ve b_spline yüzeyler bilgi tabanında sadece komşu yüzeyleri ile temsil edilmektedir.



Şekil 6.45. Segman

Kural tanımlanırken komşuluk ilişkilerinin tanımlanması zaruridir. Fakat yüz niteliklerinin kurala ilave edilmesi zorunlu değildir. Yüz nitelikleri sadece komşuluk

ilişkileri birbirinin aynısı olan parçalarda programın parçaları birbirinden ayırt etmesi amacıyla kurala ilave edilmektedir. Şekil 6.45'teki segmanın kuralı sadece komşuluk ilişkileri yazılarak Şekil 6.46'da gösterildiği gibi bilgi tabanında temsil edilmiş ve segman program tarafından tanınmıştır..

RULE 26 :

IF

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND

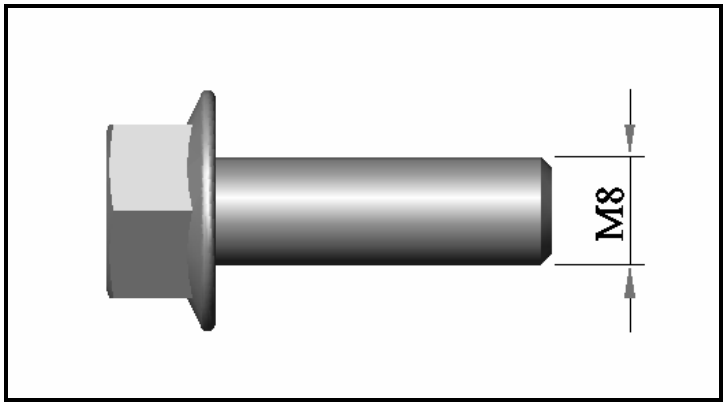
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face

THEN

the part is a segman

Şekil 6.46. Segmanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Bilgi tabanında parçaya ait tüm yüzler veya parçayı diğer yüzlerden ayırt edecek yüzler tanımlandığında program benzer parçaları birbirinden ayırt edebilmektedir. Kural yazarken her zaman ilk satırda yüzeyin komşuluk ilişkileri tanımlanmalıdır. Eğer yüzeyin nitelikleri tanımlanmak isteniyorsa bu bilgiler ilgili yüzeyin hemen alt satırına yazılmalıdır. Eğer nitelik tanımlaması yapılacaksa nitelikler tanımlanmadan diğer yüz tanımlanmasına geçilmemelidir. Bazı parçaların komşuluk ilişkileri birbiri ile tamamen aynıdır. Bu durum daha çok standart parçalarda görülmektedir. Aynı komşuluk ilişkilerinin olduğu benzer parçalarda niteliklerin kuralda tanımlanması bir zorunluluktur. Örneğin, Şekil 6.47'deki M8 flanşlı civata ile Şekil 6.49'daki M10 flanşlı civatanın komşuluk ilişkileri tamamen birbiri ile aynıdır. Bu durumda, programın bu gibi parçaları tanıması için bilgi tabanına bu iki parçayı birbirinden ayırt eden niteliklerinin yazılması zorunludur. Bu iki parçayı birbirinden ayıran tek belirgin özellik civataların anma çaplarını temsil eden silindirik yüzeylerin yarıçap nitelik değerleridir. Bundan dolayı, bu parçaların tanınması için anma çapı değerlerinin ilgili silindirik yüzeyin komşuluk ilişkilerinin alt satırına yazılmıştır. Şekil 6.47'deki M8 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı Şekil 6.48'de verilmiştir. Şekil 6.47'de gösterildiği gibi M8 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralında anma çapını gösteren silindirik yüzeyin komşuluk ilişkilerinin hemen alt satırına "*the radius = 4 MM AND*" ve parça ismini veren sonuç kısmına da *"the part is a M8 flanşlı civata"* ibareleri yazılmış ve bu kural yardımıyla program tarafından M8 flanşlı civata olarak tanınmıştır.



Şekil 6.47. M8 flanşlı civata

RULE 56:

IF

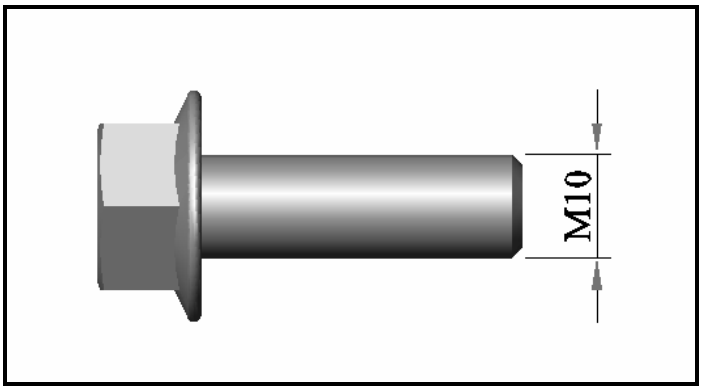
the toroidal_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the plane_face has neighbours toroidal_face, cylindrical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the conical_face has neighbours toroidal_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 4 MM AND
the conical_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the conical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face

THEN

the part is a M8 flanşlı_civata

Şekil 6.48. M8 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Aynı şekilde, Şekil 6.49'da gösterilen M10 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralında anma çapını gösteren silindirik yüzeyin komşuluk ilişkilerinin hemen alt satırına *"the radius = 5 MM AND"* ve parça ismini veren sonuç kısmına da *"the part is a M10 flanşlı civata"* ibareleri yazılarak program tarafından M10 flanşlı civata olarak tanınması sağlanmıştır (Şekil 6.50).



Şekil 6.49. M10 flanşlı civata

RULE 57:

IF

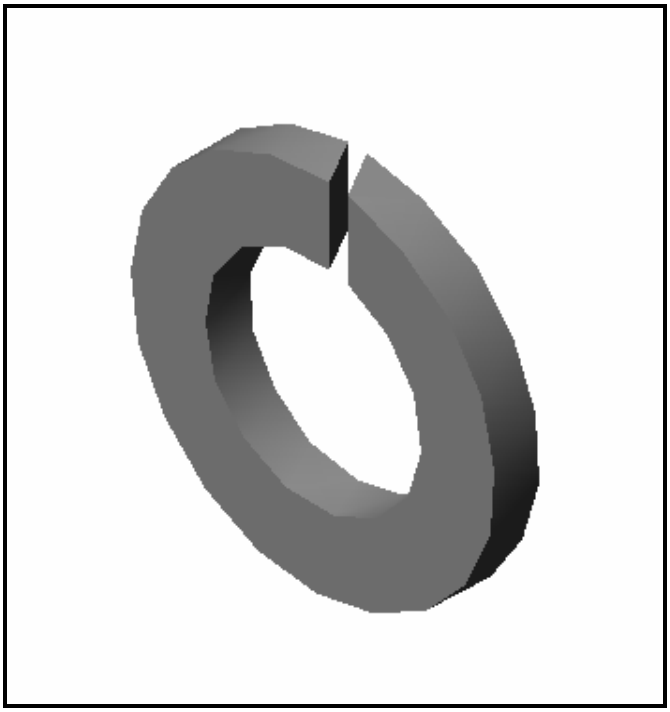
the toroidal_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the plane_face has neighbours toroidal_face, cylindrical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the conical_face has neighbours toroidal_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 5 MM AND
the conical_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the conical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face

THEN

the part is a M10 flanşlı_civata

Şekil 6.50. M10 flanşlı civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Flanşlı civatada nitelik olarak silindirik yüzeylerin yarıçap değerleri kullanılmıştır. Yarıçap tanımlamalarının da yeterli olmadığı durumlarda yüzey tipine bağlı olarak silindirik, konik ve küresel yüzeylerde yarıçap, konik yüzeyler için koniklik açısı, toroid yüzeyler için maksimum yarıçap ve minimum yarıçap ve düzlem, silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler için yön gibi nitelikler bilgi tabanına kullanıcı tarafından yazılarak benzer parçaların kolayca tanınması sağlanmaktadır. Şekil 6.51'de gösterilen yaylı rondelanın bilgi tabanında temsil edilen kuralında yaylı rondelayı oluşturan tüm yüzlerin komşuluk ilişkilerinin yanı sıra bu yüzlere ait tüm nitelikler de Şekil 6.52'de gösterildiği gibi temsil edilmiştir.



Şekil 6.51. Yaylı rondela

RULE 174

IF

the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND
the direction = (-0,86603,-0,5,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,86603,0,5,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,-1,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,1,0) AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face AND
the radius = 9.05 MM AND
the direction = (0,-1,0) AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face AND
the radius = 5.35 MM AND
the direction = (0,-1,0)

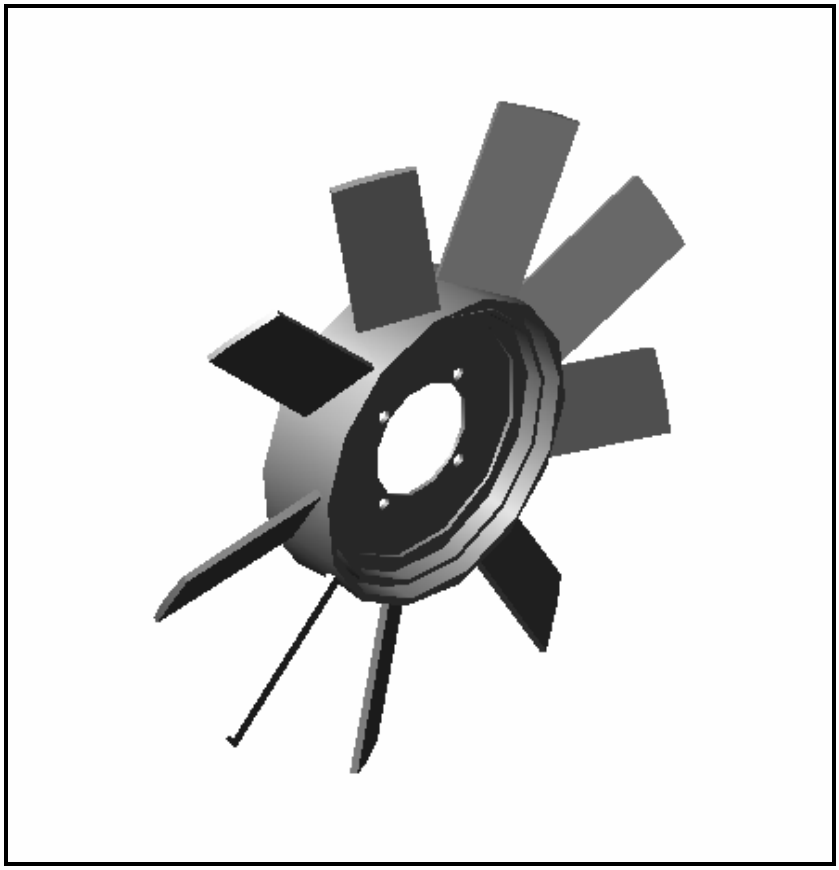
THEN

the part is a yaylı_rondela

Şekil 6.52. Yaylı rondelanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Aynı zamanda kullanıcı parçanın yüzeylerini tanımlarken isteğe bağlı olarak tüm yüzeyleri tanımlayabilir ya da parçayı ifade edecek sayıda yüzey tanımlaması yapabilir. Fakat bilgi tabanında parçaya ait tanımlamalar diğer parça tanımlamalarından farklı olacak şekilde yazılmalıdır. Örnek olarak Şekil 6.53'te verilen vantilatör için tek bir yüzey tanımlaması yapılarak bilgi tabanına yazılmış ve vantilatöre tek bir yüzü temsil eden kural yazılmasına rağmen program tarafından tanınmıştır. Vantilatörün tüm yüzeyleri için bir tanımlama yapıldığında da program yine vantilatörü tanıyabilecektir. Fakat çok yüzeyi olan parçalarda kural yazma

zorluğunu ortadan kaldırmak için böyle bir seçenek kullanıcının isteğine bırakılmıştır. Bu şekilde kullanıcı tarafından gerçekleştirilen kural yazma işlemi basitleştirilmiştir. Şekil 6.53'deki vantilatöre ait tek yüzle temsil edilen kuralı Şekil 6.54'de verilmiştir. 38 komşu düzlem yüzeyi olan bir silindirik yüzey kullanılarak vantilatörün kuralı tanımlanmıştır. Burada programın parçayı tanıması için bir yüzey tanımlaması yeterli olmuştur. Fakat kullanıcı isterse birden fazla veya tüm yüzeyleri tanımlayabilir. Yani, bilgi tabanına yazılacak diğer kurallar böyle tanımlama içermediği için vantilatör kolaylıkla program tarafından tanınacaktır. Tüm yüzey tanımlamasını yapmak her zaman kullanışlı değildir. Çok karmaşık parçalarda tüm yüzey tanımlamalarını yapmak imkansız hale gelmektedir. Bunun için bazı karmaşık parçalarda kısmi tanımlama kural yazma işlemini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 6.53. Vantilatör

RULE 15:

IF

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face AND

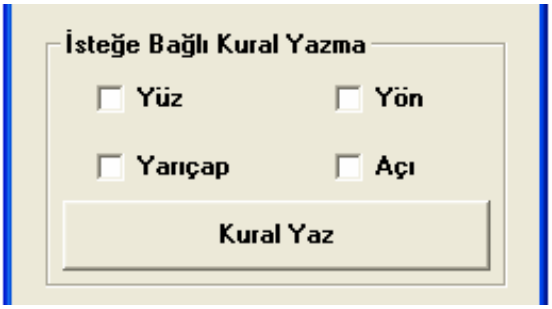
THEN

the part is a vantilatör

Şekil 6.54. Vantilatörün bilgi tabanında temsil edilen kuralı

6.6. İsteğe Bağlı Kural Yazma Modülü

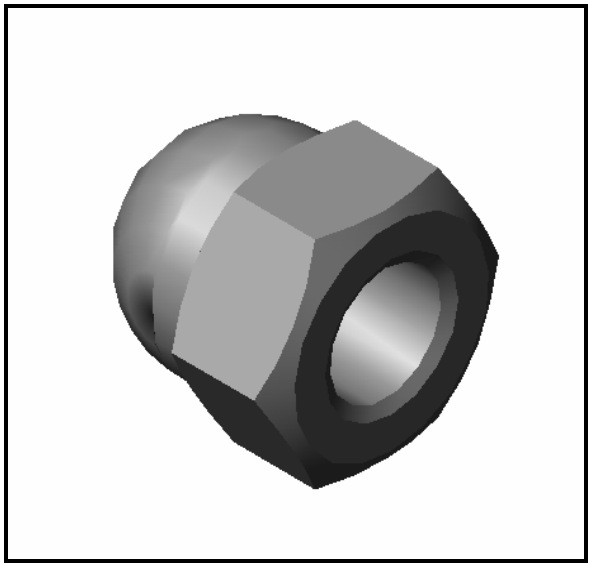
Kullanıcı tarafından yapılan kural yazma işlemi basit ve orta düzey parçalarda mümkün iken karmaşık parçalarda oldukça zordur. Hatta bazı parçalar için imkansızdır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanan parçaların yüzey tipi ve komşuluk ilişkilerinde sınırlama olmaksızın tanınması amacıyla geliştirilen ve programa ilave edilen otomatik ve isteğe bağlı kural yazma modülü ile istenen parçalar için kural yazma işlemi geliştirilen bilgisayar programı tarafından yapılabilmektedir. Bu da kullanıcıyı kural yazma zahmetinden kurtarmaktadır. Bu kural yazma modülü ile kuralı yazılması imkansız olan parçaların kuralları bilgi tabanında temsil edilmiş ve kuralı yazılan bu parçalar parça tanıma algoritması tarafından kolayca tanınmıştır. Program vasıtasıyla otomatik yazılan bir kural form üzerine yerleştirilen bir Visual BASIC yazı kutusu (Textbox) kontrolünde temsil edilmiştir. Buradan da bilgi tabanına kopyalanarak kural bilgi tabanında temsil edilerek tanınmıştır. Şekil 6.55'te isteğe bağlı kural yazma modülünün görünümü verilmiştir.



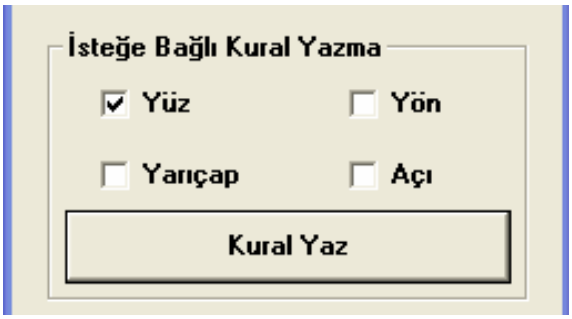
Şekil 6.55. İsteğe bağlı kural yazma modülünün görünümü

Bu modüle kullanıcın isteğine göre program tarafından kural yazıldığından isteğe bağlı kural yazma modülü olarak isimlendirilmiştir. Yani, kullanıcı yüze ait sadece komşuluk ilişkileri veya komşuluk ilişkilerinin yanında yön, yarıçap ve açı nitelikleri ile birlikte bir kuralı programa yazdırabilmektedir. İsteğe bağlı kural yazma modülünde *"Yüz", "Yarıçap", "Yön", "Açı"* olarak etiketlenmiş dört tane Visual BASIC kontrol kutusu (Check Box) kontrolü ile *"Kural Yaz"* etiketli bir tane komut düğmesi (Command Button) kontrolü yerleştirilmiştir (Şekil 6.55). Kullanıcı buradaki kontrol kutularını ve komut düğmesini kullanarak basit, orta düzey veya karmaşık parçalar için istediği gibi kural tanımlayabilmektedir. Eğer kullanıcı *"Yüz"* kontrol kutusunu işaretler ve *"Kural Yaz"* komut düğmesine basarsa parçanın program tarafından türetilen kuralında sadece komşuluk ilişkileri temsil edilmektedir. *"Yüz"* kontrol kutusunun yanında *"Yarıçap", "Yön", "Açı"* kontrol kutularından bir veya birkaç tanesini işaretlenir ve *"Kural Yaz"* komut düğmesine basılırsa bu sefer program kuralda komşuluk ilişkilerinin yanı sıra işaretli olan kontrol kutusuna göre tüm yüzlerin niteliklerini de komşuluk ilişkilerinin hemen alt satırına otomatik olarak yazmaktadır. Örneğin, *"Yüz"* kontrol kutusunun yanında *"Yarıçap"* kontrol kutusu işaretli ise program parça üzerindeki silindirik, konik, toroid, küresel yüzeylerin yarıçap nitelik değerlerini de komşuluk ilişkilerinin alt satırına yazar. Bu modül çok karmaşık parçaların yüzey tipi, yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikler açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Aynı şekilde, *"Yüz"* kontrol kutusunun yanında *"Açı"* kontrol kutusu işaretli ise program parça üzerindeki konik yüzeylerin koniklik açısı nitelik değerlerini de ilgili komşuluk ilişkilerinin alt satırına yazar. Bu modül çok karmaşık parçaların yüzey tipi, yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikler açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. *"Yüz"* kontrol kutusunun yanında *"Yön"* kontrol

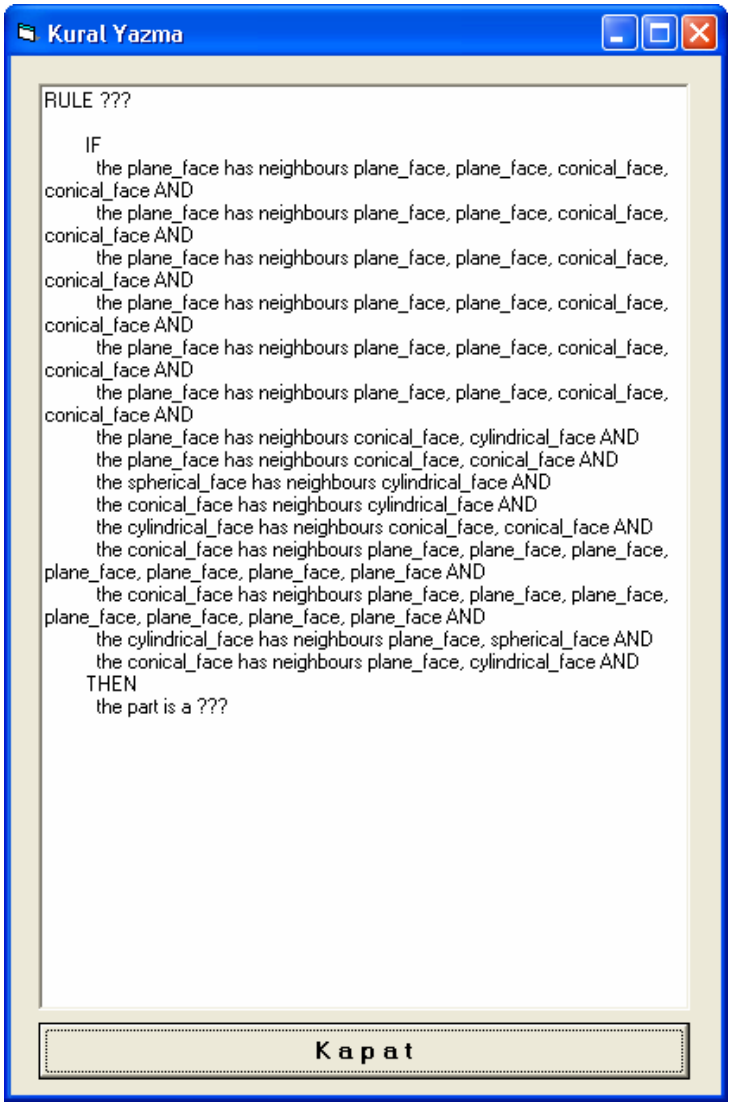
kutusu işaretli ise program parça üzerindeki silindirik, konik, toroid, küresel ve düzlem yüzeylerin yön nitelik değerlerini de komşuluk ilişkilerinin alt satırına yazar. Bu modül çok karmaşık parçaların yüzey tipi, yüzey komşuluk ilişkileri ve nitelikler açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Eğer tüm kontrol kutuları ise bu sefer program hem komşuluk ilişkilerini hem de tüm yüzeylere ait nitelik değerlerinin tümünü elde edilen kuralda temsil etmektedir. Şekil 6.56'daki şapkalı somunun Şekil 6.57'de gösterildiği gibi isteğe bağlı kural yazma modülündeki *"Yüz"* kontrol kutusu işaretlendiğinde ve *"Kural Yaz"* komut düğmesine basıldığında Şekil 6.58'de gösterilen kural yazma penceresinde şapkalı somunun kuralı temsil edilmektedir.



Şekil 6.56. Şapkalı somun

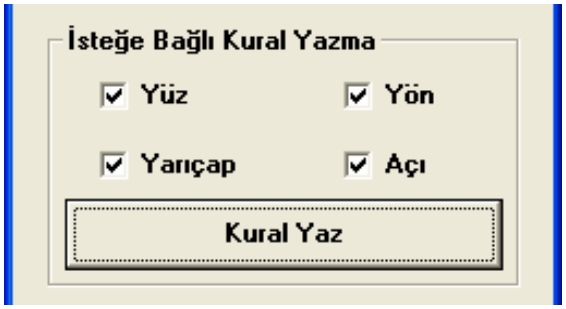


Şekil 6.57. Yüz kontrol kutusu işaretlenmiş isteğe bağlı kural yazma modülü

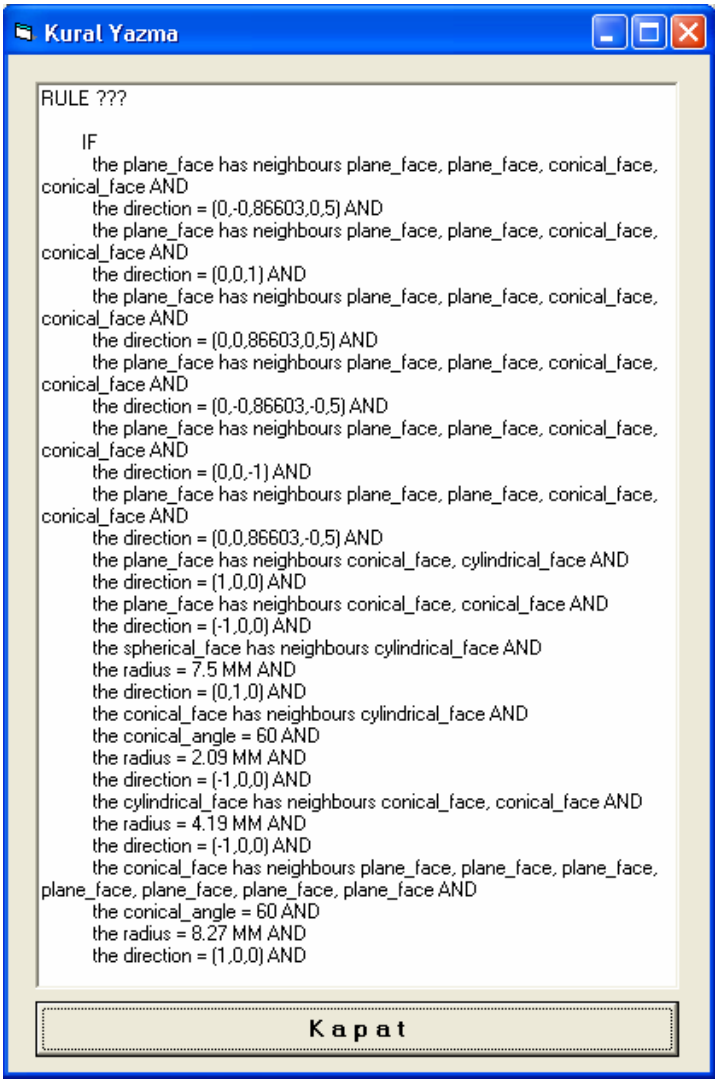


Şekil 6.58. Yüz kontrol kutusu işaretli iken şapkalı somunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi

Şekil 6.58'deki kural yazma penceresinde şapkalı somuna ait tüm yüzlerin sadece komşuluk ilişkileri tanımlanmıştır. Şekil 6.56'daki şapkalı somunun Şekil 6.59'da gösterildiği gibi isteğe bağlı kural yazma modülündeki *"Yüz"*, *"Yarıçap"*, *"Açı"*, *"Yön"* kontrol kutuları işaretlendiğinde ve *"Kural Yaz"* komut düğmesine basıldığında Şekil 6.60'da gösterilen kural yazma penceresinde şapkalı somunun kuralı temsil edilmektedir. Şekil 6.60'daki kural yazma penceresinde de görüldüğü gibi şapkalı somuna ait komşuluk ilişkileri tanımlandığı gibi bunun yanı sıra yüzlere ait tüm niteliklerde tanımlanmıştır.



