

**MODÜLER ÜRÜN TASARIMI İÇİN BÜTÜNLEŞİK  
BİR YÖNTEM VE UYGULAMASI**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
End. Müh. Umut ASAN  
(507991093)**

104240

104 240

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 2001**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Haziran 2001**

**Tez Danışmanı :**

**Doç.Dr. Seçkin POLAT**

**Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof.Dr. Haluk ERKUT (İ.T.Ü.)**

**Prof.Dr. Sıtkı GÖZLÜ (İT.Ü.)**

**HAZİRAN 2001**

## ÖNSÖZ

Dünyadaki teknolojik gelişmeler ve küreselleşme ile gelen gelişim ve değişim işletmelerin rekabet üstünlüğü yaratma çabalarını da artırmaktadır.

Rekabet üstünlüğü yaratmanın en etkili yollarından biri de müşteri beklentilerine en iyi şekilde cevap verebilmektir. Bunu yaparken aynı zamanda ürünün yapısını karmaşıklştırmadan müşteriye ürün çeşitliliği sunmak ve ürünü en ekonomik şekilde üretmeyi sağlamak da önemlidir.

Bu yüksek lisans tezinin ana konusu olan modülerlik de bu ihtiyaçlara cevap veren bir yöntemdir.

Yapılan çalışmada modüler ürün tasarımı için bütünleşik bir yöntem ortaya konmuş ve ev tipi gaz detektörü için bir uygulama yapılmıştır.

Tez çalışmam boyunca beni yönlendiren ve bana destek olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Seçkin Polat'a, uygulama sırasında benden yardımını esirgemeyen Sayın Erol Polat'a ve bugünlere gelmemi sağlayan aileme teşekkür ederim.

Haziran, 2001

Umut ASAN

## İÇİNDEKİLER

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ                                         | ii   |
| İÇİNDEKİLER                                   | iii  |
| TABLO LİSTESİ                                 | vii  |
| ŞEKİL LİSTESİ                                 | ix   |
| ÖZET                                          | xii  |
| SUMMARY                                       | xiii |
| 1. GİRİŞ                                      | 1    |
| 2. MODÜLERLİK ÖNCESİ GELİŞMELER               | 2    |
| 2.1 Endüstri Devrimi Öncesi Dönem             | 2    |
| 2.2 Endüstri Devrimi                          | 3    |
| 2.2.1 İş bölümü                               | 3    |
| 2.2.2 Kitlesele üretim                        | 4    |
| 2.3 Teknolojik Gelişim                        | 4    |
| 2.4 Yeniden Yapılanma Ve Değişim Mühendisliği | 5    |
| 2.5 Kitlesele Uyarlama                        | 5    |
| 2.6 Modülerlik                                | 6    |
| 3. TASARIM                                    | 8    |
| 3.1 Ürün Ve Tasarım                           | 8    |
| 3.2 Tasarımın Mikroyapısı                     | 9    |
| 4. ÜRÜN VE ÜRÜN PORTFÖY MİMARİSİ              | 13   |
| 4.1 Ürün Mimarisi                             | 13   |
| 4.2 Ürün Portföy Mimarisi                     | 15   |
| 4.2.1 Sabit paylaşımsız mimari                | 15   |
| 4.2.2 Modüler platform mimarisi               | 16   |
| 4.2.3 Kitlesele uyarlama mimarisi             | 16   |
| 5. MODÜLERLİK                                 | 18   |
| 5.1 Modülerliğin Tanımı                       | 18   |
| 5.2 Bir Modüler Ürün: Kişisel Bilgisayar      | 19   |

|            |                                                          |           |
|------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.3</b> | <b>Modülerlik İle İlgili Temel Kavramlar</b>             | <b>20</b> |
| 5.3.1      | Modül                                                    | 21        |
| 5.3.2      | Arayüz                                                   | 22        |
| 5.3.3      | Modüler operatörler                                      | 23        |
| 5.3.4      | Gevşek bağlılık                                          | 23        |
| 5.3.5      | Gömülü koordinasyon                                      | 24        |
| 5.3.6      | Varyant                                                  | 24        |
| 5.3.7      | Hiyerarşi                                                | 25        |
| 5.3.8      | Stratejik esneklik                                       | 25        |
| 5.3.9      | Tasarım kuralları                                        | 25        |
| 5.3.10     | Platform                                                 | 26        |
| 5.3.11     | Parçalı fonksiyonellik (Granularity)                     | 26        |
| 5.3.12     | Karşılıklı bağımlı                                       | 27        |
| 5.3.13     | Bağımsızlık                                              | 27        |
| 5.3.14     | Görünür (açık) tasarım kuralları                         | 27        |
| 5.3.15     | Gizli tasarım parametreleri                              | 27        |
| 5.3.16     | Karma ve eşleme                                          | 28        |
| <b>5.4</b> | <b>Modülerlik Çeşitleri</b>                              | <b>29</b> |
| 5.4.1      | Üretilen çıktı açısından sınıflandırma                   | 29        |
| 5.4.2      | Süreç açısından sınıflandırma                            | 29        |
| 5.4.3      | Seviye açısından sınıflandırma                           | 30        |
| 5.4.4      | Kapsam açısından sınıflandırma                           | 30        |
| <b>5.5</b> | <b>Modülerliğe İhtiyaç Duyulma Sebepleri</b>             | <b>33</b> |
| <b>5.6</b> | <b>Modülerlik Yaklaşımının Getirdiği Avantajlar</b>      | <b>35</b> |
| <b>5.7</b> | <b>Modülerlik Yaklaşımında Dezavantajlar Ve Kısıtlar</b> | <b>45</b> |
| <b>5.8</b> | <b>Modülerliğin Kullanıldığı Alanlar ve Şirketler</b>    | <b>46</b> |
| <b>6.</b>  | <b>MODÜLERLİK YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI</b>      | <b>48</b> |
| 6.1        | Ron Sanchez'in Modülerlik Yaklaşımı                      | 48        |
| 6.2        | Peter O'Grady'nin Modülerlik Yaklaşımı                   | 49        |
| 6.3        | MIT Grubu'nun Modülerlik Yaklaşımı                       | 51        |
| 6.4        | R. Marshall ve P.G. Leaney'in Modülerlik Yaklaşımı       | 52        |
| 6.5        | Kim Clark'ın Modülerlik Yaklaşımı                        | 53        |
| 6.6        | Melissa A. Schilling'in Modülerlik Yaklaşımı             | 55        |
| 6.7        | Modülerlik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması             | 56        |
| <b>7.</b>  | <b>MODÜLER ÜRÜN TASARIMI İÇİN ALTERNATİF BİR YÖNTEM</b>  | <b>58</b> |
| 7.1        | Ürün, Ürün Portföyü, Sektör Ve Pazar Araştırması         | 65        |

|             |                                                          |            |
|-------------|----------------------------------------------------------|------------|
| <b>7.2</b>  | <b>Ürün Grubunun Modülerliğe Yatkınlığının Analizi</b>   | <b>67</b>  |
| <b>7.3</b>  | <b>Mevcut Ürünün Modülerlik Derecesinin Belirlenmesi</b> | <b>74</b>  |
| <b>7.4</b>  | <b>Modülerlik Stratejileri</b>                           | <b>76</b>  |
| 7.4.1       | Modülerlik tedarik zincirinde konum stratejisi           | 77         |
| 7.4.2       | Ürün ve ürün portföy mimarisi stratejileri               | 80         |
| 7.4.3       | Ürün geliştirme stratejisi                               | 81         |
| 7.4.4       | Pazar stratejisi                                         | 82         |
| 7.4.5       | Tedarik zinciri yönetim stratejileri                     | 82         |
| 7.4.6       | Rekabet stratejisi                                       | 84         |
| <b>7.5</b>  | <b>Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi Ve Analizi</b>      | <b>86</b>  |
| 7.5.1       | Müşteri isteklerinin belirlenmesi                        | 86         |
| 7.5.2       | Müşteri isteklerinin analizi                             | 88         |
| <b>7.6</b>  | <b>Modüler Tasarım Süreci</b>                            | <b>89</b>  |
| 7.6.1       | Müşteri odaklı yaklaşım                                  | 91         |
| 7.6.2       | Sezgisel yaklaşım                                        | 97         |
| 7.6.3       | Kavramsal yaklaşım                                       | 110        |
| 7.6.4       | Yapı odaklı yaklaşım                                     | 119        |
| <b>7.7</b>  | <b>Çok Amaçlı Optimizasyon</b>                           | <b>128</b> |
| <b>7.8</b>  | <b>Tasarım Grupları Ve Organizasyonu</b>                 | <b>133</b> |
| <b>7.9</b>  | <b>Modül Tasarımı Ve Geliştirme</b>                      | <b>137</b> |
| <b>7.10</b> | <b>Modüler Sistemin Performansı</b>                      | <b>138</b> |
| 7.10.1      | Tasarım sonrası performans değerlendirme                 | 139        |
| 7.10.2      | Pazar sunumu sonrası performans değerlendirme            | 147        |
| <b>8.</b>   | <b>GAZ DEDEKTÖRÜ İÇİN BİR MODÜLER TASARIM UYGULAMASI</b> | <b>149</b> |
| <b>8.1</b>  | <b>Uygulama Alanı</b>                                    | <b>149</b> |
| <b>8.2</b>  | <b>Firma, Ürün, Sektör Tanıtımı Ve Pazar Araştırması</b> | <b>149</b> |
| 8.2.1       | Şirket tanıtımı                                          | 149        |
| 8.2.2       | Ürün ve ürün ailesi                                      | 151        |
| 8.2.3       | Mevcut ve potansiyel pazarlar                            | 152        |
| 8.2.4       | Sektör ve rakipler                                       | 154        |
| <b>8.3</b>  | <b>Ürün Grubunun Modülerliğe Yatkınlığının Analizi</b>   | <b>155</b> |
| <b>8.4</b>  | <b>Mevcut Ürünün Modülerlik Derecesinin Belirlenmesi</b> | <b>157</b> |
| <b>8.5</b>  | <b>Modülerlik Stratejileri</b>                           | <b>159</b> |
| 8.5.1       | Modülerlik tedarik zincirinde konum stratejisi           | 159        |
| 8.5.2       | Ürün ve ürün portföy mimarisi stratejileri               | 159        |
| 8.5.3       | Ürün geliştirme stratejisi                               | 160        |
| 8.5.4       | Pazar stratejisi                                         | 161        |
| 8.5.5       | Tedarik zinciri yönetim stratejileri                     | 163        |

|                  |                                          |            |
|------------------|------------------------------------------|------------|
| 8.5.6            | Rekabet stratejisi                       | 163        |
| <b>8.6</b>       | <b>Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi</b> | <b>163</b> |
| <b>8.7</b>       | <b>Modüler Tasarım Süreci</b>            | <b>165</b> |
| <b>8.8</b>       | <b>Modüler Sistemin Performansı</b>      | <b>179</b> |
| 8.8.1            | Objektif matris yöntemi                  | 179        |
| 8.8.2            | SMIC tekniği                             | 180        |
| <b>9.</b>        | <b>SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>              | <b>183</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b> |                                          | <b>185</b> |
| <b>EKLER</b>     |                                          | <b>189</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>  |                                          | <b>202</b> |



## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 3.1 Fincan için örnek tasarım parametreleri.....                                                       | 11  |
| Tablo 5.1 Modülerlik ile ilgili temel kavramlar.....                                                         | 21  |
| Tablo 5.2 Disk sürücüsü için arayüz tanımlama (O'Grady, 1999).....                                           | 23  |
| Tablo 5.3 Kaba ve zarif parçalı fonksiyonelliğin karşılaştırılması, O'Grady(1999)'den<br>uyarlanmıştır. .... | 26  |
| Tablo 5.4 Modüller ve modül alternatiflerinin sayısı. ....                                                   | 36  |
| Tablo 5.5 Değişik modül sayılarından elde edilen ürün çeşidi sayısı .....                                    | 37  |
| Tablo 5.6 Geleneksel yaklaşımla modüler yaklaşımların karşılaştırılması.....                                 | 41  |
| Tablo 5.7 Geleneksel yaklaşımda parçaların elde bulunma olasılıkları .....                                   | 44  |
| Tablo 5.8 Modüler yaklaşımda parçaların elde bulunma olasılıkları .....                                      | 44  |
| Tablo 6.1 Modülerlik yaklaşımlarının karşılaştırılması.....                                                  | 57  |
| Tablo 7.1 Geliştirilen yöntemin özellikleri.....                                                             | 59  |
| Tablo 7.2 Modül bütünleştirici için stratejiler (O'Grady, 1999).....                                         | 78  |
| Tablo 7.3 Modül tedarikçisi için stratejiler (O'Grady, 1999). ....                                           | 79  |
| Tablo 7.4 Önemli müşteri isteklerinin araştırılması anketi.....                                              | 88  |
| Tablo 7.5 Önerilen modüler tasarım yaklaşımlarının karşılaştırılması.....                                    | 89  |
| Tablo 7.6 Hedef değerler için anket örneği. ....                                                             | 93  |
| Tablo 7.7 Karşılaştırma tablosu (Yu ve diğ., 1999). ....                                                     | 94  |
| Tablo 7.8 Mimari seçim tablosu.....                                                                          | 96  |
| Tablo 7.9 Müşterinin sesi .....                                                                              | 100 |
| Tablo 7.10 Kullanım sırasındaki hedef değerler için anket örneği. ....                                       | 104 |
| Tablo 7.11 Modülerlik matrisi .....                                                                          | 108 |
| Tablo 7.12 Modülerlik matrisi üzerinde muhtemel ürün ve portföy modülleri (Dahmus ve<br>diğ., 2000). ....    | 109 |
| Tablo 7.13 Müşterinin Sesi.....                                                                              | 111 |
| Tablo 7.14 Kalite evi. ....                                                                                  | 114 |
| Tablo 7.15 Kaba ve zarif parçalı fonksiyonellik,O'Grady(1999). ....                                          | 117 |
| Tablo 7.16 Disk sürücüsünün arayüz tanımı (O'Grady, 1999). ....                                              | 118 |
| Tablo 7.17 Müşteri parametre ilişkisi için bir kalite evi örneği. ....                                       | 120 |
| Tablo 7.18 Örnek bir tasarım yapı matrisi. ....                                                              | 121 |
| Tablo 7.19 Örnek bir görev yapı matrisi. ....                                                                | 122 |
| Tablo 7.20 Modül kombinasyonlarının olasılıkları (ilk on tanesi). ....                                       | 146 |
| Tablo 7.21 SMIC'de bilgisayar ortamına girilmiş basit ve bağımlı olasılıklar (Dölek, 1998).147               |     |
| Tablo 8.1 Ürün grubunun modülerliğe yatkınlığının analizi anket sonuçları. ....                              | 156 |
| Tablo 8.2 Ürün modülerlik derecesi analizinin anket sonuçları.....                                           | 158 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 8.3 Ev tipi gaz dedektörü için müşterinin sesi analizi. ....          | 165 |
| Tablo 8.4 LPG gaz dedektörünün teknik özellikleri. ....                     | 167 |
| Tablo 8.5 Doğal gaz dedektörünün teknik özellikler. ....                    | 167 |
| Tablo 8.6 Modüllerin performans ölçütleri.....                              | 179 |
| Tablo 8.7 Modüller için anket cevapları: basit ve bağımlı olasılıklar. .... | 181 |
| Tablo 8.8 SMIC metodunun sonuçları: modül kombinasyonu olasılıkları. ....   | 182 |



## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 Tasarımın hiyerarşik yapısı .....                                                                                                 | 10 |
| Şekil 3.2 Tasarım Süreci.....                                                                                                               | 12 |
| Şekil 4.1 Ürün mimarisi .....                                                                                                               | 14 |
| Şekil 4.2 Ürün mimarisi .....                                                                                                               | 17 |
| Şekil 4.3 Ürün portföy mimarisi .....                                                                                                       | 17 |
| Şekil 5.1 Modüler yapı, varyant ve modüller .....                                                                                           | 28 |
| Şekil 5.2 Ürün, tasarım ve kullanım modülerliği ve aralarındaki ilişkiler.....                                                              | 29 |
| Şekil 5.3 Tasarım modülerliği.....                                                                                                          | 30 |
| Şekil 5.4 Fonksiyon esaslı modülerliğin alt sınıfları (Otto ve diğ., 2001).....                                                             | 33 |
| Şekil 5.5 Zamanın karlılık üzerindeki etkisi (O’Grady,1999). ....                                                                           | 34 |
| Şekil 5.6 Ürün geliştirme maliyetleri .....                                                                                                 | 38 |
| Şekil 5.7 İki modüllü bir ürün tasarımı.....                                                                                                | 39 |
| Şekil 5.8 Eş zamanlı modül geliştirme süreci .....                                                                                          | 40 |
| Şekil 5.9 Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu.....                                                                                | 42 |
| Şekil 6.1 Ürün,bileşenler ve bileşenler arasındaki ilişkiler.....                                                                           | 48 |
| Şekil 6.2 Modülerlik süreci (O’Grady, 1999) .....                                                                                           | 50 |
| Şekil 6.3 Modülerlik Paradigması ( Marshall ve Leaney, 1999) .....                                                                          | 52 |
| Şekil 6.4 Tasarımın hiyerarşik yapısı .....                                                                                                 | 53 |
| Şekil 6.5 Tasarım yapı matrisi .....                                                                                                        | 54 |
| Şekil 6.6 Görev yapı matrisi .....                                                                                                          | 54 |
| Şekil 6.7 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling, 2000).....                   | 56 |
| Şekil 7.1 Geliştirilen bütünleşik yöntemin amacı .....                                                                                      | 58 |
| Şekil 7.2 Ürün geliştirme süreci.....                                                                                                       | 61 |
| Şekil 7.3 Önerilen yöntemin akış diyagramı.....                                                                                             | 63 |
| Şekil 7.4 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling, 2000).....                   | 68 |
| Şekil 7.5 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling 2000’den uyarlanmıştır) ..... | 69 |
| Şekil 7.6 Modülerliğe yakınlık derecesini değerlendirme ölçeği.....                                                                         | 73 |
| Şekil 7.7 Modülerlik derecesini değerlendirme ölçeği.....                                                                                   | 75 |
| Şekil 7.8 Modüler ürün tedarik zinciri.....                                                                                                 | 79 |
| Şekil 7.9 Ürün stratejileri.....                                                                                                            | 81 |
| Şekil 7.10 Modüler ürün tedarik zinciri ve dağıtılmış yük dengesi. ....                                                                     | 83 |
| Şekil 7.11 Stratejinin iki ögesi: dış fırsatlar ve iç kaynaklar (Simon, 1999). ....                                                         | 85 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 7.12 Bir iç kaynak olarak modülerlik ve dengelediği dış fırsatlar.....                                                                           | 85  |
| Şekil 7.13 Tasarımın hiyerarşik yapısı. ....                                                                                                           | 90  |
| Şekil 7.14 Ürün portföy mimarisi çeşitleri. ....                                                                                                       | 91  |
| Şekil 7.15 Pazara dayalı mimari seçim süreci (Yu ve diğ., 1999).....                                                                                   | 92  |
| Şekil 7.16 Mimari seçim akış diyagramı (Yu ve diğ., 1999). ....                                                                                        | 95  |
| Şekil 7.17 Ağırlık özelliğinin pazar ve bölümleri için normal dağılım grafiği. ....                                                                    | 96  |
| Şekil 7.18 Ürünlerin teknolojik yapıları ve müşteri istekleri dikkate alınarak işlev yapılarının oluşturulması. ....                                   | 98  |
| Şekil 7.19 Müşteri isteklerinin ve değişik kullanım şekillerinin dikkate alınarak önemli kullanım şekilleri için işlev yapılarının oluşturulması. .... | 99  |
| Şekil 7.20 Sezgisel yaklaşımın makro süreci.....                                                                                                       | 99  |
| Şekil 7.21 Kapalı kutu modeli (Otto ve Zamirowski, 1997).....                                                                                          | 100 |
| Şekil 7.22 Tencere için örnek bir kaapalı kutu modeli (Otto ve Wood, 1998). ....                                                                       | 100 |
| Şekil 7.23 Kahvenin öğütülme sürecinin akışı (Otto ve Zamirowski, 1997). ....                                                                          | 101 |
| Şekil 7.24 Temel akış ve alt işlevleri.....                                                                                                            | 102 |
| Şekil 7.25 İşlev yapısı çizgesi. ....                                                                                                                  | 103 |
| Şekil 7.26 İşlev yapılarının birleştirilerek aile işlev yapısının oluşturulması. ....                                                                  | 105 |
| Şekil 7.27 Baskın akış kuralı. ....                                                                                                                    | 106 |
| Şekil 7.28 Dallanan akış kuralı. ....                                                                                                                  | 106 |
| Şekil 7.29 Dönüşüm / nakil kuralı.....                                                                                                                 | 107 |
| Şekil 7.30 Çeşitlilik bazlı sezgisel kurallar.....                                                                                                     | 108 |
| Şekil 7.31 Bilgisayarlı aletler ürün grubunun genel mimarisi (O'Grady, 1999).....                                                                      | 112 |
| Şekil 7.32 Müşteri isteklerinin işlevlere dönüştürülmesi.....                                                                                          | 112 |
| Şekil 7.33 Kalite evinin genel yapısı.....                                                                                                             | 113 |
| Şekil 7.34 İşlev grupları (O'Grady, 1999).....                                                                                                         | 115 |
| Şekil 7.35 İşlevler arası ilişki matrisi. ....                                                                                                         | 116 |
| Şekil 7.36 Çözümü bulunmuş işlevler arası ilişki matrisi.....                                                                                          | 116 |
| Şekil 7.37 Yapının hiyerarşisi.....                                                                                                                    | 119 |
| Şekil 7.38 Bir dizüstü bilgisayara ait düzenlenmiş görev yapı matrisi (Baldwin ve Clark, 2000).....                                                    | 123 |
| Şekil 7.39 İlişkilerden dolayı oluşan bir döngü (Baldwin ve Clark, 2000). ....                                                                         | 123 |
| Şekil 7.40 Bağımsız blok görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000). ....                                                                                  | 124 |
| Şekil 7.41 Sırasal görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).....                                                                                         | 124 |
| Şekil 7.42 Hiyerarşik blok görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000). ....                                                                                | 125 |
| Şekil 7.43 Melez görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).....                                                                                           | 125 |
| Şekil 7.44 Diz üstü bilgisayar için modüler bir görev yapısı matrisi önerisi (Baldwin ve Clark, 2000). ....                                            | 127 |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 7.45 Modüler ürün ailesinin elemanları (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000) .....                                        | 128 |
| Şekil 7.46 Modül karışım matrisi. ....                                                                                     | 130 |
| Şekil 7.47 Örnek uyumluluk matrisi (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000). ....                                                  | 132 |
| Şekil 7.48 Geleneksel ürün geliştirme süreci (O'Grady, 1999). ....                                                         | 133 |
| Şekil 7.49 Modüler ve Geleneksel yaklaşımın organizasyonel büyüklük kriterine göre karşılaştırılması (O'Grady, 1999). .... | 135 |
| Şekil 7.50 Modülerliğin benimsendiği organizasyonlar için örnek bir yapı. ....                                             | 137 |
| Şekil 7.51 Modüler sistem performansı için uyarlanmış objektif matris. ....                                                | 141 |
| Şekil 7.52 Delphi anketinde basit olasılıkların sorgulandığı bölüm. ....                                                   | 143 |
| Şekil 7.53 Delphi anketinde bağımlı olasılıkların sorgulandığı bölüm. ....                                                 | 143 |
| Şekil 8.1 ABC Ltd. Şirketi Organizasyon Şeması. ....                                                                       | 151 |
| Şekil 8.2 Nihai puanın modülerliğe yakınlık ölçeği üzerinde konumu. ....                                                   | 156 |
| Şekil 8.3 Nihai puanın modülerli derecesi ölçeği üzerinde konumu. ....                                                     | 158 |
| Şekil 8.4 Firmanın modüler ürün tedarik zincirindeki konumu. ....                                                          | 160 |
| Şekil 8.5 Firmanın ürün stratejileri (Tümiş, 2000'den uyarlanmıştır). ....                                                 | 161 |
| Şekil 8.6 Gaz dedektörünün ürün yaşam eğrisi ve Türkiye'nin durumu. ....                                                   | 162 |
| Şekil 8.7 LPG gaz dedektörünün dış görünüşü. ....                                                                          | 168 |
| Şekil 8.8 LPG gaz dedektörünün montaj yeri. ....                                                                           | 168 |
| Şekil 8.9 Doğal gaz dedektörünün montaj yeri. ....                                                                         | 169 |
| Şekil 8.10 Dedektörün (dış kısımdaki) bileşenleri. ....                                                                    | 169 |
| Şekil 8.11 Dedektörün montaj şekli. ....                                                                                   | 170 |
| Şekil 8.12 Ev tipi gaz dedektörünün kapalı kutu modeli. ....                                                               | 170 |
| Şekil 8.13 Ev tipi gaz dedektörünün faaliyet süreci ile ilgili akış diyagramı. ....                                        | 171 |
| Şekil 8.14 Ev tipi gaz dedektörünün genel mimarisi. ....                                                                   | 172 |
| Şekil 8.15 Ev tipi gaz dedektörünün işlev yapısı diyagramı. ....                                                           | 177 |
| Şekil 8.16 İşlev yapısı diyagramı üzerinden sezgisel kurallar kullanılarak oluşturulan modüller. ....                      | 178 |
| Şekil 8.17 Ev tipi gaz dedektörünün yeni tasarımının objektif matrisi. ....                                                | 180 |

## ÖZET

Günümüzde ürün ve hizmetler incelendiğinde büyük bir bölümünün alt sistemlerden veya bileşenlerden oluştuğu görülür. Yüzde yüz olmasa bile çoğu belli bir derecede modüler yapıyı yansıtmaktadır. Hatta son yıllarda birçok sektör ve ürün grupları modüler olma eğilimdedir. Gerek organizasyonel bazda gerek ürün bazında bu hızlı dönüşümün nedenleri araştırılmalıdır.

Bu bağlamda, modüler yapılar, dönüşüm nedenleri ve dönüşüm süreci bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

İkinci bölümde, modülerlik yaklaşımına uzanan süreçteki tarihi gelişmeler irdelenmiştir.

Üçüncü ve dördüncü bölümlerde modülerliğin alt yapısını oluşturan tasarım ve ürün mimarisi konuları hakkında bilgi verilmiştir.

Bütün bu ön bilgiler ışında beşinci bölümde modülerliğin tanımı yapılmış ve temel kavramlar açıklanmıştır. Modülerliğe niçin ihtiyaç duyulduğu ve getirdiği avantaj ve dezavantajlar bu bölümün son konusunu oluşturmaktadır.

Altıncı bölüm modülerlik konusunda çalışan araştırmacıların yaklaşımlarının anlatıldığı ve karşılaştırıldığı bölümdür.

Bu çalışmanın temel amacını oluşturan modüler ürün tasarımı için bir yöntem önerisi ise yedinci bölümde ele alınmıştır. Bütünsel bir süreci yansıtan yöntem müşteri isteklerinden başlayarak ürünün modüllerden oluşan mimarisinin oluşturulmasına kadar uzanmaktadır. Bu süreç içinde geçen bir çok metot modülerlik konusunda ilk kez uygulanmış ve yeni yöntemler geliştirilmiştir.

Sekizinci bölümde ortaya konan yöntem, ev tipi gaz dedektörü ürün ailesi için denenmiştir. Sonuçta yeni modüler yapıda bir ev tipi gaz dedektörü geliştirilmiş ve performansı analiz edilmiştir.

# **AN INTEGRATED METHOD FOR DESIGNING MODULAR PRODUCTS AND ITS IMPLEMENTATION**

## **SUMMARY**

When products and services around us are considered many of them are consisting of subsystems or components. Many of them are to a considerable level modular. Even many sectors and product groups are tending to be modular. The reasons for this rapid transformation for both product and organization has to be searched. So, modular structures, reasons for transformation and architecting process are the main topics of this thesis.

In the second section, the journey to modularity is explained. How former developments affected modularity and how modularity is related to them.

The third and the fourth sections are about design and product architecture which are the building blocks of modularity.

In the presence of the former information the definition of modularity and basic terms are explained. The last part of this section is indicating the advantages and disadvantages of modularity and why it is needed.

The sixth section is about the different approaches of the researchers studying modularity. These approaches are then compared by the means of different criteria.

The most important part of the study is presented in the seventh section, where an integrated approach is developed for design of modular products. The approach begins with determining customer needs and ends with the architecture of the product consisting of modules. Many methods used in the process of developing modular product has been used for the first time for modularity and some of them are newly developed.

This new method is applied for domestic gas detector product family. Eventually a new modular product is developed for domestic gas detector and its performance is analyzed in the eighth section.

## 1. GİRİŞ

Çevrimize şöyle bir baktığımızda insanoğlu tarafından üretilmiş ne kadar çok unsurun olduğu görülür. Bunların çoğu, zaman içinde daha da gelişmekte ve insan ihtiyaçlarını daha iyi karşılamaya çalışmaktadır. Fakat bütün bu üstün çabaların yarttığı olumsuz bir şey vardır ki, o da bu çabalar sırasında artan karmaşıklıktır. Yani insan ihtiyaçları ne kadar iyi karşılanmak istenirse o kadar da karmaşık sistemler yaratılmaktadır.

Dolayısıyla bu karmaşıklık problemi ortadan kaldırılmadan daha ileriye gitmek gittikçe zorlaşacaktır. İşte modülerlik yaklaşımı bu karmaşıklığa bir çözüm önermektedir. Karmaşık sistemlerin makul alt sistemlere ayrılması ile daha kolay anlaşılabilceğı mantığı üzerinden hareket eden modülerlik bu alt sistemlerin arasındaki ilişkilerin tanımlanması gerektiğini savunur.

Hem ürün hem de organizasyonlar için kullanılabilen bir yaklaşım olan modülerlik bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

Modülerliğin henüz çok yeni bir kavram olması ve Türkiye’de daha önce bu konuda bir çalışmanın yapılmamış olması, bu çalışmada öncelikli olarak kapsamlı bir literatür araştırmasının yapılmasını gerektirmiştir. Bu bağlamda literatür taranarak bu konudaki değişik görüşlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmanın diğer bir amacı henüz literatürde yer almayan bütünleşik bir model geliştirmektir. Bunun en önemli sebebi modüler ürün tasarımı konusunda değişik araştırmaların yapılması fakat bunların çok spesifik olması ve birbirleri ile ilişki kurulmamasıdır. Dolayısıyla bu çalışma modüler ürün tasarımı için baştan sona izlenebilecek bütünleşik bir süreci tanımlayan bir yaklaşım geliştirmek üzerine odaklanmıştır.

Geliştirilen modüler ürün tasarım yönteminin denenmesi ve daha iyi anlaşılması için gaz alarm sistemleri alanında bir uygulama yapılmasına karar verilmiştir. Uygulamanın yapıldığı firma üretim aşamasına geçme düşüncesinde olduğu için firmaya özel modüler bir ürün tasarımı yapılması amaçlanmıştır.

## 2. MODÜLERLİK ÖNCESİ GELİŞMELER

Bu bölümde, tecrübelerin birikimi dikkate alınarak geçmişten bugüne modülerlik ile ilgili tarihsel bir hatırlatma yapılacaktır. Bu tarihi gelişimi irdelemenin amacı, bugün savunulmakta olunan modülerlik düşüncesine nasıl varıldığı ve ne gibi aşamalardan geçildiğinin bir yansımasını aktarmaktır.

Dolayısıyla, bu süreç endüstri devrimi öncesi dönemle başlayıp, günümüze kadar uzanan temel değişimleri aktaracaktır.

### 2.1 Endüstri Devrimi Öncesi Dönem

Bu dönemde ekonomi küçük ölçekli imalatçılara dayanıyordu. Özellikle evle ilgili basit parçaların imalatı, at nalı yapımı ve tamirat gibi işler yaygındı. Bu dönemde üretim, usta veya zanaatkar denilen kişilerin bir ürünün tüm parçalarını ayrı ayrı sezgi ve deneyimlerine dayalı işlemesi ve bu parçaları birleştirmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla bir işçinin işi baştan sona öğrenmesi uzun bir süre alıyordu.

Her imalatçı yerel bazda üretim yapıyordu, bunun en büyük sebebi taşımacılığın çok pahalı ve zor olmasıydı. Sonuç olarak standart bir üretim yoktu.

Öyleyse endüstriyel devrim öncesi dönemin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Küçük ölçekli üretim
- İşçiler için uzun dönemli öğrenme
- Yüksek toleranslar
- Yerel pazarlar
- Ürünlerde az sayıda standardın varlığı
- Genel amaçlı üretim araçları

Sonuç olarak ekonomi düşük yaşam standardında ve tarım ağırlıklı kalmaya devam etti.

## 2.2 Endüstri Devrimi

Ekonominin büyümesini engelleyen temel nedenler taşımacılık ve makina gücüydü. Eğer taşımacılık gelişmesse ticaret yerel kalmaktan kurtulamayacaktı. 17. Yüzyılın sonlarından itibaren İngiltere’de ticari sektör güçlenmeye başladı. Bu gelişme İngiliz donanması tarafından güvenilir rotaların belirlenmesiyle desteklendi ve İngiltere içinde kanallar açıldı. Bu kanallar ham madde ve ürünlerin daha kolay taşınmasını ve dolayısıyla fiyatların düşmesini sağladı. Özellikle kömür, tekstil ürünlerinin fiyatları oldukça düşmüştü. Bu durum ekonominin daha büyük merkezlerde birleşmesini sağladı ve sonuç olarak fabrika sistemleri kullanılmaya ve nihayet üretkenlik artmaya başladı.

Bu sonuca buharlı motorun icadı ile taşımacılığın demir yolları ile yapılması katılınca gelişimin hızı iyice arttı. İşte buhar enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürüldüğü 1776 yılı Endüstri Devriminin başlangıcı olarak kabul edilir. Artık mekanik güçlerin üretimde kullanılması mümkün olmuştu.

Endüstri Devriminin niye İngilterede ve neden 1776’da başladığı, sıkça tartışma konusu olmuştur. Aslında önemli olan, neden böyle bir devrimin yaşanmış olmasıdır. Bunun temel iki sebebi vardır (Yıldırım,1994):

- teknolojik uygulamaya elverişli bilgi birikimi. Bilimsel bilginin uygulamaya konması teknolojiye yol açmakta; teknoloji, insan yaşam biçimini, üretim araç ve yöntemlerini değiştiren makinalar ortaya koyarak endüstriye dönüşmektedir.
- ticaret olanaklarının büyük boyutlar kazanması.

Endüstri Devrimden sonra talep ve üretkenlik artan bir eğilimde farklı bölgelere yayılmaya başlamıştı. İngiltere endüstri devrimini geçiren ilk ülke oldu. Bu ülkeyi, imalatla büyük artışlar yaşayan Almanya ve Amerika izledi.

### 2.2.1 İş Bölümü

Endüstrileşme sonucu üretkenlikteki artışlar için birçok neden sayılabilir. Bunların arasında en önemlisi Adam Smith’in ortaya attığı “İş Bölümü” kavramıdır. İş bölümü, bir ürünün üretimi ile ilgili farklı özelliklerdeki işlerin birbirlerinden ayrılarak farklı kişiler tarafından yapılması ile verimliliğin artacağı fikridir (Tanyaş,1995).

Adam Smith’in bu görüşü destekleyen çok ünlü bir örneği toplu iğne üretimidir. Normalde bir toplu iğne 18 adet süreçten geçilerek üretilebiliyor. Yani bir kişi günde

bir adet toplu iğne üretebiliyor, fakat iş bölümü yardımıyla bir işçinin bir günde imal edebileceği toplu iğne sayısı 4800 adede yükseliyor.

İş bölümünün üretkenliği artırma sebepleri şöyle sıralanabilir (O'Grady,1999):

- Çalışan daha dar bir alana odaklanıyor ve işi öğrenmesi için daha kısa bir eğitim yeterli oluyor.
- Daha dar bir alana odaklanmak, işi daha iyi anlamaya ve onun üretkenliğini artırmaya yardımcı oluyor.
- Daha dar bir alana odaklanmak, işe özel makinaların, araç ve gereçlerin geliştirilmesine yardımcı oluyor.

### 2.2.2 Kitlesele üretim

Yirminci yüzyılın başlarında otomobil üretici Henry Ford üretimin yüksek miktarlarda, düşük ücretle ve tecrübesiz işçilerle yapılabileceğini iddia etmişti. Aslında bu iddianın altında yatan sebep iş bölümünün getirdiği avantajlardı. Kitlesele üretim bir bakıma iş bölümünün bir sonucudur. Ford kitlesele üretim yapabilmek için aşağıdaki adımları sırayla gerçekleştirdi, (O'Grady,1999).

- Standart ölçüler kullanmak.
- Montajı kolaylaştırmak için parça azaltmak.
- Her bir işçiye tahsis edilen görevleri azaltmak.
- Montaj hattı kullanmak.

Belkide en büyük gelişme 1914'de montaj hattının kullanılmaya başlanmasıydı. Böylece işçilerin arabadan arabaya araç gereçleriyle hareket etmeleri yerine arabalar işçiler arasında hareket ediyordu. İşçilere çok sınırlı görevlerin verilmesi ve arabanın iş bölümüne uygun üretilmesi için yeniden tasarlanmış olması, üretkenliğin artmasına sebep olmuştur.

### 2.3 Teknolojik Gelişim

Teknolojik gelişim endüstrileşmenin yayılmasına, pazar paylarının artmasına ve bu da bir rekabet ortamının yaratılmasına sebep olmuştur. Bir şirketin rakiplerine nazaran daha ileri teknolojiye sahip olması hayatta kalmasını ve başarılı olmasını sağlayacaktır.

İlginç olan rekabet baskısı ile teknoloji değişim oranı arasında yüksek bir korelasyonun olmasıdır. Yani pazarda rekabet baskısının artması teknolojik değişime neden olmakta ve bu teknolojik değişim rekabeti yakalama çabasını gütmektedir. Bir başka deyişle, müşteri taleplerine karşılık teknolojik değişim ihtiyacı doğar (O'Grady,1999).

Dolayısıyla teknoloji hızlı bir değişim sürecine girdi. Eski teknolojiler yenileri tarafından ikame edilmeye başlandı. Bu değişim yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra daha da hız kazandı ve eksponansiyel bir şekilde arttı.

Bu değişimler insanların yaşam standartlarını artırmıştır ve isteklerinin bir ölçüde değişmesine sebep olmuştur. Birçok ürün için standartlar belirlenmiş dolayısıyla kullanımı ve üretimi kolaylaşmıştır.

## **2.4 Yeniden Yapılanma Ve Değişim Mühendisliği**

Sürekli artan teknoloji bir süre sonra iş yapma biçimini değiştirmeye başlamıştır. Özellikle müşterilerin bilinçlenmesi ve rakiplerin artması bu baskıyı artırmıştır. Böylece eski yapılar, çözümler yetersiz kalmaya başlamış ve organizasyonların yapılarını yeniden ve köklü bir şekilde gözden geçirmeleri esas olmuştur. Bu şirketlerin yeniden yapılanma sürecini beraberinde getirmiştir<sup>1</sup>.

Değişim mühendisliği, maliyet, kalite, hizmet ve hız gibi çağımızın en önemli performans ölçülerinde çarpıcı geliştirmeler yapmak amacıyla iş süreçlerinin temelden yeniden düşünülmesi ve radikal bir şekilde yeniden tasarlanmasıdır, (Hammer ve Champy, 1997).

## **2.5 Kitlesel Uyarılama**

Müşterilerin son yıllarda daha bilinçli davrandığını belirtmiştik. Özellikle de isteklerdeki çeşitlilik bu bilinçlenmenin bir ürünü olarak karşımıza çıkmakta. Şirketler bu yoğun rekabet ortamında hayatta kalabilmek için gün geçtikçe daha çok müşteri odaklı çalışmak zorunda. Dolayısıyla müşterilerin çok çeşitli isteklerini karşılayabilmek ve bunu da yaparken hız ve maliyetleri de makul düzeyde tutmak zorundalar.

---

<sup>1</sup> Bu dönemde değişik teknikler ve yönetim anlayışları geliştirilmiştir (toplam kalite yönetimi, tam zamanında üretim). Fakat modülerlik ile ilgili olması dolayısıyla yeniden yapılanma alınmıştır.

İşte bütün bu istekleri bir arada karşılamamanın ifadesi kitlesel uyarlama<sup>2</sup> olarak tanımlanmaktadır. Kitlesel uyarlama dolayısıyla, bireysel uyarlanmış ürün ve hizmetlerin kitlesel üretimi anlamına gelmektedir.

Günümüz ekonomisinde en son geline nokta kitlesel uyarlamadır. İlk bakışta çok çeşit ile kitlesel üretim ters düşüyor görünmekte. Aslında klasik üretim anlayışında bu imkansız, fakat yeni teknolojiler küçük miktarların hızlı ve ekonomik üretilmesi imkanını sağlamaktadır. Özellikle bilgisayar teknolojisi ve bilgisayar destekli imalat bunlara örnektir. Birazdan bahsedilecek olan modülerlik de bu soruna bir çözüm üretmektedir.

Kitlesel uyarlama, her zaman mümkün değildir. Özellikle karmaşık ve üretim süresi uzun ürünler için bu anlayışı uygulamak zorlaşmaktadır. Dolayısıyla basit ürünler veya kısmi uygulamalar daha yaygındır. Amaç her tip ürün için bu anlayışı yakalamaktır.

## 2.6 Modülerlik

Modülerlik burda aktarılan tarihsel gelişim içerisinde en sonda yer almamaktadır fakat nispeten sonlarda olması ve aktarılan bir kısım eksikliğe çözüm teşkil etmesi dolayısıyla en son incelemeye alınması uygun görülmüştür.

Modülerlik 1960'lı yıllarda tesadüfi olarak uygulanmaya başlanmıştır, bilgisayar sektöründe belirgin bir modüler ürün tasarımı düşüncesi bu dönemlere rast gelmektedir.

Modülerliğin kullanımı 1980'li yıllarda yaygınlaşmış ve bu konuda bilimsel araştırmalar ve bilinçli olarak uygulamalar 1990'lı yıllarda hız kazanmıştır.

Aslında modüler yapı mantığı çok daha eskilere dayanmaktadır, fakat o zamanki uygulama amaçları ile bugünkü amaçlar arasında büyük farklılıklar olduğu için 60'lı yıllar başlangıç olarak kabul edilecektir.

Modülerlik; iş bölümü, kitlesel üretim, teknolojik değişim, yeniden yapılanma ve kitlesel uyarlama konularıyla aslında kesişimi bulunan ve bu konulardaki temel problemlere de çözüm öneren bir yaklaşımdır.

---

<sup>2</sup> Mass Customization (ing.)

Modülerlik ürün kavramıyla iç içedir. Karmaşık sistemlerin makul alt sistemlere ayrılması ile daha kolay anlaşılabilceğı mantığını gütmektedir. Örneğın bu bağlamda modülerlik iş bölümü mantığı ile ortak yönleri bulunmaktadır, çünkü alt sistemlere ayırmak işın kapsamını daraltmak anlamına gelir ve o alt sisteme tek bir bireyin veya grubun odaklanması esastır.

İş bölümü mantığı dolayısıyla kitlesel üretim anlayışıda geçerlidir. Fakat modülerlikte kitlesel uyarlama esastır. Yani hem çeşit hem de üretim hacmi dikkate alınır. Bu alt sistemler için değişik alternatiflerin sunulması ile mümkündür. Modülerliğin diğer bahsedilen gelişmelerle de ilişkisi vardır, fakat bunlar detaylı olarak ilerleyen bölümlerde ele alınacaktır.



### 3. TASARIM

Modülerlik kavramının temelinde ürün yatmaktadır. Ancak birkaç yıldır seyrek de olsa hizmet ve organizasyon alanlarında modülerlik kavramları kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma için ürün modülerliği esas alınacaktır.

Ürün modülerliği içinse üç alternatif inceleme alanı söz konusudur:

- Tasarımda modülerlik
- Üretimde modülerlik
- Kullanımda modülerlik

Temel olarak tasarımda modülerlik incelendiği vakit, üretim ve kullanım alanlarındaki bir çok konuya değinilmiş olunuyor. Tasarımı modüler olan bir ürünün temelde üretimi ve kullanımı da modüler olabilir<sup>3</sup>. Yine bu çalışmada tasarımda modülerlik alanı ağırlıklı olarak ele alınacaktır fakat diğer alanlara da atıfta bulunulacaktır.

Tasarımla ilgili tanımlamalar ileri bölümlerde ve önerilen metodolojide geçmesi dolayısıyla burada kısaca üzerinde durulacaktır.

#### 3.1 Ürün<sup>4</sup> Ve Tasarım

Çevremize şöyle bir baktığımızda insan tarafından yapılmış bir çok nesnenin olduğu göze çarpar. Bütün bu nesneler hayatımızı kolaylaştırmak, değişik ihtiyaçlarımızı karşılamak için yapılmıştır ve hepsinin bir tasarımı vardır. Bu bağlamda tasarım, kendine özgü fonksiyonları yerine getiren nesneleri icat etme sürecidir (Baldwin ve Clark, 2000). Burada sözü geçen nesnelere de ürün denilmektedir.

---

<sup>3</sup> Bu bir kural değildir ve bu durum her zaman söz konusu olmayabilir.

<sup>4</sup> Artifact (ing.).

Örneğin otomobil, bilgisayar, sandalye, gözlük birer üründür. Bazı ürünler elle tutulamayan soyut nesneler olabilir. Örneğin kurallar, gelenekler, anlaşmalar, organizasyonlar, oyunlar, teknoloji ve dünyayı anlamaya yardımcı olan bilgi birer üründür.

Burada önemli bir nokta bu ürünlerin zamanla gelişmesidir. Bu gelişim küçük adımlarla ama birikimli olarak gerçekleşir. Bu da ürünlerin, teknolojilerin, firmaların ve pazarların etkileşimli gelişimini tetiklemektedir ve bunun sonucunda karmaşık bir sistem yani bir endüstri oluşmaktadır. Dolayısıyla kabul edilen bir gerçek, tasarımın endüstri gelişimini etkilemesi yönündedir. Günümüzde bu gelişim sonucu varılan nokta oldukça karmaşık ürünlerin ve sistemlerin varlığıdır.

Peki insanoğlu acaba bu karmaşık sistemleri nasıl yaratmıştır? Bu sorunun cevabı ürünün parçalara ayrılması ve bu parçaların üzerinde ayrı grupların çalışmasıdır. Yani karmaşık bir sistemi daha az karmaşık olan alt sistemlere bölerek bu sorun çözülmeye çalışılmış. Fakat bu işi biraz kolaylaştırmış olmasına rağmen yinede yeterli olmamıştır. Çünkü karmaşık sistemlerde bu alt sistemler arasında bir etkileşim söz konusudur ve daha sonra bir araya getirilerek ana sistemi oluştururlar.

Buradan karmaşık sistemler için çıkarılabilecek iki sonuç (Baldwin ve Clark, 2000):

1. Bilgi ve çabanın dağıtılması
2. Görev ve kararların koordine edilmesi

Modülerlik bu sonuçları içeren ve bunlar için yeni anlayışlar geliştiren bir yaklaşımdır. Tasarım sürecini kolaylaştırmak, aynı zamanda maliyetleri düşürmek ve çeşidi artırmak modülerliğin misyonunu oluşturmaktadır.

### **3.2 Tasarımın Mikroyapısı**

Tasarımı iki temel yönden inceleyebiliriz. Bunlar:

- Yapı
- Fonksiyon

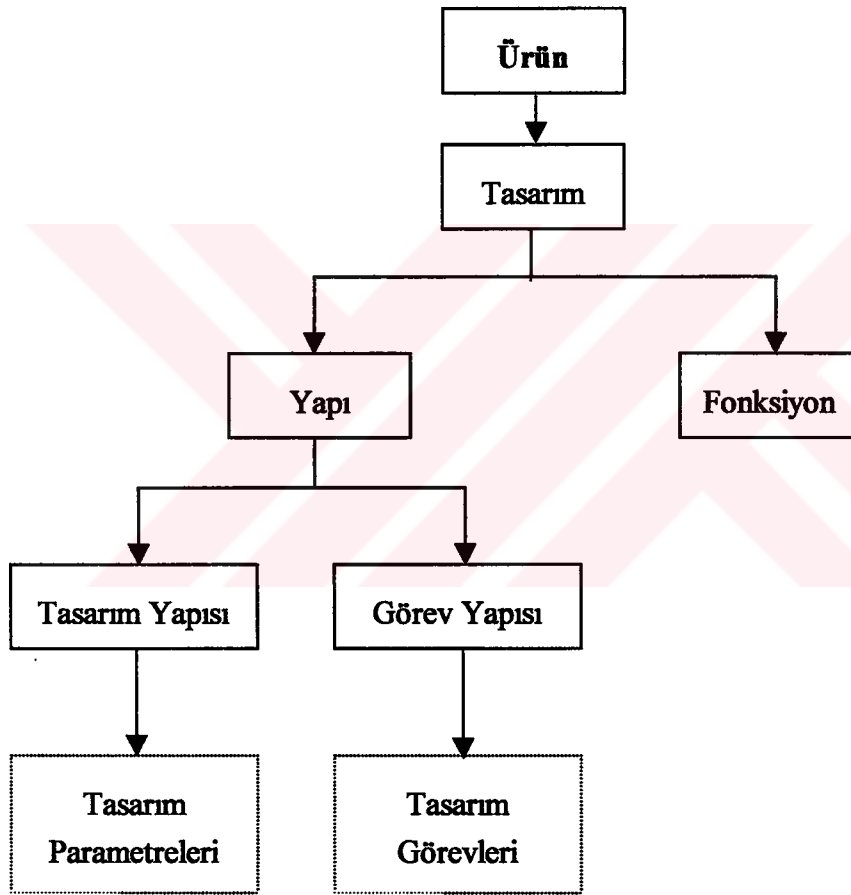
Fonksiyonları bir anlamda iskeleti yani yapıyı örten dokular olarak düşünebiliriz.

Literatürde tasarım konusunda bu iki alanda değişik çalışmalar yapılmıştır. Özellikle modülerlik konusunda bazı bilim adamları yapı üzerinde bazıları ise fonksiyon üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu ayrıma ilerki bölümlerde ayrıntılı olarak değinilecektir.

Yapı da kendi içinde iki kısımda incelenmektedir (Baldwin ve Clark, 2000). Bunlar:

- Tasarım Yapısı
- Görev Yapısı (Tasarım Süreci)

Tasarım yapısını, tasarım parametreleri; görev yapısını da, tasarım görevleri temsil edecektir. Tasarım parametrelerine ve tasarım görevlerine mikro birimler adını vereceğiz. Bu hiyerarşik yapının daha iyi anlaşılması için bu yapı Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



*Şekil 3.1 Tasarımın hiyerarşik yapısı*

Yapı, bize ürünün ne olduğunu ve nasıl meydana geldiğini açıklarken fonksiyonlar ürünün niçin var olduğu, ne gerçekleştirdiğini anlatmaya çalışır. Yapılar eksiksiz tanımlanmak zorundadır fakat fonksiyonlar için bu kural bu kadar katı değildir. Her ürünün bir yapısı ve fonksiyonları vardır ve ürün tasarımı bu kavramların bir tanımlamasıdır.

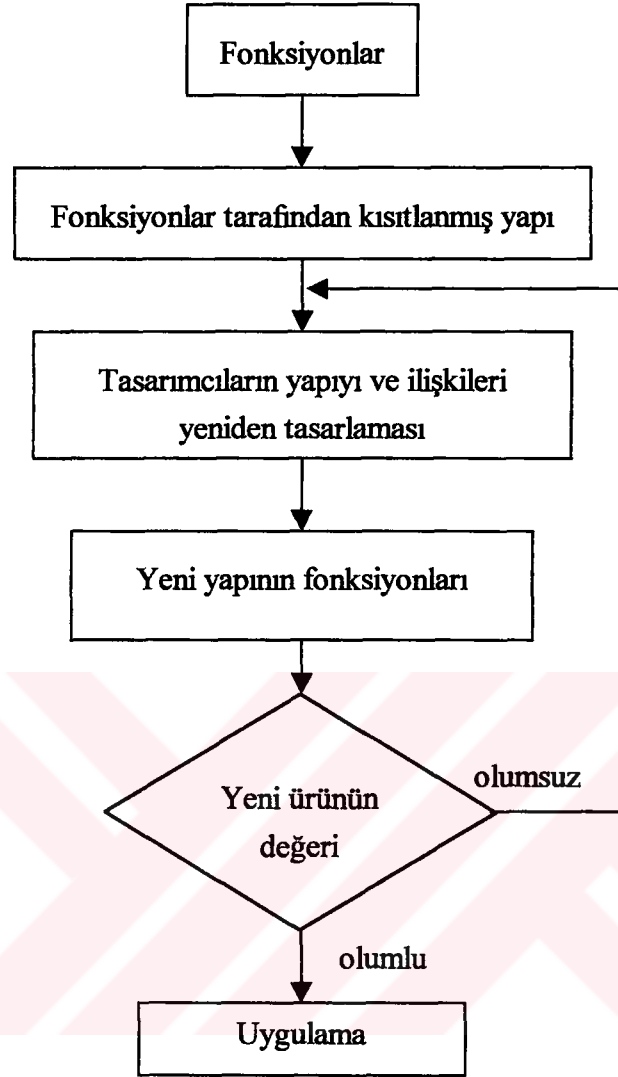
Tasarım yapısı, ürüne ait tasarım parametrelerini kapsar ve bunlar arasındaki fiziksel ve mantıksal bağımlılığı ortaya koyar. Tasarım parametrelerinden kasıt ürünü tanımlayan örneğin renk, boy, ağırlık, malzeme gibi parametrelerdir.

Tasarım parametreleri için  $x_1, x_2, \dots, x_N$  sembolleri kullanılacaktır. Tasarım parametrelerinin kümesi N boyutlu bir vektör uzayı oluşturur,  $x:x = \langle x_1, x_2, \dots, x_N \rangle$ , ve bu vektör ürünü eksiksiz olarak tanımlar. Bu parametreler kümesi sanal bir uzayın boyutlarını oluşturduğu için bu kümeye tasarım uzayı adı verilir (Baldwin ve Clark, 2000). Tablo 3.1’de bir fincan için örnek tasarım parametreleri verilmiştir.

*Tablo 3.1 Fincan için örnek tasarım parametreleri.*

| Parametre      | Sembol | Fincan            | Parametre Aralığı |
|----------------|--------|-------------------|-------------------|
| Malzeme        | $x_1$  | Plastik           | Tüm malzemeler    |
| Yükseklik      | $x_2$  | 16 cm             | 6-25 cm           |
| Kabın çapı     | $x_3$  | 8.1 cm            | 5-11 cm           |
| İmalat prosesi | $x_4$  | Enjeksiyon kalıbı | Malzemeye bağlı   |
| Renk           | $x_5$  | Siyah             | Tüm renkler       |

Her farklı ürün, tasarım uzayında bir noktayı tanımlar. Yani her bir tasarım parametresi için belirli bir değer atanmıştır. Örneğin Tablo 3.1’de fincan aldığı belirli değerlerle tasarım uzayında bir nokta oluşturuyor.  $\langle \text{Plastik}, 16\text{cm}, 8.1\text{cm}, \text{Enjeksiyon}$



Şekil 3.2 Tasarım Süreci

Modülerlik bu seçimin en kolay ve en iyi şekilde yapılabilmesi için parametreler ve görevler arasındaki tasarım kurallarını tanımlayan bir hiyerarşik yapıdır. Tasarım kuralları şu etmenlerden oluşuyor (Baldwin ve Clark, 2000):

- Ürün mimarisi
- Arayüzler
- Entegrasyon protokolleri ve test standartları

Tasarım kuralları modülerlik için tanımlanmış bir kurallar bütünüdür.

Tasarımla ilgili bu tanımlamalar ilerki bölümlerde ve önerilen metodolojide geçmesi dolayısıyla burada kısaca bahsedilmesi uygun görülmüştür.

#### 4. ÜRÜN VE ÜRÜN PORTFÖY MİMARİSİ

Modülerlik yaklaşımında tasarım kadar önemli olan bir diğer konu incelenen sistemin mimarisidir. Mimariye göre uygulanan yöntem, stratejiler ve modülerlik anlayışı değişmektedir.

Mimari belirlenmeden önce temel bir ayırım söz konusudur. Bu ayırım, incelenen sistemin kapsamına bağlı olarak yapılır. Buna göre iki sistem tanımlanacaktır:

- Ürün
- Ürün portföyü

Ürün, kendine özgü fonksiyonları yerine getiren nesneler<sup>5</sup> bütünüdür. Ürün portföyü ise bir şirketin sunduğu farklı ürünlerin oluşturduğu kümedir. Her iki sistemin mimarisinin kendine özgü alt sınıfları ve özellikleri mevcuttur.

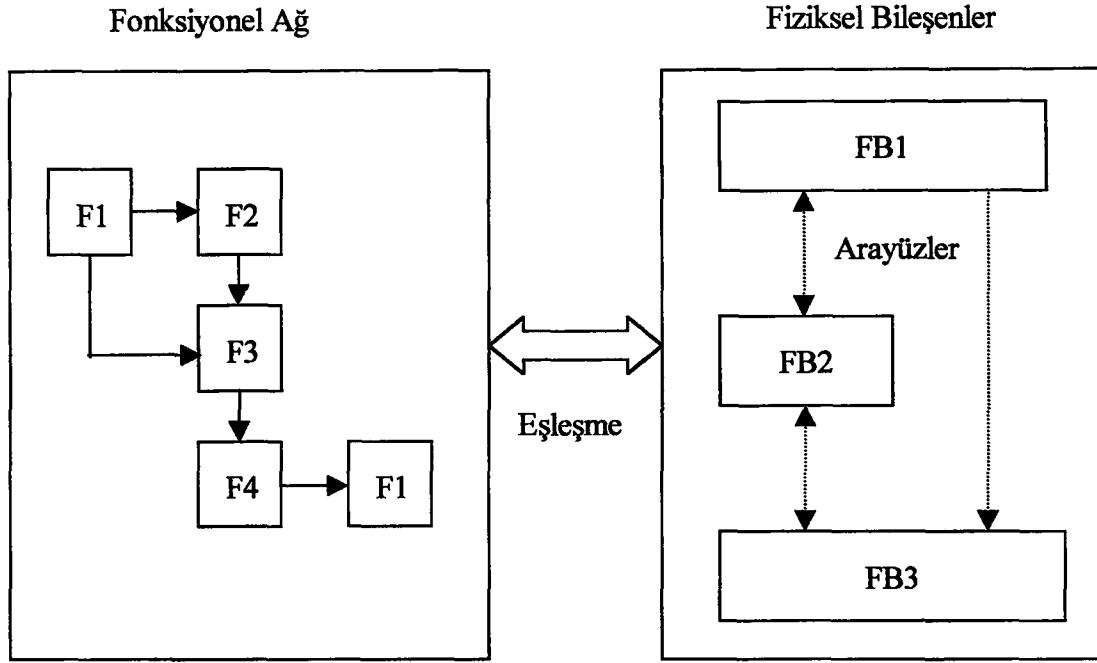
Ürün portföyüne değişik örnekler verilebilir, örneğin Renault'nun ürettiği bütün araba modellerinin kümesi bir ürün portföyüdür ve ürünleri arasında bir benzerlik, ortaklık söz konusudur. 3M'in ürettiği bütün ofis ürünlerinin kümesi de bir ürün portföyü oluşturmaktadır, fakat ürünler arasında benzerlik nispeten düşüktür. Ürünler arası bu benzerlik ve ortaklık özellikleri modüler yapıyı etkiler.

##### 4.1 Ürün Mimarisi

Ürün mimarisi, ürün fonksiyonundan ürün biçimine geçişi tanımlar. Ürünün bileşenlerine ayrılması ve fonksiyonel ağın bu fiziksel bileşenlerle ve arayüzlerle nasıl eşleştiğini, ilişkilendiğini açıklar (Otto ve Wood, 2000). Bir anlamda müşteri isteklerinin ürün kavramına dönüştürülmesi olarak da algılanabilir, çünkü istekler ürünün yerine getirmesi gereken fonksiyonları ima eder. Şekil 4.1'de ürün mimarisinin tanımı özetlenmiştir.

---

<sup>5</sup> Somut veya soyut nesneler.



Fi : i. fonksiyon , Fbi : i. fiziksel bileşen

*Şekil 4.1 Ürün mimarisi*

Aynı fonksiyon yapısını temsil edebilecek farklı ürün mimarileri olabilir. Bu sonuç o ürün için daha iyi bir mimari olabileceği düşüncesini doğurmaktadır ve bu da ürün geliştirme fikrini destekler.

Ürün mimarisini etkileyen temel faktörler, ürünün pazarı ve performansdır.

İki çeşit ürün mimarisi vardır, bunlar:

- Yekpare (tek parça) ürün mimarisi.
- Modüler ürün mimarisi.

Yekpare ürün mimarisi, bütün alt fonksiyonların ve aralarındaki ağın sadece bir veya çok az sayıda fiziksel bileşen tarafından temsil edilmesidir (Cutherell, 1996). Bu tip ürünlerde fiziksel bileşenler birbirine karışmış durumda<sup>6</sup> ve bu bileşenler arasındaki arayüzler oldukça karmaşık ve tanımlaması zordur.

<sup>6</sup> Tek parça gibi davranma.

Modüler ürün mimarisi ise alt fonksiyonların, fiziksel bileşenler ile bire bir eşlendiği ürün mimarisidir (Cutherell, 1996). Bu tip mimarilerde her bir fiziksel bileşen bir veya çok az sayıda fonksiyonu yerine getirmektedir ve arayüzler de oldukça belirgindir.

Modüler ürün mimarisine kişisel bilgisayarlar, yekpare ürün mimarisine de kurşun kalem örnek verilebilir.

## **4.2 Ürün Portföy Mimarisi**

Ürün portföy mimarisi, mevcut ve gelecek pazar taleplerini karşılayabilmek için ürün portföyünde yer alan ürünlerde, bileşenlerin ve sistemlerin ortak kullanılmasına veya kullanılmamasına ilişkin bir sistem stratejisidir. Bu strateji doğrultusunda ürün portföyüne bir mimari belirlenir.

Ürün portföy mimarisi geliştirilirken iki temel şirket stratejisi etkilidir:

- Düşük maliyet
- Yüksek gelir (geniş ürün portföyü)<sup>7</sup>

Örneğin, daha çok çeşit üreterek ürün portföyünü genişletmek, geliri arttırabilir fakat diğer yandan daha çok ürün çeşidi geliştirmek ve üretmek karmaşıklığı ve dolayısıyla maliyetleri yükseltecektir. Bu durumda uygun stratejiyi yani ürün portföy mimarisini belirlemek esastır.

Ürün portföy mimarileri üç temel sınıfta incelenebilir (Otto ve Wood, 2000):

- Sabit paylaşımsız mimari
- Modüler platform mimarisi
- Kitlesele uyarlama mimarisi

### **4.2.1 Sabit Paylaşımsız Mimari**

Sabit paylaşımsız mimari, portföy içindeki her ürünün kendine özgü olması ve portföydeki diğer ürünlerle komponent veya sistem paylaşmamasıdır.

---

<sup>7</sup> Geniş ürün portföyünden kast edilen, daha çok çeşit üreterek müşteriye özel ürünler sunabilmek.

Örneğin Sony'nin ürettiği manyetik kaset portföyü (video kaseti, teyp kaseti, kamera kaseti vd.) sabit paylaşımsız mimariye sahiptir, çünkü aralarında paylaştıkları ortak bileşenleri yoktur<sup>8</sup>.

#### 4.2.2 Modüler Platform Mimarisi

Eğer bir şirket pazar çeşitliliği yakalamak için ortak sistemler, komponentler veya modüller kullanan ürünler sunuyorsa, ortak elemanlar içeren bu ürün kümesinin configürasyonuna modüler platform mimarisi denir (Otto ve Wood, 2000).

Ortak kullanılan sistemlere, komponentlere ve modüllere platform ve bu platformlarla desteklenen ürünlere varyant denilmektedir.

Bu gruba örnek fotoğraf makinaları, otomobiller, bilgisayarlar verilebilir. Önemli olan bu ürünlerin değişik varyantları arasında ortak komponentlerin kullanılmasıdır. Örneğin, değişik model otomobillerde aynı tip klimanın veya direksiyon simidinin kullanılabilir olması.

#### 4.2.3 Kitlesel Uyarlama Mimarisi<sup>9</sup>

Her bir müşterinin özel ihtiyaçlarına ve isteklerine bağlı olarak temel platformda değişiklik yapabilme özeliğine sahip portföy mimarisine kitlesele uyarlama mimarisi denilmektedir.

Müşteriye özel ürün üretilmesi bu mimarinin temel misyonudur. Bu mimari ürün çeşitliliğini düşük maliyetlerde sunan bir yapıyı tanımlar. İki tür kitlesele uyarlama mimarisi vardır:

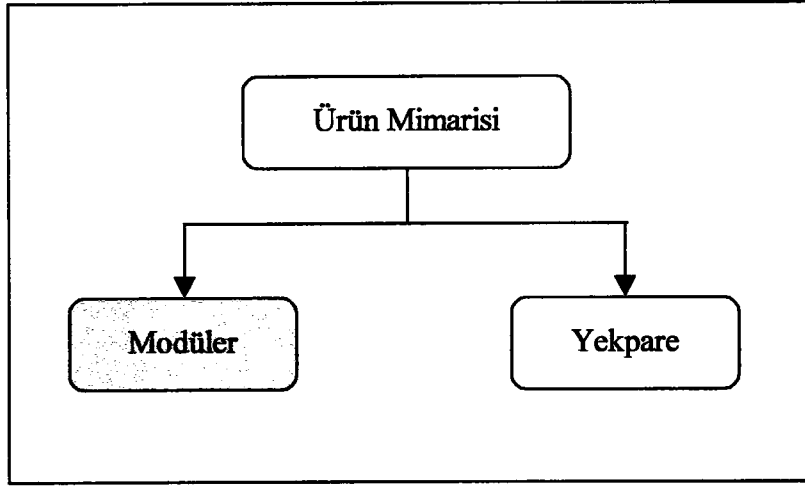
- Üretim sırasında ayarlanabilir. Müşterinin istediği özelliklerde platform imal edilir. Otomobillerde kullanılan pek çok aksesuar buna örnektir.
- Kullanım sırasında ayarlanabilir. Kullanım sırasında ayarları değiştirebilme özeliğine sahiptir. Örneğin araba koltuklarında pozisyonun ayarlanması.

