

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HELİKOPTER GÖSTERGELERİNİN KONUMLANDIRILMASINA
YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA METODU**

**DOKTORA TEZİ
E. CEM ALPPAY**

**Anabilim Dalı : Endüstri Ürünleri Tasarımı
Programı : Endüstri Ürünleri Tasarımı**

HAZİRAN 2011

**HELİKOPTER GÖSTERGELERİNİN KONUMLANDIRILMASINA
YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA METODU**

**DOKTORA TEZİ
E.CEM ALPPAY
(502002553)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nigan BAYAZIT (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Fethi ÇALIŞIR (İTÜ)
Prof. Dr. Özlem ER (İTÜ)
Prof. Dr. Nilgün FIĞLALI (KOÜ)
Doç. Dr. Haydar LİVATYALI
(TÜBİTAK)**

HAZİRAN 2011

*Alppay ve Aylan ailelerinin
aramızda olmayan büyüklerine,*

ÖNSÖZ

Öncelikle bu çalışmaya beni yönlendirerek bu tezin konu ve kapsamının şekillenmesinde bana yol gösteren ve bu süreç boyunca değerli bilgi, görüş ve akademik tecrübelerini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Nigan BAYAZIT'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca gerek tez izleme jürilerinde gerekse Tasarımda İnsan Faktörleri dersleri süresince ergonomi alanındaki değerli bilgi ve tecrübeleri ile bu tezin genel çerçevesinin oluşmasında beni yönlendiren Prof. Dr. Fethi ÇALIŞIR'a ve tez süreci boyunca görüş ve fikirleri için Prof. Dr. Özlem ER'e teşekkür ederim. Bu çalışma onların değerli katkılarıyla gerçekleşmiştir.

Ayrıca doktora tezimin çok önemli bir parçasını oluşturan deneysel çalışmalarına değerli zamanlarını ayırarak, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tüm helikopter pilotlarına teşekkür ederim. Çalışmanın uzman kullanıcılar üzerine odaklanması nedeniyle onların katkıları bu çalışmanın temel veri kaynağını oluşturmuştur. Ayrıca, diğer tüm pilotlar gibi, bilgi ve tecrübeleri ile bu çalışmayı açık yüreklilikle desteleyen ancak 06.04.2011 tarihinde bir helikopter kazasında hayatını kaybeden Sn. Pilot Ahmet DENİZ'i saygı ve rahmet ile anmayı bir şükran ve görev bilirim.

Deneysel çalışmalarımın organizasyonu konusunda bana yardımcı olan Sn. Taneri ALPPAY'a, Araş. Gör. Sinan ÖDEKAN'a, Sn. Orhun BERKÜN'e, Araş. Gör. Volkan TEZCAN'a, Sn. Necmi ÇABUK'a; ayrıca doktora çalışmam boyunca bana maddi ve manevi olarak destek olan; gösterge panelinin modeli ve çizimi konusunda beni yönlendiren ve bana yardımcı olan sevgili dostlarım ve meslektaşlarım Sn. Uğur ŞENER'e ve Sn. Ozan KUTSAL'a teşekkür ederim. Bu tez çalışmasının deneysel aşamaları onların değerli yardım ve katkıları ile gerçekleşmiştir. Akademik kariyerim boyunca fikir ve görüşleri ve manevi desteği ile bu süreci yürütmemde bana destek olan sevgili oda arkadaşım ve dostum Araş. Gör. Dr. Pınar YALÇIN'a da teşekkür ederim.

Son olarak tüm akademik hayatım boyunca beni her yönden maddi ve manevi olarak destekleyen ve en büyük motivasyon kaynağım olan sevgili aileme de sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2011

E. Cem ALPPAY
Endüstri Ürünleri Tasarımcısı

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	4
1.3 Çalışmanın Sağlayacağı Faydalar	5
2. ARAYÜZ KAVRAMI VE ARAYÜZLERİN DÜZENLENMESİ.....	9
2.1 İnsan Faktörleri ve Sistem Yaklaşımı	9
2.2 Ürün ve Sistemlerde Kullanılabilirlik Yaklaşımı	11
2.2.1 Kavram ve yaklaşım olarak kullanılabilirlik	11
2.2.2 Havacılık endüstrisi bağlamında kullanılabilirlik.....	18
2.3 Ürün ve Sistemlerde Arayüz Kavramı	20
2.4 Arayüzlerin Düzenlenmesi ve Göstergelerin Yerleşimi.....	23
2.4.1 Genel yerleşim kuralları ve metotları	23
2.4.2 Görsel analize dayanan metotlar.....	28
2.4.2.1 Kullanıcı görüşleri.....	28
2.4.2.2 Eylem örnekleme teknikleri.....	30
2.4.2.3 Süreç analizi teknikleri	31
2.4.2.4 Mikro hareket teknikleri	38
2.4.2.5 Gözleme dayanan metotların genel bir eleştirisi.....	39
2.4.3 Arayüzlerin düzenlenmesinde doğrusal programlama	40
2.5 Başlıca Kullanıcı Odaklı Tasarım Metotlar.....	41
2.6 Tasarım Metodu Olarak Kâğıt Prototipleme	42
3. İNSAN-MAKİNE SİSTEMİ OLARAK HELİKOPTER	47
3.1 Helikopterin Genel Özellikleri ve Temel Uçuş Prensipleri.....	47
3.2 Helikopterin Kullanıcı Arayüzü: Kontrol ve Göstergeler	49
3.3 Cam Pilot Kabinleri.....	58
3.4 Çeşitli Helikopterlerde Yer Alan Gösterge Paneli Örnekleri	59
3.5 Pilot Kabini İçerisindeki İş Yüğü	62
3.6 Pilot Etkinliği.....	64
4. HAVA ARAÇLARININ GÖSTERGE PANELLERİNİN DÜZENLENMESİNDE UYGULANAN METOTLAR.....	67
5. ÇALIŞMA PLANI VE METOT.....	77
5.1 Birinci Aşama: Anket Çalışması.....	82
5.2 Anket Verileri Esas Alınarak Gösterge Paneli Düzenlemelerinin Yapılması.....	84

5.3 İkinci Aşama: Gösterge Panellerinin Kâğıt Prototipleme Metodu ile Kullanıcılara Düzenlenmesi	88
5.4 Araştırma Bulgularının Optimizasyonunu Esas Alan Metodun Oluşturulması	94
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	101
6.1 Birinci Aşama: Anket Sonuçlarından Elde Edilen Veriler	101
6.1.1 Göstergelerin “önem derecesi” ilkesine bağlı olarak puanlanması	101
6.1.2 Göstergelerin “kullanım sıklığı” ilkesine bağlı olarak puanlanması	104
6.1.3 Göstergelerin “işlev benzerliği” ilkesine bağlı olarak gruplanması.....	108
6.1.4 Pilotlardan elde edilen işlevsel grupların yeniden düzenlenmesi	113
6.1.5 Göstergelerin “kullanım sırası” ilkesine bağlı olarak gruplanması.....	118
6.1.6 Ankete katılan pilotların uçuş deneyimleri ve gösterge paneli ergonomisine dayanan helikopter tercihleri	119
6.1.7 Anketler sırasında alınan diğer görüşler	121
6.1.8 “Önem” ve “Kullanım sıklığı” ilkelerine ait verilerin ağırlık verilerek bütünleştirilmesi	125
6.2 İkinci Aşama: Kâğıt Prototipleme Kullanılarak Pilotların Yapmış Olduğu Gösterge Paneli Düzenlemeleri	127
6.2.1 P1 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	131
6.2.2 P2 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	137
6.2.3 P3 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	143
6.2.4 P4 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	149
6.2.5 P5 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	155
6.2.6 P11 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	161
6.2.7 P12 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	166
6.2.8 P13 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	172
6.2.9 P14 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	178
6.2.10 P15 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması.....	183
6.2.11 Çalışmaya katılan pilotların uçuş deneyimleri ve panel düzenlemeleri arasındaki ilişkiler	189
6.3 Anket Verilerine Dayanarak Oluşturulan Gösterge Paneli Düzenlemeleri.....	189
6.3.1 Önem ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi	189
6.3.2 Kullanım sıklığı ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi	191
6.3.3 Bütünleşik değer esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi	191
6.3.4 İşlevsel benzerlik ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi	193
6.3.4.1 İşlevsel benzerlik ve önem derecesi ilkelerini temel alan gösterge paneli düzenlemeleri.....	195
6.3.4.2 İşlevsel benzerlik ve kullanım sıklığı derecesi ilkelerini temel alan gösterge paneli düzenlemesi	196
6.3.4.3 İşlevsel benzerlik ve bütünleşik değerleri temel alan gösterge paneli düzenlemesi	198

6.4 Araştırma Bulgularının Optimizasyonuna Dayanan Bir Metot Önerisi	200
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	205
7.1 Genel Bakış.....	205
7.2 Sonuçlar	206
7.3 Özeleştirir.....	211
7.4 Öneriler.....	211
KAYNAKLAR.....	215
EKLER	221
ÖZGEÇMİŞ	251

KISALTMALAR

ACFS	: Advanced Concepts Flight Simulation Facility
ADF	: Automatic Direction Finder
ATM	: Automatic Teller Machine
CPDU	: Copilot Display Unit
CRT:	: Cathod Ray Tube
EEG	: Electroencephalography
EFIS	: Electronic Flight Information System
FACE	: The Flight Deck and Air Traffic Control Evaluation
FQ	: Flight Quality
GKA	: Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
GOMS	: Goals Operators Methods and Selection Rules
GPS	: Global Positioning System
HQ	: Handling Quality
HQR	: Handling Quality Rating
HSI	: Horizontal Situation Indicator
HTK	: Hava Trafik Kontrol
IFR	: Instrument Flight Rules
ISO	: International Standards Organization
LCD	: Liquid Crystal Display
MFD	: Multi Function Displayer
NOE	: Nap of Earth
P	: Pilot
PCP	: Proximity Compatibility Principle
PDU	: Pilot Display Unit
ROTAM	: İTÜ Rotorlu Hava Araçları Tasarım ve Mükemmeliyet Merkezi
RAF	: Royal Air Force
SOS	: Spatial Operational Sequence Diagram
SS	: Standard Sapma
U	: Tasarım Uzmanı
VFR	: Visual Flight Rules
VSI	: Vertical Situation Indicator

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Uçuş tiplerine göre personel dayanıklılığı	49
Çizelge 5.1 : Kâğıt prototipleme aşamasında kullanılan göstergelerin çizimleri	91
Çizelge 5.1: (devam) Kâğıt prototipleme aşamasında kullanılan göstergelerin çizimleri	92
Çizelge 6.1 : Anket çalışmasında önem kriterine ait elde edilen veriler	102
Çizelge 6.2 : Anket çalışmasında kullanım sıklığı kriterine ait elde edilen veriler	106
Çizelge 6.3 : Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan” 1. gösterge grubu seçimleri	109
Çizelge 6.4 : Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 2. gösterge grubu seçimleri	109
Çizelge 6.5 : Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 3. gösterge grubu seçimleri	110
Çizelge 6.6 : Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 4. gösterge grubu seçimleri	110
Çizelge 6.7 : Göstergelerin “işlevsel benzerlik matrisi”	112
Çizelge 6.8 : Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan”1. gösterge grupları	113
Çizelge 6.9 : 1. Gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”	114
Çizelge 6.10 : Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan” 2. gösterge grupları	114
Çizelge 6.11: 2. Gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”	115
Çizelge 6.12: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan” 3. gösterge grupları	116
Çizelge 6.13 : 3 . Gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”	116
Çizelge 6.14: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan” 4. gösterge grupları	117
Çizelge 6.15 : 4. Gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”	118
Çizelge 6.16 : Pilotların” kullanım sırasına” bağlı olarak oluşturdukları gösterge grupları	118
Çizelge 6.17 : Anket çalışmasına katılan pilotların uçuş deneyimi ve helikopter tercihleri	120
Çizelge 6.18 : Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarılı” ve “en başarısız” buldukları helikopterler	120
Çizelge 6.19 : Önem ve kullanım sıklığı ilkelerinin ağırlıkları	125
Çizelge 6.20 : “Önem” ve “Kullanım sıklığı” ilkelerinden elde edilen “bütünleşik değer”	125
Çizelge 6.21 : Manyetik pusulanın yerleşim dağılımı	129
Çizelge 6.22 : Kâğıt prototipleme çalışmalarının bölgeler esas alınarak elde edilen değer dağılımları	131
Çizelge 6.23 : P1’e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi	135
Çizelge 6.24 : P2’ye ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi	141
Çizelge 6.25 : P3’e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi	147

Çizelge 6.26 : P4'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	153
Çizelge 6.27 : P5'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	159
Çizelge 6.28 : P11'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	164
Çizelge 6.29 : P12'ye ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	170
Çizelge 6.30 : P13'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	176
Çizelge 6.31 : P14'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	181
Çizelge 6.32 : P15'e ait tasarımın anket verileri ile karşılaştırmalı analizi.....	187
Çizelge 6.33 : Pilotların tasarımlarında öne çıkan anket verilerinin genel ve gösterge gruplarına göre dağılımı	201
Çizelge B1 : Ek A'da yer alan göstergelerin boyut ve ağırlıkları.....	230

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Geleneksel bir kullanıcı arayüzü: Audi TT'nin gösterge paneli ve diğer kontrolleri.....	21
Şekil 2.2 : Bir LCD Televizyonun Grafikselsel Kullanıcı Arayüzü.....	21
Şekil 2.3 : Sistem arayüz tipi olarak glas kokpit (Airbus A380)	22
Şekil 2.4 : Normal bakış çizgisi	24
Şekil 2.5 : Haines ve Gilliland tarafından ortaya konan görüş alanındaki izo-tepki süreleri	25
Şekil 2.6 : Mevcut arayüzlerin iyileştirilmesinde kullanılan görsel analiz metotları	29
Şekil 2.7 : Çok motorlu bir askeri uçağın akış diyagramı	33
Şekil 2.8 : Bir nükleer santralin kontrol odasında bir kontrol panelinin SOS diyagramı	36
Şekil 2.9 : Tırmanma manevrası yapan bir uçağın pilotlarına ait ilişki çizelgesi	37
Şekil 2.10 : Kâğıt Prototiplemenin akıllı ürünlerin arayüzlerinin kullanılabilirlik testine uygulanması	43
Şekil 2.11 : Dictaphone projesinin tasarım aşamasında kullanılan ahşap model üzerine yapıştırılmış düğme, hoparlör ve mikrofon düzenekleri	44
Şekil 2.12 : Dictaphone projesinin tasarım aşamasında kullanılan fome-cor'dan yapılmış modeli üzerine yapıştırılmış düğme, hoparlör ve mikrofon düzenekleri	45
Şekil 3.1 : Helikopterin genel uçuş prensipleri	48
Şekil 3.2 : Üç farklı arazi uçuşunun temsili gösterimleri	48
Şekil 3.3 : Helikopter pilot kabininin genel görünümü ve kontrollerin konumları.....	53
Şekil 3.4 : Çubuk	54
Şekil 3.5 : Kolektif kolu.....	55
Şekil 3.6 : Kuyruk rotoru pedalları.....	55
Şekil 3.7 : C5-A uçağının geleneksel analog göstergelerle donatılmış hali	58
Şekil 3.8 : C5-A uçağının glas pilot kabini olarak donatılmış hali	59
Şekil 3.9 : Bell UH-1H gösterge paneli	60
Şekil 3.10 : Ace Helicopter Safari Baby Belle gösterge paneli	60
Şekil 3.11 : Aerospatiale SA 366 gösterge paneli.....	60
Şekil 3.12: Eurocopter EC135 gösterge paneli	61
Şekil 3.13: Eurocopter EC120 gösterge paneli	61
Şekil 3.14: Augusta A109 gösterge paneli.....	62
Şekil 3.15: Bell 430 gösterge paneli.....	62
Şekil 4.1 : Savaş öncesi RAF standart gösterge paneli düzeni	68
Şekil 4.2 : Gray ve Flowers'ın önerdiği gösterge paneli düzeni	70
Şekil 5.1 : Çalışma Metodu Akış Diyagramı	77
Şekil 5.2 : Çalışmada gösterge paneli model kullanılan Bell 407 model helikopter	80
Şekil 5.3 : 407 model helikopterin orijinal gösterge panelinin genel görünümü	80

Şekil 5.4 : Bell 407 model helikopterin gösterge panelini oluşturan ön ve orta konsolunun açılmış olarak “plan görünümü” ve ölçüleri	81
Şekil 5.5 : Bell 407 model helikopterin gösterge panelini oluşturan ön ve orta konsolunun yan görünüşleri ve ölçüleri	81
Şekil 5.6 : Gösterge panelinin alt bölgeleri	85
Şekil 5.7 : Göstergelerin panele yerleştirme sistematığı	86
Şekil 5.8 : İşlevsel benzerliğe dayanan gösterge gruplarının oluşturulması için izlenen metot	88
Şekil 5.9 : Kâğıt prototipleme sürecinde kullanılacak olan gösterge panelinin modeli	90
Şekil 5.10: Katılımcı helikopter pilotu tarafından gerçekleştirilen kâğıt prototipleme çalışması	93
Şekil 5.11 : Gösterge panelinin bölgelerini esas alan konumsal değerler	94
Şekil 5.12 : Pilot tarafından gerçekleştirilen düzenlemenin gerçekçi ve kodlanmış çizimi	95
Şekil 5.13 : Pilotun yapmış olduğu düzenlemenin kodlanmış çizimi üzerinde anket verilerinin yazılmış gösterimi	95
Şekil 6.1 : Anket çalışmasında önem kriterine ait elde edilen verilerin grafiği	103
Şekil 6.2 : Anket çalışmasında kullanım sıklığı kriterine ait elde edilen verilerin grafiği	107
Şekil 6.3: Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarılı” buldukları helikopterler	121
Şekil 6.4 : Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarısız” buldukları helikopterler	121
Şekil 6.5 : Göstergelerin “Önem derecesi” ve “Kullanım sıklığı” değerlerinden meydana gelen bütünleşik değerleri	126
Şekil 6.6 : P1’in yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	132
Şekil 6.7 : P1’in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	134
Şekil 6.8 : P1’in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması	136
Şekil 6.9 : P2’nin yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	138
Şekil 6.10 : P2’nin yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	140
Şekil 6.11 : P2’nin yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması	142
Şekil 6.12 : P3’ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	144
Şekil 6.13 : P3’ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	146
Şekil 6.14 : P3’ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması	148
Şekil 6.15 : P4’ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	151
Şekil 6.16 : P4’ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	152
Şekil 6.17 : P4’ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması	154