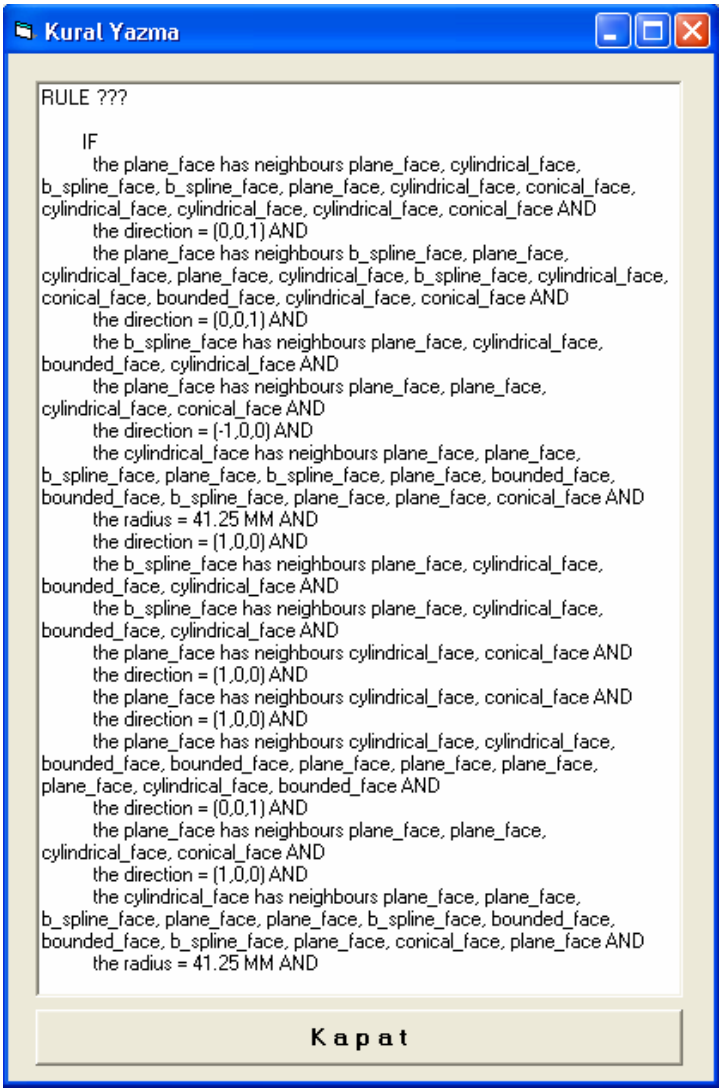
Şekil 6.59. Yüz, yarıçap, açı ve yön kontrol kutuları işaretlenmiş isteğe bağlı kural yazma modülü



Şekil 6.60. Yüz, yarıçap, açı ve yön kontrol kutuları işaretli iken şapkalı somunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi

İsteğe bağlı kural yazma modülü özellikle kuralı tanımlanamayacak kadar karmaşık olan parçalar için geliştirilmiştir. Bu modülle kural yazma işlemi tamamen bilgisayara bırakılarak kural yazma ve parça tanıma işlemleri oldukça basitleştirilmiştir. Otomatik kural yazma işlemi ile yüzey tipi ve yüzey komşuluk ilişkilerinde sınırlama olmaksızın kurallar bilgisayar tarafından yazılabilmektedir. Şekil 6.61'deki biyel kolu orta düzey parçalara bir örnektir. Kullanıcı biyel kolunun kuralını tanımlarken ya parçayı diğer parçalardan ayırt edecek bir kısım yüzlerin komşuluk ilişkilerini ve niteliklerini temsil eden bir kural yazacak ya da parçaya ait tüm yüzleri temsil eden bir kural yazacaktır. Tüm yüzlerin komşuluk ilişkilerini ve niteliklerini içeren bir kuralı yazmak kullanıcı için imkansızdır. Çünkü özellikle b_spline yüzeylerin kenar halkasının sınırlarını tespit etmek oldukça zordur. İsteğe bağlı kural yazma modülü ile böyle yüzeylere sahip olan parçaların kuralı otomatik ve hiçbir kullanıcı müdahalesi olmadan kolayca türetilebilmektedir. Şekil 6.62'de biyel kolunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi verilmiştir.

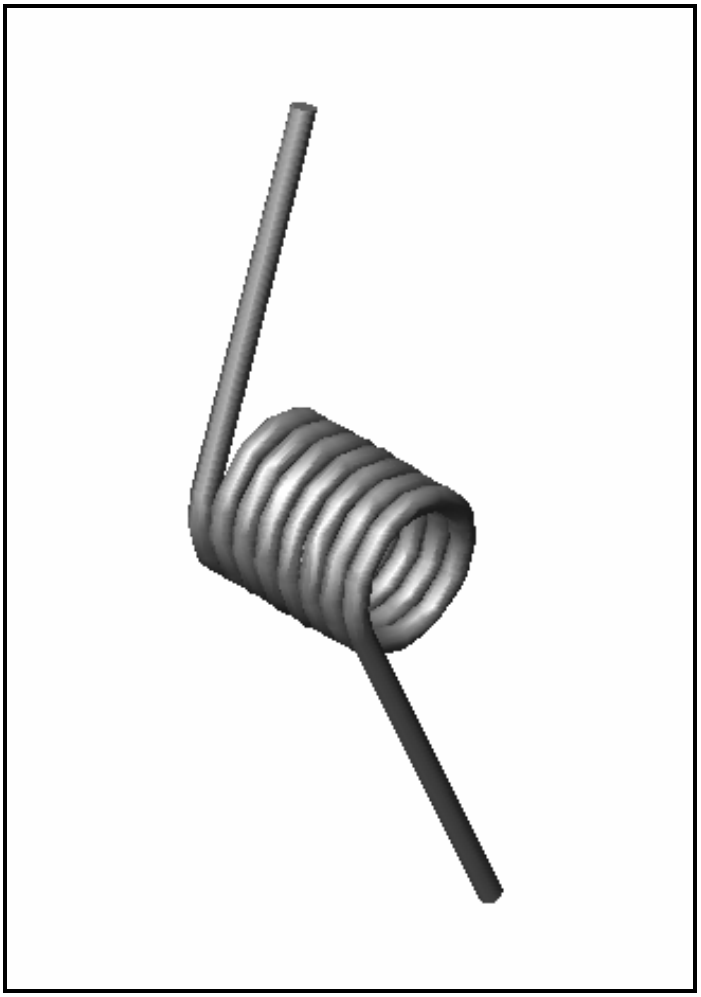
Şekil 6.61. Biyel kolu



Şekil 6.62. Biyel kolunun isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen kural penceresi

Şekil 6.63'de gösterilen burulma yayı karmaşık parçalara bir örnek olarak özellikle seçilmiştir. Burulma yayının STEP dönüşüm formatında 256 yüzey tespit edilmiştir. Program bunlardan 141 yüzey üzerinde budama işlemi yapmış ve budanmış STEP dönüşüm formatında 115 yüzey temsil etmiştir. Aynı zamanda program 115 yüzeyin komşuluk ilişkilerini ve niteliklerini ihtiva eden bir kural yazmıştır. Şekil 6.64'de isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilen burulma yayının kuralının tamamı verilmiştir. Burulma yayı silindirik ve toroid yüzeylerin bir kombinasyonudur. Bu yüzey tiplerinin kenar halkalarını tespit etmek mümkün olmadığından kullanıcının burulma yayının komşuluk ilişkilerini tespit ederek yayın kuralını yazması mümkün

değildir. Bu işlem geliştirilen kural yazma modülü ile kullanıcı müdahalesi olmaksızın kolayca türetilmiştir. Kullanıcı türetilen bu kuralı kural numarası ve parça ismini yazarak kuralın tamamını ya da mantıklı bir kısmını bilgi tabanına kopyalayarak burulma yayının bilgisayar tarafından tanınmasını sağlayabilmektedir. Bu modül ile tanınması imkansız olan parçaların kuralının bilgi tabanında temsil edilmesi ve tanınması oldukça kolaylaştırılmıştır. Bu modül geliştirilen programa esneklik yönünden büyük katkısı olmuş ve kullanıcıyı kural yazma zahmetinden kurtarmıştır. Aynı zamanda kullanıcının hatalı ve eksik kural tanımlaması yapmasını da engellemiştir.



Şekil 6.63. Burulma yayı

RULE ???

IF
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, toroidal_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,06128,-0,00104) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,06112,0,00455) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,06076,-0,00805) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,0602,0,01152) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05944,-0,01495) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05849,0,01833) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05734,-0,02165) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05689,-0,02281) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,0581,0,01951) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05913,-0,01615) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05995,0,01273) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,06059,-0,00927) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,06102,0,00579) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,06125,-0,00228) AND

the plane_face has neighbour cylindrical_face AND
the direction = (0,0595,-0,39929,-0,91489) AND
the plane_face has neighbours cylindrical_face AND
the direction = (0,0595,0,38073,-0,92277) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.66 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99805,0,00666,0,062) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 55.11 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99818,-0,04438,0,04093) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,0028,-0,06123) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,04586,-0,04066) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,03933,0,04701) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,0063,0,06097) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,04812,0,03797) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,03657,-0,04919) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,00979,-0,0605) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05021,-0,03515) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,03369,0,0512) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,01324,0,05984) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05215,0,03221) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,0307,-0,05305) AND

the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,01665,-0,05899) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05391,-0,02917) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,02761,0,05472) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,02,0,05794) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05549,0,02603) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,02443,-0,05621) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,02329,-0,05669) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,056,0,0249) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,02117,0,05752) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,0265,0,05527) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05448,-0,02807) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,01784,-0,05864) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,02962,-0,05366) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,05279,0,03115) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,01445,0,05956) AND

the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,03265,0,05187) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,05091,-0,03412) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,01101,-0,06029) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,03557,-0,04991) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,04887,0,03699) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,00753,0,06083) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,03837,0,04779) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,04667,-0,03973) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,00404,-0,06116) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.84 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,0,04105,-0,04552) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 55.11 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99818,0,0452,0,04002) AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.66 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99805,-0,00541,0,06213) AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,0595,-0,39929,-0,91489) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05479,0,38118,-0,92288) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,92613,-0,37296) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,91289,0,40427) AND

the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,34626,0,93644) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,43028,0,90093) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,94598,0,31927) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,88822,-0,45593) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,29202,-0,95474) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,48121,-0,87479) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,96272,-0,26453) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,86063,0,50609) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,23682,0,96991) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,53055,0,84577) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,9763,0,20892) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,83021,-0,55458) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,18084,-0,98189) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,57815,-0,81397) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,98667,-0,15261) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,79706,0,60125) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,12427,0,99064) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,62386,0,7795) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,9938,0,09582) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,76129,-0,64595) AND

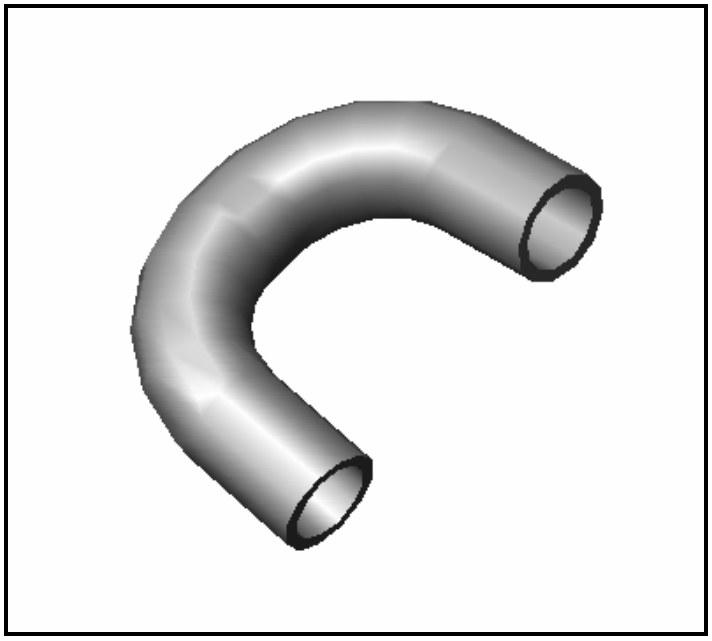
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,06729,-0,99613) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,66751,-0,74246) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,99765,-0,0387) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,72302,0,68852) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,01008,0,99835) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,70896,0,70298) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,99823,-0,01855) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,68237,-0,72882) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,04716,-0,99729) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,74809,-0,66119) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,99553,0,07573) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,63947,0,76674) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,10423,0,99295) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,78476,0,61723) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,98955,-0,13266) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,59447,-0,80213) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,16097,-0,98534) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,81884,-0,57123) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,98032,0,18916) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,54753,0,83488) AND

```
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,21719,0,9745) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,85023,0,52337) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,96787,-0,24503) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,49878,-0,86489) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,27268,-0,96045) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,87883,-0,47377) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,95223,0,3001) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,0,44838,0,89206) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,32728,0,94324) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,90454,0,42262) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05647,-0,93347,-0,35418) AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,05479,-0,39974,-0,91499) AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 10 MM AND
the direction = (0,0595,0,38073,-0,92277) AND
the toroidal_face has neighbours toroidal_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 54.85 MM AND
the min_radius = 10 MM AND
the direction = (0,99812,-0,06128,-0,00104) AND
THEN
the part is a ???
```

Şekil 6.64. Burulma yayının isteğe bağlı kural yazma modülü ile elde edilmiş kuralının tamamı

6.7. Parça Tanıma

Bu aşamada, parçaya ait STEP formatından ve bilgi tabanındaki kurallardan elde edilen bilgilerin karşılaştırılması sonucu parça tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Tanınacak parçanın tüm yüzlerine ait komşuluk ilişki formatındaki komşuluk ilişki bilgileri ve nitelikleri yan yana yazılarak parça tanıma formatı olarak isimlendirilen bir formatta temsil edilmiştir. Parça tanıma formatı program formunda gizlenmiş bir liste kutusunda yerleştirilmektedir. Aynı zamanda, program bilgi tabanındaki tüm kuralları teker teker değerlendirerek buradaki her bir kural için bir kural bölümü oluşturmakta bu kurala ait yüz komşuluk ilişkilerini ve niteliklerini aynı parça tanıma formatına dönüştürerek yine program formunda gizlenmiş farklı bir liste kutusunda temsil etmektedir. Daha sonra program bilgi tabanından elde edilen her bir kurala ait parça tanıma formatını komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatı ile karşılaştırmaktadır. Eğer bir kurala ait parça tanıma formatı parçaya ait parça tanıma formatı ile eşleşmez ise program o kuralı atlayarak diğer kuralın parça tanıma formatı ile karşılaştırmaktadır. Bu şekilde program bilgi tabanındaki tüm kurallara ait parça tanıma formatlarını değerlendirerek parçaya ait parça tanıma formatına uygun kuralı tespit eder ve parça tanınır. Parça tanıma işlemi uzman sistemin bir parçası olan muhakeme ünitesinde icra edilmiştir. Uzman sistem muhakeme yöntemlerinden ise ileriye zincirleme yöntemi kullanılmıştır. İleriye zincirleme bir kuralın IF şart kısmından başlamakta ve kuralın THEN kısmını ispatlamak için bu şartları tatmin etmeye çalışmaktadır. Bu çalışmada da IF şart kısmında tanımlanan şartlar parçaya ait bilgileri tam olarak sağladığında THEN kısmı ispatlanmış yani parça tanınmış olacaktır. Bu şekilde program kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanmış her bir parça için bilgi tabanında her bir kuralı tarayarak ve parçaya ait parça tanıma formatına uyan kuralı bularak parça ismini ve kural numarasını bilgi tabanında temsil edilen kuralın sonuç kısmından almaktadır. Parça tanındıktan sonra bir mesaj kutusu ekranda belirerek kullanıcının parça ismini ve kural numarasını teyit etmesi beklenmektedir. Kullanıcı onayladığı takdirde program tasarlanan parçayı elde edilen parça ismi ile sabit diskin *"D"* bölümünde *"DWG Files"* olarak isimlendirilen bir klasörün içine kaydetmektedir.



Şekil 6.65. Yağ buhar borusu

Şekil 6.65'te verilen yağ buhar borususun program tarafından STEP dosyasından elde edilen parça tanıma formatı Şekil 6.66'da verilmiştir.

STEP dosyasına ait parça tanıma formatı

1. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-1,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

2. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0,96593,0,25882) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

3. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 11,1 yön (0,31474,0,24567,-0,91684) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

4. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 14,5 yön (0,31474,0,24567,-0,91684) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

5. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 11,1 yön (0,32469,0,-0,94582) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

6. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 14,5 yön (0,32469,0,-0,94582) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

7. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14,5 yön (0,-0,96593,-0,25882) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

8. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11,1 yön (0,-0,96593,-0,25882) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

9. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11,1 yön (0,94582,0,0,32469) komşu yüzeyler toroid yüzey toroid yüzey

10. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14,5 yön (0,94582,0,0,32469) komşu yüzeyler toroid yüzey toroid yüzey

11. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11,1 yön (0,-1,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

12. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14,5 yön (0,-1,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

Şekil 6.66. Yağ buhar borusunun STEP dosyasından elde edilen parça tanıma formatı

```
For sonduz1 = 0 To List10.ListCount - 1
If List10.List(sonduz1) Like "*. yüzey" Then
sonduzyuztip = List10.List(sonduz1)
sonduzbassay = sonduz1
For sonduz2 = sonduzbassay To List10.ListCount - 1
If List10.List(sonduz2) = "++++++++++++" Then
sonduzsonsay = sonduz2
Exit For
End If
Next sonduz2
For sonduz3 = sonduzbassay + 2 To sonduzsonsay - 1
Text1 = Text1 + List10.List(sonduz3)
Next sonduz3
List12.AddItem Text1.Text
Text1 = ""
End If
Next sonduz1
```

Şekil 6.67. Komşuluk ilişkilerini parça tanıma formatına dönüştüren program satırları

Şekil 6.67'de ise tasarlanan parçaya ait komşuluk ilişkilerini parça tanıma formatına dönüştüren program satırları verilmiştir. Şekil 6.65'te verilen yağ buhar borusunun bilgi tabanında temsil edilen kuralı Şekil 6.68'de ve program tarafından bilgi tabanındaki kuraldan elde edilen parça tanıma formatı ise Şekil 6.69'da verilmiştir. Şekil 6.70'de ise bilgi tabanındaki tanınacak parçalara ait tüm kuralları parça tanıma formatına dönüştüren ve liste kutusunda temsil eden program satırları verilmiştir.

RULE 90 :

IF
the plane_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 37 MM AND
the min_radius = 11.1 MM AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 37 MM AND
the min_radius = 14.5 MM AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 37 MM AND
the min_radius = 11.1 MM AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the max_radius = 37 MM AND
the min_radius = 14.5 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 14.5 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 11.1 MM AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 11.1 MM AND
the cylindrical_face has neighbours toroidal_face, toroidal_face AND
the radius = 14.5 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 11.1 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 14.5 MM AND
THEN
the part is a yağ_buhar borusu

Şekil 6.68. Yağ buhar borusunun bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Bilgi tabanına ait parça tanıma formatı

1. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

2. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 11.1 komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

3. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 14.5 komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

4. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 11.1 komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

5. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 37 min yarıçap 14.5 komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey

6. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14.5 komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

7. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11.1 komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

8. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11.1 komşu yüzeyler toroid yüzey toroid yüzey

9. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14.5 komşu yüzeyler toroid yüzey toroid yüzey

10. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 11.1 komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

11. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 14.5 komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey

Şekil 6.69. Yağ buhar borusunun kuralından elde edilen parça tanıma formatı

```
Open "d:\1 Silindirli motor\STEP Dosyaları\bilgi tabanı.txt" For Input As #2
Do While Not EOF(2)
Line Input #2, st
List13.AddItem st
List13.Visible = False
Loop
Close #2
For st1 = 0 To List13.ListCount - 1
sta = List13.List(st1)
If sta Like "*IF*" Then
List14.AddItem "&&&&&&&&&&&&"
ifst = st1
kuralno1 = List13.List(ifst - 2)
kuralno11 = InStr(kuralno, "RULE")
kuralno = Val(Mid(kuralno1, kuralno11 + 6, 15))
List14.AddItem "kural no"
List14.AddItem kuralno
For st2 = ifst To List13.ListCount - 1
If List13.List(st2) Like "*THEN*" Then
thenst = st2
thensta = List13.List(st2)
sonuc1 = List13.List(thenst + 1)
sonuc11 = InStr(sonuc1, "is")
sonuc2 = InStr(sonuc11, sonuc1, "a")
sonuc22 = Len(sonuc1) - sonuc2
sonuc3 = Trim(Right(sonuc1, sonuc22 - 1))
sonuc = Replace(sonuc3, "_", " ")
List14.AddItem "parça adı"
List14.AddItem sonuc
Exit For:End If:Next st2
sayac = 0
For st3 = ifst + 1 To thenst - 1
stkomsu = List13.List(st3)
If stkomsu Like "*has*" Then
stsolno = InStr(stkomsu, "has")
yuz = Left(stkomsu, stsolno - 2)
stsagno = InStr(stkomsu, "has")
stsagno2 = Len(stkomsu) - stsolno
komsuyuz = Right(stkomsu, stsagno2 - 3)
yuzparno1 = InStr(yuz, "_face")
yuztype = Mid(yuz, yuzparno1 - 11, 11)
sayac = sayac + 1
If sayac >= 2 Then
List14.AddItem "++++++++++++"
End If
List14.AddItem sayac & ". yüzey"
List14.AddItem "____________"
If yuztype Like "*plane*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "düzlem yüzey":End If
If yuztype Like "*cylindrical*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "silindirik yüzey":End If
If yuztype Like "*conical*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "konik yüzey":End If
If yuztype Like "*spherical" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "küresel yüzey":End If
If yuztype Like "*toroidal*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "toroid yüzey":End If
If yuztype Like "*bounded*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "sınırlı yüzey":End If
If yuztype Like "*b_spline*" Then:List14.AddItem "yüzey tipi" & "b_spline yüzey":End If
End if
Next st3
End if
Next st1
```

Şekil 6.70. Parçanın kuralını parça tanıma formatına dönüştüren program satırları

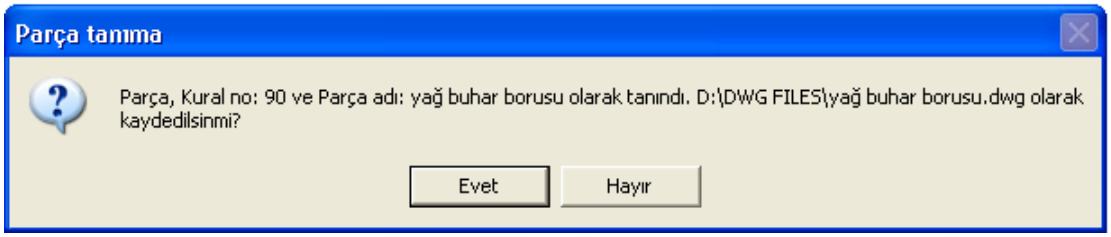
Bilgi tabanında parçaya ait nitelikler kullanıcı tarafından eksik tanımlanabildiği için komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatının bilgi tabanından elde edilen parça tanıma formatındaki bilgileri bire bir (%100) karşılaması gerekmektedir. Şekil 6.71'de görüldüğü gibi bilgi tabanında tanımlanmış 1. yüzeyin yüzey tipi ve komşu yüzeyleri komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatındaki 2. yüzeyin yüzey tipi ve komşu yüzeylerini karşılamaktadır. Diğer yüzeyler de karşılaması durumunda program bu yüzeylere ait kuralın kural numarasını ve parça adını alır ve parçayı montaj aşamasında kullanılmak üzere bu isimle bilgisayara kaydeder.

Bilgi Tabanı Parça Tanıma Formatı	**STEP Dosyası Parça Tanıma Formatı**
1. yüzey	**2. yüzey**

`yüzey tipi`
`düzlem yüzey`
`komşu yüzeyler`
`silindirik yüzey`
`silindirik yüzey`
	`yüzey tipi`
	`düzlem yüzey`
	`yön`
	`(0,0,96593,0,25882)`
	`komşu yüzeyler`
	`silindirik yüzey`
	`silindirik yüzey`

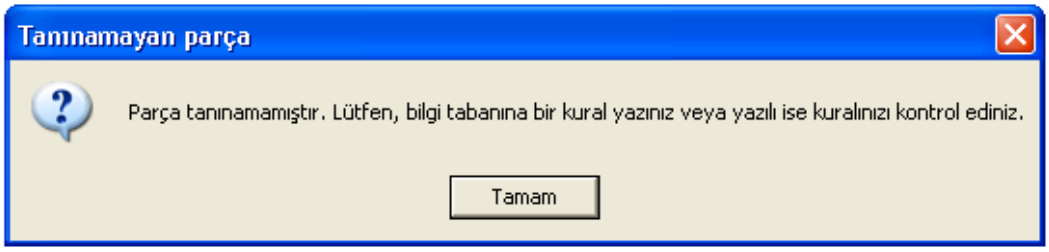
Şekil 6.71. Parça tanıma formatlarının karşılaştırılması

Parça tanınması durumunda Şekil 6.72'deki mesaj kutusu ekrana gelerek kullanıcıya parça ismini yağ buhar borusu ve kural numarasını da 90 olarak kullanıcıya bildirmekte ve kullanıcı tarafından tasarlanan parçayı *"D:\DWG Files\yağ buhar borusu"* olarak kaydetmek isteyip istemediğini sormaktadır. Kullanıcı bu kayıt işlemine onay verdiğinde program parçayı belirtilen yolla kayıt etmektedir. Onay vermemesi halinde ise program işleme son vermektedir.



Şekil 6.72. Yağ buhar borusunun parça tanıma mesaj kutusu

Parçaya ait bilgi tabanında temsil edilen kuralda bir eksiklik var veya bilgi tabanına bir kural yazılmamış ise parça program tarafından tanınamayarak *"Parça tanınamamıştır. Lütfen, bilgi tabanına bir kural yazınız veya yazılı ise kuralınızı kontrol ediniz."* ibaresini içeren bir mesaj kutusu ekrana gelerek kullanıcı uyarılmaktadır (Şekil 6.73). Kullanıcı bu mesaj kutusunu onaylayarak parçayı bilgisayara tanıtmak için gerekli düzenlemeleri yapmalıdır. Bu düzenlemeler yeterli olmuyor ise parçaya ait kural otomatik kural yazma modülü ile yazıldığında ve bilgi tabanında temsil edildiğinde parça bilgisayara tanıtılabilecektir.



Şekil 7.73. Parça tanımama durumunda gelen mesaj kutusu

Parça tanımaya bir diğer örnekte Şekil 6.74 ve Şekil 6.75'te verilen krank kasnağıdır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında tasarlanan krank kasnağının parça tanıma formatı Şekil 6.76'da verilmiştir. Krank kasnağının parça tanıma formatında temsil edilen 105 yüzü ve bu yüzlere ait komşuluk ilişkileri ve nitelikleri vardır.