---

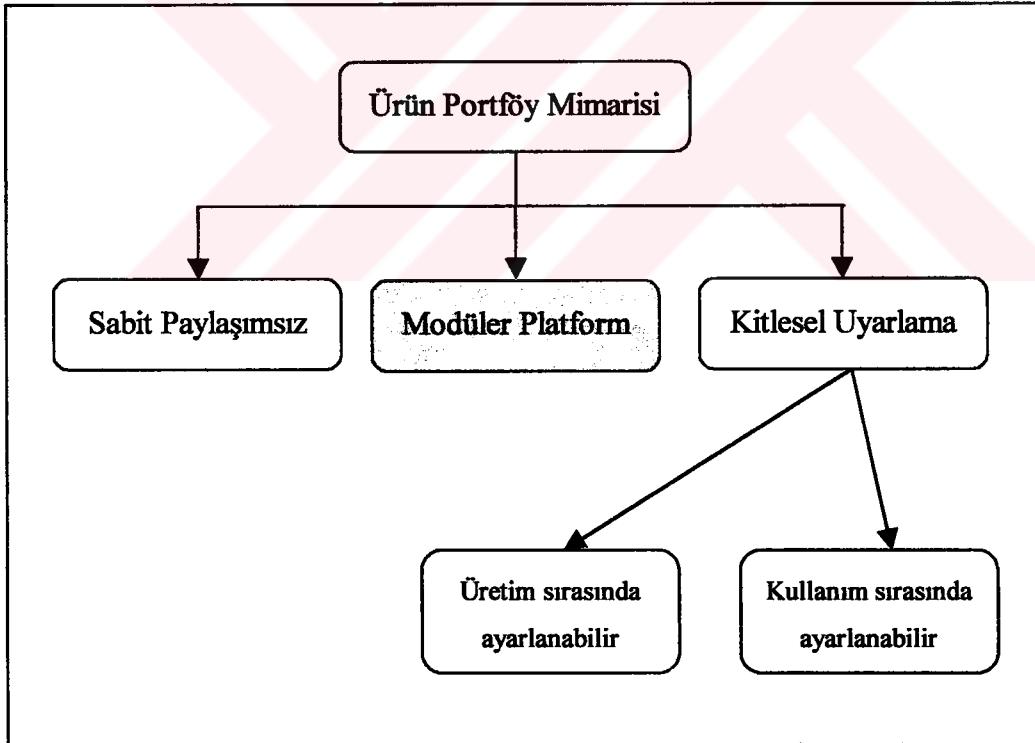
<sup>8</sup> Benzer üretim yöntemleri ve teknolojiler kullanıyor olabilirler fakat burada tasarım ve kullanım esas alınacaktır. Ayrıca bu konu ürün mimarisine de dailanmaktadır.

<sup>9</sup> Mass Customization Architecture (ing.)

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de ürün ve ürün portföy mimarilerinin sınıflandırması özetlenmektedir.



Şekil 4.2 Ürün mimarisi



Şekil 4.3 Ürün portföy mimarisi

Modülerlik çerçevesinde ürün ve ürün portföyü mimarilerinden sadece bir bölümü ele alınacaktır. Bunlar ürün mimarisinde modüler mimari ve ürün portföyü mimarisinde modüler platform mimarisidir.

## 5. MODÜLERLİK

### 5.1 Modülerliğin Tanımı

Bu bölüme kadar, modülerlik öncesi gelişmelerden, modülerliğin yapısına ışık tutan tasarımla ilgili tanımlamalardan ve ürün, ürün portföyü çeşitlerinden bahsedildi. Artık bu bilgiler ışığında ve modülerlik düşüncesine ait diğer kavramları da kullanarak modülerliğin tanımlaması yapılacaktır.

Literatürde bu konuda henüz çok fazla tanım olmamasına rağmen belirgin ortak noktalar ve her araştırmacıya özgün bakış açıları tespit edilmiştir.

Bu tanımlardan bazıları ve odaklandıkları noktalar aşağıda verilmiştir.

- Modülerlik, birbirinden bağımsız bir şekilde tasarlanabilen ve birlikte bütünsel bir fonksiyonu yerine getiren daha küçük alt sistemlerden karmaşık ürün ve süreçler inşa etmektir (Baldwin ve Clark, 1997). Bu tanım özellikle karmaşıklık üzerine yoğunlaşıyor ve bu sorunun daha basit alt sistemler tasarlanarak çözülebileceği vurgulanıyor. Burada önemli bir başka nokta süreçlerin modülerliği düşüncesidir.
- Modülerlik, belirli bir ürün ailesine ait ürünlerin her biri için bir dizi alternatif oluşturmak için alternatif modül tiplerini bir araya getirmektir. Daha önceden belirlenmiş bir dizi modülden ürün montajı (O'Grady, 1999). O'Grady bu bağlamda alternatif modül ve ürün ailesi kavramlarından bahsetmektedir.
- Modülerlik, bir sistemin bileşenlerinin birbirinden ayrıştırılabilmesi ve tekrar birleştirilebilmesi derecesinin bir tanımıdır (Schilling, 2000). Bu tanımda sistem görüşü hakimdir.
- Modülerlik, bir mühendislik arzusu değildir, geniş ürün arzına ihtiyaç duyan bölümlendirilmiş pazarların tatmin edilmesi için bir stratejik araçtır (Brown, 1996). Bu tanım en ilgi çekici olanlardan birisidir, çünkü modülerlik düşüncesi mühendislik dalıyla sınırlandırılmıyor ve bir stratejik pazarlama aracı olabileceği vurgulanıyor.
- Adam ve Ebert'in (1992) diğerlerine göre biraz ilkel kalmış ve daha çok ürün çeşitliliğini ön planda tutan tanımı ise şöyle, modüler tasarım, daha önceden var olan temel alt sistemlerin değişik kombinasyonları ile ürünlerin yaratılmasıdır.

- Sanchez ve Mahoney (1996) modülerliği, bir sistemi oluşturan gevşek bağlı bileşenler<sup>10</sup> arasındaki hiyerarşik koordinasyonu sağlayan bir tasarım şekli olarak tanımlar. Bu sistemler de yaklaşık ayrıştırılabilir sistemlerdir<sup>11</sup>. Sanchez'in burada bahsettiği hiyerarşik koordinasyon, karmaşık sistemlerde bileşenleri bir arada tutan kurallar olarak açıklanabilir. Bşylece bir řrőn rahatlıkla bileşenlerine ayrılıp istendiğinde de tekrar birleştirilebilir ve bu değerinde bir kayıp olmadan geręekleřir. Tekrar birleşim farklı şekillerde veya farklılaşmış bileşenlerle olabilir.

Břtőn bu tanımlardan elde edilebilecek ortak gřrőř şşyle ifade edilebilir:

“Modşlerlik, bir sistemin bileşenleri arasındaki organizasyonunun, bu bileşenlerin rahatlıkla ayrıştırılması ve istendiğinde aynı rahatlıkla ve farklılaşmış olarak bir araya getirilmesi ve bunun da en dőřők maliyette yapılabilmesi için, sahip olduğu hiyerarşik yapıdır”.

Bu tanımlar tasarım ağrılıklı olsa da kullanımı ve şretimi de ima etmektedir. Örneğin kişisel bilgisayarlar modşler bir yapı sergiler ve bu yapının hem tasarımı hem şretimi hem de kullanımı modşlerdir.

## **5.2 Bir Modşler řrőn: Kişisel Bilgisayar**

Bilgisayar şrneği şzerinden modşler yapının açıklanmaya çalışılmasının nedeni, bu řrőnőn ilk modşler yapılardan biri olması ve modşlerlik kavramının bu řrőn şzerinden daha kolay anlatılabilmesidir. Ayrıca modşlerlik gřrőřőnőn benimsenmesine břyők katkılarının olması da seçimde etkili olmuştur.

Modşlerlik kavramı üç ayrı boyutta ele alınacaktır, bunlar tasarım, şretim ve kullanım boyutudur. Bu bağlamda öncelikle bilgisayarı oluşturan bileşenler belirlenmeli. Örneğin ekran, klavye, fare, sabit sřrőcő, ana kart, işlemci vd., bilgisayarın makro dőzeydeki bileşenleridir.

Tasarım boyutunda modşlerlikten kasıt bileşenler (ki bunlara ilerde modşl denilecek) arasında var olan standart bir arayőzdır . Örneğin klavye rahatlıkla kasaya soket girişinden bağlanabiliyor ve aynı klavye aynı mantıkla bir başka bilgisayara da bağlanabilir. Bunun tam terside geçerlidir aynı bilgisayara bir başka model klavye

---

<sup>10</sup> loosely coupled components (ing.)

<sup>11</sup> nearly decomposable system (ing.)

bağlanabilir, çünkü aralarındaki ilişkiyi belirleyen arayüz (soket girişi) standart olup tüm klavyelerde ve kasalarda mevcuttur.

Arayüzlerin standart olması mantığı aynı üründe (arayüzlere sadık kalmak şartıyla) alternatif bileşenlerin kullanılabilmesini mümkün kılar. Örneğin bir ana kartın aynı bölümüne hem radyo kartı hem de televizyon kartı takılabilir. Bu durum ortak arayüzlerden kaynaklanmakta ve sonuç olarak standart arayüzler ürün çeşitliliğini desteklemektedir. Bu aynı zamanda kullanım modülerliğine de güzel bir örnektir.

Tasarımda bir başka önemli nokta bu arayüzlere bağlı kalmak şartıyla her bir bileşenin bir başka firma tarafından geliştirilip üretilebileceğidir. Örneğin işlemciyi bir firma, anakartı bir başka firma üretir, fakat standart arayüzlere bağlı kaldıkları için ilgili işlemci o anakart üzerinde mutlaka çalışacaktır. Bu son durum üretim modülerliğine de iyi bir örnektir. Böylece her firma iyi olduğu konuya odaklanır, bir başka deyişle firmalar arası iş bölümü gerçekleşir.

Hem tasarımla hem de üretimle ilgili bir başka özellik, bir ürün ailesi içindeki ürünlerin ortak bileşenler içermesidir. Bilgisayar örneğinde bir dizüstü bilgisayarla bir kişisel bilgisayar aynı tip işlemciye sahip olabilir. Böylece birbirinden farklı iki ürün aynı bileşeni kullanmaktadır. Bu da tasarım ve üretim maliyetlerini düşürmektedir.

Kullanım modülerliğine bir başka örnek kullanıcının ürünün bileşenlerini değiştirebilmesi, çıkarabilmesi veya ekleyebilmesidir. Bilgisayarın hızını arttırmak için daha yüksek RAM kullanılması bir çözümdür. Bu durumda düşük olan RAM kullanıcı tarafından kolayca sökülüp yerine daha yüksek bir RAM takılabilir, bu en basit anlamda bir bileşenin çıkarılıp yerine başka özellikte bir bileşenin takılmasıdır.

Bu örnekler daha da arttırılabilir, fakat burada bahsedilenler en temel modülerlik prensiplerine ışık tutması açısından önemlidir.

### **5.3 Modülerlik İle İlgili Temel Kavramlar**

Hem tanımlarda hem de örneklerde görüldüğü üzere, modülerlikte kullanılan bazı temel kavramlar vardır. Bu kavramların çoğu modülerliğe özgün terimlerdir, bir bölümü değişik dallarda kullanım alanına sahip olsada burada modülerlik yaklaşımı kapsamındaki anlamları üzerinde durulacaktır. Oldukça zengin kavramsal altyapı, modülerliğin bir dal olarak gelişiminde önemli katkısı vardır. Tablo 5.1'de modülerlikle ilgili terimler özetlenmiştir. Bu terimlerin bir kısmının anlamları ve tanımları daha önceki bölümlerde irdelenmiştir.

*Tablo 5.1 Modülerlik ile ilgili temel kavramlar*

|                              |                          |                               |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| * Ürün Mimarisi              | * Arayüz                 | * Karma ve Eşleme             |
| * Portföy Mimarisi           | * Hiyerarşi              | * Modüler Organizasyon        |
| * Modülerlik                 | * Karmaşık Sistem        | * Modül Tedarikçisi           |
| * Modül                      | * Stratejik Esneklik     | * Modül Bütünleştirici        |
| * Modülleştirme (Modularize) | * Tasarım Kuralları      | * Modülerlik Matrisi          |
| * Yekpare (Integral)         | * Fonksiyon              | * Modüler Tedarik Zinciri     |
| * Modüler Operatörler        | * Fonksiyon Yapısı       | * Gizli Tasarım Parametreleri |
| * Gevşek Bağlı               | * Platform               | * Görünür Tasarım Kuralları   |
| * Yaklaşık Ayrıştırılabilir  | * Modülerlik Prensipleri | * Sinerjik Özgülük            |
| * Gömülü Kordinasyon         | * Komponent              | * Bağımsızlık                 |
| * Varyant                    | * Parçalı Fonksiyonellik | * Karşılıklı Bağımlı          |

Aşağıda modülerlikle ilgili temel kavramların tanımları ve örnekleri verilmiştir.

### 5.3.1 Modül

Modüller, bir üründe bir yada az sayıda fonksiyonu üstlenen, aynı ürün ailesi içindeki diğer ürünlerde kullanılabilen ve farklı alternatifleri olan bileşenlerdir. Örneğin arabalarda kullanılan dikiz aynası, hem bütün modellerde kullanılabilmekte hem de değişik çeşitleri mevcuttur. İşlevi ise arabanın arkasındaki araçları gözlemleyebilmek, yani temel olarak bir adet fonksiyonu yerine getirmek . Öyleyse dikiz aynası bir modüldür.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, modül ve montaj parçasının (gruplarının) aynı şey olmadığıdır. Modülleri bu bağlamda montaj parçalarından ayıran özellikler söz konusudur (Marshall ve Leaney, 1999):

- Modüller, ürünü, imalat sistemini, işletmeyi vb. oluşturan işbirlikçi alt sistemlerdir.
- Modüllerdeki temel fonksiyonel etkileşimler modüller arasından çok modüllerin içindedir. Bir başka deyişle modüllerin etkin çalışmasının nedeni birbirleriyle birleşmesi değil, kendi iç yapılarıdır.
- Modüller , sistemden isole edilmiş şekilde test edilebilecek bir yada daha fazla iyi tanımlanmış fonksiyona sahiptir.
- Modüller bağımsız olup, benzer birimlerinin kombinasyonu ve configürasyonu ile birbirinden tamamen farklı çıktılar verebilirler.

### 5.3.2 Arayüz

Arayüz, bir sistemde yer alan bileşenlerin birbirleri arasındaki ve sistemle olan etkileşimlerini tanımlar. Bir bakıma uyulması gereken görünür (açık) tasarım kuralları tanımlanmaktadır. Arayüz modüler yapının en önemli kavramını ve modülerleştirme sürecinin ilk adımını oluşturmaktadır. Modülerliğin savunduğu karmaşıklığın azaltılması prensibine daha önceden tanımlanmış standart arayüzler sayesinde ulaşılabilir. Böylece zaman içindeki değişimler ve gelişimler hızlı ve kolay şekilde arayüzler sayesinde sisteme adapte edilebilmektedir, çünkü komponentler (modüller) değiştiği halde arayüzler uzun süre sabit kalmaktadır<sup>12</sup>.

O'Grady (1999) arayüzü dört alt gruba ayırarak tanımlamıştır:

- Mekanizma: mekanik, elektrik, veri.
- Fonksiyon: bir modülün yerine getirdiği fonksiyonlar.
- Kısıtlar: modüllerin ne tip kısıtlar altında çalışabileceği.
- Özellikler: modülün çalışma karakteristikleri ve özellikleri.

Bu yapıdaki arayüz tanımına Tablo 5.2'de disk sürücüsü için bir örnek verilmiştir.

---

<sup>12</sup> Belli bir süre sonra arayüzler de değişecektir, fakat bu daha seyrek ve uzun zamanda gerçekleşecektir.

Tablo 5.2 Disk sürücüsü için arayüz tanımlama (O'Grady, 1999).

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mekanizma  | Mekanik mekanizma: sürücünün dış boyutları, sürücüyü tutturmak için gerekli vida deliklerinin konumu.<br><br>Elektrik mekanizması: güç ünitesi (voltaj ve güç) ve elektrik bağlantıları.<br><br>Veri mekanizması: veri arayüz tipi (EIDE veya SCSI), veri bağlantı kabloları, veri iletim hızı ve veri kanalları. |
| Fonksiyon  | Veri depolama.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Kısıtlar   | Çalışma sıcaklığı aralığı, en yüksek nem oranı, en yüksek çekim kuvvetleri, voltaj düzeyi ve sapmaları.                                                                                                                                                                                                           |
| Özellikler | Disk depolama kapasitesi, ortalama bozulma süresi, ortalama çalışma hızı.                                                                                                                                                                                                                                         |

### 5.3.3 Modüler Operatörler

Modüler tasarımlarda meydana gelen karmaşık değişimleri açıklayan mekanizmalardır. Tasarım evrimlerini açıklayan (örneğin bir tasarımın nasıl modüler hale dönüştürülebileceği) araçlar. Baldwin ve Clark (2000)'ın önerdiği bir operatörler grubu hem modüler yapıya dönüşüm sürecine hem de modüler yapının zaman içindeki değişimine yöneliktir. Ayırma, ikame, ekleme, çıkarma, yer değiştirme ve aktarma operatörleri buna örnektir.

### 5.3.4 Gevşek Bağlılık

Birbiriyle uyumlu çalıştığı halde birbirinden ayrıştırılabilir ve kendine özgü kimliği olan elemanlardan oluşma durumudur (Weick, 1976). Eğer sistem içerisindeki bir bileşen değişikliğe uğruyorsa bunun sistemdeki diğer bileşenleri etkilememesi veya az etkilemesi sistemin gevşek bağlı olduğunu gösterir.

Burada uyumlu çalışan dolayısıyla birbirine bağımlı, birbirinden bağımsız değişebilen dolayısıyla bağımsız komponentler söz konusudur. Bu mantık modülerlik yaklaşımının temellerini oluşturur, hem bağımlı yani modüller birlikte ürünün bütünü oluşturmakta ve ana işleve katkıda bulunmakta hem de birbirinden

bağımsız şekilde gelişebilmekte, değiştirilebilmektedir. Özellikle modüler organizasyon kavramının temellerini oluşturmaktadır.

Örneğin Orton ve Weick (1990) organizasyonların bu yapıyı gösterdiklerini iddia etmektedir.

### 5.3.5 Gömülü Koordinasyon

Modüler ürün mimarisinde bileşenler arasındaki standart arayüzlerinin yönlendirdiği ve geliştirme süreçlerinin koordinasyonu için gerekli olan yönetsel otoriteyi azaltan gizli bir koordinasyondur (Sanchez ve Mahoney, 1996).

Bileşenler arasındaki arayüzler, bu bileşenlerin birbiriyle nasıl birleştirileceğini, bunlar arasındaki alış veriş, yani aralarındaki ilişkiyi tanımlar. Bu sayede bu bileşenleri geliştiren tasarım geliştirme grupları arasında gizli bir koordinasyon mevcuttur, çünkü uymaları gereken standart arayüzler tanımlanmıştır. Bu arayüzlere uyulduğu sürece bileşenlerde diğer gruplardan habersiz istenilen değişiklikler yapılabilir. Böylece her grubun yaptığı en ufak değişiklikte diğer grubun bunu takip etmesi ve ilgili değişiklikleri yapması ortadan kalkıyor. Böylece meydana gelen değişimlere sistemin en hızlı şekilde yanıt vermesi sağlanıyor.

Örneğin kişisel bilgisarlarda ana kart üzerine değişik fonksiyonlarda kartlar monte edilebiliyor. Televizyon kartı, radyo kartı, ekran kartı, ses kartı bunlara örnektir. Ana kart ile bu fonksiyonel kartlar arasında standart bir arayüz vardır (monte edilme şekli, veri aktarma vd.) ki bu sayede bu fonksiyonel kartları geliştiren gruplar bu arayüzlere sadık kaldığı sürece fonksiyonel kartlarda ilgili değişiklikleri diğer üreticilerden habersiz yapabilirler<sup>13</sup>. Örneğin ekran kartı için üç boyut görüntülü, iki boyut görüntülü opsiyonları vardır ve her ikisinde farklı teknolojilere sahip olmasına rağmen standart arayüzler sayesinde aynı ana kart üzerinde çalışabilmektedir.

### 5.3.6 Varyant

Modüler bir ürün ailesinde modüllerin değişik kombinasyonları ile elde edilen alternatif ürünlerdir. Ortak modül kullanımı, aynı modüllerin değişik alternatifleri ürün çeşitliliğini arttırmaktadır ve her elde edilen yeni ürün bir varyant olarak adlandırılacaktır. Örneğin bir otomobil üreticisinin ürettiği değişik modeller.

---

<sup>13</sup> Bu sayede rekabet de artmaktadır.

### 5.3.7 Hiyerarşi

Karmaşık sistemleri organize etme prensibidir. Modülerlik içindeki tanımı, karmaşık bir sistemin yapısal olarak düzenlenmiş alt sistemlerden oluşan sıralı gruplara ayrıştırılmasıdır (Sanchez ve Mahoney, 1996). Süreçlerin hiyerarşik tasarımı, hiyerarşik bir yönetimi gerektirmemektedir. Hiyerarşik ayrıştırmanın en önemli getirisi çevresel karışıklıkların bazı alt sistemlerde sınırlandırılmış olmasıdır, buda genel sistemin hayatta kalabilmesi ve çevreye uyumunu arttırmaktadır (Orton ve Weick, 1990) .

### 5.3.8 Stratejik Esneklik

Modüler yapının getirdiği sonuçlardan biri olan stratejik esneklik, firmanın değişen pazar ve teknolojilere daha kolay ve hızlı karşılık vermesini sağlar (Sanchez, 1995). Stratejik esneklik hızlı ve ekonomik bir şekilde mevcut veya yeni modüllerin değişik kombinasyonları sonucu elde edilen ürün varyantları ile kazanılır. Fakat modüler ürün tasarımı stratejik esnekliği geliştiren etmenlerden sadece biridir<sup>14</sup>. Stratejik esnekliği temel olarak iki ana sınıfa ayırabiliriz (Sanchez, 1995):

- Kaynak esnekliği: BDTG/BBİ sistemleri ve modüler ürün tasarımı teknolojileri.
- Koordinasyon esnekliği: bu teknolojilerin kullanımında yönetsel yenilikler.

### 5.3.9 Tasarım Kuralları

Birbirini izleyen tasarım kararlarını etkileyen ve daha çok tasarımcıların tecrübeleri ve birikimi sonucu ortaya çıkan kurallardır. Bu kurallar ürün içindeki yapının hangi bileşenlerden oluştuğunu, bu bileşenlerin nasıl birbiriyle etkileştiğini ve etkileşimin performansını değerlendirilmesini öngören tasarımla ilgili açık kurallardır (tasarımla ilgili olan herkeze açıktır). Tasarım kuralları üç ana sınıfta gruplanabilir (Baldwin ve Clark, 2000):

- Mimari: sistem hangi modüllerden oluşuyor ve her bir modülün rolü nedir.
- Arayüz: değişik modüllerin nasıl etkileştiğinin (uyum, bağlantı, iletişim) detaylı tanımlaması.

---

<sup>14</sup> Daha sonraki bölümlerde bahsi geçen stratejik esnekliğin, modüler ürün tasarımından kaynaklanmış olduğu varsayılacaktır.

- Bütünleştirme kuralları ve test standartları: sistemin, tasarımcılar tarafından monte edilebilmesini ve performansının ölçülebilmesini sağlayan prosedürler. Performanstan kasıt bir modülün tasarım kurallarına uyup uymadığının kontrolü ve bir modülün değişik çeşitlerinin performansdır.

### 5.3.10 Platform

Bir ürün grubunda ve portföyünde ortak kullanılan sistemlere, komponentlere ve modüllere platform denilmektedir. Örneğin, değişik model otomobillerde aynı tip şasinin kullanılabilir olması.

### 5.3.11 Parçalı Fonksiyonellik (Granularity)

Parçalı fonksiyonellik, bir modülün fonksiyonelliğini tanımlar. Yüksek derecede fonksiyonellik içeren büyük modüller kaba parçalı fonksiyonel, tam tersi yani sınırlı fonksiyonellik içeren, küçük modüller ise zarif parçalı fonksiyonel olarak adlandırılır. Tablo 5.3'de kaba ve zarif parçalı fonksiyonelliğin özellikleri karşılaştırılmıştır.

*Tablo 5.3 Kaba ve zarif parçalı fonksiyonelliğin karşılaştırılması, O'Grady(1999) 'den uyarlanmıştır.*

|                           | <b>Kaba Parçalı<br/>Fonksiyonelliğin</b> | <b>Zarif Parçalı<br/>Fonksiyonelliğin</b> |
|---------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Fonksiyonellik</b>     | Yüksek                                   | Düşük                                     |
| <b>Modül Karmaşıklığı</b> | Yüksek                                   | Düşük                                     |
| <b>Ürün Çeşitliliği</b>   | Düşük                                    | Yüksek                                    |
| <b>Modül Birleşimleri</b> | Az                                       | Çok                                       |
| <b>Güvenilirlik</b>       | Yüksek olmaya meyilli                    | Düşük olmaya meyilli                      |
| <b>Montaj Maliyeti</b>    | Düşük olmaya meyilli                     | Yüksek olmaya meyilli                     |

Kaba parçalı fonksiyonelliği koruyarak çeşit elde etmenin bir yolu modül konfigürasyonudur. Örneğin bir video kartının değişik çözünürlük seviyeleri için konfigürasyonu bir bağlantı kılavuzunun ayarını değiştirmek ile mümkündür.

Zarif parçalı fonksiyonelliğin en önemli getirisi çeşitliliktir. Örneğin, n adet modül söz konusu olsun ve her i. ( i = 1,2,...,n ) modülün alternatif sayısı  $y_i$  olsun. Öyleyse mümkün olan toplam ürün çeşidi sayısı şöyle ifade edilebilir<sup>15</sup>:

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot \dots \cdot y_n \quad (4.1)$$

Eğer her bir modülün alternatif sayısı eşit ve y ise formülün yeni hali :

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = y^n \quad (4.2)$$

### 5.3.12 Karşılıklı Bağımlı

Bir ürünün tasarım parametrelerinin karşılıklı bağımlılığı ima edilmektedir. Örneğin bir kahve fincanında fincanın boyu ile eni belli bir orantıda olmalıdır, yoksa işlevini sağlıklı bir şekilde yerine getiremez. Özellikle modüler yapılarda, karşılıklı bağımlılık sadece modüllerin kendi içlerindeki parametreleri için geçerli olacak.

### 5.3.13 Bağımsızlık

Bağımsızlık, tasarım parametrelerinin birbirinden bağımsız belirlendiğini ifade eder. Karşılıklı bağımlılığın tersine burada modüller arası parametreler için bağımsızlık söz konusudur. Yani bir modülün içindeki bir parametre diğer modüllerin içinde yer alan parametrelerden bağımsız olarak belirlenir. Örneğin bir sabit sürücü içindeki bir parametre, klavye içindeki bir parametreden bağımsız olarak belirlenir.

### 5.3.14 Görünür (Açık) Tasarım Kuralları

Ürünün tasarımında uyulması gereken, herkese açık kurallardır. Özellikle modüllerin birbirleriyle olan ilişkilerini, arayüzleri ve standartları tanımlar.

### 5.3.15 Gizli Tasarım Parametreleri

Bu parametreler modül içindeki parametreleri ifade etmektedir. Bir modülü geliştiren tasarım grubu diğer modüllerin gizli tasarım parametreleri hakkında bir bilgiye sahip değildir (buna açık tasarım kuralları dahil değildir).

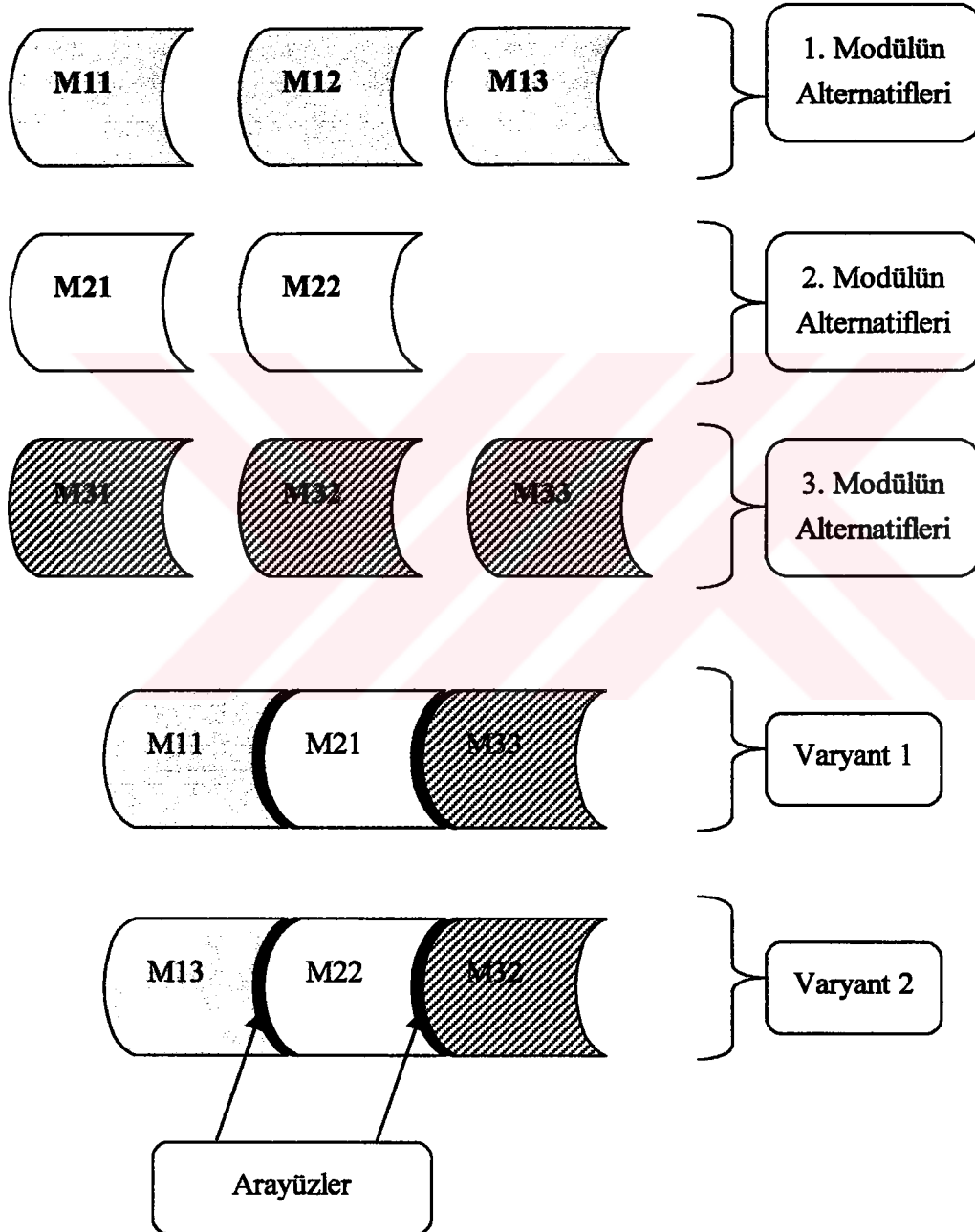
---

<sup>15</sup> Bütün modüllerin birbirleriyle uyumlu olduğu varsayılır.

### 5.3.16 Karma ve Eşleme

Modül alternatiflerinin, varyantlar elde etmek için değişik şekillerde karılması ve uyumlu olanlarının eşlenmesidir.

Şekil 5.1’de yukardaki tanımların bazıları vurgulanmaktadır.



Şekil 5.1 Modüler yapı, varyant ve modüller

## 5.4 Modülerlik Çeşitleri

Modüler yapılar literatürde değişik kriterlere ve özelliklere göre sınıflandırılmıştır. Bu ölçüt ve özellikler, çıktı, süreç, seviye ve kapsam başlıkları altında toplanabilir.

### 5.4.1 Üretilen Çıktı Açısından Sınıflandırma

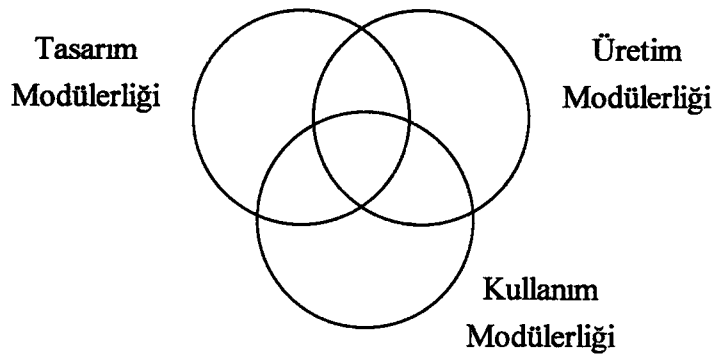
Üretilen çıktı açısından en temel sınıflandırma ürün veya hizmet modülerliği olarak düşünülebilir. Ürün modülerliği, hizmet modülerliğine nazaran daha yaygın kullanıma sahip olup literatürün büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Özellikle otomobiller, uçaklar, elektronik eşyalar, ev aletleri, kişisel bilgisayarlar, yazılımlar ve test aletleri ürün modülerliğine örnek gösterilebilir (Sanchez ve Mahoney, 1996).

Bunun yanında hizmet modülerliği gittikçe yaygınlaşmaktadır. Hizmet modülerliğine özel tanımlamalar veya yöntemler henüz mevcut değildir. Bu gruba örnek sektörler, sağlık, bankacılık (Schilling, 2000), finans ve bilişimdir (O'Grady, 1999)<sup>16</sup>.

### 5.4.2 Süreç Açısından Sınıflandırma

Bir ürünün veya hizmetin tedariki ile ilgili ana süreç alt süreçlere ayrılabilir. Bu alt süreçlerden tasarım, üretim ve kullanım değişik modüler sınıfları belirlemektedir.

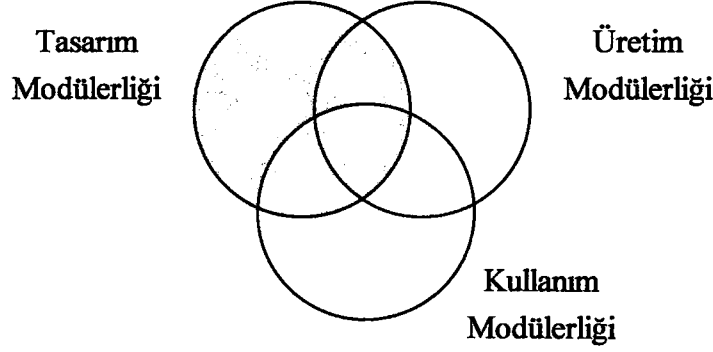
Aslında bu üç modüler sınıf birbirinden kesin çizgilerle ayrılmış değildir. Belli ürün ve koşullarda aralarında kesişimler söz konusudur. Örneğin bir ürünün tasarımı, üretimi ve kullanımı aynı anda modüler olabilir. Bu ifade Şekil 5.2'de özetlenmiştir.



Şekil 5.2 Ürün, tasarım ve kullanım modülerliği ve aralarındaki ilişkiler.

<sup>16</sup> Bu sektörlerle ilgili örnekler literatürde yer aldığı için vurgulanmıştır. Elbette bunların dışında da modüler hizmet üreten sektörler vardır.

Bu üç sınıftan temel olarak tasarım üzerine yoğunlaşılacaktır. Bazı durumlarda üretim ve kullanım da modüler olacaktır, Şekil 5.3.



*Şekil 5.3 Tasarım modülerliği.*

#### 5.4.3 Seviye Açısından Sınıflandırma

Seviye Açısından üç grup tanımlanabilir:

- Modüler ürün
- Modüler süreç
- Modüler organizasyon

Modüler ürün ve süreçler arasında sıkı bir ilişki vardır. Ürünün tasarımı, süreci etkilemektedir. Aynı şekilde süreçler ve yapılan iş organizasyon yapısını şekillendirmektedir. Bu ilişkilendirme doğrultusunda şu sonuca varılabilir, modüler ürün veya hizmetin geliştirildiği bir organizasyon (sadece ürün veya hizmet geliştirmeden sorumlu organizasyon, tüm iş organizasyonu değil) ister istemez modüler bir yapıya eğilim gösterir.

#### 5.4.4 Kapsam Açısından Sınıflandırma

Üçüncü bölümde kapsam açısından bir sınıflandırma yapılmış, ürün ve ürün portföy mimarisi tanımlanmıştı. Burada ürün ve ürün portföy mimarisinin alt sınıflarından modüler olanlarından bahsedilecektir. Bu bağlamda alt sınıflar şöyle sıralanabilir;

- Ürün portföy mimarisi: sabit paylaşımsız, modüler platform, kitlesel uyarlama
- Ürün mimarisi: yekpare, modüler

İlk olarak ürün portföy mimarisi içinde yer alan modüler platformun türleri ele alınacaktır. Modüler platform mimarisinin tanımı hatırlanacak olursa, bir şirket pazar çeşitliliği yakalamak için ortak sistemler, komponentler veya modüller kullanan ürünler sunuyorsa, ortak elemanlar içeren bu ürün kümesinin configürasyonu modüler platform mimarisi olarak tanımlanıyordu (Otto ve Wood, 2000).

Modüler platform mimarisinin türlerini beş temel sınıfta toplayabiliriz (Otto ve Wood, 2000):

- **Modüler ürün ailesi.** Ortak platform veya modüller kullanan ürün grubudur. Bu türün avantajı değişik modül alternatifleri sayesinde yüksek ürün çeşitliliğinin elde edilmesi. Ürün çeşitleri için düşük fiyat, müşteriye özel ürün ve daha geniş bir pazara hitap etme amaçları olabilir. Video kameraları, otomobiller, İsviçre Çakısı bu gruba örnek teşkil eder.
- **Modüler ürün nesli.** Zaman içinde birbirini takip eden aynı ürüne ait nesillerin ortak platform veya modüller kullanmasıdır. Örneğin otomobillerde zaman içinde aynı şasi üzerine oturan değişik gövdeler tasarlanmıştır. Teknolojik gelişmeler, pazardaki radikal değişimler ve yeni imalat prosesleri yeni platform ve modüller geliştirmeyi gerekli kılar (öncekinden farklı bir nesil).
- **Tüketilebilir platform.** Bir üründe çabuk tüketilen bileşenlerin çıkarılıp yerine yenisinin takılması prensibine dayanan bir mimaridir. Bu gruba örnek, fotoğraf makinelerinde kullanılan filmler, yazıcılarda kullanılan renk kartuşları verilebilir. Bunlar ürünün ömrüne nazaran çok çabuk tüketilen modüllerdir ve bu yüzden yenisi ile değiştirilebilir bir tasarım gereklidir.
- **Standart platform.** Endüstride yaygın bir standarda uygun platformlardır. Standart ölçülerdeki veya kalitedeki platform ve modüller pek çok satıcı tarafından tedarik edilebilir. Örneğin bilgisayarlarda kullanılan işletim sistemleri bu türe örnektir.
- **Satın alma sırasında uyarlanabilen.** Değişik pazar segmentleri, bir ürünün alt bileşenleri için farklı ihtiyaçlara sahip olabilir. Bu durumda bu alt bileşenlerin değişik alternatifleri mevcut olmalı ki müşteri isteğine uygun alternatif bileşen ürüne monte edilebilsin. Kişisel bilgisayarlarda kullanılan ana bellek (Random Access Memory) isteğe uygun olarak değişik kapasitelerde sunulmaktadır. Eğer bir mimar bilgisayarında çizim yapacaksa en az 128 Mb (Megabyte) ana belleğe ihtiyacı olacaktır. Oysa evde sadece yazı yazmak için bilgisayar kullanılacaksa 32 Mb ana bellek yeterli olacaktır; bu durumda ihtiyaca uygun modül seçilmelidir. Seçim ve montaj ürüne bağlı olarak üretici, satıcı veya müşteri tarafından yapılabilir.

İkinci temel mimari olan ürün mimarisinde ise modüler ürün mimarisi irdelenecektir. Modüler ürün mimarisi iki alt gruba ayrılmaktadır (Otto ve Wood, 2000):

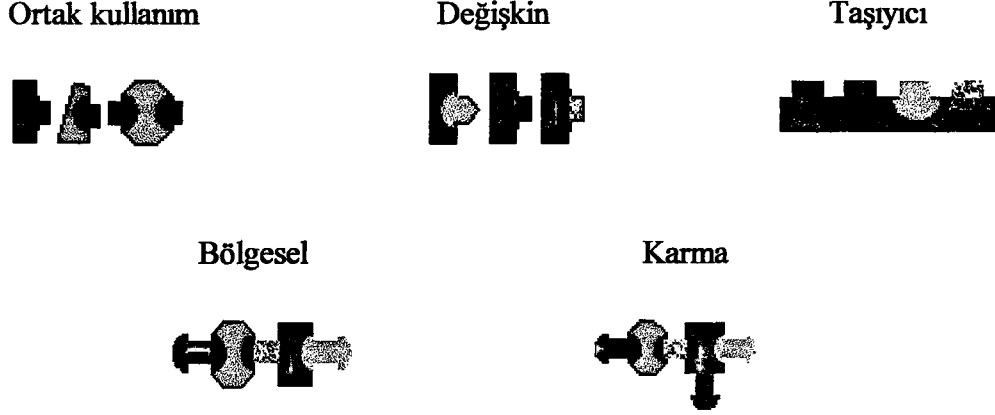
- Fonksiyon esaslı modülerlik. Bir ürünün işlevselliğinin parçalara ayrılması ve bu işlevlerin nasıl dağıldığının belirlenmesi fonksiyon esaslı modülerliği tanımlar. Beş temel gruplama söz konusudur:

- Ortak kullanım modülerliği (sharing modularity): aynı modülün farklı alt sistemlerde veya ürünlerde kullanılabilmesi.
- Değişkin modülerlik (swapping modularity): bir temel parçanın veya ürünün değişik modüller kullanabilmesi ve bu sayede çeşitli görevleri gerçekleştirmesi.
- Taşıyıcı modülerlik (bus modularity): aynı platform veya parça üzerinde aynı anda değişik işlevlere sahip modüllerin değişik kombinasyonlarının kullanılabilmesi.
- Bölgesel modülerlik (sectional modularity): modüllerin zincirsel etkileşimi söz konusudur ve her modül o bölgede ayrı bir arayüze sahiptir.
- Karma modülerlik (mix modularity): yukarıda sayılan modülerlik çeşitlerinin karma kullanımını ifade eder.

- İmalat esaslı modülerlik. Ürünle ilgili imalat teknikleri ve montaj işlemleri doğrultusunda bir kaç bileşen bir alt montaj parçası oluşturur ve bu alt montaj parçasının bütünsel işlevi bir modül tanımlar.

- Montaj modülleri: ilişkili işlevleri yerine getiren bileşenlerin montajını kolaylaştırmak için modül olarak birleştirilmesi.
- Değişken boyutlu modüller: aynı işlevi gören farklı boyutlardaki modüller.
- Kavramsal modüller: aynı işlevleri gören fakat farklı fiziksel yapılaraya sahip modüller.
- ODI (Orjinal donanım imalatçısı) modülleri: fonksiyon veya bileşenlerin gruplanarak belli bir imalatçı tarafından tasarlanması ve imal edilmesidir.

Fonksiyon esaslı modülerliğin alt sınıfları şekilsel olarak Şekil 5.4’de görülmektedir.



Şekil 5.4 Fonksiyon esaslı modülerliğin alt sınıfları (Otto ve diğ., 2001).

Karıştırılmaması gereken önemli bir nokta ürün modülerliği ile ürün portföy modülerliğinin aynı anlama gelmediğidir. Örneğin modüler bir ürün portföyünde yer alan bir ürün yekpare olabilir veya modüler bir ürünün içinde yer aldığı ürün portföyü modüler olmayabilir. Örneğin bir kurşun kalem ürün bazında yekpare mimariye sahip olduğu halde portföy mimarisinin modüler platform sınıfına girmektedir çünkü kurşunun sertliğine göre (3B, 2B, 1B, HB, 2HB vd.) varyantlar söz konusudur (Otto ve Wood, 2000).

Bu çalışmada dikkate alınacak modülerlik çeşitleri, tasarım modülerliği, ürün modülerliği, fonksiyonel esaslı modülerlik ve modüler platform mimarisinin tamamıdır.

### 5.5 Modülerliğe İhtiyaç Duyulma Sebepleri

Günümüzde ürün ve hizmetler incelendiğinde büyük bir bölümünün alt sistemlerden veya bileşenlerden oluştuğu görülür. Yüzde yüz olmasa bile çoğu belli bir derecede modüler yapıyı yansıtmaktadır. Hatta son yıllarda birçok sektör ve ürün grupları modüler olma eğilimindedir. Gerek organizasyonel bazda gerek ürün bazında bu hızlı dönüşümün nedenleri araştırılmalıdır.

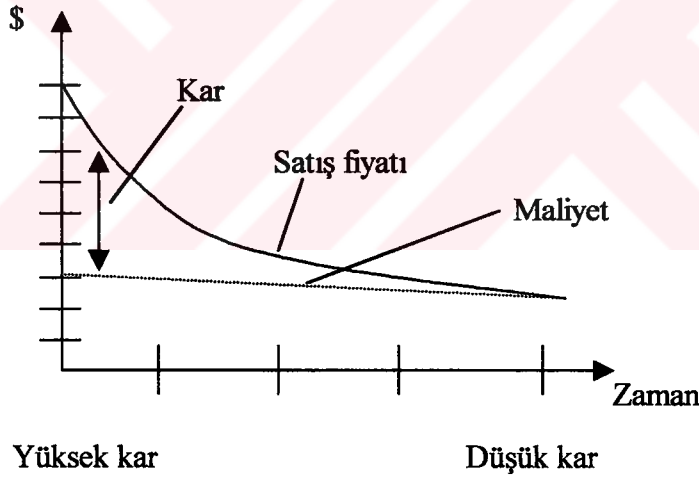
Genel olarak literatürde bu dönüşümü etkilediği üzerinde hem fikir olunan bazı değişimler tespit edilmiştir.

Yıllardır rekabette başarılı olmanın yolları arasında yüksek kalite ve düşük maliyetler yer almıştır. Fakat uluslararası rakiplerin artması, teknolojinin (özellikle internet

teknolojisinin) bu rekabeti hızlandırması artık bu özelliklerin yetersiz kalmasına neden olmuştur. Artan rekabet kalite ve maliyetlerin yanında yeni ihtiyaçlar doğurmaya başlamıştır, bunlar arasında en belirgin olanlar yüksek çeşitlilik ve hızlı ürün geliştirmedir. Yani rekabet edebilmek için çok çeşitli ve müşteriye özel ürünler hızlı ve global çerçevede tedarik edilmelidir.

Yüksek çeşitlilikten kasıt, müşterilere özel, ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak çeşitlilikte ürün ve hizmet üretilmesidir. Yüksek ürün geliştirme, ürünün müşteri istekleri doğrultusunda geliştirilmesi, üretilmesi ve bunun olabildiğince hızlı olmasıdır.

Yeni ürünlerde hızlı geliştirme sürelerinin karlılık üzerine etkisi yüksektir, özellikle de teknolojik ürünlerde. Pazara ilk sunulan teknolojik ürün için nispeten yüksek oranda fiyat ve dolayısıyla kar talep edilebilir. Fakat kısa bir süre sonra teknolojik ürünün fiyatı çok hızlı bir düşüş gösterebilir. Yüksek teknoloji ürünleri için yapılan tahminde, altı aylık bir gecikmenin toplam karlılığı yarı yarıya düşüreceği yönündedir. Şekil 5.5’de zamanın karlılık üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 5.5 Zamanın karlılık üzerindeki etkisi (O'Grady, 1999).

Diğer bir değişim ise ürünlerin gittikçe karmaşıklaşmasıdır. Bunun sonucunda, yeni ürün geliştirme süreci zorlaşıyor ve süreler artıyor. Bu karmaşıklık ürün veya hizmetlerin üretimini de aynı yönde etkiliyor.

Bu karmaşıklığın temel nedenleri, bir yandan daha özellikli ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilecek ürün ve hizmetleri üretim isteği, diğer yandan ise teknolojinin hızlı gelişmesidir.

Bu durumda yeni gelişen teknolojileri uygulayabilecek ve müşteri ihtiyaçlarını en yüksek düzeyde karşılayabilecek, fakat karmaşıklık düzeyi düşük bir ürün veya hizmet yapısına ihtiyaç vardır. Böyle bir yapının temel mantığı karmaşık sistemleri daha az karmaşık olan alt sistemlere ve bu alt sistemleri tekrar kendi içinde alt sistemlere ayırmaktır ta ki karmaşıklık düzeyi belli bir eşik değerinin altına düşünceye kadar. Bunun sonucunda her bir alt sistem belli kurallar çerçevesinde birbirinden bağımsız bir şekilde kendine özel bir geliştirme veya üretim grubu tarafından daha hızlı ve kolay şekilde geliştirilebilir veya üretilebilir. Zaten bu mantık modülerlik anlayışının temelini oluşturur.

Bir başka değişim ise küresel rekabettir. Özellikle gümrük vergilerinin, taşımacılık ve iletişim maliyetlerinin düşmesi ve internet, iletişim teknolojilerinin gelişmesi bu rekabeti daha da arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak daha geniş bir kitleye daha hızlı, kolay ve ucuz şekilde erişebilme olanakları doğmuştur, bu da yeni pazarlar demektir. Dünyanın değişik yerlerindeki müşterilere değişik yerlerdeki üretim ile erişmek artık daha kolay. Belki bu değişime basit bir çözüm değişik modüllerin değişik bölgelerde üretilmesi olarak önerilebilir (örneğin daha ucuz, daha yetkin, müşteriye daha yakın bölgeler).

Modülerliğe ihtiyaç duyulma sebepleri aşağıda özetlenmiştir:

- Yüksek kalite ve düşük maliyetler
- Yüksek çeşitlilik ve hızlı ürün geliştirme
- Ürün ve hizmetlerin gittikçe karmaşıklaşması
- Küresel rekabet. Yani gümrük vergilerinin, taşımacılık ve iletişim maliyetlerinin düşmesi ve internet, iletişim teknolojilerinin gelişmesi

## **5.6 Modülerlik Yaklaşımının Getirdiği Avantajlar**

Yukarıda bahsedilen değişimlere çözüm olarak modülerlik yaklaşımının uygulanması önerilebilir. Bu durumda modülerliğin bu değişimlere cevap olarak getirdiği bazı avantajları olmalı. Aşağıda bu avantajlar ve hangi değişimlere nasıl cevap verdikleri tek tek ele alınmıştır:

- Yüksek ürün çeşitliliği ve stratejik esneklik. Modülerlik, ürün mimarisinde modül kullanımını gerektirmektedir. Belli ihtiyaçları karşılamak üzere var olan bir ürünün bu bütünsel görevi yerine getirmesi için yapısında mevcut bulunan tüm işlevlerin tek tek veya gruplar halinde modülleri meydana getirdiğini biliyoruz. Bu modüller kolaylıkla değişik kombinasyonlarda bir araya getirilebilir ve her bir modülün de değişik alternatifleri söz konusu olabilir. İşte bu sebepler ürün çeşitliliğini arttırmakta ve kolaylaştırmaktadır.

Böylece yeni bir müşteri siparişi alındığı zaman, modüller kolay ve hızlı bir şekilde yeni ürünü oluşturmak üzere bir araya getirilir. Bu yapıda yeni ürün tasarım süreci büyük oranda ortadan kaldırılmış olur.

Ne kadar ürün çeşitliliği elde edileceği ise modül sayısına ve her bir modülün alternatif sayısına bağlıdır.  $n$  adet modül söz konusu olsun ve her  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) modülün alternatif sayısı  $y_i$  olsun. Öyleyse mümkün olan toplam ürün çeşidi sayısı şöyle ifade edilebilir<sup>17</sup>:

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot \dots \cdot y_n \quad (4.1)$$

Eğer her bir modülün alternatif sayısı eşit ve  $y$  ise formülün yeni hali :

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = y^n \quad (4.2)$$

olarak değişir.

Örneğin, Tablo 5.4'de gösterilen modüller ve alternatifleri ile kaç çeşit ürün elde edilebileceği hesaplanmak istensin.

*Tablo 5.4 modüller ve modül alternatiflerinin sayısı.*

| Modül | Modül Alternatif Sayısı |
|-------|-------------------------|
| A     | 3                       |
| B     | 4                       |
| C     | 4                       |
| D     | 2                       |

<sup>17</sup> Bütün modüllerin birbirleriyle uyumlu olduğu varsayılır.

Bütün modüllerin uyumlu olduğu varsayımıyla mümkün olan toplam ürün çeşidi sayısı aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 = 96.$$

Görüldüğü üzere sadece 4 adet modülün en yüksek 4 tane alternatifi ile 96 adet değişik ürün elde edilmiştir. Modül sayısının 5 ve her bir modülün eşit sayıda ve 6 adet alternatifinin olduğunu düşünün. Bu durumda mümkün olan toplam ürün çeşidi sayısı:

$$\text{Toplam ürün çeşidi sayısı} = 5^6 = 15625 \text{ olarak bulunur.}$$

Bu sayı daha da artarsa ürün çeşidi sayısı üstel bir şekilde artacak ve astronomik rakamlara ulaşılacaktır, Tablo 5.5’de bu duruma değişik örnekler sunulmuştur.

*Tablo 5.5 Değişik modül sayılarından elde edilen ürün çeşidi sayısı*

| Modül Sayısı (n) | Her Bir Modül İçin Modül Alternatif Sayısı (y) | Mümkün Olan Toplam Ürün Çeşidi Sayısı ( $y^n$ ) |
|------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 5                | 2                                              | 32                                              |
| 5                | 4                                              | 1,024                                           |
| 5                | 10                                             | 100,000                                         |
| 10               | 2                                              | 1,024                                           |
| 10               | 4                                              | 1,048,576                                       |
| 10               | 10                                             | 10,000,000,000                                  |

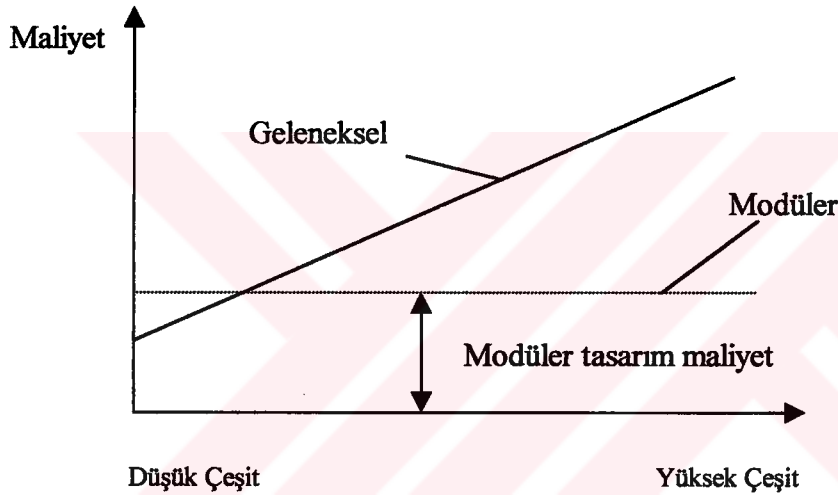
Modüler yapının getirdiği avantajlardan biri de stratejik esnekliktir. Firmanın, değişen pazar ve teknolojilere daha kolay ve hızlı karşılık vermesini sağlar (Sanchez, 1995). Stratejik esneklik hızlı ve ekonomik bir şekilde mevcut veya yeni modüllerin değişik kombinasyonları (yukarda bahsi geçen kombinasyonlar) sonucu elde edilen ürün varyantları ile kazanılır.

- Düşük maliyet. Modülerlik yaklaşımı çeşit ve esnekliğin yanında toplam maliyetleri de düşüren bir yapıya sahiptir. Geleneksel ürün geliştirme sistemlerinde ürün çeşitliliği artırdıkça maliyetler de artar. Bunun sebepleri şöyle sıralanabilir (O’Grady, 1999):

- Yeni bir ürün çeşidi için ürün geliştirme süreci baştan sona işletilir,

- her yeni tasarım yeni malzeme ve tedarikçiler veya bilgi gerektirir,
- yeni ürünlerde öğrenme eğrisinin başlarında olunacaktır,
- ve yeni envanter yükü söz konusu olacaktır.

Bu durumda modülerlik yaklaşımı ile bütün bu problemlerin üstesinden gelinebilir, çünkü elde var olan modüllerin değişik kombinasyonları ile ürün çeşitliliği elde edilirken yukarıda bahsedilen durumlar ve dolayısıyla maliyetleri söz konusu olmayacaktır. Modüler yapılarda söz konusu olan önemli bir maliyet ilk tasarım maliyetidir. Fakat bu maliyet yukarıda sayılan unsurların getirdiği maliyetlerden çok daha düşüktür. Şekil 5.6 'da bu ilişki özetlenmiştir (O'Grady, 1999).



*Şekil 5.6 Ürün geliştirme maliyetleri*

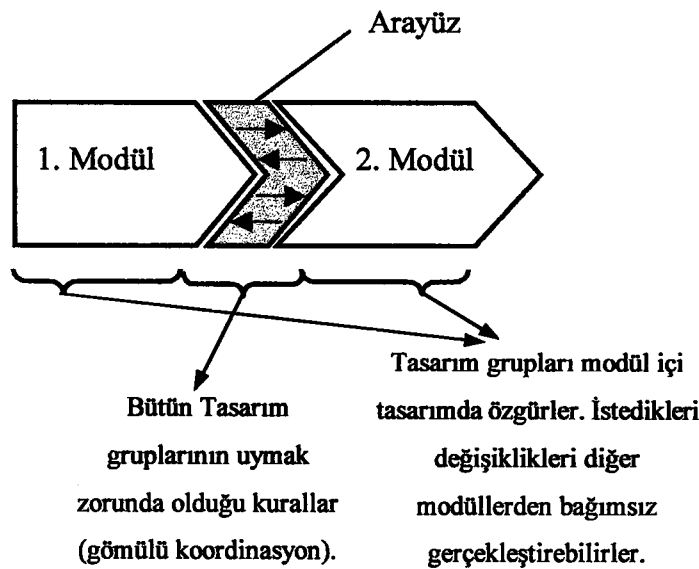
Toplam maliyet düşüşünü değişik alt başlıklarda değerlendirebiliriz:

- Ölçek ekonomisi: Modüller genellikle değişik ürünlerde ortak kullanılması dolayısıyla nispeten yüksek üretim hacimlerine sahiptir. Bu durumda yüksek hacimlerde üretime uygun bir yatırım düşünülmelidir. Yüksek üretim hacimleri ise, süreyi ve maliyetleri düşürüp verimliliği artırır.
- Düşük sermaye maliyeti: Modüler yapılarda kullanılan modüllerin bazılarının üretimi değişik tedarikçiler tarafından üstlenildiğinde veya fason üretim yaptırıldığında bu modüllerin üretimi için gerekli sermaye tasarruf edilmiş olur. Bu durumda sermaye ilgili ortak,

tedariçi veya fason üretici tarafından üstlenilmektedir veya büyük çoğunluğu karşılanmaktadır.

- Karmaşıklığın azalması: Günümüzde birçok ürün karmaşık tasarım ve üretim yapısına sahiptir. Bu sorunun çözümü işlerin paylaşımı ve tasarım özgürlüğü adı altında özetlenmiştir.

- İşlerin paylaşımı ve tasarım özgürlüğü: Modüler yaklaşım, karmaşık ürünü veya hizmeti baş edilebilecek alt parçalara böldüğü ve bu alt parçalar arasındaki standart ilişkileri tanımladığı için bu karmaşıklık nispeten ortadan kaldırılmış olur. Bu alt parçalar artık birbirinden bağımsız gruplar tarafından standartlara uygun bir şekilde geliştirilip üretilir. Bu bağlamda birçok grup ve organizasyonun koordinasyonu gündeme gelmektedir. Nasıl bir yol izlenmeli ki bu gruplar koordineli çalışsın ve birbirlerinden haberdar olsun? Bu sorunun yanıtı oldukça açık, modüller arasında ve modül ile sistem arasında tanımlanmış standart arayüzler bu koordinasyonu sağlar. Her grup uyması gereken arayüzlere sadık kaldıktan sonra modül de istediği tasarımı ve üretimi gerçekleştirebilir, Şekil 5.7. Bu aynı zamanda gruplara bir tasarım özgürlüğü veriyor. Bu sayede çok karmaşık sistemler modüllere odaklanmış ve birbirlerine arayüz kuralları ölçüsünde bağlı olan gruplar tarafından daha verimli, kısa sürede, düşük maliyette ve kolay şekilde geliştirilebilir veya üretilir.



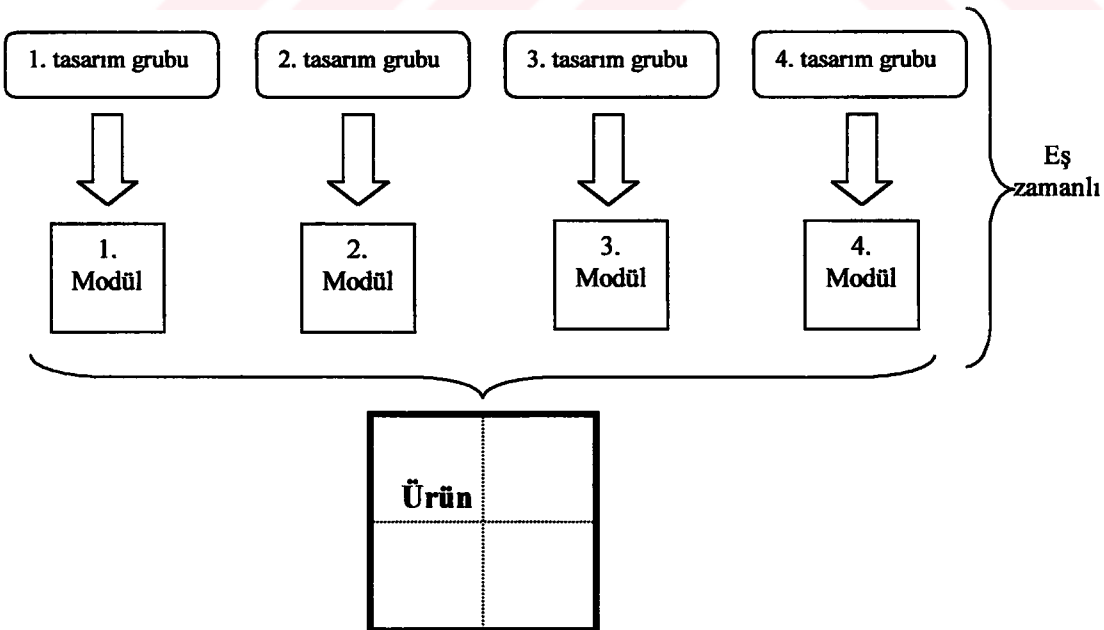
Şekil 5.7 İki modüllü bir ürün tasarımı

- Kısa sipariş temin süreleri: hazır bulunan modüllerin bir araya getirilmesinden elde edilen ürünler dolayısıyla daha kısa sürede müşteriye temin edilecektir. Temin Süresini (TS) formülize edersek (Kaplan ve Norton, 1996):

$$TS = \text{İşleme süresi} + \text{kontrol süresi} + \text{taşıma süreleri} + \text{bekleme/depolama süreleri} \quad (4.3)$$

Elde edilir. Buna göre modülerlik işleme sürelerini, kontrol sürelerini ve bekleme sürelerini azaltmaktadır. Dolayısıyla temin süresi azalmaktadır.

- Hızlı ürün geliştirme: modüler yapı iki temel yaklaşımla yeni ürün geliştirme sürelerini kısaltmaktadır. Birinci yaklaşımda, yeni ürün mevcut modüllerin değişik kombinasyonu sonucu elde edilebilir. Konfigürasyondaki küçük değişiklikler dışında fazla bir çaba gerektirmemektedir. Hem maliyet açısından hem de hız açısından çok avantajlıdır. İkinci yaklaşımda, geliştirilecek ürün için yeni modüllere ihtiyaç vardır. Burada her bir tasarım grubu veya tedarikçi kendi modülünü diğerleri ile eş zamanlı olarak geliştirmeye çalışır. Ürün modüllere ayrılmış ve modüller arasındaki ilişkilerin daha önceden tanımlanmış olması her grubun diğerlerinden bağımsız bir şekilde kendi modüllerine odaklanmasını sağlar. Özellikle tek modüle odaklanma, grubun modül hakkındaki bilgisini derinleştirmekte (öğrenme eğrisi de göz önüne alınmalı), zaman kazandırmakta ve aynı modülü geliştiren birden fazla grubun varlığı dolayısıyla rekabeti arttırmaktadır. Ayrıca bütün modüllerin eş zamanlı geliştirilmesi modüllerin bir araya getirilmesindeki gecikmeleri azaltmaktadır, Şekil 5.8. İki yaklaşımda da hızlı ürün geliştirme süreleri elde edilmektedir.



Şekil 5.8 Eş zamanlı modül geliştirme süreci

Tablo 5.6’da geleneksel yaklaşımla modüler yaklaşımlar (mevcut modüllerden yeni ürün geliştirme, yeni modüller ile yeni ürün geliştirme) karşılaştırılmaktadır (O’Grady,1999).

*Tablo 5.6 Geleneksel yaklaşımla modüler yaklaşımların karşılaştırılması.*

|                          | Yeni Ürün Geliştirme |                                    |                                   |
|--------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|                          | Geleneksel Yaklaşım  | Modüler Yaklaşım: (Hazır Modüller) | Modüler Yaklaşım: (Yeni Modüller) |
| <b>Temin Süresi</b>      | Uzun                 | Çok Kısa                           | Kısa                              |
| <b>Envanter Seviyesi</b> | Yüksek               | Düşük                              | Çok Düşük                         |
| <b>Elde Kalma Riski</b>  | Yüksek               | Düşük                              | Çok Düşük                         |

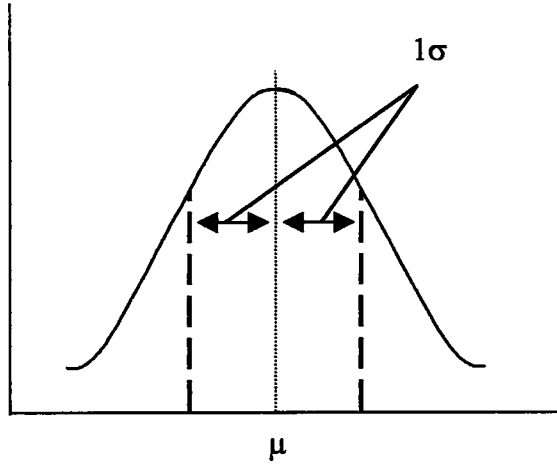
- **Düşük değişkenlik:** Geleneksel yaklaşımda, taleplerde meydana gelen bir değişim doğrudan parçaların dolayısıyla ürünün değişmesine sebep olur. Eğer yeteri kadar büyük bir satış hacmi yoksa bu değişiklikten şirket büyük zarar görebilir. Çünkü ürün değişmek durumundadır ve bu sırada bunu telafi edecek başka bölgelerde satışlar yoktur. Satış hacminin yüksek olmasının faydası, bu tip değişimlerde bir bölgenin talebi azalırken diğer bölgenin talebinin bunu nispeten dengelemesidir.

Modülerlik bu bağlamda talepteki değişkenliği azaltacak bir yapı ortaya koyar. Satış hacmi düşük dahi olsa ürünlerde ortak kullanılan modüllerin sayısı nispeten yüksek olacaktır. Böylece yüksek değişkenlik gösteren ürünün yanında modüllerin değişkenliği daha düşük olacaktır.

Bu idda istatistiksel olarak ispat edilmek istensin, öncelikle ürüne olan talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlenir. Burada kullanılacak olasılık yoğunluk fonksiyonu normal dağılıma uymaktadır. Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilir. Fonksiyonda yer alan  $\mu$  parametresi yığın ortalamasını  $\sigma$  ise yığının standart sapmasını ifade etmektedir. Şekil 5.9'da normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonunun grafiği çizilmiştir.