Şekil 6.18 : P5'in yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	156
Şekil 6.19 : P5'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	158
Şekil 6.20 : P5'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	160
Şekil 6.21 : P11'in yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	162
Şekil 6.22 : P11'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi.....	163
Şekil 6.23 : P11'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	165
Şekil 6.24 : P12'nin yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	167
Şekil 6.25 : P12'nin yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi.....	169
Şekil 6.26 : P12'nin yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	171
Şekil 6.27 : P13'ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	173
Şekil 6.28 : P13'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi.....	174
Şekil 6.29 : P13'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	177
Şekil 6.30 : P14'ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi	179
Şekil 6.31 : P14'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi.....	180
Şekil 6.32 : P14'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	182
Şekil 6.33 : P15'in yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi.....	184
Şekil 6.34 : P15'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi	185
Şekil 6.35 : P15'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması.....	188
Şekil 6.36 : Anket çalışmasında “önem derecesi” kriterine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı	190
Şekil 6.37 : Anket çalışmasında “kullanım sıklığı” kriterine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı	191
Şekil 6.38 : Anket çalışmasında bütünlük değer değerleri temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı.....	192
Şekil 6.39 : Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “önem derecesi” ilkelerine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı	196
Şekil 6.40 : Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “kullanım sıklığı” ilkelerine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı	198

Şekil 6.41 : Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “bütünleşik değer” ilkelerine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı.....	199
Şekil 6.42 : Verilerin ve gözlemlerin sonuçlarının optimizasyonu sonucu oluşturulan gösterge paneli	202
Şekil A 1 : Hava hızı göstergesi.....	223
Şekil A 2 : Yükseklik göstergesi.....	223
Şekil A 3 : Manyetik pusula	223
Şekil A 4 : Durum göstergesi	224
Şekil A 5 : Yön gayrosu	224
Şekil A 6 : Saatmetre.....	224
Şekil A 7 : Yunus/yatış göstergesi	225
Şekil A 8 : Varyo göstergesi.....	225
Şekil A 9 : Transponder	225
Şekil A 10 : NavCom	225
Şekil A 11 : Ses paneli marker alıcı.....	226
Şekil A 12 : Otomatik yön bulucu	226
Şekil A 13 : Mesafe ölçüm cihazı.....	226
Şekil A 14 : GPS NavCom	226
Şekil A 15 : Elektronik uçuş enformasyon sistemi.....	227
Şekil A 16 : Yakıt göstergesi.....	227
Şekil A 17 : Yakıt basıncı göstergesi.....	227
Şekil A 18 : Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi	228
Şekil A 19 : Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi.....	228
Şekil A 20 : Gaz sıcaklığı göstergesi	228
Şekil A 21 : Gaz üretici takometresi	229
Şekil A 22 : Rotor/türbin takometresi	229
Şekil A 23 : Torkmetre.....	229

HELİKOPTER GÖSTERGELERİNİN KONUMLANDIRILMASINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA METODU

ÖZET

İnsanlar ve makineler arasında bilgi ve güç alışverişi yapılmasını sağlayan imgesel düzlemler olarak tanımlanan arayüzler, insan makine sistemlerinin temel bileşenlerinden birisini meydana getirmektedir. Kullanıcı arayüzleri birçok farklı ürün ve sistem tipinde farklı biçim ve yapılara sahip olabilmektedir. Gerek kişisel tüketim ürünlerinde, gerek profesyonel ürün ve sistemlerde arayüzler ürün ve sistemin amacı, bağlamı ve yapısına göre önemli farklılıklar göstermektedir. Ulaşım araçlarının gösterge panelleri de kullanıcı arayüz tiplerinden bir tanesidir. Motosiklet, otomobil, ticari vasıta, lokomotif, gemi ve hava taşıtlarında bulunan kontrol ve gösterge panelleri o araçların sürücüleri için sistem ile iletişim kurdukları temel bileşendir. Sivil amaçlar için kullanımı giderek artan helikopterler bu sistemlere önemli bir örnektir. Araçların verimli, konforlu ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi bu gösterge panellerinin tasarımlarının doğru olarak yapılmasına bağlıdır.

Bu çalışmada çok amaçlı ticari helikopterlerin gösterge panelleri, bir başka ifadeyle ana kullanıcı-pilot arayüzleri ele alınmıştır. Çalışmada sivil helikopterlerin gösterge panellerinin, mevcut tasarım yaklaşımları incelenerek analiz edilmiş kullanıcı odaklı bir yaklaşımla tasarlanmasına yönelik olarak yeni bir araştırma metodu önerisi geliştirilmiştir. Helikopterlerin kullanımına dair genel insan faktörleri verileri, özellikle gösterge panelleri bağlamında, çalışma ve araştırmanın odak noktasını oluşturmuştur.

Burada yapılan çalışma temel olarak kullanıcı görüşlerine dayanan verilerin iki farklı araştırma metodu kullanılarak toplanması ve bu verilerin analiz edilerek optimum bir gösterge panelinin tasarlanması için bir yaklaşım ortaya konmasıdır. Çalışmanın sonucunda bir optimum panel tasarımı da bu metod yardımıyla tasarlanmıştır. Bu bakımdan bu çalışma kullanıcı görüş ve tercihlerine dayanan bir arayüz optimizasyonu olarak da nitelendirilebilir.

Araştırmanın ilk aşamasını 15 helikopter pilotu ile yapılan bir anket çalışmasından meydana getirmiştir. Burada kullanıcılardan öncelikle McCormick ve Sanders (1993)'ın tanımladığı temel arayüz düzenleme ilkeleri olan önem derecesi, kullanım sıklığı, işlevsel gruplama ve kullanım sırası hakkında sayısal değerlendirmeler yapmaları istenmiş; ayrıca helikopter gösterge panelleri hakkında kişisel deneyim ve görüşleri de alınmıştır. Yapılan anket çalışmasında bu tip bir sistemin arayüzünde kullanım sırası ilkesinin geçerli bir kavram olmadığı görülmüştür. Önem derecesi ve kullanım sıklığı değerlerinin tüm pilotlar temelinde aritmetik ortalaması hesaplanmış, işlevsel gruplama matrisleri oluşturularak pilotların gösterge grubu tercihleri ortaya konmuştur. Ayrıca önem derecesi kullanım sıklığı kavramlarına ağırlık vererek “bütünleşik değer” başlığı altında üçüncü bir veri grubu elde edilmiştir.

Anket çalışmasında elde edilen verilerin tasarıma dönüştürülmesi bu aşamanın ikinci adımını meydana getirmektedir. Önem derecesi, kullanım sıklığı ve bütünleşik değer

verileri kullanılarak birer adet işlevsel gruplama ilkesini esas alan üç farklı gösterge paneli tasarlanmıştır. Tasarımların yapılması için ayrıca göstergelerin sayısal değerlerini temel alan bir yerleşim sistemi de geliştirilmiştir. Bu yerleşim sistemi ayrıca çalışmanın optimum tasarım geliştirme aşamasında da kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımı kullanılarak; kâğıt prototipleme metodu ile pilotlarla deneysel çalışma yapılmıştır. Pilotlara 1/1 ölçekli bir gösterge paneli verilerek, belirli bir süre tanınarak, üzerine göstergeleri kendi tercihlerine göre yerleştirmeleri istenmiştir. Bu çalışmanın video kaydı yapılırken çalışmanın bitiminde her pilotun yapmış olduğu düzenlemenin fotoğrafı çekilmiştir. Daha sonra her pilotun yapmış olduğu deneysel çalışma analiz edilmiş, çalışma süresinde her pilotun tercihlerini belirten kritik ve önemli ifadeler incelenmiştir. Analiz aşamasından önce gösterge paneli, kullanıcı ilişkisi bağlamında alt bölgelerine ayrılmış ve böylece göstergelerin belli bir mantık dahilinde yerleştirilebilmesi konusuna bir alt yapı oluşturulmuştur.

Deneysel çalışmaların analizi aşaması ise üç ayrı adımda gerçekleşmiştir. İlk adımda yapılan çalışma genel olarak analiz edilmiş, göstergelerin yerleşimleri maddeler halinde incelenmiş ve pilotların çalışma boyunca kullandıkları önemli ifadeler analiz edilmiştir. İkinci aşamada bir çizelgede panelin her bölgesinde yer alan anket değerleri incelenmiş ve gösterge panelinin çiziminde her bir göstergenin kendi anket değerleri yazılmıştır. Burada amaç önem derecesi, kullanım sıklığı ve bütünlük değeri kavramlarının gösterge paneli üzerindeki yerleşim dağılımlarında anlamlı bazı ilişkiler aramaktır. Üçüncü ve son aşamada ise her pilotun gösterge paneli sayısallaştırılmış; her pilotun değerleri ortalama anket verileri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda, genel olarak tüm göstergeler ele alındığında; göstergelerin %44'ünün yerleşim tercihlerinde önem derecesi ilkesi, % 37'sinde kullanım sıklığı ilkesi ve %19'unda ise "bütünlük değeri" kavramı öne çıkmaktadır. Diğer taraftan araştırmada elde edilen gösterge grupları temelinde ise; birinci gösterge grubunda önem derecesi, ikinci gösterge grubunda kullanım sıklığı derecesi üçüncü gösterge grubunda ise yine kullanım sıklığı derecesi öne çıkmaktadır.

Çalışmanın son aşamasını ise anket ve deneysel çalışma bulgularının bir araya getirilerek optimum bir gösterge panelinin tasarlanmasına yönelik bir metot ortaya konması oluşturmuştur. Deneysel çalışma her pilotun kendi düşünce ve tercihini doğrudan olarak yansıtan bir araştırma metodudur. Bu bakımdan deneysel çalışmaya ait bulgular araştırmacı için, çalışmanın bu aşamasında temel hareket noktası olmuştur. Geliştirilen optimum gösterge paneli tasarımı yaklaşımı temel olarak göstergelerin ortalama konumsal değerleri dikkate alınarak panele yerleştirilmelerine; daha sonra bu yerleşimin anket verileri, kullanıcı görüşleri dikkate alınarak iyileştirilmesine dayanmaktadır.

Çalışma sürecinde bazı göstergelerin arasında bir komşuluk ilişkisi bulunması gerektiği bazı pilotlar tarafından ifade edilmiştir. Bu tür sağ/sol ya da alt/üst şeklindeki ilişkiler ayrıca deneysel çalışma bulgularında analiz edilerek optimum panel tasarımına da uygulanmıştır. Bu bakımdan arayüz tasarımına yönelik araştırmalarda kullanıcılara "ayrılmazlık ilişkisi" başlığı altında bir bağıntı sorulması araştırmacı tarafından önerilmektedir.

Deneysel ve anket çalışmalarının analizleri sonucunda; kullanıcıların tercih ettikleri gösterge panellerinde önem derecesi ve kullanım sıklığı gibi kavramların ilk aşamada belirleyici bir özelliğe sahip olmadığı görülmüştür. Bu bakımdan ele alınan ürün ya

da sistemin kullanım özelliklerine bağılı olarak bu iki ilkenin bir araya gelmesinden ya da tamamen gözleme bağılı olarak yeni bir değerlendirme ilkesinin ortaya konması gerekebilir. Diğer taraftan göstergelerin işlevlerine göre gruplanmalarının kullanıcıların öncelikli tercihi olduğu görülmüştür. Ayrıca bir arayüzün düzenlenmesi bir kullanılabilirlik ve insan faktörleri alanı problemi olduğu kadar aynı zamanda bir tasarım problemidir. Bu bakımdan burada arayüz olarak kullanılacak alanın genel geometrik yapısı da önem taşımaktadır. Bundan dolayı aynı elemanların kullanılacağı farklı bir geometrik yapıya sahip bir arayüzün düzeni diğerlerine göre farklılıklar gösterebilecektir.

A RESEARCH METHOD FOR LOCATING HELICOPTER FLIGHT INSTRUMENTS

SUMMARY

Interfaces, which are defined as conceptual surfaces to make force and information interchange between men and machines, constitute one of the basic components of man-machine systems. User interfaces can take different forms and structures in different products and systems. Important differences exist in interfaces found in consumer products and professional products and systems, according to the context, structure and purpose of the system or product. Instrument panels of transportation vehicles are examples of the different types of user interfaces. Instrument panels installed in motorcycles, automobiles, commercial vehicles, locomotives, naval and aerial vessels are the main component for their drivers or pilots to interact with the vehicle. Helicopters, being more frequently use in civil aviation, consist an important example for these systems. Design quality of these instrument panels play an important role for driving comfort and safety of the vehicles.

In this study flight instrument panels, main man-machine interface, of multi-purpose civil helicopters are studied. Current design methods of instrument panels are studied and analyzed and a new user-centered design method proposal is developed for civil rotary-wing aircraft. Human factors data about helicopter usage, especially concerning flight instrument panels, are the main focal point and research method of this study.

The study can be described basically, as gathering user centered-data using two different research methods; analyzing these data in order to develop a design research method to design an optimum instrument panel. In the findings chapter of the study an optimum instrument panel design is also proposed by the researcher. Therefore this study can be described as a user interface optimization based on user opinions and preferences.

An interview study among 15 helicopter pilots formed the first step of the research. In this interview quantitative evaluations have been asked from the pilots about the basic interface arrangement principles described by McCormick and Sanders (1993) which are, importance degree, frequency of use degree, functional groupings and sequence of use; as well as personal experience and opinions of pilots. One of the findings of the interview study is the case of inapplicability of the sequence of use principle to instrument panels. Arithmetic average of 15 pilots concerning importance degree and frequency of use has been calculated and display grouping preferences of pilots have been formed using functional grouping matrices. Also an “integrated value” has been proposed by giving priorities to importance degree and frequency of use degree.

The transformation of quantitative data obtained from the interview study into an instrument panel design constitutes the second step of this part of the research. Three different instrument panels have been designed based on average values of importance degree, frequency of use degree and integrated values separately. An

arrangement systematic has been developed based on quantitative values of displays in order to realize panel designs. That systematic is also used in the optimum panel design phase of the study.

In the second phase of the research, based on using user-centered design approach, an experimental study based on paper prototyping has been conducted among helicopter pilots. Pilots have been presented a full scale helicopter instrument panel, which has no displays installed and they have been required to place paper-printed displays on the surface in a certain amount of time. Video recordings have been taken for each pilot's experimental study as well as the final picture at the end of the process. In the following steps each pilot's own study has been analyzed and critical sentences and expressions have been documented. Before the analyze phase, in the context of user relationship, the instrument panel has been divided into its sub-regions and an infra structure has been formed in order to place displays using a certain logic.

Three different steps have been followed during the analysis of experimental studies. In the first step, for each pilot, the study has been generally analyzed, the location of displays has been examined and critical sentences and expressions of the pilot have been documented. In the second step, a table has been formed to examine the distribution individual and average values obtained from the interview according to the sub-regions of the panel. These values have also been placed over a panel design in order to search meaningful distributions of values. In the third step, the design of each pilot has been quantified; the quantitative values obtained from this step have been compared with average values obtained from the interview study. In the comparison made on these tables it has been found that, in all displays, in %44 of all the displays the concept of "importance degree" appears to be dominant, in %37 of all displays the concept of "frequency of use degree" appears to be dominant and in %19 of all displays the concept of "integrated value" appears to be dominant. On the other hand, on the basis of display groups, the concept of "importance degree" in the first display group; the concept of "frequency of use degree" in the second display group and the concept of "frequency of use degree" again in the third display group appeared to be dominant.

The proposal of a method in order to design an optimum instrument panel by synthesizing the findings of both the interview and the experimental studies constitutes the last phase of the study. Experimental study is a research method which has the ability to express the user's opinions or preferences more directly. Therefore, in that phase, the findings of the experimental study have been treated by the researcher as the primary source. The optimum instrument panel design is basically, constructed on an approach in which, beginning by locating displays on the instrument panel using their average location values and then making revisions over the first design using interview findings and pilots' opinions and preferences.

During the study some pilots have expressed that a neighborhood relation must be found between some displays. That kind of relationships, such as left&right; top&bottom, have been analyzed the experimental study and then applied into the optimum panel design. Therefore the researcher proposes that a relation concerning interface elements must be asked in the interface design research studies. This relation can be called "inseparability-relation".

As the result of both interview and experimental studies; it has been observed that the concepts of importance degree and frequency of use degree are not primarily

taken into account by users in the design of instrument panels. Therefore a new concept must be proposed by the synthesis or completely new emerging from observations of any product or system to be researched. On the other hand it has been observed that functional grouping of displays is the primary consideration of users. Additionally the design of a user interface is a design problem in general as well as a human factors problem. Therefore the geometrical shape of the area that will be used as the user interface has a significant importance. A study in which the same elements will be used in the design of a user interface in two or more geometrical alternative areas; it is likely to obtain different arrangements.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

İnsanlar ve makineler arasında bilgi ve güç alışverişi yapılmasını sağlayan imgesel düzlemler olarak tanımlanan arayüzler, insan makine sistemlerinin temel bileşenlerinden birisini meydana getirmektedir. Arayüzler birçok farklı ürün ve sistem tipinde farklı biçimlerde karşımıza çıkmaktadır. Gerek kişisel tüketim ürünlerinde gerek profesyonel ürün ve sistemlerde arayüzler ürün ve sistemin amacı, bağlamı ve yapısına göre önemli farklılıklar göstermektedir. Ulaşım araçlarının gösterge panelleri de arayüz tiplerinden biridir. Motosiklet, otomobil, ticari araç, lokomotif, gemi ve hava taşıtlarında bulunan kontrol ve gösterge panelleri o taşıtların sürücüleri için sistem ile iletişim kurdukları temel düzlemlerdir. Araçların verimli, konforlu ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi bu gösterge panellerinin tasarımlarının doğru olarak yapılmasına bağlıdır.