Şekil 6.74. Krank kasnağı

Şekil 6.75. Krank kasnağının farklı bir görünümü

STEP dosyasına ait parça tanıma formatı

1. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey

2. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (-1,0,0) komşu yüzeyler konik yüzey silindirik yüzey

3. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.93969,-0.34202) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

4. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

5. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.93969,0.34202) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

6. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön(0,0.93969,0.34202) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

7. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

8. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.5,0.86603) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

9. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.5,0.86603) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

10. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

11. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.17365,0.98481) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

12. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.17365,0.98481) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

13. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

14. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.76604,0.64279) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

15. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.76604,0.64279) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

16. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

17. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-1,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey

→

18. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-1,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
19. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
20. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.70711,-0.70711) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
21. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.70711,-0.70711) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
22. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
23. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.17365,-0.98481) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
24. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,-0.17365,-0.98481) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey
25. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.5,-0.86603) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey
26. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön(0,0.5,-0.86603) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
27. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
28. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (0,0.93969,-0.34202) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey
29. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey silindirik yüzey düzlem yüzey toroid yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey
30. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler konik yüzey silindirik yüzey
31. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
32. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
33. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (-1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
34. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (-1,0,0) komşu yüzeyler konik yüzey silindirik yüzey
35. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey
36. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey

→

37. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey silindirik yüzey
38. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
39. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
40. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
41. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
42. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
43. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
44. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
45. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
46. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
47. yüzey
yüzey tipi düzlem yüzey yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
48. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 1 koniklik açısı 45 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey
49. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
50. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
51. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
52. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
53. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
54. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
55. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
56. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
57. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
58. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
59. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
60. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
61. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
62. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
63. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
64. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey

→

65. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
66. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 4 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
67. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 8.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
68. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 8.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
69. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 8.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
70. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 8.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
71. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 43.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
72. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 38 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
73. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 9 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
74. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey
75. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 64.25 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
76. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey
77. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 86.4 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
78. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
79. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 69.9 yön (1,0,0) komşu yüzeyler konik yüzey konik yüzey
80. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
81. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 86.4 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
82. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 89 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey
83. yüzey
yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 93 min yarıçap 4 yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey konik yüzey
84. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (1,0,0) komşu yüzeyler toroid yüzey silindirik yüzey
85. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 105 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
86. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 112.35 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
87. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
88. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 98.85 yön (1,0,0) komşu yüzeyler konik yüzey konik yüzey
89. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler silindirik yüzey silindirik yüzey
90. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 112.35 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey

→

91. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 105 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
92. yüzey
yüzey tipi konik yüzey yarıçap 3.08 koniklik açısı 72 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey
93. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 85 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey toroid yüzey
94. yüzey
yüzey tipi toroid yüzey max yarıçap 75 min yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey silindirik yüzey
95. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
96. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 47.5 yön (-1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey konik yüzey
97. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
98. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
99. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
100. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
101. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
102. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
103. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
104. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey
105. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 yön (1,0,0) komşu yüzeyler düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey düzlem yüzey

Şekil 6.76. Krank kasnağının komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatı

RULE 72 :

IF

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, plane_face,plane_face, cylindrical_face, plane_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours conical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, cylindrical_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, cylindrical_face AND

the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND

the radius = 53.75 MM AND

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face, plane_face, toroidal_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours conical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face, cylindrical_face AND

the plane_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND

the cylindrical_face has neighbours conical_face, conical_face AND

the radius = 69.9 MM AND

→

the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 86.4 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 89 MM AND
the toroidal_face has neighbours cylindrical_face, conical_face AND
the conical_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the cylindrical_face has neighbours conical_face, conical_face AND
the radius = 98.85 MM AND
the conical_face has neighbours cylindrical_face, cylindrical_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 112.35 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 105 MM AND
the conical_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, toroidal_face AND
the radius = 85 MM AND
the toroidal_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the radius = 53.75 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 47.5 MM AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the radius = 10 MM
THEN
the part is a krank_kasnağı

Şekil 6.77. Krank kasnağının bilgi tabanında temsil edilen kuralı

Bilgi tabanına ait parça tanıma formatı

1. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey

2. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler konik yüzey, silindirik yüzey

3. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey

4. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey

5. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey

6. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey

7. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 komşu yüzeyler düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey

8. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey

9. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, silindirik yüzey, düzlem yüzey, toroidal_face, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey

10. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler konik yüzey, silindirik yüzey

11. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey, silindirik yüzey

12. yüzey

yüzey tipi düzlem yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey, silindirik yüzey

13. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 69.9 komşu yüzeyler konik yüzey, konik yüzey

14. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 86.4 komşu yüzeyler düzlem yüzey, konik yüzey

15. yüzey

yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 89 komşu yüzeyler düzlem yüzey, toroid yüzey

16. yüzey

yüzey tipi toroid yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey, konik yüzey

17. yüzey

yüzey tipi konik yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey, silindirik yüzey

18. yüzey

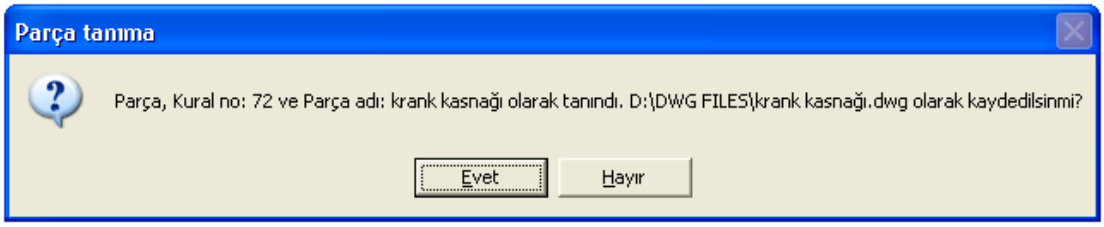
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 98.85 komşu yüzeyler konik yüzey, konik yüzey

→

19. yüzey
yüzey tipi konik yüzey komşu yüzeyler silindirik yüzey, silindirik yüzey
20. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 112.35 komşu yüzeyler düzlem yüzey, konik yüzey
21. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 105 komşu yüzeyler düzlem yüzey, konik yüzey
22. yüzey
yüzey tipi konik yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey
23. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 85 komşu yüzeyler düzlem yüzey, toroid yüzey
24. yüzey
yüzey tipi toroid yüzey komşu yüzeyler düzlem yüzey, silindirik yüzey
25. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 53.75 komşu yüzeyler düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey
26. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 47.5 komşu yüzeyler düzlem yüzey, konik yüzey
27. yüzey
yüzey tipi silindirik yüzey yarıçap 10 komşu yüzeyler düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey, düzlem yüzey

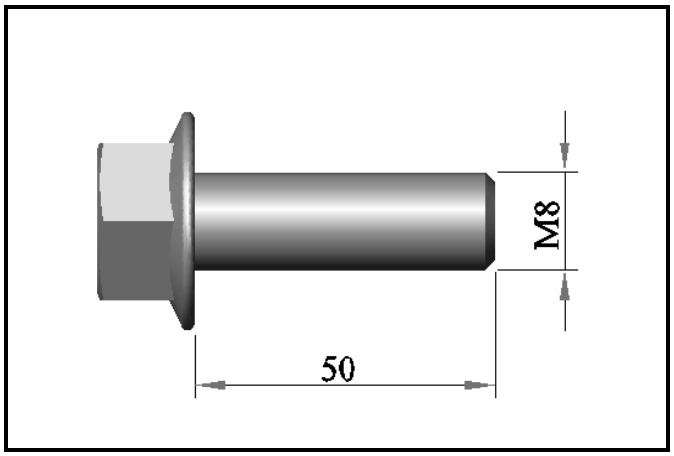
Şekil 6.78. Krank kasnağının kuralından elde edilen parça tanıma formatı

Şekil 6.77'de krank kasnağının bilgi tabanında temsil edilen kuralı, Şekil 6.78'de ise krank kasnağının kuralından elde edilen parça tanıma formatı verilmiştir. Burada dikkat edilecek bir husus krank kasnağının komşuluk ilişki formatından elde edilen parça tanıma formatında 105 yüz temsil edilmişken krank kasnağına ait bilgi tabanında temsil edilen kuralda ve kuraldan elde edilen parça tanıma formatında ise sadece 27 yüz ile temsil edilmiştir. Yani krank kasnağı bilgi tabanındaki kuralında kısmi tanımlama yapılmıştır. Fakat bu tanımlama krank kasnağının program tarafından tanınmasına yeterli olmuştur. Bilgi tabanında temsil edilen kuraldan elde edilen 27 yüzü içeren parça tanıma formatı komşuluk ilişki formatında elde edilen parça tanıma formatına uyduğu için parça krank kasnağı olarak tanınmış ve parça ismi ve kural numarası ekrana gelen mesaj kutusunda temsil edilmiştir. Kullanıcı bu mesaj kutusunu onaylaması halinde tasarlanan parça *krank kasnağı.dwg* olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Şekil 6.79'da krank kasnağına ait parça tanıma mesaj kutusu verilmiştir.



Şekil 6.79. Krank kasnağı parça tanıma mesaj kutusu

Ayrıca standart makine parçalarından civata ve saplamaların çapları tanındığı gibi boyları da tanınabilmektedir. Yani, M10 bir civatanın boyu 40 mm ise bilgi tabanında ilgili parçanın anma çapının gösteren yüzeyin altına *"the screw_length = 40 MM AND"* satırı ilave edilirse, program bu parçayı M10x40 civata olarak tanıyacaktır.



Şekil 6.80. M8x50 civata

Şekil 6.80'de gösterilen flanşlı civatanın anma çapı 8, civata boyu ise 50 mm'dir. Flanşlı civataya ait bilgi tabanında temsil edilen kuralda anma çapını gösteren silindirik yüzeyin komşuluk ilişkilerinin alt satırına *"the radius = 4 MM AND" ve "the screw_length = 50 MM AND"* ibareleri Şekil 6.81'de gösterildiği gibi alt alta yazıldığında flanşlı civata program tarafından M8x50 flanşlı civata olarak tanınmaktadır. Parça tanındıktan sonra parça tanıma mesaj kutusu Şekil 6.82'de gösterildiği gibi gelmekte ve kullanıcının onaylaması halinde *"M8x50 flanşlı civata.dwg"* bilgisayara kaydedilmektedir.

RULE 128 :

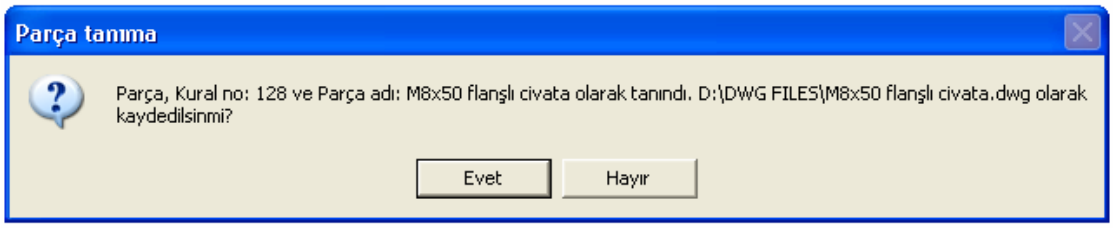
IF

the toroidal_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, conical_face, conical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the plane_face has neighbours toroidal_face, cylindrical_face AND
the plane_face has neighbour conical_face AND
the conical_face has neighbours toroidal_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, conical_face AND
the radius = 4 MM AND
the screw_length = 50 MM AND
the conical_face has neighbours plane_face, cylindrical_face AND
the conical_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, plane_face

THEN

the part is a M8x50 flanşlı_civata

Şekil 6.81. M8x50 civatanın bilgi tabanında temsil edilen kuralı

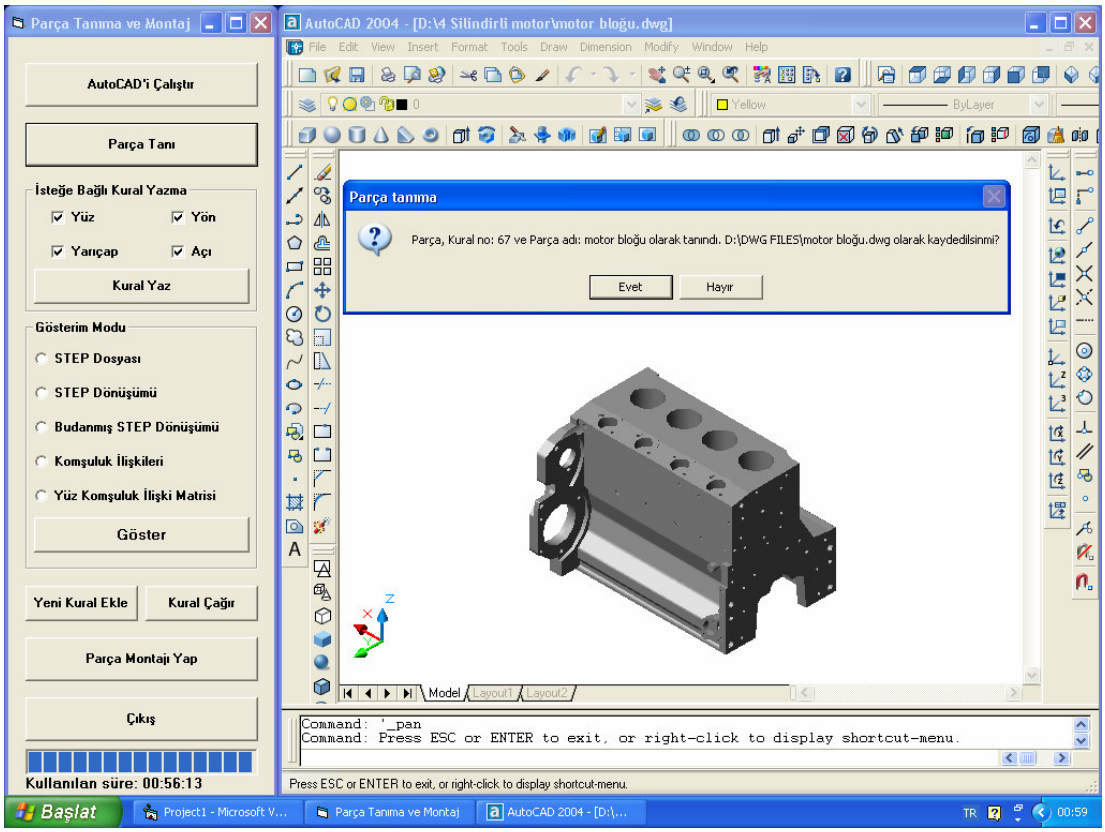


Şekil 6.82. M8x50 civatanın parça tanıma mesaj kutusu

Şekil 6.83. Geliştirilen sistemle tanınan bazı standart makine parçaları

Şekil 6.83'te geliştirilen parça tanıma algoritması ile tanınan bazı örnek standart makine parçaları verilmiştir. Standart makine parçalarının kural tanımlaması zor hatta imkansız olanları seçilerek parça tanıma algortimasının verimliliği gösterilmiştir. Bu çalışmada en karmaşık ve en çok yüzeyi olan parça motor

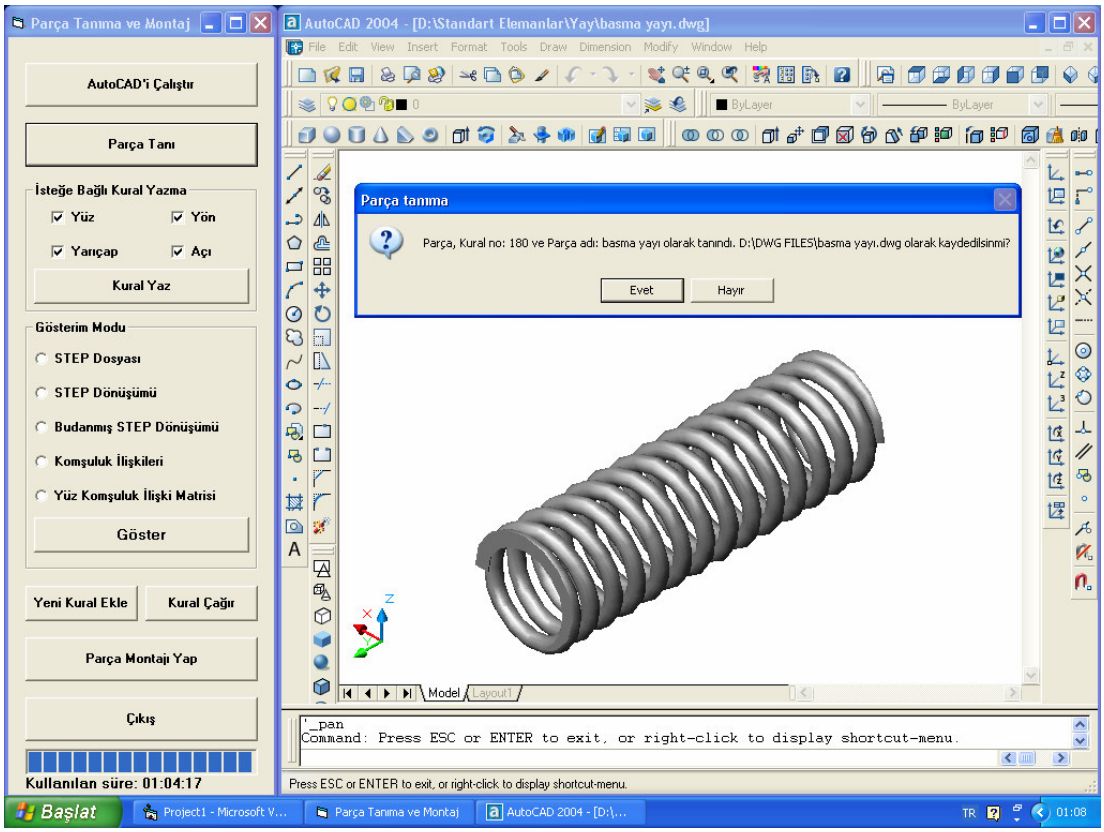
bloğudur. Motor bloğunun STEP dönüşüm formatında 662 yüzeyi vardır. Program bunlardan 183 yüzey üzerinde budama yapmış ve budanmış STEP dönüşüm formatında, komşuluk ilişki formatında ve parça tanıma formatında 479 yüzey temsil etmiştir. Parça tanıma programı yukarıda anlatılan işlemleri tekrar ederek motor bloğunu Şekil 6.84'te gösterildiği gibi 56 dakika 13 saniyede tanımaktadır.



Şekil 6.84. Motor bloğunun tanınması

Yine standart makine parçalarından ele alınan en karmaşık ve en çok yüzeyi olan parça basma yayıdır. Basma yayının STEP dönüşüm formatında 535 yüzeyi vardır. Program bunlardan 297 yüzey üzerinde budama yapmış ve budanmış STEP dönüşüm formatında, komşuluk ilişki formatında ve parça tanıma formatında 238 yüzey temsil etmiştir. Parça tanıma programı yukarıda anlatılan işlemleri tekrar ederek basma yayını Şekil 6.85'te gösterildiği gibi 1 saat 4 dakika 17 saniyede tanımaktadır. Basma yayının daha az sayıda yüzü olmasına rağmen daha fazla sürede tanınmaktadır. Bunun sebebi basma yayında programın daha fazla yüzey birleştirme işlemi

yapmasıdır. Parça tanıma algoritmasının etkinliğini göstermek için dizel motorun ve standart makine parçalarının en karmaşık ve en çok yüzeyi olan parçaları seçilerek bu parçaların bilgisayar tarafından tanınması sağlanmıştır.

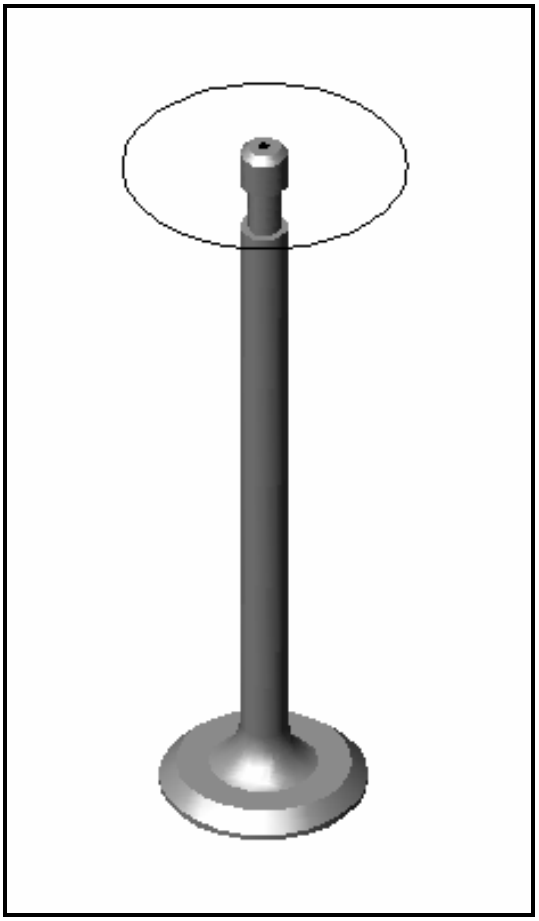


Şekil 6.85. Basma yayının tanınması

6.8. Tanınan Parçaların Montajı

Bu aşamada program tarafından tanınan motor parçalarının bilgisayar ekranında otomatik montajı yapılmaktadır. Bu montaj işlemi sadece dizel motorda bulunan 107 çeşit eleman ve 370 parça ile sınırlıdır. Tanınan parça üzerinden bir referans yüzey seçilerek parçaya ait montaj işlemi bu referans yüzey üzerinden yürütülmektedir. Referans yüzeye ait lokal orijinin koordinatları montaj dosyasına kopyalama işlemi yapılırken referans nokta olarak kabul edilmiştir. Kopyalama işleminde AutoCAD'in *"copybase"* komutu kullanılmıştır. Daha önceden oluşturulmuş ve kaydedilmiş *"montaj.dwg"* dosyasında her bir parçanın referans yüzeylerinin lokal orijinlerinin

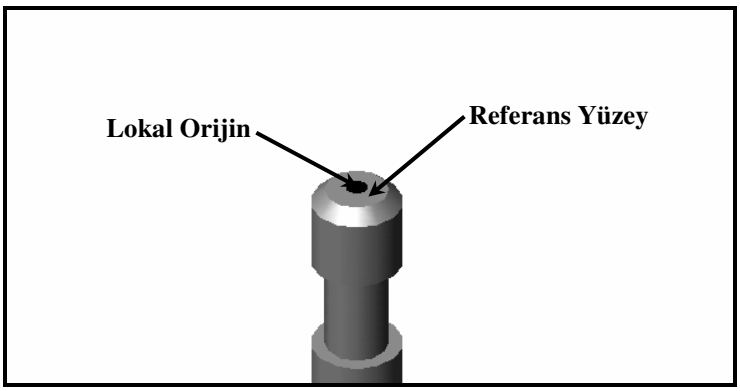
koordinatlarını karşılayan montajı yapılacak parçanın montaj dosyasında temsil edilecek parça sayısına göre koordinatlar belirlenmiştir. Montajı yapılacak parça referans yüzeye ait lokal orijinin koordinatlarını karşılayan referans noktasından yakalanarak *"montaj.dwg"* dosyasında belirlenen koordinatlara kopyalanmakta ve bilgisayara kaydedilerek parçaya ait montaj tamamlanmaktadır. Montaj tamamlandıktan sonra bir mesaj kutusu ekrana gelerek kullanıcıya başka montajı yapılacak parça olup olmadığını sormaktadır. Eğer başka tanınacak ve montajı yapılacak parça varsa program tekrar başa dönmekte ve her bir parçanın montajında aynı prosedür uygulanmaktadır.



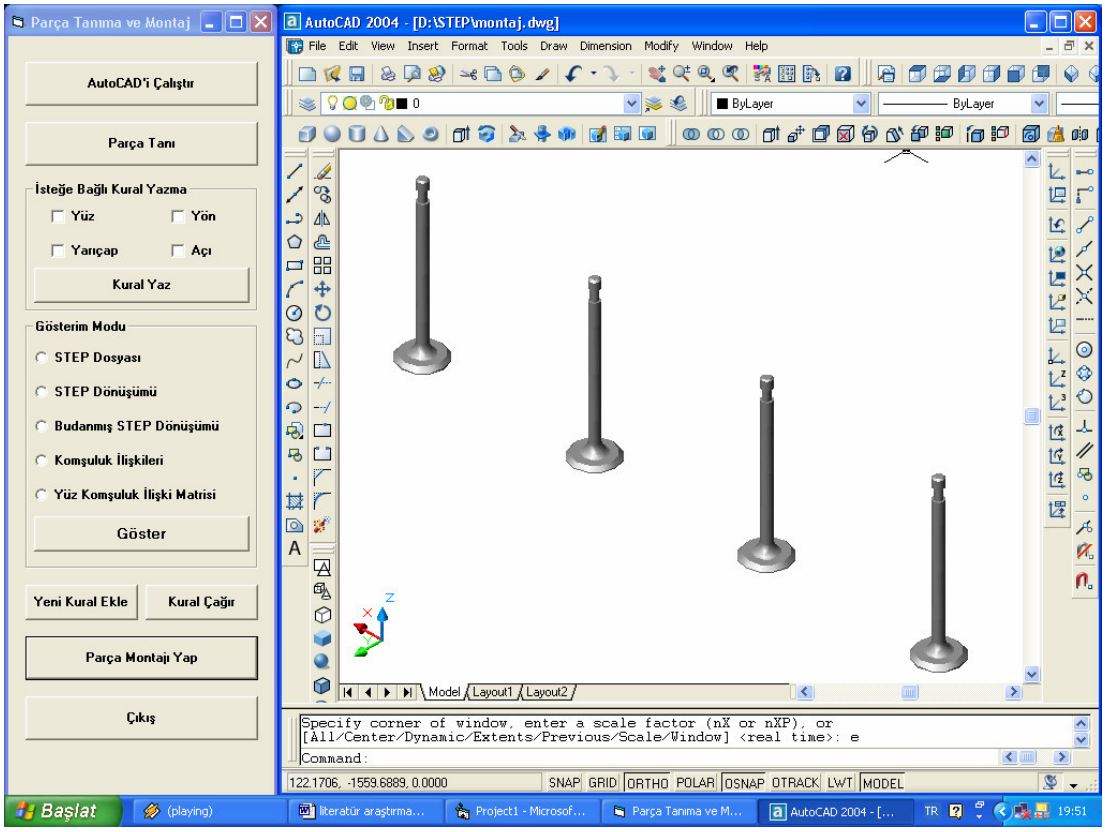
Şekil 6.86. Emme supabı

Şekil 6.86'daki emme supabının referans yüzeyi (düzlem yüzey) ve yüzeye ait lokal orijin (referans noktası) Şekil 6.87'de gösterilmiştir. Emme supabı program

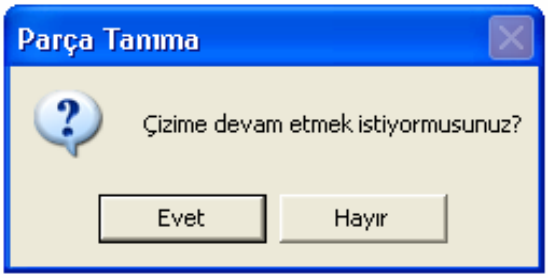
tarafından tanındıktan sonra referans yüzey olarak Şekil 6.87'de gösterilen düzlem yüzey seçilmiş ve referans yüzeyin lokal orijin koordinatları (referans nokta) budanmış STEP formatından elde edilmiştir. Daha sonra AutoCAD'in *"copybase"* komutu çalıştırılarak komutun istediği temel nokta referans nokta olarak tayin edilmiştir. Program formunda bulunan *"Parça Montajı Yap"* komut düğmesine basıldığında program daha önce oluşturulmuş ve bilgisayara kaydedilmiş *"montaj.dwg"* dosyasına, *"DWG Files"* klasöründe parça tanıma aşamasında kaydedilmiş olan emme supabını çağırarak daha önceden belirlenen dört noktaya Şekil 6.88'de gösterildiği gibi yapıştırmıştır. Yapıştırma için program AutoCAD'in *"pasteclip"* komutunu kullanmıştır. Montaj işlemi tamamlandıktan sonra Şekil 6.89'da gösterilen *"Çizime devam etmek istiyor musunuz?"* ibaresi bulunan mesaj kutusu ekranda belirerek kullanıcıya montajı yapılacak başka parça olup olmadığı sorulmaktadır. Kullanıcı eğer mesaj kutusunu onaylarsa program yeni bir tasarım için yeni bir dosya açmakta ve kullanıcının yeni bir tasarım yapmasını beklemektedir. Yeni bir tasarım yapıldığında veya bilgisayarda kayıtlı olan bir dosya açıldığında parça tanıma ve montaj prosedürleri, dizel motorun veya dizel motordaki herhangi bir mekanizmanın montajı tamamlanana kadar aynen tekrar etmektedir. Kullanıcı mesaj kutusunu onaylamazsa program *"montaj.dwg"* dosyasını açarak montajı yapılan parçaları göstermektedir.