Şekil 5.9 Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu

$n$  adet bağımsız normal dağılım birleştirilirse, elde edilen yeni dağılım yine bir normal dağılım gösterecektir.

$$\text{Aritmetik ortalama} = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_n \quad (4.5)$$

$$\text{Varyans (değişkenlik)} = \sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \sigma^2_3 + \dots + \sigma^2_n \quad (4.6)$$

Bu bilgiler ışığında O'Grady (1999)'nin temel örneği üzerinden gidilerek değişkenlik hesabı yapılsın. Örneğin, geleneksel yaklaşımla üretilen 80 adet ürün söz konusu olsun. Her bir ürüne olan talep normal dağılıma uymakta ve aritmetik ortalaması 100 adet, standart sapması 20 adet (aritmetik ortalamasının %20'si), dolayısıyla varyansı 400 ( $=20^2$ )'dür. Bu durumda talep %99.7'lik bir yüzdeyle  $\mu-3\sigma$  ile  $\mu+3\sigma$  aralığında olacaktır. Yani aritmetik ortalamasının %60'ı kadar artı ve eksi yönde sapmalar (değişkenlik) söz konusu olacaktır. Sonuçta üretici veya tedarikçi zamanın %99.7'lik bir bölümünde taleplerde %60 artı eksi değişkenlikle karşı karşıya kalacaktır.

Aynı örnek modüler yaklaşımda irdelensin. Burada farklı olan en önemli nokta, hesaplanması gereken değişkenliğin ürüne değil modüllere ait değişkenlik olmasıdır. Çünkü talepteki değişiklikler modüler yaklaşımın özelliği dolayısıyla doğrudan modüllerde değişiklik yapmayı gerektiriyor ve ürünün bütünü bundan en az şekilde etkileniyor.

Değişkenliği hesaplanacak modülün 80 üründe de kullanıldığı biliniyor. Bu durumda modüle olan talebin ortalaması (4.5)'de verilen formüle uygun olarak hesaplanır:

$$\text{Aritmetik ortalaması} = 100 + 100 + \dots + 100 = 80 \cdot 100 = 8,000 \text{ adet}$$

Dolayısıyla 80 adet üründe kullanılan modülün ortalama talebi 8000 adettir. Aynı şekilde (5.6)'da verilen formül yardımıyla modülün varyansı hesaplanır:

$$\text{Varyans} = 400 + 400 + \dots + 400 = 80 \cdot 400 = 32,000 \text{ adet bulunur.}$$

Bu sonuçlar iki yaklaşım açısından karşılaştırılabilir. Modüler yaklaşımda modülün standart sapması varyansın kare köküne eşittir. Dolayısıyla:

$$\text{Modüle ait standart sapma} = \sqrt{32000} = 178.9$$

Modül için, standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranı hesaplanırsa, %2.24 (=178.9/8000) oranı bulunur. Yine talep %99.7'lik bir yüzdeyle  $\mu-3\sigma$  ile  $\mu+3\sigma$  aralığında olacaktır. Yani aritmetik ortalamanın %6.7'si (=3 · 2.24) kadar artı ve eksi yönde sapmalar (değişkenlik) söz konusu olacaktır. Sonuçta üretici veya tedarikçi zamanının %99.7'lik bir bölümünde taleplerde %6.7 artı eksi değişkenlikle karşı karşıya kalacaktır.

Modüler yaklaşım sayesinde neredeyse değişkenlik %90 (0.88 = 0.60 - 0.067 / 0.60 ) oranında azaltıldı.

- Yüksek elde bulunma olasılığı (O'Grady, 1999): bir ürünün üretilmesi için bütün parçalarının hazır bulunması gerekir. Eğer bir parça dahi eksikse ürünün üretimi mümkün olmayacaktır. Bütün parçaların üretime hazır bir şekilde elde bulunma olasılığı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\text{Bütün parçaların elde bulunma olasılığı} = y^x \quad (4.7)$$

Ürünün montajı için gerekli toplam parça sayısı x ve her bir parçanın elde bulunma olasılığı y ile ifade edilsin<sup>18</sup>. Eğer bütün parçaların elde bulunma olasılığı farklı ise formül şu şekilde ifade edilir:

$$\text{Bütün parçaların elde bulunma olasılığı} = y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \cdot \dots \cdot y_n \quad (4.8)$$

---

<sup>18</sup> Burada bütün parçaların elde bulunma olasılığı eşit alınmıştır.

Basit bir örnek ile bu konuda geleneksel ve modüler yaklaşım arasındaki fark vurgulanabilir. Örneğin bir yazıcının üretimi için yukardaki olasılık değerleri her iki yaklaşım için hesaplanmak istensin. Geleneksel yaklaşım çerçevesinde yazıcının üretimi için toplam 200 adet parçanın elde bulunması gerekiyor olsun ve her parçanın elde bulunma olasılığı eşit olsun. Tablo 5.7’de değişik parça elde bulunma olasılıkları için bu hesaplamaların sonuçları gösterilmektedir.

*Tablo 5.7 Geleneksel yaklaşımda parçaların elde bulunma olasılıkları*

| Her bir parçanın elde bulunma olasılığı | Bütün parçaların elde bulunma olasılığı |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| % 95                                    | $(0.95)^{200} = \% 0$                   |
| % 99                                    | $(0.99)^{200} = \% 13.4$                |
| % 99.5                                  | $(0.99.5)^{200} = \% 36.7$              |

Aynı hesaplama modüler yaklaşım için yapılsın. Burada farklı olan nokta 200 parçalı yazıcının artık modüllerden oluştuğu ve modül sayının parça sayısından daha az olduğudur. Örneğin modül sayısının altı olduğu düşünülün. Bu durumda yeni olasılıklar Tablo 5.8’de hesaplanmıştır.

*Tablo 5.8 Modüler yaklaşımda parçaların elde bulunma olasılıkları*

| Her bir parçanın elde bulunma olasılığı | Bütün parçaların elde bulunma olasılığı |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| % 95                                    | $(0.95)^6 = \% 73.5$                    |
| % 99                                    | $(0.99)^6 = \% 94.1$                    |
| % 99.5                                  | $(0.99.5)^6 = \% 97$                    |

Hesaplamalar şunu gösteriyor, ürün modüler olarak tasarlanırsa tüm parçaların elde bulunma olasılığı daha yüksek olacaktır, bu da gecikmeleri azaltacak ve müşteriye daha kısa zamanda veya gecikmeden ürünün teslimini sağlayacaktır.

- Ürün/bileşen değişim olanağının artışı: modüllerin arayüzleri çok titiz bir şekilde belirlendiği için bu kurallara uymak şartıyla modül, diğer modüllerden bağımsız bir şekilde geliştirilebilir. Bu yüzden değişen bir talep karşısında, modüllerde diğer modüllerden bağımsız şekilde kolaylıkla değişiklikler yapılabilmekte veya bir modül yenisiyle ikame edilebilmektedir. Küçük yada büyük bir çok değişiklik ilgili modüllerde yapılan modifikasyonlar ile halledilebilir. Bu da ürünlerde ve bileşenlerde değişiklik yapma olanağını arttırmaktadır.
- Kolay terfi, bakım, tamir, düzen: iyi tanımlanmış arayüzler ve birbirinden bağımsız geliştirilebilen modüller ürünün aynı zamanda bakımını, tamirini ve daha yüksek bir modele terfisini kolaylaştırmaktadır. Çünkü sorunlar lokal anlamda (modül bazında) analiz edilmektedir.
- Basit kontrol: modüler yapının daha az karmaşık olması kontrolü de kolaylaştırmaktadır. Böylece kontroller de modül bazında odaklanmaktadır. Daha esnek, ademi merkezi ve açık kontroller söz konusu olacaktır.

## **5.7 Modülerlik Yaklaşımında Dezavantajlar Ve Kısıtlar**

Modülerlik bazı durumlarda olumsuz sonuçlar verebilir. Bu uygulanmak istenen sistemin yapısından kaynaklanabileceği gibi, modülerlik yaklaşımının yanlış uygulanmasından veya modülerliğin dezavantajlarından kaynaklanıyor olabilir. Bu durumda modüler yaklaşımı uygulamada bazı kısıtlar ve dezavantajlar söz konusudur.

Modüler yaklaşımın, doğru uygulanmadığında sorun çıkarabilecek önemli zorluklarından biri ilk tasarım sürecidir (O'Grady,1999). Ürün mimarisinin ve modüllerin belirlendiği bu aşamada birçok kısıt altında, geliştirme grupları tecrübelerine dayanarak açık tasarım kurallarını tanımlar. Bu kurallar arayüzleri, modülleri ve testleri tanımlamaktadır. Bu aşama hem zor hem uzun zaman almakta hem de masraflıdır. Bir kere tanımlandığı vakit uzun bir süre değişmeyecektir ve yeni ürün geliştirmek çok daha kolay ve hızlı olacaktır çünkü tanımlanmış standart kurallar ve geliştirilmeye yatkın modüller söz konusudur.

Bir başka önemli nokta modüllerin az sayıda tutularak değişik görevleri yerine getirmesinin istenmesidir. Bunun sakıncası, sadece o işi yapmak üzere belirlenmiş bir tasarıma göre performansının daha düşük olmasıdır, çünkü bulunduğu üründe kullanmayacağı fazlalık olan görevler vardır ve böylece performansının tamamını asıl görevinde kullanamayacaktır. Modül sayısının yönetilebilir bir seviyede olması aslında doğrudur ama bu durumda performans göz ardı edilmemelidir.

Örneğin, yazılım modüllerinde alternatif kod grupları mevcuttur. Uygulama sırasında ihtiyaca uygun olan ilgili kod grubu kullanılacaktır. Fakat modülün içindeki diğer kodlar fazlalıktır ve boş yere hafızada yer kaplamaktadır.

Önemli olan yeni bir kod yazacak kadar zamanın olmaması ki bu gerçek hayatta karşılaşılan en büyük sorundur ve sonuçta ilgili kodların hafızada kapladığı yer ikinci plana düşmektedir. Ama performansın çok kritik bir parametre olduğu sistemlerde ihtiyaca yönelik daha spesifik modüller tasarlanarak bu olumsuzluk giderilebilir.

Üçüncü bir kısıt çok düşük hacimli ve özellikli ürünler için modülerliğin çok anlamlı olmamasıdır. Daha genel amaçlı modül kullanımı mümkün değildir, çünkü her ürün birbirinden çok farklılık gösteriyor ve neredeyse her ürün ayrı bir ürün sınıfı oluşturuyor. Bu durumda türünden çok modül gerekebilir.

Fiziksel unsurların önem kazandığı tasarımlarda yine modülerlik yaklaşımı uygun olmayabilir. Özellikle performansın kütle, hacim ve şekil gibi değişkenlerin fonksiyonu ise bütünleşik mimariler kullanmak daha uygundur.

Önemli bir konu, modüllerin değişik kombinasyonu sonucu oluşan sistemlerin ne kadar iyi çalışacağı ve performansının ne olacağıdır. Örneğin 5 modül ve her bir modülün 4 alternatifi olsun, öyleyse 625 değişik kombinasyon söz konusu olacaktır. Bu kombinasyonlar içinden bir kaç tanesi üstün performans gösterecektir ama diğerlerinin performansı düşük olabilir. Bu durumda sadece müşteri istediği için düşük performanslı bir sistem üretilmeli midir? Bu yönden bütünleşik sistemler optimum performansı sunabilmektedir. Ödünleşim ile hangi yaklaşımın daha uygun olacağı düşünülmelidir.

Son bir önemli nokta, modüler sistemlerde varyant sayısının çok yüksek olmasından kaynaklanabilecek karmaşıklılıktır. Sistem karmaşıklığını düşürmek için kullanılan modülerlik yaklaşımı yeni bir karmaşıklık yaratabilir. Örneğin 5000'in üzerinde varyantın takibi ve yönetimi zorlaşacaktır.

## **5.8 Modülerliğin Kullanıldığı Alanlar ve Şirketler**

Modülerlik yaklaşımı bir çok alanda bilinçli veya bilinçsiz uygulanmaktadır. Bu alanlara bazı örnekler, matematik, bilgi yapıları ve dil geliştirme, biyolojik anatomi, sosyal sistemler ve teknolojidir (Schilling, 2000). Özellikle ürün ve hizmet bazındaki bazı belirgin örnekler şöyle sıralanabilir, uçaklar, otomobiller, elektronik eşyalar, ev aletleri, kişisel bilgisayarlar, yazılımlar, test aletleri (Sanchez ve Mahoney 1996), yayıncılık, sağlık hizmetleri (Schilling, 2000), finansal hizmetler (O'Grady, 1999).

Bu ürün ve hizmet örneklerini arttırmak mümkündür. Zamanla hizmet sistemleri de modüler yaklaşımı benimsemeye başladı. Özellikle şirket ortaklıkları şeklinde sunulan hizmetler modüler yapıya uygunluk göstermektedir. Buna en güzel örnek Fidelity adındaki finansal hizmetler sunan bir şirkettir. Bankers Trust Company adlı şirketle yapılan anlaşmada endeks fon yönetim modülünü Fidelity adına üstlenmiştir. Bunun sebebi rekabete devam etmek için artan sayıda finansal hizmeti vermesi ve bunu da düşük maliyetlerle ve yüksek performansla başarması gerektiğidir. Böylece Fidelity kendi çekirdek yetkinliklerine odaklanma fırsatı da bulmuş olacaktır.

Modülerlik yaklaşımını benimsemiş diğer bazı büyük şirketler şunlardır (O'Grady,1999), (Baldwin ve Clark, 2000), (Post, 1997):

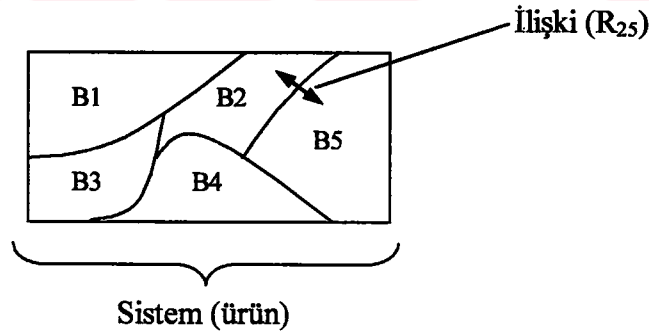
- Microsoft
- Boeing
- Chrysler
- 3Com
- Motorola
- Swatch
- Nippondenso
- Ford
- Telemecanique
- Northern Telekom
- Sun Microsystems
- IBM
- Cisco
- Baan

## 6. MODÜLERLİK YAKLAŞIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, literatürde yer alan temel modülerlik yaklaşımları karşılaştırılacaktır. Literatürdeki çeşitli yaklaşımları temsil etmeleri dolayısıyla toplam altı araştırmacı ve araştırmacı grup seçilmiş, değerlendirme on iki değişik kriter üzerinden yapılmıştır. Karşılaştırma yapılmadan önce her bir araştırmacının ve araştırma grubunun modülerlik konusundaki temel görüşleri, metodolojileri ve modelleri kısaca özetlenmiştir.

### 6.1 Ron Sanchez'in Modülerlik Yaklaşımı

Sanchez ve Mahoney (1996) modülerliği, bir sistemi oluşturan gevşek bağlı bileşenler arasındaki hiyerarşik koordinasyonu sağlayan bir tasarım şekli olarak tanımlar. Sanchez'in burada bahsettiği hiyerarşik koordinasyon, karmaşık sistemlerde bileşenleri bir arada tutan kurallar olarak açıklanabilir. Tanımdan da anlaşıldığı üzere modülerlik görüşünü gevşek bağlı bileşenler tanımı üzerine kuruyor. Aynı zamanda modülerliğin stratejik esnekliğe (Sanchez,1995) neden olduğunu savunur.



Şekil 6.1 Ürün, bileşenler ve bileşenler arasındaki ilişkiler.

Şekil 6.1'deki yapı dikkate alınarak aşağıdaki eşitlikler kurulmuştur.

$B_i$  : i. gevşek bağlı fonksiyonel bileşenin,  $f(B_i)$  : i. gevşek bağlı bileşenin fonksiyonu

$R_{ij}$  : i. ve j. bileşenlerin arasındaki ilişkiler

$G_{ij}$  : i. bileşenin j. bileşenden girdisi

$C_{ij}$  : i. bileşenin j. bileşene çıktısı

$G_{ijk}$  : i. bileşene j. bileşenden gelen k. girdi

$C_{ijk}$  : i. bileşenden j. bileşene giden k. çıktı

Bu durumda şu sonuçlar çıkarılabilir:

$$G_{ij} = \sum G_{ijk} , \quad C_{ij} = \sum C_{ijk} , \quad R_{ij} = G_{ij} - C_{ij}$$

$$\text{Ürün mimarisi} = \sum R_{ij} - \sum B_i \quad (\text{Sanchez , 1995'dan uyarlanmıştır}) \quad (5.1)$$

$$\text{Ürün} = \sum f(B_i) \quad (\text{Sanchez ve Mahoney, 1996'dan uyarlanmıştır}) \quad (5.2)$$

Sanchez, modülerliğin stratejik yönü ve bilgi yönetimi, öğrenme ile ilişkisi konusunda ilk çalışmaları yapan araştırmacılardan biridir. Özellikle modülerliği ürün kapsamında kısıtlamamış ve süreç modülerliğini oradan da organizasyonel modülerliği tanımlamıştır. Bu konudaki en önemli çalışması organizasyonların modüler tasarımı için ortaya koyduğu temel operatörler ve örnek şablonlardır (Worren ve Sanchez, 2000). Bu operatörler ışığında şablonlar kullanılarak bir modüler organizasyonun değişimlere karşı nasıl tepki vereceği (değişime uygun yapının nasıl oluşacağı) ortaya konulmaya çalışılıyor.

Genel olarak kavramsal modeller üzerinde durmuştur.

## 6.2 Peter O'Grady'nin Modülerlik Yaklaşımı

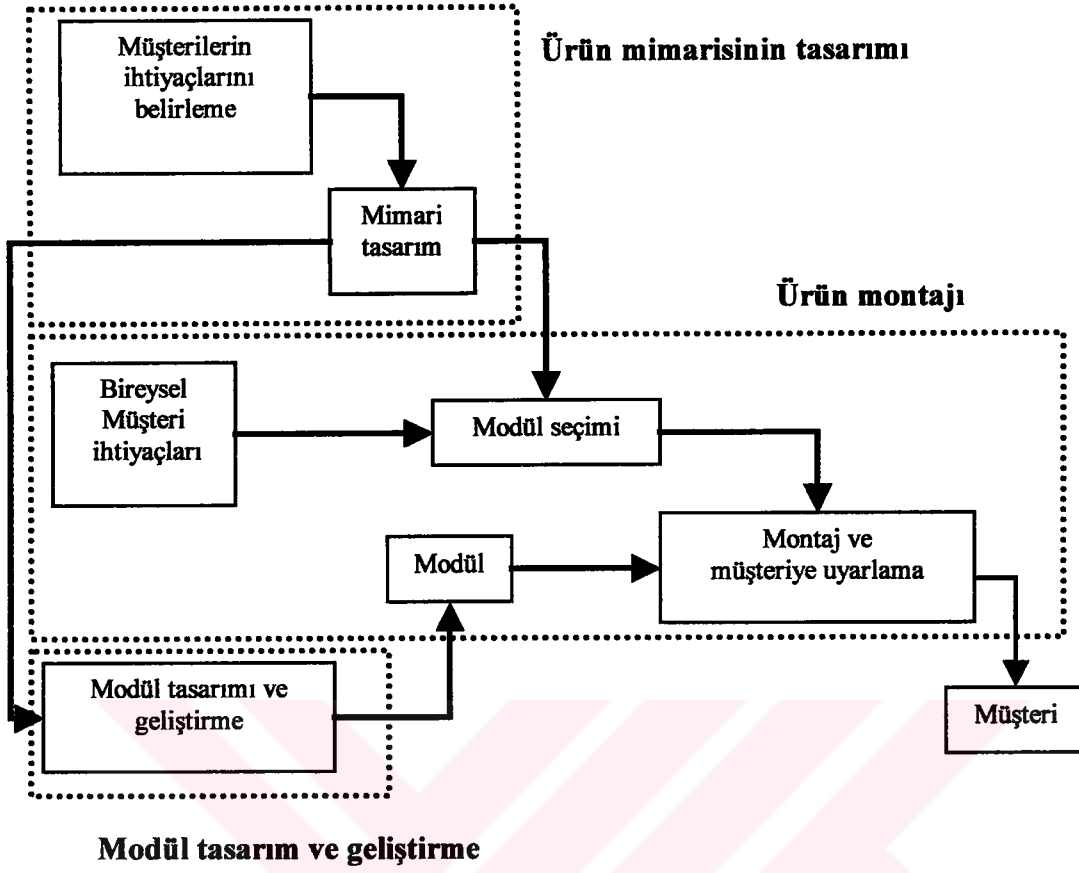
Modülerlik için hem kavramsal hem de sayısal yöntemler geliştirmiştir. O'grady endüstri mühendisliği yaklaşımı ile modülerlikle ilgili değişik konulara öz ve bütünsel olarak değinmiştir.

Özellikle uygulamalarına dayanan fiziksel ve soyut modüller ayırımını yapmıştır. Aslında bu görüş ürün, hizmet ayırımına da işaret etmektedir.

Modülerlik için iş stratejileri, modül tedarikçisi ve modül bütünleştirici stratejilerini tanımlamıştır. Modüler tedarik zinciri (O'Grady, 1999) tanımını yapmış ve modüler yaklaşımın bu alandaki avantajlarını ortaya koymuştur.

Modülerlik çalışmaları özellikle bilgi teknolojileri ve elektronik ticaret alanında yoğunlaşıyor.

Ortaya koyduğu modülerlik süreci Şekil 6.2'de özetlenmiştir.



*Şekil 6.2 Modülerlik süreci (O'Grady, 1999)*

Genel olarak modüler ürünlerin veya hizmetlerin üretildiği organizasyonların yapısının nasıl olması gerektiğini tanımlamıştır. Aşağıda bu özellikler başlıklar halinde verilmiştir:

- Müşteri odaklı
- Akıcı (fluid) organizasyon
- Değişimlere hızlı karşılık verebilme
- Fonksiyonlar arası
- Düşük hiyerarşi
- Anlaşılır, tutarlı ve ortak amaçlar

O'Grady aslında modüler organizasyonlar için ipucu vermiştir.

### 6.3 MIT Grubu'nun Modülerlik Yaklaşımı

Mühendislik Tasarım Araştırmaları Laboratuvarı ve Ürün Geliştirmede Yenilikler Merkezi MIT'nin modülerlik konusunda araştıran alt gruplarıdır. Bu alt gruplarda yer alan ve burada bahsi geçen çalışmaları yapan araştırmacılar arasında Kevin N. Otto, Javier Gonzalez-Zugasti, Jeffrey B. Dahmus, Erik Zamirowski, Janet S. Yu, Manuel E. Sosa bulunmaktadır.

MIT grubu modülerliğe tasarım ağırlıklı yaklaşmıştır. Özellikle ürün ve ürün portföyü ayrımı yapılarak her iki konu için de modülerlik tanımı yapılmıştır<sup>19</sup>. Böylece sadece ürün tasarımında kullanılabilecek modüller yerine bir ürün grubunda paylaşılarak kullanılan modüllerin veya platformların tanımları yapılmıştır.

Modüler tasarımda yaygın olarak fonksiyonlar temel alınmıştır. Böylece fonksiyonel yapıda yer alan fonksiyonel birimlerden ürünün fiziksel bileşenlerine bire bir eşleme yapılarak bileşenler arasındaki ayrıştırıcı arayüzler tanımlanır (Ulrich,1995).

Fonksiyon temelli bu yapıdan yola çıkarak bir tasarımı modüler hale çevirmek için hem sayısal hem de kavramsal yöntemler geliştirmişlerdir. Özellikle, geliştirilen sezgisel metot ürün ve ürün ailesi için kullanılabilecek modüllerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Dahmus ve diğ. , 2000), (Zamirowski ve Otto, 1999b).

Bir başka geliştirilen yöntem ile müşteri ihtiyaçları göz önüne alınarak bir ürün ailesinin mimarisi belirlenmektedir. Burada ürün için belirlenen ihtiyaçların modüler mi yoksa yekpare mi olacağına karar verilmektedir. Pazar araştırması yapılan yöntemde istatistiksel analizler kullanılmaktadır (Yu ve diğ. , 1999), (Otto ve diğ., 1999).

MIT grubunda geliştirilen diğer bir çalışma platform esaslı ürün ailesi tasarımları için optimizasyon yaklaşımıdır. Çok amaçlı optimizasyonun ve çözümü için genetik algoritmanın kullanıldığı yaklaşımda ürün ailesi içindeki her ürün için optimum modül alternatifleri ve modüller için optimum hedef değerleri bulunmaktadır (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000)

Değişik modül kombinasyonlarının değerleri bulmak için gerçek opsiyonlar (real options) yöntemini önermişlerdir (Gonzalez-Zugasti ve diğ., 1999).

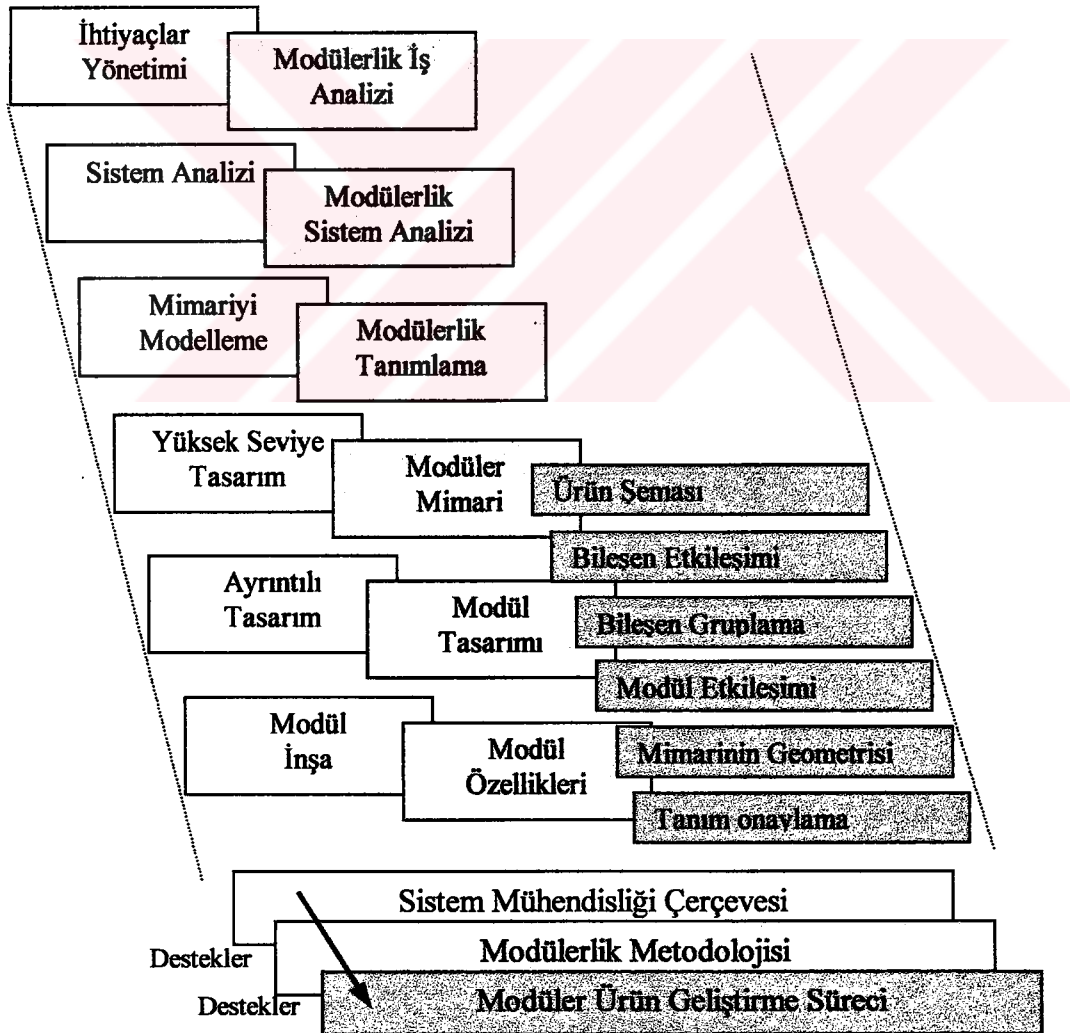
---

<sup>19</sup> Bu konulara üçüncü ve dördüncü bölümlerde değinilmişti.

Ayrıca ürün tasarımı ve tasarım grupları arasındaki ilişki incelenmiştir. Tasarım arayüzlerinden faydalanılarak modüler yapılarda tasarımın, tasarım grupları arasındaki iletişimi etkilediğini araştırmışlardır (Sosa ve diğ., 2000).

#### 6.4 R. Marshall ve P.G. Leaney'in Modülerlik Yaklaşımı

Sistem mühendisliği bakış açısını benimsemiş bu araştırmacılar modülerliğe üç seviyeli hiyerarşik bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemin ilk seviyesi sistem çatısıdır. Beklenti gruplarının isteklerinin yönetimi , bu istekleri karşılayacak fonksiyonların analizi ve fonksiyonlardan fiziksel bileşenlere eşleme şeklinde genel bir çerçeve çizilmektedir. İkinci seviye modülerlik metodolojisidir. Burada modüler ürün geliştirme sürecinin alt yapısı hazırlanıyor. Aynı zamanda birinci seviyeyi üçüncü seviyeye bağlıyor. Üçüncü seviyede modüler ürün geliştirme süreci ayrıntılı olarak tanımlanıyor. Bu seviyeler Şekil 6.3'de ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Şekil 6.3 Modülerlik Paradigması ( Marshall ve Leaney, 1999)

Diğer önemli bir nokta araştırmacıların modül ile bileşen arasındaki farklılığı tanımlamış olmasıdır. Bu farklılığı ortaya koyan maddeler şunlardır (Marshall ve Leaney, 1999):

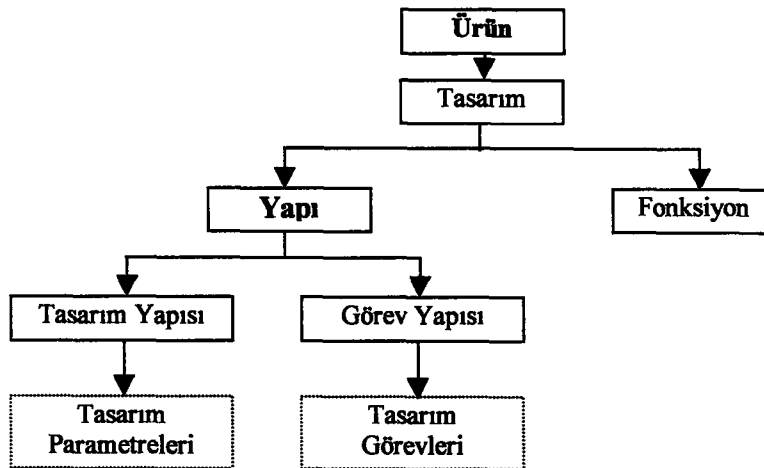
- Modüller, ürünü, imalat sistemini, işletmeyi vb. oluşturan işbirlikçi alt sistemlerdir.
- Modüllerdeki temel fonksiyonel etkileşimler modüller arasından çok modüllerin içindedir. Bir başka deyişle modüllerin etkin çalışmasının nedeni birbirleriyle birleşmesi değil, kendi iç yapılarıdır.
- Modüller , sistemden isole edilmiş şekilde test edilebilecek bir yada daha fazla iyi tanımlanmış fonksiyona sahiptir.
- Modüller bağımsız olup, benzer birimlerinin kombinasyonu ve configürasyonu ile birbirinden tamamen farklı çıktılar verebilirler.

Araştırmacılar kullanılan yöntemden bağımsız olarak modüler tasarımda mutlaka uyulması gereken modülerlik prensipleri tanımlamıştır.

Özellikle ürün süreç entegrasyonuna değinen araştırmacılar modüler yapıların bu bütünleşmeyi arttırdığını savunuyor ve holonic imalat sistemlerine, holonic teşebbüslere dikkat çekiyor.

#### 6.5 Kim Clark'ın Modülerlik Yaklaşımı

İkinci bölümde tasarımın iki alt bileşeni olduğundan bahsedilmişti. Bunlar yapı ve fonksiyondur, Şekil 6.4.



Şekil 6.4 Tasarımın hiyerarşik yapısı

Bir çok araştırmacı modülerlik yaklaşımında fonksiyon seçeneğinde odaklanmışken, Clark bu konudaki tercihini yapı seçeneğinde kullanmış. Ürünün tasarımının, geliştirilmesinin, modüler yapıya dönüştürülmesinin tasarım ve görev yapıları ile mümkün olacağını, fonksiyonların bunun için çok değişken ve çeşitli olduğunu savunmaktadır.

Her tür tasarım için ve özellikle modüler tasarım için, tasarım yapı ve görev yapı matrislerini kullanmıştır. Tasarım yapı matrisi, ürünü oluşturan tasarım parametrelerinin arasındaki ilişkiyi tanımlar, Şekil 6.5. Görev yapı matrisi ise bu parametrelerle ilgili verilen kararların birbiriyle ilişkisini tanımlar, Şekil 6.6.

|    | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 |
|----|----|----|----|----|----|
| x1 | •  | x  |    |    |    |
| x2 | x  | •  |    |    |    |
| x3 |    |    | •  | x  | x  |
| x4 | x  |    | x  | •  | x  |
| x5 |    |    |    | x  | •  |

Şekil 6.5 Tasarım yapı matrisi

|        | Görev1 | Görev2 | Görev3 | Görev4 | Görev5 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Görev1 | •      | x      |        |        |        |
| Görev2 | x      | •      |        |        |        |
| Görev3 |        |        | •      | x      | x      |
| Görev4 | x      |        | x      | •      | x      |
| Görev5 |        |        |        | x      | •      |

Şekil 6.6 Görev yapı matrisi

Clark, bu matrisler ışında modüller bir tasarım için parametreleri iki sınıfa ayırıyor, görünür bilgi ve gizli bilgi (parametreler). Görünür bilgi, modüler tasarımda herkese açık ve uyulması gereken kuralları tanımlar. Gizli bilgi ise modül tasarımında kendine özgü ve herkese açık olmayan kurallardır. Özellikle açık tasarım kuralları için tanımladığı bilgiler önemlidir:

- **Mimari.** Sistem hangi modüllerden oluşuyor ve her bir modülün rolü nedir.
- **Arayüz Değişik** modüllerin nasıl etkileştiğinin (uyum, bağlantı, iletişim) detaylı tanımlaması.
- **Bütünleştirme** kuralları ve test standartları. Sistemin, tasarımcılar tarafından monte edilebilmesini ve performansının ölçülebilmesini sağlayan prosedürler.

Bir tasarımı modüler yapmak ve değişimlere göre uyarlamak için altı adet modüler operatör tanımlamıştır, ayırma, ikame, ekleme, çıkarma, yer değiştirme ve aktarmadır. Bunlardan ilk ikisi bir tasarımı modüler hale çevirmek için kullanılırken, diğerleri modüler olan bir tasarımın değişimlere karşı vereceği tepkileri tanımlar. Dolayısıyla bu operatörlerin kullanımı sonucu oluşturulan yeni tasarımların değeri için gerçek opsiyonlar (real options) analizini önermektedir.

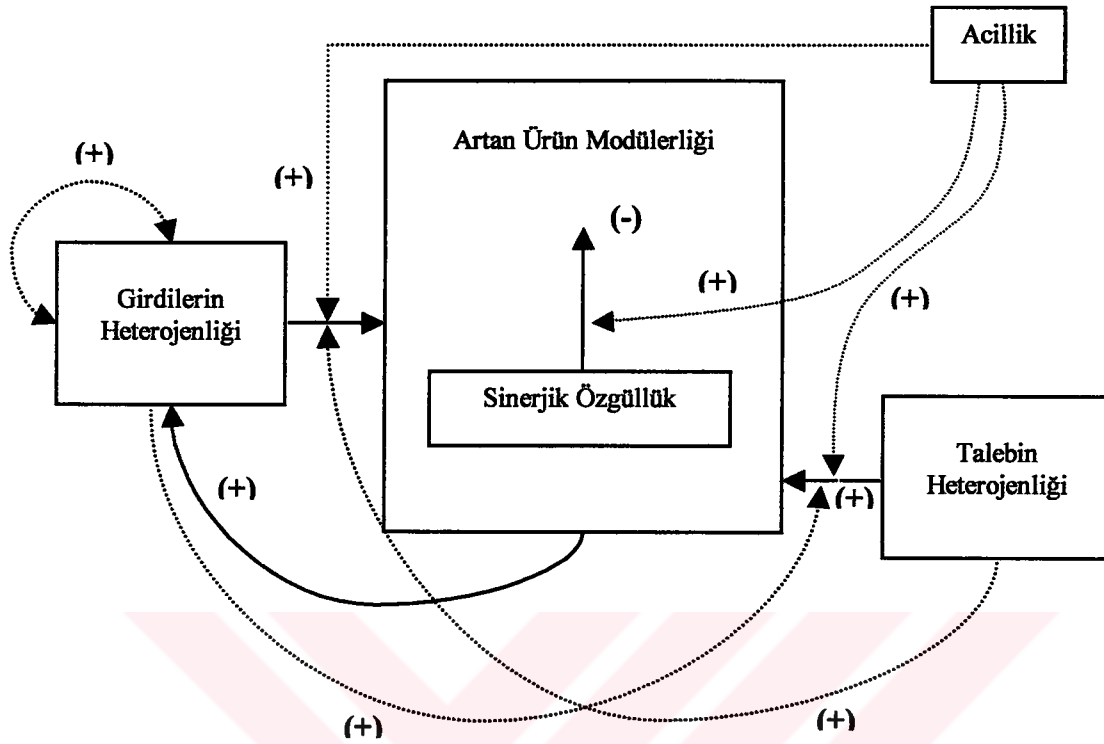
Literatürde ilk kez Clark tarafından tanımlanan önemli bir konu modüler kümelerdir (modular clusters). Modüler küme, bir takım modüler tasarımların gelişimine katkıda bulunan firmalar ve pazarlar grubudur (Baldwin ve Clark, 2000). Modüler bir ürün grubunun tasarımının, üretiminin, tedarikinin geniş bir kitleye yayılması ve değişen veya yeni oluşan bu endüstriyel topluluğun bir modüler küme oluşturmasıdır. Modüler kümeler üzerinden değişik stratejiler tanımlamıştır.

## **6.6 Melissa A. Schilling'in Modülerlik Yaklaşımı**

Modülerlik konusunu bir sistem kavramı olarak yansıtmakta ve bir sistemin bileşenlerinin birbirinden ayrıştırılabilmesi ve tekrar birleştirilebilmesinin derecesi olarak tanımlamıştır (Schilling, 2000).

Özellikle yapmış olduğu araştırmalarda sistemlerin modüler olmaya doğru gitmesini veya ondan uzaklaşmasını etkileyen faktörleri bulmaya çalışmış ve ispatı yapılmamış bir öneri model geliştirmiştir, Şekil6.7.

Genel olarak değişik sistemlerin dalların modülerlik ile ilişkisine değinmektedir ve özellikle modüler organizasyonlar üzerinde çalışmalar yapmıştır.



Şekil 6.7 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling, 2000).

## 6.7 Modülerlik Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Literatürdeki çeşitli yaklaşımları temsil etmeleri dolayısıyla toplam altı araştırmacı ve araştırmacı grup seçilmiş, değerlendirme on iki değişik kriter üzerinden yapılmıştır. Bu kriterler şöyle sıralanabilir:

1. Modülerlik yaklaşımı ürün / ürün portföyü üzerinde yoğunlaşıyor.
2. Modülerlik yapı / fonksiyon üzerinde yoğunlaşıyor.
3. Fiziksel / Soyut (ürün / hizmet) modüller tanımlanıyor.
4. Modüler ürün / süreç / organizasyon araştırılıyor.
5. Tasarım / üretim / kullanım modülerliği araştırılıyor.
6. Tasarım öncesi modüler yapıya uygunluk analizi yapılıyor.
7. Müşteri istekleri dikkate alınıyor.

8. İş / Fonksiyonel stratejiler geliştiriliyor.
9. Modüler tasarım geliştirmek için bir metodoloji önerilmiş.
10. Geliştirilmiş metodoloji kavramsaldır / sayısaldır.
11. Modüllerin optimum kombinasyonu hesaplanıyor.
12. Modüler tasarımın performansı ..... yöntemi ile değerlendiriliyor.

Bu kriterlere göre altı araştırmacı ve araştırmacı grup aşağıda verilen Tablo 6.1'deki şekilde değerlendirilmiştir. Kriterler numaraları ile temsil edilmektedir.

*Tablo 6.1 Modülerlik yaklaşımlarının karşılaştırılması.*

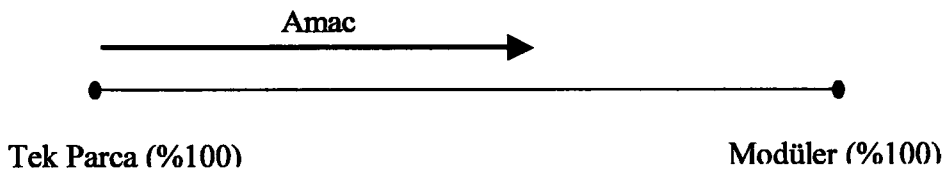
|           |    | Araştırmacılar    |                   |                   |                   |                   |                   |
|-----------|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|           |    | Sanchez           | O'Grady           | MIT               | Marshall          | Clark             | Schilling         |
| Kriterler | 1  | Ürün              | Her ikisi         | Her ikisi         | Ürün              | Ürün              | Ürün              |
|           | 2  | -                 | Fonksiyon         | Fonksiyon         | Fonksiyon         | Yapı              | -                 |
|           | 3  | Her ikisi         | Her ikisi         | Fiziksel          | Fiziksel          | Her ikisi         | Her ikisi         |
|           | 4  | Her üçü           | Ürün, Org.        | Ürün              | Ürün, Süreç       | Ürün              | Ürün, Org.        |
|           | 5  | Tasarım           | Tasarım, Kullanım | Tasarım           | Tasarım, Üretim   | Tasarım           | Tasarım, Kullanım |
|           | 6  | Hayır             | Hayır             | Hayır             | Hayır             | Hayır             | Evet              |
|           | 7  | Evet              | Evet              | Evet              | Evet              | Hayır             | Evet              |
|           | 8  | İş ve Fonksiyonel | İş ve Fonksiyonel | Fonksiyonel       | İş ve Fonksiyonel | Fonksiyonel       | -                 |
|           | 9  | Hayır             | Evet              | Evet              | Evet              | Evet              | Hayır             |
|           | 10 | -                 | Her ikisi         | Her ikisi         | Her ikisi         | Her ikisi         | -                 |
|           | 11 | -                 | Evet              | Evet              | Hayır             | Hayır             | -                 |
|           | 12 | -                 | Nesne yönelimli   | Gerçek opsiyonlar | -                 | Gerçek opsiyonlar | -                 |

## 7. MODÜLER ÜRÜN TASARIMI İÇİN ALTERNATİF BİR YÖNTEM

Literatürde modülerlik ile ilgili birbirinden çok farklı, dağınık yöntemler söz konusudur. Özellikle ürün ve organizasyon modülerliği üzerinde değişik araştırmalar yapılmıştır. Bu konularda sayısal ve kavramsal modeller geliştirilmiş, modülerliğin değişik alanlarına oldukça dar odaklanılmıştır. Dolayısıyla yöntemlerin birbirleri ile fazla bir ilişkisi olmadığı gibi baştan sona bir uygulama geliştiren de çok azdır. Bunun en büyük nedeni bu daldaki literatürün 90'lı yıllarda oluşmaya başlamasıdır. Uygulamaları çok daha eskiye dayanan modülerliğin bilimsel alt yapısı son on yılda güçlenmeye başlamıştır.

Bu çalışmada, bahsedilen eksiklikten dolayı modülerlik konusunda baştan sona bütünsel bir yöntemin geliştirilmesi amacı güdülmüştür. Daha önceki bölümlerde modülerlik konusunda çalışan araştırmacıların çalışmalarına değinilmişti. Bunlardan Sanchez (1996) ve Schiller (2000) modülerlik konusunda ne yapılmalı sorusuna, diğerleri ise nasıl yapılmalı sorusuna cevap aramışlardır. Bu çalışmada hem ne yapılmalı hem de nasıl yapılmalı sorularına yanıt aranacaktır.

Geliştirilen yöntemin misyonu, mevcut bir ürün tasarımını mümkün olabildiğince modüler hale dönüştürmektir Şekil 7.1. Ancak amacın ürüne veya sektöre uygun olup olmadığı yöntemin başında sorgulanıyor. Olumlu yanıt alındığında ister yekpare bir ürün olsun ister modüler her iki durumda da yöntem kullanılabilmektedir. Örneğin, modüler bir ürün için modülerlik derecesi artırılabilir veya yeni müşteri istekleri ürüne adapte edilebilir.



*Şekil 7.1 Geliştirilen bütünsel yöntemin amacı*

Ürünün yeni veya mevcut bir ürün olması bir fark teşkil etmemektedir.

Yöntemde hem kavramsal hem de sayısal çalışmalar söz konusudur. En önemli nokta, modüllerin belirlendiği bölümde birbirinden farklı dört yöntemin

sunulmasıdır. Uygulama sırasında eldeki bilgiye, zamana ve incelenen ürünün veya ürün portföyünün özelliğine bağlı olarak uygun yöntem seçilebilir. İstenilirse de birkaç yöntem aynı anda kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Kullanılan sayısal ve kavramsal yöntemlerin bazıları literatürden<sup>20</sup> alınmıştır. Geliştirilen yöntemle ilgili diğer özellikler Tablo 7.1’de sunulmuştur.

*Tablo 7.1 Geliştirilen yöntemin özellikleri*

| <b>Kriterler</b>                                                   | <b>Geliştirilen Yöntem</b>      |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Modülerlik yaklaşımı ürün / ürün portföyü üzerinde yoğunlaşıyor.   | Ürün ve Ürün Portföyü           |
| Modülerlik yapı / fonksiyon üzerinde yoğunlaşıyor.                 | Yapı ve Fonksiyon               |
| Fiziksel / Soyut (ürün / hizmet) modüller tanımlanıyor.            | Fiziksel ve Soyut               |
| Modüler ürün / süreç / organizasyon araştırılıyor.                 | Ürün                            |
| Tasarım / üretim / kullanım modülerliği araştırılıyor.             | Tasarım                         |
| Tasarım öncesi modüler yapıya uygunluk analizi yapılıyor.          | Evet                            |
| Müşteri istekleri dikkate alınıyor.                                | Evet                            |
| İş / Fonksiyonel stratejiler geliştiriliyor.                       | İş ve Fonksiyonel Strateji      |
| Modüler tasarım geliştirmek için bir metodoloji önerilmiş.         | Evet                            |
| Geliştirilmiş metodoloji kavramsaldır / sayısaldır.                | Her ikisi                       |
| Modüllerin optimum kombinasyonu hesaplanıyor.                      | Evet                            |
| Modüler tasarımın performansı ..... yöntemi ile değerlendiriliyor. | Objectif Matris Yöntemi ve SMIC |

Modülerlik konusunda çalışan bilim adamları işletme, makina, imalat ve tasarım mühendisliği gibi dallarda yoğunlaşmaktadır. Özellikle endüstri mühendisliği bakış

<sup>20</sup> Beşinci bölümde bahsi geçen araştırmacıların bazı yöntemleri kullanılmıştır.

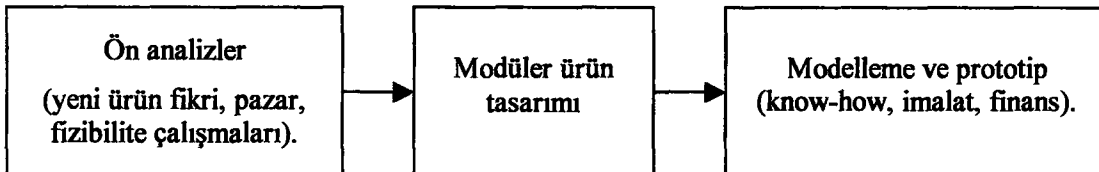
açısıyla geliştirilen bu yöntem bu açıdan ayrı bir öneme sahiptir. Yöntemin adımları kısaca aşağıda özetlenmiştir:

- Ürün, ürün portföyü, sektör ve pazar araştırması. Bu adımda daha sonraki bölümlerde kullanılmak üzere bilgi toplanır. Özellikle modüler tasarımın yapılacağı ürün ve ürün grubu belirlenir.
- Ürün grubunun modülerliğe yatkınlığının analizi. Modüler tasarımı düşünülen ürün grubunun firmadan bağımsız olarak modülerlik yaklaşımına yatkın olup olmadığı araştırılır. Pazar, teknoloji gibi önemli dış etkenler; kurum becerileri, bileşen sinerjisi gibi iç faktörler sorgulanmaktadır. Ürün grubu modülerliğe yatkın ise yönleme devam edilir, aksi halde modüler tasarımdan vazgeçilir. Bu yüzden bu adım oldukça önemlidir ve çok titiz bir araştırma gerektirir.
- Mevcut ürünün modülerlik derecesinin belirlenmesi. Ürün grubunun modülerliğe yatkınlığı onaylandıktan sonra firmanın kendi ürettiği ürün veya ürün grubunun ne kadar modüler olduğu araştırılır. Bu aşama ilerde belirlenecek stratejiler üzerinde etkili olmaktadır ve temel amacı etkilemektedir. Burada yapılan analiz, modülerliğe yatkınlık analizi ile karıştırılmamalıdır. Örneğin, modülerliğe oldukça yatkın çıkan bir ürün grubu tamamen yekpare bir ürün mimarisine sahip olabilir.
- Modülerlik stratejileri. Hem iş hem de fonksiyonel stratejiler geliştirilir. Çalışmanın genel çerçevesi çizilmektedir. Pazar, ürün, tedarik zinciri, ortaklıklar gibi konularda yön belirlenir. Bütün alınan kararlar ürün veya ürün grubu bazındadır.
- Müşteri isteklerini belirleme. Modüler ürünün müşteri ihtiyaçlarını en üst düzeyde karşılayacak şekilde tasarlanması için müşteri istekleri dikkate alınmalıdır. Mevcut ürünle ilgili istekler gelebileceği gibi, yepyeni istekler de dikkate alınmaktadır. Modülerlik, müşteriye özel ürün tasarım anlayışı ile zaten müşteriye işin odağına koymaktadır.
- Müşteri isteklerinin analizi. İlgili müşteri isteklerinin önemli olanlarına odaklanmak ve karşılanamayacak olan isteklerin elenmesi için bir analiz yapılır. Özellikle kalite evi (Hauser ve Clausing, 1988) gibi müşteri isteklerini tasarıma yansıtan yöntemler bu aşamada kullanılmaktadır.
- Modüler tasarım süreci. Burada dört ayrı metot önerilmektedir. İlgili ürüne, zamana, zorluk derecesine ve diğer kriterlere bağlı olarak istenilen yöntem seçilir. İstenirse birden fazla metot kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Kullanılan metotlar literatürden bazı uyarlamalar ile alınmıştır.

- Çok amaçlı optimizasyon. Modüler tasarım sürecinin devamı niteliğindedir. Ancak ürün portföy mimarisi türlerinden modüler platform mimarisi için tasarlanmış bir modeldir. Çok amaçlı optimizasyon ile en iyi modül kombinasyonu ve modüller için hedef değerler bulunur.
- Tasarım grupları ve organizasyonu. Modüler yapının geliştirilmesi (modüllerin geliştirilmesi) için tasarım gruplarının ve uygun organizasyonel yapının belirlenmesidir. Modül tedarikçilerinin seçilmesi de bu adımda gerçekleşir.
- Modül tasarımı ve geliştirme. Modüllerin ayrıntılı tasarımı, modül tedarikçileri ile iletişim konuları belirlenmektedir.
- Modüler sistemin performansı. Mevcut geliştirilen modüler tasarımın performansı ölçülür. Modül kombinasyonları ile oluşan alternatif ürünlerin değerleri belirlenir. Kar, pazar payı, satışlar, müşteri memnuniyeti, ürün testleri ve sayısal metotlar ile performans değerlendirmesi yapılır.

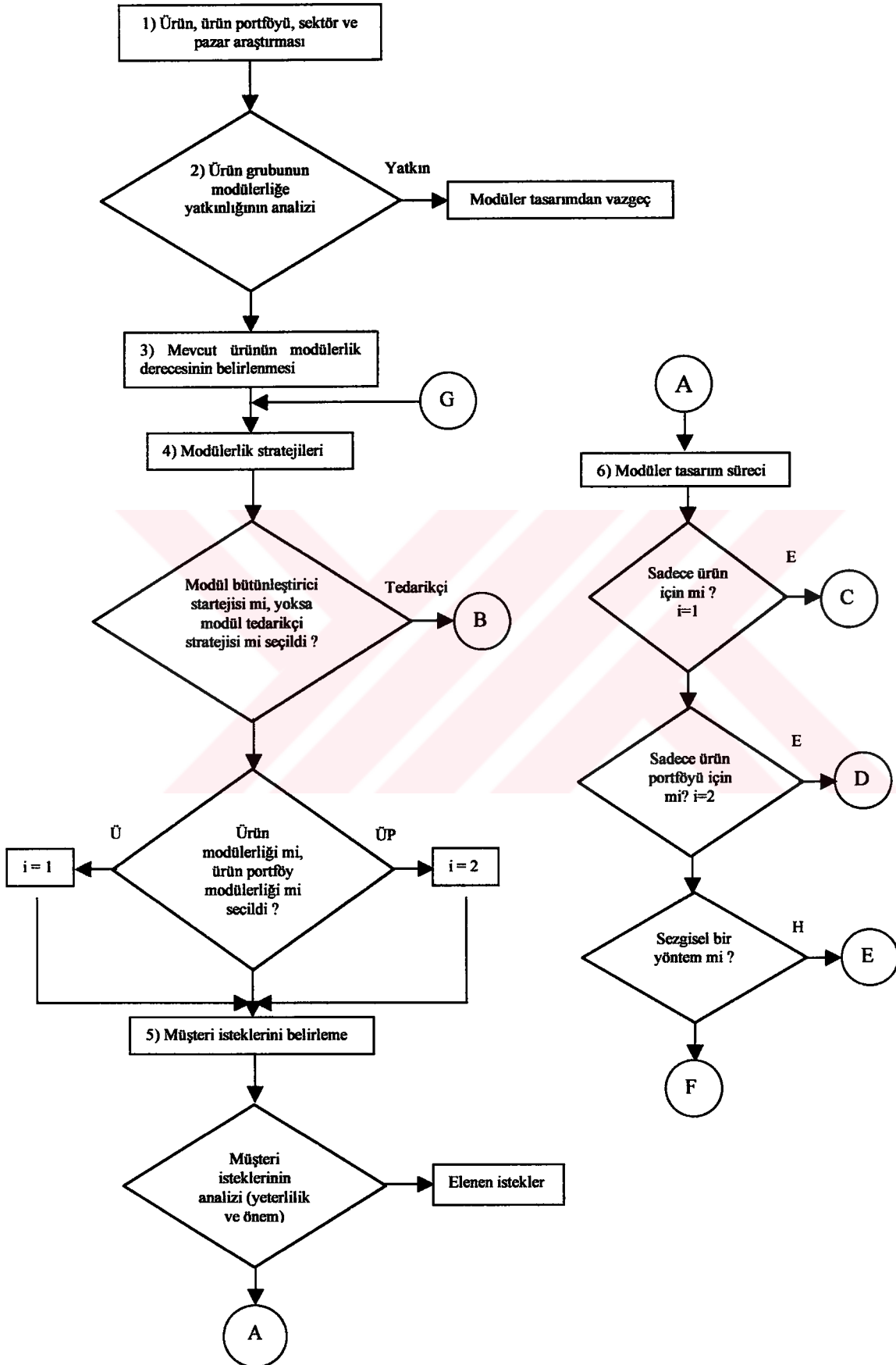
Bütünsel bir modüler ürün (veya ürün grubu) tasarım sürecini tanımlayan bu adımlar istenirse bireysel olarak da uygulanabilmektedir. Örneğin daha önceden modüler olan bir ürün tasarımı için modülerliğe yatkınlığının analizi yapılmak zorunda değildir. Bir başka örnek, ürün portföyü yerine sadece ürünün modülerliği araştırılıyorsa çok amaçlı optimizasyonun kullanılması mümkün değildir.

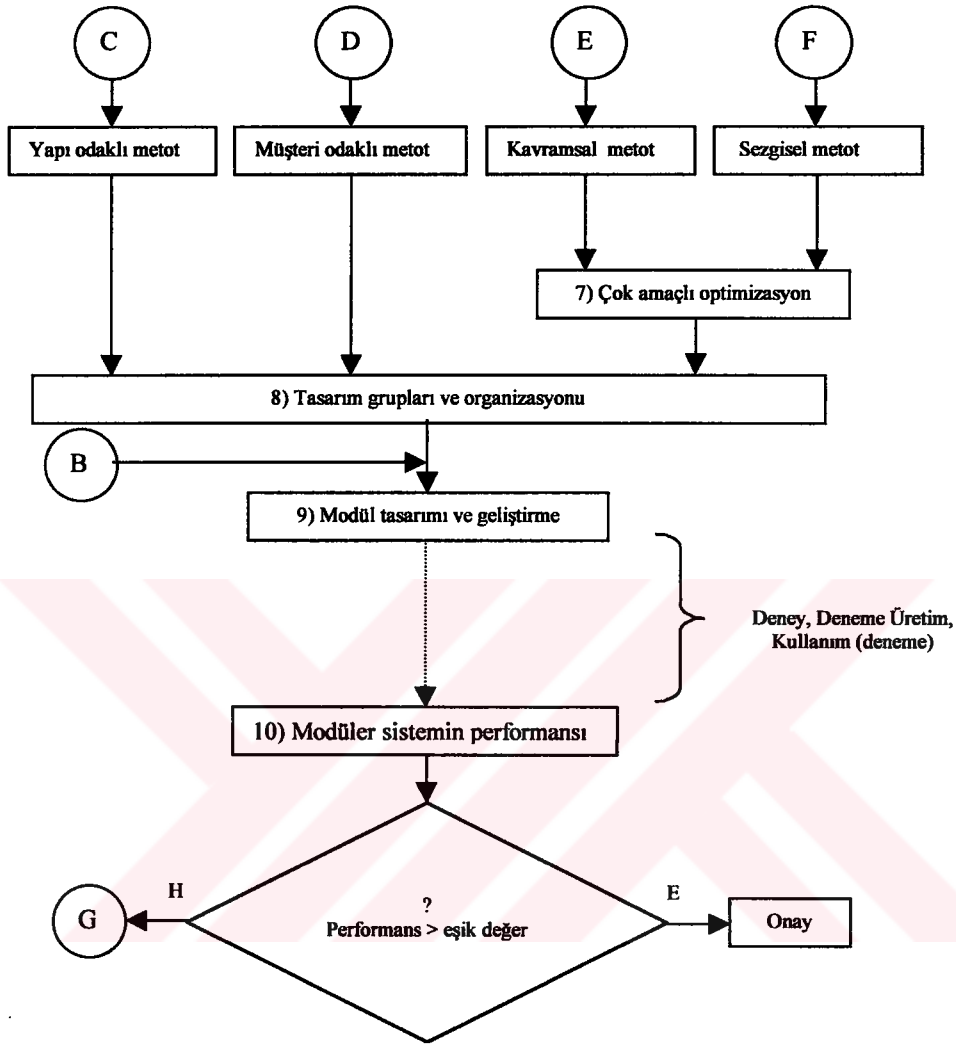
Bu yöntemde mevcut bir ürün geliştirilebileceği gibi yeni bir ürünün modüler yapıya çevrilmesi de mümkündür. Yeni bir ürün geliştirileceği zaman yeni ürün geliştirme yöntemleri ile burada önerilen yöntem bütünleştirilerek kullanılabilir. Çünkü sıfırdan bir ürünü tasarlamak için burada önerilen yöntemden daha önce bazı analizlerin yapılması gerekir. Örneğin ürünün pazar araştırması, fizibilite çalışmaları yapılmalı. Aynı şekilde yöntemden sonra da bazı analizlerin yapılması gerekir. Örneğin uygun know-how'lara sahip olup olunmadığı, beceriler analiz edilir. Modülerliğin yeni bir ürün geliştirme sürecindeki yeri Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Ürün geliştirme süreci

Önerilen yöntemin özet bir akış diyagramı Şekil 7.3'de verilmiştir.





Şekil 7.3 Önerilen yöntemin akış diyagramı.

Yukarıda açıklanan akışın adımları belli bir mantık çerçevesinde gruplanırsa iki ana süreç ortaya çıkar. Bunlar, ürün mimarisi tasarımı ve modül tasarım ve geliştirmedir. Ürün mimarisi tasarım süreci, mimarinin, modüllerin, arayüzlerin ve standartların tanımlandığı süreçtir. Modül tasarım ve geliştirme süreci, modülün şirket veya tedarikçiler tarafından ayrıntılı olarak tasarlanmasını (gizli parametreler) ve geliştirilmesini içerir. Bu bağlamda, makro düzeyde O’Grady (1999)’nin modülerlik süreci benimsenmiştir. Akışta yer almayan üçüncü süreç ürün montajı sürecidir. Bu son süreçte bireysel müşteri istekleri dikkate alınarak bunlara uygun modüller seçilir

ve montajı yapılarak ürün müşteriye sunulur. Aslında akışın devamında üçüncü süreç de vardır, fakat yöntem ilk iki sürece alternatif bir yaklaşım sunmaktadır.

Önemli bir nokta, modülerlik sürecinin ilk iki alt sürecinin (ürün mimarisi tasarımı, modül tasarım ve geliştirme) uzun bir süre için sadece bir kere işletildiği fakat ürün montajı sürecinin müşteri isteklerine bağlı olarak tekrar tekrar uygulandığıdır.

Diğer bir konu, ürün mimarisi tasarım sürecinde sırasal bir akış izlenirken, modül tasarım ve geliştirme sürecinde ise eş zamanlı bir akış söz konusudur. Eş zamanlı akıştan kasıt, modüller eş zamanlı olarak şirket içi geliştirme grupları veya tedarikçiler tarafından geliştirilir. Gruplar standart ara yüzlere sadık kalmak şartıyla modül içi tasarımda bağımsızdırlar bu da eş zamanlı bir süreci desteklemektedir, çünkü birbirlerini takip etmek veya nihai birleştirmeyi yapan şirketi izlemek zorunda kalmıyorlar.

Yönteme ait akış diyagramında yer alan adımların modülerlik süreci modeline göre sınıflandırması aşağıdaki gibidir:

- Ürün mimarisi tasarım süreci
  - Ürün, ürün portföyü, sektör ve pazar araştırması.
  - Ürün grubunun modülerliğe yatkınlığının analizi.
  - Mevcut ürünün modülerlik derecesinin belirlenmesi.
  - Modülerlik stratejileri.
  - Müşteri isteklerini belirleme.
  - Müşteri isteklerinin analizi.
  - Modüler tasarım süreci.
  - Çok amaçlı optimizasyon.
  - Tasarım grupları ve organizasyonu.
  - Modüler sistemin performansı.
- Modül tasarım ve geliştirme süreci.
  - Modül tasarımı ve geliştirme.

- Ürün montaj süreci

Aşağıda yöntemin adımları ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

### 7.1 Ürün, Ürün Portföyü, Sektör Ve Pazar Araştırması

Öncelikli olarak modüler tasarımı düşünülen ürünün veya ürün portföyünün belirlenmesi esastır. Bu aşamada iki durum söz konusu olabilir, mevcut bir ürünün veya ürün portföyünün modüler yapıya dönüştürülmesi veya yepyeni bir ürün veya ürün portföyünün modüler tasarımı. Her iki durumda da ilgili ürünler hakkında bilgi toplanmalı, ayrıntılı bir analiz yapılmalıdır. Yeni ürünler için daha önce bir iş planının yapılması faydalı olacaktır.

Ürünler ve ürün portföyü ile ilgili bilgi toplarken sorulabilecek bazı sorular aşağıda sunulmuştur:

- Mevcut üretilen ürünler/ürün portföyleri nelerdir?
- Ürünün ana ve yan fonksiyonları nelerdir?
- Mevcut üretilen ürünlerin mimarisi nedir?
- Ürünlerde kullanılan mevcut teknoloji nedir?
- Ürün modüler midir?
- Ürünler imal / monte ediliyor / pazarlanarak satılıyor?
- Ürünün fiyatı, maliyeti ve satış miktarı nedir?
- Ürünün tasarım parametreleri nelerdir?

İkinci önemli konu mevcut ve potansiyel pazarlardır. Tasarlanacak ürünlerin hangi pazarlara hitap edeceği belirlenmelidir. Varsa pazar bölümleri de dikkate alınmalıdır, çünkü bu bölümlerin istekleri birbirinden farklı olacaktır. Amaç bu farklı bölümlerin hepsine cevap verebilecek bir ürün veya ürün grubu tasarlamaktır. Bunu ürün çeşitliliği ile sağlamak mümkündür, aynı ürün için maliyetleri yükseltmeden ve ürünü karmaşıktırmadan çeşitliliğini sağlamak modüler tasarım yaklaşımıyla mümkündür. Bu durumda öncelikli olarak bu bölümlerdeki veya pazardaki ürünle ilgili müşteri istekleri belirlenmelidir.