Gelişen teknolojiyle beraber ürünlerin arayüzlerindeki göstergelerin sayısı artmakta, buna bağlı olarak gösterge panelleri daha karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. Kullanıcı arayüzlerinin yapıları ve bu yapıların karmaşıklığı ve kullanıcıya yüklediği fiziksel ve zihinsel yükler üründen ürüne ve sistemden sisteme farklılık sergilemektedir. Fabrikalar ve nükleer santral gibi ileri teknoloji ve risk içeren sistemlerin kontrol ve gösterge panelleri, bir başka deyişle kullanıcı arayüzleri hariç, ulaşım araçlarının kullanıcı arayüzlerinin diğer ürünlerin arayüzlerinden daha karmaşık bir yapıda olduğunu söyleyebiliriz. Bu durum ulaşım aracının teknolojisinin karmaşıklığının ve işlevinin kendi içsel yapısında barındırdığı risk faktörlerinin doğal bir sonucudur. Ulaşım araçları içerisinde hava araçlarının kullanıcı arayüzleri diğer araç tipolojilerinin kullanıcı arayüzlerine göre daha karmaşık bir yapıdadır. Bu durumun temel sebebi çok sayıda kontrol ve göstergenin görece dar bir alanda kullanılmak zorunluluğunda olmasıdır.

Claman ve Kaber (2004)'e göre teknolojideki hızlı gelişmeler ve ticari hava taşımacılığının artması yönündeki talep ve baskılar, uçuş kabini ve hava trafik

kontrol ünitelerinin tasarım süreçlerinde kullanılabilirlik metotlarının geliştirilmesindeki temel etkindir. Hava aracının hâlihazırdaki karmaşık arayüzüne, operatörün zihinsel iş yükünü daha da artıracak şekilde, yeni teknolojik işlevlerin eklenmesi, kullanıcının tasarım sürecinde yer almasını daha da gerekli kılmaktadır.

Karmaşık bir insan makine sistemi olarak helikopterler bu duruma iyi bir örnektir. Gösterge panellerindeki göstergelerin düzenlenmesine yönelik literatürde yer alan metot ve yaklaşımlar eskidir. Özellikle havacılıkta gelişen teknolojiye rağmen bu metotlar hala değişmemiş ve yeterince güncellenmemiştir.

Hava taşımacılığı günümüzde genel taşımacılık içerisindeki payını düzenli olarak artırmaktadır. Gerek yolcu, gerekse yük taşımacılığı bakımından hava ulaşımı giderek daha karmaşık bir hale gelmektedir. Sabit kanatlı hava araçları (uçaklar) ve döner kanatlı hava araçları (helikopterler) hava ulaşımın iki ana araç tipini meydana getirmektedir. Bu temel iki araç tipi bakımından, hava taşımacılığı içerisinde, genel olarak helikopter kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Gerek uçuş prensiplerinin doğurduğu avantajlara bağlı hareket kabiliyetlerindeki esneklik gerekse ekonomik bakımdan uçaklara göre daha avantajlı olmaları, onları bu durumda öne çıkarmaktadır.

Diğer taraftan helikopterlerin uçuş teknolojisine bağlı olarak, uçaklardan çok farklı görevlerde kullanılabilmeleri, inip kalkmak için özel alanlara ihtiyaç duymamaları onların kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır. Arama-kurtarma, polis takip-izleme, yangın söndürme, film-belgesel çekimi, naklen TV yayını, hasta nakil, ambulans, hava taksi, inşaat malzemesi taşınması ve zor coğrafyalarda bu malzemelerin montajına yardımcı olma, VIP yolcu taşıma, spor-eğlence vb gibi alanlarda rahatça kullanılabilmektedirler. Ancak bu görevlerin her biri pilota farklı görevler yüklemektedir. Bu görevler pilotun üzerindeki iş yükünü artırmaktadır. Tüm bunların dışında kontrol edilmesi zor bir araç olan ve sürekli kontrol gerektiren helikopter en karmaşık insan-makine sistemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, bu duruma rağmen pilotlar açısından aracın birincil arayüzü olan kontrol ve gösterge panelinin tasarımı hala uçaklar için geliştirilmiş metotlara dayanmaktadır. Bu metotlar ise eskidir. Elektroniğe bağlı aviyonik disiplini de sürekli olarak gösterge tipolojisini geliştirmektedir. Uçuş güvenliğinin havacılıkta en öncelikli, konu olduğu göz önünde bulundurulursa, kontrol ve gösterge paneli tasarımının taşıdığı önem daha iyi anlaşılacaktır. Helikopterlerin yakın gelecekte

daha yoğun bir şekilde kullanılacağı olgusu konunun önemini daha da artırmaktadır. Bu bakımdan helikopterlerin birincil kullanıcı arayüzü olan kontrol ve gösterge panellerinin tasarımının yeniden sistemli ve kullanıcı merkezli olarak ele alınması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada çok amaçlı ticari helikopterlerin kontrol ve gösterge panellerinin insan faktörlerini merkez alan bir yaklaşımla tasarlanmasına ve düzenlenmesine yönelik bir metot oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmada temel olarak kullanıcı-odaklı tasarım yaklaşımı kullanılmış, pilotların tercih ve görüşlerini temel alan optimum bir gösterge panelinin tasarlanabilmesi için bir araştırma metodu geliştirilmiştir. Ayrıca bu metod ortaya konulurken eldeki veriler ışığında optimum bir gösterge paneli tasarımının da ortaya konması bu çalışmanın amaçlarından biri olmuştur. Bu bakımdan bu çalışma özelde mevcut gösterge panellerinin genelde ise ürün arayüzlerinin, geliştirilmesine ve iyileştirilmesine yönelik bir araştırma metodunun geliştirilmesini amaçladığı söylenebilir. Bu araştırma metodunun amacı ise kullanıcı görüşlerini esas alan optimum bir gösterge panelini tasarlanmasıdır. Dolayısı ile bu çalışma bir optimizasyon metodunun geliştirilmesi olarak da tanımlanabilir.

Çalışmada öncelikle Sanders ve McCormick'in (1993) ortaya koymuş olduğu arayüzlerin düzenlenmesine yönelik temel ilkeler ele alınmış ve çalışma bu ilkelerin sorgulanması temeline dayandırılmıştır. Ayrıca bu çalışma uygulanan metotlar bakımından Sanders ve McCormick'in (1993) ilkeleri ve kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımının bir ara kesiti olarak nitelendirilebilir. Çalışma temel olarak iki araştırma metodu üzerine yapılandırılmıştır. Birinci aşamada 15 helikopter pilotu ile anket çalışması yapılmış ve bu anket çalışmasında Sanders ve McCormick'in (1993) ilkeleri ve pilotların kişisel deneyim ve görüşleri sorgulanmıştır. Anket verilerinden elde edilen ortalama sayısal ve nitel değerlere dayanan gösterge paneli tasarımları da ayrıca araştırmacı tarafından yapılmıştır.

İkinci aşamada ise kağıt prototipleme yöntemi kullanılarak helikopter pilotlarının kendi tasarımlarını gerçekleştirmeleri sağlanmıştır. Buradan elde edilen veriler anket verileri ile birlikte analiz edilerek Sanders ve McCormick'in (1993) ilkeleri ile pilotların tasarımları arasındaki ilişkiler sorgulanmıştır. Analiz ve gözlemlerin sonucunda, göstergelerin araştırmacı tarafından geliştirilen optimizasyon metodu ile düzenlenmesinde birincil veri kaynağı olarak kağıt prototipleme çalışmalarının sonuçları ikincil veri kaynağı olarak ise anket verileri ve pilotların sözel ifadeleri temel

alınmıştır. Bu süreçte konumsal değer kavramı ortaya konarak görsel verilerin sayısal ortalamasının alınması sağlanmış ve bu kavram optimizasyon sürecinin temelini oluşturmuştur.

Çalışmanın sonucunda pilotların panel yerleşimi tercihlerinde öncelikle olarak “işlevsel benzerliğe dayanan grup”ların öne çıktığı görülmüştür. Ayrıca “ayrılmazlık ilişkisi” başlığı altında yeni bir arayüz düzenleme ilkesi de araştırmacı tarafından önerilmiştir.

Ülkemizde de gerek sosyo-ekonomik gelişmelere, gerekse coğrafi koşullara bağlı olarak helikopter kullanımı artmaktadır. Özellikle diğer ulaşım yollarının (karayolu, demiryolu ve denizyolu) yeterli derecede ulaşmadığı ya da olumsuz hava koşullarından ötürü kullanım dışı kaldığı bölgelerimizde, helikopterlerin gelişen ekonomi ile daha yoğun ve farklı amaçlar doğrultusunda kullanılması kaçınılmazdır. Bu bakımdan konu güncel ve gerçekçidir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada çok amaçlı ticari helikopterlerin gösterge panelleri, bir başka ifadeyle ana kullanıcı-pilot arayüzleri ele alınmıştır. Çalışmada sivil helikopterlerin gösterge panellerinin kullanıcı odaklı bir yaklaşımla tasarlanmasına yönelik mevcut araştırma metodların değerlendirmesi yapılmış, buna yönelik olarak yeni bir metot geliştirilmiştir. Helikopterin kullanım ilişkilerine yönelik, özellikle gösterge panelinin ergonomi verileri bu çalışmanın odak noktasını araştırma metod ve yaklaşımını meydana getirmektedir.

Makine’den kullanıcıya bilgi akışı sağlayan arayüz bileşenleri olarak göstergeler ve gösterge panelleri parçası oldukları sistemden bağımsız olarak ele alınamazlar. Bu durum göstergelerin düzenlenmesinde ve gösterge panelinin tasarlanmasında önem taşımaktadır. Bu bakımdan karmaşık bir insan-makine sistemi olarak helikopterin genel özelliklerinin ve uçuş prensiplerinin temel yapısının bilinmesi gerekmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ele alınan literatür bilgilerinin büyük kısmı uçaklar temel alınarak yapılmış çalışmalardan meydana gelmektedir. Ancak gösterge panelinin kullanıcıları olan pilotlar uçaktan çok daha farklı bir sistemi yönetmektedirler. Bu bakımdan bu bilgilerin daha sağlıklı olarak ele alınarak metod kısmında yararlanılabilmesi için, helikopterlerin uçaklardan farklı özellikleri

üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada bir hava taşıtı olarak helikopterlerin gösterge panel tasarımı ele alınıp, bu panellerin tasarlanmasına yönelik bir ergonomi metodu üzerinde durulacaktır. Çalışmada iki farklı metot kullanılarak gösterge paneli tasarımı elde edilmiş; bu elde edilen farklı sonuçların karşılaştırılması yapılarak sonuçların ne derecede örtüştüğü üzerinde durulmuştur. Kullanılan araştırma metotlarının her ikisi de insan faktörleri ve kullanılabilirlik alanında kullanılan metotlardır.

Helikopterler genel teknik özelliklerinden dolayı çok farklı görevler için esnek bir biçimde kullanılabilmektedirler. Bu durum araç tipleri arasında temel farklılıklar bulunmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla farklı helikopter tiplerinin farklı kullanım metot ve senaryoları bulunmaktadır. Bu olgu pilotlar açısından tamamen farklı kullanım tipleri doğurmaktadır. Özellikle uçuş işlevinin yanı sıra, arama-kurtarma, ambulans, yangınla mücadele, polis takip, yük taşıma vb. ikincil işlevlerin çok öne çıkması pilotlar açısından önemli farklar doğurmaktadır.

Bu çalışmada çok amaçlı sivil helikopterlerin gösterge panelleri üzerinde durulmuş, gösterge panellerinin tasarlanmasına yönelik olarak yeni bir metot önerilmiştir. Gösterge panelinde yer alacak göstergeler konusunda İstanbul Teknik Üniversitesi ROTAM bünyesinde geliştirilmekte olan helikopter örnek alınmış olup, bu helikopterin gösterge panelinde yer alması kararlaştırılan göstergeler bu çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışma geleneksel elektro-mekanik gösterge sistemlerine dayanan helikopter gösterge panelleri üzerine odaklanmış olup, glas-kokpit sistemler bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

1.3 Çalışmanın Sağlayacağı Faydalar

Bu çalışmada ele alınan ve tasarlanmasına yönelik olarak ergonomi merkezli bir metot geliştirilmesi amaçlanan helikopter kontrol ve gösterge paneli özünde bir kullanıcı arayüzüdür. Arayüzler, insanlar ve makineler arasında güç ve bilgi iletişimi sağlayan imgesel düzlemler olarak tanımlanmaktadır. Endüstri ürünleri tasarımı disiplini ise arayüz kavramını daha geniş bir anlamda ele alarak, ürünlerin kullanıcılarla temasta olan her türlü parçası ve kabuğu olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşıma göre bir koltuğun oturulan yüzeyindeki kumaş, bir otomobilin motor kapağı, bir elektrikli su ısıtıcısının dış gövdesi birer arayüz olarak tanımlanabilir.

İnsan faktörleri ve ergonomi disiplini ise, bu kavramı daha dar ve spesifik bir kapsamda ele almakta olup, arayüzü kontrol ve göstergelerin meydana getirdiği insan-makine arasındaki iletişim düzlemi olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmanın da hareket noktasını ve kapsamını insan faktörleri alanının tanımı oluşturmaktadır. Cep telefonunun tuş takımı ve LCD ekranı, çamaşır makinesinin ön paneli, televizyon uzaktan kumandalarının tuş takımları, bilgisayar klavyesi, bilgisayar ekranı, bir bilgisayar yazılımının ekranda karşımıza çıkan grafik görünümü, otomobil gösterge panelleri, helikopterlerin gösterge panelleri temelde birer kullanıcı arayüzü olarak tanımlanabilir.

Ürün arayüzlerinin kullanımı birçok değişkene bağlı olarak çok farklı yapı ve tasarımla karşımıza çıkmaktadır. Bu değişkenler ürünün işlevi, ürünün tipi, kullanıcıların özellikleri, ürün-kullanıcı arasındaki etkileşimin düzeyi, yapısı ve çevresel faktörler olarak sayılabilir. Bu bakımdan aralarında değişkenler açısından önemli farklılıklar bulunan ürünlerin arayüzleri de bir birinden doğal olarak farklılaşacaktır. Diğer taraftan benzer değişkenlere sahip ürünlerin arayüzlerin tasarımları ve ergonomik özellikleri doğal olarak birbiri ile benzerlikler gösterecektir. Bu bakımdan ele alındığında, bu çalışmanın örneklendiği helikopterin gösterge paneli de benzer değişkenlere sahip başka ürünlerin arayüzleri ile ortak bazı özelliklere sahip olacaktır.

Bir sistem ve karmaşık bir ürün olarak ele alındığında helikopter:

- Çok karmaşık bir yapıya sahip,
- Çok farklı amaçlarla kullanılabilen,
- Kullanımının ciddi kaza risklerini doğurduğu,
- Dikkat paylaşımının sistemin yapısı gereği var olduğu,
- Ürünü kullanacak olan kullanıcılarının önemli bir eğitimden geçtiği,
- Yetersiz, düşük görüş mesafesi vb çevresel koşullar altında da kullanılabilen, bir ulaşım aracıdır.

Bu değişkenler göz önüne alındığında helikopterin otomobil, otobüs, kamyon, iş makinesi, uçak gibi karmaşık yapıdaki ulaşım araçları ile benzer değişkenlere sahip olduğu söylenebilir. Dolayısı ile helikopterin gösterge paneli bu sayılan araçların gösterge panelleri ile benzer temel özelliklere sahip olacaktır. Bu nedenle bu

Çalışmada geliştirilen gterge paneli tasarımı araştırması metodu, yukarıda sayılan diğerk araçların gösterge panellerinin tasarımında kullanılmak üzere bir temel oluşturacaktır.

2. ARAYÜZ KAVRAMI VE ARAYÜZLERİN DÜZENLENMESİ

2.1 İnsan Faktörleri ve Sistem Yaklaşımı

Etimolojik olarak Yunanca “*ergon*” (iş) ve “*nomos*” (bilmek) kelimelerinden türemiş olan ergonomi kavramı, Oxford sözlüğünde (1998) “insanların çalışma alanlarındaki verimliliğinin araştırılması” olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan hareketle ergonomi disiplininin ürün ve sistemlerin kullanıcılarla ilişkilerinin araştırılmasını ve bu ilişkilerin kullanıcıların fiziksel, zihinsel, psikolojik yetenek ve sınırlamaları doğrultusunda kurgulanmasını amaçlayan uygulamalı bir bilim dalı olduğunu söyleyebiliriz. Diğer taraftan günümüzde bu alanın tanımı için “ergonomi”, “insan faktörleri” ve “insan mühendisliği” gibi farklı terimler kullanılsa da bu terimlerin hepsi aynı araştırma alanını tanımlamaktadır. “Ergonomi” terimi daha çok Avrupa’daki bilim çevrelerinde kullanılırken, Amerika Birleşik Devletlerindeki bilim çevrelerinde ise “İnsan Faktörleri” terimi kullanılmaktadır. Chapanis (1985) insan faktörleri disipliniyi şu şekilde tanımlar:

“İnsan Faktörleri insan davranışını, yeteneklerini, sınırlamalarını ve diğer özelliklerini keşfeder ve onları aletlerin, makinelerin, sistemlerin, görevlerin, işlerin ve çevrelerin tasarımına insanın üretken, güvenli, konforlu ve verimli kullanımı için uyarlar.” (Sanders ve McCormick, 1993, s.5)

Chengalur ve diğ. (2004) ise ergonomiyi insanların yetenek ve kapasiteleri hakkındaki bilgileri toplayan ve bu bilgiyi işlerin, ürünlerin, çalışma alanlarının ve donanımların tasarımında kullanmayı amaçlayan disiplinler arası bir etkinlik olarak tanımlar. Woodson ve diğ. (1964) ise insan faktörleri prensiplerinin ürün ve sistemlerin tasarımına uygulanmasının gerçek bir bilim olmadığını ifade ederken bunun daha çok insanların kullanmasının beklendiği ürün ya da sistemlerin tasarım ya da inşasına ait problemlere bir yaklaşım ya da felsefe olarak ele alınabileceğini söylemektedir. Pheasant (1988) ise ergonomiyi şu şekilde tanımlamaktadır:

“Ergonomi insanlar hakkındaki bilimsel bilgilerin (ve bu bilgilerin uygulanabilmesi için gerekli olan söz konusu metotların) tasarım problemlerine uygulanmasıdır.” (s. 3)

İnsan faktörleri disiplini temelde ürün kullanıcı ilişkisini bir sistem olarak ele alır. Bailey (1983) sistemi, bir amacı gerçekleştirmek üzere var olan bir varlık olarak tanımlamıştır. Bailey'e (1983) göre:

“Sistem kavramı bir amacı tanıdığımız, amacı detaylı bir şekilde analiz ettiğimiz; amaca ulaşmak için neye ihtiyaç duyulduğunu anladığımız, bu gereklilikleri yerine getirmek üzere sistemin parçalarını tasarladığımız ve sisteme amacını yerine getirmek üzere biçim verdiğimiz anlamına gelir.” (s. 192)