Şekil 6.87. Emme supabının referans yüzeyi ve referans yüzeyin lokal orijini

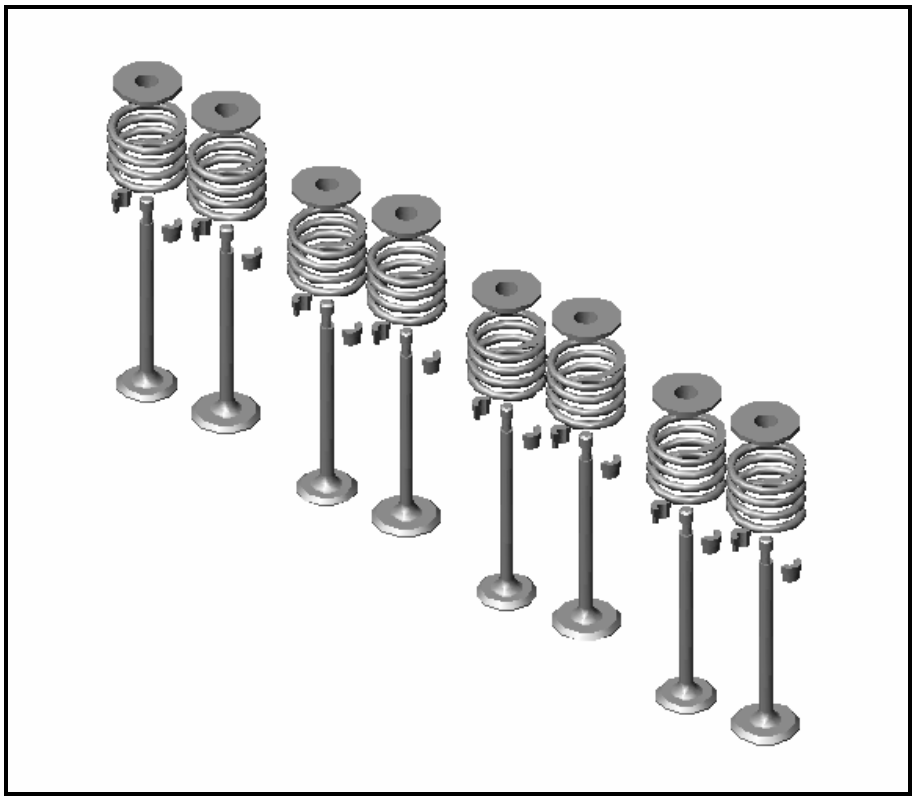


Şekil 6.88. Emme supabının montajı

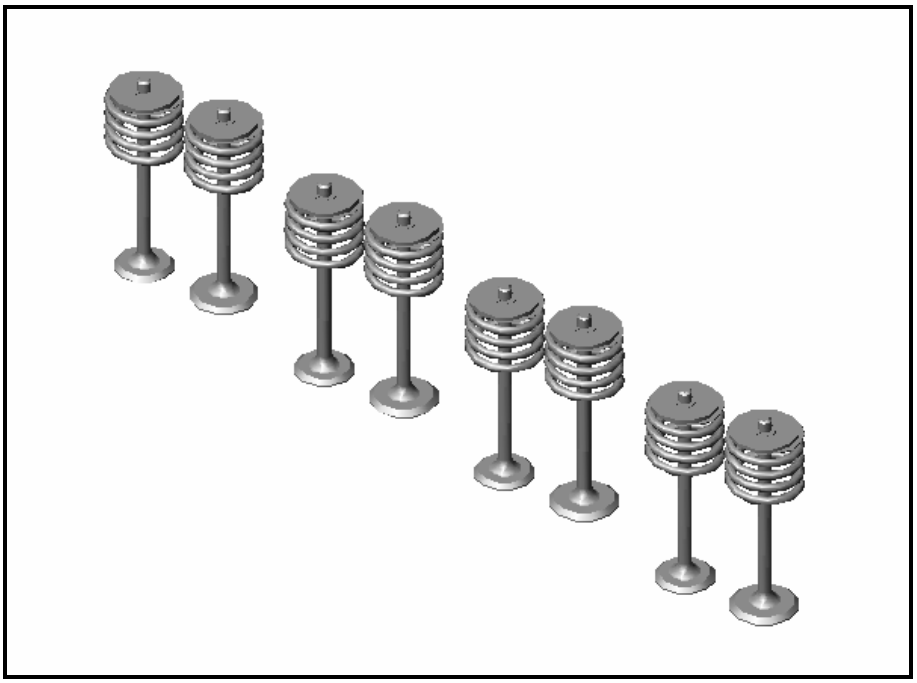


Şekil 6.89. Çizime devam etme mesaj kutusu

Emme supabından sonra montaja devam edilmiş Şekil 6.90'daki supap mekanizmasının elemanları olan egzost supabı, supap yayı, supap tablası ve supap tırnağının montajları Şekil 6.91'de gösterildiği gibi yapılmıştır.

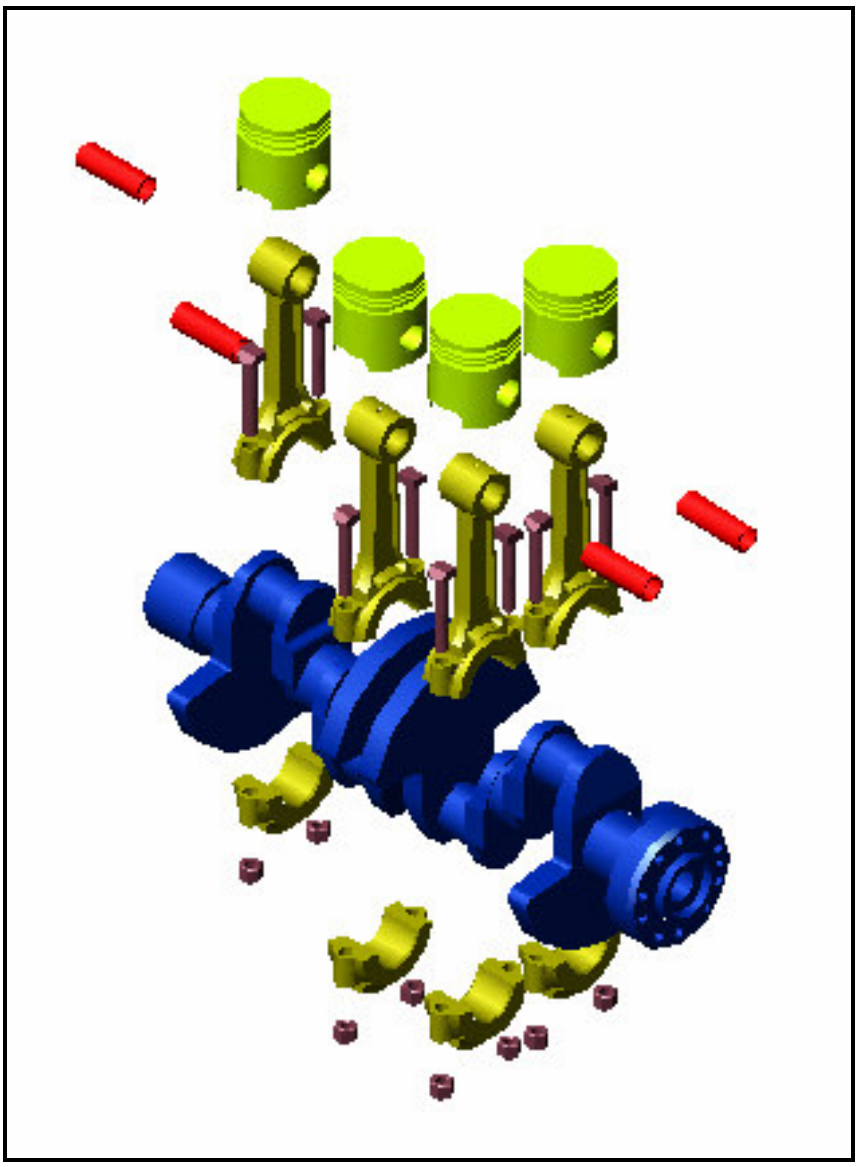


Şekil 6.90. Supap mekanizmasının patlatılmış görünümü

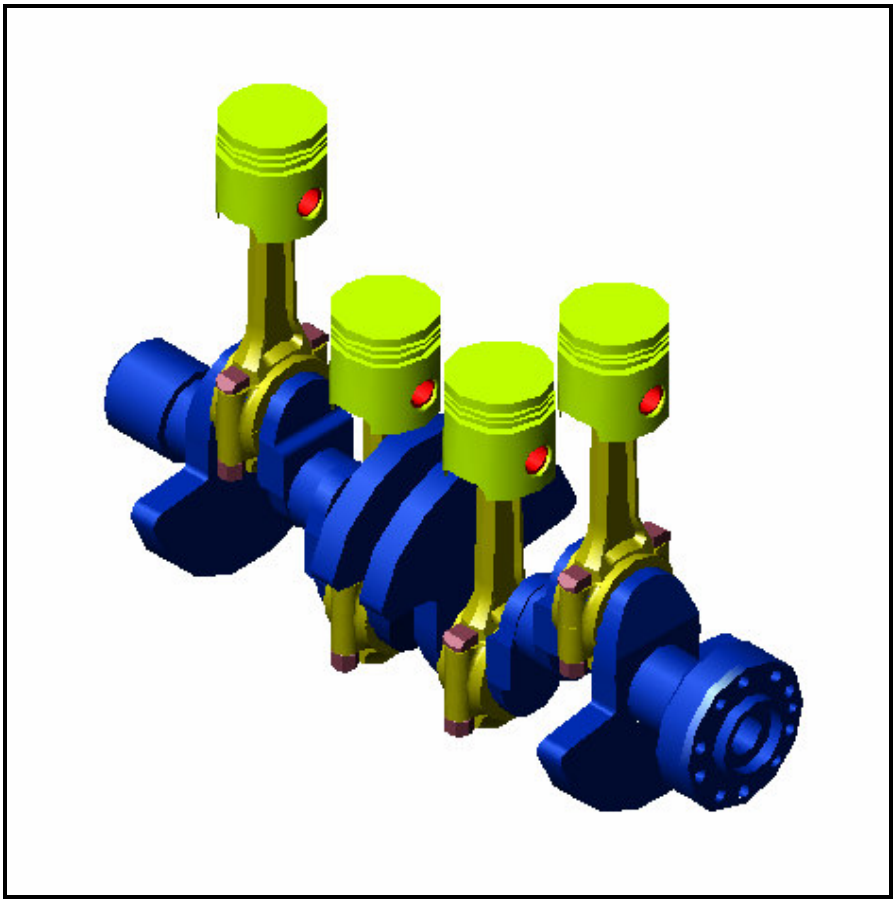


Şekil 6.91. Supap mekanizmasının montajlı görünümü

Geliştirilen montaj yaklaşımı ile sadece dizel motorun montajı değil aynı zamanda dizel motoru oluşturan mekanizmalarında montajı yapılıp bilgisayar ekranında temsil edilebilmektedir. Şekil 6.91'de gösterilen supap mekanizmasının ferdi olarak montajı yapılmıştır. Aynı zamanda Şekil 6.92'de parçaları gösterilen krank biyel mekanizmasının montajı yapılarak Şekil 6.93'te gösterildiği gibi bilgisayar ekranında temsil edilmiştir. Bundan dolayı bu çalışmada geliştirilen montaj prosedürü esnek bir montaj sistemidir.



Şekil 6.92. Krank biyel mekanizmasının patlatılmış görüntüsü



Şekil 6.93. Krank biyel mekanizmasının montajlı görüntüsü

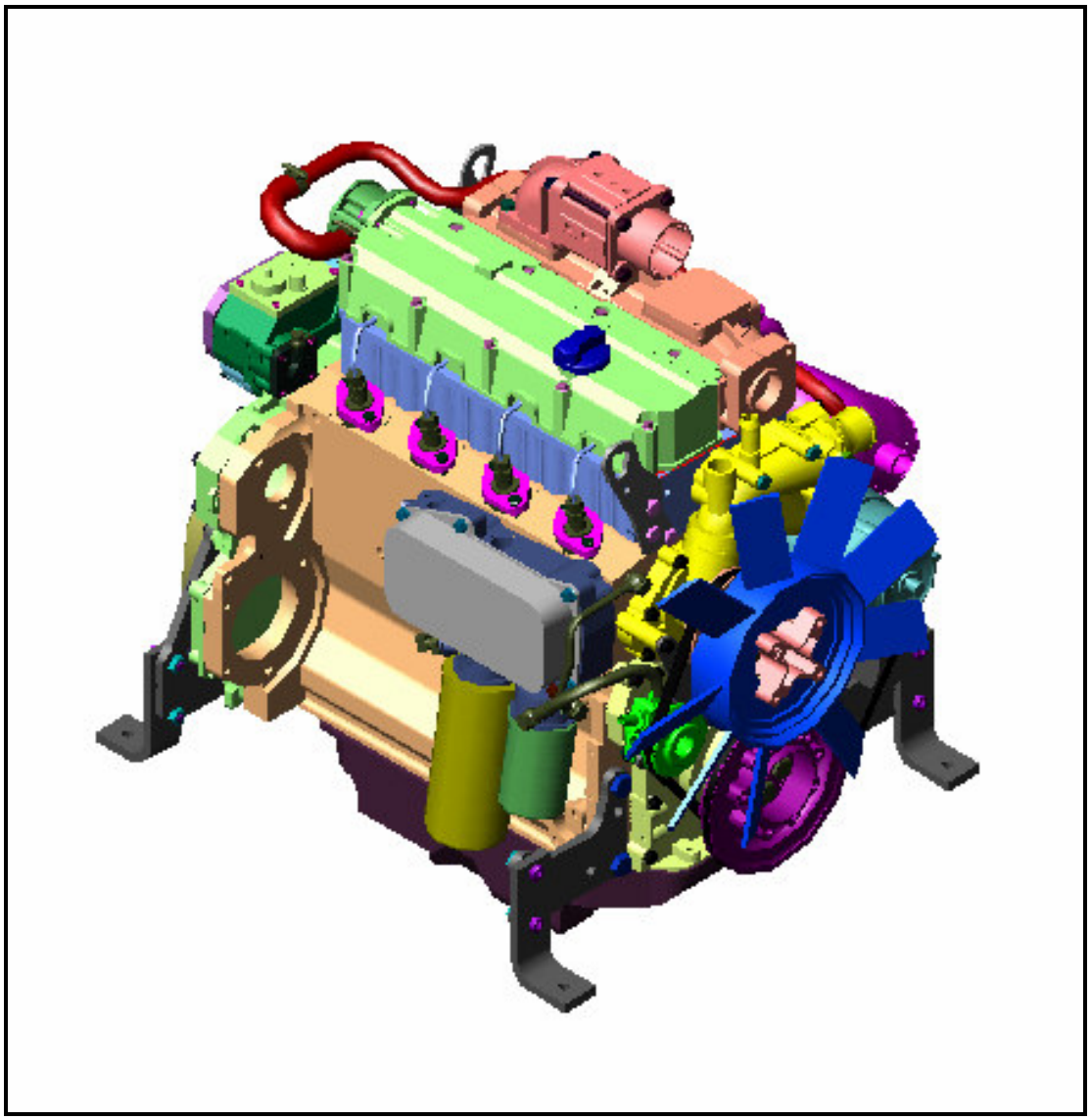
Şekil 6.94'te Krank biyel mekanizmasının parçası biyel civatasının montajını yapan program satırları verilmiştir.

```
If parçaadı = "biyel civata" Then
For montaj = 0 To List7.ListCount - 1
If List7.List(montaj) Like "*. yüzey" Then
surtype = List7.List(montaj + 1)
surradius = List7.List(montaj + 3)
surorigin11 = List7.List(montaj + 7)
If surtype = "konik yüzey" And surradius = "5.25" Then
surorigin1 = Replace(surorigin11, ",", ".")
surorigin = Replace(surorigin1, ";", ",")
basepoint = Mid(surorigin, 2, Len(surorigin) - 2)
cadx.activedocument.sendcommand "_copybase" & vbCr & basepoint & vbCr & "all " & vbCr
cadx.activedocument.Close
cadx.documents.Open "D:\STEP\montaj.dwg"
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-387.3935,-795.8693,215.9707" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-501.3935,-795.8693,107.9708" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-615.3935,-795.8693,107.9708" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-729.3935,-795.8693,215.9707" & vbCr
cadx.activedocument.Close
cadx.documents.Open "D:\DWG FILES\biyel civata.dwg"
cadx.activedocument.sendcommand "_rotate3d" & vbCr & "all " & vbCr & "z" & vbCr & basepoint &
vbCr & "180" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_copybase" & vbCr & basepoint & vbCr & "all " & vbCr
cadx.activedocument.Close
cadx.documents.Open "D:\STEP\montaj.dwg"
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-387.3935,-714.8693,215.9707" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-501.3935,-714.8693,107.9708" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-615.3935,-714.8693,107.9708" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_pasteclip" & vbCr & "-729.3935,-714.8693,215.9707" & vbCr
cadx.activedocument.sendcommand "_zoom e "
cadx.activedocument.sendcommand "_qsave "
cadx.activedocument.Close
End If
End If
Next montaj
End If
```

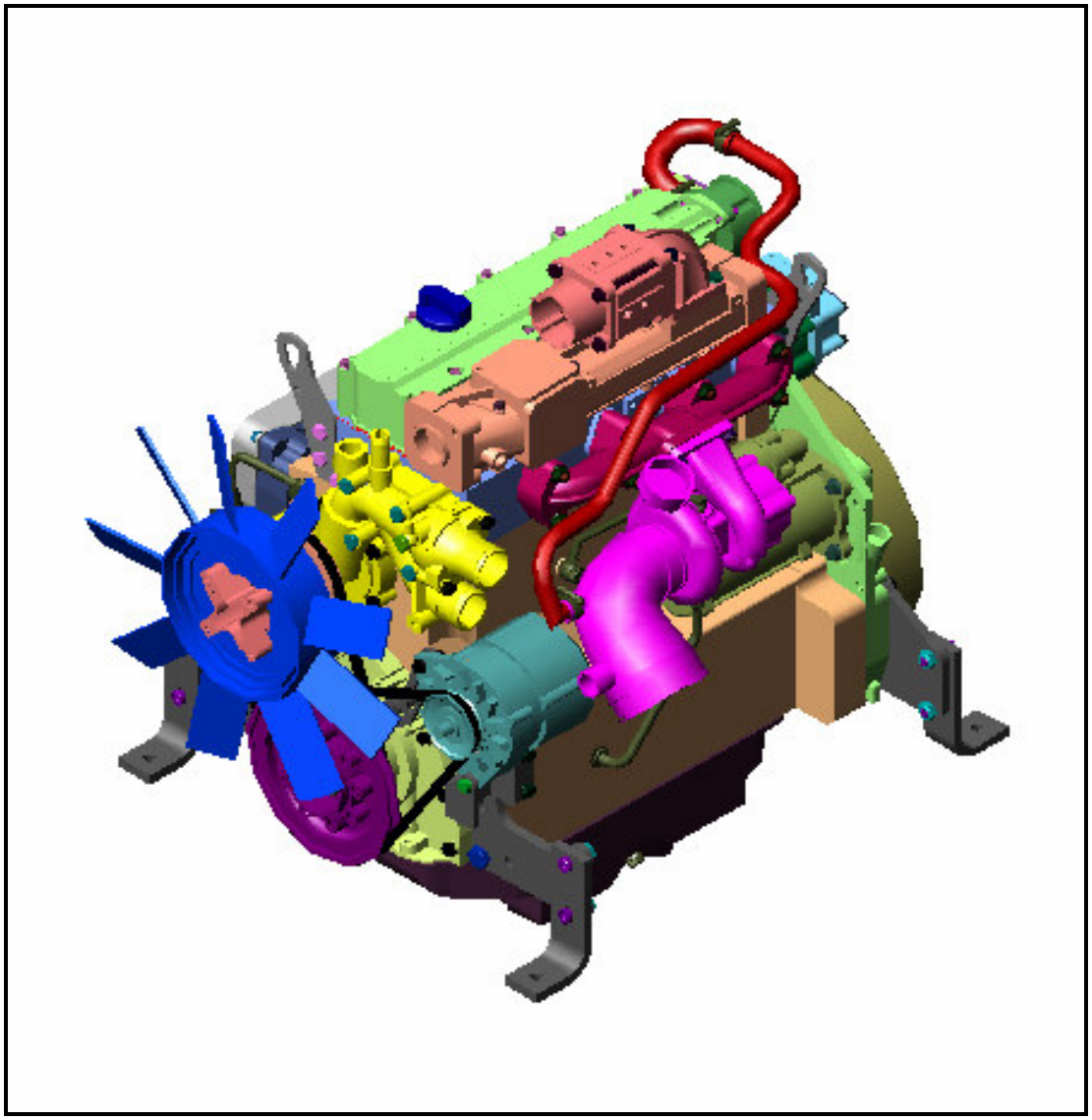
Şekil 6.94. Krank biyel mekanizmasındaki biyel civatasının montajını yapan program satırları

Parça tanıma yaklaşımı ile bilgisayar ekranında montaj işlemi oldukça kolaylaştırılmıştır. Bu montaj sistemi daha başka ürünler için kullanışlı olup başka sistemlere kolaylıkla adapte edilebilir. Şekil 6.95 ve Şekil 6.96'da görüldüğü gibi

dizel motorda bulunan 107 adet çeşit eleman toplam 370 adet parça tanınmış ve bilgisayar ekranında montajı yapılmıştır. Parça tanıma tabanlı montaj sistemi literatürde yeni bir çalışma olup diğer bilgisayar destekli montaj sistemlerinden farklılık arz etmektedir.



Şekil 6.95. Dizel motorun montajlı görüntüsü

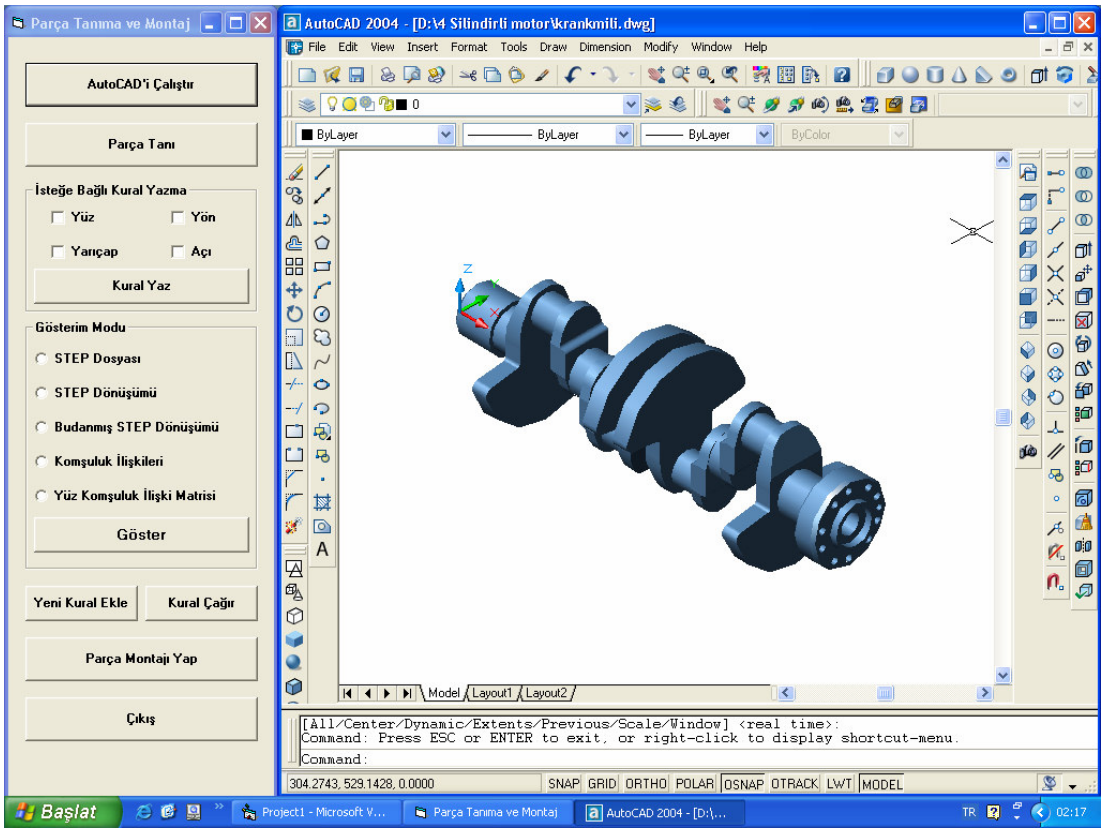


Şekil 6.96. Dizel motorun montajlı farklı bir görüntüsü (127-137)

Ek 1'de programla tanınan ve montajı yapılan parça örnekleri, Ek-2'de örnek parça ve parçaya ait STEP formatı, Ek-3'te örnek parçaya ait STEP dönüşüm formatı, Ek-4'te örnek parçaya ait budanmış STEP dönüşüm formatı, Ek-5'te örnek parçaya ait komşuluk ilişki formatı, Ek-6'da ise örnek parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisi ve otomatik kural yazma modülü ile türetilmiş kural yazma penceresi verilmiştir.