Müşteri istekleri mevcut bir ürün ile ilgili olduğu gibi, yeni bir ürün içinde belirlenebilir. Mevcut üründe istenen çeşitlilik, yenilik tespit edilmelidir. Yeni

ürünlerde ise müşterinin nasıl bir ürün istediği, hayal ettiği sorgulanmalıdır. Benzer ürünlerle karşılaştırmalar da yapılabilir. Bu durumda pazar ile ilgili analiz edilebilecek başlıklar aşağıda sıralanmıştır:

- Pazarın tanımlanması
- Pazar bölümlerinin belirlenmesi
- Pazar payının belirlenmesi
- Satış hacminin belirlenmesi
- Bölümlerin ve pazarın mevcut ürün için müşteri isteklerinin belirlenmesi
- Bölümlerin ve pazarın yeni ürün için müşteri isteklerinin belirlenmesi

Bilgi toplanması gereken diğer bir konu sektördür. Sektörün yapısı, ülkedeki ve dünyadaki konumu ürünlerin satışını ve dolayısıyla şirketin başarısını etkilemektedir. Özellikle sektörde yer alan rakipler ve ürünleri hakkında bilgi toplanmalıdır. Tasarımda çok sık kullanılan kıyaslama yöntemleri için sektörün en iyi uygulamaları incelenmelidir. Sektördeki teknolojik gelişmeler ve yenilikler ürünün tasarımını doğrudan etkilemektedir. Özellikle değişim hızı sizi modüler ürün tasarımına zorlayabilir. Bu durumda şu bilgilerin toplanması gerekir:

- Sektörün tanımı
- Sektörün ülkede ve dünyadaki konumu
- Sektörde yer alan rakipler
- Rakiplerin ürettiği benzer veya aynı ürünler
- Sektör yapısı
- Kıyaslama yapılabilecek şirketlerin ve ürünlerin belirlenmesi
- Sektördeki teknolojik gelişmeler ve yeniliklerin belirlenmesi
- Sektörün değişim hızı
- Sektördeki firmalar arası ilişkiler (tedarikçi, üretici, yabancı firmalar, ortaklıklar)

Bu üç konuda toplanan bilgiler birbirleriyle yakın ilişkilidir. Dolayısıyla analizin sonunda bunların birlikte yorumlanması gerekir. Bu bilgiler ışığında yöntemin diğer

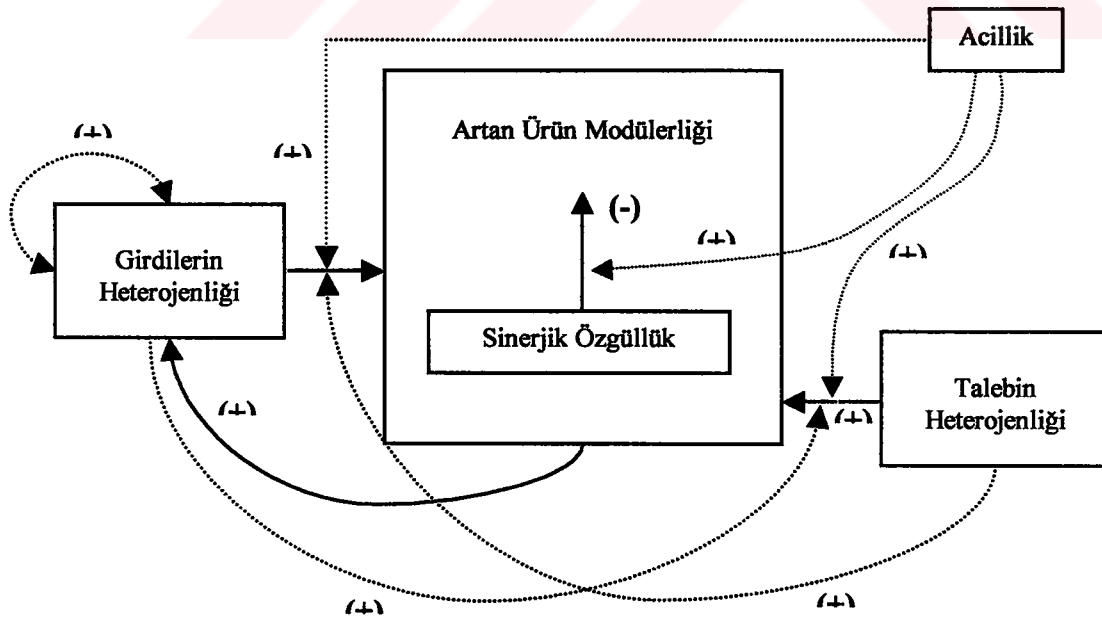
adımlarına geçilir, zaman zaman bu bilgiler değişik analizlerde girdi olarak kullanılmaktadır.

## 7.2 Ürün Grubunun Modülerliğe Yatkinlığının Analizi

Tasarım öncesi, ürün grubunun modüler yapıya yatkinlığının analizi yapılır. Amaç, sistemi modüler yapıya çevirmenin mümkün olup olmayacağını görmek ve bunun pazar, sektör, teknoloji açısından uygunluğunu analiz etmektir.

Analizin ana fikrinde şu soru yatmaktadır, “ürün modüler olmalı mıdır?”. Bu soruya verilebilecek iki değişik yanıt söz konusudur, “evet, ürün modüler olmalıdır” veya “hayır, ürün yekpare olmalıdır”. İşte bu cevaplardan birini verebilmek için belli kriterler doğrultusunda mevcut ürün grubu hakkında bir araştırma yapılmalıdır. Böyle bir araştırmanın temel yatan bir model kurmak ve bu modelde hangi faktörlerin modülerliğe yatkinlığı etkilediğini belirlemektir. Daha sonra bu modeldeki hipotezler anket yoluyla ispatlanır. İspatlanmış hipotezler çerçevesinde ürün grupları değerlendirmeye alınabilir.

Bu bağlamda literatürde tek bir çalışma vardır, fakat bu çalışma model aşamasında kalmıştır. Schilling (2000)’in ortaya koymuş olduğu model, 11 adet önermeden oluşmaktadır. Şekil 7.4’de görüleceği gibi dört önemli faktör kümesi ile bu ilişkiler gruplanmıştır.



Şekil 7.4 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling, 2000).

Birçok sistemin dereceli olarak modüler olduğunu savunan Schilling (2000), bu sistemleri modüler olmaya iten veya modülerlikten uzaklaştıran faktörlerin ardında yatan bazı kavramlara dikkat çekmiştir:

- Uygunluk ve uyum. Sistemlerin değişen çevrelerine, ilk başta bir atalet gösterebilirler zamanla ve yavaş bir şekilde uyum gösterme çabasıdır.
- Bağlılık ve tekrar birleşme. Bir sistemin bileşenlerinin ayrıştırılabilir ve tekrar birleştirilebilir derecesini tanımlar.
- Sinerjik Özgüllük. Birbirleri arasında özel bir ilişki olan bileşenler sayesinde sistemin daha yüksek işlevsellik elde etme derecesidir.
- Heterojen girdi ve talep. Değişik kombinasyonlarda tekrar birleşmeyi girdi çeşitliliği ile elde etmek mümkündür. Böylece sistem çeşitliliği artmaktadır. Diğer yandan bu çeşitliliğe bir alıcı grubu olmalı, yani çeşitli ihtiyaçların söz konusu olduğu bir talep.
- Göç ve denge. Modülerlik baskısı ile sinerjik özgüllük arasında bir dengeye varana kadar sistemler modüler yapıya doğru göç edebilirler. Diğer bir deyişle, tekrar birleşmenin getireceği kazançlar (çeşit) ile sinerjik özgüllüğün getireceği kazançlar (yüksek işlevsellik) arasındaki denge modülerliğe göçü veya modülerlikten uzaklaşmayı belirler.

Schilling (2000)'in geliştirmiş olduğu bu modele bir önermenin daha eklenmesi uygun görülmüştür, Şekil 7.5'de eklenen önermenin etkisi görülmektedir. Sonuçta 12 önermenin kullanıldığı bir anket geliştirilmiştir. Bu anketin amacı bu önermeleri ispatlamak değil, modülerliğe yakınlığın derecesini bulmak ve sonucu yorumlamaktır.

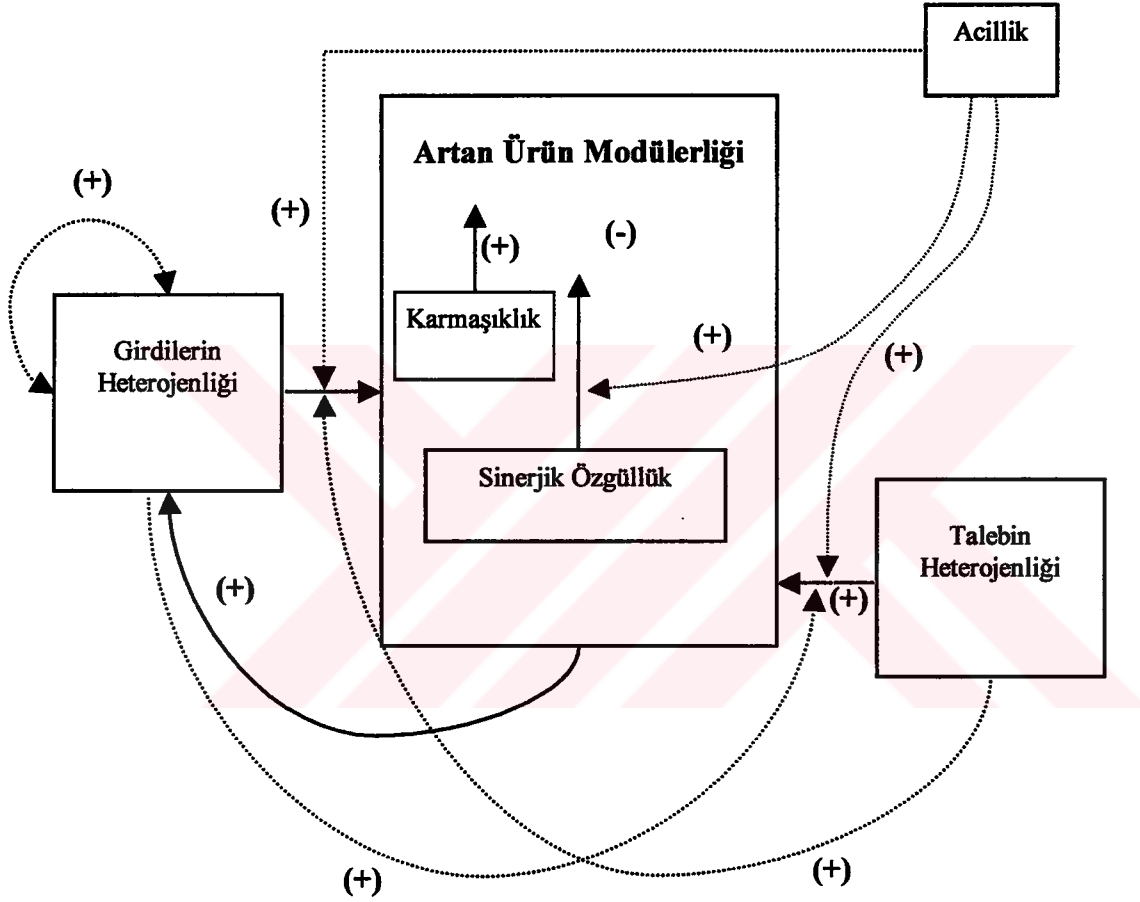
Bu durumda önermeler doğru kabul edilmiş ve bunlara uygun sorular hazırlanmıştır. Bir puanlandırma sistemi ile anket sonuçları değerlendirilerek, nihai puan bir ölçek üzerinde konumlandırılır. Bu konum ürünün modülerliğe yakınlığının derecesini vermektedir.

Ankette yer alan sorular ve bu sorulara kaynak olan 12 önerme aşağıda sıralanmıştır.

- Önerme1: bileşen özgüllüğü sebebiyle elde edilen işlevselliğin derecesi, artan şirket içi ürün modülerliği ile negatif ilişkilidir.

- İncelenen ürünün bileşenleri (komponent) arasında üstün bir sinerji vardır.

- İcelenen ürünün bileşenlerinin farklı bileşimleri (kombinasyonları) mümkündür.
- İcelenen ürün, mevcut bileşenlerin daha iyi veya optimum bir kombinasyonuna sahip olabilir.
- Müşteride ürün için bileşen sinerjisi düşüncesi vardır.



*Şekil 7.5 Şirket içi ürün modülerliğine doğru gitmeyi (veya ondan uzaklaşmayı) etkileyen faktörler (Schilling 2000'den uyarlanmıştır)*

- Önerme2: müşterinin bileşen kalitesini ve etkileşimini değerlendirme zorluğunun derecesi, artan şirket içi ürün modülerliği ile negatif ilişkilidir.
  - Müşteri (kullanıcı) ürünü veya sistemi oluşturan uygun komponentleri seçebilme bilgisine sahiptir.

- Müşteri ürünü veya sistemi oluşturan komponentlerin kalitesini değerlendirebilir.
  - Müşteri ürünü veya sistemi oluşturan komponentlerin birbirleriyle olan etkileşimini değerlendirebilir.
  - Müşteri ürün birleşiminde, komponent seçiminde dışarıdan (üretici, satıcı vd.) destek alıyor.
- Önerme3: müşterilerin bileşenleri monte etmedeki zorlanma derecesi, artan şirket içi ürün modülerliği ile negatif ilişkilidir.
    - Müşteri ürünün bileşenlerini birleştirme, monte etme bilgisine sahip değildir.
    - Müşteri ürünün bileşenlerini birleştirme, monte etme araç-gereçlerine ve koşullarına sahip değildir.
    - Müşteri ürün bileşenlerinin seçim ve biraraya getirme zahmetine (zaman, emek) katlanmak istemiyor.
- Önerme4: pazarda mevcut olan teknoloji seçeneklerindeki çeşitliliğin yüksekliği, artan şirket içi ürün modülerliği ile pozitif ilişkilidir.
    - Pazarda, mevcut ürün ailesi için sunulan teknolojik seçeneklerde (çözümlerde) yüksek çeşitlilik söz konusu.
    - Ürün ve ürün ailesinde kullanılabilecek teknolojik seçenekler arasında uyumluluk vardır.
    - Teknoloji seçenekleri ürün ailesi içerisindeki ürün çeşidini artırıyor.
    - Ürün ve ürün ailesinde aynı anda veya ayrı ayrı kullanılabilecek teknolojik seçenekler maliyetleri artırıyor.
    - Çok sayıdaki teknoloji seçenekleri müşteri için uygun seçimi zorlaştırıyor.
- Önerme5: pazarda yer alan firmaların kabiliyetlerinin farklılık derecesi, artan şirket içi ürün modülerliği ile pozitif ilişkilidir.
    - Sektörde, farklı becerilere ve kabiliyetlere sahip firmalar vardır.

- Bu farklı beceriler daha kaliteli, daha ucuz ve ihtiyaçlara uygun bileşenler üretmede etkililer.
- Alıcılar (müşteri, firma vd.) ihtiyaçlarına uygun bileşenleri değişik firmalardan (tedarikçilerden) almayı tercih ediyorlar.
- Önerme6: pazarda yer alan firmaların kabiliyet farklılıkları derecesi ile çeşitli teknoloji seçeneklerinin elde edilebilirliği birbirlerini kuvvetlendirmektedir.
  - Firmaların sahip olduğu farklılaşmış kabiliyetler, bu firmaları değişik teknoloji seçeneklerini kullanmaya teşvik ediyor.
  - Teknolojik seçeneklerdeki çeşitlilik, firmaları birbirinden farklı becerilerde uzmanlaşmaya iter.
- Önerme7: şirket içi modüler ürün tasarımının benimsenmesi, hem firma kabiliyetlerinin daha da farklılaşması hem de çeşitli teknoloji seçeneklerinin geliştirilmesi sonucunu getirebilir.
  - Mevcut ürün ve ürün ailesi tasarımı farklı teknolojik seçeneklerin geliştirilmesini destekliyor.
  - Mevcut ürün ve ürün ailesi tasarımı firma (üretici, tedarikçi vd.) kabiliyetlerinin farklılaşmasını destekliyor.
- Önerme8: ürün ölçeği ve işlevselliği ile ilgili isteklerde müşteri heterojenliği, artan şirket içi ürün modülerliği ile pozitif ilişkilidir.
  - Müşteri istekleri birbirinden çok farklılık gösteriyor (yeni veya mevcut işlev, ölçek, konfigürasyon, kalite, fiyat vd.).
  - Müşteriler çeşit istiyor.
  - Müşteri üründe değişiklik yapmak istiyor (kullanım sırasında, eskiyince vd.).
- Önerme9: heterojen girdiler ve heterojen talepler (müşteri heterojenliği) birbirinin etkisini kuvvetlendirecektir.
  - Heterojen girdiler kullanılarak üretilen ürünlere müşteri vardır.
  - Mevcut müşterilerin birbirinden farklı ihtiyaçlarını karşılayacak heterojen girdi yapısına ihtiyaç var.

- Önerme10: eğer bir ürün grubunun şirket içi modülerliğini azaltıcı veya arttırıcı bir baskı varsa, teknolojik değişim hızı modülerliği (göçü) arttırıcı baskının olasılığını arttıracaktır.

- Teknolojik gelişim hızı yüksektir.

- Önerme11: eğer bir ürün grubunun şirket içi modülerliğini azaltıcı veya arttırıcı bir baskı varsa, rekabet yoğunluğu modülerliği (göçü) arttırıcı baskının olasılığını arttıracaktır.

- Pazarda rekabet yoğunluğu yüksektir.

- Şirketler bu teknolojik değişimden ve rekabetten çok etkilenmektedir.

- Önerme12: ürün, tasarım, üretim karmaşıklığının derecesi, artan şirket içi ürün modülerliği ile pozitif ilişkilidir.

- Ürün veya ürün ailesi çok karmaşıktır.

Anketteki soruların (S<sub>i</sub>) değerlendirmesi beşli likert ölçeği üzerinden yapılır (Ek A). Ölçekteki rakamların anlamları aşağıda verilmiştir:

- 1: kesinlikle katılmıyorum
- 2: katılmıyorum
- 3: kararsızım
- 4: katılıyorum
- 5: kesinlikle katılıyorum

Sorulardan bazıları pozitif bazıları negatif etkiye sahiptir. Bütün bu bilgilerin ışığında toplam puan şu şekilde hesaplanır<sup>21</sup>:

$$\text{Toplam Puan} = S1 - S2 + S3 - S4 - S5 + S6 + S7 + S8 - S9 - S10 - S11 - S12 + S13 + S14 + S15 - S16 - S17 + S18 + S19 + S20 + S21 + S22 + S23 + S24 + S25 + S26 + S27 + S28 + S29 + S30 + S31 + S32 \quad (6.1)$$

---

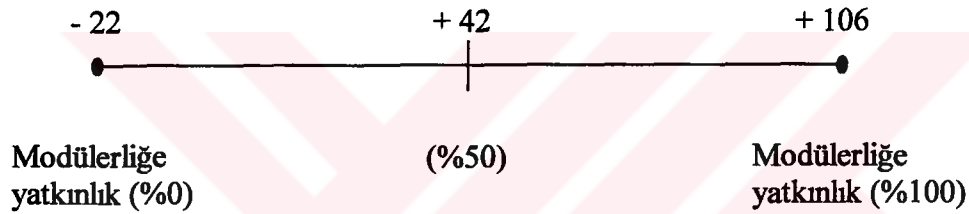
<sup>21</sup> Soruların rakamları Ek A'da sunulan ankete uygun olarak verilmiştir.

Değişik kişilerden<sup>22</sup> toplanan anketlerin toplam puanlarının aritmetik ortalaması ve standart sapması hesaplanır. Bundan sonra nihai puan (aritmetik ortalama) bir ölçek üzerinde konumlandırılır. Bu konum, ürünün modülerliğe yakınlığının derecesini vermektedir. Bu ölçek Şekil 7.6’da görülmektedir. Ölçeğin uç ve orta noktaları şöyle hesaplanmıştır:

$$\text{Alt Sınır} = 1 - 5 + 1 - 5 - 5 + 1 + 1 + 1 - 5 - 5 - 5 - 5 + 1 + 1 + 1 - 5 - 5 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = -22$$

$$\text{Üst Sınır} = 5 - 1 + 5 - 1 - 1 + 5 + 5 + 5 - 1 - 1 - 1 - 1 + 5 + 5 + 5 - 1 - 1 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = +106$$

$$\text{Orta nokta} = 106 - [106 - (-22)] / 2 = 106 - 128 / 2 = 106 - 62 = 42$$



Şekil 7.6 Modülerliğe yakınlık derecesini değerlendirme ölçeği.

Örneğin, anket sonucunda nihai puan 82 bulunmuş olsun. Modülerliğe yakınlık derecesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Modülerliğe yakınlık derecesi} = [82 - (-22)] / [106 - (-22)] = 104 / 128 = 0.8125$$

Demek ki seçilen ürün grubunun modülerliğe yakınlık derecesi % 81.25 kadardır ve bu sayı oldukça yüksektir.

Ortalamanın üzerinde bir dereceye sahip ürün grupları için modüler tasarımın uygun olduğu kabul edilecektir. Bu durumda ortalamanın altında bir dereceye sahip ürün grupları için önerilen yöntemde modüler tasarımdan vaz geçilecektir. Derece ortalamanın üzerinde çıkarsa bir sonraki adıma geçme kararı verilecektir.

<sup>22</sup> Ürün grubu hakkında bilgisi olan uzmanlar.

### 7.3 Mevcut Ürünün Modülerlik Derecesinin Belirlenmesi

İkinci adımda geçen “ürün modüler olmalı mıdır?” sorusu tekrarlanırsa, , bu soruya verilebilecek iki değişik yanıt, “evet, ürün modüler olmalıdır” veya “hayır, ürün yekpare olmalıdır” şeklinde olabilirdi. Fakat cevap “ürün zaten modülerdir” şeklinde olursa nasıl bir karar verilmelidir?

Bu durumda bilinmesi gereken ek bilgi ürünün ne kadar modüler olduğudur. Böylece, ürün modülerliğe yatkın ise “ne kadar daha modüler yapılabilir?” sorusuna cevap aranır. Bu bilgi aynı zamanda modülerlik ile ilgili stratejilerin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Demek ki ürünün modülerliğe yatkınlık derecesinin yanında modülerlik derecesinin de bilinmesi gerekir.

Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, söz konusu ürünün firmanın kendi ürünü (varsa) veya pazarda var olan bir markanın ürünü (spesifik bir ürün) olmasıdır. İkinci adımda ise firmalardan, markalardan veya özel bir üründen bağımsız olarak genel ürün grubu incelenmektedir.

Eğer pazarda olmayan yepyeni bir ürün kavramı ortaya atılmışsa bu adım uygulanmadan dördüncü adıma geçilir.

Modülerlik derecesinin belirlenmesi için bir anket tasarlanmıştır (Ek B). Bu anketin uygulaması, ikinci adımda uygulanan modülerliğe yatkınlık derecesinin analizi anketine benzer şekilde yapılmaktadır. Yine bu konuda bilgi sahibi olan bireylere sorular sorulmaktadır. Sorular beşli likert ölçeğine göre değerlendirilmektedir. Sonuçların aritmetik ortalamasının ve standart sapmasının hesaplanması esastır. Likert ölçeğinde kullanılan rakamların anlamları aşağıda verilmiştir:

- 1: kesinlikle katılmıyorum
- 2: katılmıyorum
- 3: kararsızım
- 4: katılıyorum
- 5: kesinlikle katılıyorum

Ankette sorulan sorular aşağıda sıralanmıştır:

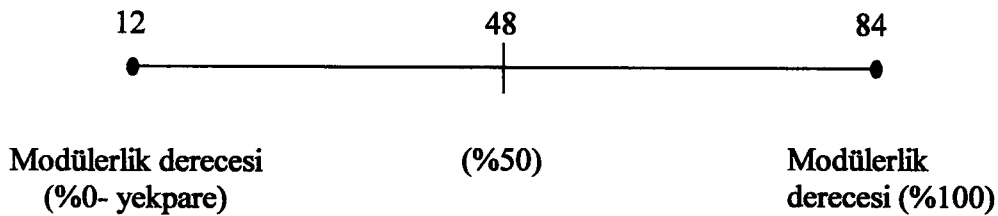
1. Ürün Tek parçadır (yekpare).
2. Ürün en az iki bileşenden oluşuyor.

3. Ürün, bileşenlerinin montajı yapılarak oluşturuluyor.
4. Ürünün alternatifleri vardır - şirketin kendisinin üretmiş olduğu.
5. Ürünün alternatifleri vardır - rakiplerin üretmiş olduğu.
6. Alternatif ürünler aynı işlevleri yerine getiriyor.
7. Üründe müşteriye özel değişiklikler (ekleme, çıkarma, ayar) yapılabilir.
8. Ürün kullanım sırasında alternatif kullanım olanakları sunuyor.
9. Ürünün ana işlevi dışında yan işlevleri vardır.
10. Ürünün bileşenleri arasındaki ilişkiler standartlara uygun.
11. Ürün içinde farklı kalitede ve özellikte bileşenler kullanılabilir.
12. Ürün içindeki bileşenler farklı tedarikçilerden temin ediliyor.
13. Ürünün çok karmaşık bir yapısı var.
14. Ürünün bir bölümü fason üretiliyor.
15. Ürünün bir bölümü ortaklar tarafından üretiliyor.
16. Ürünün içindeki her bir bileşen için çok sayıda alternatif var.
17. Ürünümüzde başka ürünlerle ortak kullanılan bileşenler vardır.
18. Üründe alternatif teknolojiler kullanılıyor.

Sorulardan bazıları pozitif bazıları negatif etkiye sahiptir. Bütün bu bilgilerin ışığında toplam puan şu şekilde hesaplanır<sup>23</sup>:

$$\text{Toplam Puan} = - S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10 + S11 + S12 + S13 + S14 + S15 + S16 + S17 + S18 \quad (6.2)$$

Toplam puanların aritmetik ortalaması (nihai puan) alındıktan sonra bir ölçek üzerinde konumlandırılır. Bu konum, ürünün modülerlik derecesini vermektedir. Bu ölçek Şekil 7.7'de görülmektedir.



*Şekil 7.7 Modülerlik derecesini değerlendirme ölçeği*

<sup>23</sup> Soruların rakamları Ek A'da sunulan ankete uygun olarak verilmiştir.

Ölçeğin uç ve orta noktaları şöyle hesaplanmıştır:

$$\text{Alt Sınır} = -5 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 12$$

$$\text{Üst Sınır} = -1 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = 84$$

$$\text{Orta nokta} = 84 + 12 / 2 = 96 / 2 = 48$$

Örneğin, anket sonucunda nihai puan 66 bulunmuş olsun. Modülerlik derecesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Modülerlik derecesi} = (66 - 12) / (84 - 12) = 54 / 72 = 0.75$$

Demek ki seçilen ürün grubunun modülerlik derecesi %75 kadardır ve bu sayı oldukça yüksektir. Ortalamanın üzerinde bir dereceye sahip ürünler için modüler oldukları kabul edilecektir. Derecesi düşük bir ürün için, modülerliğe yatkın ise ürün tasarımı tek parçadan modüler hale çevirilmektir. Eğer modülerlik derecesi yüksek çıkarsa, modüler tasarımda değişiklikler yapılabilir, örneğin modül sayısı artırılabilir, eski modüller çıkarılabilir, ürünler arası ortak modüller tasarlanabilir.

#### 7.4 Modülerlik Stratejileri

Modülerlik stratejileri iş ve fonksiyonel stratejiler olarak ikiye gruba ayrılabilir. İş stratejileri arasında:

- Modülerlik tedarik zincirinde konum stratejisi
- Rekabet stratejisi
- Pazar stratejisi
- Ortaklık stratejileri

sayılabilir. Fonksiyonel stratejiler ise:

- Ürün ve ürün portföy mimarisi stratejileri
- Ürün geliştirme stratejisi
- Tedarik zinciri stratejisidir.

Aşağıda anlatılan stratejiler önem sırasındadır , dolayısıyla yukardaki sınıflandırmaya uyulmamıştır.

#### 7.4.1 Modülerlik tedarik zincirinde konum stratejisi

Burada bahsedilen strateji, firmanın arz zincirindeki konumunun ne olacağı ile ilgilidir. İki temel strateji söz konusudur (O'Grady, 1999):

- Modül bütünleştirici
- Modül tedarikçisi

Modül bütünleştirici, tedarik zincirinde müşteriye karşı sorumlu olan ve nihai ürünü modüllerden birleştiren üreticilerdir. Çoğunlukla ürünün temel tasarım kurallarını ortaya koyar; bunu tek başına yapabileceği gibi, tedarikçilerle ortaklaşa belirleyebilir. Temel tasarım kuralları çerçevesinde, ürünün hangi modüllerden meydana geldiği, bunlar arasındaki arayüz standartları, ürünün genel mimarisi ve nihai ürünün test edilmesi gibi bilgiler modül bütünleştirici tarafından belirlenir.

Modüllerin geliştirilmesinden sorumlu değildir, fakat bu modüllerin ürün içinde etkin ve verimli çalışmasını sorgular. Bu bağlamda tasarım kurallarını tedarikçilere bildirerek modül tasarımında bunlara uymalarını sağlar.

Modül bütünleştiricinin en önemli görevi müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Bunu da gecikme olmadan, en düşük maliyetle ve en yüksek kalitede sağlamak durumundadır.

Önemli olan bir diğer konu modül bütünleştiricinin tedarikçilerden ne tip modül satın alacağıdır. Bu durum iki alt stratejide tanımlanabilir (O'Grady, 1999):

- Genel tasarlanmış (off the shelf) modüller kullanmak. Pazarda üretilen, şirkete özel olmayan ve her zaman hazır bulunabilen genel özellikteki modüllerin kullanımı.
- Özel tasarlanmış modüller kullanmak. Firmaya özel tasarlanmış modüllerin kullanımı.

Bu kararların her ikisinin de kendine özel avantajları ve dezavantajları söz konusudur. Genel tasarlanmış modüller kullanmanın en büyük avantajı her zaman bu modüllere erişilebildiği ve geliştirme sürelerinin kısa olmasıdır. Aynı zamanda birçok kere kullanıldığı için temel problemlerin çözülmüş olduğu modüllerdir. Genel tasarlanmış modüller birçok tedarikçiden tedarik edilebildiği için bu tedarikçiler arasında bir rekabet söz konusu olacaktır, bu da kaliteyi yükseltme ve maliyetleri düşürme eğilimi gösterir. Bunların yanında, genel tasarlanmış modüllerin dezavantajları da söz konusudur. Bunlardan biri mevcut ürün mimarisinin genel tasarlanmış modül kullanımını desteklemiyor olmasıdır. Bir başka deyişle ürünün

gereksinim duyduğu genel tasarlanmış modül pazarda üretilmiyor. Diğer dezavantaj ise, ürün tamamen genel tasarlanmış modüllerden oluşuyorsa, rakiplerin bu pazara girme barajı düşüktür. Bu da yüksek rekabet koşulları anlamına gelir ve düşük maliyet, yüksek kalite, kısa ürün geliştirme süreleri, güvenilirlik, hizmet gibi koşulları gerektirir.

Özel tasarlanmış modüller kullanan firmalar ilgili tasarım kurallarını (özellikle modül arayüz tasarımlarını) tedarikçilere vererek, kendilerine özel modüller yaptırırlar. Genel tasarlanmış modüllerde olduğu gibi özel tasarlanmış modüllerin de kendine özel avantaj ve dezavantajları söz konusudur. Önemli bir avantajı, modül tasarımında daha özgür olunmasıdır, böylece ürüne özel modüller geliştirilebilir. İkinci bir avantajı modüllere ait sınai mülkiyet haklarının korunması ve rakiplerin pazara girişinin engellenmiş olmasıdır. Bir başka önemli nokta, bazı yatırım maliyetlerinin tedarikçiler tarafından üstlenilebilmesidir. Buna karşılık uzun tedarik süreleri ve yüksek maliyetler özel tasarlanmış modüllerin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Modül bütünleştirici için bir başka kritik karar, modülleri kendi içinde mi üreteceği yoksa dışardan mı alacağıdır. Bu bağlamda yine iki alt strateji tanımlanabilir (O'Grady, 1999):

- Firma içi modül tedarikçisi tercihi. Firma bu durumda hem tedarikçi hem de bütünleştirici rolünü üstlenmektedir. Tedarikçi şirket içindeki birimlerden biri olmaktadır. En önemli avantaj sınai mülkiyet haklarının - patent, faydalı model, endüstriyel tasarım, marka, coğrafi işaretlerin (Ünsal, 1997) korunmasıdır.
- Firma dışı modül tedarikçisi tercihi (outsorce).

Modül bütünleştirici için burada sözü geçen tüm stratejiler Tablo 7.2'de özetlenmiştir.

*Tablo 7.2 Modül bütünleştirici için stratejiler (O'Grady, 1999).*

|                                                                              | <b>Muhtemel Avantajlar</b>                                                                               | <b>Muhtemel Dezavantajlar</b>                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Firma içi modül tedarikçisi:<br/>özel tasarlanmış modüller</b>            | Sınai mülkiyet haklarını elde tutmak                                                                     | Genel tasarlanmış modüllere göre yüksek maliyet ve tedarik süreleri              |
| <b>Firma dışı modül tedarikçisi:<br/>özel tasarlanmış modüller</b>           | Sınai mülkiyet haklarını elde tutmak. Ürün geliştirme maliyetlerinin modül tedarikçisi ile paylaşılması. | Genel tasarlanmış modüllere göre yüksek maliyet ve tedarik süreleri              |
| <b>Firma içi veya dışı modül tedarikçisi:<br/>Genel tasarlanmış modüller</b> | Düşük maliyetler. Modüller denenmiş ve geliştirilmiştir. Hızlı ürün geliştirme.                          | İstekleri tam karşılamayabilir. Başka modül bütünleştirici rakipler için fırsat. |

Modül tedarikçisinin amacı, ürün mimarisine ve arayüzlere uyumlu değişik modüller tasarlamak, üretmek ve bunları modül bütünleştiricisine tedarik etmektir. Modül tedarikçisi için iki alt strateji söz konusudur:

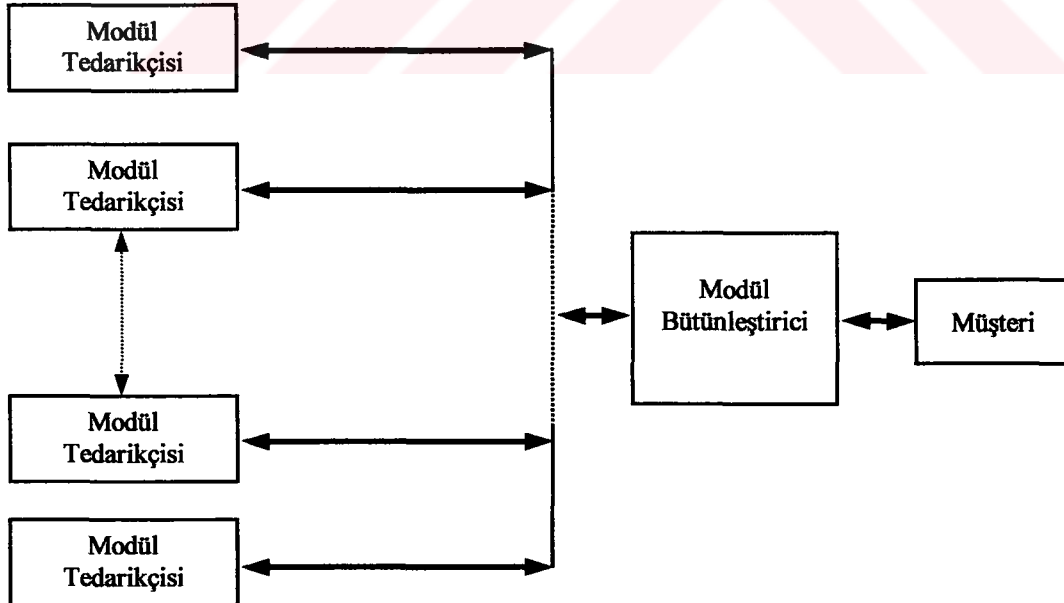
- Genel tasarlanmış modüller geliştirmek
- Özel tasarlanmış modüller geliştirmek

Tablo 7.3’de modül tedarikçisi için söz konusu stratejiler özetlenmiştir.

*Tablo 7.3 Modül tedarikçisi için stratejiler (O’Grady, 1999).*

|                                   | Muhtemel Avantajlar              | Muhtemel Dezavantajlar                                          |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Genel Tasarlanmış Modüller</b> | Büyük pazar.<br>Ölçek ekonomisi. | Diğer modül tedarikçileri ile rekabet.                          |
| <b>Özel Tasarlanmış Modüller</b>  | Teminat verilen satışlar.        | Küçük pazar. Genellikle bir modül bütünleştiriciye bağlı kalmak |

Bütün stratejiler ışığında modül tedarikçisi ve modül bütünleştirici arasında karşılıklı bir ilişki söz konusudur. Bu iki grubun ve müşterinin bir araya gelmesi modüler ürün tedarik zincirini (O’Grady, 1999) oluşturmaktadır, Şekil 7.8. Bir firma isterse, aynı anda hem modül bütünleştirici hem de modül tedarikçisi olabilir.



*Şekil 7.8 Modüler ürün tedarik zinciri.*

#### 7.4.2 Ürün ve Ürün Portföy Mimarisi Stratejileri

Dördüncü bölümde iki tip modüler mimariden söz edilmişti (Otto ve Wood, 2000):

- Modüler platform mimarisi (ürün portföy mimarisi)
- Modüler ürün mimarisi (ürün mimarisi)

Dolayısıyla iki ana strateji içinden seçim yapılacaktır. Ürün mü yoksa ürün portföyü mü modüler yapılmak isteniyor? Bu karar verildikten sonra her iki ana stratejinin altında alt stratejiler söz konusudur. Hangi modüler ürün mimarisi veya hangi modüler ürün portföy mimarisi tasarlamak istenmektedir?

Modüler platform mimarisi için beş tür seçim (alt strateji) söz konusudur (Otto ve Wood, 2000):

- Modüler ürün ailesi.
- Modüler ürün nesli.
- Tüketilebilir platform.
- Standart platform.
- Satın alma sırasında uyarlanabilen.

Modüler ürün mimarisi için iki alt strateji bulunmaktadır (Otto ve Wood, 2000):

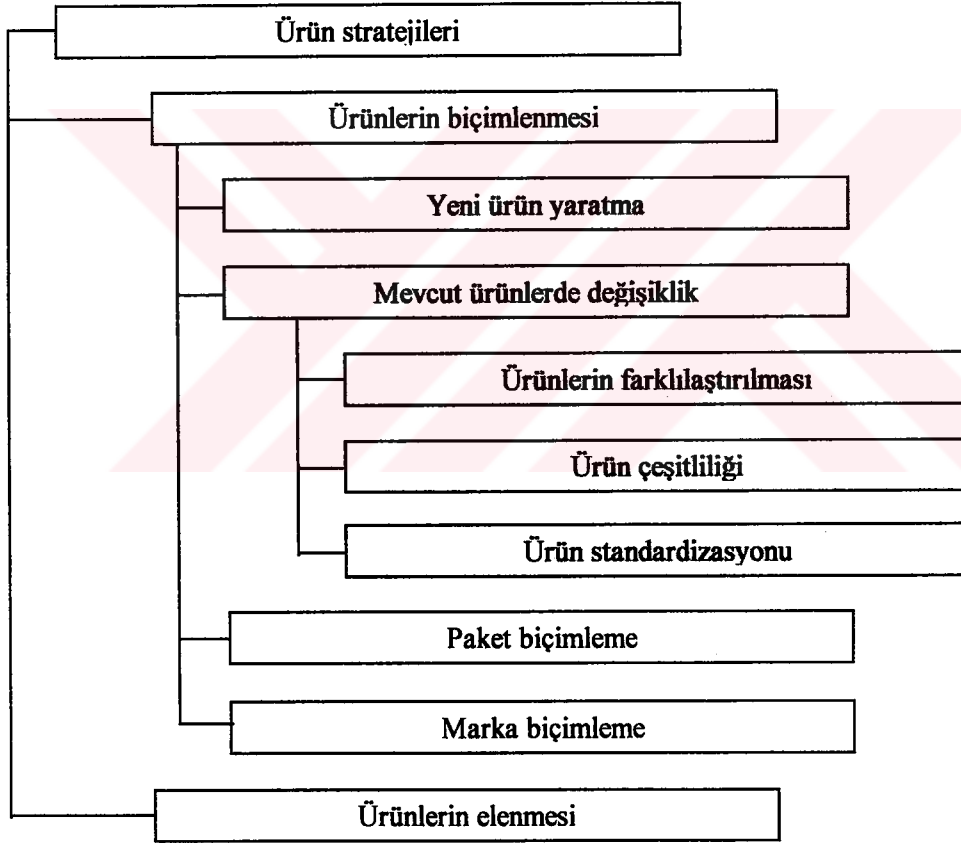
- Fonksiyon esaslı modülerlik:
  - Ortak kullanım modülerliği
  - Değişkin modülerlik
  - Taşıyıcı modülerlik
  - Bölgesel modülerlik
  - Karma modülerlik
- İmalat esaslı modülerlik:
  - Montaj modülleri
  - Değişken boyutlu modüller

- Kavramsal modüller
- ODİ (Orjinal donanım imalatçısı) modülleri

Temel olarak ürün ve ürün portföy mimarisine göre uygulanacak modüler tasarım metotları farklılık göstermektedir. Bu yüzden mutlaka ürün mimarisi seçimi titiz bir şekilde yapılmalıdır. Alt stratejiler ise metotlarda ayrıntıların değişmesine sebep olmaktadır.

### 7.4.3 Ürün Geliştirme Stratejisi

Temel ürün geliştirme stratejileri Şekil 7.9’de özetlenmiştir (Tümiş, 2000).



Şekil 7.9 Ürün stratejileri.

Bu strateji sınıflandırması dahilinde modüler tasarım için önemli olan stratejiler, yeni ürün yaratma ve mevcut ürünlerde değişiklik stratejileridir. Yeni ürün yaratma stratejisinde, yepyeni modüler bir ürünün tasarlanması yer alır. Mevcut ürünlerde değişiklik stratejisi ise yeni modül ekleme, modül çıkarma, modül tasarımında değişiklik, tek parça ürünün modüler yapıya dönüştürülmesi gibi stratejiler yer alır.

#### 7.4.4 Pazar Stratejisi

Pazar, müşteri istekleri açısından dikkate alındığında değişik sınıflandırmalara tabi tutulabilir. Kendi içinde benzer bir yapı sergileyen gruplar pazar bölümlerini oluşturmaktadır. Bu bölümler arasındaki farklılıklar, firmaları ürünlerini çeşitlendirmeye itiyor. Pazar segmentleri arasındaki farklılığın büyüklüğü çeşitliliği de doğrudan etkilemektedir.

Diğer taraftan modülerliğin ürün çeşitliliğini arttırdığını bunu da kısa sürelerde ve düşük maliyetlerle yapmayı desteklediğinden söz etmiştik. Öyleyse pazardaki çeşitliliğe cevap verebilmek için ürün modülerliği yaklaşımı kullanılmalıdır.

Bir başka önemli nokta çok yakın bir zamana kadar pazarda niş denilen dar ve özel kesimlere yoğunlaşmanın kaçınılmaz bir strateji kabul edildiği bilinmektedir. Çok sayıda pazar bölümüne hitap etmektense dar bir kesime yoğunlaşmak tercih ediliyordu. Fakat son birkaç yıldır müşteriye özel kitlesel üretimden bahsediliyor. Yani müşteriye özel üretim yapıldığı halde ölçek ekonomisinden de faydalanılması. Bu durumda modülerlik kaçınılmaz bir yaklaşım olmaya başladı.

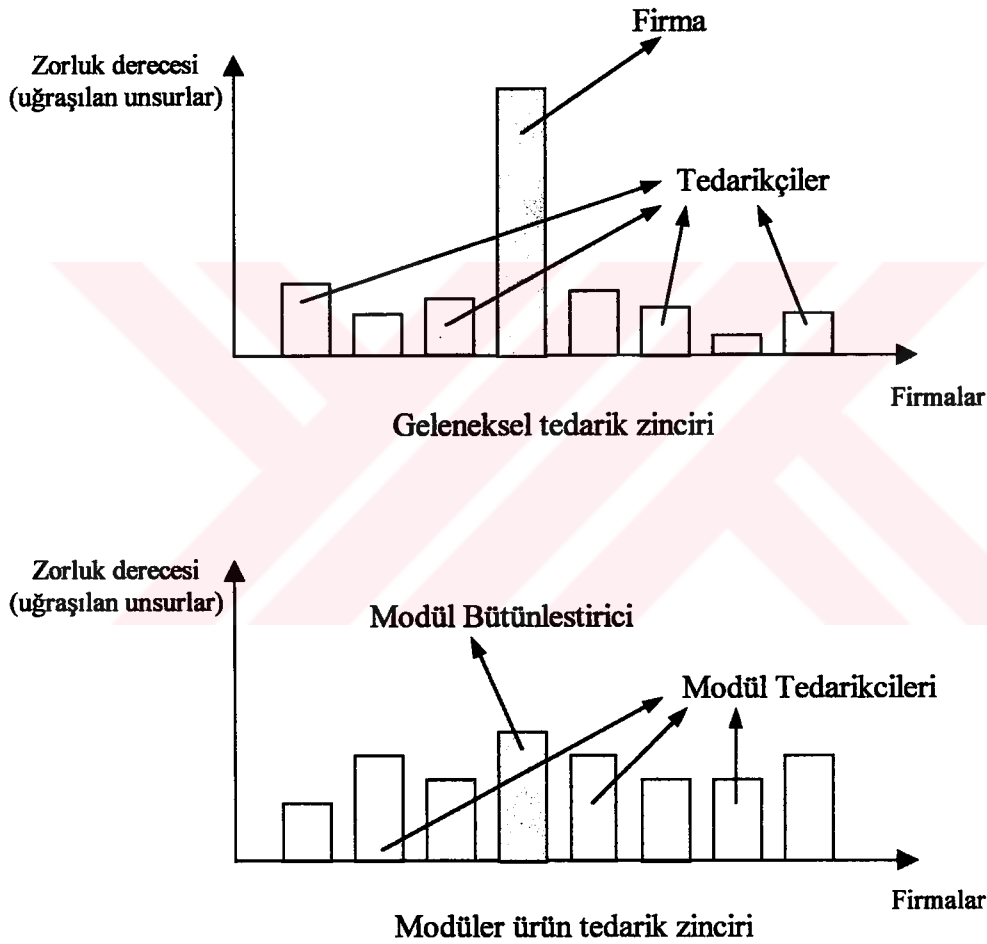
Öyleyse sadece birkaç bölüme odaklanmaktansa modüler bir ürün mimarisi ile bir çok bölüme hitap etmek ve doğal olarak çeşitlilik sağlamak bir fırsattır. Segmentler arası farklılık ne kadar çoksa ürün o kadar modüler olmalıdır. Bunun kararı pazar araştırmaları ve istatistiksel analizler ile verilebilir (Yu ve diğ., 1999). Pazardaki müşteri istekleri arasındaki farklılıklar ürünlerdeki değişik modül kombinasyonları ve hızlı modül geliştirme yeteneği ile karşılanmaktadır.

Burada önemli olan strateji ne kadar geniş bir kitleye hitap edileceği ve buna bağlı olarak ürünün ne kadar modüler olacağıdır. Bir diğer strateji de hangi bölümlere hitap edileceğidir.

#### 7.4.5 Tedarik Zinciri Yönetim Stratejileri

Modülerlik, ürünü çeşitlilik elde etmek üzere modüllere böler. Bu durumda yönetilmesi gereken unsurlar azalmaktadır, çünkü modül sayısı nispeten az olacaktır. Örneğin beşer alternatifli 3 modülden oluşan bir ürün için çeşit sayısı 125 üründür. Bu durumda toplam 15 değişik modülle uğraşmak 125 adet tek parça ve birbirinden farklı ürünle uğraşmaktan kolaydır. Aynı durum parça ve modül sayısı karşılaştırması için de geçerlidir.

Buna modül tedarikçileri de eklenirse bir firmanın başa çıkması gereken yük daha da azalmaktadır. Çünkü modül üretiminden tasarım kurallarına uyulduğu sürece tamamen tedarikçi sorumludur. Bir başka deyişle, tedarik zinciri daha kolay ve basit kontrol edilebilir parçalara ayrıştırılıyor. Örneğin modül bütünleştirici sadece modül tedarikçilerini koordine etmek durumundadır ki bu koordinasyonun bir bölümü zaten modüler tasarımdan kaynaklanan gömülü koordinasyon ile yürümektedir. Bu durum Şekil 7.10'da açıklanmıştır.



Şekil 7.10 Modüler ürün tedarik zinciri ve dağıtılmış yük dengesi.

Sonuç olarak zorluk dolayısıyla yük firma ve tedarikçiler arasında dağıtılıyor. Firma bu durumda kaç tedarikçi ile çalışacağına ve tedarik zincirini nasıl yapılandıracağına karar vermek durumundadır.

Bir başka strateji, tutulacak stoklarla ilgilidir. Firmanın bu konuda izleyebileceği üç değişik alternatif strateji vardır:

- Modüller için stok tutmak. Düşük maliyete veya çok yüksek kullanım oranına sahip modüller için uygulanabilir. Tedarik süresi oldukça düşüktür. Tam zamanında üretim ve modern stok kontrol sistemleri ile stok maliyetleri düşük tutulabilir.
- Düşük kullanım oranına sahip modülleri tek bir modül altında birleştirmek ve bu modüle konfigürasyon seçenekleri sunmak. Bir kaç modülün işlevini yerine getirebilecek bir karma modül tasarlanarak<sup>24</sup> her bir modülün kullanılacağı yerde karma modülün kullanılması, kullanım oranını yükseltmektedir ve bunun sonucunda stok tutulabilecek orana erişilir. Örneğin yılda beş yüzer adet gereksinimi olan beş modülün birleştirilerek karma bir modül elde edildiği düşünülürse yıllık toplam gereksinim 2500 adet olacaktır ve stok tutmaya değecektir. Aynı zamanda daha çok özelliğe sahip ve bir üst modele yükseltilmesi daha kolay bir modül söz konusudur.
- Sipariş için modül üretmek. Stok tutmamak ve sipariş alındıktan sonra üretmek bu stratejinin ana mantığını oluşturur. Stok maliyetleri ortadan kalkmıştır, fakat tedarik süreleri artmıştır. Bu durumda bilgisayar destekli üretimden, internet teknolojilerinden vb. yararlanarak tedarik süresi düşürülmeye çalışılır.

#### 7.4.6 Rekabet Stratejisi

Üç çeşit genel rekabet stratejisi vardır (Porter, 1980):

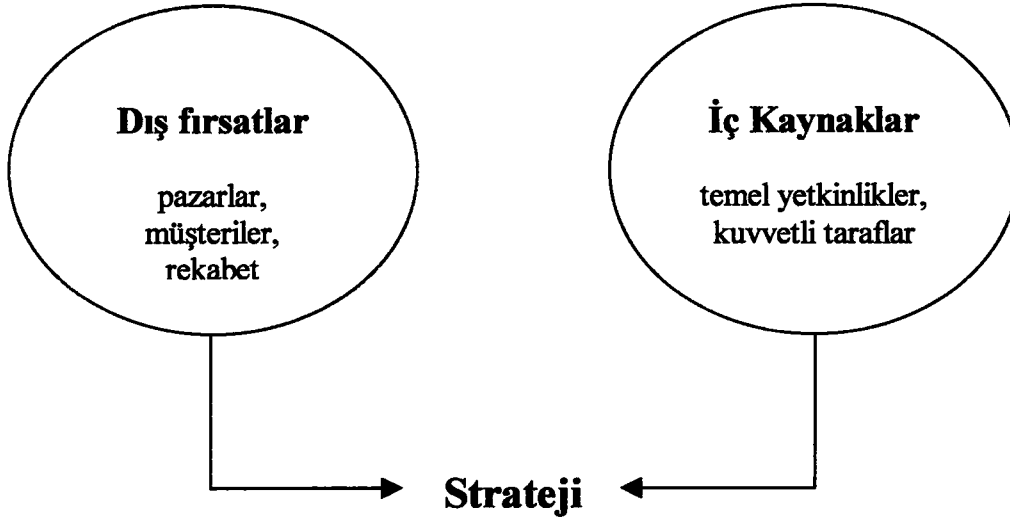
- Maliyet liderliği
- Farklılaşma
- Odaklanma

Modülerlik bu üç stratejiyi aynı anda uygulama fırsatı vermektedir. Modüler tasarım sayesinde düşük maliyete, çok çeşit ve değişik pazarlara birden odaklanma fırsatı yakalanmaktadır. Yine de bu üç stratejiden birine ağırlık verilebilir.

Rekabet avantajı sağlamak için dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta dışardaki fırsatlarla içerdeki kaynaklar arasında denge kurulmasıdır (Simon, 1999), Şekil 7.11. Ancak o zaman rekabet avantajı sağlayacak stratejiler oluşabilir.

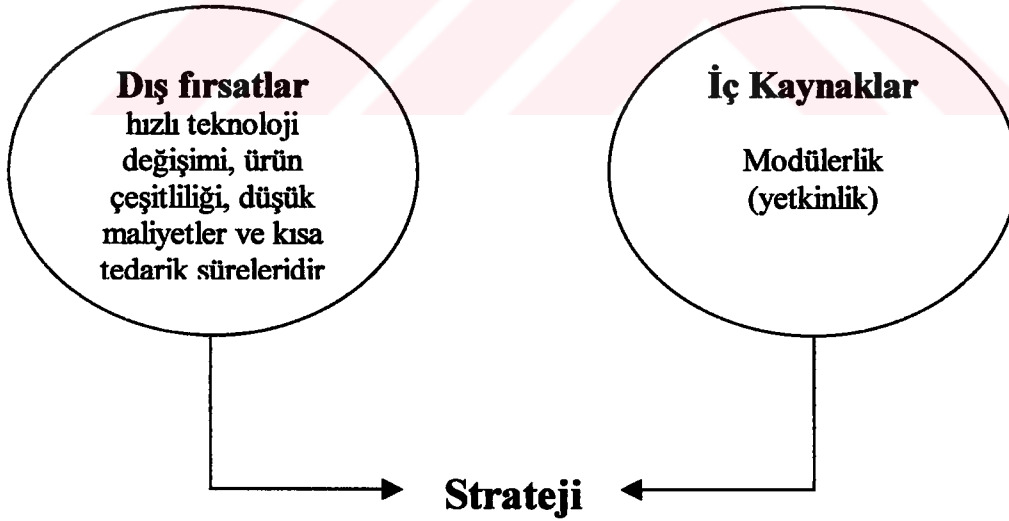
---

<sup>24</sup> Bu modüllerin benzerlikler içerdiği ve birleştirilmelerinin mümkün olduğu varsayımıyla.



*Şekil 7.11 Stratejinin iki ögesi: dış fırsatlar ve iç kaynaklar (Simon, 1999).*

Bu bakış açısına göre modülerlik iç kaynaklar grubuna girmektedir ve bir yetkinlik olduğunda rekabet avantajı yaratabilir. Buna karşılık modülerliğin dengelemeye çalıştığı dış fırsatlar, hızlı değişim, teknoloji değişimi, ürün çeşitliliği, düşük maliyetler ve kısa tedarik süreleridir, Şekil 7.12.



*Şekil 7.12 Bir iç kaynak olarak modülerlik ve dengelediği dış fırsatlar.*

## 7.5 Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi Ve Analizi

Günümüzde müşterilerin ürünlerden beklentileri yükselmiş ve çeşitlenmiştir. Artık ürünü düşük maliyetlerle ve kaliteli üretmek yetmiyor. Beklentilere daha farklı boyutlar eklenmiş durumda ve bu boyutlar her bir birey için değişiklik göstermektedir. Hatta birçok boyutun anlamı da sorgulanmaya başlanmıştır, örneğin, kaliteli ürün gerçekten ne demektir?

Aslında bu beklentiler ve boyutları (özellikleri) müşterinin ihtiyaçlarını yansıtmaktadır (Zamirowski ve Otto, 1999a). Bu durumda bu ihtiyaçlar karşılanabildiği ölçüde kaliteli, ucuz, hızlı vb. üretim geçerlidir. Öyleyse müşteri ihtiyaçları sağlıklı bir şekilde ve her bir müşteri için belirlenebilmelidir.

### 7.5.1 Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi

İhtiyaçları iki ana grupta toplayabiliriz, ürün ile ilgili müşteri ihtiyaçları, hizmet ile ilgili müşteri ihtiyaçları. Burada üzerinde durulacak müşteri ihtiyaçları ürünle ilgili olanlardır. Dolayısıyla modüler tasarım için gerekli ürünle ilgili müşteri ihtiyaçları belirlenmelidir. Sonuçta müşteri istekleri tasarım aracılığıyla ürüne yansıtıldığı sürece ürün başarılı olacaktır. Bu mantık hem modüler hem de tekparça ürün tasarımları için geçerlidir. Fakat modülerliğin getirdiği bir avantaj isteklerdeki çeşitliliğe daha başarılı cevap verebilmesidir.

Bu durumda müşteri isteklerinin nasıl belirleneceği sorusu akla gelmektedir. Ürünle ilgili müşteri istekleri ürün özelliklerinin (Zamirowski ve Otto, 1999a) bir fonksiyonu olarak düşünülebilir, (6.3).

$$\text{Müşteri istekleri} = f(\text{ürün özelliği (1)}, \text{ürün özelliği (2)}, \dots, \text{ürün özelliği (n)}) \quad (6.3)$$

Bu durumda, müşterilerin ürün özellikleri hakkındaki düşünceleri belirlenmelidir. Bunun için değişik yöntemler söz konusudur, mülakat, anket, delphi, kalite fonksiyonu açılımı tekniği, müşteri şikayetleri, doğrudan ürün kullanımı ve grup tartışmaları, internet tabanlı teknikler (Yu ve diğ., 1999), (Otto ve Wood, 1998), (O'Grady, 1999).

Müşteri isteklerinin belirlenmesinde önemli bir nokta, isteklerin ürünün mevcut özellikleri ile ilgili olması veya yeni ürün özellikleri için belirlenmesidir. Eğer mevcut özellikler için müşteri ihtiyaçları belirlenecekse, ürünün özellikleri doğrudan müşteriye sunulabilir. Fakat yeni özellikler, öncelikle müşteri tarafından belirlenmelidir.

Araştırmanın yapılacağı müşteri grubunun ve sahanın tespiti oldukça önemlidir. Genel olarak pazarda yapılan bir araştırma ile pazar bölümlerinde yapılan araştırmalar farklı sonuçlara varacağı için çalışmanın bu konudaki amacı belirlenmelidir.

Önerilen modüler ürün tasarımı yönteminde dört değişik tasarım metodu üzerinde durulacaktır ve her bir metot için gerekli olan müşteri istekleri analizi farklıdır. Başlangıçta ortak adımlar izlenmekte fakat daha sonra metoda özel analizler yapılmaktadır. Bu yüzden, müşteri isteklerinin belirlenmesinde bütün metotlarda ortak olan kısımdan söz edilecektir. Daha sonra belirlenen müşteri istekleri doğrultusunda metotlara özel analizler yapılacaktır.

Aşağıda müşteri isteklerinin belirlenmesi için izlenmesi gereken adımlar sıralanmıştır:

1. Müşterilerin anket veya mülakat yoluyla ürün hakkındaki isteklerinin ve ihtiyaçlarının sorgulanmasıdır. Ürünü kullanan veya kullanma potansiyeli olan müşterilerin bir pazar bölümlendirmesine tabi tutulmadan ürün hakkındaki isteklerinin belirlenmesidir (Yu ve diğ., 1999).
2. Belirlenen müşteri ihtiyaçlarının bir ankete çevrilerek tekrar müşterilere sunulması ve önemli olanlarının tespit edilmeye çalışılması. Amaç bu özelliklerin (ihtiyaçların) ağırlıklarını bularak önemli olanlarının tespit edilmesidir. Beşli likert ölçeği üzerinden bu müşteri ihtiyaçları / özellikleri değerlendirilir ve toplanan anketlerdeki her bir müşteri isteğine ait puanların kendi içinde aritmetik ortalaması alınarak her bir müşteri ihtiyacı için nihai puan hesaplanır, (6.4). Belli bir puanın altında alanlar elenir ve kalanlar dikkate alınması gereken önemli müşteri istekleri olarak kabul edilecektir (Yu ve diğ., 1999), Tablo 7.4.

i. müşteri isteğine k. müşterinin verdiği puan:  $P_{ik}$

i. müşteri isteğine ait nihai puan:  $NP_i$

$$NP_i = \sum_{k=1}^n P_{ik} / n \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.4)$$

İzlenen yolun yine aynı olduğu fakat içeriğinde bazı değişiklikler olan sezgisel yöntemin müşteri isteklerinin belirlenmesinde, ürün fonksiyonları ile ilgili müşteri istekleri söz konusudur (Otto ve Wood, 1998).

Bundan sonra bulunan önemli müşteri istekleri tasarım metoduna bağlı olarak değişik yöntemlerle analiz edilir. Örneğin, müşteri odaklı modüler ürün portföyü tasarım metodunda bu istekler için hedef değerler belirlenir ve bu hedef değerler üzerinden hem pazara hem de pazar bölümlerine bir anket daha uygulanır (Yu ve diğ., 1999).

*Tablo 7.4 Önemli müşteri isteklerinin araştırılması anketi*

| Önemli Müşteri İsteklerinin Araştırılması Anketi                                                                                                              |                |                            |              |            |             |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|--------------|------------|-------------|------------------------|
| Ürün:<br><br>Ad Soyad:<br>Yaş:<br>Meslek:<br><br>Sorular ilgili ürünü göz önüne alınarak cevaplanacaktır.<br>Anketi cevaplandırıdığınız için teşekkür ederiz. |                | Kesinlikle<br>Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|                                                                                                                                                               |                | 1                          | 2            | 3          | 4           | 5                      |
| 1                                                                                                                                                             | Müşteri İsteği |                            |              |            |             |                        |
| 2                                                                                                                                                             | Müşteri İsteği |                            |              |            |             |                        |
| 3                                                                                                                                                             | Müşteri İsteği |                            |              |            |             |                        |
| 4                                                                                                                                                             | Müşteri İsteği |                            |              |            |             |                        |
| 5                                                                                                                                                             | Müşteri İsteği |                            |              |            |             |                        |

### 7.5.2 Müşteri İsteklerinin Analizi

Bu aşamada, daha önce belirlenmiş olan önemli müşteri istekleri bir sonraki adımda uygulanacak metoda bağlı olarak değişik şekillerde analiz edilir. Toplam dört değişik modüler tasarım metodu önerilmiştir:

- Müşteri odaklı metot (Yu ve diğ., 1999), (Zamirowski ve Otto, 1999a)
- Sezgisel metot (Dahmus ve diğ., 2000), (Otto ve Wood, 1998), (Otto ve Wood, 2000), (Zamirowski ve Otto, 1999b)
- Kavramsal metot (O'Grady, 1999)
- Yapı odaklı metot (Baldwin ve Clark, 2000)

Örneğin, kavramsal metot ve yapı odaklı metot için önemli müşteri istekleri teknik bilgiler açısından değerlendirilir. Bunun sonucunda karşılanabilecek en önemli müşteri istekleri belirlenmiş olur. Yapılan analiz bir anlamda yeterlilik analizi ve son eleme olarak adlandırılabilir. Burada yöntem olarak kalite fonksiyonu açınımları (Quality Function Deployment) (Hauser ve Clausing, 1998) kullanılacaktır.

Diğer taraftan müşteri odaklı metotta ise önemli müşteri istekleri için hedef değerler belirlenir ve bu hedef değerler üzerinden hem pazara hem de pazar bölümlerine bir anket daha uygulanır. Amaç, pazar ile pazar bölümleri arasında ciddi bir fark olup olmadığını araştırmaktır. Bu araştırma istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılır. Önemli bir nokta bu pazar bölümlerinin nasıl tespit edileceğidir. Önemli müşteri isteklerinin bulunduğu anketin sonuçları için kümeleme analizi veya derece sırası algoritması (King, 1980) kullanılabilir.

Sezgisel metot için teknik bilgiden bağımsız olarak müşteri isteklerinin ekonomik açıdan mümkün olup olamayacağı analiz edilir. Analizi yapılan bu istekler daha sonra ürün işlev yapısı diyagramına dönüştürülür.

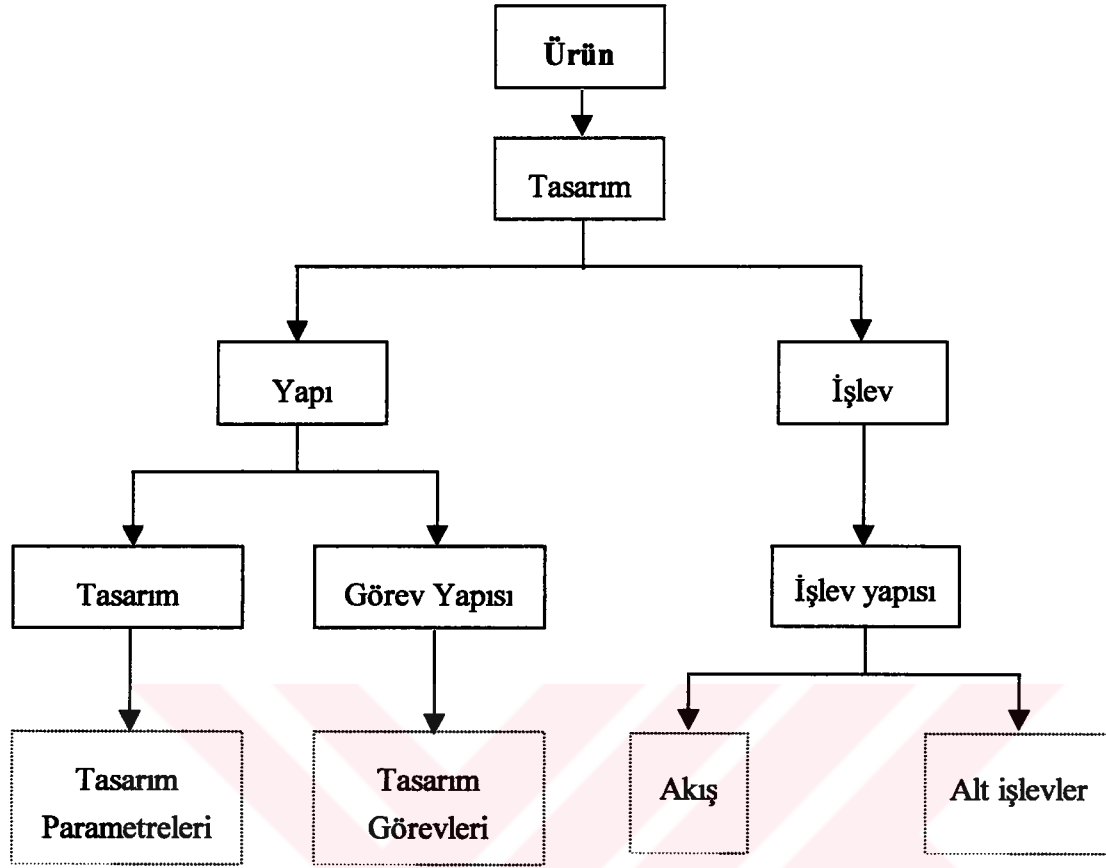
## 7.6 Modüler Tasarım Süreci

Ürün tasarımı iki ana bileşenden meydana gelir, yapı ve fonksiyon tasarımı, Şekil 7.13. Bütün ürünler için geçerli olan bu bileşenler seçilen ürün tasarımına göre (modüler, tekparça) değişik özellikler ve yapılanmalar göstermektedir. Yöntemin bu adımında modüler ürün tasarımının nasıl yapıldığı ve yapı, fonksiyon tasarım bileşenlerinin özellikleri ve yapılanmaları incelenecektir.

Bunun için dört ayrı yaklaşım sunulmuştur. Her bir yaklaşım bir başka özelliğe odaklanarak modüler tasarım sürecini tanımlamaktadır. Literatürden alınarak uyarlanmış bu yöntemlerin özellikleri Tablo 7.5’de özetlenmiştir.

*Tablo 7.5 Önerilen modüler tasarım yaklaşımlarının karşılaştırılması.*

|                            | <b>Müşteri Odaklı Yaklaşım</b> | <b>Sezgisel Yaklaşım</b> | <b>Kavramsal Yaklaşım</b> | <b>Yapı Odaklı Yaklaşım</b> |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <b>Odaklandığı Konu</b>    | Müşteri                        | Müşteri, İşlev           | Müşteri, İşlev            | Müşteri, Yapı               |
| <b>Kapsamı</b>             | Ürün Portföyü                  | Ürün, Ürün Portföyü      | Ürün, Ürün Ailesi         | Ürün                        |
| <b>Sayısal / kavramsal</b> | Sayısal                        | Kavramsal                | Kavramsal                 | Kavramsal                   |



Şekil 7.13 Tasarımın hiyerarşik yapısı.