Bu sistem kullanıcı, ürün ve çevre olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelir. Bu yaklaşım bağlamında, insan faktörleri araştırmalarının temel hedefi, yukarıda tanımlanan sistemlerin verimliliğini ve etkinliğini artırırken, güvenlik ve konfor bakımından da geliştirmek olmuştur. Diğer taraftan Sanders ve McCormick (1993) ise insan-makine sistemi kavramını:

“Belirli girdilerden arzu edilen çıktılar elde etmek amacıyla bir araya gelmiş olan, etkileşim halindeki, bir ya da daha çok sayıda insan ve bir ya da daha çok makineden meydana gelen bir birleşimdir.” (s. 14)

olarak tanımlamaktadır. Diğer taraftan Nemeth (2004) sistemi, amaçlanan bir sonuca ulaşmak için organize olmuş bir elemanlar bütünü olarak tanımlar. Nemeth (2004) ayrıca bir sistemin nerede başlayıp nerede bittiğinin de her zaman belirgin olmadığını belirtmektedir. Sistemler açıkça tanımlansa bile, birbirlerine olan bağımlılıkları ve etkileşimleri karşılıklı olarak önemli etkilere sahiptir. Diğer taraftan insan faktörleri disiplini ürün kullanıcı etkileşiminin derecesini temel alınarak üç farklı sistem tipi ortaya koymuştur: manüel sistemler, mekanik sistemler ve otomatik sistemler. Manüel sistemler kullanıcının ürün ya da sistem üzerinde tam hâkimiyete sahip olduğu sistemlerdir. Kullanıcı ürün ya da sistemi kullanabilmek için gerekli olan enerjiyi üretirken aynı zamanda da sistemi yönetir. El aletleri, bisiklet gibi ürünler manüel sistemlere örnek olarak verilebilir. Mekanik sistemlerde ise enerji ürün ya da sistem tarafından üretilirken, kullanıcının görevi ürün ya da sistemi yönetmektir. Elektrikli süpürge, televizyon, otomobil mekanik sistemlere örnek olarak verilebilir. Otomatik sistemlerde ise kullanıcının görevi daha çok ürün ya da sistemin tasarımı, programlanması ve bakımındır (Sanders ve McCormick, 1993). Robotlar otomatik sistemlere bir örnektir. Bu sistem tanımlarına göre, bu çalışmanın konusu olan helikopter mekanik sisteme örnek teşkil etmektedir. Kullanıcının sistem içerisindeki rolü makinenin (ki burada helikopterdir) yönetilmesidir. Diğer taraftan Nemeth

(2004) insanın sistem içindeki rolünü göz önüne alarak sistemleri yedi farklı kategoriye ayırıyor: karar verici, izleyici, bilgiyi işleyici, geri beslemeli kontrolör (*closed loop system-geri beslemeli sistem; open loop system-geri beslemesiz sistem*), bilgi kodlayıcı ve saklayıcı, ayırt edici ve örüntü tanımlayıcı ve uzman problem çözücü. Bu tanımlar ışığında helikopter pilotunu bir “geri beslemeli kontrolör” olarak nitelendirebiliriz. Geri beslemeli kontrolör Nemeth (2004) tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır:

“Bir geri beslemeli kontrolör olarak, insanlar diğer bileşenlerin çalışmasını düzenler ve denetler. Bir araç operatörü buna iyi bir örnektir. Daha basit içsel geri beslemeli görevler otomatikleşmeye devam ettikçe, insanlar adapte olabilen bir kontrolör olarak yer almaya devam edeceklerdir. Geri beslemeli kontrolörün performansı bir insanın işleyebileceği bilgi miktarı (bant genişliği) ile sınırlıdır. Bu sınırlama izleme gibi görevlerde (belirli bir mesafedeki bir hedefin izlenmesi), yönlendirici bilginin iletimini geciktirebilir.” (S. 8)

Bu yaklaşım tüketici ürünleri, profesyonel ürünler, savunma sistemleri ve fabrikaların üretim hatlarındaki imalat makineleri gibi farklı ürün ve sistem tipleri için temel içeriğini korumuştur. Diğer taraftan havacılık alanı ve insan faktörleri disiplininin gelişimi arasında tarihsel ve hayati bir bağ bulunmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sırasında yaşanan uçak kayıplarının tahmin edilenin üzerinde gerçekleşmesi konunun pilotlar temel alınarak araştırılmasını tetiklemiştir. Uçaklarda o zaman kullanılan altimetrelerin pilotlar tarafından yanlış okunması, uçak ve buna bağlı olarak pilot kayıplarında artışa sebep olmuştur. Grether (1949) klasik üç ibreli altimetrelerin pilotlar tarafından okunmasının 7 sn. aldığını göstermiş, ayrıca yapılan tüm okumaların da %12’sinin 1000 feet ya da daha yüksek hatalar içerdiğine işaret etmiştir. Grether (1949) daha iyi altimetre tasarımlarının okuma hatalarını da önemli ölçüde azalttığını da ortaya koymuştur.

2.2 Ürün ve Sistemlerde Kullanılabilirlik Yaklaşımı

2.2.1 Kavram ve yaklaşım olarak kullanılabilirlik

Kullanılabilirlik kavramı ise temelde insan faktörleri ve ergonomi alanından çok farklı olmamakla beraber kullanıcı ve kullanım sürecinde bazı noktalar üzerine odaklanmaktadır. Terim ilk olarak Eason (1984) tarafından kullanılmıştır. Wikipedia (Url 1) tasarımda kullanılabilirliği “*belirli bir amaca yönelik bir nesnenin*

kullanımında kullanıcının işinin ne derece kolaylaştığının araştırılması” olarak tanımlar. Kullanılabilirlik çalışmaları önceleri bilgisayar yazılım endüstrisinde üretilmeye başlanmış, daha sonra bilgisayar ürünlerinde uygulanmaya başlanmıştır (Han, 2001, Gould ve Lewis 1985; Mantei ve Teorey, 1988; Nielsen J, 1993, Shneiderman 1992; Mayhew 1992). Kullanılabilirlik kavramının fiziksel ürün ve sistemlerde kullanılmaya başlanması ise, yazılım endüstrisindeki araştırma ve uygulamalardan sonra gelişmiştir. Kullanılabilirlik kavramının yaygın kabul görmüş tanımlarından bir tanesi de ISO’nun tanımıdır. Buna göre *Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO kullanılabilirlik* kavramını şu şekilde açıklamaktadır:

“Kullanılabilirlik belirli kullanıcıların, belirli çevrelerde tanımlanmış amaçlarına etkinlik (*effectiveness*), verimlilik (*efficiency*) ve memnuniyet (*satisfaction*) açısından ulaşabilme derecesidir (ISO DIS 9241-11)” (Jordan,1998ş s. 5)

Bu tanıma bağlı olarak Jordan (1998) yukarıda ki tanımda kullanılan temel kavramları şu şekilde tanımlamaktadır:

- *Etkinlik* belirli bir amaca hangi derecede ulaşıldığı ile ilgilidir. Bir otobüs sürücüsünün aracı belirlenmiş bir hatta belirlenen minimum sefer süresine oranla ne kadar sürede tamamlayabildiği, buna örnek olarak gösterilebilir. Örneğin sefer süresi bir saat olarak planlanan bir hattı, sürücü 1 saat 20dk’da tamamlarsa bu durumda sürücünün etkinliğinin %75 olduğundan söz edilebilir.
- *Verimlilik*, bir amacın gerçekleştirilmesinde harcanan gayret ve çaba miktarıdır. Otobüs sürücüsü örneğine dönersek, aynı hatta sürücünün seferi tamamlayana dek yaptığı hatalar verimliliğinin bir ölçüsü olarak kullanılabilir.
- *Memnuniyet* ise kullanıcıların bir ürünü kullanırken elde ettikleri, konfor miktarı ve söz konusu ürününün amaçlara ulaşabilme bağlamında kabul edilebilirliği. Memnuniyet verimlilik ve etkinliğe göre daha öznel bir kavramdır. Burada memnuniyet kısmen de olsa kullanılabilirliğin diğer kavramlarından bağımsız bir kavramdır. Kullanıcılar A televizyonunun ayarlarını B televizyonunun ayarlarından daha kısa sürede yapabilirler. Ancak televizyon otobüsten farklı olarak kullanıcıların kendi zevklerini tatmin etmek üzere satın alıp kullandıkları bir üründür. Bu durumda daha verimsiz olan A televizyonunu tercih edebilirler.

ISO'nun tanımındaki temel kavramları den Buurman (1997) ise şu şekilde açıklamaktadır:

- *Etkinlik*, amaçlanan hedeflere ne derece ulaşıldığıdır, yararlılık kavramıyla örtüşmektedir,
- *Verimlilik*, kullanıcıların “kaynaklarına - fiziksel ve zihinsel” ne derece ihtiyaç duyulduğu ile ilgilidir,
- *Memnuniyet*, kullanıcıların etkileşimi ne derece kabullendiği ile ilgili olarak sübjektif bir kriterdir.

Nielsen (1993) ise kullanılabilirliğin, kullanıcı arayüzünün tek-boyutlu bir özelliği olmadığını vurgulayarak, beş bileşeni olduğunu belirtmekte ve kullanılabilirliğin bunların bir birleşimi olduğunu ifade etmektedir:

- *Öğrenilebilirlik*: Sistem kolayca öğrenilebilir olmalı ve kullanıcı çabuk bir şekilde sistemi öğrenip kullanmaya başlayabilmelidir,
- *Etkinlik*: sistem etkin bir kullanıma uygun olmalı ve kullanıcı onu bir kere öğrendikten sonra yüksek bir verimlilikle kullanabilmelidir,
- *Hatırlanabilirlik*: Sistem, kullanıcı onu bir süreliğine kullanmasa bile tekrar kullanmaya başladıktan sonra her şeyi yeniden öğrenmeye ihtiyaç duymayacak bir şekilde, hatırlanabilir olmalıdır,
- *Hatalar*: Sistem, kullanıcıların kullanımı sırasında hata yapsa bile bu durumu kolayca telafi edebilmelerine ve daha sonra ölümcül hatalar yapmalarına olanak tanımayacak, düşük bir hata oranına sahip olmalıdır,
- *Memnuniyet*: Sistem kullanıcılar sübjektif olarak kullanımdan zevk alacak kadar, memnun edici bir yapıya sahip olmalıdır. Kullanıcılar sistemi beğenmelidir. (s. 26)

Bu kavramlardan etkinlik ve verimlilik profesyonel olarak kullanılan ürün ve sistemlerde öne çıkarken; memnuniyet daha çok isteğe bağlı olarak kullanılan, özellikle tüketici ürünlerinde önem kazanmaktadır. Yukarıdaki kavramlardan yola çıkarsak, kullanılabilirlik olgusunun insan faktörleri/ergonomi alanından bağımsız bir şey olmadığını söyleyebiliriz. Ergonomi/İnsan Faktörleri disiplini ürün-insan ilişkisini, kullanıcıların fiziksel özelliklerini ve temel zihinsel bilgi işleme süreçleri temel olarak bağdaştırmaya çalışmıştır. Kullanılabilirlik çalışmaları ise ürünün genel kullanım sürecini, kullanıcıların kültürel alt yapı da dâhil olmak üzere daha öznel ve soyut özellikleri ile bağdaştırma üzerine odaklanmıştır.

Jordan (1988) ürün esas alınarak kullanılabilirliği meydana getiren bileşenleri şu şekilde tanımlamıştır:

- *Tahmin edilebilirlik* kullanıcının bir ürünle bir işlevi ilk defa gerçekleştirebilmesinde harcadığı çabanın ölçüsüdür. Bu kavram, yangın söndürücüler, kamu binalarının kapı kolları vb. daha çok ortak kullanıma dayalı ve seyrek olarak kullanılan ürünlerde geçerlidir.
- *Öğrenilebilirlik* kullanıcının belirli bir üründe belirli bir kullanım performansına erişebilmede harcadığı çaba olarak tanımlanabilir.
- *Uzman kullanıcı performansı* belirli bir ürünün bir işlev için uzun süreler kullanan bir kullanıcının performans ölçüsü olarak tanımlanabilir. Ürün kullanımının çabuk öğrenilmesi yönünde bir baskı ya da kısıtlama olmadığı durumlarda öne çıkan bir kavramdır. Ürün bir kere öğrenildikten sonra, kullanıcılar yüksek seviyede bir performansla ürünü kullanırlar.
- *Sistem Potansiyeli* kuramsal olarak sistemin kullanılabileceği en üst seviyedeki performansdır. Uzman kullanıcı performansı çoğu zaman bu kavramının biraz aşağısındadır.
- *Yeniden kullanılabilirlik*, bir ürünün göreceli olarak uzun bir süreden sonra tekrar kullanılmaya başladığında ortaya çıkan performans düşüşüdür.

Diğer taraftan kullanılabilir bir tasarımın prensipleri ise şu şekilde tanımlanmıştır (Jordan 1998):

- *Tutarlılık*, belirli bir ürün ya da sistemde birbirinden farklı işlevlerin aynı mantık dizgeleri ile gerçekleştirilmesi olarak açıklanabilir. Ürün ya da sistemlerde tutarsızlıklar kullanıcının hata yapmasına yol açacaktır.
- *Uyum*, belirli bir ürünün kullanım prensiplerinin dış dünyada bulunan diğer ürün ya da sistemlerle ve kullanıcının ürün ile ilgili beklentileri ile uyumlu olması demektir. Sözelimi renk konusunda kırmızı tüm dünyada uyarı mesajını iletme amacıyla kullanılmaktadır.
- *Kullanıcı kaynaklarının (kanallar) göz önünde bulundurulması*, belirli bir ürün kullanılırken kullanıcının herhangi bir kanalının (dokunsal, görsel, duysal, işitsel ve kokusal) aşırı yüklenmemesi gerekmektedir.

- *Geri besleme*, kullanıcı belirli bir sistemi kullanırken eylemleri hakkında doğrulayıcı nitelikte bilgi edinmelidir. Burada geri beslemenin kullanıcı için anlamlı olması önem taşımaktadır.
- *Hatayı engelleme ve düzeltme*, ürünler tasarlanırken hataların en aza düşürülmesi ancak hata meydana geldiğinde ise kullanıcının bu durumu düzeltebilmesidir.
- *Kullanıcı kontrolü*, ürünlerin kullanım esnasında kullanıcılara yeterli kontrolü vermeleri anlamına gelmektedir.
- *Görsel açıklık*, üründe kullanıcıya iletilen bilginin mümkün olduğunca çabuk, kolay ve herhangi bir karmaşaya yol açmayacak bir biçimde görüntülenmesi demektir.
- *İşlev ve bilgilerin önceliklendirilmesi*; bir üründe en sık ve öncelikli olarak kullanılan işlevlerin en rahat ulaşılabilir bir biçimde konumlandırılması anlamına gelmektedir.
- *Uygun teknoloji transferi*; belirli bir amaç için geliştirilmiş teknolojilerin kullanıcı ürünlerine uygulanması kullanıcılar açısından faydalar taşımasıdır. Mürekkepli küresel uçlu kalem ve uzaktan kumandalar buna örnek olarak verilebilir.
- *Açıklık*; ürünlerin kullanımları hakkında gereken bilgiyi kullanıcıya açık bir biçimde ifade etmelidirler.

Diğer taraftan de Vet (1993)'in de belirttiği üzere tüketiciler etkinlik ve verimlilik kavramlarına daha az önem verirken, ürünleri daha az verimli fakat daha fazla zevk alınacak bir şekilde kullanmayı tercih etmektedirler. Kullanıcıların ürünlerin işlevselliğini kendi kendilerine keşfetmeleri için motivasyon veren, erken başarı ve keyif alma olgularıdır. Bu olgunun bir sonucu olarak tüketici ürünlerinin kullanılabilirliği zevk alma kavramı ile genişlemektedir.

Tasarım aşamasında olan ya da tasarlanmış ve kullanımda olan ürün ve sistemlerin kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesinde birçok metot kullanılmaktadır. Bu metotları şu şekilde sıralayabiliriz:

I. Ampirik metotlar

- a. *Anketler:* Burada, araştırmacı daha önceden hazırlanmış soruları doğrudan katılımcılara sorar. Yapılandırılmamış görüşmeler, yarı yapılandırılmış görüşmeler ve yapılandırılmış görüşmeler olmak üzere üç farklı türde görüşme sınıfı mevcuttur. Yapılandırılmamış bir görüşmede araştırmacı katılımcılara açık-uçlu sorular sorar. Yarı-yapılandırılmış bir görüşmede araştırmacı katılımcının cevaplarını göz önüne alarak görüşmeyi başka konulara yönlendirebilir. Yapılandırılmış bir görüşmede ise araştırmacı katılımcılara doğrudan kapalı-uçlu sorular sorar. Bu kapalı uçlu sorular Lickert ölçeği gibi ölçeklerde cevaplanabilir ve analiz edilebilir.
- b. *Sözlü protokol analizleri:* Yüksek sesle düşünme protokolleri olarak da bilinen bu metod, bir katılımcının bir ürünü kullanırken o anda ne yaptığını ve neyi düşündüğünü yüksek sesle anlatmasına dayanır. Katılımcılara bir ürün ya da arayüz ile ilgili olarak belirli bir görev verilebilir ya da tamamen ürünü kendi başlarına keşfetmeleri kendilerine bırakılabilir. Bu çalışma boyunca araştırmacı katılımcının sesli düşünmesini teşvik etmek amacıyla bazı sorular sorabilir. Newell ve Simon tarafından geliştirilen sözlü protokol analizi, kullanıcının söz konusu ürün ya da sistemi kullanım süreci modelleri hakkında bir resim ortaya koyar. Kullanıcının bir ürün ya da sistemi nasıl algıladığı ve kullandığı konusunda yapılacak her çalışma için bu metod kullanılabilir. Ayrıca kullanıcılar üzerinde oluşan iş yükü hakkında kullanıcılardan bilgi elde etmek için önemli bir metottur. Sözlü protokol analizi ayrıca yazılım endüstrisinde arayüzlerin kullanılabilirlik çalışmalarında kullanılmaktadır. Lewis (1982) bu metodun en önemli iki avantajını şöyle açıklamaktadır:

- i. *Odaklanma:* Kullanıcının tereddüt ya da kafa karışıklığı giderilerek istenen sorunun çözümünde kullanılabilir,
- ii. *Mantıksal temel:* Kullanıcılar farklı seviyelerde zorluğa neyin yol açtığını ifade edebilirler.