7. PROGRAMIN KULLANIMI

Bu çalışmada geliştirilen bilgisayar programı VisuaBASIC programlama dilinde yazılmış ve BDT sistemi olarak ta AutoCAD 2004 paket programı kullanılmıştır. Visual BASIC programlama dilinden AutoCAD kontrol edilerek Visual BASIC ile AutoCAD'in eş zamanlı çalışması sağlanmıştır. Visual BASIC'te bir form oluşturularak formun üzerine AutoCAD'in farklı fonksiyonlarını kontrol eden ve parça tanıma ve montajda kullanılan çeşitli Visual BASIC kontrolleri yerleştirilmiştir. Daha sonra bu program EXE uzantılı bir dosya haline getirilerek ve Masaüstüne bir kısa yolu yerleştirilerek Visual BASIC'ten bağımsız Windows tabanlı olarak çalıştırılmıştır. Şekil 7.1'de geliştirilen programın ve programla eş zamanlı çalışan AutoCAD penceresinin genel görünümü verilmiştir.



Şekil 7.1. Geliştirilen programın genel görünümü

Tasarımı yapılan form AutoCAD'i çalıştır, parça tanı, isteğe bağlı kural yazma, gösterim modu, yeni kural ekle, kural çağır, parça montajı yap ve çıkış bölümlerinden meydana gelmektedir. Buradaki kontrollerle önceki bölümlerde tanımlanan işlemler yapılabilmektedir. Şekil 7.2'de program formu ve kontrolleri gösterilmiştir.

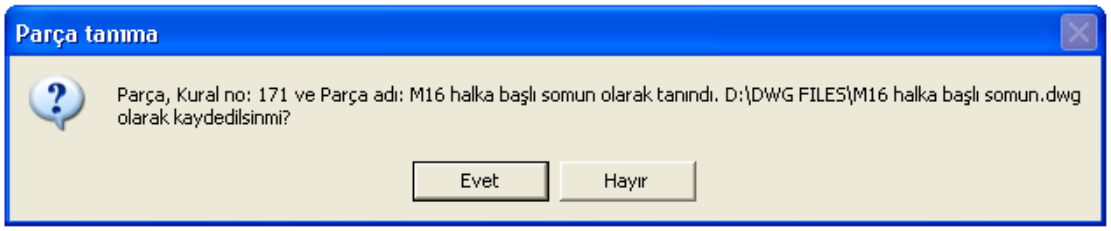
Şekil 7.2. Program formu ve kontrolleri

7.1. AutoCAD'i Çalıştır

Program formundaki *"AutoCAD'i Çalıştır"* komut düğmesi (Command button) ile AutoCAD paket programı çalıştırılmakta ve Şekil 7.1'deki gibi formu kapsamayacak şekilde boyutlandırılmaktadır.

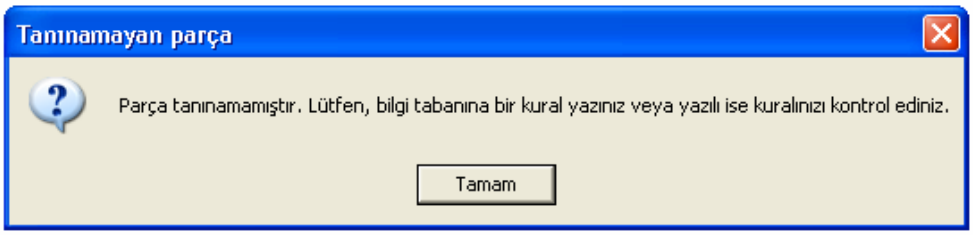
7.2. Parça Tanı

Program formundaki *"Parça Tanı"* komut düğmesi ile AutoCAD ortamında açılan veya tasarlanan parçalar tanınmaktadır. Eğer program parçayı tanırsa Şekil 7.3'deki gibi bir mesaj kutusu gelerek parçanın kural numarası ve parçanın ismini vererek kullanıcıya parçayı *D:\DWG FILES* dizinine parçayı *parça ismi.dwg* olarak kaydetmeyi isteyip istemediğini sormaktadır. Kullanıcı bu soruya evet cevabını verirse program çizimi belirtilen dizine montaj aşamasında kullanılmak üzere kaydeder. Eğer kullanıcı hayır cevabını verirse program çizimi kaydetmeden çizim ortamına döner.



Şekil 7.3. Parça tanıma mesaj kutusu

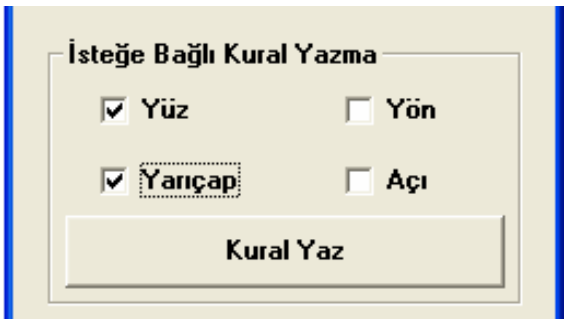
Eğer geliştirilen program AutoCAD ortamında tasarlanan veya açılan parçayı tanımayamazsa Şekil 7.4'deki gibi bir mesaj kutusu gelerek kullanıcıyı uyararak bilgi tabanını kontrol etmesi önerilir.



Şekil 7.4. Parça tanımama durumunda gelen mesaj kutusu

7.3. İsteğe Bağlı Kural Yazma

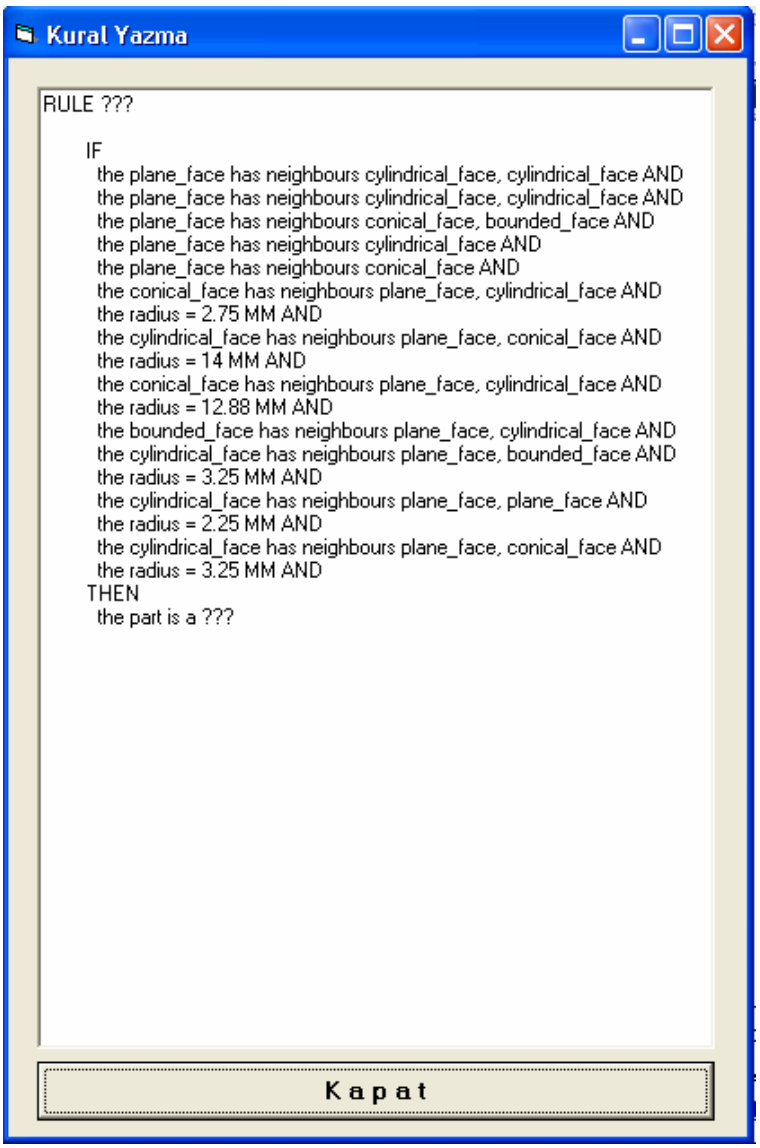
Program formundaki bu modülde kuralı kullanıcı tarafından yazılamayacak kadar karmaşık olan parçaların kurallarını programa yazdırmak için kullanılmaktadır. Bu modül isteğe bağlı olup programa yazdırılacak kuralda olması istenen nitelikler kullanıcıya bırakılmıştır. Kullanıcı kuralı yazdırmadan önce *"Yüz"*, *"Yarıçap"*, *"Yön"*, *"Açı"* kontrol kutularının (Check box) birini veya birkaçını işaretler ve *"Kural Yaz"* komut düğmesine basarsa program işaretlenen kontrol kutularında belirtilen nitelikleri içeren kuralı türetecektir. Şekil 7.5'de İsteğe bağlı kural yazma modülü verilmiştir. Bu modülle parça tanıma ve bilgi tabanına kural yazma işlemi oldukça kolaylaştırılmıştır.



Şekil 7.5. İsteğe bağlı kural yazma modülü

Parça tanıma aşamasından önce programa kural yazdırılarak bilgi tabanına aktarıldığında AutoCAD ortamında oluşturulan basit, orta düzey ve karmaşık parçalar sınırlama olmadan rahatlıkla tanınabilmektedir. Program kural yazarken kuralın ilk ve son satırında olan kural numarası ve parça ismi kısmını *"???"*

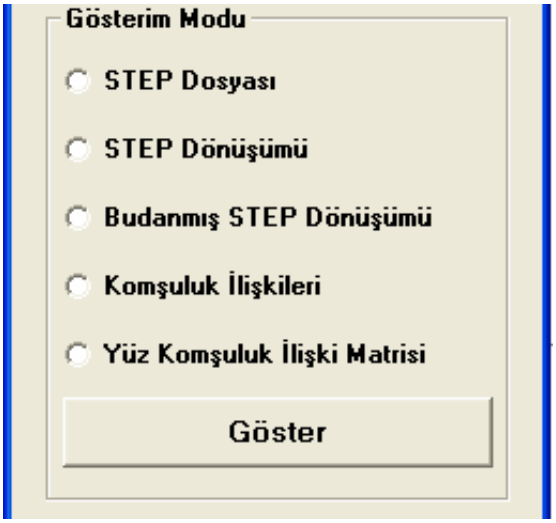
işaretlemesini yaparak kural numarası ve parça ismini kullanıcının belirlemesini ister. Program tarafından yazılan kural daha önce bilgi tabanında hazırlanan kuralların formatına uygun olarak hazırlandığından kullanıcı bu yazılan kurala numara ve parça ismi verdikten sonra yazı kutusundan (Text box) kopyalayarak bilgi tabanına aktarmalıdır. Şekil 7.6'da yüz ve yarıçap kontrol kutuları işaretlenmiş egzost supabının program tarafından yazılmış kuralı gösterilmiştir.



Şekil 7.6. Kural yazma formu

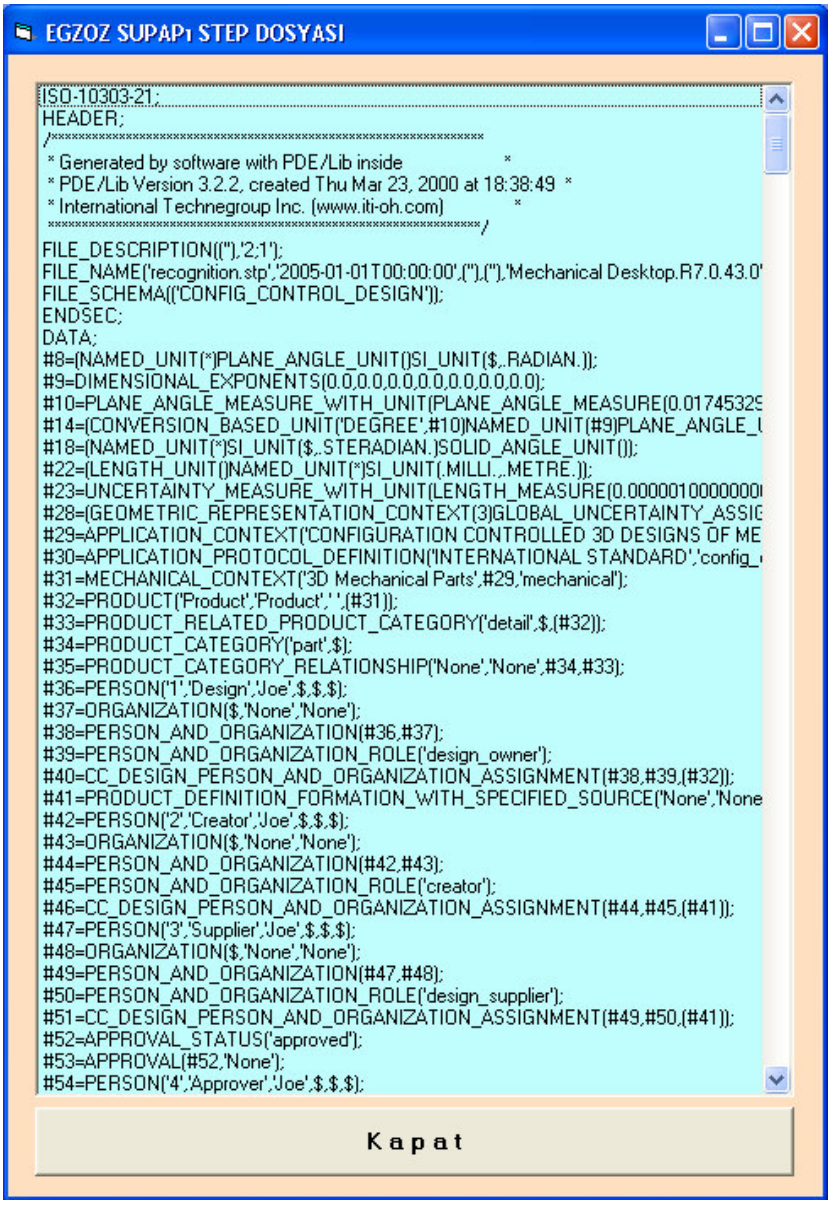
7.4. Gösterim Modu

Program formundaki bu modülde, tanınmakta ve montajı yapılmakta olan parçaya ait STEP dosyası ve STEP dosyasından yorumlama yoluyla elde edilen STEP dönüşüm ve budanmış STEP dönüşüm formatları, komşuluk ilişkileri ve yüz komşuluk ilişki matrisi gösterilmektedir. Şekil 7.7'de gösterim modu modülü verilmiştir. Gösterim modunda bulunan seçenek düğmeleri (Option button) işaretlenerek istenen gösterim formu gösterilebilmektedir.



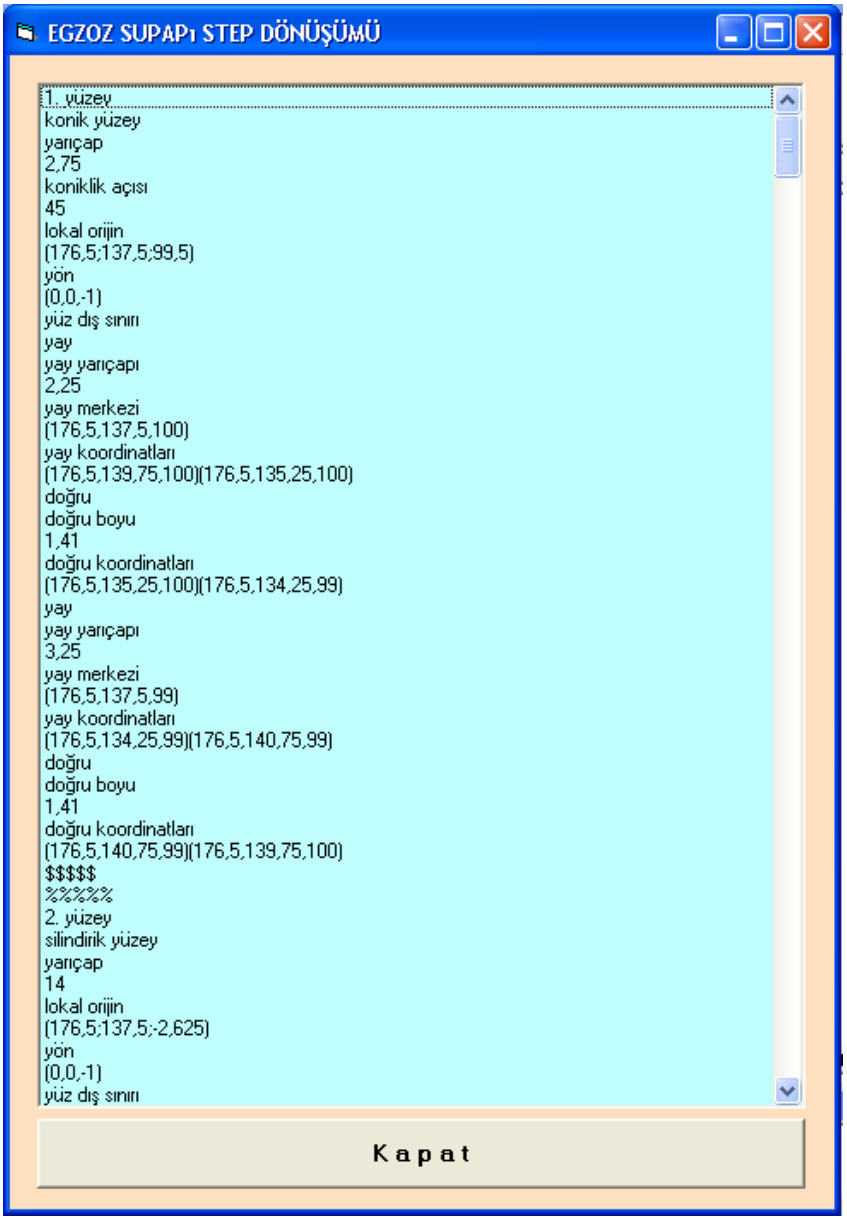
Şekil 7.7. Gösterim modu modülü

Gösterim modunda *"STEP Dosyası"* seçenek düğmesini işaretleyip *"Göster"* komut düğmesine basıldığında parçaya ait STEP dosyası form içinde oluşturulmuş bir liste kutusuna (List box) yerleştirilir. Şekil 7.8'de egzost supabına ait STEP formatını gösteren form verilmiştir.



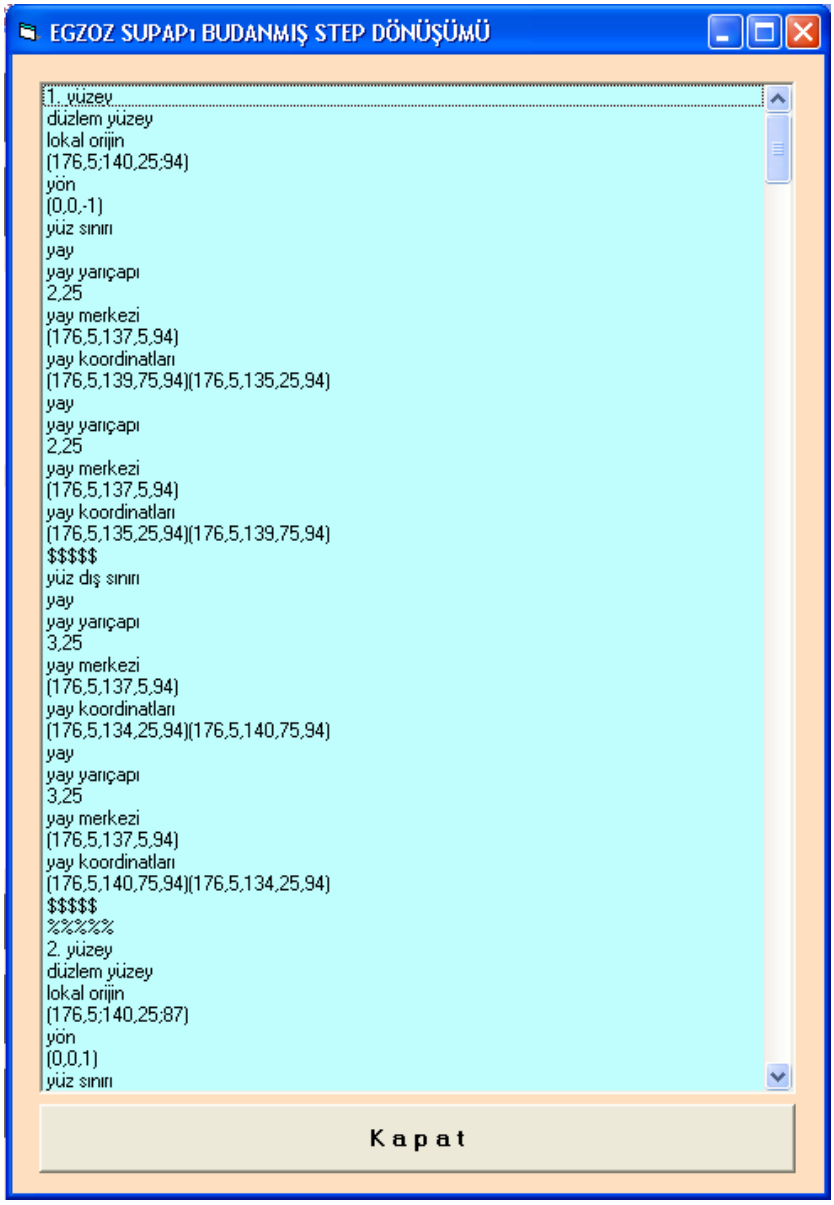
Şekil 7.8. STEP dosyası formu

Gösterim modunda *"STEP Dönüşümü"* seçenek düğmesini işaretleyip *"Göster"* komut düğmesine basıldığında parçaya ait STEP dönüşüm formatı form içinde oluşturulmuş bir liste kutusuna yerleştirilir. Şekil 7.9'da egzost supabına ait STEP dönüşüm formatını gösteren form verilmiştir.



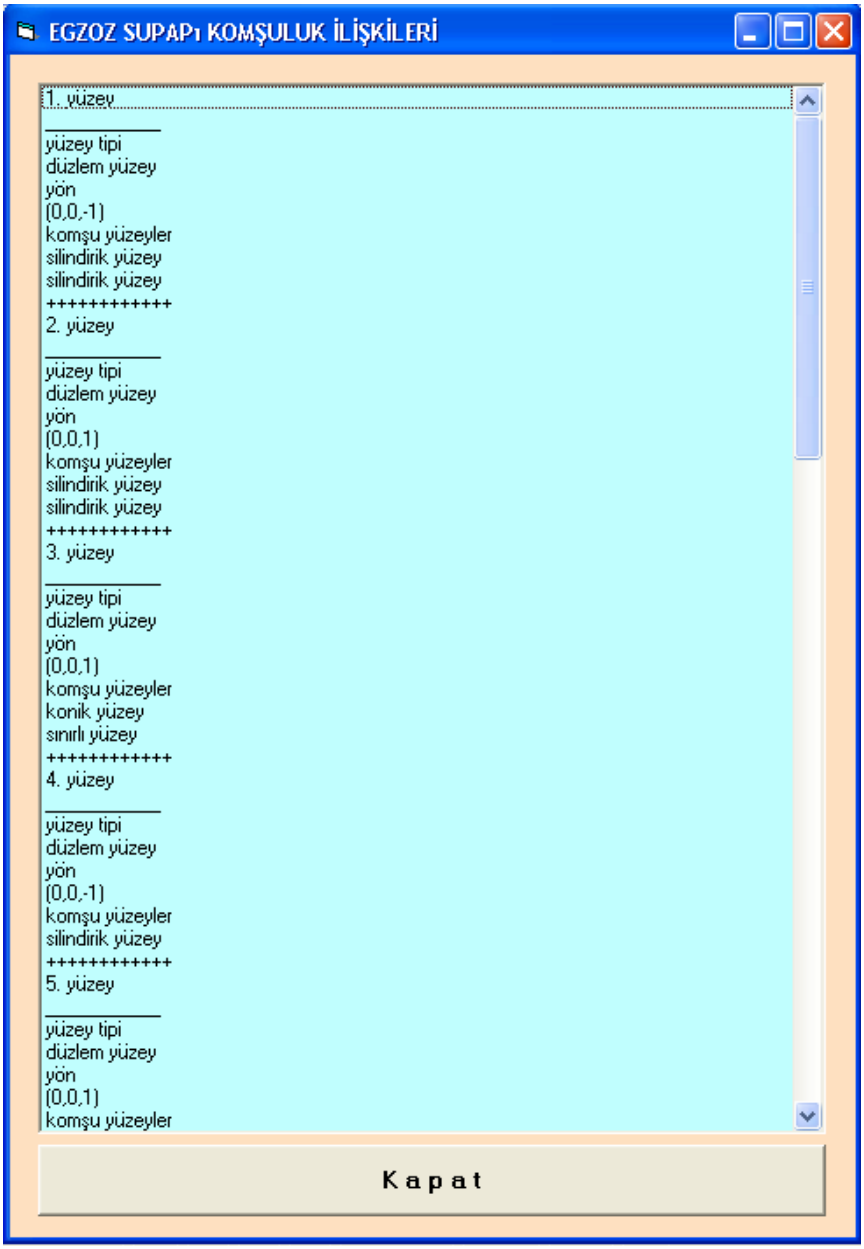
Şekil 7.9. STEP dönüşümü formu

Gösterim modunda *"Budanmış STEP Dönüşümü"* seçenek düğmesini işaretleyip *"Göster"* komut düğmesine basıldığında parçaya ait budanmış STEP dönüşüm formatı form içinde oluşturulmuş bir liste kutusuna (List box) yerleştirilir. Şekil 7.10'da egzost supabına ait budanmış STEP dönüşüm formatını gösteren form verilmiştir.



Şekil 7.10. Budanmış STEP dönüşümü formu

Gösterim modunda *"Komşuluk İlişkileri"* seçenek düğmesini işaretleyip *"Göster"* komut düğmesine basıldığında parçaya ait komşuluk ilişki formatı form içinde oluşturulmuş bir liste kutusuna (List box) yerleştirilir. Şekil 7.11'de egzost supabına ait komşuluk ilişki formatını gösteren form verilmiştir.



Şekil 7.11. Komşuluk ilişkileri formu

Gösterim modunda *"Yüz Komşuluk İlişki Matrisi"* seçenek düğmesini işaretleyip *"Göster"* komut düğmesine basıldığında parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisi yüzey sayısı 42'e kadar olan parçalarda form üzerinde, yüzey sayısı 42'den fazla olan parçalarda form içinde oluşturulmuş ızgarada gösterilmiştir. Aynı zamanda matriste parça ismi ve kural numarası verilmiştir. Şekil 7.12'de egzost supabına ait yüz komşuluk ilişki matrisini gösteren form verilmiştir.

	düz	düz	düz	düz	düz	kon	sil	kon	sın	sil	sil	sil
düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
düz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
düz	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
düz	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
düz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
kon	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
sil	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
kon	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
sın	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
sil	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
sil	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sil	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

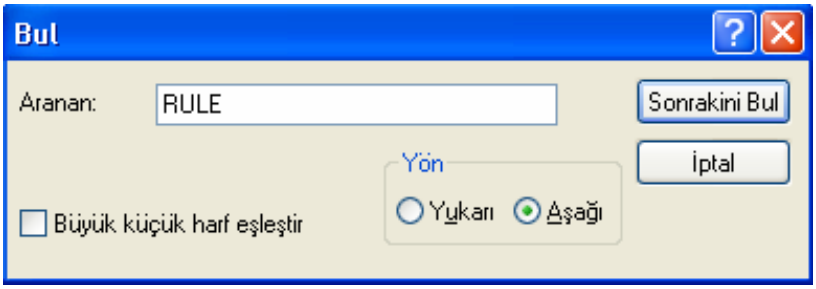
Şekil 7.12. Yüz komşuluk ilişki matrisi

7.5. Yeni Kural Ekle

Program tarafından yazılan kuralın kopyalandıktan sonra bilgi tabanına ilave edilmesi için bilgi tabanı.txt dosyasının açılıp son satırına gidilmesi gerekmektedir. Program formundaki *"Yeni Kural Ekle"* komut düğmesi ile *bilgi tabanı.txt* açılarak ve bilgi tabanının son satırına gidilerek yeni bir parçaya ait kuralın yazılma işlemi kolaylaştırılmıştır.