Modüler tasarım yaklaşımlarının hepsinde müşteri isteklerinin dikkate alınması esastır. Bazı yaklaşımlarda bu durum odaklanma derecesinde iken bazılarında ise dikkate almak amaçtır.

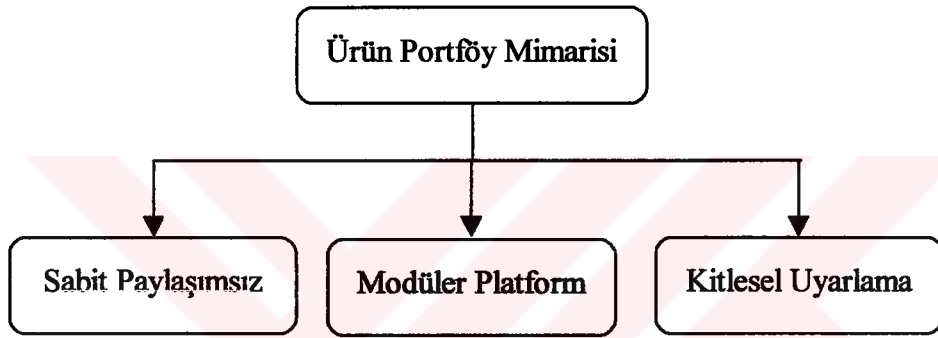
Müşteri istekleri belirlendikten sonra bunlara uygun olarak ürün modüllere ayrılacak şekilde yeniden veya sıfırdan tasarlanır. Ürünü modüllere ayırmak veya ürünler arasında ortak kullanılabilecek modüller tasarlamak yapı, fonksiyon veya müşteri istekleri bazında yapılabilir.

Amaç belli kurallar çerçevesinde ürünü modüler yapmaktır, dolayısıyla tasarım kurallarına ihtiyaç vardır. Bu tasarım kuralları üründe yer alacak modülleri, modüller arasındaki etkileşimi, arayüzleri ve standartları tanımlar. İşte her bir yaklaşım, bu tasarım kurallarını kendi anlayışı içinde tanımlamaktadır. Örneğin sezgisel yöntemde, ürünün fonksiyonları arasındaki akış (malzeme, enerji, bilgi akışı) arayüzleri tanımlamaktadır. Aşağıda bu yaklaşımlar detaylı bir şekilde incelenmiştir.

### 7.6.1 Müşteri Odaklı Yaklaşım

Bu yaklaşımın misyonu ürün portföyü için müşteri istekleri doğrultusunda bir mimari tasarlamak. Ürün portföyünün tanımı hatırlanırsa bir şirketin sunduğu farklı ürünlerin oluşturduğu kümeydi. Öyleyse bu kümede yer alan ürünlerde, bileşenlerin ve sistemlerin ortak kullanılmasının veya kullanılmamasının kararı verilecektir.

Tasarım kararı müşterilerin istekleri doğrultusunda şekillenmektedir, diğer bir deyişle her bir müşteri isteğinin ne tip bir mimariye sahip olacağı belirlenmektedir. Daha öncede belirtildiği üzere temel üç çeşit ürün portföy mimarisi söz konusudur. Bunlar, sabit paylaşımsız, modüler platform, kitlesel uyarlama portföy mimarileridir (Yu ve diğ., 1999), Şekil 7.14.



Şekil 7.14 Ürün portföy mimarisi çeşitleri.

Her bir portföy grubu da kendi içinde alt sınıflara ayrılmaktaydı. Örneğin modüler platform çeşitleri, modüler ürün ailesi, modüler ürün nesli, tüketilebilir platform, standart platform, satın alma sırasında uyarlanabilen mimarilerdir.

Portföy mimarisini cazip kılan şey, yüksek ürün çeşitliliğinin düşük maliyetlerle elde edilebilmesidir. Burada yapılan araştırma imalat ve geliştirme maliyetlerini ihmal ederek sadece müşteri isteklerine bağlı olarak yapılmaktadır.

Yaklaşımın temel mantığı pazar bölümlerinin istekleri arasındaki farklılığın büyüklüğü belli bir değeri aştığında bu bölümlere sunulması gereken ürünlerin farklı özelliklerde olması gerektiğidir, Şekil 7.15. Böylece birbirinden farklı isteklere sahip bölümlere farklı ürünler sunularak çeşitlilik artacaktır. Bu da modüler platform mimarisi ile sağlanabilir.

Sadece bölümler arası sapmalar değil bölümlerle tüm pazar (ana kitle) arasındaki farklılık da dikkate alınıyor. Bu bağlamda Yu ve diğ. (1999) müşteri isteklerinin dağılımlarını girdi olarak kullanan bir algoritma geliştirmişlerdir.



Şekil 7.15 Pazara dayalı mimari seçim süreci (Yu ve diğ., 1999)

Aşağıda bu yaklaşımın adımları sırası ile ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

- Müşteri isteklerinin (i) belirlenmesi (Bölüm 6.5 'de bu konu ayrıntılı olarak ele alınmıştır). Şekil 7.15'de birinci ve ikinci adımlar.
- Müşteri isteklerinin analizi. Önemli müşteri istekleri belirlendikten sonra bu istekler için hedef değerler belirlenerek tekrar müşterilere bir anket sunulur. Müşterilerin bu hedef değerlere verdikleri puanlar doğrultusunda her bir istek için Pazar dağılımının (ana kitlenin) aritmetik ortalaması ( $\mu_{pop,i}$ ) ve standart sapması ( $\sigma_{pop,i}$ ) hesaplanır. Bu sonuçlar pazar hakkında anlık bilgi sunar. Şekil 7.25'de üçüncü adım. Tablo 7.6'da örnek bir anket verilmiştir, burada iki müşteri isteği (boyut ve ağırlık) sorgulanmaktadır. Önemli olan her bir özellikteki değişimin maliyetlere nasıl yansıdığını da dikkate almaktır. Örneğin ağırlık sekiz kilogramdan beş yüz grama düştüğünde fiyat otuz dolar artmış oluyor. Dolayısıyla müşteri seçimini yaparken katlanmak zorunda olduğu maliyetleride düşünmek durumundadır.

*Tablo 7.6 Hedef değerler için anket örneği.*

|                       |                | 15 \$<br>daha düşük           |   | Mevcut fiyat      |   | 15 \$<br>daha yüksek        |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|---|-------------------|---|-----------------------------|
|                       |                | 1                             | 2 | 3                 | 4 | 5                           |
| <b>Müşteri İsteği</b> | <b>Ağırlık</b> | 8 kg                          |   | mevcut ağırlık    |   | 500 g                       |
|                       | <b>Boyut</b>   | 1<br>ayakkabı<br>kutusu kadar | 2 | 3<br>mevcut boyut | 4 | 5<br>kibrit<br>kutusu kadar |

- Pazar bölümlendirme ve müşteri isteklerinin analizi. Pazar dağılımının yanısıra ortak özellikler sergileyen pazar bölümlerinin de tercihleri göz önüne alınmalıdır. Ancak o zaman aradaki sapmalar mimariyi etkileyecek ve mimari seçim algoritması kullanılabilecektir. Öyleyse pazar bölümlerinin tespit edilmesi gerekir. Değişik yöntemlerin kullanıldığı bu durumda kümeleme analizi (Yu ve diğ., 1999) veya derece sırası algoritması tercih edilecektir. Bu analizler önemli müşteri isteklerinin belirlendiği ilk anketteki sonuçlara uygulanacaktır.

Pazar bölümleri tespit edildikten sonra, bu bölümlerdeki müşterilerin zaman içinde ürün kullanımı sırasındaki istekleri belirlenecektir. Çünkü tasarımlar, kullanımlar arasındaki farkı desteklemek durumundadır. Farklılık ne kadar çoksa mimari de o kadar modüler olmalıdır.

Öyleyse her bölümden temsilciler seçilerek değişik durumlardaki istekleri gözlemlenecektir. Müşterinin, bütün kullanım senaryolarıyla karşılaşacak uzunlukta bir süre boyunca isteklerindeki değişimlerin ölçülmesi pek pratik değildir. Bunun yerine bir süre boyunca örnekleme yapılarak, müşterinin (k) ürünün kullanımıyla ilgili değişik koşulları (j) algılaması istenir. Bu değişik koşulların her birinde müşterinin istekleri (hedef değerler,  $V_{ijk}$ ) belirlenir ve bu koşulların bir süre içindeki tekrarlanma sayısı ( $P_{jk}$ ) için bir değerlendirme yapılır (Zamirowski ve Otto, 1999). Bu sayı (ağırlık) ne kadar yüksek olursa, müşterinin o koşuldaki isteği ( $V_{ijk}$ ) o kadar baskın olur. Bu bilgiler ışığında kullanım sırasındaki isteklerin aritmetik ortalaması (6.5) ve standart sapması (6.6) aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Yu ve diğ., 1999).

$$\tilde{\mu}_{ik} = \frac{\sum_j V_{ijk} \cdot P_{jk}}{\sum_j P_{jk}} \quad (6.5)$$

$$\tilde{\sigma}_{ik} = \sqrt{\frac{\sum_j [P_{jk} (V_{ijk} - \tilde{\mu}_{ik})^2]}{\sum_j P_{jk} - 1}} \quad (6.6)$$

Bu değerler normal dağılıma uyan müşteri isteklerine ait olup başka dağılımlar için de aynı parametreler hesaplanabilir.

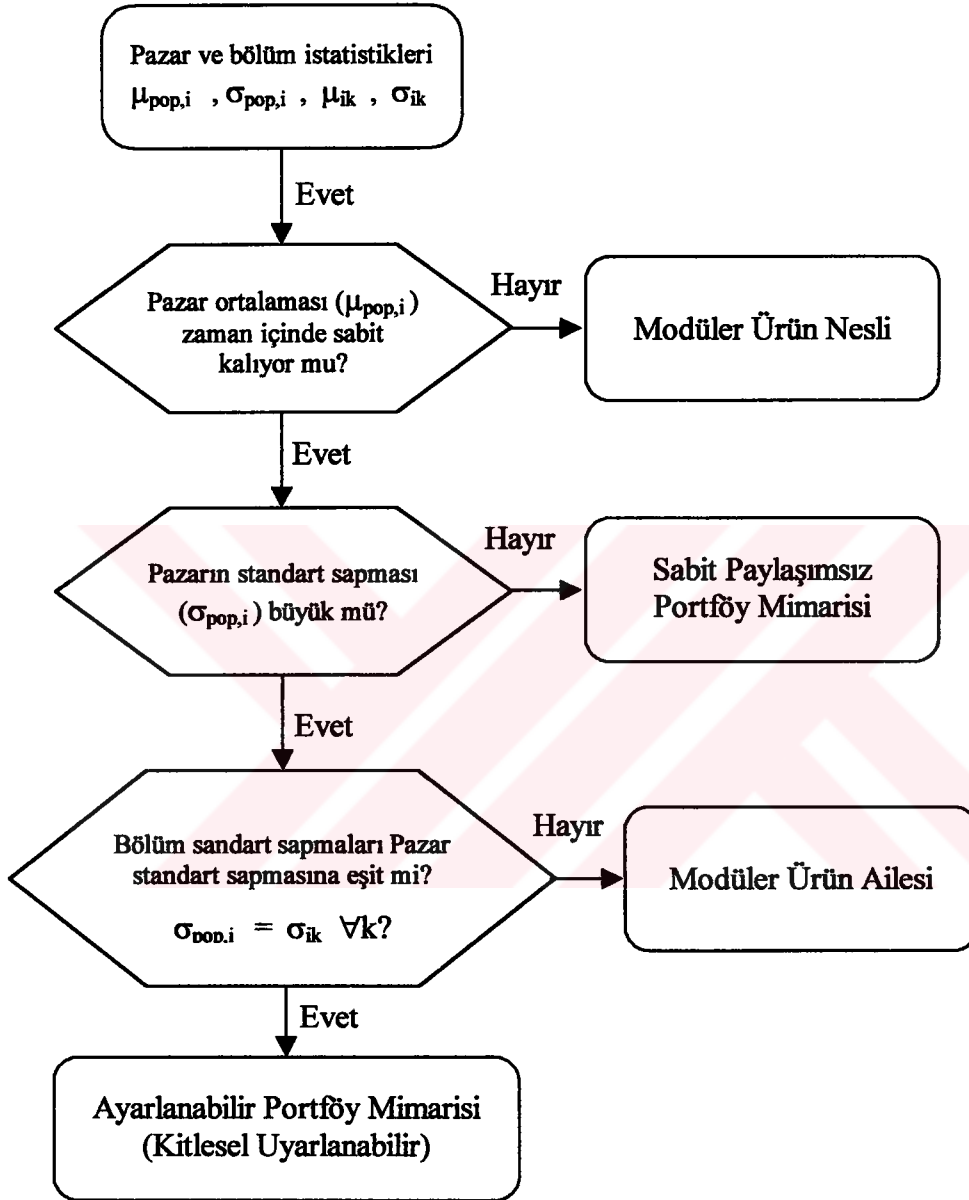
- Karşılaştırma tablosunun oluşturulması. Bütün müşteri ihtiyaçlarına ait, pazar ve bölümleri için bulunan değerleri içerecek şekilde bir tablo oluşturulur. Tablo 7.7’de boyut ve ağırlık istekleri ve 3 bölümlü bir pazar için örnek verilmiştir.

*Tablo 7.7 Karşılaştırma tablosu (Yu ve diğ., 1999).*

|                | <b>Pazar</b>   |              | <b>1. Bölüm</b> |              | <b>2. Bölüm</b> |              | <b>3. Bölüm</b> |              |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|                | <b>Ar.Ort.</b> | <b>Sapma</b> | <b>Ar.Ort.</b>  | <b>Sapma</b> | <b>Ar.Ort.</b>  | <b>Sapma</b> | <b>Ar.Ort.</b>  | <b>Sapma</b> |
| <b>Boyut</b>   | 4.333          | 0.316        | 3.533           | 0.563        | 3.700           | 0.946        | 3.800           | 0.632        |
| <b>Ağırlık</b> | 3.667          | 0.724        | 3.455           | 0.776        | 2.789           | 0.724        | 4.700           | 0.700        |

Bu tablodaki değerler ışığında algoritmanın adımları icra edilecektir.

- Algoritmanın uygulanması ve mimari seçim. Daha önceki adımlarda bulunan ortalama ve standart sapma değerlerine bağlı olarak mimari seçilecektir. Bunun için özel bir algoritma kullanılacaktır, Şekil 7.16.



Şekil 7.16 Mimari seçim akış diyagramı (Yu ve diğ., 1999).

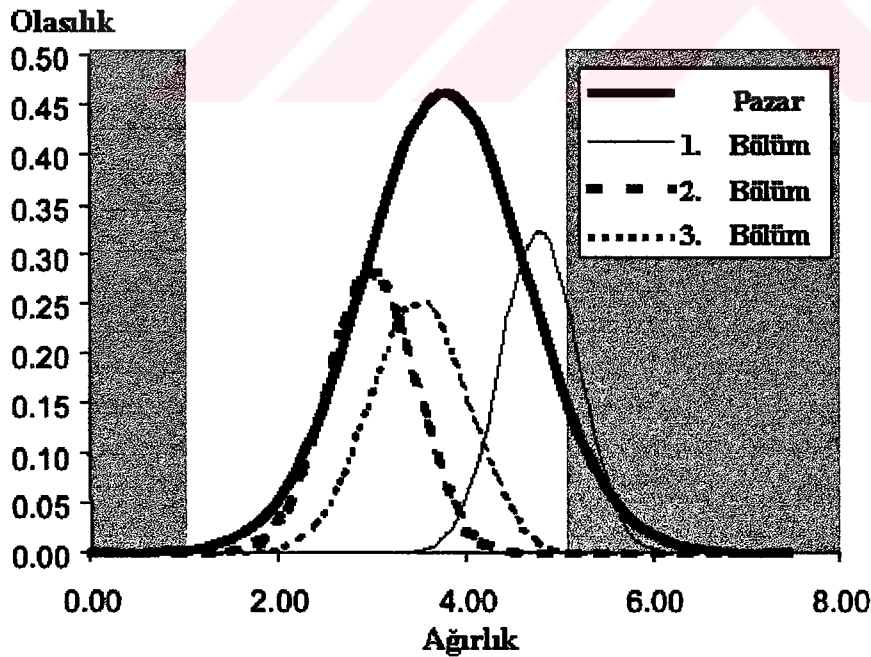
Özellikle teknoloji değişim hızı yüksek olan veya stilin önem kazandığı ürünlerde pazarın aritmetik ortalaması zaman içinde değişmektedir. Bu durumda söz konusu müşteri isteği için modüler ürün nesli mimarisi tercih edilmelidir. İkinci durum söz konusu olursa, yani pazar ortalaması sabit ise pazarın standart sapması değeri incelenir. Eğer pazarın standart sapması düşükse, sabit paylaşımsız mimari seçilir,

çünkü pazarda sabit ortalamalı ve az değişkenlik gösteren bir talep var demektir. Eğer standart sapma yüksek ise ikinci bir bilgiye ihtiyacımız var, o da bölüm sapmalarının pazar sapmasına eşit olup olmadığıdır. Eğer eşitlik söz konusu değilse bu sapma bölümlerin farklı istekleri doğrultusunda oluşmuştur. Yani pazar bölümleri çeşit istiyor demektir bu da modüler ürün ailesi mimarisini gerektirir. Diğer koşulda ise müşteri ihtiyacı için ayarlanabilir portföy mimarisi uygundur.

- Sonuç tablosu ve müşteri ihtiyaçları için mimari önerileri. Tablo 7.8 buna örnektir. Ağırlık için verilen mimari çözümün normal dağılım grafiği, pazar ve bölümler için Şekil 7.17’de verilmiştir.

*Tablo 7.8 Mimari seçim tablosu.*

| Müşteri İhtiyacı | Mimari Seçim                  |
|------------------|-------------------------------|
| Boyut            | Sabit Paylaşımsız             |
| Ağırlık          | Modüler ürün ailesi (3 modül) |
| Malzeme          | Modüler ürün ailesi (2 modül) |



*Şekil 7.17 Ağırlık özelliğinin pazar ve bölümleri için normal dağılım grafiği.*

### 7.6.2 Sezgisel Yaklaşım

Ürün ve ürün ailesi mimari tasarımı için literatürde yapılmış araştırmalar farklı noktalara odaklanmaktadır. Bazı yaklaşımlar müşteri istekleri bazında yoğunlaşırken bazıları işlev veya yapı odaklıdır. Bu bağlamda bir önceki yaklaşım müşteri odaklı olup ürünün işlevini dikkate almadan ürün portföy mimarisini belirlemektedir. Bir anlamda müşteri odaklı yöntemin eksikliği vurgulanmaktadır.

İşlevsel anlamda tasarım için ürünün veya ürün ailesinin işlevleri şematik olarak ifade edilir. Bu, ürünün doğasına bağlı olarak değişik metotlar kullanılarak oluşturulmaktadır. İşlev odaklı çizge metotlara örnek olarak FAST, Hatley-Pirbhai, işlev ağaçları, FMEA ve işlev yapısı sayılabilir. Bu çizgelerin amacı, ürün tarafından gerçekleştirilmek zorunda olan alt işlevlerin arasındaki bağlantıları göstermektir. Diğer bir deyişle, ürünün ne yaptığını nasıl yaptığından bağımsız olarak tanımlayan modellerdir (Otto ve Zamirowski, 1997).

Bu işlev odaklı çizgelerden işlev yapısı çizgesi elektromekanik sistemlerin işlevsel modellemesinde etkin bir yaklaşımdır (Zamirowski ve Otto, 1999b). Bu çizgede alt işlevler birbirine enerji, malzeme veya bilgi akışları ile bağlanmaktadır. İşlev yapısının, diğer işlev odaklı yaklaşımlarda olduğu gibi önemli bir avantajı biçimden bağımsız olmasıdır. Yani ürünün yapısı, görünüşü gibi kısıtlar dikkate alınmadan daha fazla bölünemeyecek fonksiyonlar ve aralarındaki ilişkiler belirlenir. Bu avantaj özellikle yepyeni bir ürünün tasarımında oldukça işe yarar.

Sezgisel yaklaşım olarak önerilen ikinci yaklaşımda, işlev yapısı çizgesi kullanılacaktır. İşlev yapısının tercih edilme sebebi hem müşteri isteklerini hem de ürünün işlevlerini (aynı zamanda teknolojiyi) birlikte dikkate almasıdır.

Modüler bir tasarım için işlev yapısının belirlenmesi birinci aşamayı oluşturmaktadır ve bu yaklaşım bütün tasarımlarda kullanılabilir. İkinci önemli aşama işlev yapısının geçerli bir ürün mimarisine dönüştürülmesi ve bunun da modüler olmasıdır.

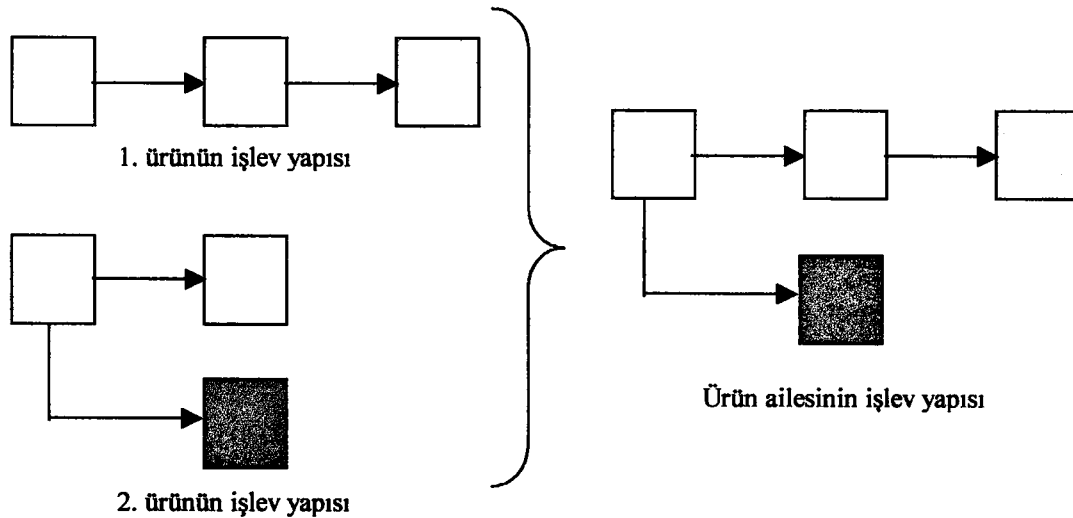
Maalesef, işlevlerin gruplanarak mümkün bileşenlerin veya modüllerin oluşturulması oldukça karmaşık bir kombinasyon problemi yaratmaktadır. Bu yüzden bu dönüşüm için farklı bir yöntem ihtiyacı vardır. Literatürde bu konuda değişik çalışmalar söz konusudur, fakat sezgisel yaklaşımlardan öteye gidilememiştir. Örneğin, Stone (1998) tarafından ürün tasarım kuralları adı altında genel amaçlı üç sezgisel kural geliştirilmiştir. Zamirowski ve Otto (1999) ise portföy tasarım kurallarını ortaya koymuştur. Burada önerilen yaklaşımda bu iki çalışmada ortaya konulmuş sezgisel kurallar temel alınacaktır.

Sezgisel kurallar uygulanarak alternatif bir modüler ürün veya ürün portföy mimarisi elde edilir. Burada bulunan mimariler, Otto ve Wood (2000)'un ürün ve Yu ve diğ. (1999)'nin portföy için ortaya koyduğu mimari çeşitlerden birine uymaktadır. Ürünlerde ortak kullanılabilecek bir platform ile değişik ihtiyaçlara uygun paylaşılan veya kendine özgü modüller tasarlamak bu yöntemin amacını ortaya koymaktadır.

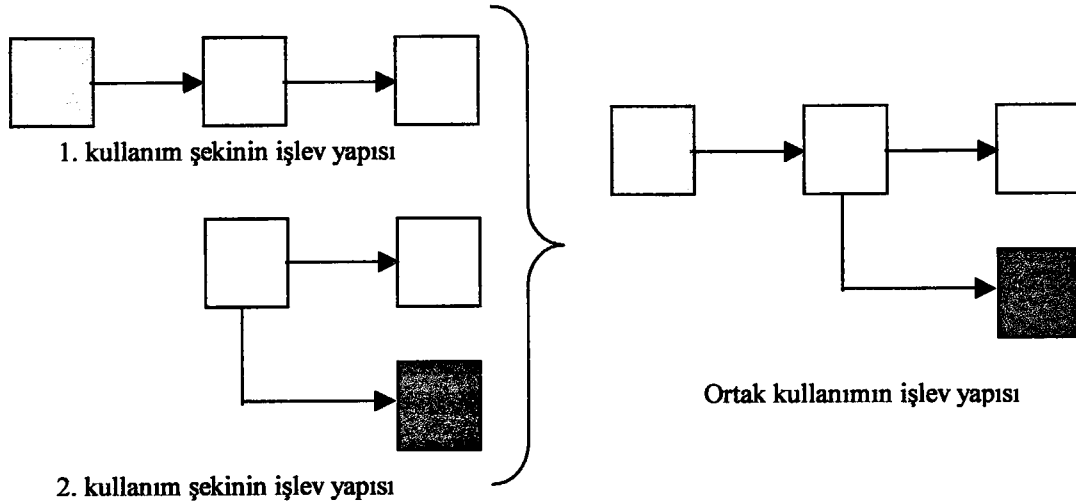
Sezgisel yaklaşım kullanılırken özellikle şu amaçlara uyulmaya çalışılır:

- Pazar çeşitliliği. Pazardaki değişik ihtiyaçları karşılama.
- Kullanım çeşitliliği. Ürünün kullanım sırasındaki değişik ihtiyaçları karşılama
- Teknolojik değişim. Modül değişiminin, ürünün eskimesinden hızlı olması.
- Tasarım, üretim, tedarik etkenlerin ortaya koydukları kısıtlara uymak.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir konu, sezgisel yaklaşımın iki farklı amaç için kullanılabileceğidir. Birincisi, mevcut ürünlerin teknolojik yapıları ve genel müşteri istekleri dikkate alınarak işlev yapılarının kurulması ve bu farklı ürünlerin işlev yapılarının ortak bir ürün ailesi işlev yapısı altında birleştirilmesidir (Dahmus ve diğ., 2000). İkincisinde ise genel müşteri isteklerinin yanında ürünün değişik kullanım şekilleri de dikkate alınarak her bir önemli kullanım şekli için bir işlev yapısının oluşturulması ve bu farklı kullanımların işlev yapılarının ortak bir işlev yapısı altında birleştirilmesidir (Zamirowski ve Otto, 1999b). Şekil 7.18'de ve Şekil 7.19'da bu amaçlar şekilsel olarak açıklanmaya çalışılmıştır.



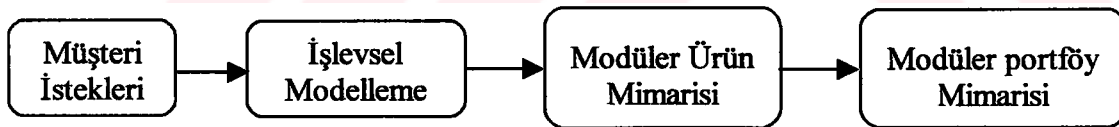
*Şekil 7.18 Ürünlerin teknolojik yapıları ve müşteri istekleri dikkate alınarak işlev yapılarının oluşturulması.*



*Şekil 7.19 Müşteri isteklerinin ve değişik kullanım şekillerinin dikkate alınarak önemli kullanım şekilleri için işlev yapılarının oluşturulması.*

Önemli olan nokta, yöntemin bu iki amaca göre farklı uygulanmasıdır. Bu bağlamda yöntem iki ayrı süreçte incelenecektir. Üzerinde yoğunlaşılacak süreç birincisi olan ürünlerin teknolojik yapıları ve müşteri istekleri dikkate alınarak işlev yapılarının oluşturulması sürecidir. Diğer sürece de aralarda atıflarda bulunulacaktır.

Bir başka önemli nokta ürün ve ürün portföy mimarileri için farklı sezgisel kuralların uygulanmasıdır. Fakat süreç içerisinde bu kurallar arka arkaya uygulanarak önce ürün sonra ürün portföy mimarileri belirlenecektir, Şekil 7.20.



*Şekil 7.20 Sezgisel yaklaşımın makro süreci.*

Sezgisel yaklaşımın adımları aşağıdaki şekilde icra edilir.

- Modüler tasarımı yapılacak ürün ve ürün grubunun tespiti.

Eğer ürün fiziksel olarak bulunmuyorsa, ürün fikri belirginleştirilmelidir.

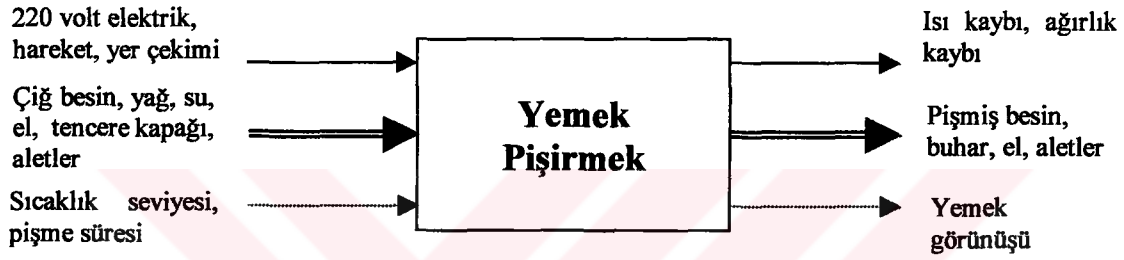
- Kapalı kutu modeli (black box model) oluşturulmalıdır.

Kapalı kutu modeli ürünün genel işlevini ve malzeme, enerji, bilgi olarak girdi ve çıktı akışlarını gösterir. Modelin amacı ürünün yapısındaki bileşenler hakkında çok az bir bilgi ile genel işlevini anlamaktır. Şekil 7.21’de kapalı kutu modelinin genel yapısı verilmiştir.



Şekil 7.21 Kapalı kutu modeli (Otto ve Zamirowski, 1997).

Örneğin, yemek pişirmek için kullanılan bir tencerenin kapalı kutu modeli oluşturulsun. Bu durumda ilgili akışlar ve genel işlev Şekil 7.22'deki gibi gösterilir.



Şekil 7.22 Tencere için örnek bir kapalı kutu modeli (Otto ve Wood, 1998).

- Müşteri isteklerinin belirlenmesi ve analizi.

Ürün ve oluşturulan kapalı kutu modeli doğrultusunda müşteri istekleri belirlenir. Müşteri isteklerinin belirlenmesinde değişik yöntemler söz konusudur. Bu aşamada uygulanacak yöntem daha önce müşteri isteklerinin belirlenmesi adımıyla anlatılmıştır (bkz. Bölüm 6.5.1).

Önemli müşteri istekleri belirlendikten sonra müşterinin sesi yöntemi ile rakipler açısından ve eksiklikler açısından değerlendirme yapılabilir, Tablo 7.9. Bunun sonucunda üzerinde odaklanılması gerekli müşteri istekleri belirlenmiş olur.

Tablo 7.9 Müşterinin sesi

| Müşteri İsteği | Önem Derecesi | Firma | Rakipler | Hedef | Mutlak Ağırlık | Ağırlık Yüzdesi |
|----------------|---------------|-------|----------|-------|----------------|-----------------|
| 1              | 8             | 5     | 7        | 10    | 16             | % 12            |
| 2              | ...           | ...   | ...      | ...   | ...            | ...             |
| 3              | ...           | ...   | ...      | ...   | ...            | ...             |

Bu tablodan ağırlık yüzdelere değerlerine bakılarak üzerinde odaklanılacak müşteri istekleri belirlenir. Her bir müşteri isteğine ait mutlak ağırlığın hesaplanma şekli (6.7) denkleminde verilmiştir.

$$\text{Mutlak Ağırlık} = \text{Önem Derecesi} \cdot \text{Hedef} / \text{Firma} \quad (6.7)$$

Her bir müşteri isteğinin ağırlık yüzdesi, o isteğin mutlak ağırlığının, isteklerin toplam mutlak ağırlığına bölümünden elde edilir (6.9).

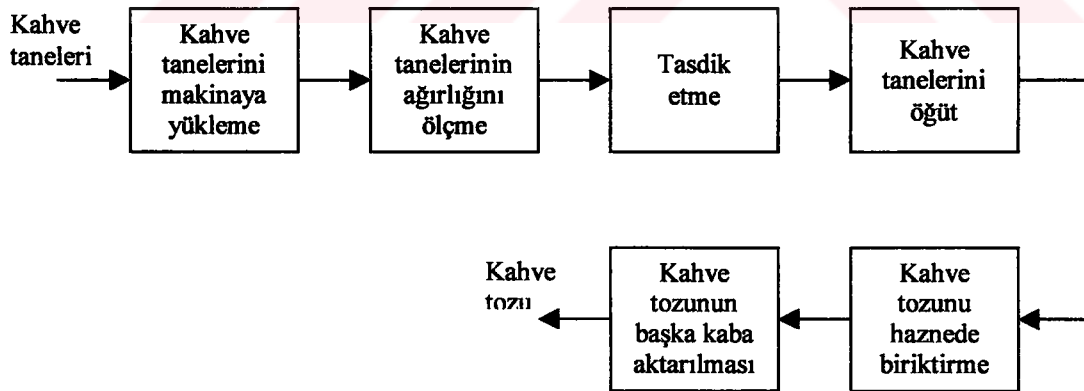
$$\text{Toplam Mutlak Ağırlık} = \sum i. \text{ Müşteri İsteğinin Mutlak Ağırlığı} \quad (6.8)$$

$$\text{Ağırlık Yüzdesi} = i. \text{ Müşteri İsteğinin Mutlak Ağırlığı} / \text{Toplam Mutlak Ağırlık} \quad (6.9)$$

Önem derecesi, firma değerleri, rakip değerleri ve hedef değerler on üzerinden puanlanmaktadır. Odaklanılacak müşteri istekleri en yüksek yüzdeye sahip olanlar olarak belirlenir. İstenilirse müşteri isteklerinin ekonomik fizibilitesi de yapılabilir.

- Ürünün faaliyet süreçlerini tanımlama ve süreç diyagramı (akış diyagramı).

Süreçler bir ürünün işlevini analiz etmeye yarar ve ürünün kullanımı sırasındaki akışı tanımlar. Kullanıcının ve ürün fonksiyonlarının özetlendiği süreç diyagramı üç ana bölümden oluşur: hazırlık, icra etme ve sonuç (Otto ve Wood, 1998). Şekil 7.23'de kahve tanelerinin öğütülmesini sağlayan kahve öğütme makinası ile ilgili akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 7.23 Kahvenin öğütülme sürecinin akışı (Otto ve Zamirowski, 1997).

- Ürün özelliklerinin belirlenmesi.

Ürün özelliklerinden kasıt, ürünün sistem sınırı, işlevindeki paralel ve seri yollar, süreç seçimleri ve kullanıcı ile ürün arasındaki etkileşimdir (Otto ve Wood, 1998).

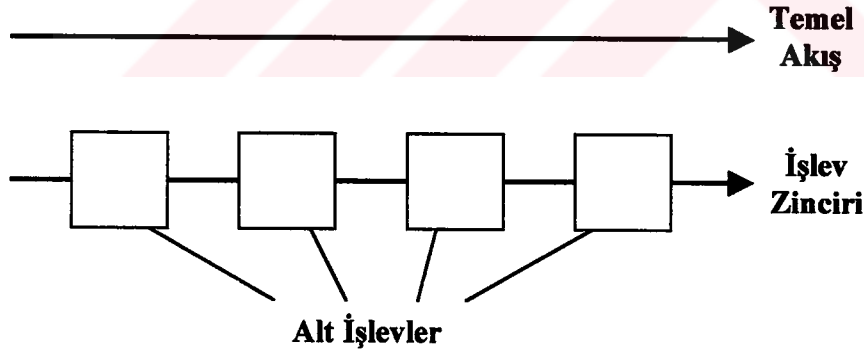
Burdaki özellikler ve bir önceki adımdaki süreçler bir süreç tanımlama formuna aktarılır.

- Ürün işlevinin yapısı ve işlev yapısı diyagramının oluşturulması.

Odaklanılacak müşteri istekleri, süreç diyagramı ve ürün özellikleri işlev yapısının oluşturulmasında kullanılacaktır. Amaç, fonksiyonel ayrıştırmayı müşteri isteklerine uygun, ürün özelliklerine sadık kalarak ve süreç diyagramından yardım alarak yapmaktır.

Fonksiyonel modelleme adını alan bu aşamanın ilk adımı ürün faaliyetleriyle ilgili müşteri isteklerine bağlı ana akışları belirlemektir. Akış, ürünün alt fonksiyonunun veya sürecinin yapısında olan fiziksel olaydır. Üç tip akıştan söz edilebilir, malzeme, enerji ve bilgi (Dahmus ve diğ., 2000). Örneğin, bir tencerede ısıtılacak besin için elektriğin dönüşümü süreci olsun. Bu sürece bağlı üç temel akış söz konusudur. Girdi olarak kullanılacak elektrik enerjisi, dönüşümden elde edilen ısı enerjisi ve üzerinde işlem yapılan besin maddesi.

İkinci adımda her bir akış için bir sıra alt işlev belirlenir, Şekil 7.24 . Bu alt işlevler bir araya getirildiğinde ürün işlevlerini veya ürünle etkileşim sırasındaki müşteri faaliyetlerini temsil etmektedir. Bir başka deyişle alt işlev bir fiil ve isimle temsil edilerek ürünün bir sürecini tanımlar.



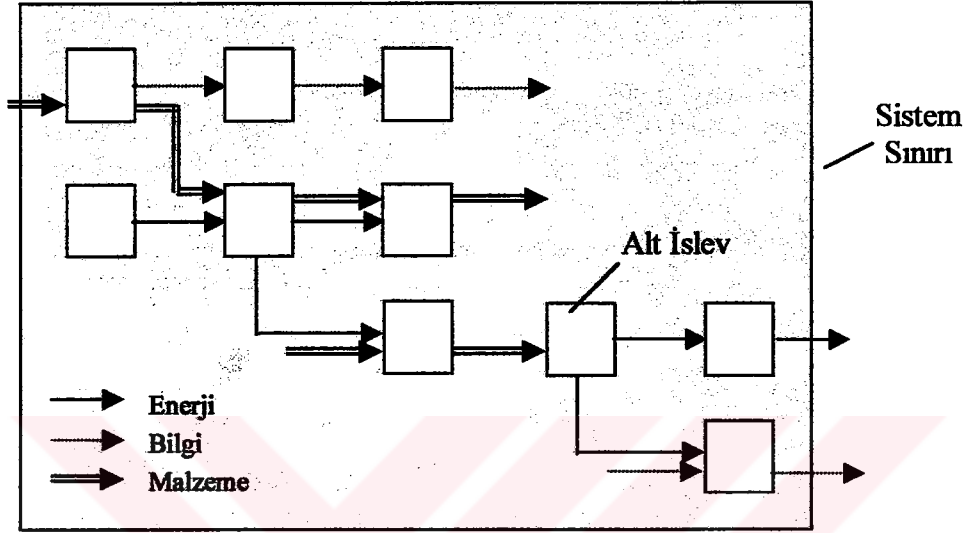
Şekil 7.24 Temel akış ve alt işlevleri.

Alt işlevler belirlenirken ürünlerde bulunan bileşenlerden (ürün ağacından), müşteri isteklerinden ve süreç şemasından yardım alınabilir.

Örnek olarak yine bir tencere ele alınsın. Bu ürün için müşterilerin vurguladığı iki önemli müşteri isteği “çabuk ısınma ve soğma” ve “iç yüzeyinde ısının düzgün dağılımı” olsun. Bu ihtiyaçlara uygun bir akış, besinden oluşan bir malzeme akışını ısıtmaya çalışan ısı enerjisi akışıdır. Bu ısı enerjisi için uygun olan bir sıra alt işlev

için, “elektriği ısıtmaya dönüştür”, “kabı ısıt”, “ısıyı algıla”, “ısıyı düzenle”, “besini ısıt” ve “çevreden izole et” sayılabilir (Otto ve Wood, 1998).

Elde edilen bağımsız alt işlev zincirleri (akış ve alt işlevleri) daha sonra tamamlanmış işlev yapısını oluşturmak üzere bir ağ şeklinde birleştirilir. Şekil 7.25’deki çizge bir işlev yapısı diyagramına örnektir.



Şekil 7.25 İşlev yapısı çizgesi.

Akışlar ürünü modüllere ayırmakta yol gösterici olabilir. Örneğin aralarında çok büyük akış kümeleri olan işlevler tekil modüllere ayrılmak için iyi birer aday değildir (Dahmus ve diğ., 2000).

İşlev yapısı çizgesinin oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir nokta insan veya diğer sistemlerin işlevlerinin bu yapıya dahil edilmemesi gerektiğidir. Sadece ürünün etkileşim içinde olduğu sistemler işlev yapısının bir parçasını oluşturur, diğerleri sadece sisteme giren ve çıkan akışlar olarak gösterilir (Dahmus ve diğ., 2000).

- İşlev yapısının doğrulanması.

Oluşturulan işlev yapısındaki alt işlevlerin ve alt işlev dizilerinin odaklanılan müşteri isteklerini karşılayıp karşılamadığının kontrolü yapılır (Otto ve Wood, 1998). Eğer karşılanmamış bir müşteri isteği söz konusu ise yeni alt işlevler eklenir ve gözden geçirilir. Karşılığı olmayan işlevler söz konusu olduğunda tasarım grubunun teyidi gerekir.

Buraya kadar olan adımlar kısaca ikinci yaklaşım içinde irdelenecektir.

Müşteri isteklerinin ve değişik kullanım şekillerinin dikkate alınarak önemli kullanım şekilleri için işlev yapılarının oluşturulması ikinci bir yaklaşım olarak ele alınmıştır. Buna göre mevcut müşteri istekleri için hedef değerler belirlenmekte ve bu hedef değerlerin kullanım sırasındaki kişiden kişiye değişimi gözlemlenmektedir, Tablo 7.10. Bunu yapmaktaki amaç, tasarımların kullanımlar arasındaki farkı desteklemek durumunda olmasıdır. Farklılık ne kadar çoksa mimari de o kadar modüler olmalıdır.

*Tablo 7.10 Kullanım sırasındaki hedef değerler için anket örneği.*

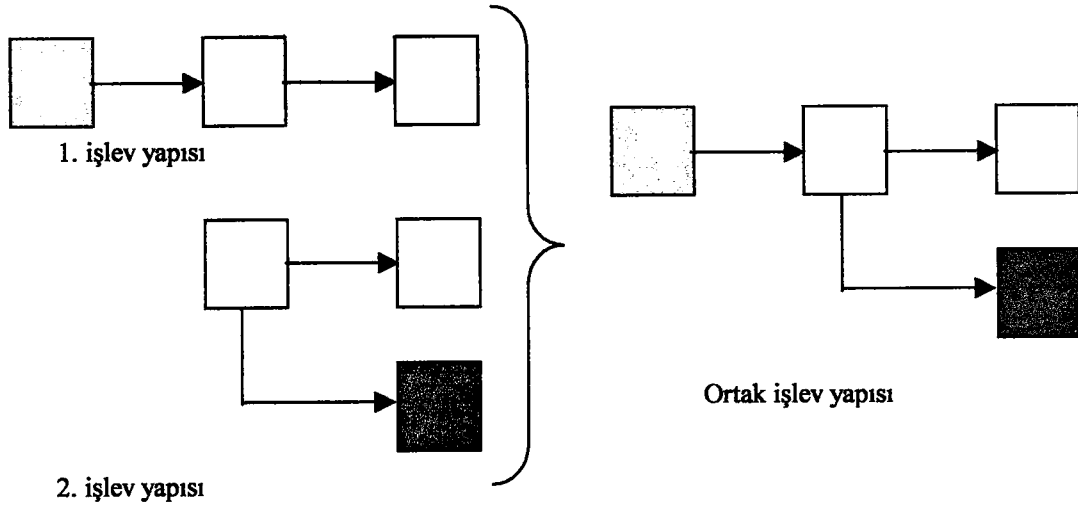
|                           |                | 15 \$<br>daha düşük           |     | Mevcut fiyat        |     | 15 \$<br>daha yüksek        |
|---------------------------|----------------|-------------------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------------|
| <b>Müşteri<br/>İsteği</b> | <b>Ağırlık</b> | 1<br>8 kg                     | 2   | 3<br>mevcut ağırlık | 4   | 5<br>500 g                  |
|                           | <b>Boyut</b>   | 1<br>ayakkabı<br>kutusu kadar | 2   | 3<br>mevcut boyut   | 4   | 5<br>kibrit<br>kutusu kadar |
|                           | ...            | ...                           | ... | ...                 | ... | ...                         |
|                           | ...            | ...                           | ... | ...                 | ... | ...                         |

Çeşitli segmentlerden seçilen değişik müşterilerin değişik zamanlardaki kullanımları (hedef değerleri) dikkate alınarak en önemli kullanım şekilleri belirlenir. Bunun için değişik analizler kullanılabilir. Örneğin her segment için isteklerin ortalamaları ve standart sapmaları belirlenerek o segmentin kullanım şekli ortaya çıkarılabilir.

Bu kullanım şekilleri için daha sonra işlev yapıları oluşturulur (Zamirowski ve Otto, 1999b). Yine kullanım süreci, bu süreçteki müşteri istekleri ve ürün özellikleri kullanılarak önce akışlar sonra da alt işlevler belirlenir. Özellikle kullanımlar akışların belirlenmesinde çok etkilidir. Bu aşamadan itibaren iki yaklaşımda aynı adımları izler.

- İşlev yapılarının birleştirilerek aile işlev yapılarının oluşturulması.

Aile işlev yapısı, bütün ürünlerin işlevleri arasındaki etkileşimi gösteren bir çizgedir. Bu durumda benzer olan alt işlevler ortak alınırken her bir ürün için özel olan işlevler de bu yapıya uygun şekilde eklenir. Böylece ürün ailesinde yer alan bütün ürünlerin alt işlevleri ve akışlar bu çizgede yer alır. Şekil 7.26'da şekilsel olarak bu birleştirme ifade edilmiştir.



*Şekil 7.26 İşlev yapılarının birleştirilerek aile işlev yapısının oluşturulması.*

Bu birleştirme sırasında elbette uygun olmayan akışlar ve işlevler olacaktır, zaten bu aile işlev yapısı çizgesinin bir eksikliğini oluşturmaktadır. Örneğin aynı işi yapan iki alt işlev farklı akışlara sahip olabilir, bu durumda bunu aile işlev yapısında göstermek bir problemdir.

- Sezgisel kuralların uygulanması ve modüllerin belirlenmesi.

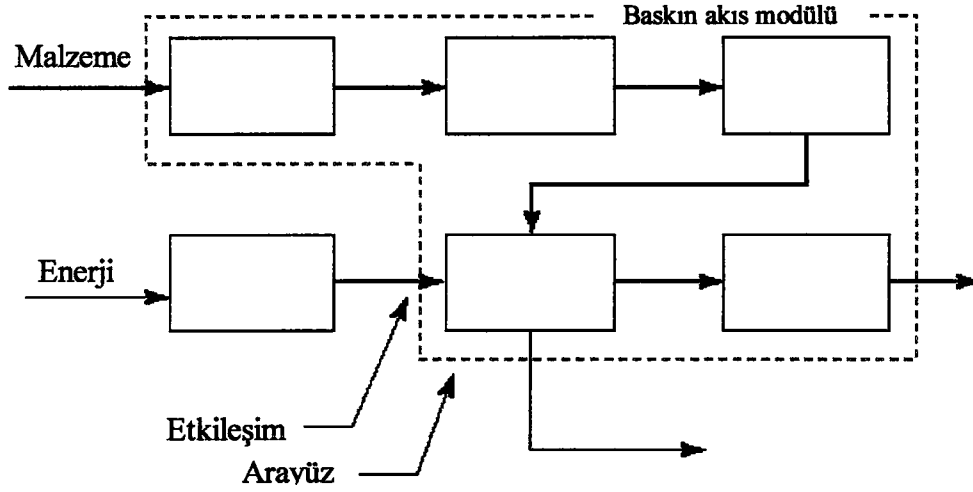
Bu aşamada, daha önceden belirlenmiş aile işlev yapısı üzerinden bazı sezgisel kurallar kullanılarak modüller belirlenir. Bu sezgisel kurallar iki ana grupta toplanabilir:

- İşlev bazlı sezgisel kurallar. Ürün mimarisi için tasarlanmış kurallardır. Bunun sonucunda ürün modülleri belirlenir. Bu modüller ürüne bağlı olarak eklenebilir, çıkarılabilir, eskiyince yenisi ile değiştirilebilir nitelikte olabilir.
- Çeşitlilik bazlı sezgisel kurallar. Portföy mimarisi için tasarlanmış kurallardır. Bunun sonucunda portföy modülleri belirlenir. Bu modüller ürünlerde ortak kullanılan ve özel olan iki çeşit modülü oluşturmaktadır.

İşlev bazlı sezgisel kurallar tek bir ürün için işlev yapısı üzerinden modüllerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu kurallar dört çeşittir.

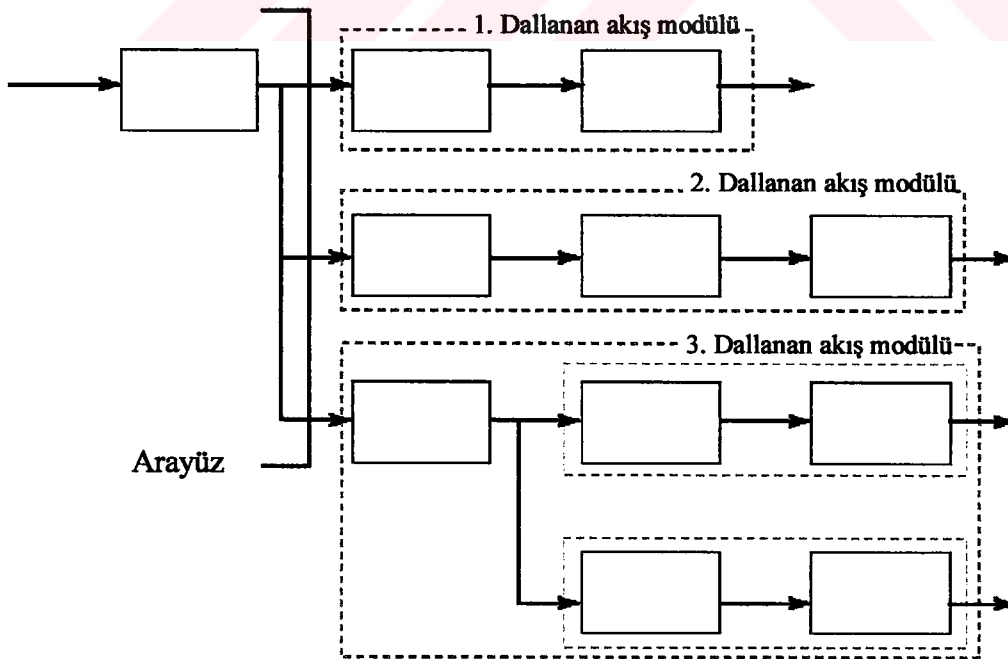
- Baskın Akış. Temel bir akışın sistemden çıkana kadar veya başka bir akışa dönüşene kadar olan bölümü baskın akışı ifade eder. Böylece

akışın izlendiği bu bölümdeki alt işlevler bir modül tanımlamaktadır. Şekil 7.27’de bu kurala örnek verilmiştir (Stone ve diğ., 1998).



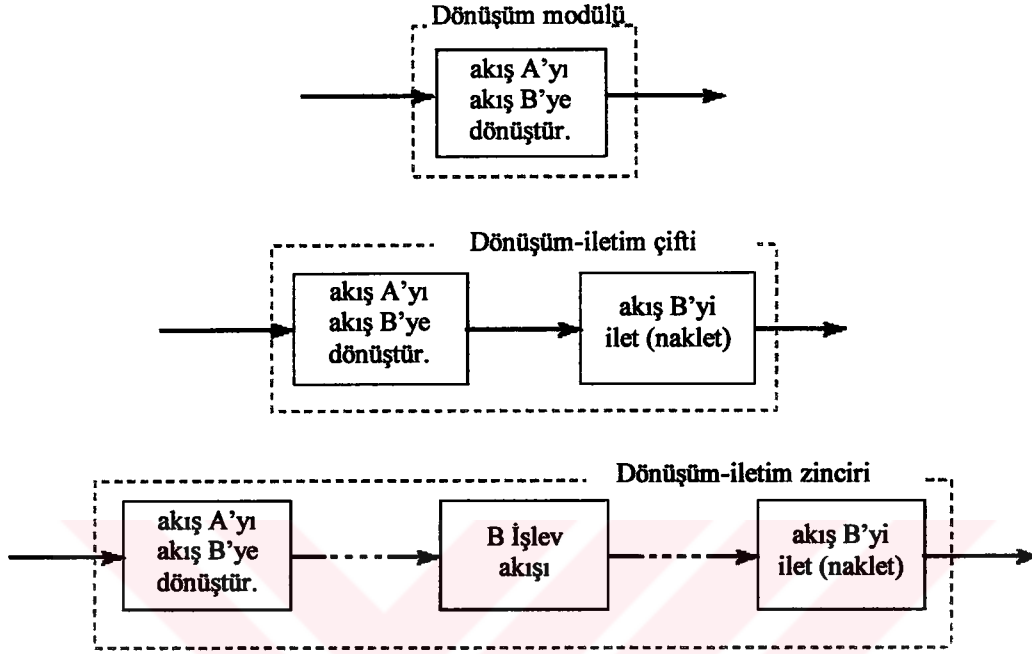
Şekil 7.27 Baskın akış kuralı.

- Dallanan akış. Paralel işlev zincirlerine dallanan veya bu zincirlerden birleşmeye giden akışı tanımlar. her dal bir modül olmaya adaydır (Stone ve diğ., 1998). Bu modüller dallanmaya başladıkları veya dallanmayı bitirdikleri noktalarda ürünle etkileşirler (arayüz oluştururlar). Şekil 7.28 buna örnektir.



Şekil 7.28 Dallanan akış kuralı.

- Dönüşüm / nakil. Akışın bir türden diğerine dönüşmesini, iletimini anlatır (Stone ve diğ., 1998), Şekil 7.29. enerji, malzeme gibi akışları başka tür akışlara dönüştürür, örneğin elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürme.

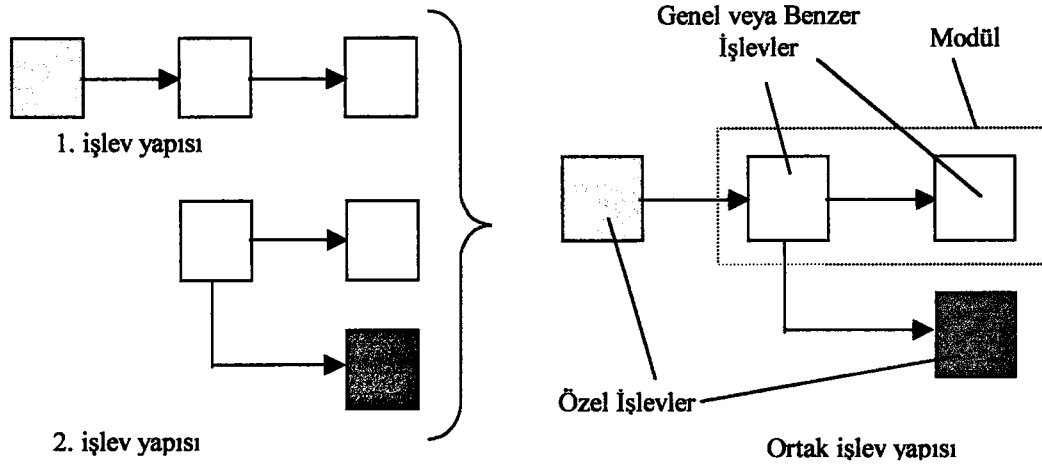


Şekil 7.29 Dönüşüm / nakil kuralı.

- Sebep ilişkili işlevler. Grup oluşumunun bir işlevin varlığına bağlı olması veya başka sebep ilişkilerinin oluşturduğu modüllerdir (Zamirowski ve Otto,1999b).

Çeşitlilik bazlı sezgisel kurallar bir portföy için ürün ailesi işlev yapısı üzerinden modüllerin belirlenmesinde kullanılmaktadır, Şekil 7.30. Bu kurallar üç çeşittir (Zamirowski ve Otto,1999b):

- Genel işlevler. Ürün ailesindeki veya portföydeki ürünlerin hepsinde ortak olan işlev veya akışların oluşturduğu işlev grubu.
- Özel işlevler. Bir ürüne veya ürün grubuna özel olan işlevlerdir. Bu işlevler bir modül oluşturur. Bu modüller sayesinde çeşitlilik üründen izole edilirken tasarımda gecikmeli çeşitlilik oluşur.
- Benzer / tekrarlı işlevler. Aynı portföy işlev yapısı çizgesinde tekrar eden işlev gruplarıdır. Bu gruplarda benzer girdi, çıktı ve işlevler kullanılmaktadır.



Şekil 7.30 Çeşitlilik bazlı sezgisel kurallar.

- Modülerlik matrisi (Dahmus ve diğ., 2000).

Portföy işlev yapısı çizgesinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılabilir. Aynı zamanda sezgisel kuralların uygulanmasına kolaylık getirmektedir. Matrisin satırlarını portföy işlev yapısında yer alan işlevler, sütunlarda ise portföyü oluşturan ürünler yer almaktadır, Tablo 7.11. Bir anlamda ürünlerle işlevlerin karşılıklı etkileşimini görsel hale getiriyor. Sütun ve satırların kesiştiği hücrelere ise ilgili işlevi tanımlayan değerler girilir (evet/hayır, sayılar, dönüşümler, açık/kapalı gibi). tanımlayıcı değerler tasarım uzayındaki değişik değerleri kast eder.

Tablo 7.11 Modülerlik matrisi

| İşlevler | 1. Ürün           | 2. Ürün           | 3. Ürün           | 4. Ürün           |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 2. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 3. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 4. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 5. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 6. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |

Üründe uyumlu olan tanımlayıcı değerler ürünün ne kadar iyi işlediğini yansıtır. Diğer taraftan ürünler üzerinde aynı hedef değerlere sahip işlevler, ürünler arasında kullanılabilir ortak modüllerin bu işlevleri ne kadar iyi karşılanabileceğini yansıtır. Dolayısıyla sütunlarda gruplanan fonksiyonlar ürün modüllerini oluştururken (çerçeve içinde gösterilir), satırlarda yapılan gruplama ürünlerde ortak kullanılabilir modülleri tanımlar (renklerle gösterilir), (Dahmus ve diğ., 2000). Bu modüller oluşturulurken işlev yapılarındaki sezgisel kurallar uygulanabilir. Tablo 7.12’de buna bir örnek verilmiştir.

*Tablo 7.12 modülerlik matrisi üzerinde muhtemel ürün ve portföy modülleri (Dahmus ve diğ., 2000).*

| İşlevler | 1. Ürün           | 2. Ürün           | 3. Ürün           | 4. Ürün           |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 2. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 3. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 4. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 5. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |
| 6. İşlev | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer | Tanımlayıcı değer |

- Çeşitlilik seviyesinin kontrol edilmesi.

İşlev yapısında veya modülerlik matrisinde bir modülün değişik seviyeleri (modül alternatifleri) beraberinde karmaşıklık getiriyor. Bunu önlemek ve modül seviyesini belirlemek için iki yol vardır.

- Gruplama: pazardan etkilenen modülleri bir gruba ve pazardan etkilenmeyenleri diğer bir gruba ayırmadır. Böylece pazardan etkilenenlerin bütün ürünü etkilememesi için üründen isole edilir. Buda onun modüler yapılması ile elde edilir. Pazardan etkilenmeyen ürünler ise platform olmaya aday modüllerdir.
- İşlev yapısının değiştirilmesi: birkaç ürün için grup işlev yapısının tekrar tasarlanması veya geciktirmeli çeşitlilik bu çözümlerdendir.

- Mimari karşılaştırma ve seçim.

Değişik kriterler doğrultusunda oluşturulan alternatif ürün veya portföy mimarileri değerlendirilir. Çok kriterli karar verme teknikleri kullanılabilir. Kriterlere örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:

- teknolojik risk
- maliyet
- ürün çeşitliliği
- beklenen gelir
- teknolojik hazır olma

Bunun yanında pazar da sorgulanabilir. Bu değerlendirmenin sonucunda en iyi mimari seçilebilir.

İşlevsel modellemenin birçok avantajı yanında olumsuz yanları da vardır. Örneğin farklı kavramlar (yeni ürün fikirleri) benzer işlevleri görebilir. Ayrıca biçimden bağımsız düşünmek kolay değildir. Bir etkilenme mutlaka söz konusudur. Diğer türlü de (biçimden tamamen bağımsız) mevcut tecrübeler yok sayılacaktı. Bir başka önemli nokta aynı kullanımlar için veya ortak yanı olmayan kullanımlar için portföy işlev yapısının çizilmemesidir.

Yinede bir çok olumlu yanı ile ve geleceğin teknolojilerinin geliştirilmesine fikir verdiği için oldukça kullanışlıdır.

### 7.6.3 Kavramsal Yaklaşım

O'Grady (1999)'nin geliştirmiş olduğu bu yaklaşım diğer yöntemlere nazaran daha kavramsalıdır. Modülerlik süreci üç aşamada ele alınmaktadır:

- Mimari tasarım
- Modül tasarım ve geliştirme
- Ürün montajı

Modül tayin yaklaşımı adımı verdiği yöntem mimari tasarımın belirlenmesine yardımcı oluyor. Burada bahsi geçen adımlar bu yöntemin bir uyarlamasıdır.

- Ürün grubunun belirlenmesi.

Modüler tasarımı yapılacak ürün grubunun tespit edilmesi gerekir. Ürün grubu bir portföyü temsil edebileceği gibi daha küçük ürün ailelerini de kapsayabilir. Tabiki, istenirse bu yöntem sadece tek bir ürün içinde kullanılabilir. Örneğin bilgisayar ürün grubu içinde kişisel bilgisayar, diz üstü bilgisayar ve sunucu sayılabilir.

- Müşteri isteklerinin belirlenmesi.

Yine bu yaklaşımda da daha önceden belirlenen adımlar izlenecek (Bölüm 6.5.1). Yani mülakat ve anket yolları ile müşteri istekleri ve ağırlıkları (önemi) belirlenecektir. Daha sonra bu müşteri isteklerini daha derinlemesine incelemek ve rakiplerle karşılaştırmak için müşterinin sesi tekniği kullanılacaktır. Tablo 7.13’de kullanılacak müşterinin sesi tablosunun yapısı görülmektedir.

*Tablo 7.13 Müşterinin Sesi*

| Müşteri İsteği | Önem Derecesi | Firma | Rakipler | Hedef | Mutlak Ağırlık | Ağırlık Yüzdesi |
|----------------|---------------|-------|----------|-------|----------------|-----------------|
| 1              | 8             | 5     | 7        | 10    | 16             | % 12            |
| 2              | ...           | ...   | ...      | ...   | ...            | ...             |
| 3              | ...           | ...   | ...      | ...   | ...            | ...             |

Bu tablodan ağırlık yüzdelere değerlerine bakılarak üzerinde odaklanılacak müşteri istekleri belirlenir. Her bir müşteri isteğine ait mutlak ağırlığın hesaplanma şekli (6.7) denkleminde verilmiştir.

$$\text{Mutlak Ağırlık} = \text{Önem Derecesi} \cdot \text{Hedef} / \text{Firma} \quad (6.7)$$

Her bir müşteri isteğinin ağırlık yüzdesi, o isteğin mutlak ağırlığının, isteklerin toplam mutlak ağırlığına bölümünden elde edilir (6.9).

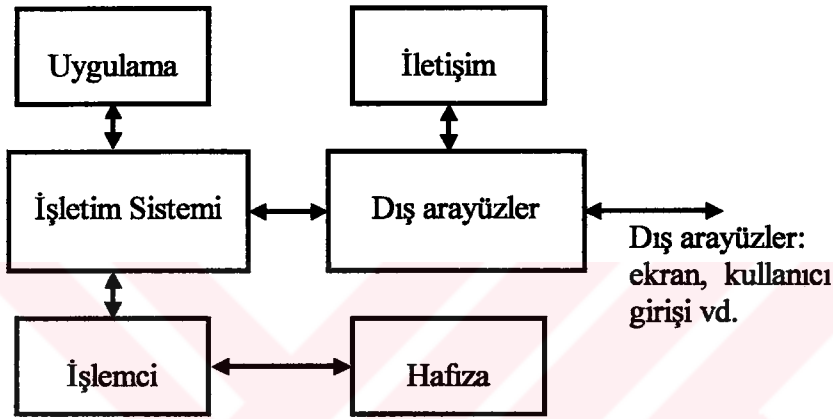
$$\text{Toplam Mutlak Ağırlık} = \sum i. \text{Müşteri İsteğinin Mutlak Ağırlığı} \quad (6.8)$$

$$\text{Ağırlık Yüzdesi} = i. \text{Müşteri İsteğinin Mutlak Ağırlığı} / \text{Toplam Mutlak Ağırlık} \quad (6.9)$$

Önem derecesi, firma değerleri, rakip değerleri ve hedef değerler on üzerinden puanlanmaktadır. Odaklanılacak müşteri istekleri en yüksek yüzdeye sahip olanlar olarak belirlenir.

- Genel ürün yapısının belirlenmesi.

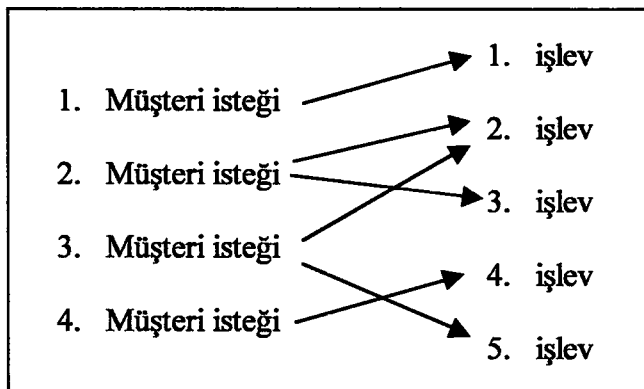
Ürün grubunun genel üst seviye ürün mimarisi belirlenir. Bu adım müşteri isteklerinin belirlendiği ikinci adımla genellikle paralel yürütülür. Fazla detaya girmeden ürün grubunda bulunan ürünler için genel bir mimari oluşturulur. Bazen bütün ürün grubu için tek bir mimari geliştirmek mümkün olmayabilir. Bu durumda amaç mümkün olduğunca çakışan mimariler oluşturmaktır. Mevcut ürünlerin alt sistemlerinden veya yeni ürün fikirlerinden yararlanılabilir. Şekil 7.31’de bilgisayarlı aletlerin oluşturduğu bir ürün grubunun genel mimarisi örnek olarak verilmiştir.