Diğer taraftan Lewis (1982)'e göre bu metodun dezavantajları da şunlardır:

- i. *Doğruluk:* Kullanıcı tüm zihinsel sürecin bilincinde olmayabilir ya da onu kolayca tanımlayabildiğini zannedebilir,

- ii. *Zamanlama*: Ürünü kullanırken sesli düşünmek ürünün normal kullanım süresini uzatabilir
- iii. *İşçilik-yoğun*: Karmaşık davranışların detaylı kayıtlarının analizi ve çözümlemesi uzun zaman alabilir. Her defasında bir denek ile çalışmak zaman alıcıdır.

II. Uzman görüşleri

- a. *Deneyimsel değerlendirmeler*: Bu metot Jakob Nielsen tarafından geliştirilmiştir. Burada konunun uzmanı kişiler söz konusu arayüzü inceleyerek kullanılabilirlik kuralları ile ne derece örtüştüğünü incelerler.
- b. *Bilişsel değerlendirmeler*: Bilişsel değerlendirme bir bakıma bir uzman kullanılabilirlik değerlendirmesidir. Bilişsel değerlendirme uzman ürüne belirli bir işlevin yerine getirilmesi amacıyla yaklaşır. Değerlendirme yapılırken söz konusu işlev kendi içinde adımlarına ayrıştırılır. Birçok yönden bilişsel değerlendirme, görev analizi tekniği ile benzerlik sergiler. Ancak burada görev analizinden farklı olarak her adımın zorluk derecesi de göz önüne alınır.

III. *Kullanılabilirlik testleri*: Tasarımı tamamlanmış prototipin ya da mevcut bir ürünün kullanıcılara önceden belirlenmiş bir senaryoya bağlı olarak kullandırılmasından oluşur. Kullanım süreci kaydedilerek ürünün ya da sistemin kullanılabilirliği bağlamında sorunları tespit edilmeye çalışılır.

IV. *Biyometrik metodlar*: Bu metodlar kullanıcıların kullanılabilirliği ölçülen ürün ya da sistemleri kullanımları sırasında çeşitli fizyolojik ve fiziksel ölçümlerinin yapılmasına ve elde edilen verilerin değerlendirilmesine dayanır. Bu metodların uygulanması özel donanım gerektirirken, elde edilen verilerin yorumlanması için özel uzmanlara ihtiyaç doğurabilir. Bu metodların kullanımı yüksek maliyetli olup özel laboratuvar kullanımını gerektirir.

- a. EEG (*Electroencephalography*): Beyin dalgaların özel donanımlar yardımıyla izlenmesine dayanan bir metoddur. Bu amaçla elektroensefalograf adı verilen bir alet kullanılır.
- b. Göz bebeği takibi (*Eye-tracking*): Arayüz üzerinde odaklanan noktaların ölçümüne ya da gözün başa oranla hareketinin ölçülmesine dayanan bir

metottur. Bu amaçla göz takipçisi (*eye-tracker*) adı verilen cihaz kullanılır. Ulaşım sektöründe sık olarak kullanılan bir metoddur.

2.2.2 Havacılık endüstrisi bağlamında kullanılabilirlik

Claman ve Kaber (2004) havacılık bağlamında günümüzün geliştirme prosedürlerinin ve sertifikalandırma süreçlerinin bir hava aracının kullanılabilirlik tekniklerinin şu özelliklere sahip olması gerektiğini belirtmektedirler:

- Hızlı uygulama: Teknoloji onu yeni bir hava aracına kullanılabilirlik araştırmasının uygulayabilme olanaklarından daha hızlı bir biçimde ilerlemektedir. Herhangi bir kullanılabilirlik tekniği bu süreci daha da yavaşlatmamalıdır.
- Düşük-maliyet: Havacılıktaki günümüzün gereksinimleri yeni bir donanımın geliştirilmesinin maliyetini artırmaktadır. Kullanılabilirlik değerlendirmesi buna ek bir maliyet yüklememelidir.
- Tüm geliştirme döngüsü ile bütünleşme
- Farklı alanlardaki uzmanlardan girdiler: Herhangi bir etkileşimli sistemin tasarımında olduğu gibi, havacılıkta da sistemin hedeflenen kullanıcılara yönelik olarak tasarlanması hayati önem taşımaktadır. Bu bakımdan pilotlar tasarım sürecinin ilk başından itibaren sürece dâhil olmalıdır.
- Uçuş kabini tasarımına aktarılabilme ve ölçeklenebilme (s. 411).

Ayrıca Claman ve Kaber (2004) farklı kullanılabilirlik tekniklerinin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırdıktan sonra, bunların avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyarak kullanılabilirlik testi, deneyimsel değerlendirme (*heuristic evaluation*) ve işbirlikli değerlendirmenin (*cooperative evaluation*) havacılık uygulamaları ile en iyi örtüşen teknikler olduğunu belirtmektedirler. Claman ve Kaber (2004) bu teknikleri havacılık bağlamında şu şekilde tanımlamaktadır:

- Deneyimsel değerlendirme: Bir kullanılabilirlik uzmanı tasarım sürecinin ilk aşamalarında, görev-işlev analiz aşamasında herhangi bir prototip geliştirilmeden hemen önce, deneyimsel bir değerlendirme yapmalıdır. Bu değerlendirme tasarım ekibi ilk prototipler üzerinde çalışmaya başlamadan önce kusur ve hataları ortaya çıkarmak bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışma ayrıca yapılacak revizyonların maliyetini de düşürecektir. Bir kullanılabilirlik uzmanının ekipte yer alması yapılacak değerlendirmenin kalitesini de arttıracaktır. Yapılacak diğer bir deneyimsel değerlendirme ise, tasarım ekibi her yeni prototip geliştirdiğinde

tasarımı değerlendirmek üzere yapılacak olmalıdır. Tüm bu değerlendirmelerin sonuçları ekibin tüm üyeleri tarafından paylaşılmalıdır.

- İşbirliksel değerlendirme: Farklı sistem geliştirme alanlarından temsilcilerin (bilgisayar programcısı, grafik tasarımcı, insan faktörleri uzmanı vb.) katılımı ile işbirliğine dayanan bir değerlendirme çalışması ise deneyimsel bir değerlendirmeden hemen sonra yapılması önerilmektedir. İşbirliksel değerlendirmeler, deneyimsel değerlendirmelerden elde edilen verilerin tasarıma uygulanmasından sonra yapılmalıdır.
- Kullanılabilirlik testi: Deneyimsel değerlendirmeler ve işbirliksel değerlendirmelerden elde edilen verilere dayanarak arayüzün prototipi üretildiğinde, kullanıcılardan meydana gelecek bir gruba kullanılarak, kurallı bir değerlendirme testi yürütülmelidir. Burada ideal olarak proje takımı süreci sadece gözlemlemelidir. Genel olarak pilot performansına, hatalarına ve arayüzün yeni özelliklerine ait veriler toplanmalıdır(s. 416, 417).

Claman ve Kaber (2004) diğer taraftan kullanılabilirliği gözden geçirme ve kullanılabilirlik testi metotlarının kısa bir karşılaştırmasını da yapmışlardır. Araştırmacıların yapmış olduğu karşılaştırma şu şekilde özetlenebilir:

- Kullanılabilirlik testleri bilişsel gözden geçirmelerden daha fazla sorunu saptayabilir ve saptadığı sorunlar daha önemlidir.
- Uzmanlar tarafından yürütülecek bir deneyimsel analizci-düşünme (gözlem) tekniklerine göre daha hızlıdır ve daha fazla sorun bulabilir.
- Kullanılabilirlik testi ciddi ve tekrar edici problemleri saptama konusunda oldukça verimlidir.
- Kullanılabilirlik testi en doğru performans verilerini üretir; bunu Amaçlar Kullanılabilir Metotlar ve Seçim kuralları (*GOMS-Goals Operators Methods and Selection rules*) ve deneyimsel değerlendirme takip eder.
- Kullanılabilirlik testi bilişsel gözden geçirmelerden, deneyimsel değerlendirmelerden ve GOMS Modellemekten daha yüksek maliyetli bir methodur.

Araştırmacılara göre bu karşılaştırmalar sonucunda (a) kullanılabilirlik değerlendirme çalışmalarında hiçbir teknik diğerine oranla üstün değildir, (b) hiçbir teknik tek başına diğerlerinden üstün değildir ve (c) ideal kombinasyon

kullanılabilirlik testinin diğer bir teknikle beraber kullanımı şeklinde olmak üzere üç noktada sonuca varmışlardır.

2.3 Ürün ve Sistemlerde Arayüz Kavramı

Bir insan-makine sistemini meydana getiren iki temel öge olan insan ve makinenin karşılıklı etkileşimi ise arayüz aracılığı ile gerçekleşmektedir. Arayüz, insan ve makine arasında bilgi ve güç alışverişine olanak tanıyan imgesel bir düzlem olarak işlev görür. İnsan-makine etkileşiminin endüstri ürünleri tasarımı alanında ise, kullanıcı arayüzü insanlar ve makineler arasındaki etkileşimin gerçekleştiği yerdir. Kullanıcı arayüzünde gerçekleşen insan-makine etkileşiminin amacı makinenin etkin kontrolü, kullanımı ve kullanıcının operasyonel karar vermesine yardımcı olacak geri beslemenin verilmesidir. Kullanıcı arayüzleri donanımlar kadar yazılımlardan da meydana gelebilir.

Bu tanıma göre gösterge ve kontroller ürün arayüzlerinin temel bileşenleridir. Bilgi makineden insana göstergelerle iletilirken, insandan makineye ise kontrollerle iletilmektedir. Arayüzün bir görevi de kullanıcı ile ürün ya da sistem arasında bir engel oluşturmaktır. Burada engelden anlaşılan ürün ya da sistemin kullanıcının ihtiyaç duymadığı ya da kullanıcının kullanım performansını düşürecek mekanik ya da elektronik sistem parçaları ya da bileşenleri ile temasını engellemesidir. Karmaşık bir mekanik ya da elektronik strüktüre sahip olan ürün ya da sistem kullanıcı ile arayüz aracılığı ile iletişim kurar. Diğer taraftan etkileşimin yapısı ve boyutuna göre ve kullanılan teknolojisi temel alındığında, arayüzler birbirinden farklılıklar sergilemektedir. Klasik kullanıcı arayüzleri sadece geleneksel kontrollerden ve göstergelerden meydana gelirken; özellikle elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler Grafiksel Kullanıcı Arayüzleri - GKA (*GUI-graphical user interfaces*) yeni bir arayüz tipolojisi grubu olarak karşımıza çıkarmıştır. Şekil 2.1’de yer alan Audi TT’nin gösterge paneli geleneksel arayüzlere; Şekil 2.2’de yer alan LCD televizyonun arayüzü ise Grafiksel Kullanıcı Arayüzleri’ne örnek olarak gösterilebilir.

Geleneksel elektronik/mekanik kontrollere ve göstergelere ek olarak ürün/kullanıcı etkileşimi sürecinin yeni bir parçası olarak GKA bu süreçte yerini almaktadır. Bir bakıma GKA ürün içerisinde bir ürün olarak kabul edilebilir. Bazı ürünler geleneksel kontrol ve göstergelerden meydana gelen kullanıcı arayüzlerine sahipken, bazıları

tamamen grafik tabanlı kullanıcı arayüzlerine sahip olup, bazı ürün ya da sistemler her iki tipteki arayüzü de barındırabilmektedir.

Günümüzde özellikle otomobil, kamyon, otobüs gibi araçların gösterge ve kontrol panelleri geleneksel kullanıcı arayüzüne iyi bir örnektir. Mekanik ya da elektronik göstergeler ve kontroller bu araçların gösterge panellerini meydana getirmektedir. Ancak diğer taraftan herhangi bir kullanıcı arayüzünü her zaman bu iki gruptan bir tanesine dâhil etmek doğru olmayabilir. Bir kullanıcı arayüzü kısmen geleneksel yapıda, kısmen grafik tabanlı kulacı arayüzü özelliklerine sahip olabilmektedir.



Şekil 2.1: Geleneksel bir kullanıcı arayüzü: Audi TT'nin gösterge paneli ve diğer kontrolleri (Dredge, 2004).



Şekil 2.2: Bir LCD Televizyonun Grafiksel Kullanıcı Arayüzü, (Url 2).

Cep telefonları, cep bilgisayarları, ATM makineleri ise grafiksel kullanıcı arayüzüne (GKA) sahip ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tip arayüzlerin temel bileşenleri dijital ekran ve tuş takımlarıdır. Kişisel bilgisayarlar ve diğer birçok elektronik ürünün ve sistemin ayrılmaz bir parçası olan GKA birçok fiziksel kontrolün yerini almış durumdadır. Bilgisayarın açılıp kapatılması, çeşitli ayarların yapılması gibi katı kontrollerle yapılan işlevler artık GKA ile yapılmaktadır. İlk önceleri ürünün katı arayüzünden bağımsız olarak düşünülen GKA katı üründen bağımsız olarak geliştirilip tasarlanıyordu. Vertelney ve Booker (1990) bu bağlamda “bütüncül ürün-kullanıcı arayüzünden bahsetmektedirler. Onlara göre bütüncül ürün-kullanıcı arayüzü terimi ürünün katı bileşenlerini ve GKA’yı kapsayan bir bütündür. Marcus (2000) tüketici ürünlerinin arayüzlerini, kullanıcılara anlamak, kullanmak ve hatırlamak açısından kolay bir şekilde işlevlere erişim sağlaması gerektiğini savunarak, bunu bir otomobil yol bulma cihazının arayüz tasarımı üzerinde örneklemektedir. GKA’lar hava araçlarında ise karşımıza günümüzde glas kokpitler olarak çıkmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Sistem arayüz tipi olarak glas kokpit - Airbus A380, (Url 3).

GKA’leri Marcus’a göre kavramsal olarak şu bileşenlerden meydana gelirler:

- *Metaforlar:* Arayüzlerde başlıca kavramlar kelimeler ya da resimler yoluyla, sesli ya da dokunsal olarak iletilirler. Metaforlar genel kavramlar kadar tekil nesneler ile ilgilidir. Örneğin “çöp kutusu” kavramı “masa üstü” metafor’un içinde “silme, yok etme” olgusu ile ilgilidir.

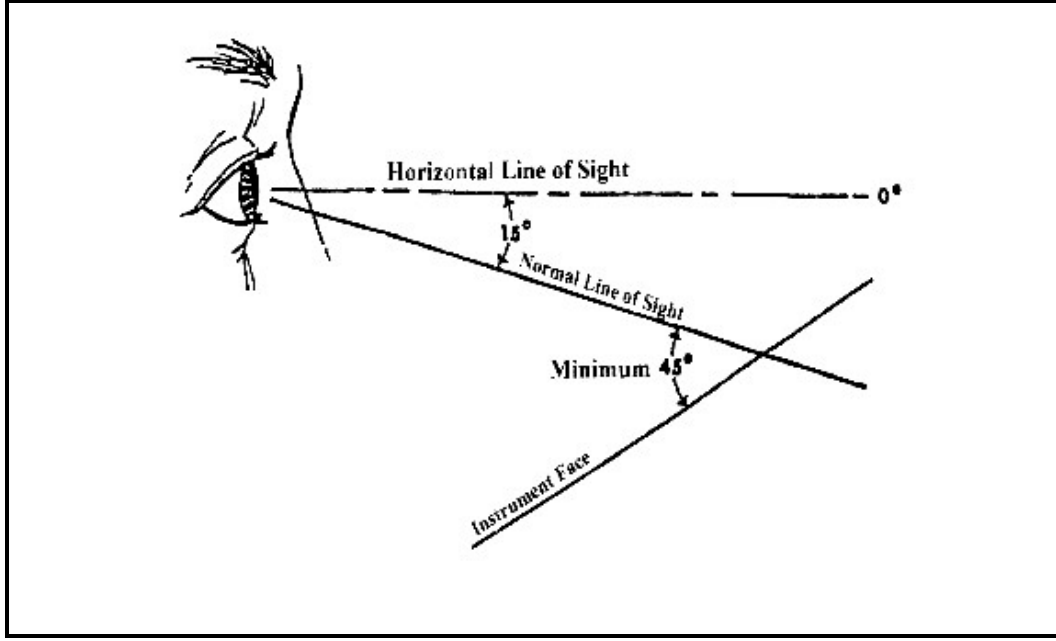
- *Zihinsel modeller:* Arayüz içinde verilerin, işlevlerin, görevlerin, rollerin organizasyonudur.
- *Yol Bulma (Navigasyon):* Pencereleler, menüler, diyalog kutuları, kontrol panelleri vb arasında zihinsel model yardımıyla yol alma ve yol bulmadır. Kavram bir yapısal özellikten çok bir süreci ifade etmektedir.
- *Görünüm:* Göstergelerin sözel, görsel, akustik ve dokunsal/algısal özellikleridir.
- *Etkileşim:* Kullanıcıların değişiklikleri sisteme girdiği ve sistemin geri besleme olarak kullanıcıya ilettiği tüm yollardır. Terim tüm komuta/kontrol ve duysal geri-beslemeyi ifade etmektedir.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan hava ulaşım araçlarında ise grafik tabanlı kullanıcı arayüzlerine geçiş yönünde bir genel eğilim söz konusudur. Glas kokpitler bu bakımdan GKA'lerine örnek olarak verilebilir. Ürün ve sistemlerin arayüzlerinin düzenlenmesine ilişkin yaklaşımlara ve temel kurallar aşağıda belirtilmektedir.