7.6. Kural Çağır

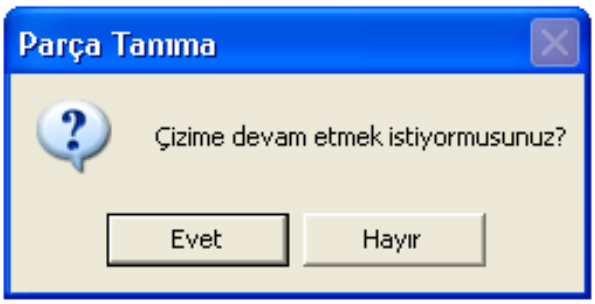
Program formundaki *"Kural Çağır"* komut düğmesi ile bilgi tabanı.txt açılarak bilgi tabanında kural bulma ve düzeltme işlemleri yapılabilmektedir. Kural bulmak için Not Defteri programının *"Bul"* komutu aktif hale getirilmiştir. Bul menüsünün yazı satırına *"RULE"* kelimesi program tarafından yazdırılmıştır. Kullanıcı kural numarasını yazdığı takdirde istenen kural bulunup düzeltme işlemi yapılabilecektir. Şekil 7.13'de programla açılan Not Defteri programın bul menüsü gösterilmektedir.



Şekil 7.13. Not defterinin bul menüsü

7.5. Parça Montajı Yap

Program formundaki *"Parça Montajı Yap"* komut düğmesi ile tanınan ve bilgisayara kaydedilen parçaların DWG dosyasını açıp parçaya ait referans noktasından parçayı kopyalanarak *montaj.dwg* dosyasına parçaların montajı yapılabilmektedir. Montaj yapıldıktan sonra Şekil 7.14'de gösterilen mesaj kutusu ekrana gelmektedir. Bu kutu ile kullanıcıya tanınacak ve montajı yapılacak başka parçanın olup olmadığı sorulur. Kullanıcı bu soruya evet dediği taktirde AutoCAD yeni bir çizim dosyası açarak kullanıcının yeni bir parça tasarlaması veya açmasını bekler. Yeni parça tasarlandığında veya açıldığında yukarıdaki işlemler tekrar uygulanmaktadır. Kullanıcı mesaj kutusuna hayır cevabı verdiğinde program montajı bitmiş kabul ederek *montaj.dwg* dosyasını açmaktadır.



Şekil 7.14. Çizime devam etme mesaj kutusu

7.7. Çıkış

Program formundaki *"Çıkış"* komut düğmesi ile program ve AutoCAD paket programı eş zamanlı olarak kapatılmaktadır.

7.8. İlerleme Çubuğu ve Zaman

Program formunun alt kısımına Şekil 7.15'te gösterildiği gibi bir Visual BASIC ilerleme çubuğu (Progress Bar) ve zaman (Time) kontrolü yerleştirilmiştir. İlerleme çubuğu kontrolü ile tanıma prosedürünün ilerleyişi program çalışırken izlenebilmektedir. Zaman kontrolü ile ise tanıma işlemi bittiğinde parçanın ne kadar sürede tanındığı program formunda gösterilmektedir. Şekil 7.15'te gösterildiği gibi parça tanındığında ilerleme çubuğu dolmuştur. Aynı zamanda parça 3 dakika 2 saniyede tanınmıştır.

Şekil 7.15. İlerleme çubuğu ve zaman kontrolleri

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir dizel otomobil motoru parçalarının ve makinecilik alanında yaygın olarak kullanılan standart makine parçalarının yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri tabanlı tanınması ve tanınan parçaların BDT ortamında otomatik montajlarının yapılması için bir yöntem geliştirilmiştir. Tanıma prosedüründe uzman sistem tekniği kullanılarak parçalar uzman sistemin muhakeme ünitesinde tanınmıştır. Kullanıcı tarafından BDT ortamında oluşturulan motor parçalarının ve standart makine parçalarının katı modellerinin STEP dönüşümü yapılarak tanınacak ve montajı yapılacak her bir parçaya ait bir STEP dosyası oluşturulmuş ve oluşturulan STEP dosyasındaki 3 boyutlu modele ait öğeler; geliştirilen program tarafından yorumlanmış ve STEP formatı daha özlü ve parça tanıma ve montaj prosedürlerini kolaylaştıracak bir format olan STEP dönüşüm formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra STEP dönüşüm formatı programa girdi olarak kullanılarak bu formattaki özdeş yüzler tespit edilip bunlar içinde bir birleştirme operasyonu gerçekleştirilmiştir. Parça üzerindeki silindirik, konik, küresel ve toroid yüzeyler parçanın STEP dosyasında iki, üç veya dört yüzeyle temsil edilebilmektedir. Özdeş yüzeyleri birleştirme işlemi bilgi tabanında kural tanımlama, parça tanıma ve montaj işlemlerini gerçekleştirmek için bir zorunluluktur. Bu işlem sonucunda STEP dönüşüm formatından budanmış STEP dönüşüm formatı elde edilmiş ve parça tanıma ve montaj işlemlerinde budanmış STEP dönüşüm formatı girdi olarak kullanılmıştır. Budanmış STEP dönüşüm formatındaki her bir yüz geliştirilen program tarafından tek tek ele alınarak o yüze ait komşu yüzler ve nitelikler çıkarılmıştır. Birbirine komşu olan yüzeyler ortak bir kenarı paylaştığından, komşu yüzeyleri tespit etmek için her bir yüzeye ait kenar halkasındaki kenar eğrileri kullanılmıştır. Çıkarılan nitelikler ve komşu yüzler sayesinde parça tanıma prosedürü gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bir yazım editörü kullanılarak bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bilgi tabanındaki kurallar yine parçaya ait nitelikler ve komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurularak kullanıcı tarafından veya programa ilave edilen bir otomatik kural yazma modülü tarafından yazılmaktadır. Bilgi tabanı ve parça tanıma prosedüründeki yüzey ilişkileri ve nitelikleri geliştirilen program tarafından parça tanıma formatına dönüştürülmüş ve parçanın STEP dosyasından ve bilgi tabanından elde edilen parça tanıma formatları birbirleriyle karşılaştırılarak parçaya

ait kural bilgi tabanından tespit edilip parça tanınmıştır. Parça ismi ve kural numarası bilgi tabanında temsil edilen kuraldan alınarak çizim, elde edilen parça ismi ile bilgisayara kaydedilmiş ve parçaya ait yüz komşuluk ilişki matrisi ile temsil edilmiştir. Montaj aşamasında ise, tanınan ve bilgisayara kaydedilen parçalara ait referans yüzeyler belirlenmiş ve bu referans yüzeylerin lokal orijinlerini karşılayan noktalar tespit edilerek bu noktalar parçayı montaj dosyasına taşıma için temel noktalar olarak tayin edilmiştir. Parçalar bu noktalardan yakalanarak montaj dosyasındaki belirlenen noktalara taşınmış ve BDT ortamındaki montaj tamamlanmıştır.

Geliştirilen parça tanıma algoritması literatürdeki çalışmalardan farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar unsur tanıma ve unsurlar üzerine yoğunlaşmış olup parça tanıma üzerine çalışmalar literatürde çok kısıtlıdır. Bu da çalışmanın orijinalliğini artırmaktadır. Parça tanıma ile parçanın sadece unsur bilgileri değil, aynı zamanda parçaya ait tüm geometrik, topolojik ve teknolojik bilgiler çıkarılmıştır. Parçalar, sistemde global olarak tanınabildiği gibi bazı sınırlamalar uygulanarak özel olarak da tanınabilmektedir. Global tanıma daha çok topolojisi birbirinden farklı parçalara uygulanabilmektedir. Özel tanıma ise topolojisi aynı, fakat nitelikleri farklı olan parçalarda parçaları birbirinden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Bu tanıma işleminde topoloji parçayı tanımlamak için yeterli olmadığından, topoloji ile birlikte nitelikler de kullanılmıştır. Örneğin, sistemde bir civata global tanıma ile civata olarak tanındığı gibi çap sınırlaması uygulanarak civatanın anma çapı (M8, M10,……M_n gibi) ve aynı zamanda boy sınırlaması uygulanarak civata boyu (M8 x 50 mm gibi) tanınabilmektedir.

Hem global hem de özel tanıma ile geliştirilen parça tanıma yaklaşımı esnek bir yapıya sahiptir. Geliştirilen programda uzman sistem tekniği kullanılmış ve uzman sistemin bilgi tabanı Windows tabanlı bir yazım editörü kullanılarak oluşturulmuştur. Bilgi tabanında tanınacak her bir parça için bir kural yazılmıştır. Bilgi tabanında her bir kuralı temsil eden her bir parça, kendisini oluşturan yüzeylerin komşuluk ilişkileri ve her bir yüzeyin nitelikleri esas alınarak temsil edilmiştir.

Dizel motor ve standart makine parçalarını tanımak için bilgi tabanına toplam 184 kural yazılmış ve bu kurallarla 184 parçanın program tarafından tanınması sağlanmıştır. Ayrıca, farklı parçaların tanınması için bilgi tabanına yeni kuralların ilave edilmesi de mümkündür. Kural yazma işlemi kullanıcı tarafından elle yapılabilmekte veya programa ilave edilen otomatik ve isteğe bağlı bir kural yazma modülü ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu modül ile kural yazma işlemi bilgi tabanındaki kural formatında bilgisayar programı tarafından yapılmaktadır. Otomatik yazılan kural bilgi tabanına kopyalanarak parçaların tanınması sağlanmıştır. Bu modül ile kullanıcı kural yazma zahmetinden kurtarılmıştır. Kural yazma modülü ile kullanıcının tanımlayamayacağı kadar karmaşık profilli parçalar yüz komşuluk ilişkileri ve nitelikleri açısından parçaya ait kuralda tanımlanmış ve bu kural bilgi tabanında temsil edilmiştir. Bu da program için parça sınırlamasını ortadan kaldırmıştır.

Parça tanıma algoritması ile 662 yüzeye sahip olan parça (motor bloğu) tanınarak bilgisayara kaydedilmiştir. Bu çalışmada ele alınan yüzey çeşitleri, silindirik, konik, düzlem, küresel, toroid, sınırlı ve b_spline yüzeylerdir. Bu yüzeylerden oluşan basit, orta düzey ve karmaşık parçalar herhangi bir sınırlama olmaksızın geliştirilen program tarafından kolayca tanınabilmektedir. Bu nedenle parça tanıma algoritması bu çalışmada kullanılan montaj sisteminden farklı BDT/BDÜ uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilecek ve farklı çalışmalara öncülük edebilecek kapasitededir. Bu çalışmada geliştirilen parça tanıma yaklaşımı bilgisayar destekli montaj alanına uygulanmıştır.

Geliştirilen parça tanıma sisteminin etkin bir şekilde kullanılabileceği diğer bir BDÜ uygulaması ise grup teknolojisidir. Grup teknolojisi benzer parçaların tanımlanıp aynı grup altında toplanmalarına dayanan bir imalat yönetim sistemidir. Bu gruplandırma, parçaların imalat ve tasarım açısından benzerliklerinden yararlanmak amacıyla yapılır. Birbirinden tamamen farklı üretim yöntemleri gerektiren parçaları gelişigüzel bir sırayla üretmek mümkün olsa da bu üretim yöntemi ekonomik değildir. Bu yüzden üretilecek parçalar üretim yöntemlerinin benzerliği göz önünde bulundurularak parça aileleri oluşturacak şekilde gruplara ayrılmalıdırlar. Her bir aile benzer tasarım ve imalat özellikleri gösterecektir. Böylece bir ailenin her üyesini

işlem görmesi benzer şekilde olacaktır. Bu da imalatın verimliliği ile sonuçlanmaktadır. Aynı zamanda, her grubun ayrı bir parti olarak üretilmesi sabit giderleri en aza indirgemektedir. Grup teknolojisinde parça aileleri oluşturulduktan sonra bu ailelerin üretiminde kullanılacak makineler belirlenerek hücreler oluşturulmaktadır. Bu uygulama atölye tipi yerleşimin daha verimli duruma getirilmesi amacı taşımaktadır. Bu çalışmada geliştirilen parça tanıma yaklaşımı grup teknolojisindeki parça ailelerinin oluşturulmasında etkin bir rol oynayacaktır. Parçalar tanındıktan sonra benzerlik gösteren parça isimlerine veya geometri ve topolojisine göre sınıflandırılarak parça grupları halinde veri tabanında saklanabilir. Gruplandırılan parçalar için imalat yöntemleri, makineler ve hücreler oluşturularak verimli bir imalat sistemi kurulabilir. Böylece grup teknolojisinde ihtiyaç duyulan parçaların gruplandırılması ve kodlanması problemine geliştirilen parça tanıma sistemi ile farklı bir çözüm üretilmiştir.

Bu çalışma ile aynı zamanda literatürdeki parça tanımlama şemalarından farklı bir parça tanımlama şeması geliştirilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisi adı verilen bu matris parçayı hem geometrik hem de topolojik (yüzey bağlanma ilişkileri) açıdan tanımlamıştır. Matriste komşuluk ilişkilerinin yanı sıra yüzeylere ait nitelikler de temsil edilmiştir. Literatürde yaygın olarak kullanılan parça tanımlama şeması olan graf teorisinde parçadaki yüzey sayısı arttıkça grafikteki yüzey bağlanma ilişkilerini izlemek mümkün olmamakta ve grafik oldukça karmaşık hale gelmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi ile bu temsil formatı hem basitleştirilmiş hem de bilgisayar formatına uygun hale getirilmiştir. Komşuluk ilişikleri tanımlandıktan sonra bu ilişkiler bir matris formunda program tarafından otomatik olarak düzenlenmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi parçaya ait olan her bir yüzün yüz biçimini, yüz numarasını ve yüz niteliklerini matris üzerinde temsil etmektedir. Yüz komşuluk ilişki matrisi, tanınmakta olan parçanın yüz sayısı ile orantılı olarak program tarafından otomatik olarak boyutlandırılmaktadır. Parçanın yüz sayısı olarak komşuluk ilişki formatındaki yüz sayısı esas alınmıştır. Matriste parça üzerinde bulunan tüm yüzlerin yüzey tipleri soldan sağa ve yukarıdan aşağıya olmak üzere komşuluk ilişki formatında temsil edilen sıralamaya göre yerleştirilerek yüz komşuluk ilişki matrisi boyutlandırılmıştır.

Motor parçaları arasında en fazla yüze sahip olan motor bloğu program tarafından tanınmış ve yüz komşuluk ilişki matrisi hazırlanmıştır. Motor bloğunun STEP dönüşümü yapıldığında yaklaşık 20287 satırlık bir STEP dosyası oluşturulmuştur ve bu STEP dosyası program tarafından yorumlandığında motor bloğundaki 662 yüzeyden 183 yüzey üzerinde yüzey birleştirme işlemi yapmış ve 479 yüzeyli bir budanmış STEP formatı ve bu formattan da komşuluk ilişki formatı oluşturmuştur. Bu format değerlendirilerek 479x479 bir kare yüz komşuluk ilişki matrisi oluşturulmuştur. Matriste aynı zamanda parça adı ve parçaya ait bilgi tabanında yazılmış kuralın numarası da verilmiştir. Yüz komşuluk ilişki matrisinde temsil edilen her bir parçaya ait geometrik ve topolojik bilgi herhangi bir üretim alanında kullanılmaya müsaittir.

Parça tanıma tabanlı montaj sistemi literatürde yeni bir çalışma olup diğer bilgisayar destekli montaj sistemlerinden farklılık arz etmektedir. Bu çalışmada bir parça tanıma sistemi geliştirilmiş ve bu parça tanıma algoritmasına uygulama alanı olarak ta bilgisayar destekli montaj seçilmiştir. Çağdaş bilgisayar destekli montaj sistemleri öğe eşleştirme tabanlı olarak çalışmakta ve kullanıcı etkileşimine çok sık gitmektedir. Bu çalışma ile parça tanıma tabanlı bir montaj sistemi geliştirilerek literatüre katkı sağlanmış ve bilgisayar ortamında otomatik montaj işlemi basitleştirilmiştir. Parça tanıma yaklaşımı ile bilgisayar ekranında montaj işlemi oldukça kolaylaştırılmıştır. Bu montaj sistemi daha başka ürünler için kullanışlı olup başka sistemlere kolaylıkla adapte edilebilir. Bu çalışmada tasarlanan dizel motora ait 107 adet çeşit eleman toplam 370 adet parça tanınmış ve bilgisayar ekranında otomatik montajı yapılmıştır.

Çalışma asıl parça tanıma sistemi üzerine yoğunlaştığından parça tanıma algoritmasında gereken esneklik sağlanmış fakat montaj bölümünde bazı sınırlamalar mevcuttur. Montajı yapılacak parçanın montaj konumunda olması ve montajın sadece bu çalışmada tasarlanan dizel motorla sınırlı olması bunlardan birkaç tanesidir. Sonraki çalışmalarda montaj bölümünde bu gibi sınırlamaların kaldırılması bilgisayar destekli montaj için iyi bir açılım olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Tseng, Y. J., "A modular modeling approach by integrating feature recognition and feature based design", ***Computers in Industry***, 39: 113-125 (1999).

2. Prabhu, B. S., Pande, S. S., "Intelligent interpretation of CADD drawings", ***Computers & Graphics***, 23: 25-44 (1999).

3. Prabhu, B. S., Biswas, S., Pande, S. S., "Intelligent system for extractîon of product data from CADD models", ***Computers in Industry***, 44: 79-95 (2001).

4. Puppo, E., "On the topological representation of line drawings", ***Pattern Recognition Letters***, 18: 575-582 (1997).

5. Li, C. L., Hui, K. C., "Feature recognition by template matching", ***Computers & Graphics***, 24: 569-582 (2000).

6. Woo, Y., "Fast cell-based decomposition and applications to solid modelling", ***Computer Aided Design***, 35: 969-977 (2003).

7. Woo, Y., Sakurai, H., "Recognition of maximal features by volume decomposition", ***Computer Aided Design***, 34: 195-207 (2002).

8. Wang, E., Kim, Y. S., "Form feature recognition using convex decomposition", ***Computer Aided Design***, 30(13): 983-989 (1998).

9. Sakurai, H., "Volume decomposition and feature recognition: Part I - polyhedral objects", ***Computer Aided Design***, 27(11): 833-843 (1995).

10. Sakurai, H., Dave, P., "Volume decomposition and feature recognition: Part II - curved objects", ***Computer Aided Design***, 28(6/7): 519-537 (1996).

11. Wang, M. T., Chamberlain, M. A., Joneja, A., Chang, T. C., "Manufacturing feature extraction and machined volume decomposition in a computer integrated feature based design and manufacturing planning environment", ***Computers in Industry***, 23: 75-86 (1993).

12. Dong, J., Vijayan, S., "Manufacturing feature determination and extraction - Part I : optimal volume segmentation", ***Computer Aided Design***, 29(6): 427-440 (1997).

13. Dong, J., Vijayan, S., "Manufacturing feature determination and extraction - Part II : a heuristic approach", ***Computer Aided Design***, 29(7): 475-484 (1997).

14. Subrahmanyam, S. R., "A method for generation of machining and manufacturing features from design features", ***Computers in Industry***, 47: 269-287 (2002).

15. Li, B., Liu, J., "Detail feature recognition and decomposition in solid model", ***Computer Aided Design***, 34: 405-414 (2002).

16. Joshi, S., Chang, T. C., "Graph-based heuristics for recognition of machined features from a 3D solid model", ***Computer Aided Design***, 20(2): 58-66 (1988).

17. Trappey, A. J. C., Lai, C. S., "A data representation scheme for sheet metal parts: expressing manufacturing features and tolerance requirements", ***Journal of Manufacturing Systems***, 14(6): 393-405 (1995).

18. Qamhiyah, A. Z., Venter, R. D., Benhabib, B., "Geometric reasoning for the extraction of form features", ***Computer Aided Design***, **2**8(1): 887-903 (1996).

19. Li, W. D., Ong, S. K,, Nee, A, Y, C., "Recognizing manufacturing features from a design-by-feature model", ***Computer Aided Design***, 34: 849-868 (2002).

20. Gao, S., Shah, J. J., "Automatic recognition of interacting machining features based on minimal condition subgraph", ***Computer Aided Design***, 30(9): 727-739 (1998).

21. Kao, C. Y., Kumara, S. R. T., Kasturi, R., "Extraction of 3D object features from CAD boundary representation using the super relation graph method", ***IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence***, 17(12): 1228-1233 (1995).

22. Falcidieno, B., Giannini, F., "Automatic recognition and representation of shape based features in a geometric modeling system", ***Computer Vision, Graphics and Image Processing***, 48: 93-123 (1989).

23. Chuang, S. H., Henderson, M. R., "Three- dimensional shape pattern recognition using vertex classification and vertex-edge graphs", ***Computer Aided Design***, 22(6): 377-387 (1990).

24. Gavankar, P., Henderson, M. R., "Graph-based extraction of protrusions and depressions from boundary representations", ***Computer Aided Design***, 22(7): 442-450 (1990).

25. Huang, Z., Yip-Hoi, D., "High-level feature recognition using feature relationship graphs", ***Computer Aided Design***, 34: 561-582 (2002).

26. Pal, P., Kumar, A., "A hybrid approach for identification of 3D features from CAD database for manufacturing support", ***International Journal of Machine Tools & Manufacture***, 42: 221-228 (2002).

27. Pal, P., Tigga, A. M., Kumar, A., "A strategy for machining interacting features using spatial reasoning", ***International Journal of Machine Tools & Manufacture***, 45: 269-278 (2005).

28. Rezayat, M., "Midsurface abstraction from 3D solid models: general theory and applications", ***Computer Aided Design***, 26(11): 905-915 (1996).

29. Lockett, H. L., Guenov, M. D., "Graph-based feature recognition for injection moulding based on a mid-surface approach", ***Computer-Aided Design***, 37: 251-262 (2005).

30. Han, J. H., Kang, M., Choi, H., "STEP-based feature recognition for manufacturing cost optimization", ***Computer Aided Design***, 33: 671-686 (2001).

31. Bhandarkar, M. P., Nagi, R., "STEP-based feature extraction from STEP geometry for agile manufacturing", ***Computers in Industry***, 41: 3-24 (2000).

32. Gulesin, M., Jones, R. M., "Face oriented neighbouring graph (FONG): a part representing scheme for process planning", ***Computer Integrated Manufacturing Systems***, 7(3): 213-218 (1994).

33. El-Mehalawi, M., Miller, R. A., "A database system of mechanical components based on geometric and topological similarity. Part I: representation", ***Computer Aided Design***, 35: 83-94 (2003).

34. El-Mehalawi, M., Miller, R. A., "A database system of mechanical components based on geometric and topological similarity. Part II: indexing, retrieval, matching and similarity assessment", ***Computer Aided Design***, 35: 95-105 (2003).

35. Candadai, A., Herrman, J. W., Minis, I., "Applications of group technology in distributed manufacturing", ***Journal of Intelligent Manufacturing***, 7: 271-291 (1996).

36. Dereli, T., Filiz, İ. H., "A note on the use of STEP for interfacing design to process planning", ***Computer Aided Design***, 34: 1075-1085 (2002).

37. Lee, J. Y., Kim, K., Generating alternative interpretations of machining features, ***International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 15: 38-48 (1999).

38. Lee, J. Y., Kim, K., "A feature-based approach to extracting machining features", ***Computer Aided Design***, 30(13): 1019-1035 (1998).

39. Sandiford, D., Hinduja, S., "Construction of feature volumes using intersection of adjacent surfaces", ***Computer Aided Design***, 33: 455-473 (2001).

40. Xu, X., Hinduja, S., "Recognition of rough machining features in 2½ D components", ***Computer Aided Design***, 30(7): 503-516 (1998).

41. Wong, T. N., Leung, C. B., "Conversion of box shaped features for manufacturing applications", ***Computers & Industrial Engineering***, 34(2) 501-514 (1997).

42. Kruth, J. P., Van Zeir, G., Detand, J., "Extracting process planning information from various wireframe and feature based CAD systems", ***Computers in Industry***, 30: 145-162 (1996).

43. Kuo, M. H., "Automatic extraction of quadratic surfaces from wire-frame models", ***Computers & Graphics***, 25: 109-119 (2001).

44. Zhu, H., Meng, C. H., "B-Rep model simplification by automatic fîllet/round suppressing for efficient automatic feature recognition", ***Computer Aided Design***, 34: 109-123 (2002).

45. Meeran, S., Zulkifli, A. H., "Recognition of simple and complex interacting non-orthogonal features", ***Pattern Recognition***, 35: 2341-2353 (2002).

46. Chep, A., Tricarico, L., Bourdet, P., Galantucci, L., "Design of object-oriented database for the definition of machining operation sequences of 3D workpieces", ***Computers & Industrial Engineering***, 34: 257-279 (1998).

47. Chiu, W. K., Tan, S. T., "Multiple material objects: from CAD representation to data format for rapid prototyping", ***Computer Aided Design***, 32: 707-717 (2000).

48. Kayacan, M. C., Kurbanoğlu, C., Çelik, Ş. A., "Eğik prizmatik parçaların birim vektör metodu ile bilgisayara tanıtılması", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

49. Başak, H., "Prizmatik parçalar için unsur tabanlı parametrik tasarım", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, (2000).

50. Başak, H., Gülesin, M., "Üretim için modellemede yüzey kenar fonksiyonları ve unsur tanımlama", ***MAMTEK 2001 - II. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu***, Manisa, (2001).

51. Zhang, X., Wang, J., Yamazaki, K., Mori, M., "A surface based approach to recognition of geometric features for quality freeform surface machining", ***Computer-Aided Design***, 36: 735-744 (2004).

52. Arieh, D. B., Kramer, B., "Computer aided process planning for assembly: generation of assembly operations sequence", ***International Journal of Production Research***, 32(3): 643-656 (1994).

53. Rampersad, H. K., "An integral assembly model", ***Journal of lntelligent Manufacturing***, 6: 41-51 (1995).

54. Seow, K. T., Devanathan, R., "A temporal framework for assembly sequence representation and analysis", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 10(2): 220-229 (1994).

55. Seow, K. T., Devanathan, R., "Temporal logic programming for assembly sequence planning", ***Artificial Intelligence in Engineering***, 8: 253-263 (1993).