Şekil 7.31 Bilgisayarlı aletler ürün grubunun genel mimarisi (O’Grady, 1999).

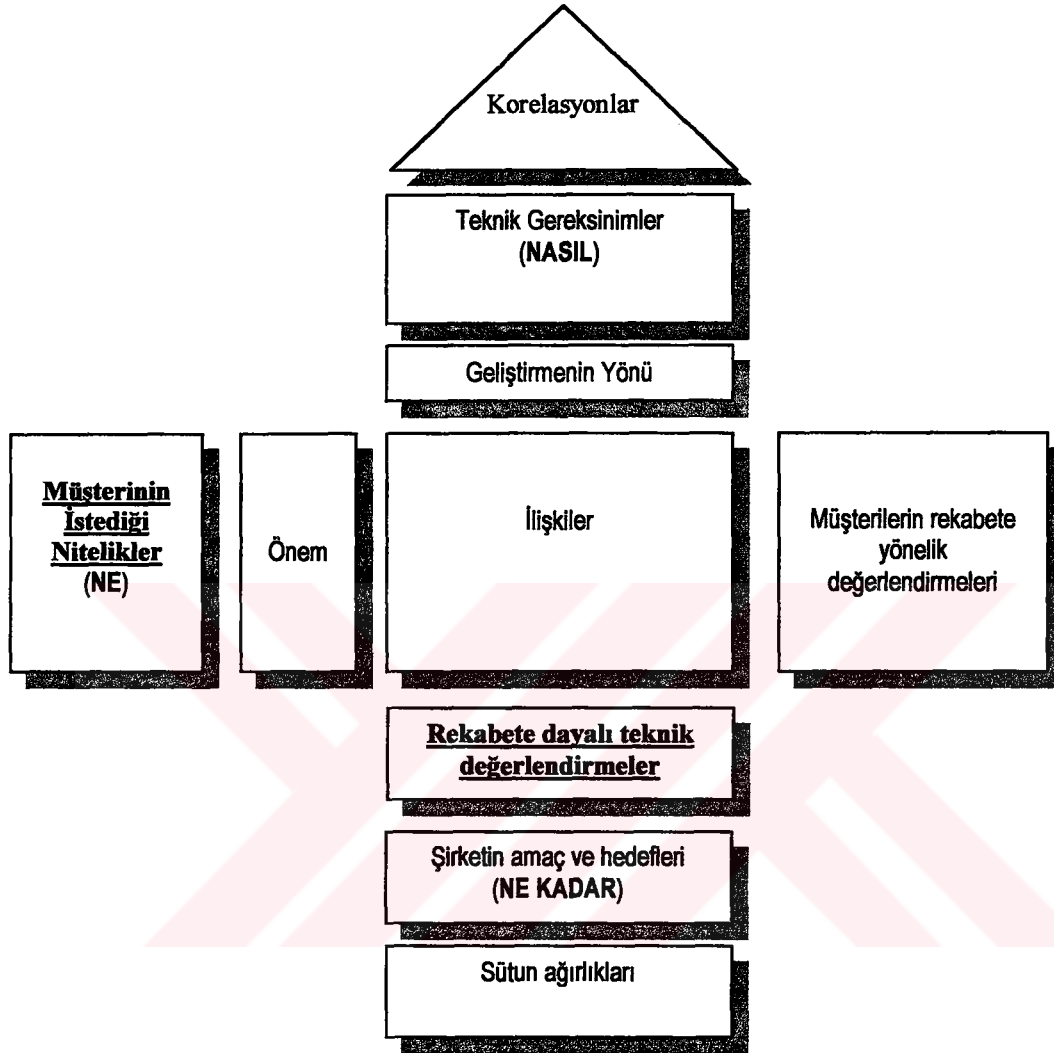
- Müşteri isteklerinin işlevlere dönüştürülmesi.

Bu adımda müşteri isteklerini karşılayan işlevler belirlenir, Şekil 7.32. Müşteri isteklerinin iyi tanımlanmış olması bu süreci kolaylaştırmaktadır. İşlevler belirlenirken mevcut ürünün işlevlerinden veya yeni ürün fikirlerinden yararlanılabilir.



Şekil 7.32 Müşteri isteklerinin işlevlere dönüştürülmesi

Daha sonra kalite evi yaklaşımı (Hauser ve Clausing, 1998) kullanılarak bu isteklerin hangilerinin karşılanıp karşılanamayacağı ve önemli olan işlevler analiz edilir. Şekil 7.33’de kalite evinin genel yapısı görülmektedir (Day, 1990).



Şekil 7.33 Kalite evinin genel yapısı.

Burada uygulanacak yöntemde yukarda görülen yapının teknik gereksinimler kısmı işlevler olarak değiştirilecektir. Bu durumda daha önce belirlenmiş olan müşteri istekleri ve mutlak ağırlıkları yatayda, bu müşteri isteklerinin dönüştürüldüğü işlevler ise düşeyde matrise yerleştirilecektir. Mutlak ağırlıklar en büyük ağırlığa bölünerek normalize edilir. Önemli noktalardan biri karşılanamayan isteklerin ve hiç bir isteği karşılamayan işlevlerin tespit edilmesidir. Bu isimler altında satır veya sütunda yer alan çarpı işaretleri bunu ifade eder. Diğer bir nokta, karşılama ve karşılanma derecelerinin hesap edilmesidir. Tablo 7.14’de bahsi geçen bilgilere uygun kalite evi görülmektedir.

Tablo 7.14 Kalite evi.

| Müşteri İstekleri       | Ağırlık | İşlevler |    |      |      |    |  | İsteklerin Karşılanma Derecesi | Karşılanamayan İstekler |
|-------------------------|---------|----------|----|------|------|----|--|--------------------------------|-------------------------|
|                         |         | İ1       | İ2 | İ3   | İ4   | İ5 |  |                                |                         |
| 1                       | 16/64   | 1        |    |      | 2    |    |  | 0.75                           |                         |
| 2                       | 64/64   | 1        |    | 3    |      |    |  | 4                              |                         |
| 3                       | 20/64   |          |    |      |      |    |  | 0                              | X                       |
| 4                       | 50/64   |          |    | 1    | 1    |    |  | 1.56                           |                         |
| 5                       |         |          |    |      |      |    |  |                                |                         |
| 6                       |         |          |    |      |      |    |  |                                |                         |
|                         |         |          |    |      |      |    |  |                                | 1: zayıf                |
| Sütun Ağırlıkları       |         | 1.25     | 0  | 3.78 | 1.28 | 0  |  |                                | 2: yeterli              |
| Karşılanamayan İşlevler |         |          | X  |      |      | X  |  |                                | 3: güçlü                |

Sütun ağırlıkları (karşılama derecesi) ve isteklerin karşılanma derecesi sıfıra yakın ise karşılanmadıkları veya karşılamadıkları kabul edilebilir. Burada tecrübeye dayalı bir karar süreci etkilidir. Eğer karşılanmayan bir istek söz konusu ise mümkün teknoloji ve beceriler dahilinde yeni işlevler belirlenmelidir. Eğer istek karşılamayan işlevler söz konusu ise (bazı zorunluluklar sonucu) bunların tasarım grubu tarafından doğrulanması gerekir. Bu dereceler aşağıda verilen (6.10), (6.11) denklemleri ile hesap edilir.

$$\text{Karşılanma Derecesi} = \sum (\text{Ağırlık} / \text{En Büyük Ağırlık} \cdot \text{Satırdaki Hücre Değeri}) \quad (6.10)$$

$$\text{Karşılama Derecesi} = \sum (\text{Ağırlık} / \text{En Büyük Ağırlık} \cdot \text{Sütundaki Hücre Değeri}) \quad (6.11)$$

Derecesi yüksek işlevler modülleştirme sürecine devam edebilir.

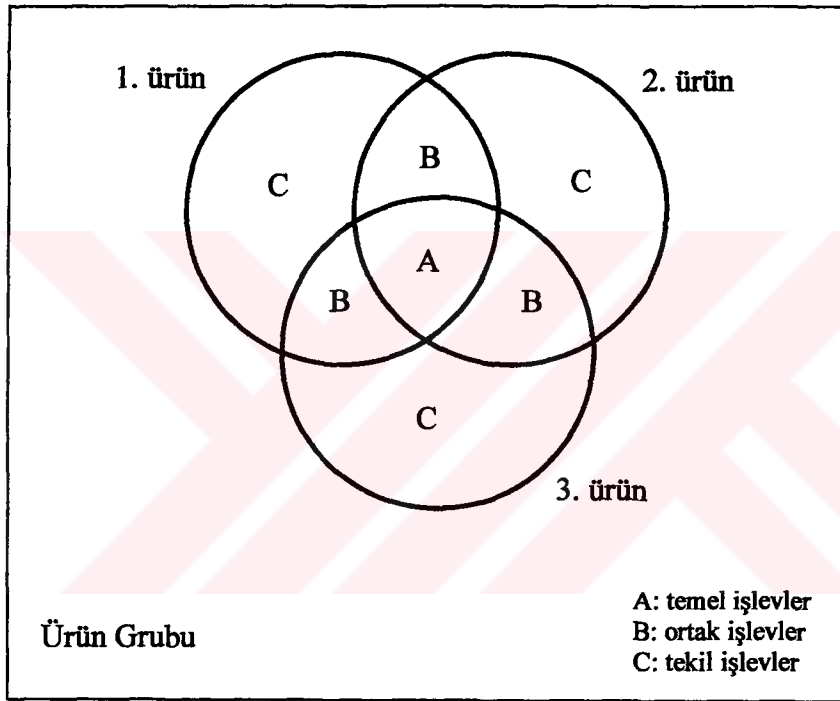
- İşlevlerin muhtemel modüllere dönüştürülmesi.

Her bir işlevin potansiyel bir modül olabileceği düşüncesi söz konusudur. Bu süreçte O'Grady (1999) işlevlerden modüllere geçişi tam açıklamamaktadır. Fakat hangi durumlarda muhtemel modüllerin geliştirilemeyeceğinin sebepleri üzerinde durmuştur, bunlar:

- Geliştirilmesi çok zordur.
- Sahip olunan işlevler, başka modüller altında toplanabilir.

- Modülün geliştirilmesi için yeterli talep söz konusu olmayabilir.
- Gelecekte yaratacağı karlılığı düşüktür.

Ayrıca işlevlerin ürün gruplarındaki kullanımları ile ilgili üç durum tanımlanmıştır. Eğer bazı işlevler ürün grubundaki bütün ürünlerde kullanılıyor ise bunlar temel işlevler olarak adlandırılır. İşlevler ürün grubunda bulunan ürünlerden iki veya daha fazlasında mevcut ise bu tip işlevlere ortak işlevler denir. Üçüncü bir tür, tekil işlevlerdir bunlar ürün grubunda bulunan ürünlerin sadece birinde kullanılan işlevlerdir. Şekil 7.34’de bu işlev grupları görülmektedir.



Şekil 7.34 İşlev grupları (O’Grady, 1999).

Bu işlev grupları modül türlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Amaç ana işlevleri tanımladıktan sonra bu işlevleri gruplamak ve bu gruplardaki işlevlere denk gelen modülleri tanımlamaktır. Bu bilgiler ışığında temel işlevlere, ürünlerde ortak kullanılan ve ürünün temelini oluşturan modüller (platform) denk gelir. Bu modüllere temel modül adı verilir. Diğer taraftan ortak kullanılan işlevler değişik ürünlerin paylaştığı ortak modülleri tanımlar. Son olarak da tekil işlevler ürüne özel modülleri ima eder ve bu modüller tekil modül olarak adlandırılır.

Bütün bu bilgiler ışığında işlevlerden modüllere geçiş çok açık tanımlanmamıştır. Dolayısıyla O’Grady (1999)’nin yaklaşımına bu adımda basit bir metot uyarlanmıştır. Derece sırası algoritması (King, 1980) denilen teknik kullanılarak

işlevlerden modüller belirlenmeye çalışılır. Bu algoritma üretimde hücrelerin tasarlanması ve grup teknolojisi konularında yaygın kullanım görmüştür. Ürün ve bu ürünlerin işlendiği makinaların baz alındığı yöntemde, ürün ve makinalar yerine işlevler kullanılacaktır. Algoritmanın işletilmesi sonucunda ortaya çıkan gruplar birbirleriyle güçlü ilişki içinde bulunan işlevlerden oluşur. Bu işlev grupları potansiyel modül olmaya adaydır. Şekil 7.35’de örnek bir işlevler arası ilişki matrisi verilmiştir.

|          | 1. İşlev | 2. işlev | 3. işlev | 4. işlev | 5. işlev |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. İşlev | 1        | 1        |          | 1        |          |
| 2. işlev | 1        | 1        |          |          |          |
| 3. işlev |          |          | 1        |          | 1        |
| 4. işlev | 1        |          |          | 1        | 1        |
| 5. işlev |          |          | 1        | 1        | 1        |

Şekil 7.35 İşlevler arası ilişki matrisi.

Önemli olan hem satırlarda hemde sütunlarda işlevlerin yer almasıdır, bu yüzden aynı işlevlerin kesiştiği hücrelere bir yazılacaktır. Ayrıca girilen değerler satır ve sütunda simetrik olacaktır. Örneğin “a” işlevi ile “b” işlevi arasında ilişki varsa bu hem “a-b” hem de “b-a” hücrelerine yansıtılmalıdır. İlgili algoritmanın işletilmesi sonucunda Şekil 7.36’da verilen matris elde edilir. Buradaki gruplar muhtemel modülleri işaret etmektedir. Örneğin birinci işlev ve ikinci işlev birlikte bir modül oluşturabilir. Aynı şekilde dördüncü ve beşinci işlevler ve üçüncü ve beşinci işlevler birer modül tanımlayabilir. İki grup içinde ortak olan işlevler çıkabilir (beşinci işlev). Bu analiz verilen diğer bilgilerle birleştirilerek uygun modüller belirlenebilir.

|          | 1. İşlev | 2. işlev | 4. işlev | 5. işlev | 3. işlev |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. İşlev | 1        | 1        | 1        |          |          |
| 2. işlev | 1        | 1        |          |          |          |
| 4. işlev | 1        |          | 1        | 1        |          |
| 5. işlev |          |          | 1        | 1        | 1        |
| 3. işlev |          |          |          | 1        | 1        |

Şekil 7.36 Çözümü bulunmuş işlevler arası ilişki matrisi.

Derece sırası algoritması sonrası dikkat edilmesi gereken son bir nokta modüllerin işlevselliğini tanımlayan parçalı işlevselliktir (granularity), (O'Grady, 1999).

Yüksek derecede fonksiyonellik içeren büyük modüller kaba parçalı işlevsel, tam tersi yani sınırlı fonksiyonellik içeren, küçük modüller ise zarif parçalı işlevsel olarak adlandırılır. Tablo 7.15'de kaba ve zarif parçalı işlevselliğin özellikleri karşılaştırılmıştır. Örneğin, zarif parçalı fonksiyonelliğin en önemli getirisi çeşitliliktir.

*Tablo 7.15 Kaba ve zarif parçalı fonksiyonellik,, O'Grady(1999).*

|                           | <b>Kaba Parçalı<br/>Fonksiyonelliğin</b> | <b>Zarif Parçalı<br/>Fonksiyonelliğin</b> |
|---------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Fonksiyonellik</b>     | Yüksek                                   | Düşük                                     |
| <b>Modül Karmaşıklığı</b> | Yüksek                                   | Düşük                                     |
| <b>Ürün Çeşitliliği</b>   | Düşük                                    | Yüksek                                    |
| <b>Modül Birleşimleri</b> | Az                                       | Çok                                       |
| <b>Güvenilirlik</b>       | Yüksek olmaya meyilli                    | Düşük olmaya meyilli                      |

Amaca bağlı olarak tabloda verilen özellikler dikkate alınır ve modüllerin işlevselliği konusunda karar verilir. Daha doğrusu amaca ters düşmeden (kaba veya zarif parçalı işlevsellik) hangi işlev gruplarının bir modül oluşturabileceği tespit edilmiş olur. Bu sorgulama derece sırası algoritması sonrası yapılmalıdır.

- Modüllerin arayüzlerinin belirlenmesi ve modül tasfiyesi.

Arayüz, bir sistemde yer alan bileşenlerin birbirleri arasındaki ve sistemle olan etkileşimlerini tanımlar. Bir bakıma uyulması gereken görünür (açık) tasarım kuralları tanımlanmaktadır.

Modülerliğin savunduğu karmaşıklığın azaltılması prensibine daha önceden tanımlanmış standart arayüzler sayesinde ulaşılabilir. Böylece zaman içindeki değişimler ve gelişimler hızlı ve kolay şekilde arayüzler sayesinde sisteme adapte edilebilmektedir, çünkü komponentler (modüller) değiştiği halde arayüzler uzun süre sabit kalmaktadır. Bu arayüzler hem modüller arası arayüzleri hem de modülle sistem arası arayüzleri kapsar.

O'Grady (1999) arayüzü şu bilgilerin birleşimi olarak tanımlamıştır:

- Mekanizma: mekanik, elektrik, veri.
- İşlev: bir modülün yerine getirdiği işlevler.
- Kısıtlar: modüllerin ne tip kısıtlar altında çalışabileceği.
- Özellikler: modülün çalışma karakteristikleri ve özellikleri.

Bu yapıdaki arayüz tanımına Tablo 7.16'da disk sürücüsü için bir örnek verilmiştir.

*Tablo 7.16 Disk sürücüsünün arayüz tanımı (O'Grady, 1999).*

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mekanizma  | Mekanik mekanizma: sürücünün dış boyutları, sürücüyü tutturmak için gerekli vida deliklerinin konumu.<br><br>Elektrik mekanizması: güç ünitesi (voltaj ve güç) ve elektrik bağlantıları.<br><br>Veri mekanizması: veri arayüz tipi (EIDE veya SCSI), veri bağlantı kabloları, veri iletim hızı ve veri kanalları. |
| Fonksiyon  | Veri depolama.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Kısıtlar   | Çalışma sıcaklığı aralığı, en yüksek nem oranı, en yüksek çekim kuvvetleri, voltaj düzeyi ve sapmaları.                                                                                                                                                                                                           |
| Özellikler | Disk depolama kapasitesi, ortalama bozulma süresi, ortalama çalışma hızı.                                                                                                                                                                                                                                         |

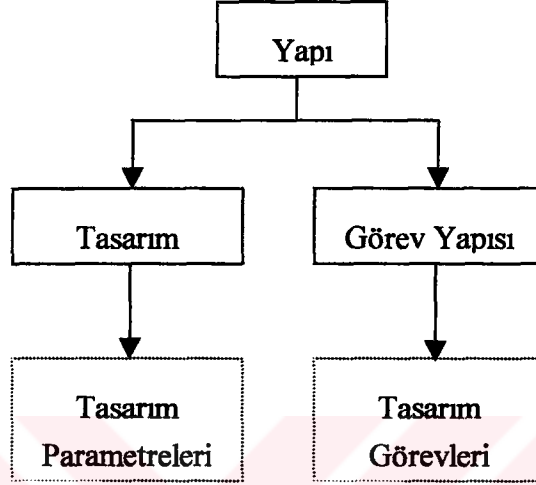
Modüllerin tasfiyesi maliyetlerin düşürülmesi ve müşteri isteklerinin daha iyi karşılanması için yapılır. Konfigürasyonunda uyarlamalar şeklinde gerçekleştirilir.

- Modül özelliklerinin ve modül tedarikçilerinin belirlenmesi.

Modül özelliklerinden kasıt, modül arayüzleri, dayanma seviyeleri, kalitesi, güvenilirliği ve maliyet hedefleridir. Bu özelliklerin her bir modül için belirlenmesi gerekir. Bu özellikler daha sonra modül tedarikçilerine bildirilecektir. Modül tedarikçileri ile ilgili stratejiler daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Özet olarak, genel amaçlı modüller üreten tedarikçiler belirlenebilir, daha sıkı ilişki içinde olunan tedarikçilere modül üzerinde değişiklik yaptırılabilir veya tamamen yeni modüller geliştirmek üzere özel tedarikçiler ile anlaşılabilir.

#### 7.6.4 Yapı Odaklı Yaklaşım

Tasarım genel olarak iki bileşene ayrılır, işlev ve yapı. Yapı, bize ürünün ne olduğunu ve nasıl meydana geldiğini açıklarken fonksiyonlar ürünün niçin var olduğu, ne gerçekleştirdiğini anlatmaya çalışır. Yapı odaklı yaklaşım adından da anlaşılacağı üzere yapı bileşeni üzerine yoğunlaşarak modüler tasarım tanımlanır. Şekil 7.37’de yapının alt inceleme alanları görülmektedir.



Şekil 7.37 Yapının hiyerarşisi.

Yöntemin adımları aşağıda sırasıyla irdelenmiştir.

- Tasarım parametrelerinin belirlenmesi.

Tasarım yapısı, ürüne ait tasarım parametrelerini kapsar ve bunlar arasındaki fiziksel ve mantıksal bağımlılığı ortaya koyar. Tasarım parametrelerinden kasıt ürünü tanımlayan örneğin renk, boy, ağırlık, malzeme gibi parametrelerdir.

Tasarım parametreleri için  $x_1, x_2, \dots, x_N$  sembolleri kullanılacaktır. Tasarım parametrelerinin kümesi  $N$  boyutlu bir vektör uzayı oluşturur,  $x: x = \langle x_1, x_2, \dots, x_N \rangle$ , ve bu vektör ürünü eksiksiz olarak tanımlar. Bu parametreler kümesi sanal bir uzayın boyutlarını oluşturduğu için bu kümeye tasarım uzayı adı verilir (Baldwin ve Clark, 2000).

Her farklı ürün, tasarım uzayında bir noktayı tanımlar. Yani her bir tasarım parametresi için belirli bir değer atanmıştır. Örneğin bir fincanın parametrelerinin aldığı belirli değerlerle tasarım uzayında bir nokta oluşturuyor, <plastik, 16cm, 8.1cm, enjeksiyon kalıbı, siyah>. Bu parametre değerlerinden örneğin renk siyah

yerine beyaz yapılırsa tasarım uzayında yeni bir nokta tanımlanmış olur. Bu durumda istenilen, en yüksek değere sahip noktaları bulmaktır.

Tasarım parametreleri arasında ürüne bağlı olarak hiyerarşik bir yapılanma söz konusu olabilir. Dolayısıyla bazı parametreler diğerlerinden önce belirlenmek durumundadır. Bu tip parametrelere hiyerarşik tasarım parametresi adı verilir.

- Müşteri isteklerinin belirlenmesi.

Müşteri istekleri yine daha önce anlatılmış olan mülakat ve anket süreci ile belirlenebilir. Belirlenen müşteri istekleri ve parametrelerden oluşan bir kalite evi oluşturularak karşılanamayan müşteri istekleri, karşılamayan parametreler analiz edilebilir. Özellikle kullanılması şart olan parametreler tespit edilir. Ayrıca bu parametreler içinden yeni ve eski olanlar belirlenir. Tablo 7.17’de örnek bir kalite evi gösterilmiştir. Sonuçta önemli ve kullanımı şart parametreler seçilir.

*Tablo 7.17 Müşteri parametre ilişkisi için bir kalite evi örneği.*

| Müşteri İstekleri            | Ağırlık | Parametreler |    |      |      |    |  | İsteklerin Karşılanma Derecesi | Karşılanamayan İstekler |
|------------------------------|---------|--------------|----|------|------|----|--|--------------------------------|-------------------------|
|                              |         | P1           | P2 | P3   | P4   | P5 |  |                                |                         |
| 1                            | 16/64   | 1            |    |      | 2    |    |  | 0.75                           |                         |
| 2                            | 64/64   | 1            |    | 3    |      |    |  | 4                              |                         |
| 3                            | 20/64   |              |    |      |      |    |  | 0                              | X                       |
| 4                            | 50/64   |              |    | 1    | 1    |    |  | 1.56                           |                         |
| 5                            |         |              |    |      |      |    |  |                                |                         |
| 6                            |         |              |    |      |      |    |  |                                |                         |
|                              |         |              |    |      |      |    |  |                                |                         |
| <b>Eski / Yeni parametre</b> |         | E            | E  | Y    | Y    | E  |  |                                |                         |
| <b>Kullanımı şart param.</b> |         | X            | X  | X    |      |    |  |                                | 1: zayıf                |
| <b>Sütun Ağırlıkları</b>     |         | 1.25         | 0  | 3.78 | 1.28 | 0  |  |                                | 2: yeterli              |
| <b>Karşılamayan Param.</b>   |         |              | X  |      |      | X  |  |                                | 3: güçlü                |

- Tasarım yapı matrisinin oluşturulması.

Ürünü oluşturan önemli ve şart tasarım parametreleri arasındaki karşılıklı bağımlılığı ve hiyerarşik ilişkileri ortaya koyan tasarım yapı matrisi oluşturulur. Bu matris sütun satır şeklinde doldurulur.

| ↙  | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 |
|----|----|----|----|----|----|
| x1 | •  | x  |    |    |    |
| x2 | x  | •  |    |    |    |
| x3 |    |    | •  | X  | x  |
| x4 | x  |    | x  | •  | x  |
| x5 |    |    |    | X  | •  |

Bu matrisin satır değerleri bir parametrenin hangi diğer parametrelerden etkilendiğini, sütun değerleri ise bir parametrenin hangi diğer parametreleri etkilediğini gösterir.

- Görev yapısının ve tasarım görevlerinin belirlenmesi.

Amaç, ürünün işlevlerini yerine getirecek ve kullanıcıyı memnun edebilecek şekilde tasarım parameterlerini seçmektir. Bu amaç aslında görev yapısını ima etmektedir. Görev yapısı, tasarım sürecinde yerine getirilmesi gereken tasarım görevlerini ve bunlar arasındaki ilişkileri tanımlar (Baldwin ve Clark, 2000). Tasarım görevinden kasıt parametrelerin seçimi (bir tasarım görevi: renk parametresini seç) ve bunlara uygun değerlerin atanmasıdır.

- Görev yapı matrisinin oluşturulması.

Görev yapı matrisi ise bu parametrelerle ilgili verilen kararların birbiriyle ilişkisini tanımlar. Matris özellikle tasarım süreci için çok önemli bir bilgi oluşturmaktadır. Tablo 7.19’da örnek bir görev yapı matrisi verilmiştir.

Bu matris tanımlanırken öncelikle ürünün bir tanımlaması yapılır ve geriye gidilerek tasarım parametreleri seçilir. Bu tasarım parametreleri ile ilgili kararlar (görevler)

belirlendikten sonra bu kararlar arasındaki ilişkiler tanımlanır ve son olarak bu görevler ilgili kişilere atanır. Kararlar arasındaki ilişkiler aynen görev tasarım matrisinde olduğu gibi hiyerarşik veya karşılıklı bağımlılık üzerine kurulur ve matris çarpı işaretlerinin uygun yerlere yerleştirilmesi ile oluşturulur.

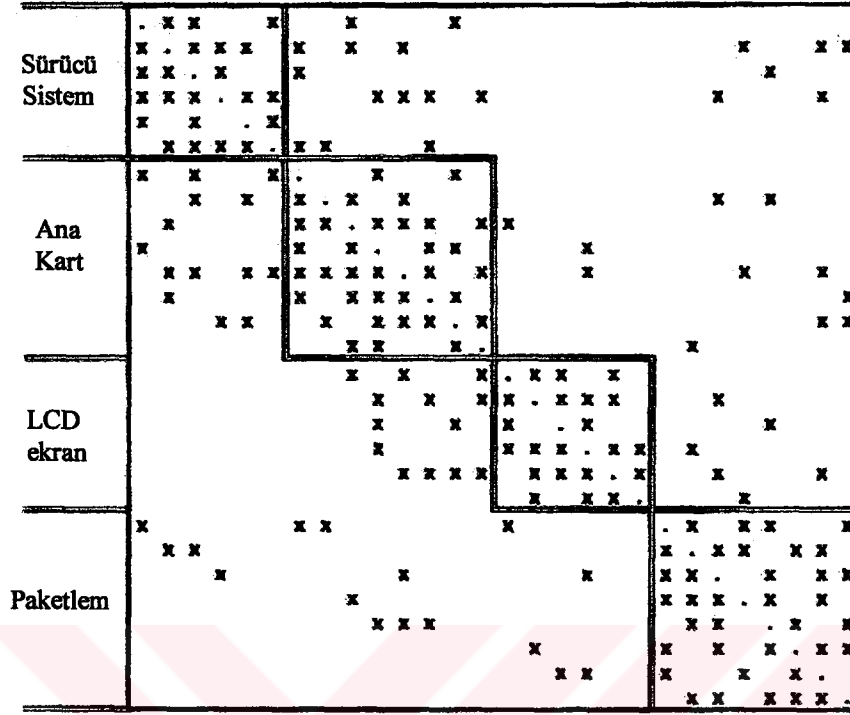
*Tablo 7.19 Örnek bir görev yapı matrisi.*

| ↙      | Görev1 | Görev2 | Görev3 | Görev4 | Görev5 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Görev1 | •      | X      |        |        |        |
| Görev2 | x      | •      |        |        |        |
| Görev5 |        |        | •      | x      | X      |
| Görev6 | x      |        | x      | •      | X      |
| Görev7 |        |        |        | x      | •      |

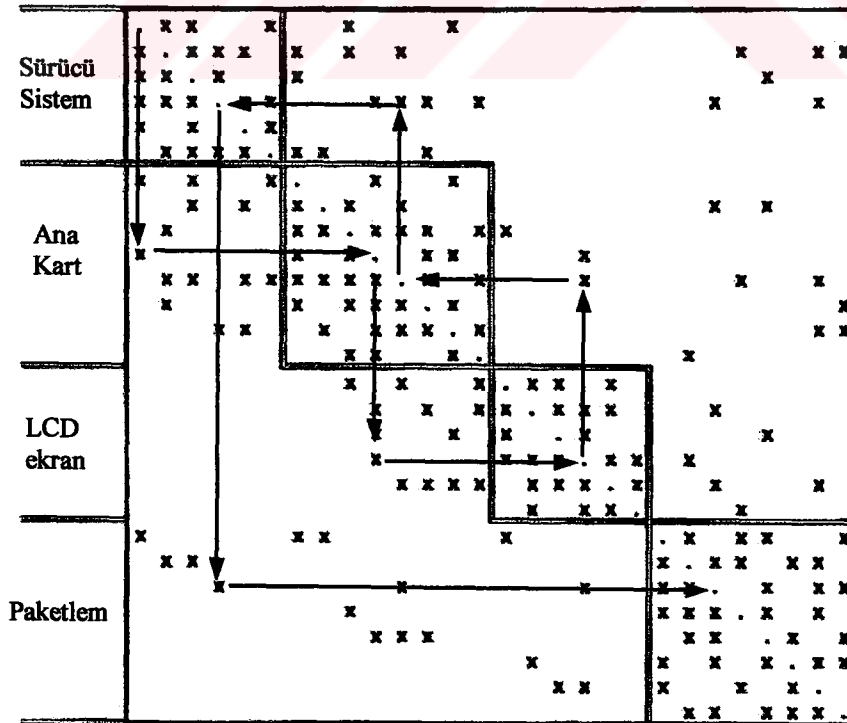
Tasarım yapı matrisleri ile görev yapı matrisleri izomorfik yapıdadır. Matrislerin içi aynı şekilde doldurulmuştur, yani birbirinin benzeridir.

Şekil 7.38’de Kent McCord ve Steven Eppinger (Baldwin ve Clark, 2000) tarafından oluşturulan bir dizüstü bilgisayarın tasarım sürecinin görev yapı matrisi görülmektedir. Bu matris, birçok orta derecede karmaşık sistemin ifade edilmesinde kullanılan içten bağlı blok yapısına uymaktadır. Matrisin köşegeni boyunca dizüstü bilgisayar sisteminin dört ana bileşenine (sürücü sistem, ana kart, LCD ekran ve paketleme) denk gelen dört adet içten bağlı blok bulunmaktadır. Blokların dışındaki ilişkiler yoğunluğu düşük şekilde dağılmışlardır, fakat sayıları blok içindekilere yakındır.

Burada akla gelen önemli bir soru, böyle bir matriste tasarım sürecinin işleyiş sırası nasıl tespit edilir. Aslında tasarım süreçleri tamamen birbirini takip eden sırasal işlerden oluşmaz. Örneğin eş zamanlı hareket eden işler söz konusudur veya başka süreçlere dallanan ve ayrılan işler vardır. Hatta bazı süreçlerde geri dönme ve başka parametrelerin daha önceden nasıl belirlendiğinin tespiti yapılır, eğer geriye dönüp bakılan bu parametreler de başka parametrelere bağlı ise iş oldukça karmaşıklaşmaya başlar. Bu yüzden bir ilişki ile başlayıp sırasal olarak bütün ilişkilerden geçecek şekilde bir tasarım süreci söz konusu değildir. Bunun yerine döngüler (Baldwin ve Clark, 2000) tanımlıdır. Şekil 7.39’da bir döngü örneği görülmektedir.



Şekil 7.38 Bir dizüstü bilgisayara ait düzenlenmiş görev yapı matrisi (Baldwin ve Clark, 2000).



Şekil 7.39 İlişkilerden dolayı oluşan bir döngü (Baldwin ve Clark, 2000).

Ürün tasarımlarında görev yapı matrisinin dört değişik türü ile karşılaşılabilir. Bunlar:

- Bağımsız blok görev yapısı, Şekil 7.40. Bilgisayar tasarımı, iki ayrı mobilya parçasının tasarımı ve birbirinden bağımsız kontratların mübadelesi bu gruba örnektir.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | • | x | x | x |   |   |   |   |
| 2 |   | • |   | x |   |   |   |   |
| 3 | x | x | • |   |   |   |   |   |
| 4 |   | x | x | • |   |   |   |   |
| 5 |   |   |   |   | • | x |   |   |
| 6 |   |   |   |   |   | • | x | x |
| 7 |   |   |   |   | x | x | • |   |
| 8 |   |   |   |   | x |   | x | • |

Şekil 7.40 Bağımsız blok görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).

- Sırasal görev yapısı, Şekil 7.41. Her tür montaj hattı, kimyasal işlem bu gruba örnektir. Birbirini sırayla izleyen görevler icra edilir. Tam hiyerarşik bir yapı söz konusudur.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | • |   |   |   |   |   |   |   |
| 2 | x | • |   |   |   |   |   |   |
| 3 |   | x | • |   |   |   |   |   |
| 4 |   |   | X | • |   |   |   |   |
| 5 |   |   |   | x | • |   |   |   |
| 6 |   |   |   |   | x | • |   |   |
| 7 |   |   |   |   |   | x | • |   |
| 8 |   |   |   |   |   |   | x | • |

Şekil 7.41 Sırasal görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).

- Hiyerarşik blok görev yapısı, Şekil 7.42. İki bloğu birbirine ilişkilendiren blok dışında ilişkiler söz konusudur. Tasarım özelliklerini belirleme ve sonra ayrıntılı tasarım bu gruba örnektir.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | • | x | x | x |   |   |   |   |
| 2 |   | • |   | x |   |   |   |   |
| 3 | x | x | • |   |   |   |   |   |
| 4 |   | x | x | • |   |   |   |   |
| 5 |   | x |   |   | • | x |   | x |
| 6 |   | x |   |   |   | • | x | x |
| 7 | x |   | x | x | x | x | • |   |
| 8 |   |   | x |   | x |   | x | • |

Şekil 7.42 Hiyerarşik blok görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).

- Melez görev yapısı, Şekil 7.43. tasarımı takip eden imalat, program yazma sonrası prgramı uygulama bu gruba örnektir.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | • | x | x | x |   |   |   |   |
| 2 |   | • |   | x |   |   |   |   |
| 3 | x | x | • | x |   |   |   |   |
| 4 |   | x | x | • |   |   |   |   |
| 5 |   | x |   |   | • |   |   |   |
| 6 |   | x |   |   | x | • |   |   |
| 7 | x |   | x |   |   | x | • |   |
| 8 |   |   | x |   |   |   | x | • |

Şekil 7.43 Melez görev yapısı, (Baldwin ve Clark, 2000).

Bu matrislerde yer alan bloklar ilk hazırlanan görev yapı matrisinin düzenlenmesi sonucu elde edilir. Bu düzenleme için derece sırası algoritması kullanılabilir. Bulunan bloklar ürünlerin alt sistemlerini ifade etmektedir.

- Tasarımın modüler yapıya dönüştürülmesi (Baldwin ve Clark, 2000).

Şekil 7.38'deki gibi içten bağlı blok yapısı sergileyen yapılarda mevcut bloklar modül olmaya adaydır. Fakat bunlar henüz modül olarak alınmaz. Bunun en önemli sebebi blok dışında yer alan ilişkilerin (blok dışındaki çarpı işaretleri) var olmasıdır. Çünkü bu ilişkilerden köşegenin altında kalanlar blokları birbirine bağlamaktadır, yani bir bloktaki en ufak tasarım değişikliği diğer blokların tasarımını etkilemektedir. Oysa modülerlik tanımında modüllerin birbirini etkilemediği<sup>25</sup> kabul edilmiştir. Aynı şekilde köşegenin üzerinde yer alan blok dışı ilişkiler bloklar arasında ilişki kurmakta fakat ilişki geriye dönüşü ifade etmektedir. Bu şekilde her iki tür blok dışı ilişki tasarımlar sırasında döngüler yaratmaktadır ve buda tasarım sürecini karmaşıklarır. Örneğin bir parametrenin değişmesi döngüler halinde birçok parametrenin daha değişmesine sebep olur.

Öyleyse bu blok dışı ilişkiler ortadan kaldırılmalı ki modüler bir tasarım elde edilsin ve bloklar da modül olarak tasarlanabilsin. Bu durumda blok dışı ilişkiler standart kurallara çevrilerek bütün blokların uyması gereken arayüzler tanımlanır. Bu kurallar blokların birbiriyle etkileşimini tanımlamakta ve bir tasarım değişikliğinde sabit kalarak diğer blokların da etkilenmesi ortadan kaldırılmaktadır. Önemli bir nokta blokların içinde yapılan değişikliklerin bu arayüzlere (standart kurallara) sadık kalınarak yapılmasıdır. Ayrıca arayüzlere uygun olarak birbirinden bağımsız şekilde geliştirilebilen blokların (modüllerin) birbirleriyle uyumlarının kontrolü, birlikte hangi performansta çalıştıkları ve nasıl biraraya getirileceği için bütünleştirme kuralları ve test standartları tanımlanır.

Bu yapıda kullanılan bloklara modül, standart kuralların bütününe de açık kurallar veya tasarım kuralları denir. Öyleyse tasarım kuralları şu etmenlerden oluşur (Baldwin ve Clark, 2000):

- Ürün mimarisi: hangi modüllerden oluştuğu ve modüllerin görevi.
- Arayüzler: modüllerin birbirleriyle ve sistemle olan etkileşimi. Yani modüllerin nasıl bağlandığı, aralarındaki iletişim ve uyum.
- Bütünleştirme kuralları ve test standartları: modüllerin birbirleriyle uyumlarının kontrolü, birlikte hangi performansta çalıştıkları ve nasıl biraraya getirileceği.

---

<sup>25</sup> Burada bahsedilen modül içi değişimlerdir. Modüller arasındaki arayüzler standart kurallar olup modülün iç değişiminden bağımsızdır.

Modüler bir görev yapı matrisi Şekil 7.44’de gösterilmiştir.

| Basamaklar                    | Tasarım kurallarını belirleme                     | Gizli modüller üzerinde çalışma                   | Test ve bütünleş.                                 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                               | 1. basamak                                        | 2. basamak                                        | 3. basamak                                        |
| Tasarım kuralları             | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |                                                   |                                                   |
| Sürücü sistem                 | x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x         | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |                                                   |
| Ana kart                      | x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x         | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |                                                   |
| LCD ekran                     | x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x         | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |                                                   |
| Paketleme                     | x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x         | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |                                                   |
| Sistem testi ve bütünleştirme | xxxxx<br>x x x<br>x x x<br>x x x<br>x x x         | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x | xxxxx<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x<br>x . x x |

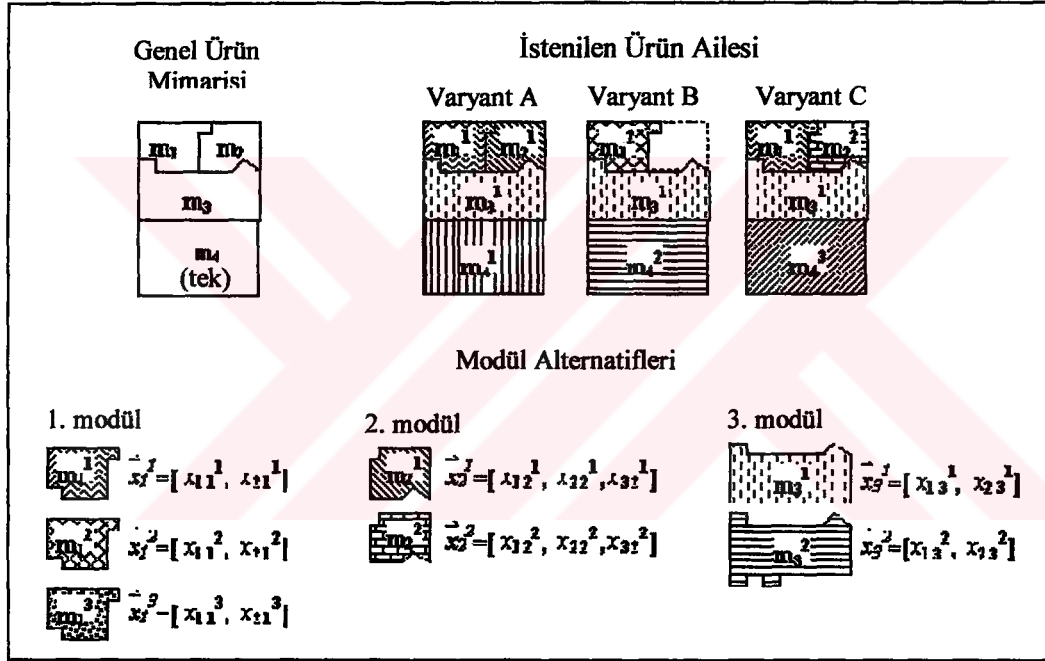
Şekil 7.44 Diz üstü bilgisayar için modüler bir görev yapısı matrisi önerisi (Baldwin ve Clark, 2000).

Bu durumda öncelikli olarak çok titiz bir şekilde tasarım kuralları belirlenmelidir. Bu kurallar tasarım grubunun çaba ve tecrübesi ile ortaya konulur. Ayrıca Baldwin ve Clark (2000) modüler operatörler adı altında altı tane mekanizma tanımlamıştır. Bu mekanizmalar modüler tasarımlarda meydana gelen karmaşık değişimleri açıklamaya yardımcı olur, böylece tasarım kurallarının belirlenmesinde oldukça yararlıdır. Bu operatörler ayırma, ikame, ekleme, çıkarma, yer değiştirme ve aktarmadır. Özellikle ayırma ve ikame operatörleri tasarımın modüler yapılmasında yardımcıdır. Diğerleri ise modüler bir tasarımdaki değişimleri açıklar. Tasarım hiyerarşi çizgesi (Baldwin ve Clark, 2000) tasarımın modüler hale çevrilmesinde etkili diğer bir tekniktir.

## 7.7 Çok Amaçlı Optimizasyon

Çok amaçlı optimizasyon, modüler tasarım sürecinin devamı niteliğindedir, yani ürün ailesindeki ürünlerin mimarisinin belirlenmiş olması gerekir. Model, ürün portföy mimarisi türlerinden modüler platform mimarisi için tasarlanmış bir modeldir. Çok amaçlı optimizasyon ile en iyi modül kombinasyonu ve modüller için hedef tasarım değerleri bulunur (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000). Model hem eski hem de yeni modüllerin kullanımını destekliyor.

Problemin içinde kullanılacak modüllerin ve varyantların genel yapısı Şekil 7.45’de özetlenmiştir.



Şekil 7.45 Modüler ürün ailesinin elemanları (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000)

- Ürün ailesinin tanımlanması.

Ürün ailesi F ile tanımlanırsa P adet üründen oluşan küme aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$F = \{A, B, C, \dots, P\},$$

i = A, B, C, ..., P olmak üzere

$\vec{x}_i$  : tasarım değişkenleri vektörü (her bir ürünün tasarımını tanımlar)

j : 1, 2, 3, ..., J olmak üzere j modülleri tanımlar (ürünü meydana getiren modüller)

Her j. modülün talep edilen işlevi değişik seviyelerde yerine getirmek için değiştirilebilecek alternatifleri olabilir, bunlar k. kuvvet ile gösterilir,  $k = 1, 2, 3, \dots, K_j$ .

Yukarda Şekil 7.45’de verilen örneğe göre,

Ürün ailesi  $F = \{A, B, C\}$ ,

Modül sayısı  $J = 4$ ,

1. modülün alternatif sayısı  $K_1 = 3$

2. modülün alternatif sayısı  $K_2 = 2$

3. modülün alternatif sayısı  $K_3 = 2$

4. modülün alternatif sayısı  $K_4 = 3$

- Modül alternatiflerinin tanımlanması.

$\vec{x}_j^k$  : j. modülün k. alternatifine ait değişkenlerin vektörünü tanımlar. h adet tasarım değişkenininin oluşun vektör:

$$\vec{x}_j^k = [x_{1j}^k, x_{2j}^k, x_{3j}^k, \dots, x_{Hj}^k] \quad h = 1, 2, 3, \dots, H_j$$

Örneğin, Şekil 7.45’de verilen 2. modülün 3 tasarım değişkeni vardır ( $x_{12}$ ,  $x_{22}$ ,  $x_{32}$ ), yani  $h = H_j = 3$ . Bu değişkenlerin anlamları şu şekilde olabilir:

Bir motoru temsil eden iki numaralı modül için  $\vec{x}_2 = [\text{güç, voltaj, çap}]$  olabilir ( $j=2$ ). Bu durumda aile içinde kullanılabilir bütün modül çeşitlerinin tasarım uzayı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\vec{X} = [\vec{x}_1^1, \vec{x}_1^2, \vec{x}_1^{K_1}, \dots, \vec{x}_J^{K_J}]$$

Son olarak modül karışımı matrisi ( $M_{ij}$ ) tanımlanır. Bu matris varyantlarda kullanılan modül alternatiflerinin kombinasyonunu vermektedir.

$$M_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{eğer j. modül i. üründe kullanılmamışsa} \\ k & \text{diğer türlü, i. üründe kullanılan j. modülün k. Alternatifi} \end{cases}$$

Şekil 7.45’de verilen örnekte M matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur, Şekil 7.46.

$$M = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}$$

Şekil 7.46 Modül karışım matrisi.

- Optimizasyonun amaç fonksiyonunun belirlenmesi (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000).

Çözülme istenen problem, her bir modül için hedef değerler belirlemek ve ailedeki ürünlerde kullanılacak modül alternatiflerini bulmaktır. Bunun için bir vektör optimizasyonu oluşturulur,(6.12):

$$\min_{\vec{X}, \mathbf{M}} \begin{cases} f_i(\vec{x}_j, \mathbf{M}) & i = A, B, \dots, P \\ f(\vec{X}, \mathbf{M}) \end{cases} \quad (6.12)$$

(6.12)’deki ifade amaç fonksiyonunu temsil eder. Ortaya konan problem çok amaçlı bir optimizasyondur. Bu tür problemlerde enbüyüklenme de tercih edilebilir. Özellikle karı enbüyüklemek olabilir. Ayrıca her bir varyant için bireysel amaç fonksiyonları da belirlenebilir. Örneğin bir varyant hız kriterine göre enbüyüklenmek isterken, bir başka varyant kütle kriterine göre enküçüklenmek istenebilir.

- Kısıtların belirlenmesi (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000)

Bu amaç fonksiyonunun kısıtları ise şöyle özetlenebilir:

- Ürün ailesinin bir bütün olarak kısıtları:

Genel olarak tüm ürünleri kapsar. Modül sayısı veya modül alternatiflerinin sayısı bir kısıt oluşturabilir veya üretim kısıtı dikkate alınabilir. Bu kısıt genel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\bar{g}(\vec{X}, \mathbf{M}) \leq \bar{\tau} \quad (6.13)$$

Bu ifade çok genel olduğu için bunun yerine ürün ailesinde kullanılan j. modülün k. alternatifinin kapasiteye katkısını ortaya koyan  $\gamma_j^k$  fonksiyonu belirlenir, (6.14).

$$\gamma_j^k = \begin{cases} \gamma_j^{M_{i,j}} & \text{if } M_{i,j} \neq 0 \\ 0 & \text{Diğer türlü} \end{cases} \quad (6.14)$$

$\gamma_j^k$ , aile içinde modül alternatiflerinin tekrar kullanılmasının fonksiyonu olarak modellemek için ortak kullanımın avantajını (veya dezavantajı) dikkate alan  $D_j^k$ , modül alternatifinin katkı faktörü dikkate alınır (6.15), (6.16):

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_j} \gamma_j^k \cdot D_j^k \leq \tau \quad (6.15)$$

$$D_j^k = \sum_{n=1}^{u_j^k} (1 - L_j^k)^{n-1} \quad (6.16)$$

$L_j^k$ , j. modülün k. alternatifinin tekrar kullanılmasının iskonto faktörüdür (öğrenme eğrilerindeki etki gibi).  $u_j^k$ , j. modülün k. alternatifinin ailedeki kullanım sayısıdır (6.17):

$$u_j^k = \sum_{i=1}^P \beta_j^k \quad (6.17)$$

$$\beta_j^k = \begin{cases} 1 & \text{if } M_{i,j} = k \\ 0 & \text{Diğer türlü} \end{cases} \quad (6.18)$$

○ Varyant kısıtları:

Her bir varyanta ait kısıtları ifade eder. Genel ifadesi (6.19)'da verilmiştir.

$$\tilde{g}_i(\bar{x}_i, \mathbf{M}) \leq \bar{r}_i \quad (6.19)$$

○ Ortak kullanım kısıtları:

Bazı modül alternatifleri aile içindeki ürünlerde ortak kullanılmaktadır. Bu yüzden ortak kullanılan alternatif modüllerin tasarımı nerede kullanılırsa kullanılsın aynı olmak zorundadır, (6.20):

$$\bar{x}_j^{M_{R,j}} = \bar{x}_j^{M_{S,j}} \quad \forall (R,S) \in F \times F \mid M_{R,j} = M_{S,j}, R \in F, S \in F, R \neq S \quad (6.20)$$

○ Modül uyumluluk kısıtları:

Seçilen modül karışımının fonksiyonudur. Modüller arası uyumluluk arayüz uyumluluğu olarak düşünülür. Burada sadece iki yönlü uyumluluk dikkate alınacaktır. Uyumluluğu modellemek için, C uyumluluk matrisi oluşturulur. Bu matrisin satır ve sütun sayısı m, aile içinde kullanılan modül alternatiflerinin toplam sayısıdır, (6.21):

$$m = \sum_{j=1}^J K_j \quad (6.21)$$

C<sub>m1,m2</sub> uyumluluğu matrisinin elemanları (6.22) ifadesindeki gibi belirlenir:

$$C_{m1,m2} = \begin{cases} 1 & \text{Eğer, modül alternatifi m1, modül alternatifi m2 ile uyumlu ise} \\ 0 & \text{Diğer türlü} \end{cases} \quad (6.22)$$

Öyleyse verilmiş bir kapasite için, i. ürüne ait uyumluluk kısıtı (6.23)'de ifade edilmiştir:

$$\prod_{j1,j2=1}^J C_{(M_{i,j1}, M_{i,j2})} > 0 \quad (6.23)$$

Örneğin Şekil 7.45'de verilen bilgilere uygun olarak uyumluluk matrisi hesaplanırsa aşağıdaki matris elde edilir, Şekil 7.47.

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} m_1^1 & m_1^2 & m_1^3 & m_2^1 & m_2^2 & m_3^1 & m_3^2 & m_4^1 & m_4^2 & m_4^3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} m_1^1 \\ m_1^2 \\ m_1^3 \\ m_2^1 \\ m_2^2 \\ m_3^1 \\ m_3^2 \\ m_4^1 \\ m_4^2 \\ m_4^3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Şekil 7.47 Örnek uyumluluk matrisi (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000).

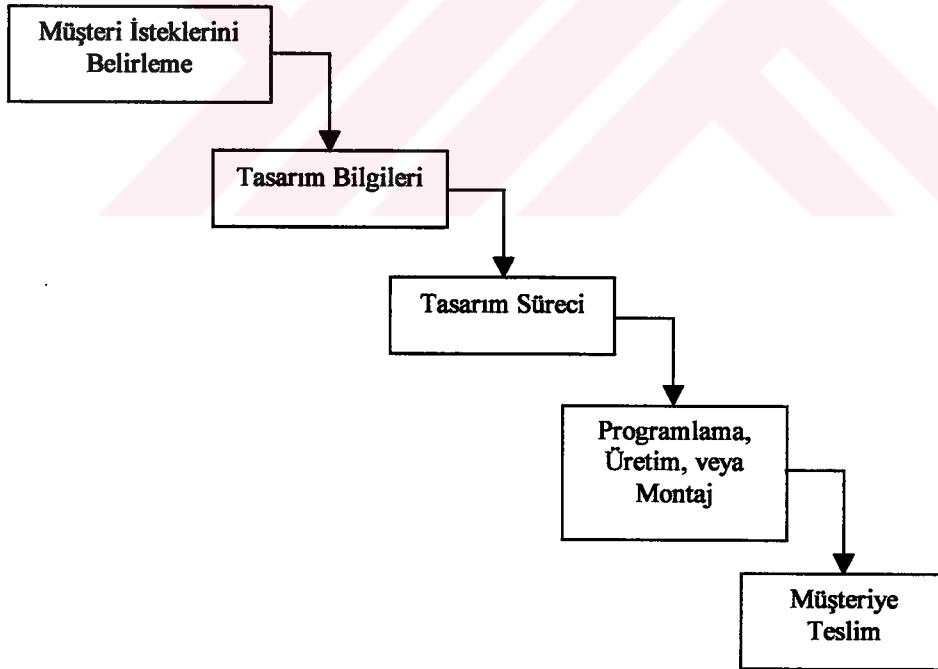
- Modelin çözümü.

Bu amaç fonksiyonları ve kısıtlar altında çok amaçlı optimizasyon problemi çözülür. Çözüm için genetik algoritma kullanılabilir (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 2000). Sonuçta, en iyi modül kombinasyonu ve modüller için hedef tasarım değerleri bulunur.

## 7.8 Tasarım Grupları Ve Organizasyonu

Ürün veya ürün portföyünün genel mimari yapısı belirlendikten sonra yeni yapıya uygun bir organizasyonel yapılanma süreci bir sonraki adımını oluşturur.

Modülerlik yaklaşımı süreç bazında geleneksel yaklaşımlardan farklı özelliklere sahiptir. Geleneksel yaklaşımlarda müşteri ihtiyacının belirlenmesinden, ürünün müşteriye teslimine kadar olan süreç sırasal bir akış izlemektedir, Şekil 7.48. Sürecin her basamağı ayrı bir birim tarafından yürütülmekte ve birimler bir önceki sürecin çıktılarını girdi olarak kullanmaktadır ve birimler arası koordinasyon yönetim tarafından ciddi bir effort ile sağlanır.



Şekil 7.48 Geleneksel ürün geliştirme süreci (O'Grady, 1999).

Modüler yaklaşımda ise üç temel süreç vardır, bunlar mimari tasarım, modül geliştirme ve müşteri isteklerine uygun ürün montajı. Bu temel süreçler sırasal yapılabileceği gibi eş zamanlı da yapılabilir. İlk kez uygulandığı zaman sırasal bir süreç izlenmek zorundadır fakat daha sonraki tekrarlarında bu süreç eş zamanlı olarak

yürür. Bu sürecin en temel basamağı ilki olan mimari yapının tasarımıdır. Bu basamak en çok efforun sarf edildiği ve birçok birimin ortaklaşa çalıştığı bir süreçtir. Geleneksel yöntemden ayrıldığı noktalar birçok birimin katılması, en zor aşamanın olması ve geleneksel yaklaşıma oranla yüksek maliyetlerin oluşmasıdır. Bu aşamada ürünün mimarisi, yani hangi modüllerden oluşacağı, bu modüllerin uyumu ve etkileşimini tanımlayan tasarım kuralları ve testler belirlenir. İşte yeni organizasyonel yapılanma bu bilgiler ışığında yapılacaktır.

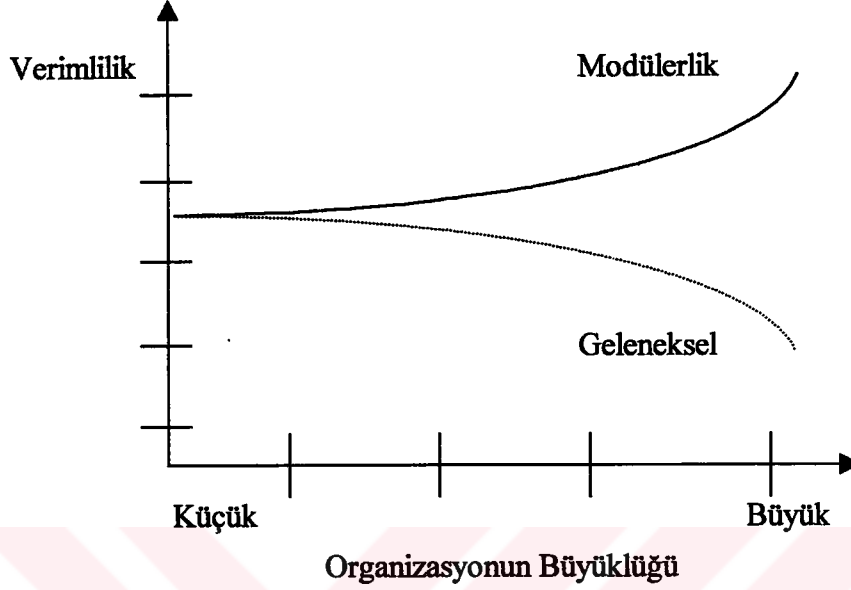
Yeni organizasyonel yapılanmanın sebebi sürecin bundan sonraki adımın geleneksel yaklaşımdan çok farklı olmasıdır. Modül geliştirme süreci olan ikinci adımda modüller ilgili tasarım kurallarına uygun bir şekilde birbirinden bağımsız olarak geliştirilip üretilcektir. Dolayısıyla modüllerin geliştirilmesi sırasında doğal fakat gizli bir koordinasyon vardır. Standart tasarım kurallarının varlığı bu gizli koordinasyonu sağlar, çünkü modül geliştiriciler bunlara uyduğu sürece ürünün geliştirilmesi modüller bazında ve birbirinden bağımsız fakat uyumlu bir şekilde gerçekleşecektir. Aynı zamanda eş zamanlı olan bu faaliyetler daha nitelikli ve yetkin işgücüne gereksinim duyar, çünkü sadece o modülü geliştirmekten sorumlu tasarım grubu o modül hakkında ayrıntılı bilgiye (teknolojik yapısı gibi) ve tecrübeye sahip olmalıdır.

Bu durumda böyle bir sürece geleneksel organizasyon yapıları uygulandığı zaman oluşan olumsuzluklar şunlardır:

- Uzun temin süreleri
- Elde kalma riski
- Yüksek ürün geliştirme maliyetleri
- Düşük karlılık
- Düşük kalite ve güvenilirlik
- Verimliliğin düşmesi

Özellikle çok çeşidin söz konusu olduğu ve ölçek olarak büyük olan organizasyonlarda geleneksel yapının verimliliği düşmektedir. Çünkü yapı karmaşıklaşmakta ve koordinasyonu zorlaşmaktadır. Bu tip yapılarda modüler yaklaşımın kullanılması bilakis verimliliği arttırmaktadır, çünkü organizasyon aynen geleneksel yapıda olduğu gibi birimlere ayrılmakta fakat birimler arası koordinasyon standart kurallar çerçevesinde gömülü olarak yürütülmekte ve meydana gelen bir

çevre değişikliği sadece etkilediği birimle sınırlı kalmakta ve diğer birimler bundan en az şekilde etkilenmektedir, Şekil 7.49. Bu bir anlamda modüler organizasyonun tanımını oluşturmaktadır.



*Şekil 7.49 Modüler ve Geleneksel yaklaşımın organizasyonel büyüklük kriterine göre karşılaştırılması (O'Grady, 1999).*

Bir başka önemli nokta, müşteri isteklerinin birey bazında ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi gereken üçüncü sürecin yine farklı bir yapılanmaya ihtiyaç duymasındır.

Tasarım gruplarının organizasyonel yapılanmasını etkileyen bir diğer karar, modül tedarikçilerinin genel veya özel modüller üretmesi ile bu tedarikçilerin şirket içindeki birimler tarafından mı oluşturulacağı yoksa dışardan bir firma (outsource) mı olacağıdır. Özellikle modül bütünleştirici ile modül tedarikçisinin arasındaki iletişim bu kararlar doğrultusunda etkilenmektedir.

Örneğin genel modüller geliştiren tedarikçiler ile modül bütünleştirici arasındaki iletişim, özel modüller geliştiren tedarikçiler ile modül bütünleştirici arasındaki iletişimden farklı olacaktır, çünkü modül bütünleştirici tasarım kurallarını empoze eden firmadır ve bunun derecesi elbette genel modül geliştiren tedarikçiler üzerinde daha düşüktür. Bu durumda bu birimleri birbirine bağlayacak ve bağlantıların yoğunluk derecesi değişken olan dolayısıyla kendi kendini organize edebilen ağsal bir yapıya ihtiyaç olabilir. Yani kurulacak iletişim mekanizması ve sınırları tanımlanmak zorundadır, buda geleneksel organizasyon sınırlarını aşmaktadır.

Geliştirme faaliyetleri bir çok şirket içi veya dışı birimin katılımıyla gerçekleşmektedir (özellikle mimari tasarımda).

Dolayısıyla bütün bu anlatılanlardan çıkabilecek sonuç bir ürün tasarımı sürecinin organizasyonel yapılanmayı ve işlerin yapılış biçimini doğrudan etkilediğidir. Bu ilişkiyi tanımlamak için Henderson ve Clark (1990) organizasyonu dört bölüme ayırmıştır:

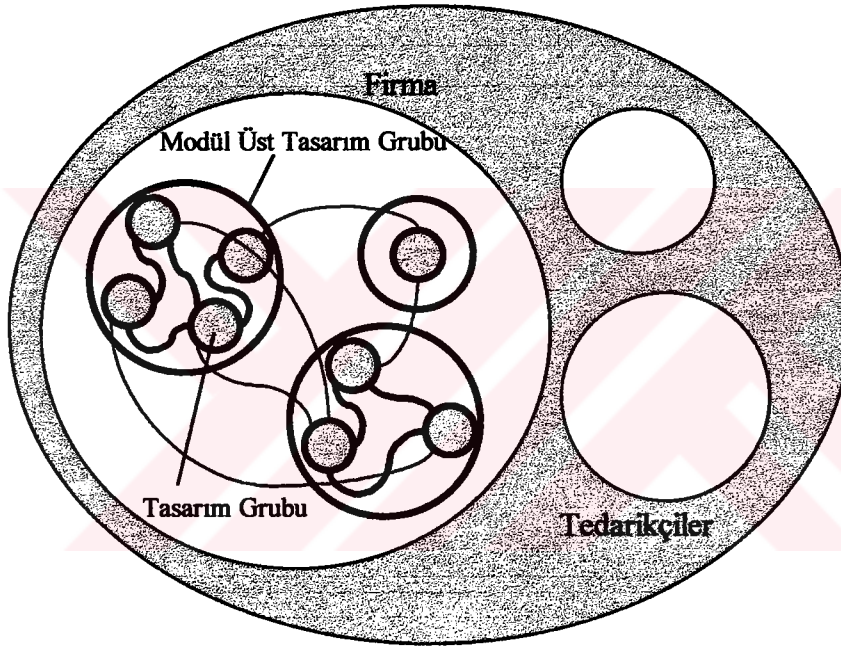
- Çalışma grupları. Belli görevleri yerine getirmekle yükümlü insan grubu ve aralarındaki iletişim. Aynı modülü geliştiren farklı gruplar arasındaki iletişim güçlü iken, farklı modülleri geliştiren gruplar arasındaki iletişim nispeten zayıftır. Modül geliştiren gruplar ile bunları bütünleştiren birim arasındaki iletişim diğer iki türün arasında bir yoğunluğa sahiptir. Bu ilişkiler görev yapı matrisinden görülebilir.
- İletişim kanalları. Grup içinde ve gruplar arası iletişimin hangi mekanizmayla işlediğini tanımlar.
- Bilgi süzgeçleri. Çalışma gruplarının belli bilgilere odaklanmasını sağlayan ve dolayısıyla diğer bilgilerin engellendiği bir mekanizmayı tanımlar.
- Problem çözme stratejileri repertuarı. Tecrübelerine dayanarak, çalışma grupları tekrar eden benzer problemleri çözmek için ne tip bir çözüm yolu izlediklerini tanımlar.

Ayrıca organizasyonel yapı ile ilgili O'Grady (1999) bazı çözümler önermiştir. Modülerliğin benimsenmiş olduğu organizasyonlarda ilkel fakat uygulanabilecek bir yapının ürün bazında bölümlendirme olduğunu söylemektedir. Fakat bu yaklaşıma çok ayrıntılı olmasa da daha uygun bir yapı tanımlamıştır. Akıcı ve tepkici olarak tanımlanmış bu yapının gerekleri şu şekilde sıralanabilir:

- Müşteri odaklı.
- Akıcı organizasyon. Gelecekte maruz kalınacak büyük pazar ve teknoloji değişimlerine karşı cevap verebilmeyi tanımlar. Özellikle değişen müşteri isteklerine cevap verebilme.
- Tepkici (değişimlere hızlı karşılık verebilme). Organizasyonel yapı değişime karşı tepki vermekte ve ayak uydurmakta hızlı ve etkili olmalıdır.

- Fonksiyonlar arası işlemler.
- Kısıtlanmış hiyerarşi (düşük hiyerarşi). Hiyerarşik seviyenin düşük dolayısıyla iletişimin etkin ve hızlı olması.
- Açık, tutarlı ve ortak (paylaşılan) amaçlar.

Dolayısıyla bütün bu anlatılanlardan çıkabilecek sonuç bir ürün tasarımı sürecinin organizasyonel yapılanmayı ve işlerin yapılış biçimini doğrudan etkilediğidir. Özellikle modüler yapılar için yapılan iş ve süreçler organizasyonel yapıyı şekillendirmektedir (Sanchez ve Mahoney, 1997). Modülerliğin benimsendiği organizasyonlar için örnek bir yapı Şekil 7.50’de ifade edilmiştir.



*Şekil 7.50 Modülerliğin benimsendiği organizasyonlar için örnek bir yapı.*

## 7.9 Modül Tasarımı Ve Geliştirme

Modüler tasarım sürecinin bir diğer adımı modüllerin ayrıntılı tasarımı ve geliştirilmesidir. Daha önceki adımlarda belirlenen modüler ürün veya portföy mimarisi ve tasarım grupları bu aşamada girdi olarak kullanılacaktır.