2.4 Arayüzlerin Düzenlenmesi ve Göstergelerin Yerleşimi

2.4.1 Genel yerleşim kuralları ve metotları

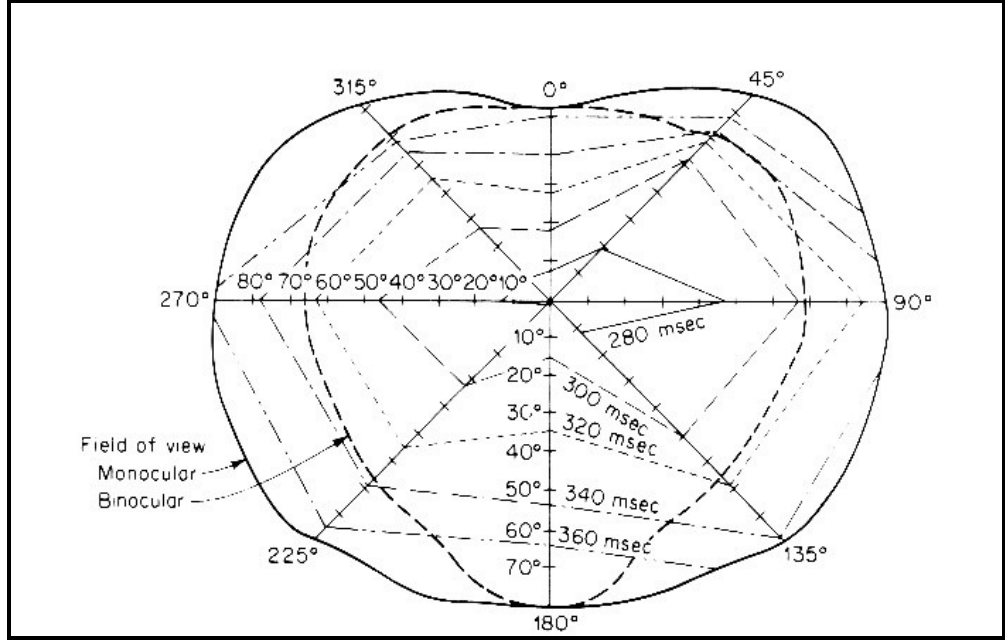
Görsel göstergeler insanın görme yetisi ile doğrudan ilgilidir. Bu açıdan gösterge panellerinin başka bir deyişle kullanıcı arayüzlerinin tasarlanması ve düzenlenmesinde görüş alanı ve bakış açısı gibi temel fizyolojik yetenekler hayati bir öneme sahiptir. İnsanın görme yeteneği alındığında “bakış çizgisi” kavramı en temel fizyolojik özelliklerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bakış çizgisi “odaklanan nokta ile ve ona odaklanan gözün gözbebeğinin merkezinin arasında oluşan çizgi” olarak tanımlanmaktadır. “Bakış açısı” ise bu bakış çizgisi ile bir referans çizgisi arasında oluşan açıdır (Chengalur ve diğ., 2004). Literatürde değişik referans çizgileri tanımlanmıştır. Frankfurt çizgisi bunlar arasında sıkça kullanılanlarından bir tanesidir. Bu çizgi kulağın ön tarafından ve göz çukurunun alt noktasından geçmektedir. Bir diğer referans çizgisi ise kulak-göz çizgisidir. Bu çizgi de sağ kulak boşluğundan ve sağ gözün dış ucundan geçecek şekilde tanımlanmıştır. Frankfurt çizgisi yatayın 4° üzerindedir; kulak-göz çizgisi ise yatayın 11° üzerindedir. Buna göre kulak-göz çizgisi yatayın 15° üzerinde yer almaktadır.



Şekil 2.4: Normal bakış çizgisi (Sanders, McCormick, 1993).

Diğer taraftan bu çizgiler konforlu bir görüşe eşit olarak ele alınmamalıdır. Sağlıklı ve konforlu bir görüş için insanın normal bakış çizgisi ufuk çizgisinin 15° altı olarak kabul edilmektedir. Diğer taraftan yatayın 15° altında yer alacak bir bakış açısı kas-iskelet sistemi sağlığı açısından önem taşımaktadır. Buna göre makul derecede göz ve baş hareketlerine dayanan optimum bir görsel duyarlılık, insanın normal bakış çizgisi etrafındaki bir alan çevresinde tanımlanabilir. Bu bakımdan McCormick ve Sanders (1993) görsel göstergelerin doğru okunabilmesi için tanımlanabilecek bir alanı insanın normal bakış çizgisi etrafında 10° - 15° arasında bir açı yapan bir daire olarak tanımlamaktadır (Şekil 2.4). Bu yaklaşıma göre göstergelerin yer alacağı düzlem ile normal bakış çizgisi arasında “en az” 45° ’lik bir açı bulunmalıdır.

Diğer taraftan Haines ve Gilliland (1973) en verimli görüş alanının bir daire olmadığını belirtmektedir. Haines ve Gilliland yapmış oldukları araştırmada katılımcıların, bir düzlemde yerleştirilmiş olan küçük ışıklara verdikleri tepki sürelerini ölçerek ortalama tepki sürelerini ölçmüşler ve buna bağlı olarak eş tepki sürelerinden meydana gelen görüş alanları elde etmişleridir (Şekil 2.5). Bu çalışmanın ana bulgusu kritik görsel göstergelerin normal bakış çizgisinin etrafında yer alacak makul bir oval alana yerleştirilmesi gerekliliğidir.



Şekil 2.5: Haines ve Gilliland tarafından ortaya konan görüş alanındaki izo-tepki süreleri (Sanders, McCormick, 1993).

Arayüzlerin tasarlanması ve düzenlenmesi sürecinde uyum kavramı öne çıkmaktadır. Burada uyumdan anlaşılması gereken gösterge ve kontroller arasındaki uyumdur. Sanders ve McCormick (1993) uyumu kontrol ve göstergeler arasındaki ilişkilerin kullanıcıların beklentileriyle ne derece kadar uygunluk içerisinde olduğu olarak tanımlayıp, kontrol ve göstergeler arasında var olması gereken iki farklı uyumdan bahsetmektedir: *uzaysal uyum ve hareket uyumu*. Uyumsal ilişkiler göz önüne alınarak tasarlanan sistemler daha hızlı öğrenilmekte, tepki süresi daha kısa olmakta, hata sayısı azalmakta ve kullanıcı memnuniyeti artmaktadır. Sanders ve McCormick (1993)'in tanımlamış olduğu iki uyumdan uzaysal uyum iki farklı alt kategoriye ayrılmaktadır:

Gösterge ve kontrollerin fiziksel benzerliği: Eğer imkân varsa, gösterge ve kontrolleri birbirleri ile fiziksel benzerlik içerisinde olacak şekilde tasarlamak avantaj sağlayacaktır. Paul Fitts ve Charles Sieger'in (1953) çalışması fiziksel benzerliğe sahip kontrollerin ve göstergelerin kullanımında tepki sürelerinin fiziksel benzerliğe sahip olmayanlara göre daha hızlı olduğunu ortaya koymuştur.

Göstergelerin ve kontrollerin fiziksel düzeni: Göstergelerin ve kontrollerin benzer örüntüler içerisinde yerleşimi arayüzün kullanımının verimini artıracaktır. (s. 302)

Göstergelerin ve kontrollerin fiziksel düzeni fırınlardaki düğme ve ocakların düzeneklerinin benzerliği üzerine yapılmış bir çalışma ile Chapanis ve Lindenbaum (1959) ortaya konmuştur. Çalışmada aynı fırının üst yüzeyinde yer alan ocakların

yerleşimi değiştirilmiş ve kullanıcılardan düğmeler ve ocakları eşleştirmeleri istenmiştir. Çalışmada benzer yerleşim örüntülerine sahip ocak-düğme kombinasyonlarının tepki süresi ve hata bakımından en iyi düzeyde olduğu görülmüştür. Gösterge ve kontrollerin fiziksel düzene dayanan uyumu bugün hala geçerliliğini korumakta olup, kullanıcı arayüzüne sahip tüm ürünlerde kullanıcı performansını doğrudan etkilemektedir.

Kontrol ve göstergelerin hareket uyumu ise kontrollerin hareket yönü ile göstergelerin verdiği tepki arasındaki bağlantının kullanıcıların beklentileri ile ne derece uygunluk içerisinde olduğu olup, daha çok kontrollerin ve göstergelerin tasarlanmasında geçerli olan bir kuraldır.

Morgan ve diğ. (1963) kontrol ve göstergelerin yerleşiminde üç temel hareket noktası belirtmektedirler. Bu hareket noktaları sırasıyla öncelik, gruplama ve bağlantılar olarak tanımlanmıştır. Öncelik, en önemli göstergelerin ve kontrollerin en optimum bölgelerde konumlanmasına, gruplama kontrollerin ve göstergelerin mantıklı bölgelerde toplanmasına dayanırken, bağlantı kavramı ise kontrol ve onun ilişkili olduğu gösterge arasında doğru ve tutarlı bir ilişkinin kurulmasını önermektedir. Yukarıda sözü edilen araştırmacılar gösterge yerleşimi konusunda ise şu gereklilikleri önemli olarak sıralamaktadırlar:

- *Görülebilirlik*, operatör tüm göstergeleri normal çalışma pozisyonunda rahatlıkla görebilmelidir,
- *Tanımlama*, operatör ihtiyacı olan göstergeyi rahatlıkla bulabilmelidir,
- *Gruplama*, göstergeler işlevsel ya da sırasal gruplar içerisinde yerleşmelidir,
- *İlişkilendirme*, gösterge yerleşimleri gösterdikleri işlevleri ile bir uyum içerisinde bulunmalıdır. Gösterge ve kontrollerin farklı panellerde yer alması durumunda çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır.
- *Bir araya getirme ve bütünleştirme*, gerek operatörün göstergeleri okumasını kolaylaştırmak, gerekse kontrol ve gösterge panelinde yer kazanmak açısından bazı göstergeler bütünleştirilerek tek bir gösterge haline getirilebilir. Ancak bu bütünleştirme yaklaşımının bazı olumsuz sonuçları da olabilmektedir: birden fazla bilgi kaynağının dar bir alana sıkıştırılması bazen arzulanan bilgiye erişimi güçleştirebilmedir; tek bir noktaya sürekli odaklanma operatör üzerinde hipnotik bir etkiye sebep olabilmekte, bazı

göstergelerin bütünleştirilmesi ek aydınlatmayı gerektirmektedir. Birçok bütünleştirme çalışması çeşitli bakım, maliyet ve güvenilirlik bakımından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Gösterge ve kontrol panellerinin tasarlanması ve düzenlenmesi, Sanders ve McCormick (1993) tarafından “Fiziksel bir alanda parçaların düzenlenmesi” başlığı altında ele alınmıştır. Bu yaklaşımda gösterge panellerinin düzenlenmesi birbirine bağlı, iki farklı aşamaya ayrılmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla:

- Parçaların genel düzeni: parçaların bazı ortak özellikleri doğrultusunda gruplanması ve bu grupların konumlarının belirlenmesi,
- Parçaların kesin konumu: Grupların içerisindeki parçaların kesin konumu, grupların kendi iç düzenleri olarak tanımlanmaktadır.

Sanders ve McCormick (1993) bu her iki aşamanın oluşturulmasında dört kriterden faydalanmaktadırlar:

- Önem derecesi ilkesi: sistemin amacına ulaşabilmesi açısından en önemli parçalar aynı ya da yakın gruplar içerisinde yer almalıdır.
- Kullanım sıklığı ilkesi: en sık kullanılan parçalar en uygun konumda ve aynı gruplar içerisinde yer almalıdır.
- İşlevsel yakınlık ilkesi: benzer işlevlere sahip parçalar aynı gruplar içerisinde yerleşmelidir.
- Kullanım sırası ilkesi: bazı ürün ya da sistemlerin kullanımında kesinleşmiş sıra kalıplarına uyulur. Bu durumlarda o kalıpları oluşturulan parçalar bu ilkeye göre düzenlenmelidir.

Genel olarak önem ve kullanım sıklığı ilkeleri kesin konumlama, kullanım sırası ve işlevsel yakınlık ilkeleri de parçaların genel düzenleme aşamalarında uygulamalarının uygun olduğu kabul edilmektedir. Bu düzenlenme sürecinde ise üç tip veriden faydalanılmaktadır:

- Kullanıcılar hakkında veriler: antropometrik veriler, biyomekanik veriler, algısal ve bilişsel veriler, psikomotor yetenekler
- İş analizi verileri: parçaların kullanımlarına ait veriler (her parçanın önemi ve kullanım sıklığı, parçaların kendi aralarındaki bağıntılarla ilgili bilgiler)

- iletişimsel ilişkiler, kontrol ilişkileri, hareket ilişkileri; kullanım sıklığı ve önem arasında her zaman doğru orantı olmayabilir. Bu bakımdan her iki parametre arasında karma bir endeks oluşturmak gerekebilir. Parçaların aralarındaki bağıntılarda da genellikle her ilişkinin ne sıklıkta kurulduğu hangi sırada oluştuğu ve ilişkilerin önemleri gibi parametrelere bakılır. Elde edilen veriler çizelgeler ya da grafiksel sunumlar haline getirilir.
- Çevresel veriler: ışık, gürültü, titreşim, ısıdır.

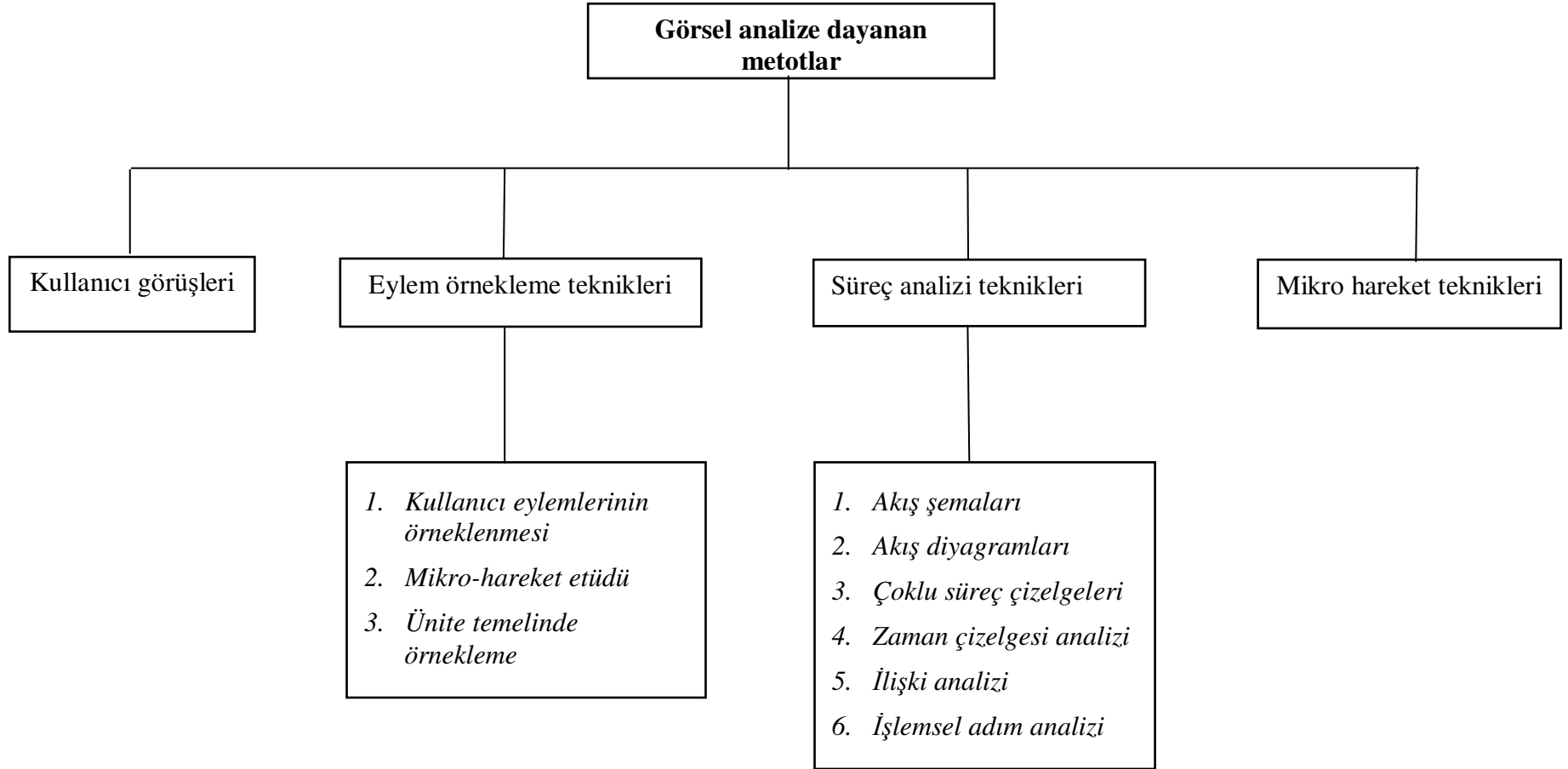
2.4.2 Görsel analize dayanan metotlar

Doğrudan gözlem insan faktörleri alanında, arayüzlerin düzenlenmesinde kullanılan yaklaşımlardan birisidir. Burada işi yapan, ürün sistemini kullanan kişi, tasarımcı ya da tasarım ekibi, insan faktörleri uzmanı tarafından doğrudan gözlemlenir. Elde edilen veriler aşağıda kısaca açıklanan metotlar yardımı ile düzenlenerek mevcut ürün ya da sistemin iyileştirilmesinde bir temel teşkil ederler. Doğrudan gözlem zaman etüdü ya da zaman-hareket araştırması olarak adlandırılmaktadır (Chapanis, 1965). İnsan makine sisteminin çalışmasının doğrudan gözlemine dayanan başlıca metotlar dört ana gruba ayrılır. Bunlar: kullanıcı görüşleri, etkinlik örnekleme teknikleri, süreç analizi teknikleri, mikro-hareket etüdü teknikleridir. (Şekil 2.6)

2.4.2.1 Kullanıcı görüşleri

Hâlihazırda kullanımda olan bir ürün ya da sisteme en çok aşina olan onun kullanımı hakkında en çok bilgiye sahip olan kişi/kişiler, doğal olarak onunla en çok vakit geçiren kişidir. Bir başka deyişle onun kullanıcı/kullanıcıları olarak görülebilir. Bu bakımdan bir ürün ya da sistemin kullanıcıları en önemli veri ve bilgi kaynaklarından birisidir. Bu metot hava trafik kontrol operatörleri ve otobüs ve kamyon sürücüleri arasında mevcut ürün ve sistemlerle ilgili sorular yöneltmek suretiyle uygulanmış olup ürünlerin ve sistemleri iyileştirilmesine ilişkin önemli veriler elde edilmiştir. Ancak bu metodun bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Uzun bir süre boyunca bir ürün ya da sistemi kullanan kullanıcılar o ürün ya da sistemin eksik ya da hatalı yönlerine aşina hale gelebilirler. Bu konu araştırmacı açısından sağlıklı veriler elde etmeye engel bir durum oluşturabilir.