56. Zha, X. F., Lim, S. Y. E., Fok, S. C., "Integrated knowledge-based assembly sequence planning", ***International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 14: 50-64 (1998).

57. Baldwin, D. F., Abel, T. E., Lui, M. C. M., De Fazio, T. L., Whitney, D. E., "An integrated computer aid for generating and evaluating assembly sequences for mechanical products", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 7(l): 78-94 (1991).

58. Swaminathan, A., Barber, K. S., "An experience-based assembly sequence planner for mechanical assemblies", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 12(2): 252-267 (1996).

59. Swaminathan, A., Shaikh, S. A., Barber, K. S., "Design of an experience-based assembly sequence planner for mechanical assemblies", ***Robotica***, 16: 265-283 (1998).

60. Chakrabarty, S., Wolter, J., "A structure-oriented approach to assembly sequence planning", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 13(l): 14-29 (1997).

61. Lin, A. C., Chang, T. C., "An integrated approach to automated assembly planning for three dimensional mechanical products", ***International Journal of Production Research***, 31: 1201-1227 (1993).

62. Zorc, S., Noe, D., "Efficient derivation of the optimal assembly sequence from product description", ***Cybernetics and Systems***, 29: 159-179 (1998).

63. Ko, H., Lee, K., "Automatic assembling procedure generation from mating conditions", ***Computer Aided Design***, 19(l): 3-10 (1997).

64. Gupta, S., Krishnan, V., "Product family - based assembly sequence design methodology", ***IIE Transactions***, 30: 933-945 (1998).

65. Gu, P., Yan, X., "CAD-directed automatic assembly sequqnce planning", ***International Journal of Production Research***, 33(11): 3069-3100 (1995).

66. Laperriere, L., El-Maraghy, H. A., "Assembly sequences planning for simultaneous engineering applications", ***International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 9: 231-244 (1994).

67. Zhao, J., Masood, S., "An intelligent computer aided assembly process planning system", ***International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 15: 332-337 (1999).

68. De Mello, L. S., Sanderson, A. C., "And/Or graph representation of assembly plans", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 6(2): 188-199 (1990).

69. Börklü, H. R., Sinanoğlu, C., "Bilgisayar destekli montaj sırası planlamada yön graf temsili ve bir örnek çalışma", ***Politeknik Dergisi***, 4(1): 1-11 (2001).

70. Sinanoğlu, C., Börklü, H. R., "Montaj sırası planlama yaklaşımları-II: BDT verisi kullanan, yapay zeka, unsur tabanlı, özel veri yapıları kullanan, dil temsil ve sıralı liste metotları", ***Politeknik Dergisi***, 4(2): 1-13 (2001).

71. Niu, X., Ding, H., Xiong, Y., "A hierarchical approach to generating precedence graphs for assembly planning", ***International Journal of Machine Tools & Manufacture***, 43: 1473-1486 (2003).

72. Chen, R. S., Lu, K. Y., Tai, P. H., "Optimizing assembly planning through a three-stage integrated approach", ***International Journal of Production Economics***, 88: 243-256 (2004).

73. Chao, P. Y., Chen, T, T., "Analysis of assembly through product configuration", ***Computers in Industry***, 44: 189-203 (2001).

74. Latombe, J. C., Wilson, R. H., Cazals, F., "Assembly sequencing with toleranced parts", ***Computer Aided Design***, 29(2): 159-174 (1996).

75. Zha, X. F., Du, H., "A PDES/STEP-based model and system for concurrent integrated design and assembly planning", ***Computer Aided Design***, 34: 1087-1110 (2002).

76. Werling, G., Wild, H., "HOM-A hybrid object model for automatic assembly planning", ***Journal of Intelligent Manufacturing***, 5: 153-163 (1994).

77. Wang, N., Ozsoy, T. M., "Automatic generation of tolerance chains from mating relations represented in assembly models", ***Journal of Mechanical Design***, 115: 757-761 (1993).

78. Eng, T. H., Ling, Z. K., Olson, W., McLean, C., "Feature-based assembly modeling and sequence generation", ***Computers & Industrial Engineering***, 36: 17-33 (1999).

79. De Fazio, T. L., Edsal, A. C., Gustavson, R. E., Hernandez, J., Hutchins, P. M., Leung, H. W., Luby, S. C., Metzinger, R. W., Nevins, J. L., Tung, K., Whitney, D. E., "A prototype of feature – based design for assembly", ***Journal of Mechanical Design***, 115: 723-734 (1993).

80. Van Holland, W., Bronsvoort, W. F., "Assembly features in modeling and planning", ***Robotics and Computer Integrated Manufacturing***, 16: 277-294 (2000).

81. Chang, C. F., Perng, D. B., "Assembly-part automatic positioning using high-level entities of mating features", ***Computer Integrated Manufacturing Systems***, 10(3): 205-215 (1997).

82. Mascle, C., "Feature-based assembly model for integration in computer aided assembly", ***Robotics and Computer Integrated Manufacturing***, 18: 373-378 (2002).

83. Coma, O., Mascle, C., Veron, P., "Geometric and form feature recognition tools applied to a design for assembly methodology", ***Computer-Aided Design***, 35: 1193-1210 (2003).

84. Lee, Y. Q., Kumara, S. R, T., "A scheme for mechanical assembly design and assembly line layout conceptualization", ***Computers & Industrial Engineering***, 27(1-4): 261-264 (1994).

85. Gottipolu, R. B., Ghosh, K., "Representation and selection of assembly sequences in a computer aided assembly process planning", ***International Journal of Production Research***, 35(12): 3447-3465 (1997).

86. Dini, G., Santochi, M., "Automated sequencing and subassembly detection in assembly planning", ***Annals of the CIRP***, 41/1: 1-4 (1992).

87. Zhang, Y. Z., Ni, J., Lin, Z. Q., Lai, X. M., "Automated sequencing and subassembly detection in automobile body assembly planning", ***Journal of Materials Processing Technology***, 129: 490-494 (2002)

88. Yazar, M., "Bilgisayar yardımı ile montaj aşamalarının kararlaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*****,** Ankara, (1998).

89. Yazar, M., Özdemir, A., "Bilgisayar destekli montaj tasarımı için dönüşüm matrisinin türetilmesi ve uygulanması", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı*****,** Ankara, (1997).

90. Dilipak, H., "Bilgisayar destekli montaj aşamalarının teşhisi ve montaj sınırlamalarına dayalı optimizasyonu", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, (2001).

91. Dilipak, H., Özdemir, A., "Bilgisayar destekli montaj: Bölüm 2- Montaj sıralarının otomatik belirlenmesi", ***Politeknik Dergisi***, 4(l): 13-22 (2001).

92. Dilipak, H., Özdemir, A., "Bilgisayar destekli montaj: Bölüm 1-Temas ve hareket fonksiyonlarının CAD ortamında otomatik oluşturulması", ***Politeknik Dergisi***, 3(2): 71-80 (2000).

93. Sinanoğlu, C., "Bilgisayar destekli montaj modellemede parça temas ilişkilerini otomatik belirleyen bir yaklaşım", ***Mühendislik Bilimleri Dergisi***, 8(3): 315-327 (2002).

94. Jeong, B. J., "Evaluation of assembly sequences using generalized flexible assembly systems scheduling problem", ***Computers & Industrial Engineering***, 33(3-4): 777-780 (1997).

95. Liu, C. M., Chiou, J. M., "Design and performance evaluation of closed automatic assembly systems", ***International Journal of Production Research***, 28(9): 1577-1593 (1990).

96. Dore, A. M., Lo, E. K., "Economic evaluation of robot-based assembly systems", ***International Journal of Production Research***, 29(2): 267-276 (1991).

97. Weule, H., Friedman, T., Eversheim, W., "Computer aided product analysis in assembly planning", ***Annals of the CIRP***, 38/1: 1-4 (1989).

98. He, D. W., Kusiak, A., "Design of assembly systems for modular products", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, 13(5): 646-655 (1997).

99. Schmidt, L. C., Jackman, J., "Evaluating assembly sequences for automatic assembly systems", ***IIE Transactions***, 27: 23-31 (1995).

100. Lazzerini B., Marcelloni, F., "A genetic algorithm for generating optimal assembly plans", ***Artificial Intelligence in Engineering***, 14: 319-329 (2000).

101. Smith, G. C., Smith, S. S. F., "An enhanced genetic algorithm for automated assembly planning", ***Robotics and Computer Integrated Manufacturing***, 18: 355-364 (2002).

102. Hong, D.S., Cho, H.S., "A genetic-algorithm-based approach to the generation of robotic assembly sequences", ***Control Engineering Practice***, 7: 151-159 (1999).

103. Smith, S.S.F., "Using multiple genetic operators to reduce premature convergence in genetic assembly planning", ***Computers in Industry***, 54: 35-49 (2004).

104. De Fazio, T. L., Whitney, D. E., "Simplified generation of all mechanical assembly sequences", ***IEEE Transactions on Robotics and Automation***, RA-3(6): 640-658 (1987).

105. Steven, H., Lai, Y., "KBDA-A knowledge based design system for assembly", ***Computers & Industrial Engineering***, 25(1-4): 585-588 (1993).

106. Zha, X. F., Du, H. J., Qiu, J. H., "Knowledge based approach and system for assembly oriented design, Part II: the system implementation", ***Engineering Applications of Artificial Intelligence***, 14: 239-254 (2001).

107. Dilipak, H., Gülesin, M., "Torna operasyonları için uzman sistem tekniklerine dayalı kesici seçimi", ***MAMKON'97-İ.T.Ü. Makine Fakültesi 1. Makine Mühendisliği Kongresi***, İstanbul, (1997).

108. Özkan, M. T., Gülesin, M., "Uzman sistem yaklaşımı ile civata ve dişli çark seçimi", ***Turkish Journal of Engineering and Enviromental Science***, 25: 169-177 (2001).

109. Kayır, Y., Gülesin, M., "Uzman sistem yaklaşımı ile delik delme işlemleri için operasyon ve kesici seçimi", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

110. Gulesin, M., Jones, R. M., "Developing an expert system for a process planning and fixturing system using prolog", ***The International Conference on Engineering Software***, England, (1993).

111. Gulesin, M., Jones, R. M., "An expert process planning and fixturing system for prismatic parts using STEP Standard", ***6th International Machine Design and Production Conference,*** Ankara, Turkey, (1994).

112. Gulesin, M., Jones, R. M., "Cutting tool selection for process planning using expert system techniques", ***26th International Symposium on Automotive Technology and Automation***, Germany, (1993).

113. Gulesin, M., Jones, R. M., "Knowledge representation and expert system based operation selection in a process planning and fixturing system", ***Eighth International Conference on Applications of Artificial Intelligence in Engineering***, France, (1993).

114. Gülesin, M., "Sanayide uzman sistem uygulamaları", ***Yüksek Lisans Ders Notları***, Ankara, (1996).

115. Gulesin, M., Jones, R. M., "An expert process planning and fixturing system with 3D CAD data input in STEP Standard", ***Proceedings of IMACS/SICE-International Symposium on Robotics, Mechatronics and Manufacturing Systems***, Kobe, Japan, (1992).

116. Gulesin, M., Jones, R. M., Blount, G. N., "An intelligent knowledge based process planning and fixturing system using STEP Standard", ***Proceedings of Computer Aided Design, Manufacture and Operation in the Railway and Other Advanced Mass Transit Systems***, Washington DC, USA, (1992).

117. Gulesin, M., "An intelligent, knowledge based process planning and fixturing system using the STEP standard", Doktora Tezi, ***Coventry University***, UK, (1993).

118. Dereli, T., Filiz, İ. H., "Bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemlerinde grafik standartları", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

119. Gulesin, M., "The STEP Standard and data exchange between CAD/CAM systems", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

120. Gülesin, M., "3-D part definition in the STEP standard for process planning", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

121. Yaldız, S., Aslan, E., "STEP standardı içinde express tanımlama diliyle mekanik parçaların modellenmesi", ***MATİK'97-Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı***, Ankara, (1997).

122. Şişman, A., "Bilgisayar destekli kesme kalıbı tasarımı", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, (2001).

123. Karagülle, İ., Pala, Z., "Microsoft Visual Basic 6.0", ***Türkmen Kitabevi***, İstanbul, (1999).

124. Karagülle, İ., Pala, Z., "Microsoft Visual Basic 6.0 Pro", ***Türkmen Kitabevi***, İstanbul, (2002).

125. Yanık, M., "Microsoft Visual Basic for Windows 95/98 NT", ***Beta Basım Yayım Dağıtım***, İstanbul, (1999).

126. Halvorson, M., "Adım Adım Microsoft Visual Basic 6.0 Professional", ***Arkadaş Yayınları***, Ankara, (2002).

127. Lange, K., "The History of Engines – Engines that Made History 1916-1945", ***BMW Mobile Tradition***, Munich, (1999).

128. Lange, K., "The History of Engines – Engines that Made History 1945-2000", ***BMW Mobile Tradition***, Munich, (1999).

129. Otosan A.Ş. Mamul Geliştirme Mühendisliği, "Otosan Ford Escort Tamir Kitabı", ***Otosan Otomobil Sanayi A.Ş.***, İstanbul, (1993).

130. Chrysler Sanayi, "Chrysler XLV, Dodge – Fargo, De SOTO Kamyonları Bakım ve Tamir Kitabı", ***Chrysler Sanayi***, İstanbul, (1973).

131. MAN Kamyon ve Otobüs Sanayi A.Ş., "Motor Yedek Parça Katalogu" ***MANAŞ- MAN Kamyon ve Otobüs Sanayi A.Ş.***, Ankara.

132. Renault-Mais, "Renault Onarım Katalogu", ***Renault-Mais***, Bursa, (1992).

133. Toboldt, W. K., "Diesel Fundamentals, Service, Repair", ***The Goodheart - Willcox Company, Inc.,*** Illinois, (1983).

134. Bilginperk, H., "Dizel Motorları Temel Ders Kitabı", ***Milli Eğitim Basımevi***, İstanbul, (1984).

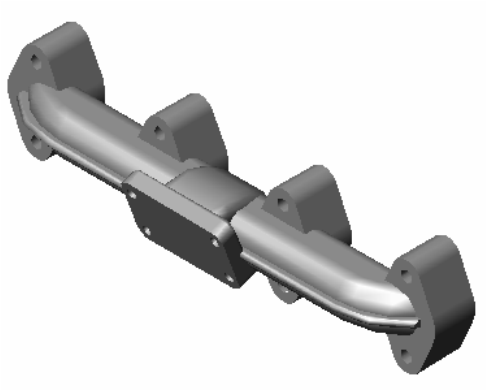
135. Staudt, W., "Motorlu Taşıt Tekniği", ***Milli Eğitim Basımevi***, İstanbul, (2000).

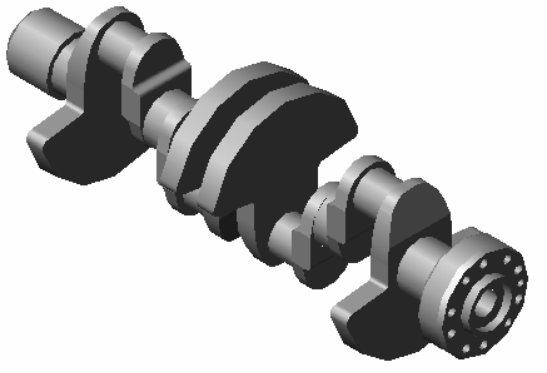
136. Yolaçan, F., "Otomobil Motorunda Yakıt Sistemleri", ***Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Motor Ayarları Teknolojisi Ders Notları***, Ankara, (1991).

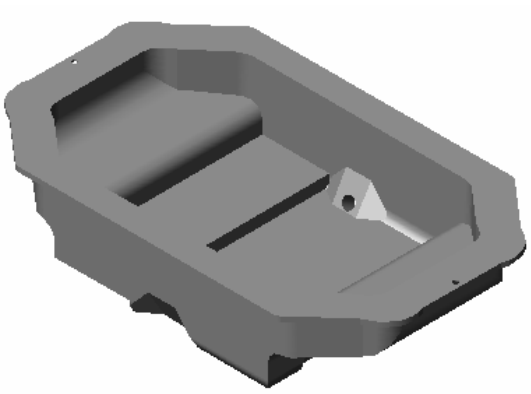
137. Kaya, O., "Motor Ayarları ve Bakımı", ***Milli Eğitim Basımevi***, İstanbul, (1990).