Modüler ürün mimarisinden kasıt o ürünün hangi modüllerden oluştuğu, bu modüllerin birbiriyle etkileşimi, arayüzler ve bütünleştirmedir. Bu bilgilerin tamamı tasarım kurallarını veya diğer bir deyişle açık kuralları tanımlamaktadır.

Tasarım kuralları, bütün tasarım gruplarının modül geliştirirken uyması gereken kurallardır. Modüller kendi iç tasarımlarında diğer modüllerden ve sistemden bağımsızdır, fakat standart kurallara ve modülün ana amacına uyulması şartıyla.

Modül tasarımı ve geliştirilmesi şirket içi birimler tarafından yapılabileceği gibi diğer dış birimlere de yaptırılabilir (outsourcing). Modül tasarımından sorumlu bu gruplara modül tedarikçisi denir.

Genelde modül geliştirme grupları daha yetkin işgücüne ihtiyaç duyar. Çünkü tecrübe ve bilgi ile modüllerin geliştirilmesi söz konusudur. Sadece modül üzerine odaklanıldığı için gelişim hızı yüksek olmakta ve daha kaliteli modüller üretilmektedir. Aynı modülü geliştiren birçok firmadan söz edilebilir, buda rekabetin artması, dolayısıyla kalitenin artması ve maliyetlerin düşmesi anlamına gelir.

Bu çalışmada modül tasarımı kapsamın dışındadır, çünkü ürünle özel yüksek tecrübeye ve bilgiye gereksinim vardır.

#### **7.10 Modüler Sistemin Performansı**

Performans genel anlamda amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni, nicel ya da nitel olarak belirleyen bir kavramdır (Akal, 1996). Performansın belli bir seviyeden küçük çıkması etkinliğin tekrar gözden geçirilmesi veya terk edilmesini gerektirebilir. Diğer taraftan performansın belli bir seviyeden yüksek çıkması etkinliğin başarısını ve devamını vurgular.

Dolayısıyla planlanmış bir etkinlik olarak kabul edilebilecek olan tasarım çalışmaları sonucunda elde edilen modüler tasarımın nitel veya nicel olarak değerlendirilerek başarılı olup olmadığı bu adımın misyonunu oluşturur. Bu konuda literatürde değişik çalışmalar yapılmış ve çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlardan bazıları maliyet analizleri, gerçek opsiyonlar (real options) analizi (Baldwin ve Clark, 2000), Monte Carlo simülasyonu (Gonzalez-Zugasti ve Otto, 1999), müşteri düşüncelerinin analizi ve pazar analizleridir.

Bu çalışmada kullanılacak performans değerlendirme yöntemleri iki ayrı sınıfta gruplanacaktır. Böyle bir gruplamanın temel nedeni, yapılan performans değerlendirmelerinin iki farklı zaman aralığında gerçekleşmesidir. İlk grup tasarım sonrası değerlendirme yaparken, ikinci grup pazara sunduktan sonra değerlendirme yapar.

### 7.10.1 Tasarım Sonrası Performans Değerlendirme

İlk grup olan tasarım ve geliştirme aşamaları sonrası modüler ürün performansının ölçülmesi için iki ayrı yöntem önerilmektedir. Bunlar objektif matris yöntemi (Akal, 1996) ve SMIC yöntemidir (Godet, 1994). İlk kez modüler sistem performansı için kullanılacak bu yöntemler ayrıntılı olarak aşağıda incelenmiştir.

- Objektif matris yöntemi.

Objektif matris yöntemi J. L. Riggs tarafından 1970 yılında geliştirilmiş bir toplam performans değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemde çeşitli performans göstergeleri (birbirinden farklı türde ve boyutlarda) ağırlıklandırma yöntemi ile bir arada değerlendirilir.

Şekil 7.51’de örnek bir objektif matris görülmektedir.

Aşağıda modüler tasarımın değerlendirilmesi amacıyla uyarlanmış objektif matris formatı ve çalışma yöntemi anlatılmıştır:

- Performans ölçütleri: Üründe (veya ürün portföyünde) bulunan her bir modül için o modüle özgü performans ölçüsü tanımlanır. Bir modül için birden fazla performans ölçüsü olabilir, fakat matrise en önemli ölçü girilecektir. Bu ölçüler aynı zamanda daha önceki ürünün (yekpare veya modüler) tamamı veya bileşenlerinin performansı içinde geçerli olmalıdır.
- Modülün performansı: Yeni modüler ürün (veya ürün portföyü) tasarımında yer alan modüllerin performans ölçütleri açısından değerlerini ifade eder.
- Mevcut ürün için ölçek ve puanlar: Burada sadece yeni tasarımdan bir önceki mimariye ait değerler bulunacaktır. Matrisin bu bölümü sıfır puan başarısızlığı ve on puan üstün düzeyi temsil etmek üzere onbir düzeye ayrılmıştır. Her bir ölçüt için sıfırdan onuncu düzeye kadar önceden hesaplanan performans değerleri yazılır, yani her düzeye bir performans değeri denk gelir. Bu değerlerin hesaplanması şu şekildedir, tasarımdan önceki ürünün (modüler veya yekpare) mevcut değeri, 3 puana denk gelen satıra yazılır; daha sonra 10 puana denk gelen satıra tasarımdan önceki ürün için düşünülmüş üst düzey performans değeri yazılır. Aralardaki değerler (3 ile 10 arası ve 0,1,2) için, onuncu puana denk gelen performans değerinden ile üçüncü

puana denk gelen performans değeri çıkarılarak yediye bölünür ve üç puan üzerindeki puanların hesabı için artış miktarı belirlenmiş olur. böylece her bir üst puan için bu artış miktarı ilgili performans değerine eklenir. Aynı mantıkla artış miktarı bu sefer kademe kademe çıkarılarak 0,1,2 puanlı performans değerleri elde edilmiş olur.

Şekil 7.51’de yer alan rakamlar incelenebilir. Örneğin birinci performans ölçütü için üç puana 9 ve on puana 16 değerleri belirlenmiştir, bu durumda  $(16 - 9) / 7$  hesabının sonucu olan 1 rakamı artış ve azalış miktarını göstermektedir. Örneğin yedi puana denk gelen performans değeri 13  $(= 9 + 4 \cdot 1)$  bulunur.

- Modül puanı: Bu alana modülün performansının mevcut ürün ölçeğinde denk geldiği puan yazılır. Örneğin Şekil 7.51’deki matriste ilk performans ölçütüne ait modül performansı 10.2’dir, bu değer mevcut ürün ölçeğinde 10 değerine yakındır (en yakın değer alınır) ve dolayısıyla 10 değerine karşılık gelen 4 puanı almıştır.
- Modül ağırlığı: Modüllerin ürüne katkısı doğrultusunda önem derecesini belirleyen bir ağırlık atanır. Modüllere ait bu ağırlıkların toplamı 100 olmaktadır. Örneğin Şekil 7.51’deki matriste ilk performans ölçütüne ait modülün ağırlığı 31 olarak belirlenmiştir.
- Modül performans değeri: Her modülün puanı ağırlığı ile çarpılarak modül performans değeri elde edilir. Örneğin Şekil 7.51’deki matriste ilk performans ölçütüne ait modülün performans değeri 124  $(= 4 \cdot 31)$  olarak bulunur. Bu değerler ile birbirinden çok farklı yapılara sahip modüller arasında bile karşılaştırma yapmak mümkündür.
- Toplam modüler ürün performans değeri: Modül performans değerlerinin toplamı alınarak bulunur.

Toplam modüler ürün performans değeri, modüler tasarımın başarısını veya başarısızlığını gösterir. Özellikle daha önceki tasarımlara nazaran gelişme olup olmadığı bu değere bakılarak yorumlanır. Ayrıca, modül performans değerleri ile birbirinden çok farklı yapılara sahip modüller arasında bile karşılaştırma yapmak mümkündür.

| 1. performans ölçüsü | 2. performans ölçüsü | 3. performans ölçüsü | 4. performans ölçüsü | Performans Ölçüsü   |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 10.2                 | 5.1                  | 4.3                  | 0.14                 | Modülün Performansı |

|    |      |     |      |    |
|----|------|-----|------|----|
| 16 | 2.0  | 2.4 | 0.06 | 10 |
| 15 | 2.5  | 2.7 | 0.07 | 9  |
| 14 | 3.0  | 3.0 | 0.08 | 8  |
| 13 | 3.5  | 3.3 | 0.09 | 7  |
| 12 | 4.0  | 3.6 | 0.10 | 6  |
| 11 | 4.5  | 3.9 | 0.11 | 5  |
| 10 | 5.0  | 4.2 | 0.12 | 4  |
| 9  | 5.5  | 4.5 | 0.13 | 3  |
| 8  | 6.5  | 5.0 | 0.15 | 2  |
| 7  | 8.0  | 5.5 | 0.17 | 1  |
| 6  | 10.0 | 6.0 | 0.20 | 0  |

Mevcut Ürün için Ölçek ve Puanlar

|     |    |    |    |                         |
|-----|----|----|----|-------------------------|
| 4   | 3  | 3  | 2  | Modül Puanı             |
| 31  | 27 | 20 | 13 | Modül Ağırlığı          |
| 124 | 81 | 60 | 26 | Modül Performans Değeri |

**Toplam Modüler Ürün Performans Değeri** **291**

Şekil 7.51 Modüler sistem performansı için uyarlanmış objektif matris.

Bu yöntemin kabullendiği bir varsayım, yeni tasarımdan daha önce bu ürünün varlığıdır. Çünkü yepyeni bir ürün tasarlanmışsa yeni ürünün toplam modüler performans daha önceki bir değerle karşılaştırılmaz. Sadece modül performansları karşılıklı olarak değerlendirilebilir.

Bu durumda hem sıfırdan yaratılan hem de daha önceden var olan bir ürün için de kullanılabilecek başka bir yöntem ihtiyacı vardır.

- SMIC yöntemi.

SMIC metodu, modüler sistemlerin performansının değerlendirilmesinde hem sıfırdan yaratılan hem de daha önceden var olan bir ürün için kullanılabilecek bir yöntemdir.

Aslında SMIC yöntemi 1973-1974 yılları arasında bir senaryo planlama tekniği olarak Godet ve Duperin tarafından geliştirilen ve çapraz etki (cross impact) analizine dayanan bir metottur (Godet, 1994). SMIC uzun yıllar boyunca değişik konularda geleceğin resminin belirlenmeye çalışıldığı senaryo planlama çalışmalarına ışık tutmuştur. Geleceği etkilediğine inanılan değişkenler ve aktörler kullanılarak oluşturulan hipotezlerin ve bunların kombinasyonlarının ortaya çıkma ihtimalini hesaplar (Godet ve Roubelat, 1996).

Modüler performans analizi çalışmasında ise izlenen yol (hesaplamalar) aynıdır fakat amaç çok farklıdır. İlk kez bu çalışmada bu yöntemin kullanılması önerilmektedir.

Bu yöntem objektif matris yöntemindeki gibi performans ölçütleri üzerinden hareket etmez. Bunun yerine modüllerin var olma olasılıkları üzerinden hareket edilerek bir optimizasyon problemi çözülür. Sonuçta, modüllerin değişik kombinasyonlarının olasılıkları hesaplanarak bu modüllerin birbirlerine ne kadar uyumlu oldukları belirlenir. SMIC metodu, temel iki adımdan oluşmaktadır :

1.Uzman heyetine yapılan bir anket (delphi metot).

2.Bunu takip eden hesaplamalar.

- Uzman heyetine yapılan bir anket.

Modüler tasarım sonrası tespit edilmiş modüllerin her birinin var olma olasılığı bir hipotez tanımlar. Bu hipotezleri doğrulamak (veya red etmek) için anket yoluyla uzmanların fikirleri alınır. Anket sonuçları daha sonra optimizasyon yoluyla ile değerlendirilecektir.

Söz konusu anket iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi basit (bağımsız) olasılıkların sorgulandığı bölüm, ikincisi ise bağımlı olasılıkların sorgulandığı bölüm.

Basit olasılıklardan kasıt modüllerin var olma olasılıklarıdır, örneğin tasarlanmış bir modülün üretimi mümkün mü, pazarda talep var mı, teknoloji yeterli mi, kullanım için uygun mu vb. sorulara yanıt olan bir olasılık değeri sorgulanıyor. Şekil 7.52’de 8 modülünden oluşan bir tasarım için anketin ilk bölümü görülmektedir. Değişik uzmanlardan toplanan anketlerin sonuçları birleştirilerek (aritmetik ortalaması alınarak) değerlendirilir. Ankette beşli likert ölçeği kullanılmıştır. Ölçekteki değerlerin her birinin 0.2 katı bir olasılık tanımlar. Örneğin 3 değerini alan bir modülün var olma olasılığı  $0.6 (= 3 \cdot 0.2)$  olarak belirlenir.

|                                                                                      | çok düşük | düşük | Kararsızım | yüksek | çok yüksek |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
|                                                                                      | 1         | 2     | 3          | 4      | 5          |
| <b>A. Bölüm soruları</b>                                                             |           |       |            |        |            |
| Soru: böyle bir modülün var olma olasılığı nedir? (tasarım, üretim, satış, kullanım) |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 2. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 4. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün var olma olasılığı nedir?                                                 |           |       |            |        |            |

Şekil 7.52 Delphi anketinde basit olasılıkların sorgulandığı bölüm.

Bağımlı olasılıklar ise, modüllerin birlikte uyum içinde çalışıp çalışmayacağını olasılığını sorgular. Şekil 7.53’de 8 modülden oluşan bir tasarım için anketin ikinci bölümünün küçük bir parçası görülmektedir.

|                                                            | çok düşük | düşük | Kararsızım | yüksek | çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
|                                                            | 1         | 2     | 3          | 4      | 5          |
| <b>B. Bölüm soruları</b>                                   |           |       |            |        |            |
| Soru: 1. Modülün ....                                      |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Soru: 1. Modülün olmadığı zaman....</b>                   |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

Şekil 7.53 Delphi anketinde bağımlı olasılıkların sorgulandığı bölüm.

Şekil 7.53’de görüldüğü üzere anketin ikinci bölümünde iki farklı soru sorgulanır. Bunlardan birincisi, iki değişik modülün birlikte uyum içinde çalışması olasılığıdır. İkincisi ise, bir modül olmadığı zaman diğer bir modülün çalışması olasılığıdır. Aslında bu bölümde modüllerin karşılıklı olarak birbirine bağımlılıkları sorgulanır (ikililer halinde).

Şekil 7.53’de ikinci bölümün sadece birinci modülü için, iki soru grubu (toplam 14 soru) sorgulanmıştır. Bu soruların benzerleri örnekteki diğer yedi modül için de sorgulanacaktır.

Bu durumda “n” modül sayısı olmak üzere  $2^{(n-1)^2}$  formülü ile toplam soru sayısı bulunur. İkinci bölümde de beşli likert ölçeği kullanılmıştır.

Bu anketlerden elde edilen işlenmemiş basit ve bağımlı olasılık değerleri kullanılarak aşağıdaki işlemler sonucu işlenmiş basit ve bağımlı olasılıklar hesaplanır.

- Hesaplamalar.

N modül sayısı ise,  $2^N = r$  adet kombinasyon vardır.  $E_k$ , k. kombinasyonu ifade etmektedir.  $h_i$ , i. modülü ifade etmektedir.

$$E_1 = (111111), E_2 = (011111), E_3 = (101111), \dots, E_r = (000000)$$

$$E_1 = (h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6), E_2 = (\text{not } h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6), \dots, E_r$$

Genel olarak gösterimi,

$$E_1 = (h_1, h_2, h_3, \dots, h_i, \dots, h_N), E_2 = (\text{not } h_1, h_2, h_3, \dots, h_i, \dots, h_N), \dots$$

$$\dots, E_r = (\text{not } h_1, \text{not } h_2, \text{not } h_3, \dots, \text{not } h_i, \dots, \text{not } h_N)$$

Her  $E_k$  modülünün  $\Pi_k$  gibi bir olasılığı vardır.  $h_i$ ’nin basit ve bağımlı olasılıkları  $\Pi_k$  cinsinden şu formüllerle hesaplanabilir :

$h_i$  ’ nin olasılığı :

$$P^*(i) = \sum_k \Theta_{ik} \Pi_k \quad (6.24)$$

$\Theta_{ik} = 0$  ; eğer  $h_i$ ,  $E_k$ ’ da yer almıyorsa

$\Theta_{ik} = 1$  ; eğer  $h_i$ ,  $E_k$ ’ da yer alıyorsa

$h_i$  'nin  $h_j$  gerçekleştiğinde olasılığı :

$$P^*(i/j) = (\sum_{k=1}^r T_{ijk} \cdot \Pi_k) / P^*(j) \quad , \quad \forall (ij) \quad (6.25)$$

$T_{ijk} = 0$  eğer  $h_i$  veya  $h_j$ ,  $E_k$ 'da yer almıyorsa

$T_{ijk} = 1$  eğer hem  $h_i$  hem de  $h_j$ ,  $E_k$ 'da yer alıyorsa

$h_i$  'nin  $h_j$  gerçekleşmediğinde olasılığı :

$$P^*(i/\text{not } j) = (\sum_{k=1}^r S_{ijk} \cdot \Pi_k) / (1 - P^*(j)) \quad , \quad \forall (ij) \quad (6.26)$$

$S_{ijk} = 1$  eğer  $E_k$ 'da  $h_i$  yer alıyor fakat  $h_j$  yer almıyorsa

$S_{ijk} = 0$  aksi durumlarda

Yukardaki formüller uygulandığında aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir :

$$0 \leq P^*(i) \leq 1 \quad (6.27a)$$

$$P^*(i/j) \cdot P^*(j) = P^*(j/i) \cdot P^*(i) = P^*(i \cdot j) \quad (6.27b)$$

$$P^*(i/j) \cdot P^*(j) + P^*(i/\text{not } j) \cdot P^*(\text{not } j) = P^*(i) \quad (6.27c)$$

İşlenmemiş olasılıklardan yola çıkılarak bu koşulları sağlayan olasılıkların bulunabilmesi için aşağıdaki kuadratik minimizasyon modeli kurulur ve çözülür. Amaç fonksiyonu :

$$\min \sum_{k=1}^r \left\{ \sum_i \left\{ P(i) - \sum_{k=1}^r \Theta_{ik} \cdot \Pi_k \right\}^2 + \sum_{ij} \left\{ P(i/j) \cdot P(j) - \sum_{k=1}^r T_{ijk} \cdot \Pi_k \right\}^2 + \sum_{ij} \left\{ P(i/\text{not } j) \cdot P(\text{not } j) - \sum_{k=1}^r S_{ijk} \cdot \Pi_k \right\}^2 \right\} \quad (6.28)$$

Kısıtlar :

$$\sum_{k=1}^r \Pi_k = 1 \quad (6.29a)$$

$$\Pi_k \geq 0 \quad , \quad \forall k \quad (6.29b)$$

Bu optimizasyon modelinin çözümü ile modüler tasarımda yer alan modüllerin değişik kombinasyonlarının olasılıkları hesaplanarak bu modüllerin birbirlerine ne kadar uyumlu oldukları belirlenir. Tablo 7.20’de kombinasyonların içerikleri ve olasılıkları büyükten küçüğe doğru sıralanarak verilmiştir. Örneğin tasarımda bütün modüllerin var olmasını gösteren E1 kombinasyonu en büyük olasılığa sahiptir ve bu değer 0.218 dir. Bu durumda bütün modüllerin kullanımı uygundur, fakat böyle bir tasarım üstün bir performans sergilemez (0.218).

*Tablo 7.20 Modül kombinasyonlarının olasılıkları (ilk on tanesi).*

| Kombinasyon | Kombinasyon İçeriği | Olasılığı ( $\Pi_k$ ) |
|-------------|---------------------|-----------------------|
| E1          | (111111)            | $\Pi_1 = 0,218$       |
| E14         | (010011)            | $\Pi_{14} = 0,161$    |
| E26         | (011001)            | $\Pi_{26} = 0,094$    |
| E12         | (001011)            | $\Pi_{12} = 0,079$    |
| E28         | (001001)            | $\Pi_{28} = 0,066$    |
| E37         | (110110)            | $\Pi_{37} = 0,056$    |
| E43         | (101010)            | $\Pi_{43} = 0,052$    |
| E44         | (001010)            | $\Pi_{44} = 0,047$    |
| E30         | (010001)            | $\Pi_{30} = 0,045$    |
| E49         | (111100)            | $\Pi_{49} = 0,042$    |
| ...         | ...                 | ...                   |

Bu yöntemin kağıt üzerinde yapılması özellikle kuadratik minimizasyonun çözümü açısından çok zor ve zaman alıcıdır. Bu yüzden Microsoft Excel kullanılarak geliştirilmiş bir program kullanılmaktadır (Dölek, 1998). Bu programda anket sonuçlarından çıkarılan basit ve bağımlı olasılık değerleri bilgisayara girilerek sonuç elde edilmektedir, Tablo 7.21.

Genel olarak istenilen en mükemmel durum basit olasılıkların (modülün var olma olasılığı) ve bağımlı olasılıklarının (uyumlu çalışma ve bir modülün eksikliği durumunda diğerlerinin etkilenme durumu) hepsinin bir olmasıdır, Tablo 7.21. Bu

girdi şunu ifade eder, bütün modüller uygundur, birbirleriyle uyum içindedir ve birinin eksikliği diğerini en az şekilde etkilemektedir.

*Tablo 7.21 SMIC’de bilgisayar ortamına girilmiş basit ve bağımlı olasılıklar (Dölek, 1998).*

## HİPOTEZLER İÇİN...

### Anket Sonucu Oluşan Olasılıklar

**BU DEĞERLER KULLANICI TARAFINDAN GİRİLECEK**

#### BAĞIMSIZ OLASILIKLAR

|    | 1. Modül | 2. Modül | 3. Modül | 4. Modül | 5. Modül | 6. Modül | 7. Modül |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pi | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        |

#### BAĞIMLI OLASILIKLAR

|    | m1 | m2 | m3 | m4 | m5 | m6 | m7 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| m1 |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| m2 | 1  |    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| m3 | 1  | 1  |    | 1  | 1  | 1  | 1  |
| m4 | 1  | 1  | 1  |    | 1  | 1  | 1  |
| m5 | 1  | 1  | 1  | 1  |    | 1  | 1  |
| m6 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    | 1  |
| m7 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |

|    | not m1 | not m2 | not m3 | not m4 | not m5 | not m6 | not m7 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| m1 |        | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| m2 | 1      |        | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| m3 | 1      | 1      |        | 1      | 1      | 1      | 1      |
| m4 | 1      | 1      | 1      |        | 1      | 1      | 1      |
| m5 | 1      | 1      | 1      | 1      |        | 1      | 1      |
| m6 | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |        | 1      |
| m7 | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |        |

### 7.10.2 Pazar Sunumu Sonrası Performans Değerlendirme

İkinci bir yaklaşım modüler ürünlerin üretilip pazara sunulduktan sonra performanslarının değerlendirilmesidir. Bu yaklaşımda değişik kriterler tek tek yada birarada dikkate alınarak performans değerlendirilir. Bu kriterlere örnek:

- Pazar payı. Müşteri isteklerine özel üretilen ürünlerin belli bir süre sonraki pazar paylarının durumu. Hem genel pazar payı hem de pazar bölümlerindeki paylar incelenebilir.

- Gelir. Satışlardan, maliyetlerden dolayı kaynaklanabilecek gelir artışları veya azalışlarının zaman içinde takibi.
- Ürün veya ürün portföyünden elde edilen kar.
- Maliyetler. Üretim, tasarım, stok vd. maliyetlerin takibi.
- Tutulan ortalama stok miktarları.
- Müşteri şikayetleri. Ürünün kalitesinden, fiyatlardan, ürünün kullanımında çıkan problemlerden dolayı oluşan şikayetler.
- Satış hacmi.

Bu kriterlerin hepsinde sonuç ancak belli bir zaman dilimi geçtikten sonra alınabilir. Mutlak bir etkileme söz konusu değildir, çünkü bu kriterlerin değerleri başka değişkenlerden de etkilenebilmektedir. Ürünün ilk kez pazara sunulması durumunda performans ölçümü zorlaşmaktadır.

## **8. GAZ DEDEKTÖRÜ İÇİN BİR MODÜLER TASARIM UYGULAMASI**

Bu bölümde daha önce anlatılmış olan modüler tasarım sürecinin gaz dedektörleri için bir uygulaması yer almaktadır.

### **8.1 Uygulama Alanı**

Uygulama alanı olarak güvenlik sektörünün bir alt sahası olan gaz kontrol sistemleri seçilmiştir. Bu konudaki temel araştırmalar küçük ölçekli bir firmada yürütülmüştür. Bu uygulama alını ve firmayı seçme nedenleri şunlardır:

- Güvenlik sektörü Türkiye’de yeni yeni gelişmeye başlayan ve henüz dışarıya bağımlı olunan bir sektör. Dolayısıyla tasarım ile ilgili bir çalışmanın katkısı yüksektir.
- Özellikle İstanbul’da artan doğal gaz (ve diğer gazlar) kullanımı potansiyel bir tehlike dolayısıyla potansiyel bir pazar yaratıyor.
- Gaz kontrol sistemlerinin mutfakta, büroda, endüstrinin her alanında bir uygulama alanına sahip olması.
- Seçilen ürün ailesinin basit bir mimariye sahip olması.
- Ürün ailesinin modülerliğe yatkın bir tasarımının olması.
- Araştırmaların yürütüldüğü firmanın ileride bu ürün ailesinin üretimini düşünmesi.

Araştırmanın yapıldığı firma isminin kullanılmasını istemediği için bundan sonraki adımlarda ABC firması olarak anılacaktır.

### **8.2 Firma, Ürün, Sektör Tanıtımı Ve Pazar Araştırması**

#### **8.2.1 Şirket Tanıtımı**

ABC Pazarlama Ltd, 1990’lı yılların başında kurulmuş güvenlik sektöründe faaliyet gösteren bir şirkettir. ABC firması iki temel sahada faaliyet göstermektedir, bunlar

elektronik güvenlik sistemleri ve gaz kontrol sistemleridir. Yaklaşık on yıldır sektörde faaliyet gösteren firma 3-4 yıldır da gaz kontrol sistemlerine odaklanmış durumdadır. Özellikle gelirinin büyük bir payını elektronik güvenlik sistemlerinden elde eden firma gaz kontrol sistemlerinde uzun vadede büyük bir potansiyel görmektedir. Ürünlerin sadece pazarlamasını ve satışını yapan ABC firması ürünleri yurt dışından ithal etmektedir. Japonya'nın bu daldaki en iyi şirketi ile çalışan firma özellikle kalite kriterini ön planda tutmaktadır.

Uzun vadede gaz dedektörü üretmeyi düşünen firma bu alandaki araştırmalarına da başlamış durumdadır. Bu durum uygulamanın bu firmada yapılması için önemli bir sebeptir. ABC firması aynı zamanda satışını yaptığı cihaz ve sistemlerin projelendirilmesini, montajını ve satış sonrası hizmetlerini yapmaktadır.

İşletmede iş sahası, projelendirme ve bayiye satış olarak ayrılmıştır. Projelendirme de müşteriden teklif gelir ve işin projesi hazırlanır. Bayiye satış ise standart ürünlerin nihai tüketiciye ulaştırılması amacıyla bayilere ve güvenlik firmalarına satılmasıdır. Bu distribütörlük gereğidir ve eğer bayi şirketin malını satmak istiyorsa bu durumda sadece ABC firması ile anlaşılabilir.

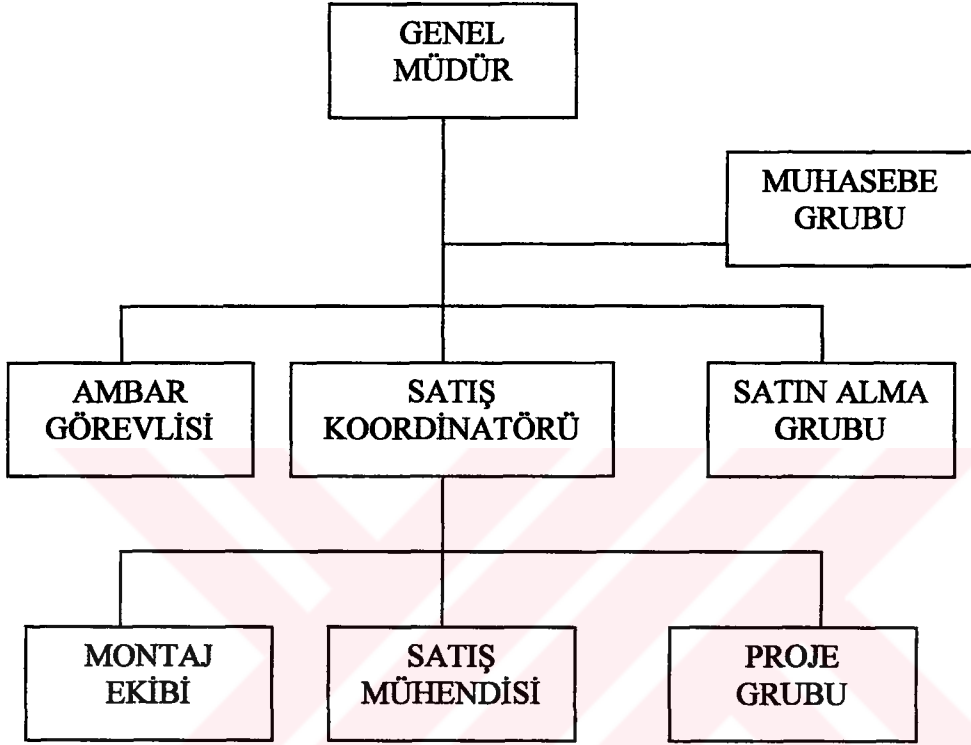
ABC firmasının ürünleri ağırlıklı olarak İstanbul içine satıldığı gibi Ankara, İzmir ve İzmit gibi endüstriyelmiş bölgelere de satılıyor.

İşletmede faaliyetlerin koordineli ve etkin bir şekilde yürütülmesini sağlayan birimler ve varlık nedenleri (fonksiyonları) aşağıdaki gibidir:

- Satış Koordinatörü. İşletmenin genel koordinasyonunu sağlar, birimlerin birbirleriyle uyum içinde çalışması için gerekli tedbirleri alır, uygular, denetler, dış bağlantıları kurar ve şirketi temsil eder.
- Satış Mühendisi. Müşterilerle ilişkileri sağlar, onlardan teklifleri alır, projelendirmeye karar verir ve proje teklifinin hazırlanması sürecini yürütür.
- Satın Alma Grubu. İthal edilen ürünlerin hasarsız ve eksiksiz bir şekilde temini için dışarıyla bağlantıya geçer ve ürünlerin ambara girene kadarki süreci yürütür.
- Proje Grubu. Taahhüt işlerinde iş yapılacak yerde keşif yapılması ve buna göre proje oluşturulmasından sorumludur.
- Montaj Ekibi. Projelendirmesi ve gereken malzemeleri hazır olan bir taahhüt işinin tamamlanması için montaj işlemini yapar.
- Muhasebe Grubu. İşletmenin tüm muhasebe faaliyetlerini yürütür.

- Ambar Görevlisi. Stok malzemelerin tutulmasından, ambara giren ve çıkan malzemelerin kayıtlarının tutulmasından sorumludur.

Şirketin varlık nedenini oluşturan işlerin yapılabilmesi için şirket Şekil 8.1'deki gibi organize olarak yetki ve sorumluluk denliğini sağlamıştır.



Şekil 8.1 ABC Ltd. Şirketi Organizasyon Şeması.

### 8.2.2 Ürün Ve Ürün Ailesi

Yöntemin ilk adımı olarak modüler tasarımı düşünülen ürünün veya ürün portföyünün belirlenmesi esastır. Gaz kontrol sistemleri ürün portföyü olarak tanımlanmıştır. Portföyün içinde bulunan ürün aileleri şunlardır:

- Endüstriyel kullanım için gaz dedektörü ve alarm cihazları
- Elde taşınabilir gaz dedektörleri
- Ev tipi gaz alarm cihazları

Bu cihazlar çevre sağlığını koruma ve iş güvenliği sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca endüstrinin ya da ortamın getirdiği kimyasal maddelerin tespiti ve endüstriyel hijyenin korunması için de kullanılır.

Uygulama kapsamında firmanın da ilerde üretmeyi düşündüğü ev tipi gaz alarm cihazları incelenmiştir. Ev tipi gaz alarm cihazlarında kendi içinde ölçümü yapılan gaza göre değişik sınıflara ayrılmaktadır. Yine uygulamada iki tür ev tipi gaz alarm cihazı incelenmiştir, bunlar:

- Doğal gaz dedektörü.
- LPG gaz dedektörü.

Bu dedektörler ev içinde kullanılmaktadır, özellikle yemek pişirme, ısınma gibi faaliyetlerde kullanılan gazın muhtemel kaçaklarını tespit etmektedir. Gaz kaçağı meydana geldiğinde gazın birikimi, yanma ve patlama tehlikesi oluşturur. Bu tip ürünler kapsamlı projelendirme çalışması gerektirmiyor.

ABC firmasının satmış olduğu gaz alarm cihazları sektörde aynı grupta yer alan diğer firmalardan daha kaliteli fakat daha pahalıdır. Firmanın pazarladığı ev tipi gaz alarm cihazı yaklaşık yüz dolar bir fiyata sahiptir. Satış hacmi olarak henüz çok düşük rakamlarda seyreden ev tipi gaz alarm cihazı büyük bir potansiyele sahiptir ve birkaç yıl sonra daha büyük hacimlere ulaşma yolunda.

Uygulamada mevcut ürün ailesinin modüler yapıya dönüştürülmesi söz konusudur.

### **8.2.3 Mevcut Ve Potansiyel Pazarlar**

Tasarlanacak ürünlerin hangi pazarlara hitap edeceği belirlenmiştir, buna göre gelir seviyesi yüksek olan kesimler hedef kitle olarak seçilmiştir. Ürünü alacak kişilerin özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Yeni ekonominin insanları (çalışan, kültürlü, değişimlere açık, hayatının her alanında kaliteyi arayan, bilgili ve teknolojiden yararlanan).
- Teknolojik gelişmeleri yakından takip eden ve ilgi duyan.
- Belli bir gelirleri olan.
- Tüketime eğilimli.
- Gaz kaçakları konusunda bilinçli.

- İnsan güvenliğine önem veren kişiler.

Kısaca müşterilerimiz tarif edilirse; kadın, erkek her yaş grubundan, teknolojiye kaliteyi arayan, bilinçli, gelir seviyesi orta ve üstü olan sadık müşterilerdir.

Deprem konusu ile birlikte yangın, gaz kaçağı gibi konularda güvenlik gündeme gelmiş ve talep artmıştır.

Oturmuş bir yapısı olmayan güvenlik sektörünün en belirgin özelliği sürekli bir büyüme içerisinde olmasıdır. Bu büyüme devamlılığında ürünlerin ülkemiz tüketim alışkanlığı için hala lüks sayılması ve gelir düzeyi yüksek kesimlerce ve belli bir büyük öneme ulaşmış şirketlerce talep edilmesinin etkisi göz ardı edilemez.

Ülkemizin içinde olduğu kriz nedeniyle sektör yeni pazarlara açılmamaktadır. Özellikle bireysel müşteri pazarına girmesi neredeyse imkansızlaşmış durumdadır. Kamu sektörünün de tasarrufa gitmesi sonucu pazar sadece mevcut kurumsal müşterilerin yeni binaları ve eskilerin ürün değiştirmesi sonucu büyüebilmektedir.

Pazarda ürünle ilgili beklentiler şunlardır:

- Satın aldıkları ürünlerin kusursuz olarak çalışması
- Daha kaliteli ürünleri daha ucuz fiyattan temin edebilmek
- Ürünlere daha kolay ulaşmak
- Ürünleri sipariş ettiklerinde kısa bir sürede teslim alabilmek
- Ürünleri aldıkları farklı kanallar arasında fiyat farkının olmaması
- Projelendirme çalışmalarının en kısa sürede tamamlanması

Müşteriler demografik, coğrafi, gelir durumuna göre keskin çizgilerle birbirinden ayrılacak belli bir bölümlendirmeye tabi tutulmamıştır. Bunun yerine şirketin ana müşterileri olarak daha geniş boyutta 4 farklı bölüm tanımlamak daha olasıdır:

- Endüstriyel Kuruluşlar
- Konut Sahipleri
- Özel İş Yerleri, Bankalar, Çeşitli Finans Kurumları, Bürolar, vs..
- Müteahhitler

Her ne kadar müşteriler özelliklerine göre segmente edilmese de açıkça görülüyor ki gelir seviyesi olarak üst seviyelere hitap edilmektedir. Bunun bazı nedenleri ürünlerin pahalı olması, kaliteli ürünleri tercih etmenin getirdiği ek maliyet, ülkemizde bu ürünlerin hayat ve güvenlik için ne denli önemli olduğuna ilişkin belli bir inancın ve ihtiyacın şimdilik sadece gelir ve eğitim seviyesi yüksek kesimlerde oluşması.

Şirketin müşterileri başka bir tanımlama şekli olarak da şöyle ayrılabilir:

1. Nihai Tüketiciler

2. Bayiler, Aracılar ve Güvenlik Firmaları

Şirketin temel müşterileri her ne kadar ürünü kullanacak olan nihai tüketiciler de olsa, bu müşterilere daha kolay erişmenin bir yolu olan bayilik sisteminin elemanları da şirket açısından tatmin edilmesi gereken müşteriler arasında yer almalıdır.

#### 8.2.4 Sektör Ve Rakipler

Şirket kendi sahasındaki piyasa ürünlerine oranla nispeten pahalı olan ürünlerin distribütörlüğünü yaparak piyasada konumlanmaktadır. Rakipler ise piyasada daha ucuz İngiliz ve İtalyan ürünlerini satan diğer büyüklü küçüklü distribütörlerdir. Firmanın mali yapısına göre büyük ölçekli bir rakip olarak ise “Mavili Elektronik” görülüyor.

Piyasada bir çok çeşitte dedektör vardır ve bunların büyük bir çoğunluğu ucuz olmasına karşın güvenilir değildir. Bunu bilmeyen tüketiciler ucuz ürünlere kayabilmektedir ancak sonradan büyük problemler olmaktadır. Ürün ya bozuluyor ya da distribütörlüğünü yapan firma tarafından yeterli satış sonrası servis alamıyor. Diğer dezavantajı bakım ücretinin pahalı olmasıdır.

Bu alanda Ankara, İzmir, İstanbul ve Adana'da faaliyet gösteren rakipler söz konusudur, bunlar:

- Üretim Yapan
  - Mavili Elektronik Tic. ve San. A.Ş.
- Üretim Yapmayanlar
  - AGS Elektronik ve Güvenlik Ltd. Şirketi
  - ANT Elektronik Şirketi

- GSS – Genel Savunma Sistemleri Ltd. Şirketi
- Bilgi Elektronik Tic. ve San. A.Ş.
- Artı Elektronik Tic. ve San. A.Ş.
- Ekur İnşaat ve Tic. San. A.Ş.
- Serpa Elektronik Tic. ve San. A.Ş.
- Politeknik

Güvenlik sistemleri adı altında gaz detektörleri satışı yapan bu firmalar ayrıca yangın, algılama/ihbar alanlarında da faaliyet göstermektedir. İstanbul’da ev tipi gaz detektörü üreten firma, Mavili Elektronik Tic. ve San. A.Ş.dir.

### **8.3 Ürün Grubunun Modülerliğe Yatkinlığının Analizi**

Tasarıma geçmeden önce, gaz alarm dedektörlerinin modüler yapıya yatkinlığının analizi yapılmıştır. Amaç, sistemi modüler yapıya çevirmenin mümkün olup olmayacağını görmek ve bunun pazar, sektör, teknoloji açısından uygunluğunu analiz etmektir. Bu durumda “ürün modüler olmalı mıdır?” sorusuna cevap aranmıştır.

Bu adımda, daha önceden oluşturulmuş ve ürün grubunun modülerliğe yatkinlığını analiz eden anketler uygulamanın yapıldığı firmada ilgili uzmanlara sunulmuştur. Bunun sonucunda iki uzmanın doldurduğu anketler ve beş kişiden oluşan bir grup tartışması sonucu elde edilen bilgiler değerlendirmeye alınmıştır.

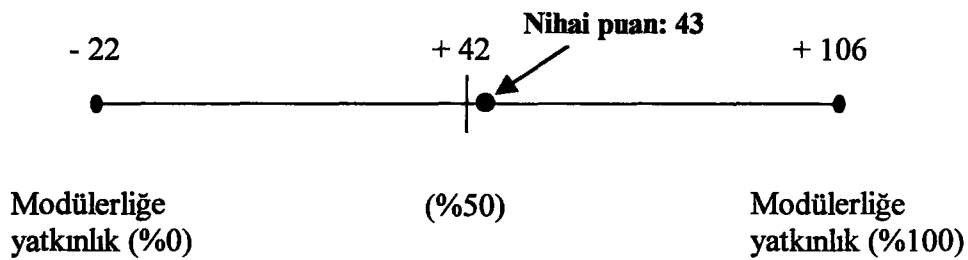
Tablo 8.1’de ilgili uzmanlara ve grub tartışmasına ait anket cevapları görülmektedir. Soru numaraları ankette verilen soru numaraları ile aynıdır, Ek A.

Bu cevaplar doğrultusunda nihai puan (aritmetik ortalama) bir ölçek üzerinde konumlandırılır. Bu konum, ürünün modülerliğe yatkinlığının derecesini vermektedir.

Anket sonucunda nihai puan 43 bulunmuştur. Şekil 8.2’de söz konusu ölçek ve anket sonucunun bu ölçek üzerindeki konumu görülmektedir.

Tablo 8.1 Ürün grubunun modülerliğe yatkınlığının analizi anket sonuçları.

| Sorular            | Genel Müdür | Kimya Mühendisi | Tartışma Grubu | Ortalama  |
|--------------------|-------------|-----------------|----------------|-----------|
| 1                  | 2           | 2               | 3              | 2,3       |
| 2                  | -3          | -4              | -4             | -3,7      |
| 3                  | 4           | 4               | 3              | 3,7       |
| 4                  | -3          | -4              | -4             | -3,7      |
| 5                  | -3          | -4              | -4             | -3,7      |
| 6                  | 2           | 2               | 3              | 2,3       |
| 7                  | 3           | 3               | 2              | 2,7       |
| 8                  | 2           | 4               | 2              | 2,7       |
| 9                  | -4          | -4              | -5             | -4,3      |
| 10                 | -4          | -5              | -4             | -4,3      |
| 11                 | -4          | -3              | -4             | -3,7      |
| 12                 | -4          | -4              | -4             | -4,0      |
| 13                 | 3           | 5               | 4              | 4,0       |
| 14                 | 3           | 4               | 4              | 3,7       |
| 15                 | 4           | 5               | 4              | 4,3       |
| 16                 | -4          | -4              | -4             | -4,0      |
| 17                 | -3          | -4              | -3             | -3,3      |
| 18                 | 4           | 4               | 4              | 4,0       |
| 19                 | 4           | 4               | 4              | 4,0       |
| 20                 | 3           | 1               | 2              | 2,0       |
| 21                 | 3           | 4               | 4              | 3,7       |
| 22                 | 3           | 4               | 4              | 3,7       |
| 23                 | 3           | 4               | 3              | 3,3       |
| 24                 | 3           | 4               | 3              | 3,3       |
| 25                 | 2           | 2               | 3              | 2,3       |
| 26                 | 4           | 4               | 4              | 4,0       |
| 27                 | 3           | 5               | 3              | 3,7       |
| 28                 | 3           | 4               | 4              | 3,7       |
| 29                 | 3           | 4               | 4              | 3,7       |
| 30                 | 2           | 5               | 4              | 3,7       |
| 31                 | 2           | 5               | 4              | 3,7       |
| 32                 | 2           | 4               | 4              | 3,3       |
| <b>Toplam Puan</b> | <b>35</b>   | <b>51</b>       | <b>43</b>      | <b>43</b> |



Şekil 8.2 Nihai puanın modülerliğe yatkınlık ölçeği üzerinde konumu.

Modülerliğe yatkınlık derecesinin hesaplanması:

$$\text{Modülerliğe yatkınlık derecesi} = [43 - (-22)] / [106 - (-22)] = 65 / 128 = 0.508$$

Demek ki seçilen ürün grubunun (gaz alarm dedektörü) modülerliğe yatkınlık derecesi % 50.8 kadardır ve bu sayı ortalamaya çok yakındır ve ortalamayı az bir farkla geçmiştir.

Ortalamanın üzerinde bir dereceye sahip ürün grupları için modüler tasarımın uygun olduğu kabul edilmişti. Bu durumda bir sonraki adıma geçme kararı verilebilir. Yani gaz alarm dedektörü ürün grubu modüler tasarıma kısmen yatkındır ve sürecin diğer adımları uygulanabilir.

#### **8.4 Mevcut Ürünün Modülerlik Derecesinin Belirlenmesi**

Modülerliğe yatkın olan gaz alarm dedektörleri grubunda yer alan ev tipi gaz alarm dedektörlerinin (doğal gaz ve LPG) ne kadar modüler olduğu araştırılmıştır. Eğer ürün modülerliğe yatkın ise “ne kadar daha modüler yapılabilir?” sorusuna cevap aranacaktır.

Bu bilgi aynı zamanda modülerlik ile ilgili stratejilerin belirlenmesinde de kullanılacaktır.

Modülerlik derecesinin belirlenmesi için daha önceden tasarlanan anket uygulanmıştır (Ek B). Aynen modülerliğe yatkınlığın analizinde olduğu gibi burada da iki uzmanın doldurduğu anketler ve beş kişiden oluşan bir grup tartışması sonucu elde edilen bilgiler değerlendirmeye alınmıştır.

Tablo 8.2’de ilgili uzmanlara ve grub tartışmasına ait anket cevapları görülmektedir. Soru numaraları ankette verilen soru numaraları ile aynıdır, Ek A.

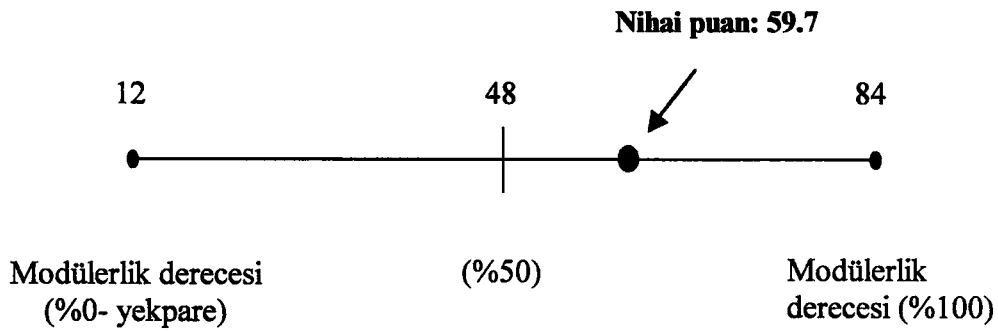
Bu cevaplar doğrultusunda nihai puan bir ölçek üzerinde konumlandırılır. Bu konum, ürünün modülerlik derecesini vermektedir. Anket sonucunda nihai puan 59.7 bulunmuştur. Şekil 8.3’de söz konusu ölçek ve anket sonucunun bu ölçek üzerindeki konumu görülmektedir.

Modülerlik derecesi şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Modülerlik derecesi} = (59.7 - 12) / (84 - 12) = 47.7 / 72 = 0.6625$$

Tablo 8.2 Ürün modülerlik derecesi analizinin anket sonuçları.

| Sorular            | Genel Müdür | Kimya Mühendisi | Tartışma Grubu | Ortalama    |
|--------------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|
| 1                  | -1          | -2              | -3             | -2,0        |
| 2                  | 5           | 4               | 5              | 4,7         |
| 3                  | 5           | 4               | 5              | 4,7         |
| 4                  | 4           | 5               | 5              | 4,7         |
| 5                  | 4           | 4               | 5              | 4,3         |
| 6                  | 4           | 2               | 4              | 3,3         |
| 7                  | 2           | 4               | 3              | 3,0         |
| 8                  | 4           | 2               | 2              | 2,7         |
| 9                  | 2           | 4               | 2              | 2,7         |
| 10                 | 4           | 4               | 4              | 4,0         |
| 11                 | 3           | 4               | 4              | 3,7         |
| 12                 | 4           | 4               | 4              | 4,0         |
| 13                 | 2           | 3               | 3              | 2,7         |
| 14                 | 4           | 4               | 4              | 4,0         |
| 15                 | 4           | 4               | 3              | 3,7         |
| 16                 | 4           | 4               | 4              | 4,0         |
| 17                 | 4           | 2               | 4              | 3,3         |
| 18                 | 2           | 2               | 3              | 2,3         |
| <b>Toplam Puan</b> | <b>60</b>   | <b>58</b>       | <b>61</b>      | <b>59,7</b> |



Şekil 8.3 Nihai puanın modülerli derecesi ölçeği üzerinde konumu.

Demek ki ev tipi gaz alarm dedektörlerinin (doğal gaz ve LPG) modülerlik derecesi % 66.25 kadardır ve bu ürünler modüler kabul edilir. Bu durumda bu çalışmada ürünlerin modüler tasarımda değişiklikler yapılabilir kararı verilir.

## 8.5 Modülerlik Stratejileri

### 8.5.1 Modülerlik Tedarik Zincirinde Konum Stratejisi

ABC firmasının arz zincirindeki konum stratejisi modül bütünleştirici olarak faaliyet göstermektedir. Yani tedarik zincirinde müşteriye karşı sorumlu olmak ve nihai ürünü modüllerden birleştiren üretici konumunda olmaktır.

Firma çoğunlukla ürünün temel tasarım kurallarını ortaya koyarak, tedarikçileri bu kurallara uymaya zorlayacaktır. Bu kuralların içinde, ürünün hangi modüllerden meydana geldiği, bunlar arasındaki arayüz standartları, ürünün genel mimarisi ve nihai ürünün test edilmesi gibi bilgiler yer alacaktır. Dolayısıyla ABC firması modüllerin ayrıntılı olarak geliştirilmesinden sorumlu olmayacaktır, fakat bu modüllerin ürün içinde etkin ve verimli çalışmasını sorgulayacaktır.

Önemli olan bir diğer konu firmanın (modül bütünleştiricinin) tedarikçilerden hem genel tasarlanmış (off the shelf) modüller hem de özel tasarlanmış modüller tedarik edeceğidir.

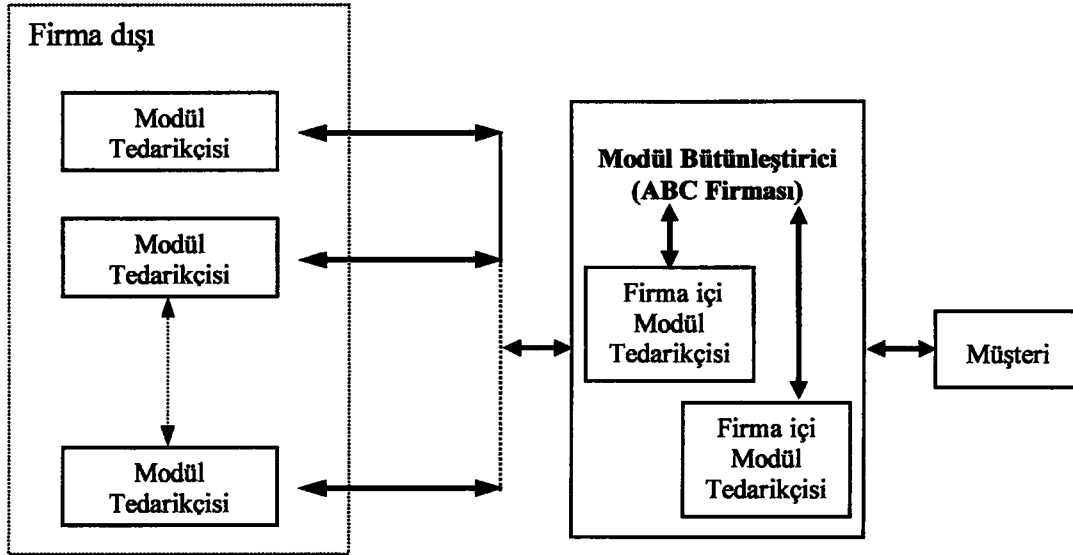
Örneğin genel tasarlanmış modüller arasında led (lamba), buzzer (hoparlör), kablo ve devre elemanları sayılabilir. Özel tasarlanmış modüller arasında ise tehlike arz eden gazı algılayan sensör, ilgili kontrolleri üstlenen elektronik kart ve dedektörün en dışında yer alan kap sayılabilir.

Şu an kesin bir karar verilmiş olmasa da ABC firması bazı modülleri firma içinde üretmeyi düşünüyor. Kararsız olunanların dışında kalan modüllerin dışardan satın alınması (fason, outsource vd.) kesinlik kazanmış durumdadır. Dolayısıyla hem firma içi hem de firma dışı modül tedarikçisi tercihi söz konusudur.

ABC firmasının içinde yer alacağı modüler ürün tedarik zincirinin yapısı ve modül tedarikçileriyle olan ilişkisi Şekil 8.4’de özetlenmiştir.

### 8.5.2 Ürün ve Ürün Portföy Mimarisi Stratejileri

ABC Firması ev tipi gaz dedektörlerini modüler tasarlamak istiyor. Bu grupta firmanın üretmeyi düşündüğü iki tip gaz dedektörü bulunmaktadır, bunlar doğal gaz ve LPG gaz dedektörleridir. Bu yüzden ana strateji hem ürün hem de ürün ailesi bazında düşünülebilir.



*Şekil 8.4 Firmanın modüler ürün tedarik zincirindeki konumu.*

Buna bağlı olarak alt stratejiler ise şöyle özetlenebilir:

- Modüler platform (portföy) için: modüler ürün ailesi, modüler ürün nesli, satın alma sırasında uyarlanabilen modüller.
- Modüler ürün mimarisi için: fonksiyon esaslı modülerlik (özellikle karma modülerlik).

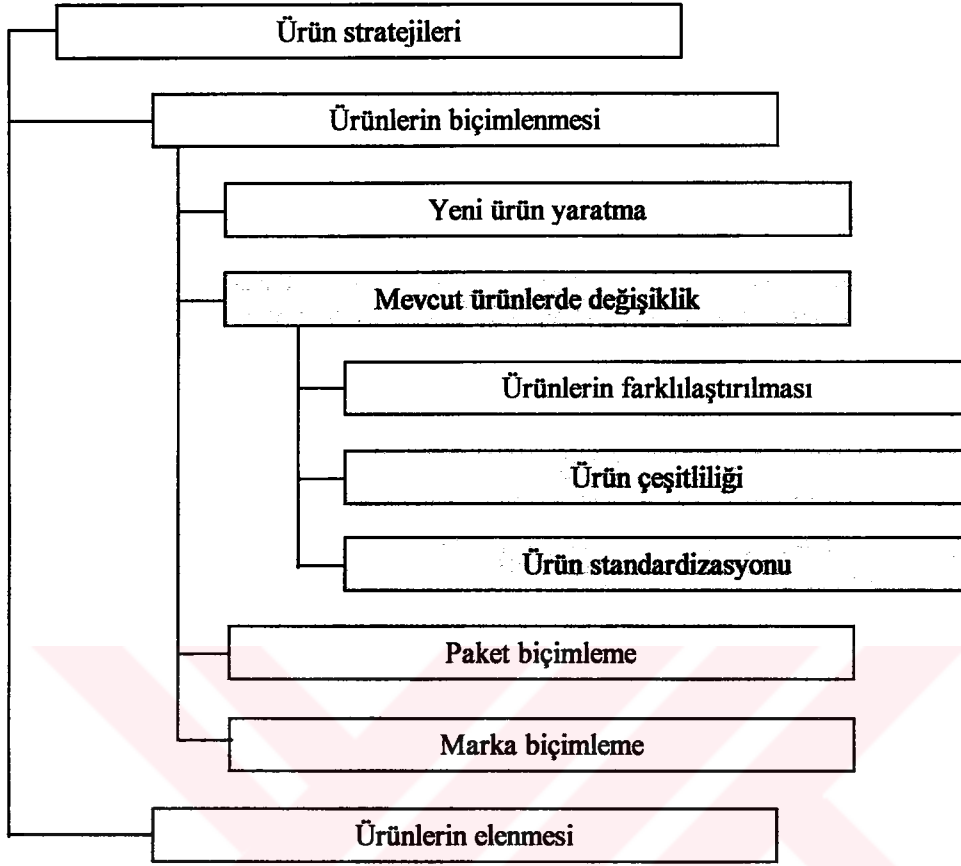
Bunun sonucu, modüler tasarım metodu olarak hem ürün hem de ürün portföy mimarisine çözüm üreten sezgisel yaklaşım kullanılacaktır.

### 8.5.3 Ürün Geliştirme Stratejisi

Firma ürün geliştirme stratejisi olarak mevcut ürünlerde değişiklik stratejisini benimsemiştir. Özellikle ürünlerde çeşitlilik yaratmak isteyen firma aynı zamanda da ürün standardizasyonu amacını da gütmektedir.

Çeşitlilik stratejisi, yeni modül ekleme, modül çıkarma, modül tasarımında değişiklik, tek parça ürünün modüler yapıya dönüştürülmesi gibi yaklaşımlarla gerçekleştirilecektir. Standardizasyon ise modüller arasındaki standart arayüzlerin belirlenmesi ile gerçekleştirilebilir.

ABC Firmasının temel ürün geliştirme stratejileri içindeki tercihleri Şekil 8.5'de koyu bölgelerle vurgulanmıştır.



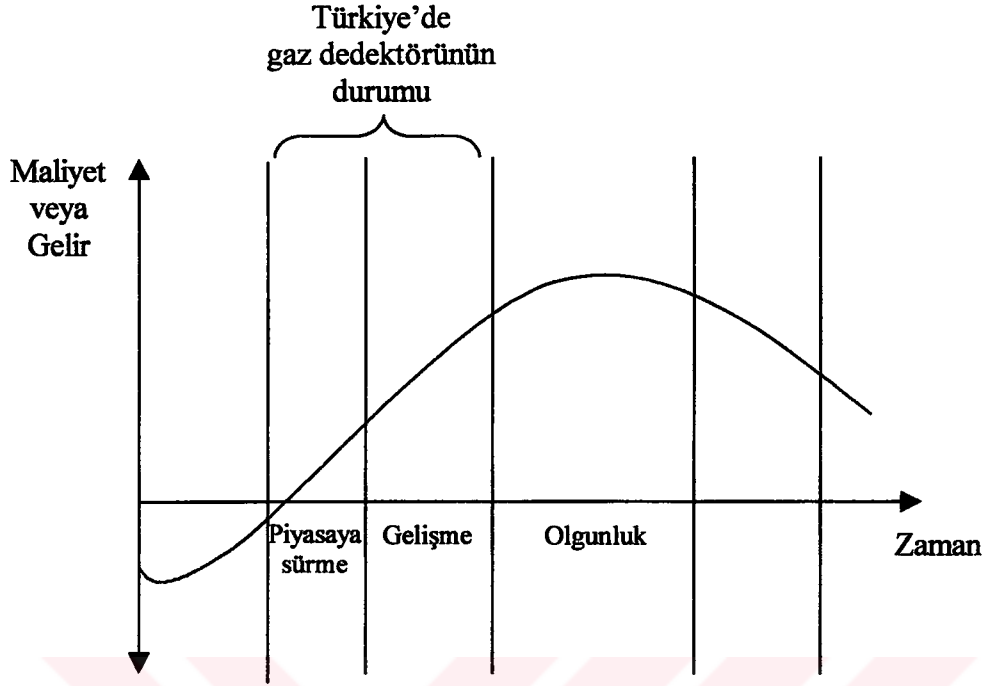
Şekil 8.5 Firmanın ürün stratejileri (Tümiş, 2000'den uyarlanmıştır).

#### 8.5.4 Pazar Stratejisi

Ev tipi gaz dedektörlerinin Türkiye'de henüz düzgün bir talebi yoktur. Özellikle ölçülebilir bir pazarın olmayışı izlenecek stratejiler açısından bir bulanıklık yaratmaktadır.

Şu da bir gerçektir ki Türkiye'de bu alanda büyük bir potansiyel vardır. Çünkü, yeni yeni gelişmeye başlayan ve henüz dışarıya bağımlı olunan bir sektördür. Pazar henüz gelişme safhasındadır, Şekil 8.6. Kesin olmamakla beraber Türkiye'de gaz dedektörlerinin yıllık satışının yaklaşık 25 bin adet olduğu tahmin ediliyor. Japonya'da aynı ürün için bu rakam yılda yüz binleri buluyor.

Ürünün çok geniş bir kullanım alanının olması da bir başka potansiyel sebebidir. Özellikle İstanbul'da artan doğal gaz (ve diğer gazlar) kullanımı potansiyel bir tehlike dolayısıyla potansiyel bir pazar yaratıyor.



Şekil 8.6 Gaz dedektörünün ürün yaşam eğrisi ve Türkiye ’nin durumu.

Bütün bu bilgiler ışığında, mevcut hedef kitle yüksek gelirli kesim olarak belirlenmiştir. Fakat uzun vadede yeni tasarımla üretime geçmeyi düşünen ABC firması orta derecede modüler bir ürün tasarımı ve fiyatı da yarı yarıya düşürerek pazarda yeni bir hedef kitleye ulaşmak istemektedir. Özellikle müşteriye özel kitlesel üretim sayesinde değişik pazar bölümlerinin istekleri de karşılanmış olacaktır.

Şu an da satış yapılan ve pazar bölümü olarak nitelendirilebilecek gruplar şöyle sıralanabilir:

- Konut sahipleri. (Diğerlerine nazaran daha yüksek bir paya sahiptir).
- Özel iş yerleri, bankalar, bürolar
- Endüstriyel kuruluşlar
- Araştırma kuruluşları
- Müteahhitler

Mevcut durumda iç piyasaya satış yapan ABC firması üretime geçtikten sonra da öncelikli olarak iç piyasaya odaklanmayı düşünüyor. Uzun vadede ihracat yapılabilir. Piyasayı bilinçlendirme çabasına girime düşüncesi vardır. Özellikle İstanbul pazarı bu konuda ön plandadır.

### 8.5.5 Tedarik Zinciri Yönetim Stratejileri

- Modüllerin büyük bir bölümü dış modül tedarikçilerine yaptırmak. Böylece yoğunluk düzeyi, tedarik zincirinde düzgün dağılıyor. Böylece tedarik zinciri daha kolay ve basit kontrol edilebilir parçalara ayrıştırılıyor. Şekil 8.4’de tedarik zincirinin yeniden yapılandırılması görülmektedir.
- Az sayıda modül olması. Takibi kolaylaştırıyor.
- Modüllerin bir bölümü için üretecek tedarikçi firma sayısı yüksek, kaliteli ve tasarım kuralların uyacak firmalar seçilmelidir.
- Az sayıda tedarikçi ile çalışılmalıdır.
- Firma bazı modüller için stok tutma stratejisini benimsiyor. Özellikle sensör, elektronik kart gibi bileşenler için stok düşüncesi hakimdir.
- Bayiler ile çalışmaya devam etmek.

### 8.5.6 Rekabet Stratejisi

Firma şu rekabet stratejileri üzerinde yoğunlaşmakta:

- Farklılaşma: özellikle kalite ve ürün çeşidi
- Odaklanma: kalite, güvenilirlik

Modülerlik benimsendiği zaman çeşit, düşük temin süreleri ve daha az karmaşık bir ürün, üretim ve tedarik zinciri elde edilebilir. Bu durumda ABC firması çekirdek yetkinliklerine odaklanma fırsatı bulmuş olur. Özellikle kalite ve güvenilirlik alanında pazarı yönlendirebilir.

### 8.6 Müşteri İsteklerinin Belirlenmesi

Müşteri istekleri anket veya mülakat yoluyla belirlenebilir. ABC firması daha önce yapmış olduğu bir çalışma sonucunda ve mevcut tecrübeleri doğrultusunda ev tipi gaz dedektörleri için müşteri isteklerini belirlemiş ve ağırlıkları atamıştır. Ayrıca bu konuda Yeniyurt (1999)’un güvenlik sektöründeki çalışmasından yararlanılmıştır.

Müşteri istekleri iki grupta toplanabilir, bunlar genel müşteri istekleri ve ürünün işlevi ile ilgili müşteri istekleri. Aşağıda bu istekler ayrıntılı olarak sıralanmıştır.

- Genel müşteri istekleri ve beklentileri:

1. Ev tipi gaz dedektörünün kusursuz çalışması.
2. Güvenilir olması
3. Daha kaliteli dedektörleri daha ucuz fiyattan temin edebilmek
4. Ürünlere daha kolay ulaşmak
5. Ürünler hakkında doğru bilgilendirilmek
6. Kısa teslim süreleri
7. Ürünün dış görünüşü, stil, boyutlar
8. Kolay monte edilebilmesi
9. Sağlamlık
10. Sensörün uzun ömürlü olması
11. Sıfır bakım
12. İstenilen kontrol cihazına çıkış alınabilmesi

- Ürünün işlevi ile ilgili müşteri istekleri:

1. Gazları çok hassas bir şekilde algılaması
2. Yanlış gazın algılanmaması
3. Uzun süre dayanabilmesi
4. Kullanıldığı alana uyum gösterme (dış görünüş)
5. Uygun gaz için uygun yere monte edilebilme
6. Başka kontrol cihazlarını uyarma
7. Düşük enerji harcaması
8. Uyarının algılanabilir ve yol gösterici olması
9. Gazın rahatça dedektörün içine diffüzyonu

Bu ayrımı yapmanın temel nedeni kullanılacak olan modüler tasarım metodunda sadece ürünün işlevleri ile ilgili müşteri isteklerinin kullanılmasıdır.

Bu istekler daha sonra müşterinin sesi tekniği ile değerlendirilmiştir. Bu teknik ürün işleviyle ilgili müşteri isteklerinin önemli olanlarını seçmek için değil birbirlerine göre ağırlıklarını belirlemek ve rakiplerin durumuyla karşılaştırmak için kullanılmıştır, Tablo 8.3. Çünkü bu istekler daha önceden seçilmiş önemli müşteri istekleridir.

*Tablo 8.3 Ev tipi gaz dedektörü için müşterinin sesi analizi.*

| Müşteri İsteği | Önem Derecesi | Firma | Rakipler | Hedef | Mutlak Ağırlık | Ağırlık Yüzdesi |
|----------------|---------------|-------|----------|-------|----------------|-----------------|
| 1              | 10            | 10    | 7        | 10    | 10             | %11.2           |
| 2              | 10            | 10    | 7        | 10    | 10             | %11.2           |
| 3              | 9             | 9     | 7        | 10    | 10             | %11.2           |
| 4              | 8             | 7     | 8        | 10    | 11.42          | %12.8           |
| 5              | 8             | 9     | 9        | 10    | 8.88           | %9.9            |
| 6              | 8             | 9     | 9        | 10    | 8.88           | %9.9            |
| 7              | 9             | 10    | 9        | 10    | 9              | %10.1           |
| 8              | 10            | 9     | 9        | 10    | 11.11          | %12.4           |
| 9              | 10            | 10    | 9        | 10    | 10             | %11.2           |

Tablo 8.3’de ağırlık yüzdelerinden görüleceği üzere (düzgün dağılmış) istekler arasında büyük bir farklılık yoktur. Özellikle, kullanıldığı alana uyum gösterme ve uyarının algılanabilir ve yol gösterici olması özellikleri dikkate alınmalıdır. Bu değerlerin yüksek olma sebebi ABC firmasının bu istekleri karşılamakta diğer özelliklere göre daha başarısız olmasıdır.