Şekil 2.6 : Mevcut arayüzlerin iyileştirilmesinde kullanılan görsel analiz metotları

Uzun bir süre boyunca ve istekli bir şekilde bir ürün ya da sistemi kullanan kullanıcılar o ürün ya da sistem için yeni çözümler elde etmeyi gereksiz bulabilirler. Bu bakımdan bazen dışarıdan birisinin yapmış olduğu ufak bir iyileştirme bile aktif kullanıcılar tarafından küçümsenebilir.

Ürünle ve sistemle ilgili şikâyetler çok dikkatle incelenmelidir. Zira alınan olumsuz görüş ya da eleştiriler doğrudan sistemin kendisi ile ilgili olmayabilir. Örneğin profesyonel bir ürünün kullanıcısının araştırmacıya bildirdiği olumsuz görüşün altında kullanıcının üstüyle arasındaki problemler yatabilir.

Görüşme esnasında araştırmacının kullanıcıya yönelteceği soruların seçimi çok önemlidir. Çok genel cevaplar verilebilecek sorulardan araştırmacının sağlıklı veriler elde etmesi zordur.

Sonuç olarak ürünün ve sistemin sorunlarının ve eksikliklerinin saptanarak iyileştirilmesine yönelik olarak kullanıcılara soru yöneltme metodunun birçok açık noktaları bulunmaktadır. Ancak sorulacak soruların doğru seçilmesi ve alınacak cevapların belirli bir şüphecilikle değerlendirilmesi ile önemli veriler elde edilebilir.

2.4.2.2 Eylem örnekleme teknikleri

Eylem örnekleme adından da anlaşılacağı üzere, belirli örnekleme teknikleri kullanılarak çalışan bir ürün ya da sistemin sistematik olarak gözlemlenmesidir. Örneklemenin temel amacı kullanıcının ya da kullanıcıların tam olarak ne yaptıklarının anlaşılmasıdır.

i. Kullanıcı eylemlerinin örneklelenmesi

Burada araştırmacı belirli bir zaman aralığında (örn. 10 sn, 1 dk, 30 dk vb.) kullanıcıların yaptıkları işleri gözlemleyerek kayıt eder. Yapılan kayıt genellikle bir rapor formu formatındadır. Tüm veriler toplandıktan sonra araştırmacı, kullanıcının farklı etkinliklerde harcadığı zamanı yapılan tüm etkinliğin yüzdesi olarak hesaplayabilir; her etkinlik için harcanan zamanı hesaplayabilir; işin farklı kısımlarında yapılan etkinliklerin sırasını ortaya koyabilir.

Bu metot McFarland ve Moseley (1954)'in şehirlerarası otobüs sürücüleri üzerinde yapmış oldukları araştırma için bir örnek olarak gösterilebilir. Bu metotta ayrıca örnekleme aralığının süresi de önem taşımaktadır.

ii. Memo-hareket etüdü

Memo-hareket etüdü (a) örneklem aralığının 2 sn'den daha kısa olduğu, (b) genellikle video kamera gibi bir kaydedici cihazın kullanıldığı özelleşmiş bir eylem örnekleme metodudur. Burada kullanıcı eyleminin, 1 kare/sn gibi, son derece yavaş bir hızda video kaydı alınır. Yapılan çekim daha sonra her kare teker teker incelenerek kullanıcının eylemleri kataloglanır. Bu metodun avantajı araştırmacı için tekrar incelemeye ve analiz etmeye olanak verecek kalıcı bir veri elde edilmesine dayanmasıdır. Diğer bir avantajı ise daha yoğun bir gözlem yapmaya olanak tanıyabilmesidir. Ancak, diğer taraftan gözlemci olarak insan daha esnek davranabilmekte ve çekim yapmanın güç olduğu ortamlarda bile bazen rahatça çalışabilmektedir. Ayrıca tek başına insan gözlemi yapmanın zor olduğu kalabalık ortamlarda ve dar alanlarda daha rahat hareket edebilir. Diğer taraftan günümüzdeki elektronik gelişmeler bu dezavantajları önemli ölçüde azaltacak çekim araçlarının geliştirilmesine olanak tanımıştır.

iii. Ünite temelinde örnekleme

Burada bir ürünün kullanımında sadece bir kısım ya da bir ünite üzerinde odaklanılarak gerekli gözlem ve ölçümler yapılır.

2.4.2.3 Süreç analizi teknikleri

Süreç analizi, işlevsel analiz olarak da adlandırılır; bir işin yapılması sürecinde tüm adımların kayıt edilmesine dayanan bir metotlar bütünüdür. Örneğin bir otomobilin kullanımı sırasında, sürücünün otomobilin kapısını açması, koltuğa oturması, kapıyı kapatması, emniyet kemerini bağlaması, aynaları kontrol ederek gerekli ayarlamaları yapması, kontak anahtarını yerine sokarak motoru çalıştırması, gaz pedalına basarak otomobili harekete geçirmesi vb. adımlar otomobilin sürüş sürecinin adımlarıdır. Süreç analizi en çok ürünlerin arayüzlerinin düzenlenmesinde kullanılır. Süreç analizi metotlarının hepsinde ortak olarak bulunan dört bileşen bulunmaktadır:

- *İşlevler*: Bir hiyerarşi içerisinde yukarıdan aşağıya doğru ya da aşağıdan yukarıya doğru çözümlenecek bir şekilde gösterilirler.
- *Diyagramlar*: Süreç (yapılandırılmış analiz, veri akışı diyagramları, N2 çizelgeleri), davranış (akış kontrol diyagramları, işlev akış blok diyagramları,

durum çizelgeleri) ve nesne temelli modelleme (sistemin birbirleri ile etkileşen nesneler olarak gösterildiği yazılım mühendisliği yaklaşımı) süreçlerini göstermek amacıyla diyagramlar kullanılır.

- *Uygulama talimatları*: Girdilerin çıktılara ne şekilde dönüştürüldüğünü göstermek için kullanılır.
- *Akış kontrol diyagramları*: Süreci daha etkin hale getirmek amacıyla kullanılırlar. Akış kontrolü süreci daha etkin yapmak için işlevlerin bitişini ve etkinleştirilmesini sıraya sokar.

i. Akış şemaları

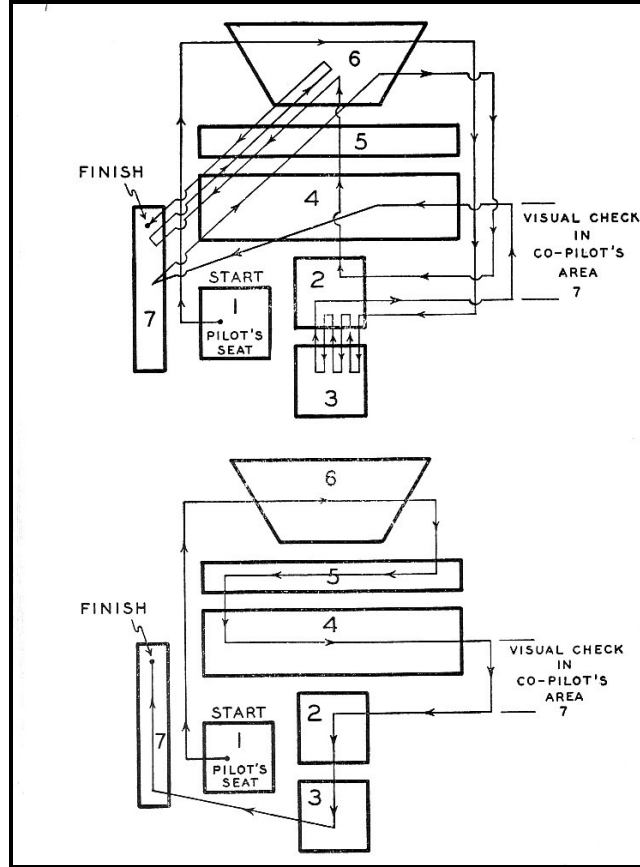
Metot 1921’de Frank Gilbreth tarafından geliştirilmiştir. Süreç çizelgeleri standartlaşmış eylemlerin tanımlanmasında kullanılırlar. Genellikle (a) bir ürünün ya da donanımın kullanımının farklı aşamalarının tanımlanması ya da (b) bir işin yapılmasında ya da bir ürünün kullanılmasında kullanıcının gerçekleştirdiği farklı eylemlerin tanımlanmasında kullanılırlar. Burada ele alınan eylemin farklı alt etkinlikleri farklı semboller kullanılarak ifade edilmek üzere bir çizelge elde edilir. Şema başlangıç ve bitiş sembolleri, oklar, işlem adımları, girdi/çıktılar ve akış kutularından meydana gelir.

ii. Akış diyagramları

David Meister (1985)’e göre, akış analizi olarak da bilinen, akış diyagramlarının en önemli özelliği işlevsel bölüştürme için bir zemin ortaya koymasıdır. Christopher Nemeth (2004)’e göre akış analizi metotları şu metodu izler: işlevlerin tanımlanması, sıralarının ortaya konması ve sıralanan işlev gruplarının tarif edilmesi. Akış şemaları bir eylemi sembolik olarak göstermekle birlikte, bu eylemlerin nerede gerçekleştirildiğini göstermezler. Tüm bu operasyonların yerlerinin de belirtildiği şemalara “akış diyagramları” adı verilir. Nemeth (2004) akış analizini bir metotlar bütünü olarak tanımlayarak dört ayrı metodu akış analizi metodu olarak sınıflandırmaktadır. Bu metotlar sırasıyla: işlevsel gereksinimler tanımlaması (*FRD-functional requirements analysis*), eylem-bilgi analizi (*action-information analysis*), karar-eylem analizi (*decision-action analysis*) ve işlevsel analiz sistemleri tekniğidir (*FAST-functional analysis systems technique*). Akış analizi metotlarının önemli bir parçasını da amaca ve yapılan çalışmanın tipine uygun olarak farklı tiplerde

diyagramlar oluşturmaktadır. Bunlar sırasıyla akış diyagramları, akış süreci çizelgeleri, bilgi akışı çizelgeleri, eylem-karar çizelgeleri ve karar-eylem çizelgeleridir.

Channel ve diğ. (1947) çok motorlu bir askeri uçağın uçuş kabini için bir akış diyagramı çalışması yürütmüşlerdir. Araştırmacılar bu amaçla uçağın uçuş kabinin yedi ayrı bölgeye ayırmışlardır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Çok motorlu bir askeri uçağın akış diyagramı (Channel ve diğ., 1974).

Yapılan çalışmada pilotların uçuş öncesi bu yedi farklı panelde çok fazla gezindikleri fark edilmiş, ortaya çıkan akış diyagramına dayanarak yapılan iyileştirme çalışmasında pilotların bu paneller arasında “gezinmeleri” azaltılmıştır.

iii. Çoklu süreç çizelgeleri

Burada diğer süreç analizi metotlarından farklı olarak, iki nokta önem kazanmaktadır: (a) yapılmakta olan işin adımları için zaman değerleri de belirtilir; (b) aynı anda gelişmekte olan birden fazla eylem bulunmaktadır. Çoklu süreç çizelgelerinin önemi aynı anda gelişmekte olan olayların, hangi zamanlarda meydana

geldiğinin gösterilmesidir. Burada yapılan işin her yönünün gözlemlenebilmesi ve tabloya doğru olarak aktarılabilmesi için birden fazla gözlemci kullanılması gerekebilir. Ancak diğer taraftan yapılan işin doğru bir resminin elde edilebilmesi için araştırmacının birkaç defa aynı işi gözlemlemesi gerebilir. Chapanis (1965) R5D uçağının iniş sürecini gözlemlenmesini ve çoklu süreç çizelgelerinin oluşturulmasını bu duruma örnek olarak göstermektedir. Morgan (1963) çoklu süreç analizi çizelgelerinin oluşturulması için şu adımları önermektedir:

- I. Her bir sütun bir insan-makine kombinasyonuna ait olmak üzere, çok sütunlu bir tablo üretilir,
- II. Her bir insan-makine eylem için uygun bir kodlama yapılır,
- III. Zaman çizelgede dikey ölçekte belirtilir ve her sütunda o eylem için geçen zaman belirtilir.

Yukarıda kısaca tanımlanan çizelge tamamlandığında şu noktalar üzerinde çalışılır:

- a) İnsan-makine sisteminin aşırı yüklendiği ya da yeterince yüklenmediği noktaların tespiti yapılır. Bu yapılırken özellikle bir insan-makine sisteminin diğer bir insan-makine sisteminin görevini tamamlaması için geçirdiği bekleme süreleri dikkate alınır.
- b) Yüklerin daha düzenli dağıtılabilmesi ve bekleme zamanının azaltılabilmesi için sistemin yeniden düzenlenmesine yönelik fikirler aranır.

iv. Zaman çizelgesi analizi

Zaman çizelgesi analizi geliştirilme sürecinde olan bir ürünün iş yükü seviyelerinin öngörülebilmesi amacıyla işlevlerin ve görevlerin zaman bağıntılı bilgilerle beraber kullanıldığı bir metottur. Bu metot bir ürün ya da sistemin kullanımında görevlerin gerçekleştirilmeleri için gereken sürelerin hesaplanması amacıyla, görevlerin sıralanmasında kullanılır. Laughery ve diğ. (1987) zaman çizelgesi analizi metodunun ana kullanım alanının iş yükü öngörümü ve zihinsel kaynak paylaşımı olduğunu belirtmektedir. Metodun kullanımında zaman çizelgesi diyagramı elde edilerek, bu diyagramda görevlerin süreleri belirtilir. Woodson (1960)'a göre incelenecek olan görev ya da ürünün kullanımındaki süreler dört yoldan belirlenebilir:

- Benzer ürünlerde gerçekleştirilen görevlerin süreleri,
- Kullanıcılardan meydana gelen bir örneklemin görevi gerçekleştirme süresi,
- Uzman kullanıcıların bulunamadığı durumlarda, uzman görüşü,
- İnsan faktörleri uzmanının görevi en alt parçalarına ayrıştırarak yapacağı zaman tahmini.

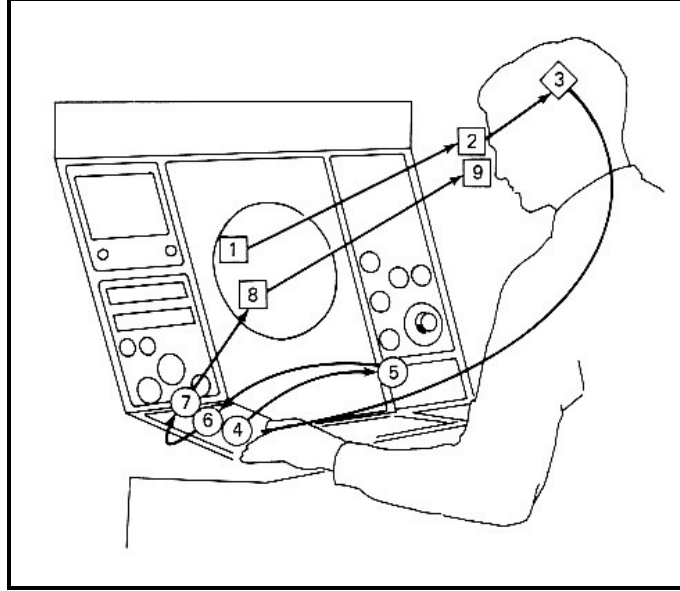
v. İlişki analizi (*Link analysis*)

İlişki analizi öncelikle bir sistemdeki elemanların optimal düzeninin belirlenmesi için kullanılır. Bu bakımdan arayüz tasarımı araştırmalarında sıkça kullanılan bir insan faktörleri metodudur. Ürün ya da sistemin kullanıcısı her zaman standart hale gelmiş bir eylem prosedürüne uymayabilir. Ürün ya da sistemin kullanım süreci bazen rutin basamaklardan meydana gelmeyebilir. Şehir içi trafikte bir otomobili bir noktada diğer bir noktaya götürmek bu duruma iyi bir örnektir. Bu gibi eylemlerin analiz edilmesine yönelik çalışmalar için ilişki analizi metodu geliştirilmiştir. İlişki analizi bir bakıma farklı bileşenler arasında bağlantıların istatistiksel olarak ifade edildiği, bileşenler arasındaki göreceli frekansların önem kazandığı, bir akış diyagramı olarak da tanımlanabilir. Özellikle arayüz düzenlemeleri için yararlı bir methodur (Chapanis, 1965). Metot kullanıcının herhangi bir adımda ne kadar zaman harcadığı ile ya da ürünün nasıl kullanıldığı ile ilgilenmez.

Burada bir “ilişki” iki cihazın ardı ardına kullanımı ya da ardı ardına gerçekleştirilen iki etkinlik olarak tanımlanabilir. Bir bakıma ilişki (a) insan ve insan arasında, (b) insan ve makine arasında, (c) makine ile makine arasında, (d) aynı makinenin iki parçası arasında oluşan bağlantıdır. Diğer taraftan ilişki analizinde elde edilen ilişkilerin değerleri de önem taşımaktadır. İlişkiler genellikle kullanım-önem ya da kullanım sıklığı açısından bir değere sahip olurlar. İlişki analizi çalışmalarında dört farklı çıktı elde edilebilir:

- Etkileşim matrisi: Ürün ya da sistemi oluşturan her elemanın diğer elemanlarla arasındaki etkileşimin türünün ve derecesinin gösterildiği bir matristir. Bu değerler matriste harflerle ifade edilir.