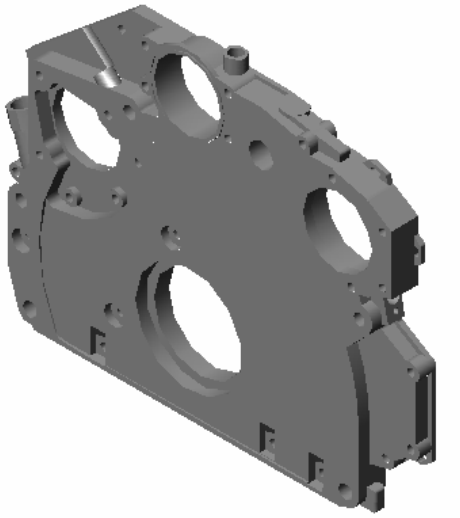
EKLER

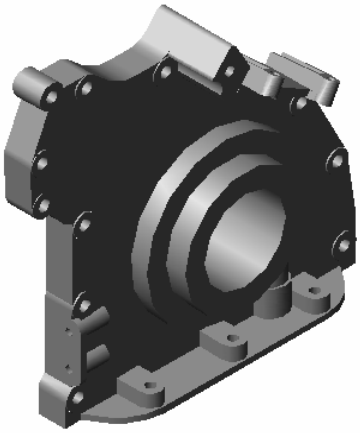
EK-1 PROGRAMLA TANINAN VE MONTAJI YAPILAN PARÇA ÖRNEKLERİ

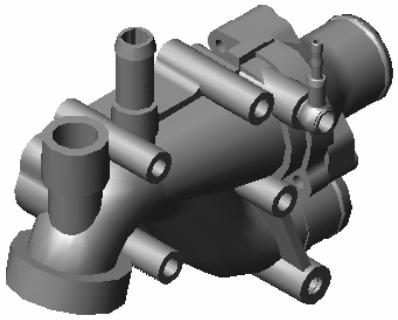


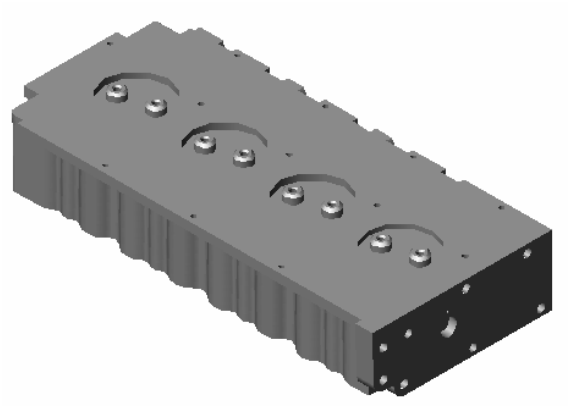


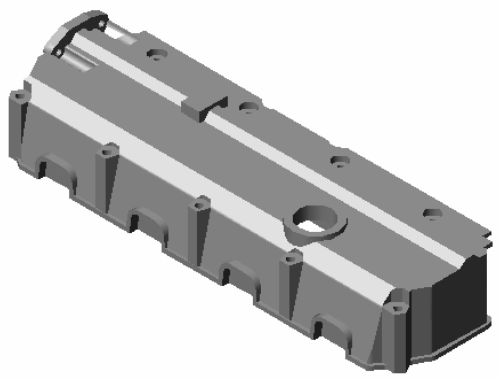


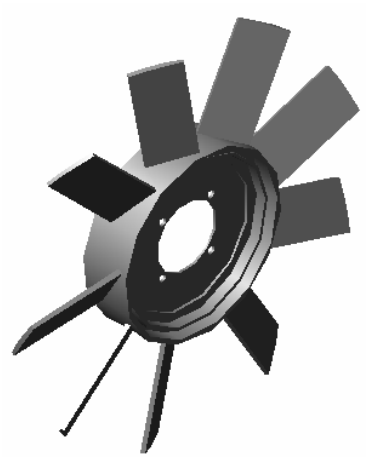


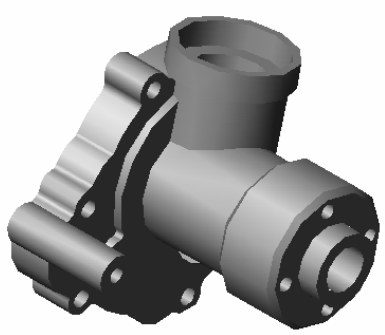


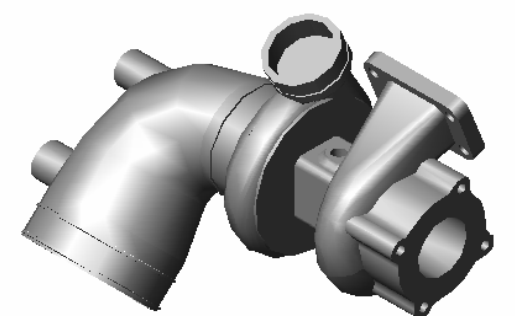


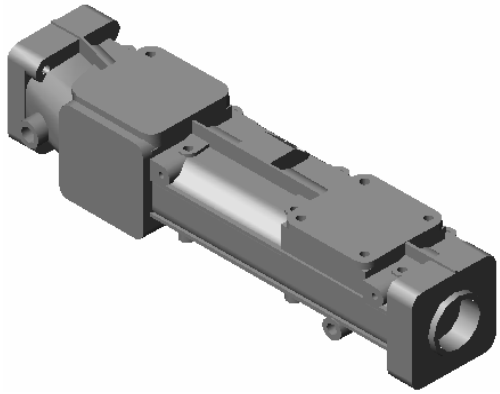


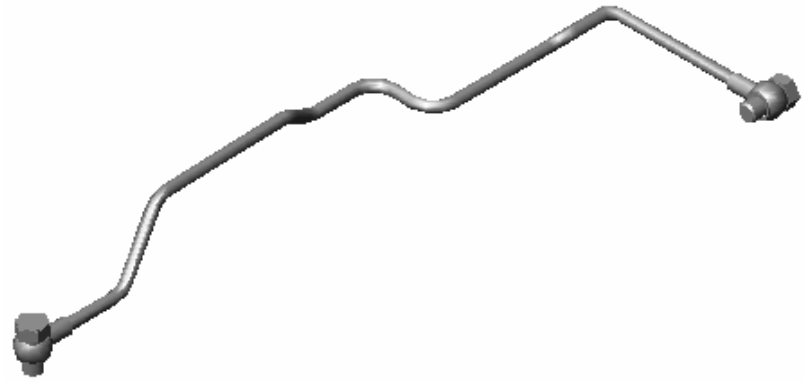




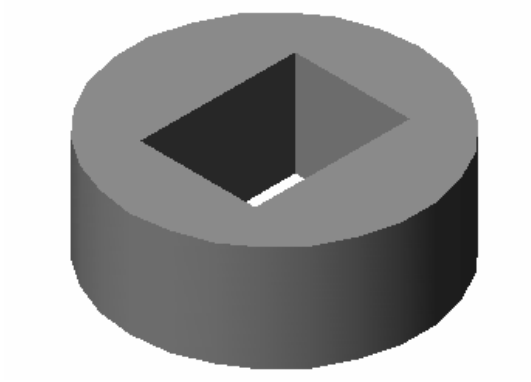








EK-2 ÖRNEK PARÇA VE PARÇAYA AİT STEP FORMATI



```
ISO-10303-21;
HEADER;
/*************************************************************
 * Generated by software with PDE/Lib inside                 *
 * PDE/Lib Version 3.2.2, created Thu Mar 23, 2000 at 18:38:49  *
 * International Technegroup Inc. (www.iti-oh.com)           *
 *************************************************************/
FILE_DESCRIPTION((''),'2;1');
FILE_NAME('recognition.stp','2005-06-01T00:00:00',(''),(''),'Mechanical
Desktop.R7.0.43.0','Mechanical Desktop.R7.0.43.0','', , ');
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;
DATA;
#8=(NAMED_UNIT(*)PLANE_ANGLE_UNIT()SI_UNIT($,.RADIAN.));
#9=DIMENSIONAL_EXPONENTS(0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0);
#10=PLANE_ANGLE_MEASURE_WITH_UNIT(PLANE_ANGLE_MEASURE(0.0174532925000
00),#8);
#14=(CONVERSION_BASED_UNIT('DEGREE',#10)NAMED_UNIT(#9)PLANE_ANGLE_UNIT()
);
#18=(NAMED_UNIT(*)SI_UNIT($,.STERADIAN.)SOLID_ANGLE_UNIT());
#22=(LENGTH_UNIT()NAMED_UNIT(*)SI_UNIT(.MILLI.,.METRE.));
#23=UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(0.000001000000000),#22,
'DISTANCE_ACCURACY_VALUE','');
#28=(GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(3)GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED
_CONTEXT((#23))GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT((#14,#18,#22))REPRESENTATION_
CONTEXT('None','None'));
#29=APPLICATION_CONTEXT('CONFIGURATION CONTROLLED 3D DESIGNS OF
MECHANICAL PARTS AND ASSEMBLIES');
#30=APPLICATION_PROTOCOL_DEFINITION('INTERNATIONAL
STANDARD','config_control_design',1995,#29);
#31=MECHANICAL_CONTEXT('3D Mechanical Parts',#29,'mechanical');
#32=PRODUCT('Product','Product',' ',(#31));
#33=PRODUCT_RELATED_PRODUCT_CATEGORY('detail',$,(#32));
#34=PRODUCT_CATEGORY('part',$);
#35=PRODUCT_CATEGORY_RELATIONSHIP('None','None',#34,#33);
#36=PERSON('1','Design','Joe',$,$,$);
#37=ORGANIZATION($,'None','None');
#38=PERSON_AND_ORGANIZATION(#36,#37);
#39=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('design_owner');
#40=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#38,#39,(#32));
```

```
#41=PRODUCT_DEFINITION_FORMATION_WITH_SPECIFIED_SOURCE('None','None',#32,.N
OT_KNOWN.);
#42=PERSON('2','Creator','Joe',$,$,$);
#43=ORGANIZATION($,'None','None');
#44=PERSON_AND_ORGANIZATION(#42,#43);
#45=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('creator');
#46=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#44,#45,(#41));
#47=PERSON('3','Supplier','Joe',$,$,$);
#48=ORGANIZATION($,'None','None');
#49=PERSON_AND_ORGANIZATION(#47,#48);
#50=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('design_supplier');
#51=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#49,#50,(#41));
#52=APPROVAL_STATUS('approved');
#53=APPROVAL(#52,'None');
#54=PERSON('4','Approver','Joe',$,$,$);
#55=ORGANIZATION($,'None','None');
#56=PERSON_AND_ORGANIZATION(#54,#55);
#57=APPROVAL_ROLE('approver');
#58=APPROVAL_PERSON_ORGANIZATION(#56,#53,#57);
#59=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(8,$,.BEHIND.);
#60=CALENDAR_DATE(1996,29,5);
#61=LOCAL_TIME(12,0,0.0,#59);
#62=DATE_AND_TIME(#60,#61);
#63=APPROVAL_DATE_TIME(#62,#53);
#64=CC_DESIGN_APPROVAL(#53,(#41));
#65=SECURITY_CLASSIFICATION_LEVEL('unclassified');
#66=SECURITY_CLASSIFICATION('security','None',#65);
#67=CC_DESIGN_SECURITY_CLASSIFICATION(#66,(#41));
#68=APPROVAL_STATUS('approved');
#69=APPROVAL(#68,'None');
#70=PERSON('5','Approver','Joe',$,$,$);
#71=ORGANIZATION($,'None','None');
#72=PERSON_AND_ORGANIZATION(#70,#71);
#73=APPROVAL_ROLE('approver');
#74=APPROVAL_PERSON_ORGANIZATION(#72,#69,#73);
#75=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(8,$,.BEHIND.);
#76=CALENDAR_DATE(1996,29,5);
#77=LOCAL_TIME(12,0,0.0,#75);
#78=DATE_AND_TIME(#76,#77);
#79=APPROVAL_DATE_TIME(#78,#69);
#80=CC_DESIGN_APPROVAL(#69,(#66));
#81=PERSON('6','Classifier','Joe',$,$,$);
#82=ORGANIZATION($,'None','None');
#83=PERSON_AND_ORGANIZATION(#81,#82);
#84=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('classification_officer');
#85=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#83,#84,(#66));
#86=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(8,$,.BEHIND.);
#87=CALENDAR_DATE(1996,29,5);
#88=LOCAL_TIME(12,0,0.0,#86);
#89=DATE_AND_TIME(#87,#88);
#90=DATE_TIME_ROLE('classification_date');
#91=CC_DESIGN_DATE_AND_TIME_ASSIGNMENT(#89,#90,(#66));
#92=DESIGN_CONTEXT('Design Context',#29,'design');
#93=PRODUCT_DEFINITION('None','None',#41,#92);
#94=PERSON('7','Creator','Joe',$,$,$);
#95=ORGANIZATION($,'None','None');
#96=PERSON_AND_ORGANIZATION(#94,#95);
```

```
#97=PERSON_AND_ORGANIZATION_ROLE('creator');
#98=CC_DESIGN_PERSON_AND_ORGANIZATION_ASSIGNMENT(#96,#97,(#93));
#99=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(8,$,.BEHIND.);
#100=CALENDAR_DATE(1996,29,5);
#101=LOCAL_TIME(12,0,0.0,#99);
#102=DATE_AND_TIME(#100,#101);
#103=DATE_TIME_ROLE('creation_date');
#104=CC_DESIGN_DATE_AND_TIME_ASSIGNMENT(#102,#103,(#93));
#105=APPROVAL_STATUS('approved');
#106=APPROVAL(#105,'None');
#107=PERSON('8','Approver','Joe',$,$,$);
#108=ORGANIZATION($,'None','None');
#109=PERSON_AND_ORGANIZATION(#107,#108);
#110=APPROVAL_ROLE('approver');
#111=APPROVAL_PERSON_ORGANIZATION(#109,#106,#110);
#112=COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(8,$,.BEHIND.);
#113=CALENDAR_DATE(1996,29,5);
#114=LOCAL_TIME(12,0,0.0,#112);
#115=DATE_AND_TIME(#113,#114);
#116=APPROVAL_DATE_TIME(#115,#106);
#117=CC_DESIGN_APPROVAL(#106,(#93));
#118=CARTESIAN_POINT('NONE',(0.0,0.0,0.0));
#119=DIRECTION('NONE',(0.0,0.0,1.0));
#120=DIRECTION('NONE',(1.0,0.0,0.0));
#121=AXIS2_PLACEMENT_3D('NONE',#118,#119,#120);
#122=SHAPE_REPRESENTATION('SR1',(#121),#28);
#123=PRODUCT_DEFINITION_SHAPE('PDS1','Test Part',#93);
#124=SHAPE_DEFINITION_REPRESENTATION(#123,#122);
#125=CARTESIAN_POINT('',(585.245679393095320,549.126049816014190,0.0));
#126=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#127=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#128=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#125,#126,#127);
#129=CYLINDRICAL_SURFACE('',#128,205.467983272963290);
#130=CARTESIAN_POINT('',(790.713662666058440,549.126049816014300,0.0));
#131=VERTEX_POINT('',#130);
#132=CARTESIAN_POINT('',(790.71366266605844,549.12604981601430,150.0));
#133=VERTEX_POINT('',#132);
#134=CARTESIAN_POINT('',(790.713662666058440,549.126049816014300,0.0));
#135=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#136=VECTOR('',#135,150.0);
#137=LINE('',#134,#136);
#138=EDGE_CURVE('',#131,#133,#137,.T.);
#139=ORIENTED_EDGE('',*,*,#138,.F.);
#140=CARTESIAN_POINT('',(379.777696120132020,549.126049816014190,0.0));
#141=VERTEX_POINT('',#140);
#142=CARTESIAN_POINT('',(585.245679393095320,549.126049816014190,0.0));
#143=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#144=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#145=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#142,#143,#144);
#146=CIRCLE('',#145,205.467983272963290);
#147=EDGE_CURVE('',#131,#141,#146,.T.);
#148=ORIENTED_EDGE('',*,*,#147,.T.);
#149=CARTESIAN_POINT('',(379.77769612013202,549.12604981601419,150.0));
#150=VERTEX_POINT('',#149);
#151=CARTESIAN_POINT('',(379.77769612013202,549.12604981601419,150.0));
#152=DIRECTION('',(0.0,0.0,-1.0));
#153=VECTOR('',#152,150.0);
```

```
#154=LINE(',#151,#153);
#155=EDGE_CURVE(',#150,#141,#154,.T.);
#156=ORIENTED_EDGE(',*,*,#155,.F.);
#157=CARTESIAN_POINT(',(585.24567939309532,549.12604981601419,150.0));
#158=DIRECTION(',(0.0,0.0,-1.0));
#159=DIRECTION(',(1.0,0.0,0.0));
#160=AXIS2_PLACEMENT_3D(',#157,#158,#159);
#161=CIRCLE(',#160,205.467983272963290);
#162=EDGE_CURVE(',#150,#133,#161,.T.);
#163=ORIENTED_EDGE(',*,*,#162,.T.);
#164=EDGE_LOOP(',(#139,#148,#156,#163));
#165=FACE_OUTER_BOUND(',#164,.T.);
#166=ADVANCED_FACE(',(#165),#129,.T.);
#167=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289410,630.651590366198090,0.0));
#168=DIRECTION(',(1.0,0.0,0.0));
#169=DIRECTION(',(0.0,0.0,-1.0));
#170=AXIS2_PLACEMENT_3D(',#167,#168,#169);
#171=PLANE(',#170);
#172=CARTESIAN_POINT(',(694.97924396028941,630.65159036619809,150.0));
#173=VERTEX_POINT(',#172);
#174=CARTESIAN_POINT(',(694.97924396028918,467.60050926583034,150.0));
#175=VERTEX_POINT(',#174);
#176=CARTESIAN_POINT(',(694.97924396028941,630.65159036619809,150.0));
#177=DIRECTION(',(0.0,-1.0,0.0));
#178=VECTOR(',#177,163.051081100367750);
#179=LINE(',#176,#178);
#180=EDGE_CURVE(',#173,#175,#179,.T.);
#181=ORIENTED_EDGE(',*,*,#180,.F.);
#182=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289410,630.651590366198090,0.0));
#183=VERTEX_POINT(',#182);
#184=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289410,630.651590366198090,0.0));
#185=DIRECTION(',(0.0,0.0,1.0));
#186=VECTOR(',#185,150.0);
#187=LINE(',#184,#186);
#188=EDGE_CURVE(',#183,#173,#187,.T.);
#189=ORIENTED_EDGE(',*,*,#188,.F.);
#190=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289180,467.600509265830340,0.0));
#191=VERTEX_POINT(',#190);
#192=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289180,467.600509265830340,0.0));
#193=DIRECTION(',(0.0,1.0,0.0));
#194=VECTOR(',#193,163.051081100367750);
#195=LINE(',#192,#194);
#196=EDGE_CURVE(',#191,#183,#195,.T.);
#197=ORIENTED_EDGE(',*,*,#196,.F.);
#198=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289180,467.600509265830340,0.0));
#199=DIRECTION(',(0.0,0.0,1.0));
#200=VECTOR(',#199,150.0);
#201=LINE(',#198,#200);
#202=EDGE_CURVE(',#191,#175,#201,.T.);
#203=ORIENTED_EDGE(',*,*,#202,.T.);
#204=EDGE_LOOP(',(#181,#189,#197,#203));
#205=FACE_OUTER_BOUND(',#204,.T.);
#206=ADVANCED_FACE(',(#205),#171,.F.);
#207=CARTESIAN_POINT(',(694.979243960289180,467.600509265830340,0.0));
#208=DIRECTION(',(0.0,-1.0,0.0));
#209=DIRECTION(',(0.0,0.0,-1.0));
#210=AXIS2_PLACEMENT_3D(',#207,#208,#209);
```

```
#211=PLANE(',#210);
#212=CARTESIAN_POINT(',(475.51211482590122,467.60050926583034,150.0));
#213=VERTEX_POINT(',#212);
#214=CARTESIAN_POINT(',(694.97924396028918,467.60050926583034,150.0));
#215=DIRECTION(',(-1.0,0.0,0.0));
#216=VECTOR(',#215,219.467129134387960);
#217=LINE(',#214,#216);
#218=EDGE_CURVE(',#175,#213,#217,.T.);
#219=ORIENTED_EDGE(',*,*,#218,.F.);
#220=ORIENTED_EDGE(',*,*,#202,.F.);
#221=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,467.600509265830340,0.0));
#222=VERTEX_POINT(',#221);
#223=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,467.600509265830340,0.0));
#224=DIRECTION(',(1.0,0.0,0.0));
#225=VECTOR(',#224,219.467129134387960);
#226=LINE(',#223,#225);
#227=EDGE_CURVE(',#222,#191,#226,.T.);
#228=ORIENTED_EDGE(',*,*,#227,.F.);
#229=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,467.600509265830340,0.0));
#230=DIRECTION(',(0.0,0.0,1.0));
#231=VECTOR(',#230,150.0);
#232=LINE(',#229,#231);
#233=EDGE_CURVE(',#222,#213,#232,.T.);
#234=ORIENTED_EDGE(',*,*,#233,.T.);
#235=EDGE_LOOP(',(#219,#220,#228,#234));
#236=FACE_OUTER_BOUND(',#235,.T.);
#237=ADVANCED_FACE(',(#236),#211,.F.);
#238=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,467.600509265830340,0.0));
#239=DIRECTION(',(-1.0,0.0,0.0));
#240=DIRECTION(',(0.0,0.0,1.0));
#241=AXIS2_PLACEMENT_3D(',#238,#239,#240);
#242=PLANE(',#241);
#243=CARTESIAN_POINT(',(475.51211482590122,630.65159036619809,150.0));
#244=VERTEX_POINT(',#243);
#245=CARTESIAN_POINT(',(475.51211482590122,467.60050926583034,150.0));
#246=DIRECTION(',(0.0,1.0,0.0));
#247=VECTOR(',#246,163.051081100367750);
#248=LINE(',#245,#247);
#249=EDGE_CURVE(',#213,#244,#248,.T.);
#250=ORIENTED_EDGE(',*,*,#249,.F.);
#251=ORIENTED_EDGE(',*,*,#233,.F.);
#252=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,630.651590366198090,0.0));
#253=VERTEX_POINT(',#252);
#254=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,630.651590366198090,0.0));
#255=DIRECTION(',(0.0,-1.0,0.0));
#256=VECTOR(',#255,163.051081100367750);
#257=LINE(',#254,#256);
#258=EDGE_CURVE(',#253,#222,#257,.T.);
#259=ORIENTED_EDGE(',*,*,#258,.F.);
#260=CARTESIAN_POINT(',(475.512114825901220,630.651590366198090,0.0));
#261=DIRECTION(',(0.0,0.0,1.0));
#262=VECTOR(',#261,150.0);
#263=LINE(',#260,#262);
#264=EDGE_CURVE(',#253,#244,#263,.T.);
#265=ORIENTED_EDGE(',*,*,#264,.T.);
#266=EDGE_LOOP(',(#250,#251,#259,#265));
#267=FACE_OUTER_BOUND(',#266,.T.);
```

```
#268=ADVANCED_FACE('',(#267),#242,.F.);
#269=CARTESIAN_POINT('',(475.512114825901220,630.651590366198090,0.0));
#270=DIRECTION('',(0.0,1.0,0.0));
#271=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#272=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#269,#270,#271);
#273=PLANE('',#272);
#274=CARTESIAN_POINT('',(475.51211482590122,630.65159036619809,150.0));
#275=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#276=VECTOR('',#275,219.467129134388190);
#277=LINE('',#274,#276);
#278=EDGE_CURVE('',#244,#173,#277,.T.);
#279=ORIENTED_EDGE('',*,*,#278,.F.);
#280=ORIENTED_EDGE('',*,*,#264,.F.);
#281=CARTESIAN_POINT('',(694.979243960289410,630.651590366198090,0.0));
#282=DIRECTION('',(-1.0,0.0,0.0));
#283=VECTOR('',#282,219.467129134388190);
#284=LINE('',#281,#283);
#285=EDGE_CURVE('',#183,#253,#284,.T.);
#286=ORIENTED_EDGE('',*,*,#285,.F.);
#287=ORIENTED_EDGE('',*,*,#188,.T.);
#288=EDGE_LOOP('',(#279,#280,#286,#287));
#289=FACE_OUTER_BOUND('',#288,.T.);
#290=ADVANCED_FACE('',(#289),#273,.F.);
#291=CARTESIAN_POINT('',(585.245679393095320,549.126049816014190,0.0));
#292=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#293=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#294=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#291,#292,#293);
#295=CYLINDRICAL_SURFACE('',#294,205.467983272963290);
#296=ORIENTED_EDGE('',*,*,#138,.T.);
#297=CARTESIAN_POINT('',(585.24567939309532,549.126049816014190,15.0));
#298=DIRECTION('',(0.0,0.0,-1.0));
#299=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#300=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#297,#298,#299);
#301=CIRCLE('',#300,205.467983272963290);
#302=EDGE_CURVE('',#133,#150,#301,.T.);
#303=ORIENTED_EDGE('',*,*,#302,.T.);
#304=ORIENTED_EDGE('',*,*,#155,.T.);
#305=CARTESIAN_POINT('',(585.245679393095320,549.126049816014190,0.0));
#306=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#307=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#308=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#305,#306,#307);
#309=CIRCLE('',#308,205.467983272963290);
#310=EDGE_CURVE('',#141,#131,#309,.T.);
#311=ORIENTED_EDGE('',*,*,#310,.T.);
#312=EDGE_LOOP('',(#296,#303,#304,#311));
#313=FACE_OUTER_BOUND('',#312,.T.);
#314=ADVANCED_FACE('',(#313),#295,.T.);
#315=CARTESIAN_POINT('',(585.2456793930953,549.126049816014190,150.0));
#316=DIRECTION('',(0.0,0.0,1.0));
#317=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#318=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#315,#316,#317);
#319=PLANE('',#318);
#320=ORIENTED_EDGE('',*,*,#302,.F.);
#321=ORIENTED_EDGE('',*,*,#162,.F.);
#322=EDGE_LOOP('',(#320,#321));
#323=FACE_OUTER_BOUND('',#322,.T.);
#324=ORIENTED_EDGE('',*,*,#180,.T.);
```

```
#325=ORIENTED_EDGE(",*,*,#218,.T.);
#326=ORIENTED_EDGE(",*,*,#249,.T.);
#327=ORIENTED_EDGE(",*,*,#278,.T.);
#328=EDGE_LOOP(",(#324,#325,#326,#327));
#329=FACE_BOUND(",#328,.T.);
#330=ADVANCED_FACE(",(#323,#329),#319,.T.);
#331=CARTESIAN_POINT(",(585.245679393095320,549.126049816014190,0.0));
#332=DIRECTION(",(0.0,0.0,1.0));
#333=DIRECTION(",(1.0,0.0,0.0));
#334=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#331,#332,#333);
#335=PLANE(",#334);
#336=ORIENTED_EDGE(",*,*,#147,.F.);
#337=ORIENTED_EDGE(",*,*,#310,.F.);
#338=EDGE_LOOP(",(#336,#337));
#339=FACE_OUTER_BOUND(",#338,.T.);
#340=ORIENTED_EDGE(",*,*,#196,.T.);
#341=ORIENTED_EDGE(",*,*,#285,.T.);
#342=ORIENTED_EDGE(",*,*,#258,.T.);
#343=ORIENTED_EDGE(",*,*,#227,.T.);
#344=EDGE_LOOP(",(#340,#341,#342,#343));
#345=FACE_BOUND(",#344,.T.);
#346=ADVANCED_FACE(",(#339,#345),#335,.F.);
#347=CLOSED_SHELL(",(#166,#206,#237,#268,#290,#314,#330,#346));
#348=MANIFOLD_SOLID_BREP('86',#347);
#349=ADVANCED_BREP_SHAPE_REPRESENTATION('ABSR1',(#348),#28);
#350=SHAPE_REPRESENTATION_RELATIONSHIP('SRRPL1',' ',#349,#122);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```

EK-3 ÖRNEK PARÇAYA AİT STEP DÖNÜŞÜM FORMATI

1. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
205.47
lokal orijin
(585.24,549.12,0)
yön
(0,0,1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(790.71,549.13,0)(379.78,549.13,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(379.78,549.13,0)(379.78,549.13,150)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(379.78,549.13,150)(790.71,549.13,150)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(790.71,549.13,150)(790.71,549.13,0)
$$$$$
%%%%%
2. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(694.97,630.65,0)
yön
(1,0,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(694.98,630.65,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,630.65,0)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(694.98,467.6,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(694.98,630.65,150)
$$$$$
%%%%%
3. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(694.97,467.6,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(475.51,467.6,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(694.98,467.6,150)
$$$$$
%%%%%
4. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(475.51,467.6,0)
yön
(-1,0,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
163.05

doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(475.51,630.65,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(475.51,467.6,150)
$$$$$
%%%%%
5. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(475.51,630.65,0)
yön
(0,1,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(694.98,630.65,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,630.65,0)(694.98,630.65,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(475.51,630.65,150)
$$$$$
%%%%%
6. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
205.47
lokal orijin
(585.24,549.12,0)
yön
(0,0,1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(790.71,549.13,150)(379.78,549.13,150)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(379.78,549.13,150)(379.78,549.13,0)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(379.78,549.13,0)(790.71,549.13,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(790.71,549.13,0)(790.71,549.13,150)
$$$$$
%%%%%
7. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(585.24,549.12,150)
yön
(0,0,1)
yüz sınırı
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(475.51,467.6,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(475.51,630.65,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(694.98,630.65,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(694.98,467.6,150)
$$$$$
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(790.71,549.13,150)(379.78,549.13,150)

yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(379.78,549.13,150)(790.71,549.13,150)
$$$$$
%%%%%
8. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(585.24,549.12,0)
yön
(0,0,1)
yüz sınırı
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,630.65,0)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(694.98,630.65,0)
$$$$$
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(790.71,549.13,0)(379.78,549.13,0)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(379.78,549.13,0)(790.71,549.13,0)
$$$$$
%%%%%

EK-4 ÖRNEK PARÇAYA AİT BUDANMIŞ STEP DÖNÜŞÜM FORMATI

1. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(694.97,630.65,0)
yön
(1,0,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(694.98,630.65,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,630.65,0)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(694.98,467.6,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(694.98,630.65,150)
$$$$$
%%%%%
2. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(694.97,467.6,0)
yön
(0,-1,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(475.51,467.6,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(694.98,467.6,150)
$$$$$
%%%%%
3. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(475.51,467.6,0)
yön
(-1,0,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(475.51,630.65,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(475.51,467.6,150)
$$$$$
%%%%%
4. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(475.51,630.65,0)
yön
(0,1,0)
yüz dış sınırı
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(694.98,630.65,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları

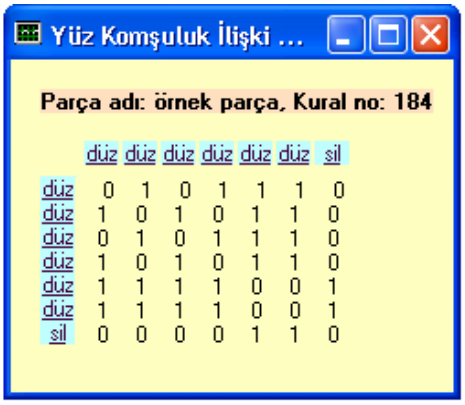
(694.98,630.65,0)(694.98,630.65,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(475.51,630.65,150)
$$$$$
%%%%%
5. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(585.24,549.12,150)
yön
(0,0,1)
yüz sınırı
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,467.6,150)(475.51,467.6,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,467.6,150)(475.51,630.65,150)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,630.65,150)(694.98,630.65,150)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,630.65,150)(694.98,467.6,150)
$$$$$
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(790.71,549.13,150)(379.78,549.13,150)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(379.78,549.13,150)(790.71,549.13,150)
$$$$$
%%%%%
6. yüzey
düzlem yüzey
lokal orijin
(585.24,549.12,0)
yön
(0,0,1)
yüz sınırı
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(694.98,630.65,0)(475.51,630.65,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(475.51,630.65,0)(475.51,467.6,0)
doğru
doğru boyu
219.47
doğru koordinatları
(475.51,467.6,0)(694.98,467.6,0)
doğru
doğru boyu
163.05
doğru koordinatları
(694.98,467.6,0)(694.98,630.65,0)
$$$$$
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(790.71,549.13,0)(379.78,549.13,0)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(379.78,549.13,0)(790.71,549.13,0)
$$$$$
%%%%%
7. yüzey
silindirik yüzey
yarıçap
205.47
lokal orijin
(585.24,549.12,0)
yön
(0,0,1)
yüz dış sınırı
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(790.71,549.13,0)(379.78,549.13,0)

doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(379.78,549.13,0)(379.78,549.13,150)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(379.78,549.13,150)(790.71,549.13,150)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(790.71,549.13,150)(790.71,549.13,0)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,150)
yay koordinatları
(790.71,549.13,150)(379.78,549.13,150)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(379.78,549.13,150)(379.78,549.13,0)
yay
yay yarıçapı
205.47
yay merkezi
(585.25,549.13,0)
yay koordinatları
(379.78,549.13,0)(790.71,549.13,0)
doğru
doğru boyu
150
doğru koordinatları
(790.71,549.13,0)(790.71,549.13,150)
$$$$$
%%%%%

EK-5 ÖRNEK PARÇAYA AİT KOMŞULUK İLİŞKİ FORMATI

1. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
++++++++++++
2. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,-1,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
++++++++++++
3. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(-1,0,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
++++++++++++
4. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,1,0)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
++++++++++++
5. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
++++++++++++
6. yüzey
_____
yüzey tipi
düzlem yüzey
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
düzlem yüzey
silindirik yüzey
++++++++++++
7. yüzey
_____
yüzey tipi
silindirik yüzey
yarıçap
205.47
yön
(0,0,1)
komşu yüzeyler
düzlem yüzey
düzlem yüzey
++++++++++++

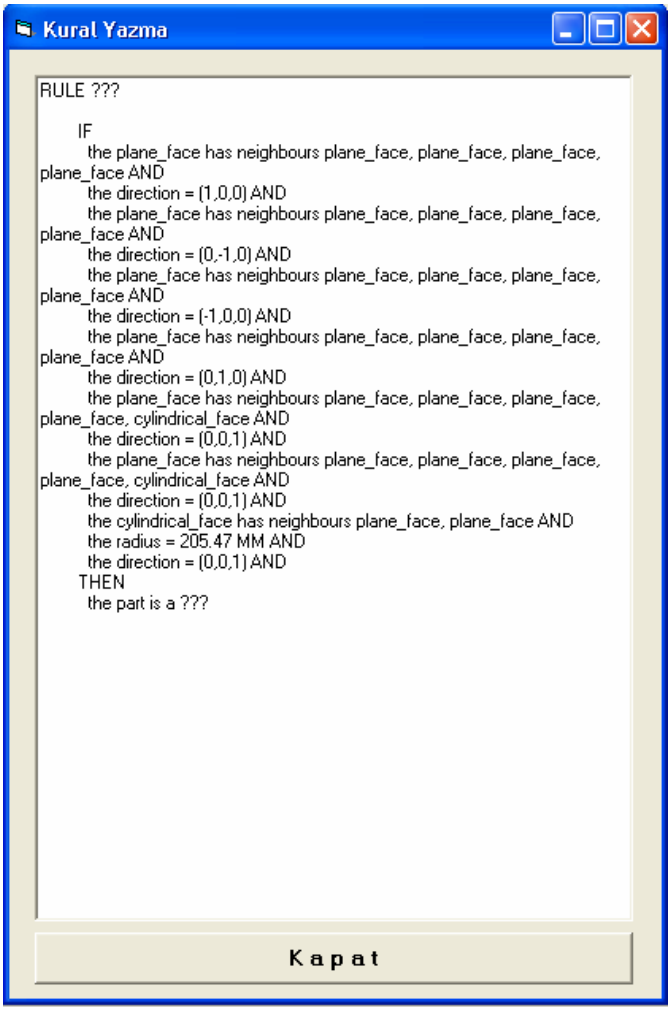
EK-6 ÖRNEK PARÇAYA AİT YÜZ KOMŞULUK İLİŞKİ MATRİSİ VE OTOMATİK KURAL YAZMA MODÜLÜ İLE TÜRETİLMİŞ KURAL YAZMA PENCERESİ



Yüz Komşuluk İlişki ...

Parça adı: örnek parça, Kural no: 184

	düz	düz	düz	düz	düz	düz	sil
düz	0	1	0	1	1	1	0
düz	1	0	1	0	1	1	0
düz	0	1	0	1	1	1	0
düz	1	0	1	0	1	1	0
düz	1	1	1	1	0	0	1
düz	1	1	1	1	0	0	1
sil	0	0	0	0	1	1	0



Kural Yazma

RULE ???

IF
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the direction = (1,0,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the direction = (0,-1,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the direction = (-1,0,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face AND
the direction = (0,1,0) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,0,1) AND
the plane_face has neighbours plane_face, plane_face, plane_face, plane_face, cylindrical_face AND
the direction = (0,0,1) AND
the cylindrical_face has neighbours plane_face, plane_face AND
the radius = 205.47 MM AND
the direction = (0,0,1) AND
THEN
the part is a ???

Kapat

ÖZGEÇMİŞ

17.05.1973 tarihinde Kırıkkale'de doğan Adem ÇİÇEK, ilk ve ortaöğrenimini aynı şehirde tamamladı. 1993 tarihinde Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Öğretmenlik programına girdi ve 1997 yılında bitirdi. 1998 yılında Sakarya Fatih Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde Teknik öğretmen olarak göreve başladı. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2001 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2002 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora eğitimine başladı. Halen Çankırı Endüstri Meslek Lisesinde görevini sürdürmektedir.