## 8.7 Modüler Tasarım Süreci

Tasarım süreci olarak sezgisel yöntemin kullanılması uygun görülmüştür. Modül bütünleştirici olma, ürün ve ürün portföy modülerliğinin ikisinde gerçekleştirme kararı iki metodun kullanılmasına olanak sağlıyor. Bunlar sezgisel metot ve kavramsal metottur. Daha ayrıntılı olması dolayısıyla sezgisel metotta karar kılınmıştır.

Aşağıda metodun adımları sırasıyla anlatılmaktadır.

- Modüler tasarımı yapılacak ürün ve ürün grubunun tespiti.

Ev tipi gaz dedektörü ürün ailesinin modüler tasarımı yapılacaktır. Bu aile içinde iki değişik ürün yer almaktadır, doğal gaz dedektörü ve LPG gaz dedektörü.

Bu ürünler evlerde yemek pişirme ve ısınma için elektriğin yerine LPG veya doğal gazın kullanıldığı ortamlarda gaz kaçaqlarını tespit etmede kullanılır. Gaz seviyelerini sesli ve ışıklı olarak bildirir. İstenildiğinde şu kontrol cihazlarına çıkış sağlanır:

- Selonoidli bir vanaya
- Harici bir alarm cihazına
- Uzaktan kontrol istasyonuna

Doğal gaz ve LPG gaz dedektörlerinin ortak özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Erken uyarı sağlar
- Canı ve malı korur
- Montajı kolaydır (cihazı duvara sabitlemek ve fişe takmak yeterlidir).
- Sensör uzun ömürlüdür (sıcak tel yarı iletken tipi sensör).
- Ayarlanmaya gerek yoktur (patlama seviyesinin %3-%20'sinde alarm verir).
- Mutfakta bulunan tipik buharlara (alkol bazlı temizlik ürünleri, gazlı spreylere gibi yanlış alarmlara sebep olan) duyarlı değildir, yanlış alarmlara sebebiyet vermez.
- Uzaktaki bir kapatma vanasına, harici bir alarm cihazına ya da uzaktan kumanda istasyonuna bağlanabilir.

LPG gaz dedektörünün teknik özellikleri Tablo 8.4'de ve doğal gaz dedektörünün teknik özellikleri de Tablo 8.5'de verilmiştir.

Ürünler arasındaki belirgin farklılıklar gazın türünü tespit eden sensör, çıkış sinyalleri ve ürünün ilgili mekana yerleşim şeklidir. Örneğin LPG için dedektör yere yakın olmalıyken doğal gaz için tavana yakın olmalıdır.

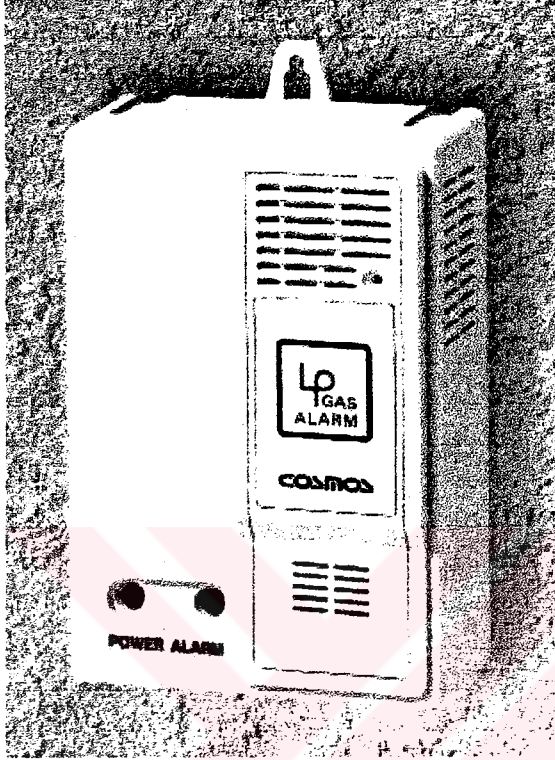
Tablo 8.4 LPG gaz dedektörünün teknik özellikleri.

|                         |                                                                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Giriş gerilimi          | 220VAC % $\pm 10$                                                                                         |
| Sigorta                 | 3 Amper                                                                                                   |
| Güç tüketimi            | 3 Watt (normal)<br>4 Watt (alarm süresince)                                                               |
| Alarm verme aralığı     | %3-%20 LEL<br>(LEL: lower explosive limit - alt patlama sınırı)                                           |
| Ölçülebilen gaz         | LPG                                                                                                       |
| Sensör tipi             | Sıcak tel yarı iletken                                                                                    |
| Alarm gecikme süresi    | 30 saniyeden daha kısa sürede                                                                             |
| Sıcaklık aralığı        | -10 °C ile +40 °C arasında                                                                                |
| Göstergeler ve alarmlar | Gaz tespiti, arıza tespiti (sensör kopukluğu)<br>Işıklı alarm (kırmızı ışık)<br>Sesli alarm (kesikli ton) |
| Çıkış sinyali           | Hata : 0 VCD<br>Normal : 6 VCD<br>Alarm : 12 VCD veya daha fazla                                          |
| Boyutları               | 125 x 85 x 44 mm                                                                                          |
| Ağırlık                 | Yaklaşık 350 gr                                                                                           |
| Standart aksesuarlar    | Montaj ayağı (1 ad.)<br>Montaj vidası (2 ad.)<br>Taşıma çengeli (2 ad.)<br>Sinyal konnektörü (1 ad.)      |

Tablo 8.5 Doğal gaz dedektörünün teknik özellikler.

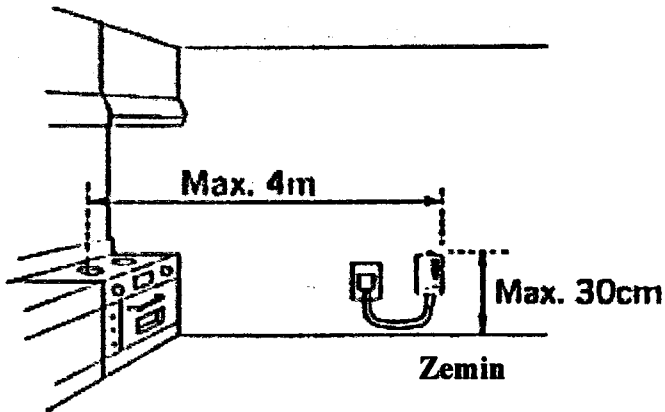
|                         |                                                                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Giriş gerilimi          | 220VAC (%+10 , %-15) 50 Hz                                                                                                     |
| Sigorta                 | 3 Amper                                                                                                                        |
| Güç tüketimi            | 3 Watt (normal)<br>4 Watt (alarm süresince)                                                                                    |
| Alarm verme aralığı     | %20 LEL içinde                                                                                                                 |
| Ölçülebilen gaz         | Metan                                                                                                                          |
| Sensör tipi             | Sıcak tel yarı iletken                                                                                                         |
| Çıkış gecikme sinyali   | 0 saniye                                                                                                                       |
| Sıcaklık aralığı        | -10 °C ile +40 °C arasında                                                                                                     |
| Göstergeler ve alarmlar | Gaz tespiti, arıza tespiti (sensör kopukluğu)<br>Işıklı alarm (kırmızı ışık), güç lambası (yeşil)<br>Sesli alarm (kesikli ton) |
| Dış çıkış sinyali       | İki aşamalı: normal 6VCD, Alarm 12VCD                                                                                          |
| Boyutları               | 125 x 85 x 44 mm                                                                                                               |
| Ağırlık                 | Yaklaşık 350 gr                                                                                                                |
| Standart aksesuarlar    | LPG'nin aynısı                                                                                                                 |

Şekil 8.7’de LPG gaz dedektörünün dış görünüşü verilmiştir. Doğal gaz dedektörünün görünüşü de etiket dışında aynıdır.

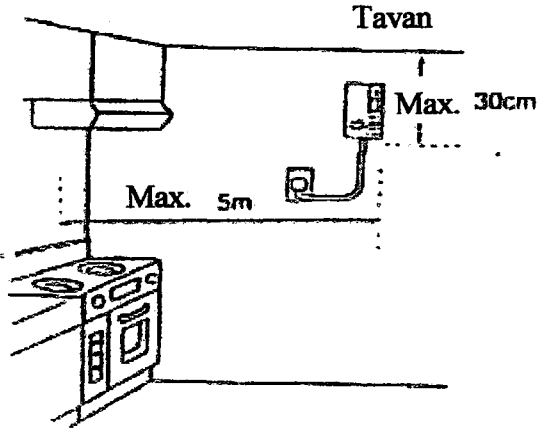


Şekil 8.7 LPG gaz dedektörünün dış görünüşü.

Şekil 8.8’de LPG gaz dedektörünün Şekil 8.9’da doğal gaz dedektörünün montaj yeri görülmektedir.

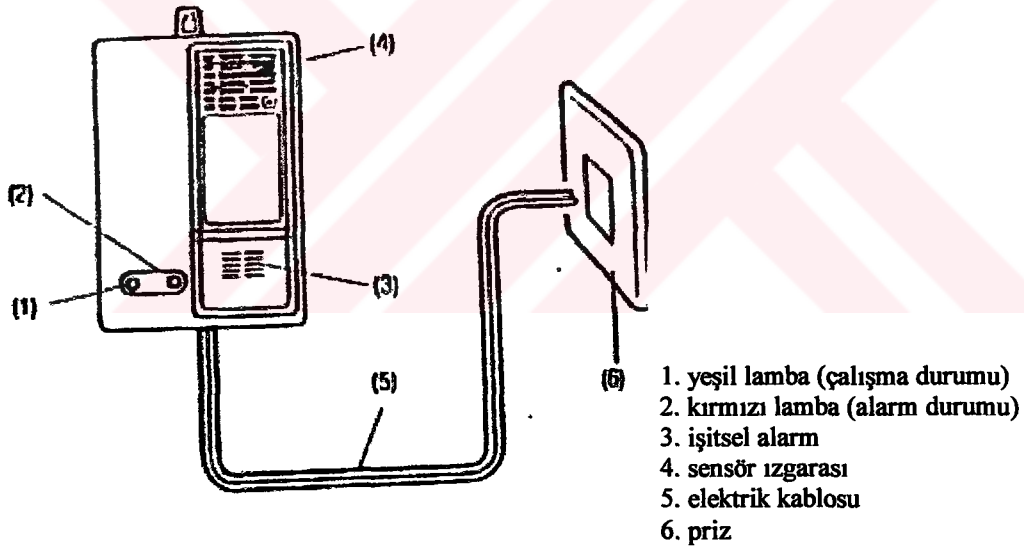


Şekil 8.8 LPG gaz dedektörünün montaj yeri.



Şekil 8.9 Doğal gaz dedektörünün montaj yeri.

Şekil 8.10'da dedektörün (dış kısmındaki) bileşenleri görülmektedir.

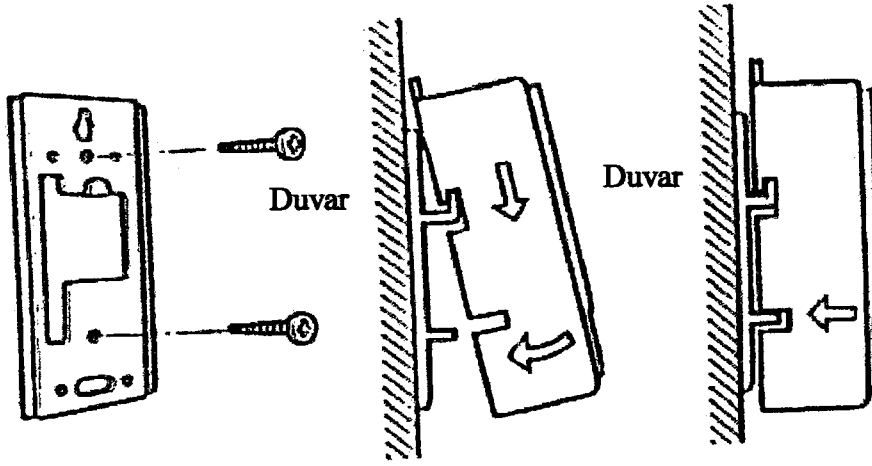


Şekil 8.10 Dedektörün (dış kısmındaki) bileşenleri.

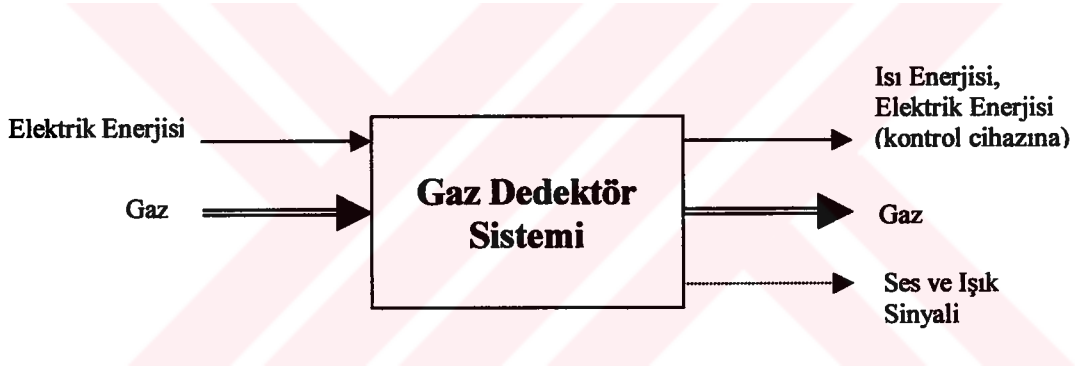
Şekil 8.11'de dedektörün montaj şekli görülmektedir.

- Kapalı kutu modeli (black box model).

Kapalı kutu modeli ürünün genel işlevini ve malzeme, enerji, bilgi olarak girdi ve çıktı akışlarını gösterir. Şekil 8.12'de ev tipi gaz dedektörünün (her iki tür için geçerli) kapalı kutu modelinin genel yapısı verilmiştir.



Şekil 8.11 Dedektörün montaj şekli.

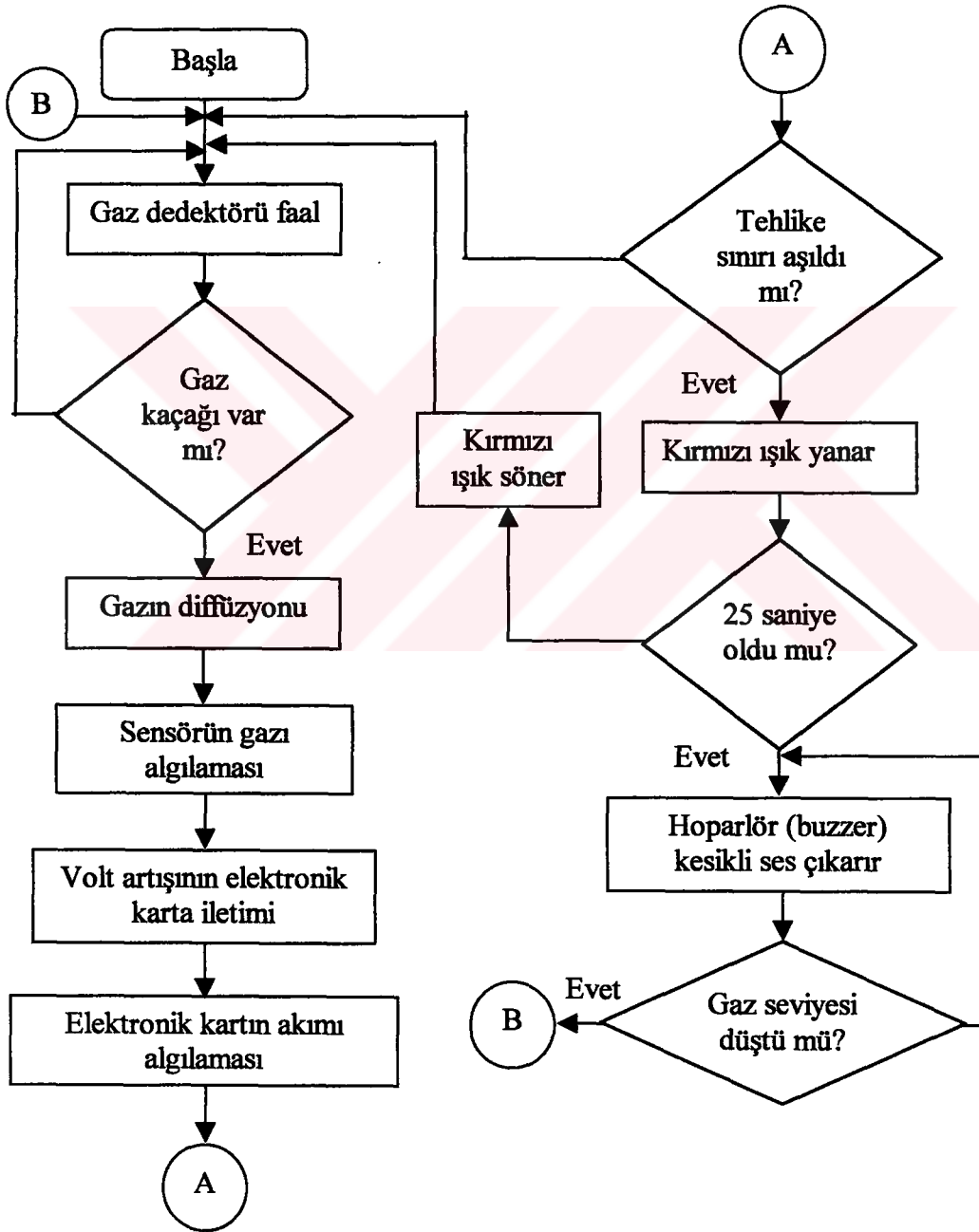


Şekil 8.12 Ev tipi gaz dedektörünün kapalı kutu modeli.

- Ürünün işlevi ile ilgili müşteri isteklerinin belirlenmesi.
  - Gazları çok hassas bir şekilde algılaması
  - Yanlış gazın algılanmaması
  - Uzun süre dayanabilmesi
  - Kullanıldığı alana uyum gösterme (dış görünüş)
  - Uygun gaz için uygun yere monte edilebilme
  - Başka kontrol cihazlarını uyarma
  - Düşük enerji harcaması

- Uyarının algılanabilir ve yol gösterici olması
- Gazın rahatça dedektörün içine diffüzyonu
- Ürünün faaliyet süreci ve akış diyagramı.

Ev tipi gaz dedektörünün faaliyet süreci ile ilgili akış diyagramı Şekil 8.13’de verilmiştir.



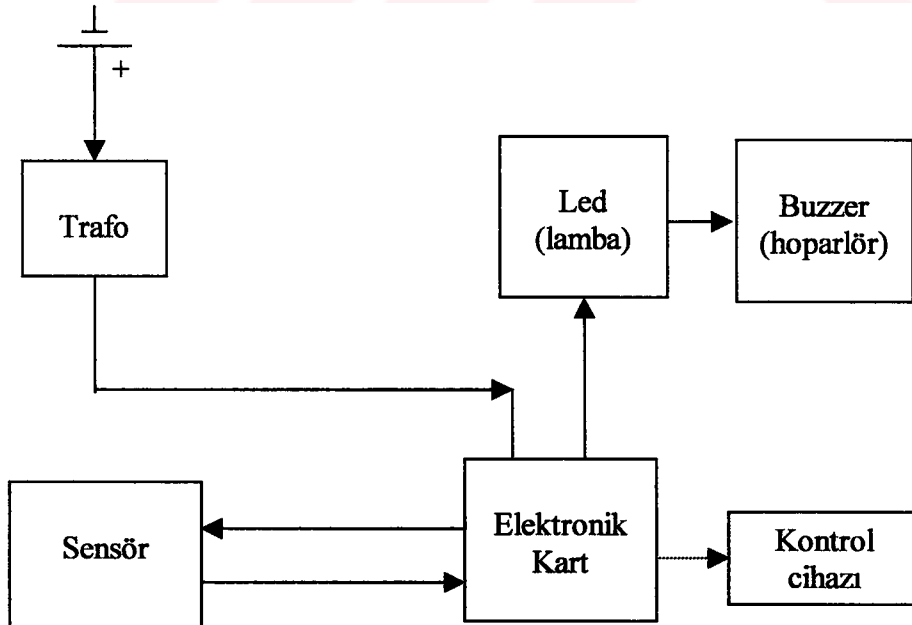
Şekil 8.13 Ev tipi gaz dedektörünün faaliyet süreci ile ilgili akış diyagramı.

- Ürünün özellikleri.

Mevcut tasarımda ürünü oluşturan bileşenler:

- Sensör
- Elektronik kart
- Trafo (dahili veya harici)
- Lamba (led)
- Hoparlör (Buzzer)
- Elektrik kablosu
- Bağlantı için tel ve diğer parçalar (devre)
- Duvara montaj için aksesuarlar
- Diğer kontrol cihazlarına bağlantı kablosu

Ev tipi gaz dedektörünün ilgili bileşenlerin bir bölümünden oluşan genel mimarisi Şekil 8.14’de özetlenmiştir.



Şekil 8.14 Ev tipi gaz dedektörünün genel mimarisi.

Ev tipi gaz dedektörünün çalışması sırasında insan ile etkileşim söz konusu değildir. Sistem sınırı olarak dedektörün duvara asılı olması sistem girişini, kontrol cihazlarına gönderdiği sinyal sistem çıkışı tanımlamaktadır.

Ev tipi gaz dedektörünün teknolojisini sensör ve elektronik kart belirlemektedir, çünkü yüksek teknoloji kullanan bileşenlerdir. Sensörlerde sıkça kullanılan yarı iletken teknolojisi kullanılmaktadır. Burada marifet bunu kalibre edebilmek ve yanlış gazlara tepkime verilmemektir. Aynı şekilde elektronik kart da ilgili kontrolleri ve uyarıları doğru yapmak durumundadır. Chip teknolojisi kullanılarak bu kontroller ve uyarılar yönlendiriliyor.

- Ürün işlevinin yapısı ve işlev yapı diyagramı.

Müşteri istekleri, kapalı kutu modeli, süreç diyagramı ve ürün özellikleri kullanılarak işlev yapı diyagramı oluşturulacaktır. Önce temel akışlar sonra bu temel akışlar boyunca geçerli alt işlevler belirlenecektir. Daha sonra belirlenen bu işlev zincirleri birbirlerine bağlanacaktır.

Üç tip akış söz konusudur, malzeme, enerji ve bilgi. Temel akışlar ürünün işlevi ile ilgili müşteri isteklerinden çıkarılır. Aşağıda ilgili müşteri isteklerine karşı gelen temel akışlar belirlenmiştir.

- Gazları çok hassas bir şekilde algılaması
  - Enerji: tepkime (kimyasal, ısı), voltaj yükselmesi (elektrik)
  - Bilgi: direnç düşmesi
- Yanlış gazın algılanmaması
  - Bilgi: tepkime türü (maddeyi algılama)
- Uzun süre dayanabilmesi
  - Malzeme: tepkime
- Kullanıldığı alana uyum gösterme
  - Bilgi: görüntü, uygun yükseklik
- Uygun gaz için uygun yere monte edilebilme
  - Bilgi: yükseklik, malzeme türü (zeminin)

- Başka kontrol cihazlarını uyarma
  - Enerji: elektrik enerjisi
  - Bilgi: sınır değerler, karşılaştırma
  - Malzeme: kablo ile iletim
- Düşük enerji harcaması
  - Enerji: elektrik enerjisi (algılama, kontrol, uyarma, ölçme), tepkime enerjisi, ses ve ışık enerjisi,
- Uyarının algılanabilir ve yol gösterici olması
  - Enerji: elektrik enerjisi, güç
  - Bilgi: aşılma seviyesi, uyarı şiddeti, uyarı türü
- Gazın rahatça dedektörün içine diffüzyonu
  - Bilgi: bileşenlerin yerleşimi, dış kabın yapısı, ürünün konumu
  - Malzeme: gaz (türü, miktarı), rüzgar

Bu akışlar boyunca geçerli alt işlevler ise şunlardır:

- Duvara (veya başka bir zemine) asılı olarak gaza uygun konumda durmak.
- Sürekli faal (çalışır durumda) olmak. Dolayısıyla elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirme.
- Gaz ile kimyasal tepkime.
- Tepkime sonucu tepkime noktasında direnç düşmesi.
- Toplam direncin düşmesi (devrenin).
- Elektronik olarak voltaj artışını algılama.
- Volt seviyesinin ölçümü.
- Voltajı standart bir değer ile karşılaştırma.
- Elektrik enerjisini görüntüsel uyarıya çevirme.

- Değer aşılma süresinin ölçülmesi.
- Süreyi standart bir değer ile karşılaştırma.
- Elektrik enerjisini işitsel uyarıya çevirme
- Diğer kontrol cihazlarına uyarı gönderme
- İşitsel, görsel ve kontrol cihazlarına uyarı gönderilmesinin durdurulması.

Bu alt işlevler belirlenirken akışlardan ve özellikle süreç diyagramından yardım alınmıştır.

Akışların alt işlevler ile birleştirilerek oluşturulan işlev yapısı diyagramı Şekil 8.15’de görülmektedir. Aile işlev yapısı için ürün işlev yapısında hiç bir değişiklik olmayacağı için aile işlev yapısı diyagramı ile ürün işlev yapısı diyagramı aynıdır.

- İşlev yapısının doğrulanması.

İşlev yapısı oluşturulduktan sonra her bir müşteri isteğinin alt işlevler tarafından karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilmiştir. Bütün istekler karşılanmaktadır.

- Sezgisel kuralların uygulanması ve modüllerin belirlenmesi.

Sezgisel kurallar uygulanarak sekiz adet modül belirlenmiştir.

1. Modül: Fiziksel kaplama. Fiziksel kaplama renk, stil ve uygun yerleşim (boyut, takılabileceği yükseklik) için tasarlanmıştır. Değişik renk, stil ve boyutlarda vardır.

2. Modül: Montaj takımı. Montaj takımı, ilgili yerleşim alanında uygun yükseklikte ve ilgili maddeye monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Monte edilecek malzemeye göre ve mekanın şekline, yapısına göre çeşitleri vardır. Benzer ürünlerde ortak kullanıma sahiptir.

3. Modül: Elektrik bağlantısı. İstenilen voltaja uygun olarak tasarlanmıştır. Ayrıca istenilen yüksekliğe ve uzaklığa göre tasarlanmıştır. Elektrik bağlantısının değişik voltajlarda ve değişik uzunlukta çeşitleri vardır.

4. Modül: Elektrik devresi (platform). İstenilen bileşenlerin (dedektörle ilgili) ve çeşitlerinin bağlantı kurulması için tasarlanmıştır. Değişik devre yapıları ve voltaj değeri için uygundur. Değişik devre kombinasyonlarını destekler.

5. Modül: Tepkime sistemi. İstenilen gazlara, gaz miktarına ve ortama (nemli, kapalı, açık, gibi) göre tasarlanmıştır. Değişik gazlarla , değişik oranlarda ve değişik ortamlarda tepkime için çeşitleri vardır.

6. Modül: Algılama ve kontrol sistemi. İstenilen voltajı değişik oranlarda algılama, ölçme ve karşılaştırma. Değişik voltajlara değişik yanıt verme, değişik değerlerle karşılaştırmak ve değişik kriterlerin ölçümü için çeşitleri vardır.

7. Modül: Ses sistemi. İstenilen şiddette, frekansta, melodide ve sürede ses sinyali verme. Değişik şiddette, frekansta, melodide ve sürede ses sinyaline uygun çeşitleri vardır.

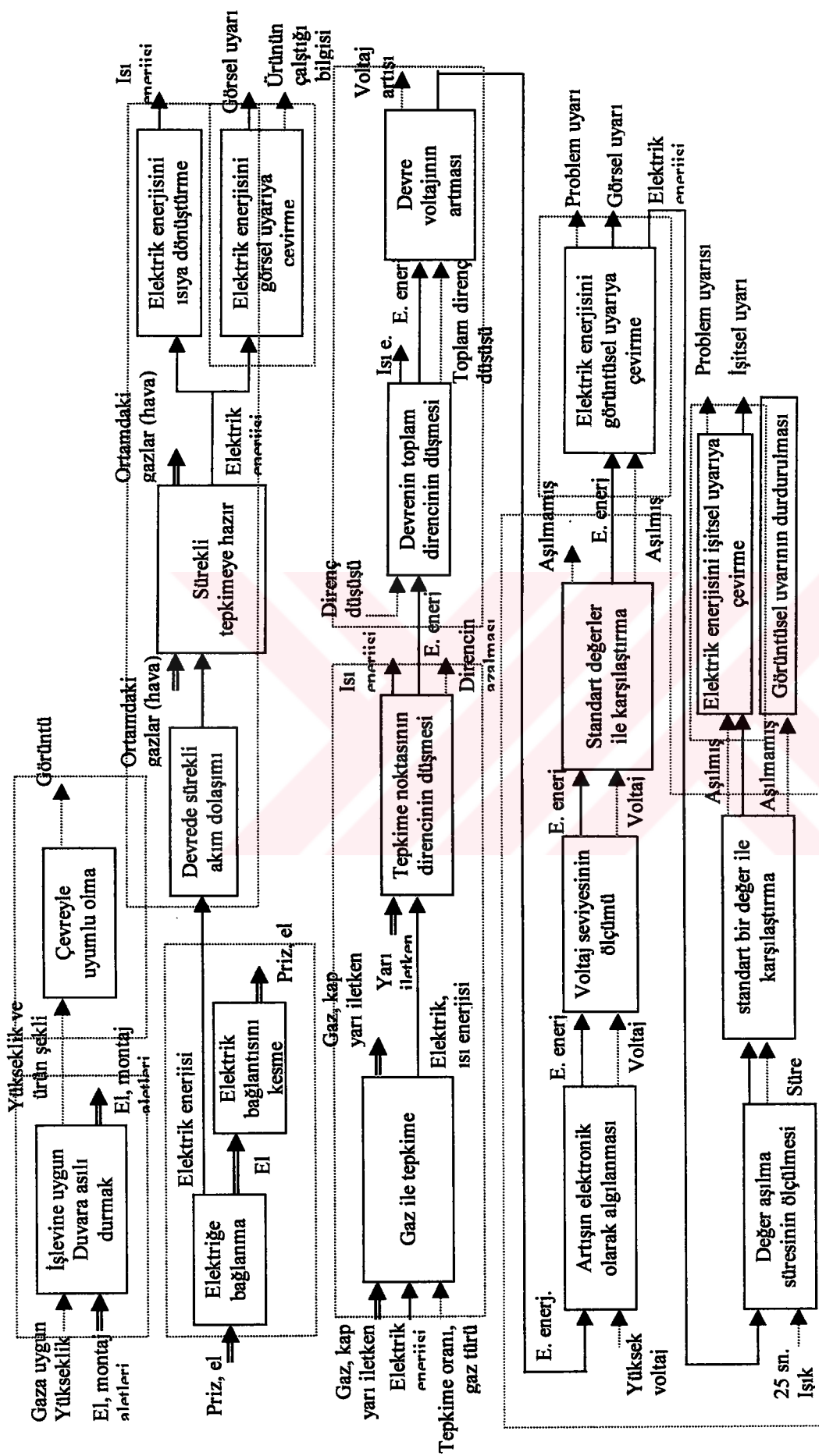
8. Modül: Işık sistemi. İstenilen şiddette, frekansta ve sürede ışık sinyali verme. Değişik şiddette, frekansta ve sürede ışık sinyaline uygun çeşitleri vardır

Kullanılan sezgisel kurallar ile belirlenen modüller arasındaki ilişki aşağıda özetlenmiştir:

- 1. modül için özel işlevler kuralı
- 2. modül için baskın akış kuralı ve genel işlevler kuralı
- 3. modül için genel işlevler kuralı
- 4. modül için baskın akış kuralı ve genel işlevler kuralı
- 5. modül için dönüşüm kuralı ve özel işlevler kuralı
- 6. modül için baskın akış kuralı dönüşüm kuralı
- 7. modül için dallanan akış kuralı ve benzer işlevler kuralı
- 8. modül için dallanan akış kuralı ve benzer işlevler kuralı

Modüllerin gösterildiği işlev yapısı diyagramı Şekil 8.16'da görülmektedir.





## 8.8 Modüler Sistemin Performansı

Modüler sistem performansı için daha önce söz edilen iki yöntem kullanılmıştır. Bunlar objektif matris yöntemi (Akal, 1996) ve SMIC (Godet, 1994) tekniğidir. Sekiz adet modülden oluşan yeni ev tipi gaz dedektörü mimarisinin toplam performansı ve modülleri arasındaki uyum derecesi belirlenecektir.

### 8.8.1 Objektif Matris Yöntemi

Bu yöntemde toplam performans değeri hesaplanmaktadır. Bu yöntemin kullanılmasının en önemli sebebi birbirinden farklı yapılara sahip modüllerin performans ölçütlerinin de birbirinden farklı olmasıdır. Bu durumda farklı performans ölçütlerine sahip modülleri bir arada topluca değerlendirebilmek için bu ölçütleri eşdeğer bir yapıya getirmek lazım.

Tablo 8.6’da ilgili modüllerin özelliklerine uygun olarak kullanılacak ölçütler görülmektedir.

*Tablo 8.6 Modüllerin performans ölçütleri.*

| Modüller                    | Kullanılabilir Ölçütler    |                       |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Fiziksel Kaplama            | Renk çeşit sayısı          | Stil çeşit sayısı     |
| Montaj Takımı               | Montaj biçim sayısı        | Uyduğu malzeme sayısı |
| Elektrik Bağlantısı         | Max uzunluk (m)            | Voltaç çeşit sayısı   |
| Elektrik Devresi            | Bileşen kombinasyon sayısı |                       |
| Tepkime Sistemi             | Tepkime olan gaz sayısı    | Hassasiyet (LEL)      |
| Algılama ve Kontrol Sistemi | Ölçüm hassasiyeti (sn)     | Yonga kapasitesi      |
| Ses Sistemi                 | Değişik ses uyarı sayısı   | Siddeti (watt)        |
| Işık sistemi                | Şiddeti (watt)             |                       |

Tablo 8.6’da verilen ilk sütundaki ölçütler kullanılarak objektif matris oluşturulmuştur. Ses sistemi ve ışık sistemi yapı olarak birbirine çok benzediği için performans ölçümünde sadece ses sistemi kullanılacaktır.

Şekil 8.17’de objektif matris verilmiştir.

| Renk çeşit sayısı                     | Montaj biçim sayısı | Max uzunluk (m) | Bileşen kombinasyon sayısı | Tepkime olan gaz sayısı | Ölçüm hassasiyeti (sn) | Değişik ses uyarı sayısı | Performans Ölçüsü       |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 5                                     | 5                   | 10              | 25                         | 2                       | 30                     | 10                       | Modülün Performansı     |
| 5                                     | 5                   | 10              | 100                        | 5                       | 16                     | 10                       | 10                      |
| 4,4                                   | 4,6                 | 8,9             | 86                         | 4,6                     | 18                     | 8,7                      | 9                       |
| 3,9                                   | 4,1                 | 7,9             | 72                         | 4,1                     | 20                     | 7,4                      | 8                       |
| 3,3                                   | 3,7                 | 6,8             | 58                         | 3,7                     | 22                     | 6,1                      | 7                       |
| 2,7                                   | 3,3                 | 5,7             | 44                         | 3,3                     | 24                     | 4,9                      | 6                       |
| 2,1                                   | 2,9                 | 4,6             | 30                         | 2,9                     | 26                     | 3,6                      | 5                       |
| 1,6                                   | 2,4                 | 3,6             | 16                         | 2,4                     | 28                     | 2,3                      | 4                       |
| 1                                     | 2                   | 2,5             | 2                          | 2                       | 30                     | 1                        | 3                       |
| 0,4                                   | 1,6                 | 1,4             | 0                          | 1,6                     | 32                     | 0                        | 2                       |
| 0                                     | 1,2                 | 0,3             | 0                          | 1,2                     | 34                     | 0                        | 1                       |
| 0                                     | 0,8                 | 0               | 0                          | 0,8                     | 36                     | 0                        | 0                       |
| 10                                    | 10                  | 10              | 5                          | 3                       | 3                      | 10                       | Modül Puanı             |
| 10                                    | 10                  | 10              | 15                         | 25                      | 25                     | 5                        | Modül Ağırlığı          |
| 100                                   | 100                 | 100             | 75                         | 75                      | 75                     | 50                       | Modül Performans Değeri |
| Toplam Modüler Ürün Performans Değeri |                     |                 |                            |                         |                        |                          | 575                     |

Mevcut Ürün İçin  
Ölçek ve Puanlar

Şekil 8.17 Ev tipi gaz dedektörünün yeni tasarımının objektif matrisi.

Yeni tasarım için oldukça yüksek bir toplam performans değeri bulunmuştur. Mevcut değer toplam performans değeri 300 iken yeni tasarımın değeri 575 olarak tahmin edilmiştir. Bu da yeni tasarımı doğrulamaktadır.

### 8.8.2 SMIC Tekniği

Modüllerin birarada ne kadar uyumlu çalıştıklarını bulan SMIC yöntemi kuadratik minimizasyon ve çapraz etki analizini içermesi dolayısıyla objektif sonuçlar vermektedir. Oldukça zor ve uzun zaman alan bu yöntemin bilgisayar destekli olarak uygulanabilmesi büyük bir avantaj getirmektedir. Dölek (1998)’in Microsoft Excel’de hazırlanmış olduğu program kullanılarak çözülmüştür.

Tablo 8.7’de ankete verilen cevaplar hem basit hem de bağımlı olasılıklar bazında görülmektedir.

Tablo 8.7 Modüller için anket cevapları: basit ve bağımlı olasılıklar.

**BAĞIMSIZ OLASILIKLAR**

|    |   |     |   |     |     |   |   |
|----|---|-----|---|-----|-----|---|---|
| Pi | 1 | 0,8 | 1 | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 |
|----|---|-----|---|-----|-----|---|---|

**BAĞIMLI OLASILIKLAR**

|    | m1  | m2  | m3  | m4  | m5  | m6  | m7  |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| m1 |     | 1   | 1   | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| m2 | 1   |     | 1   | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| m3 | 1   | 1   |     | 1   | 0,8 | 0,8 | 0,6 |
| m4 | 0,6 | 0,6 | 1   |     | 1   | 1   | 1   |
| m5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 1   |     | 1   | 0,8 |
| m6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1   | 1   |     | 1   |
| m7 | 1   | 0,8 | 0,8 | 1   | 0,8 | 1   |     |

|    | not m1 | not m2 | not m3 | not m4 | not m5 | not m6 | not m7 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| m1 |        | 0,8    | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| m2 | 0,8    |        | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| m3 | 1      | 0,6    |        | 0,6    | 1      | 1      | 1      |
| m4 | 1      | 1      | 0,2    |        | 0,8    | 0,8    | 0,8    |
| m5 | 0,8    | 0,8    | 1      | 0,2    |        | 0,4    | 1      |
| m6 | 1      | 1      | 1      | 0,2    | 0,6    |        | 0,8    |
| m7 | 1      | 1      | 1      | 0,2    | 1      | 0,2    |        |

Bu program sadece yedi modüle kadar çözüm üretebiliyor, dolayısıyla ses ve ışık sistem modülleri çok benzer özellikler taşıdıkları için tek modül olarak alınmıştır. Bu programın çalıştırılması sonucunda 128 adet modül kombinasyonunun olasılığı hesaplanmıştır. Tablo 8.8’de en yüksek yirmi modül kombinasyonu görülmektedir.

Sonuçlara göre bütün modüllerin bir arada uyumlu çalışmalarının olasılığı en yüksek çıkmıştır. % 61.45’lik bir değerle ortalamanın üzerinde bir uyumdan bahsedilebilir. Bir başka deyişle uyumluluk dercesi iyi olan bir tasarım olarak yorumlanabilir.

Bu kombinasyonu en yakından izleyen ikinci en yüksek olasılıklı kombinasyon ikinci modülün eksik olduğu durumdur. Zaten olasılık değerinden de anlaşılacağı üzere %6.1 gibi düşük bir değere sahiptir, neredeyse en yüksek değerin onda biri kadardır.

Öyleyse iki performans değerlendirme yönteminden çıkarılabilecek sonuç yeni modüler tasarımın performansının yüksek olduğu ve modüllerin uyumlu bir şekilde çalıştığıdır. Dolayısıyla bu tasarım başarılıdır ve ürün geliştirmedeki bir sonraki adıma geçilebilir.

Tablo 8.8 SMIC metodunun sonuçları: modül kombinasyonu olasılıkları.

|      | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | $\Pi_i$     | 1        |
|------|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----------|
| E1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_1$     | 0,614509 |
| E33  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_{33}$  | 0,061038 |
| E16  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | $\Pi_{16}$  | 0,043712 |
| E37  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | $\Pi_{37}$  | 0,043369 |
| E15  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | $\Pi_{15}$  | 0,029578 |
| E13  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | $\Pi_{13}$  | 0,028565 |
| E97  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_{97}$  | 0,026089 |
| E5   | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | $\Pi_5$     | 0,021502 |
| E113 | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_{113}$ | 0,019797 |
| E49  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_{49}$  | 0,015347 |
| E41  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_{41}$  | 0,010946 |
| E101 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | $\Pi_{101}$ | 0,009583 |
| E9   | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | $\Pi_9$     | 0,008134 |
| E14  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | $\Pi_{14}$  | 0,004290 |
| E117 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | $\Pi_{117}$ | 0,002280 |
| E34  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | $\Pi_{34}$  | 0,002120 |
| E30  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | $\Pi_{30}$  | 0,000995 |
| E59  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | $\Pi_{59}$  | 0,000975 |
| E119 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | $\Pi_{119}$ | 0,000964 |
| E4   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | $\Pi_4$     | 0,000959 |

## 9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın sonuçları iki kısımda incelenebilir. Birinci kısım teorik çalışmayı ikinci kısım ise uygulamayı içermektedir.

Teorik kısımda kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve yeni bir yöntem önerilmiştir. Özellikle modülerlik konusunun çok yeni bir kavram olması bu konudaki literatürün kısıtlı ve dağınık olmasını getiriyor. Bu bağlamda ayrıntılı bir literatür taraması yapılarak bu dağınık olan bilgiler bir araya toplanmış ve değişik fikirler arasındaki ilişkiler kurulmuştur.

Türkiye’de bu konuda daha önce bir araştırma yapılmamıştır, bu yüzden bu çalışma bu konuda ilk olma niteliğini taşımaktadır. Ayrıca modülerlik konusundaki bir çok yabancı terimin türkçe ifadeleri türetilerek Türk Bilim Diline bu konuda yeni terimler eklenmiştir.

Teorik çalışmada bir diğer önemli nokta modülerlik konusunda öncü olan araştırmacıların çalışmalarının ve bu konudaki temel düşüncelerinin karşılaştırılmasıdır. On iki kritere göre karşılaştırılan araştırmacılar aynı zamanda modülerlik konusundaki genel perspektifi yansıtmaktadır.

Teorik çalışmanın en önemli kısmını önerilen yöntem oluşturmaktadır. Bir modüler ürün tasarımının bütün adımlarını ortaya koyan bu yöntem bu konuda yapılmış ilk bütünlük çalışmasıdır. Bütünlük yöntemden kasıt müşteri isteklerinden organizasyonun yapısına kadar olan bütün sürecin tanımlanmış olmasıdır. Süreç içerisinde hem literatürden uyarlanılarak alınan yöntemler hem de yeni geliştirilen teknikler yer almaktadır.

Geliştirilen yöntemlerden biri tasarımı yapılacak ürünün gerçekten modüler yapıya uygun olup olmadığını araştıran bir tekniktir. Literatürdeki birçok araştırmacı bu sorunun yanıtını bulmadan modüler tasarıma geçmektedir. Bu konuda literatürde yer alan fakat henüz ispatlanmamış bir modelden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada geliştirilmiş diğer bir teknik, modüler tasarımı yapılacak ürünün mevcut modülerlik derecesini belirlemeye çalışır. Bu yöntemde çıkan sonuca göre modülerlik stratejileri geliştirilir.

Yöntemde ayrıca modülerlik stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejiler ışığında tasarım biçimlenmekte ve kullanılacak tasarım metoduna karar verilmektedir. Ayrıca modülerliğin diğer iş ve fonksiyonel stratejiler içindeki yeri konumlandırılarak şirket başarısındaki rolü irdelenmiştir.

Müşteri istekleri doğrultusunda yapılması planlanan modüler tasarımın bu istekleri gerçekten karşılayıp karşılayamayacağının analizi yapılmıştır. Bu analiz için müşterinin sesi ve kalite evi yaklaşımları önerilmiştir.

Teorik çalışmada yer alan yöntemin son adımını oluşturan modüler yapının performans analizi için de iki yaklaşım önerilmiştir. Bunlardan birincisi olan objektif matris yöntemi farklı ölçütlerle değerlendirilen modülleri bir arada değerlendirme ve dolayısıyla yeni tasarımın performansını belirleme özelliğine sahiptir. Bu yaklaşım bu alanda ilk kez uygulanmıştır. Bir diğer yöntem ise senaryo planlama tekniği olan SMIC'tir. Optimizasyon yapan bu yöntem modüler yapının uyumlu çalışmasını değerlendirecek şekilde uyarlanmıştır. Bu yöntemde daha önce bu dalda denenmemiştir.

Bütün bu geliştirilen yöntemlerin denenmesi amacıyla bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulamanın yapıldığı firma üretim aşamasına geçme düşüncesinde olması modüler yapıyı benimsemesi için bir fırsat yaratmıştır. Bu bağlamda uygulama açısından en önemli sonuç, ortaya konan yöntemin başarıyla uygulanmış olmasıdır.

Ev tipi gaz dedektörleri için yeni modüler bir tasarım geliştirilmiştir. Toplam sekiz modülden oluşan bu yapının performans analizleri sonucunda uygulanabilir olduğu bulunmuştur.

Henüz Türkiye için yeni olan bu konunun endüstri tarafından benimsenmesi ve dolayısıyla teknoloji, araştırma geliştirme gibi konularda uygulanması üretken bir toplum olmak açısından önemli bir etkiye sahiptir.

Henüz çok yeni olan modülerlik yaklaşımı için araştırılabilecek bazı konular söz konusudur. Özellikle bu çalışmada ürün modülerliği üzerinde durulmuştur, aynı çalışmanın hizmet sektöründe yapıp yapılmayacağı önemli bir araştırma konusu oluşturmaktadır. Ayrıca modüler organizasyon ile modüler ürün arasındaki ilişki de araştırılmaya açıktır. Modüler sistemlere özel arayüz tasarımı için yöntemler geliştirilebilir.

## **KAYNAKLAR**

**Adam E.E., Ebert R.J., 1992, "Production and Operations Management", Prentice Hall Pub.**

**Akal Z., 1996, "İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi", MPM Yayınları, No: 473, Ankara.**

**Baldwin C.Y., Clark K.B., 2000, "Design Rules: The Power of Modularity", The MIT Press.**

**Baldwin, C.Y., Clark K.B., 1997, "Managing In The Age Of Modularity", Harvard Business Review, September-October,**

**Clark K.B., 1999, "A New View From Harvard", Computerworld, July.**

**Cutherrell D., 1996, "Product Architecture", Chapter 16, PDAM Handbook of New Product Development, Edited by M.Rosenau, Wiley Pub., NewYork.**

**Day R.D., 1990, "Quality Function Deployment: linking a company with its customers", ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.**

**Galunic C.D., Eisenhardt K.M., 2000, "Architectural Innovation and Modular Corporate Forms", AMJ Special Issue on New and Evolving Organizational Forms, Utah.**

**Godet M., Roubelat F., 1996, "Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios", LongRange Planning, Vol.29, No.2, Elsevier Science Ltd., Great Britain.**

**Godet, M., 1994, "From Anticipation to Action", Unesco Publishing, France.**

**Gonzales-Zugatti J.P., Otto K., Baker J.B., 1999, "Assessing Value for Product Family Design and Selection", Proceedings of the 25<sup>th</sup> Design Automation Conference, 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences, Las Vegas, Nevada.**

- Gonzales-Zugatti J.P., Finch W., Otto K., 1999,** "Set Based Product Platform Requirement Definition", International Conference on Engineering Design ICED 99, Munich.
- Hammer M., Champy J., 1997,** "Değişim Mühendisliği", Sabah Kitapları, Çağdaş Bakışlar Dizisi, İstanbul.
- Hauser R., Clausing D., 1998,** "The House of Quality", Harvard Business Review, Mayıs, Haziran.
- Henderson R.M., Clark K.B., 1990,** "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms", Administrative Science Quarterly, 35.
- Kaplan R., Norton D., 1994,** "Balanced Scorecard", Sistem Yayıncılık, İstanbul
- King J.R., 1980,** "Machine Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach Using A Rank Order Clustering Algorithm", Int. Journal of Production Research, Vol:18, No.2.
- Marshall R., Leaney P.G., 1999,** "A System Engineering Approach To Product Modularity", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B.
- O'Grady P., 1999,** "The Age of Modularity: Using The New World Of Modular Products To Revolutionize Your Corporation", Adams and Steele Pub., USA.
- O'Grady P., Liang W.Y., 1998,** "An Object Oriented Approach to Design with Modules", Iowa Internet Laboratory Technical Report, TR98-04, Iowa.
- Orton J. D., Weick K. E., 1990,** "Loosely Coupled Systems: A Reconceptualization", Academy of Management Review, Vol: 15, No: 2.
- Otto K., Gonzales-Zugatti J.P., 2000,** "Modular Platform –Based Product Family Design", Proceedings of DETC'00 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers And Information in Engineering Conference, Baltimore, Maryland.
- Otto K., Gonzales-Zugatti J.P., Dahmus J.B., 2000,** "Modular Product Architecture", Proceedings of DETC'00 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers And Information in Engineering Conference, Baltimore, Maryland.

- Otto K., Wood K., 2000, "Product Design", Prentice Hall, New York.**
- Otto K., Wood K., 1998, "Product Evolution: A Reverse Engineering And Redesign Methodology", Research in Engineering Design, Vol:10, No:4.**
- Otto K., Yu J., Roberson J., 1997, "Product Portfolio Architecture Definition And Development", Center for Innovation in Product Development, MIT.**
- Otto K., Zamirowski E., 1997, "Platformed Module Architecture", Center for Innovation in Product Development, MIT.**
- Porter, M.E., 1980, "Competitive Strategy", The Free Press, New York.**
- Sanchez R., 1995, "Strategic Flexibility in Product Competition", Strategic Management Journal, Vol: 16, John Wiley&Sons.**
- Sanchez R., Heene A., 1997, "Strategic Learning and Knowledge Management", Section 4, Part 10, John Wiley&Sons, New York.**
- Sanchez R., Mahoney J.T., 1996, "Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design", Strategic Management Journal, Vol 17, John Wiley&Sons.**
- Sanchez R., 2000, "Modularity and Knowledge Management", Competence-Based Management Conference, Helsinki.**
- Sapmaz M., 1999, "Hepimiz Birer Cengaveriz", Tempo Dergisi, 590, syf. 5-9, İstanbul**
- Schilling M.A., 2000, "Toward a General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity", Academy of Management Review, Vol.25, No.2.**
- Simon H., 1999, "Gizli Şampiyon Şirketler", Beyaz Yayınları, İstanbul.**
- Sosa M.E., 2000, "Analysing the Effects of Product Architecture on Technical Communication in Product Development Organizations, Ph.D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology.**
- Sosa M.E., Eppinger D.S., Craig M.R., 2000, "Designing Modular and Integrative Systems", Proceedings of DETC'00 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers And Information in Engineering Conference, Baltimore, Maryland.**

- Tanyaş, M.**, 1995, “Endüstri Mühendisliğine Giriş”, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Tümiş S.**, 2000, “SME Strategy”, Ders Notları, İstanbul.
- Ulrich K.**, 1995, “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm”, Research Policy, Vol.24.
- Ünsal S.**, 1997, “Ürün Geliştirme”, Ders Notları, İTÜ, İstanbul.
- Worren N., Sanchez R.**, 2000, “Reconfiguring Modular Architectures: A Template Approach”, Competence-Based Management Conference, Helsinki.
- Yıldırım C.**, 1994, “Bilim Tarihi”, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Yu J., Gonzales – Zugasti J.P, Otto K.**, 1999, “Product Architecture Definition Based Upon Customer Demands”, Journal of Mechanical Design, 121, 3.
- Zamirowski E.J., Otto K.**, 1999a, “Product Portfolio Architecture Definition and Selection”, International Conference on Engineering Design ICED 99, Munich.
- Zamirowski E.J., Otto K.**, 1999b, “Identifying Product Portfolio Architecture Modularity Using Function and Variety Heuristics”, 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences, Las Vegas, Nevada.

## EKLER

### EK A

#### Ürün Gruplarının Modülerliğe Yatkinlığının Araştırılması Anketi

Ad Soyad:

Ürün Grubu :

Firma:

Ünvan:

Meslek:

Sorular ilgili ürün grubu göz önüne alınarak cevaplanacaktır. Anketi cevaplandığınız için teşekkür ederiz.

Ar.Gör. Umut Asan, Doç.Dr. Seçkin Polat  
İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü

##### Ankette geçen bazı terimlerin açıklaması:

**bileşen:** ürünü oluşturan komponentlerden, alt sistemlerden her biri

**sinerji:** biraraya getirilen unsurların değerleri toplamından daha yüksek bir değer

| Kesinlikle Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|-------------------------|--------------|------------|-------------|------------------------|
| 1                       | 2            | 3          | 4           | 5                      |

##### Ürün

|   |                                        |  |  |  |  |  |
|---|----------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 1 | Ürün veya ürün ailesi çok karmaşıktır. |  |  |  |  |  |
|---|----------------------------------------|--|--|--|--|--|

##### Sinerji

|   |                                                                                             |  |  |  |  |  |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 2 | İcelenen ürünün bileşenleri (komponent) arasında üstün bir sinerji vardır.                  |  |  |  |  |  |
| 3 | İcelenen ürünün bileşenlerinin farklı bileşimleri (kombinasyonları) mümkündür.              |  |  |  |  |  |
| 4 | İcelenen ürün, mevcut bileşenlerin daha iyi veya optimum bir kombinasyonuna sahip olabilir. |  |  |  |  |  |
| 5 | Müşteride ürün için bileşen sinerjisi düşüncesi vardır.                                     |  |  |  |  |  |

|   |                                                                                                        |  |  |  |  |  |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 6 | Müşteri (kullanıcı) ürünü veya sistemi oluşturan uygun komponentleri seçebilme bilgisine sahiptir.     |  |  |  |  |  |
| 7 | Müşteri ürünü veya sistemi oluşturan komponentlerin kalitesini değerlendirebilir.                      |  |  |  |  |  |
| 8 | Müşteri ürünü veya sistemi oluşturan komponentlerin birbirleriyle olan etkileşimini değerlendirebilir. |  |  |  |  |  |
| 9 | Müşteri ürün birleşiminde, komponent seçiminde dışarıdan (üretici, satıcı vd.) destek alıyor.          |  |  |  |  |  |

|    |                                                                                                      |  |  |  |  |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 10 | Müşteri ürünün bileşenlerini birleştirme, monte etme bilgisine sahip değildir.                       |  |  |  |  |  |
| 11 | Müşteri ürünün bileşenlerini birleştirme, monte etme araç-gereçlerine ve koşullarına sahip değildir. |  |  |  |  |  |
| 12 | Müşteri ürün bileşenlerinin seçim ve biraraya getirme zahmetine (zaman, emek) katlanmak istemiyor.   |  |  |  |  |  |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|

#### Heterojen Girdi

|    |                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 13 | Pazarda, mevcut ürün ailesi için sunulan teknolojik seçeneklerde (çözümlerde) yüksek çeşitlilik söz konusu.<br>(Çözümlerin bazılan aynı anda ürünün farklı bileşenlerinde kullanılabilir). |  |  |  |  |  |
| 14 | Ürün ve ürün ailesinde kullanılabilecek teknolojik seçenekler arasında uyumluluk vardır.<br>(Çözümlerin bazılan aynı anda ürünün farklı bileşenlerinde kullanılabilir).                    |  |  |  |  |  |
| 15 | Teknoloji seçenekleri ürün ailesi içerisindeki ürün çeşidini artırıyor.                                                                                                                    |  |  |  |  |  |
| 16 | Ürün ve ürün ailesinde aynı anda veya ayrı ayrı kullanılabilecek teknolojik seçenekler maliyetleri artırıyor.                                                                              |  |  |  |  |  |
| 17 | Çok sayıdaki teknoloji seçenekleri müşteri için uygun seçimi zorlaştırıyor.                                                                                                                |  |  |  |  |  |

|    |                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 18 | Sektörde, farklı becerilere ve kabiliyetlere sahip firmalar vardır.<br>(Mevcut ürün ailesi için değişik komponentler üretmeyi destekleyen). |  |  |  |  |  |
| 19 | Bu farklı beceriler daha kaliteli, daha ucuz ve ihtiyaçlara uygun bileşenler üretmede etkililer.                                            |  |  |  |  |  |
| 20 | Alıcılar (müşteri, firma vd.) ihtiyaçlarına uygun bileşenleri değişik firmalardan (tedarikçilerden) almayı tercih ediyorlar.                |  |  |  |  |  |

|    |                                                                                                                           |  |  |  |  |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 21 | Firmaların sahip olduğu farklılaşmış kabiliyetler, bu firmaları değişik teknoloji seçeneklerini kullanmaya teşvik ediyor. |  |  |  |  |  |
| 22 | Teknolojik seçeneklerdeki çeşitlilik, firmaları birbirinden farklı becerilerde uzmanlaşmaya iter.                         |  |  |  |  |  |

#### Ürün - Heterojen Girdi

|    |                                                                                                                  |  |  |  |  |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 23 | Mevcut ürün ve ürün ailesi tasarımı farklı teknolojik seçeneklerin geliştirilmesini destekliyor.                 |  |  |  |  |  |
| 24 | Mevcut ürün ve ürün ailesi tasarımı firma (üretici, tedarikçi vd.) kabiliyetlerinin farklılaşmasını destekliyor. |  |  |  |  |  |

#### Heterojen Talep

|    |                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 25 | Müşteri istekleri birbirinden çok farklılık gösteriyor.<br>(Yeni veya mevcut işlev, ölçek, konfigürasyon, kalite, fiyat vd.). |  |  |  |  |  |
| 26 | Müşteriler çeşit istiyor.<br>(Değişik zamanlarda değişik alternatifler arasından seçim yapmak).                               |  |  |  |  |  |
| 27 | Müşteri üründe değişiklik yapmak istiyor (kullanım sırasında, eskiyince vd.).                                                 |  |  |  |  |  |

#### Heterojen Girdi - Heterojen Talep

|    |                                                                                                         |  |  |  |  |  |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 28 | Heterojen girdiler kullanılarak üretilen ürünlere müşteri vardır.                                       |  |  |  |  |  |
| 29 | Mevcut müşterilerin birbirinden farklı ihtiyaçlarını karşılayacak heterojen girdi yapısına ihtiyaç var. |  |  |  |  |  |

#### Pazar ve Teknolojik Değişim

|    |                                                                       |  |  |  |  |  |
|----|-----------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 30 | Teknolojik gelişim hızı yüksektir.                                    |  |  |  |  |  |
| 31 | Pazarda rekabet yoğunluğu yüksektir.                                  |  |  |  |  |  |
| 32 | Şirketler bu teknolojik değişimden ve rekabetten çok etkilenmektedir. |  |  |  |  |  |

**Ek B****Ürünün Modülerlik Derecesinin Araştırılması Anketi**

Ad Soyad:

Ürün:

Firma:

Ünvan:

Meslek:

Sorular ilgili ürünü göz önüne alınarak cevaplanacaktır. Anketi cevaplandığınız için teşekkür ederiz.

Ar.Gör. Umut Asan, Doç.Dr. Seçkin Polat  
İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Ankette geçen bazı terimlerin açıklaması:**

**Bileşen:** ürünü oluşturan komponentlerden, alt sistemlerden her biri  
**Ürün ailesi:** ben

| Kesinlikle Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Kesinlikle Katılıyorum |
|-------------------------|--------------|------------|-------------|------------------------|
| 1                       | 2            | 3          | 4           | 5                      |

|    |                                                                          |  |  |  |  |  |
|----|--------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 1  | Ürün Tek parçadır (yekpare)                                              |  |  |  |  |  |
| 2  | Ürün en az iki bileşenden oluşuyor.                                      |  |  |  |  |  |
| 3  | Ürün, bileşenlerinin montajı yapılarak oluşturuluyor.                    |  |  |  |  |  |
| 4  | Ürünün alternatifleri vardır (şirketin kendisinin üretmiş olduğu).       |  |  |  |  |  |
| 5  | Ürünün alternatifleri vardır (rakiplerin üretmiş olduğu).                |  |  |  |  |  |
| 6  | Alternatif ürünler aynı işlevleri yerine getiriyor.                      |  |  |  |  |  |
| 7  | Üründe müşteriye özel değişiklikler (ekleme, çıkarma, ayar) yapılabilir. |  |  |  |  |  |
| 8  | Ürün kullanım sırasında alternatif kullanım olanakları sunuyor.          |  |  |  |  |  |
| 9  | Ürünün ana işlevi dışında yan işlevleri vardır.                          |  |  |  |  |  |
| 10 | Ürünün bileşenleri arasındaki ilişkiler standartlara uygun.              |  |  |  |  |  |
| 11 | Ürün içinde farklı kalitede ve özellikte bileşenler kullanılabilir.      |  |  |  |  |  |
| 12 | Ürün içindeki bileşenler farklı tedarikçilerden temin ediliyor.          |  |  |  |  |  |
| 13 | Ürünün çok karmaşık bir yapısı var.                                      |  |  |  |  |  |
| 14 | Ürünün bir bölümü fason üretiliyor.                                      |  |  |  |  |  |
| 15 | Ürünün bir bölümü ortaklar tarafından üretiliyor.                        |  |  |  |  |  |
| 16 | Ürünün içindeki her bir bileşen için çok sayıda alternatif var.          |  |  |  |  |  |
| 17 | Ürünümüzde başka ürünlerle ortak kullanılan bileşenler vardır.           |  |  |  |  |  |
| 18 | Üründe alternatif teknolojiler kullanılıyor.                             |  |  |  |  |  |

## Modül Performansını Araştırma Anketi

Ürün:

Ad Soyad:

Meslek:

Modüller:

## 1. Modül: fiziksel kaplama

Fiziksel kaplama renk, stil ve uygun yerleşim (boyut, takılabileceği yükseklik) için tasarlanmıştır. Değişik renk, stil ve boyutlarda vardır.

## 2. Modül: montaj takımı.

Montaj takımı, ilgili yerleşim alanında uygun yükseklikte ve ilgili maddeye monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Monte edilecek malzemeye göre ve mekanın şekline, yapısına göre çeşitleri vardır. Benzer ürünlerde ortak kullanıma sahiptir.

## 3. Modül: Elektrik Bağlantısı.

İstenilen voltaja uygun olarak tasarlanmıştır. Ayrıca istenilen yüksekliğe ve uzaklığa göre tasarlanmıştır. Elektrik bağlantısının değişik voltajlarda ve değişik uzunlukta çeşitleri vardır.

## 4. Modül: elektrik devresi (platform).

İstenilen bileşenlerin (dedektörle ilgili) ve çeşitlerinin bağlantı kurulması için tasarlanmıştır. değişik devre yapıları ve voltaj değeri için uygundur. Değişik devre kombinasyonlarını destekler.

## 5. Modül: tepkime sistemi.

İstenilen gazlara, gaz miktarına ve ortama (nemli, kapalı, açık, gibi) göre tasarlanmıştır. değişik gazlarla , değişik oranlarda ve değişik ortamlarda tepkime için çeşitleri vardır.

## 6. Modül: algılama ve kontrol sistemi.

İstenilen voltajı değişik oranlarda algılama, ölçme ve karşılaştırma değişik voltajlara değişik yanıt verme, değişik değerlerle karşılaştırmak ve değişik kriterlerin ölçümü için çeşitleri vardır.

## 7. Modül: ses sistemi.

İstenilen şiddette, frekansta, melodide ve sürede ses sinyali verme. değişik şiddette, frekansta, melodide ve sürede ses sinyaline uygun çeşitleri vardır.

## 8. Modül: ışık sistemi.

İstenilen şiddette, frekansta ve sürede ışık sinyali verme. değişik şiddette, frekansta ve sürede ışık sinyaline uygun çeşitleri vardır

### A. Bölüm soruları

Soru: böyle bir modülün var olma olasılığı nedir? (tasarım, üretim, satış, kullanım)

|                                      |   |   |   |   |   |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1. Modülün var olma olasılığı nedir? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 3. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 4. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 5. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 6. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 7. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |
| 8. Modülün var olma olasılığı nedir? |   |   |   |   |   |

Çok düşük

Düşük

Kararsızım

Yüksek

Çok yüksek

## B. Bölüm soruları

### Soru: 1. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 1. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 1. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

### Soru: 1. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 1. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 1. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

### C. Bölüm soruları

#### Soru: 2. Modülün ....

|                                                            |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 2. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

#### Soru: 2. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 2. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 2. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

| Gök düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Gök yüksek |
|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 1         | 2     | 3          | 4      | 5          |

#### D. Bölüm soruları

##### Soru: 3. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 3. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 3. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

##### Soru: 3. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 3. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 3. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## E Bölüm soruları

### Soru: 4. Modülün ....

|                                                            |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 4. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

### Soru: 4. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 4. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 4. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## F Bölüm soruları

### Soru: 5. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 5. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 5. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

### Soru: 5. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 5. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 5. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## G Bölüm soruları

### Soru: 6. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 6. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 6. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

### Soru: 6. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 6. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 6. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## H. Bölüm soruları

### Soru: 7. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 7. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 7. Modülün, 8. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

### Soru: 7. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 7. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 7. Modül olmadığı zaman, 8. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## I. Bölüm soruları

### Soru: 8. Modülün ....

|                                                            | Çok düşük | Düşük | Kararsızım | Yüksek | Çok yüksek |
|------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------|--------|------------|
| 8. Modülün, 1. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 2. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 3. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 4. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 5. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 6. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |
| 8. Modülün, 7. Modül ile uyumlu çalışması olasılığı nedir? |           |       |            |        |            |

### Soru: 8. Modülün olmadığı zaman....

|                                                              |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 8. Modül olmadığı zaman, 1. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 2. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 3. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 4. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 5. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 6. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |
| 8. Modül olmadığı zaman, 7. Modülün çalışma olasılığı nedir? |  |  |  |  |  |

## ÖZGEÇMİŞ

Umut Asan, 1975 yılında Aksarayda doğmuştur. İlköğrenimini Alamanya Klenze Schule’de, orta ve lise eğitimini Bursa Erkek Lisesi’nde birincilikle tamamlamıştır. 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başlamış, 1999 yılında Endüstri Mühendisi olarak Mezun olmuştur. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Programı’nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Çalışma hayatına 1999 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak başlamıştır ve halen aynı görevi sürdürmektedir.