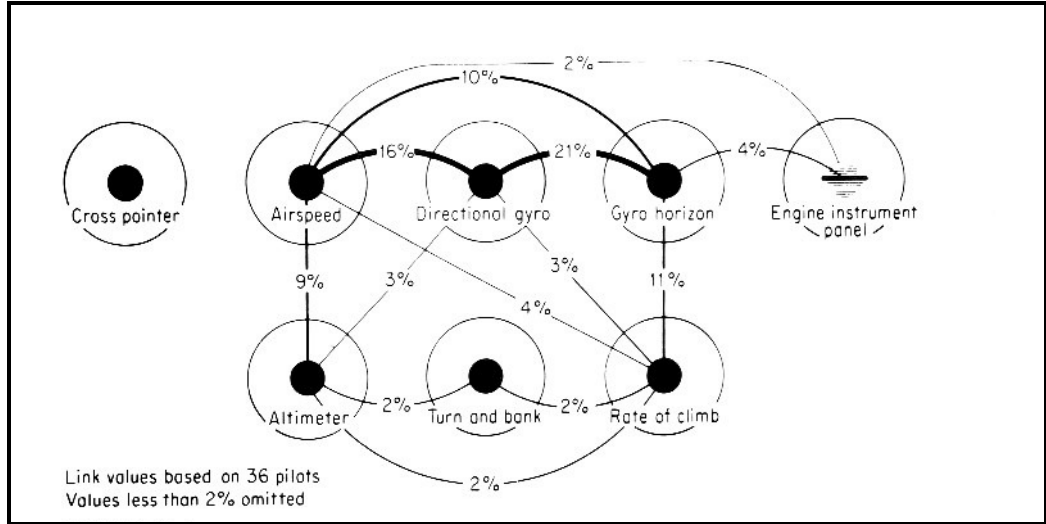
- Şematik ilişki çizelgesi: Burada sistemin her elemanın görece konumu iki boyutlu olarak gösterilir. Çizelgede her eleman arasındaki etkileşim önem derecesi göz önüne alınarak gösterilir. Şematik ilişki çizelgesi ise ürün ve sistemin amaçları, kriterler, bağlam açısından yeniden düzenlenir. İlişkilerin gösteriminde kullanılan biçimsel kodlamalar işlevlerin türlerini gösterirler. Burada düzenlemeye en güçlü linklere sahip (en sık kullanılan ya da en önemli) elemandan başlamak ve yakınına bağlantılı olduğu elemanları yerleştirmek doğru bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.
- Uzaysal-işlemsel adım diyagramı: İlişki analizinde elde edilen verilerden elde edilen diğer bir grafik gösterim ise SOS (*Spatial Operational Sequence Diagram*) çizelgesidir. Burada link diyagramından farklı olarak, işin gerçekleştirildiği ürün ve sistem'in kullanıcı ile birlikte bir resmi çizilir. Bu çizim üzerinde yapılan işlerin sıralarının da belirtildiği şematik bir çizelge elde edilir. Şekil 2.8'de bir nükleer santralde bulunan bir kontrol panelinin SOS diyagramı görülmektedir. Rakamlar yapılan işlerin sırasını belirtmektedir.



Şekil 2.8: Bir nükleer santralin kontrol odasında bir kontrol panelinin SOS diyagramı (Ger, 1981).

- İyileştirilmiş ürün ya da sistem önerisi: Gösterge paneli, konsol ya da iş istasyonunun yeni önerilen düzeni iki boyutlu bir çizim olarak gösterilir

USS Louisville gemisinin Savaş Enformasyon Merkezi için yapılan ilişki analizi çalışmasında, yürüme endeksi, kalabalık endeksi ve erişebilirlik skoru olmak üzere, üç adet değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Daha dar alanlarda gerçekleştirilen ilişki analizi çalışmalarında ise *göz hareketlerinin ilişki analizi* metodu kullanılır. Fitts ve diğ.(1952) iniş esnasında uçak pilotlarının göz hareketleri üzerinde çalışmışlardır. Uçağa yerleştirilen bir kamera ile pilotların göz hareketleri kaydedilmiştir (Şekil 2.9). Elde edilen şematik ilişki çizelgesi uçağın gösterge panelinin iyileştirilmesinde kullanılmıştır. İlişki çizelgesi oluşturulurken elemanlar arasındaki ilişkileri ifade edecek olan çizgiler de “çizgi kalınlığı” değiştirilip farklılaştırılarak diyagramın daha fazla bilgi içermesi sağlanabilir (Sanders M., McCormick E. J., 1993). Daha kalın çizgiler daha önemli ya da daha sık kullanılan ilişkileri ifade edebilir.



Şekil 2.9: Tırmanma manevrası yapan bir uçağın pilotlarına ait ilişki çizelgesi (Jones, Milton ve Fitts, 1949).

vi. İşlemsel adım analizi

İşlemsel adım analizi bir ürün ya da sistemin kullanımında yer alan olay, bilgi, karar ve eylemleri bir zaman çizgisi boyunca ilerleyen bir çizelgede bir araya getirme esas fikri üzerine kurgulanmış bir metottur. Chapanis (1996) bu metodu insan faktörleri alanının en güçlü metotlarından birisi olarak tanımlamaktadır. İşlemsel adım analizi temel olarak, sistemin işleyişini resmetmek üzere kullanılan bir tekniktir. Burada sistemin elemanları arasındaki işlevsel bağıntılar, malzeme ve bilgi akışı, işlemlerin sırasal dağılımı gösterilirken; sistemin girdi ve çıktıları da belirtilerek tasarlanan ya da iyileştirilen ürün ya da sistemin sonuçların somutlaştırılmasına yarar.

Diğer taraftan işlemsel adım analizi kapsamlı bir çalışma metodu olduğundan uzun zaman alabilir ve ürün ya da sistemin işleyişi hakkında önemli miktarda bilgiye gereksinim duyar. Nemeth (2004)'e göre işlemsel adım analizi eylemlerin ve bilgilerin adım akışını görüntülemek ve etkinlikleri sınıflamak için son derece yararlı bir metottur. Wickens'a (1992) göre bu avantajları işlemsel adım analizini arayüzleri tanımlayabilmek için yararlı bir metottur. İşlemsel adım analizi hazırlanmasında şu adımlar izlenir:

- Sistemin her bir elemanı için kolonlardan oluşacak bir çubuksal çizelge hazırlanır.
- Tipik etkinliklerin gösterimi amacıyla anahtar semboller seçilir.
- Erken aşamalardaki olaylardan başlayarak geç aşamalardaki olaylara kadar her eylem çizilir. Her eylem tipi için ise bir geometrik sembol seçilir.
- Diyagram gözden geçirilerek değerlendirmesi yapılır. Zamana dayanan ilişkilerde devamsızlıklar ve fazlalıkların azaltılması için fırsatlar aranır.
- Sonuçların çözümü ve etkileşimlerin optimizasyonu için değişiklikler önerilir.

2.4.2.4 Mikro-hareket teknikleri

Mikro-hareket araştırmaları zaman-hareket araştırmacıları tarafından, özellikle el hareketleri esas alınarak, çok kısa zaman dilimlerinde tekrarlı hareketlerin çok detaylı analizlerinin yapılabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Diğer tekniklerde olduğu gibi araştırmacı burada da video çekimi yaparak yapılan işin kaydını alır; daha sonra yapılan çekimin çözümlemesini yapar. Çözümleme yaparken araştırmacı yapılan işi en küçük alt eylemlerine ayırır. Bu alt eylemler “Therbligs” olarak adlandırılır. Bu çalışmanın sonucunda ise, sağ ve sol el hareketlerinin gösterildiği, aynı anda gösterildiği, simo-çizelgesi (*simo chart*) olarak adlandırılan bir şema hazırlanır. Mikro-hareket analizi yapan bir araştırmacı genellikle (a) gereksiz el hareketlerinin elimine edilmesine, (b) iş yükünün eller ve ayaklar arasında dağıtılmasına, (c) kullanıcının işini hafifletmeye ve kolaylaştırmaya yarayacak araçları sağlamayı amaçlar. Tüm bunların sonucunda araştırmacı kullanıcının işi yapması için alternatif yollar geliştirir. Daha sonra geliştirmiş olduğu bu alternatif yolların da video kaydını

yaparak mevcut durum ile bir karşılaştırmasını yapar ve hangisinin kullanıcı için daha iyi olduğuna karar vermeye çalışır.

2.4.2.5 Gözleme dayanan metotların genel bir eleştirisi

Gözleme dayanan tüm bu metotların bütün faydalarının yanında ciddi sınırlamaları ve dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

Gözlem gözlemlenenin davranışını etkileyebilir: Kullanıcılar gözlemlendiklerini bildikleri zaman doğal davranmayabilirler. Bu bakımdan araştırmacı mümkün olduğu kadar kendi varlığını gözlemlediği kullanıcıya hissettirmemelidir. Aksi takdirde elde edilecek verilerin güvenilirliği yeterli düzeyde olmayabilir.

Dikkate değer bağlantılar bulmak zordur: Gözlem metotları genellikle büyük bir veri havuzu meydana getiriler. Ancak bu veri havuzundan ihtiyaç duyulan bağlantıların elde edilmesi zordur. Bu bakımdan araştırmacı gözlemlediği eylemlerdeki kritik noktaları saptadıktan sonra o noktalara yoğunlaşmalıdır.

Neyin gözlemlendiği önemlidir: Araştırmacı bir gözlemsel metodu uygularken birbiri ile ilişkili olmayan eylemlerden de veri toplayabilir. Bu durumda toplayacağı veriler yararsız olacaktır. Bu bakımdan araştırmacı neyi gözlemleyeceğine önceden karar vermelidir.

Bazı gözlemlerin maliyeti yüksektir: Bir pilotun 160 dk süren, göz hareketlerinin incelenmesi konusundaki ilişki analizi araştırmasında 76.800 kare fotoğraf elde edilecektir. Bu gibi örneklerin incelenmesi ve analizi zaman ve ekonomi bakımından yüksek maliyet doğuracaktır.

Bulguların genelleştirilebilirliği: Tek bir ürünün kullanımına ait gözlem verilerinin genelleştirilebilmesi oldukça zordur. Özellikle yeni bir ürünün tasarlanması ya da iyileştirilmesi ile elde edilmiş olan veriler geçerliliklerini yitirebilirler. Buradaki sorun, belirli bir ürünün mü test edileceği, yoksa daha temel bir araştırmanın mı yapılacağıdır.

Değişimleri değerlendirebilmenin zorluğu: Özellikle Hawthorne deneyi gözlem teknikleriyle yapılan araştırmalarda gözlemlenen değişimlerin doğru olarak değerlendirilebilmenin zorluklarını ortaya koymuştur.

2.4.3 Arayüzlerin düzenlenmesinde doğrusal programlama

Birçok bileşenden meydana gelen daha karmaşık sistemlerin düzenlenmesinde sayısal metodlar da kullanılmaktadır. Doğrusal programla bu sayısal metotlardan bir tanesidir ve insan faktörleri disipliniinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Matematik alanında, özellikle de yöneylem araştırması alanında da, kullanılan bu metot problemleri doğrusal amaç fonksiyonunu, doğrusal eşitlikler ve eşitsizlikler kısıtlamaları ile optimizasyonunun yapılmasına dayanır. Başka bir deyişle oluşturulan modelin tek-amaçlı fonksiyonu ve tüm kısıtlamaları süreklilik gösteren karar değişkenlerinin bütünleşik değerlerinden oluşmalıdır. Burada programlama terimi planlama anlamında kullanılmaktadır.

İnsan faktörleri alanındaki uygulamalarda ise, bu metotla yapılan çalışmaların sonucunda çeşitli bağımsız değişkenlerin manipüle edilmesi ile bazı kriterlerin ya da bağımlı değişkenlerin optimize edilmesi elde edilir. Burada optimum değer bazı durumlarda kriterlerin minimum değeri, bazı durumlarda da kriterlerin maksimum değeridir (McCormick, Sanders, 1993). Deininger (1958) bu metodu bir C-131 uçağının uçuş kabini kontrolleri için uygulamıştır. Çalışmada sekiz farklı kontrolün yerleşimi amacıyla her bir kontrol için frekans değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca pilotların sekiz farklı alanda yer alan kontrollere kör-erişim skorları hesaplanmıştır. Kontrollerin mümkün olan her dizilimi için bu metot kullanılarak bir “toplam maliyet” hesaplanabilir. Bu “toplam maliyet” söz konusu dizilimdeki her bir kontrolün kendi “fayda maliyetinin” toplamıdır. Bu araştırmada C-131 uçağı içi “toplam maliyet”in minimum olması hedeflenmiştir. Burada optimum kavramı “minimum toplam maliyet” anlamına gelmektedir. Ancak, burada, her bir kontrol kendi optimum konumunda değildir. Diğer taraftan tüm kontroller birlikte ele alındığında “bütün” “toplam maliyet” açısından optimum konumdadır. Palmister ve Elatron (1987)’nin otomotiv fabrikalarında kullanılan kontrol panellerinin tasarımındaki çalışmaları, Pulat ve Ayoub (1985)’un süreç kontrolü endüstrisindeki kontrol paneli tasarım çalışmaları, doğrusal programlama metodunun insan faktörleri alanındaki uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir.

2.5 Başlıca Kullanıcı Odaklı Tasarım Metotları

Czaja (1997) sistem geliştirme sürecinde geleneksel, sosyo-teknik, katılımsal, kullanıcı-odaklı, bilgisayar-destekli, ve ekolojik arayüz tasarımı olarak yedi yaklaşım

Gould ve Lewis (1985)'e göre kullanıcı-odaklı tasarım süreci genel olarak dört temel adımdan meydana gelmektedir. Bu adımlar sırasıyla, *kullanıcıların belirlenmesi, kullanıcıların mevcut bilgilerinin tasarımın ilk evrelerine entegre edilmesi, değerlendirme amacıyla kullanıcılara düzenli aralıklarla ürünlerin prototiplerinin test ettirilmesi ve mümkün olduğunca bu testlerin sonucunda tasarımın yenilenmesi* olarak özetlenebilir. Kendini tekrarlayan tasarımın kullanıcılara test ettirilmesi ve yeniden tasarım sürecinde yapılan tasarımın kullanıcıya nasıl sunulacağı önem taşımaktadır. Sade (1999) bu aşamada yedi farklı sunum tekniği üzerinde durarak bunları karşılaştırmaktadır.

- 41

2.6 Tasarım Metodu Olarak Kâğıt Prototipleme

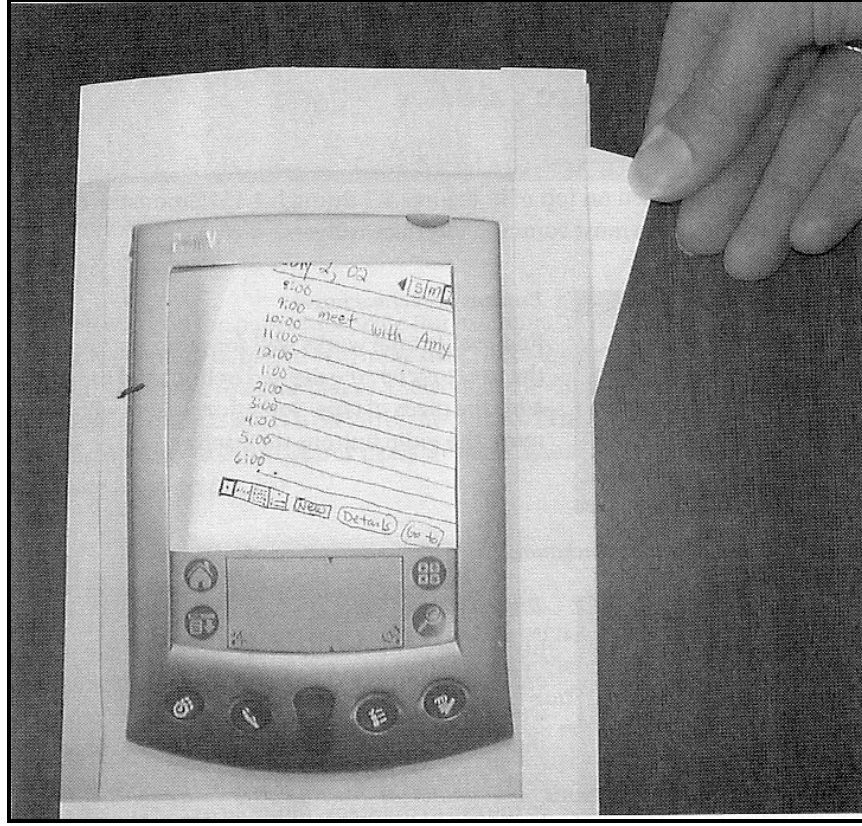
Snyder (2003) kâğıt prototiplemeyi kullanıcı arayüzlerinin yaratılması, tasarlanması, test edilmesi, üzerinde iletişim elde edilmesi ve üzerinde beyin fırtınası yapılabilmesine olanak tanıyan bir metod olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma ek olarak ayrıca, Snyder'a göre (2003) kâğıt prototipleme bir ürünün temsili kullanıcılarının gerçekte var olan ya da var olacak bir arayüzün kâğıt versiyonunu kullanarak gerçekçi görevleri ve işleri gerçekleştirdikleri bir kullanılabilirlik testi türüdür. Süreç boyunca bir kişi “bilgisayar” rolünü üstlenmekte ve bu görevi yerine getirirken tasarlanmakta olan sistemin, yazılımın ya da arayüzün nasıl çalışmasının amaçlandığını teste katılan deneğe açıklamamaktadır.

Snyder (2003) bu metodun kazanımlarını ve avantajlarını şu şeklide sıralamaktadır:

- Ürün geliştirme sürecinde kullanıcılardan somut geri-besleme (*ing. feedback*) elde edilmesine olanak tanır.
- Hızlı ve tekrarlı bir geliştirme sürecini destekler. Sadece bir fikir üzerine odaklanmaktansa, birçok fikrin denenmesine olanak tanır.
- Geliştirme ekibinin kendi içerisindeki ve geliştirme ekibi ile nihai kullanıcılar arasındaki iletişimi kolaylaştırır.
- Herhangi bir teknik yetenek gerektirmez, bu durum çok disiplinli bir ekibin birlikte çalışmasına olanak tanır.
- Ürün geliştirme sürecinde yaratıcılığı teşvik eder.

Kâğıt Prototipleme metodu, bu özellikleri ve avantajları bakımından bir kullanıcı-merkezli tasarım metodudur. Metod kronolojik olarak önce yazılım endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Esnek bir yapıya sahip olan metod arayüzün etkileşiminin tasarlanmasında kullanılabileceği gibi, sadece arayüzün düzenlenmesinde de kullanılabilmektedir. Arayüzün etkileşiminin tasarlanmasında tasarım ekibi, nihai kullanıcı ve “Bilgisayar”(bilgisayar rolünü üstlenen tasarım ekibine dâhil bir kişi) yer almaktadır. Burada tasarım ekibi olarak tanımlanan katılımcılar sadece gözlem yapmakta ve notlar almaktadırlar. Arayüzün ya da bilgisayar ekranının kâğıda bir resmi çizilmekte ve kullanıcıdan bu ekranda bazı görevleri gerçekleştirmesi istenmektedir. Şekil 2.10’da görülen örnekte “ürün modeli” kullanıcının eylemlerine

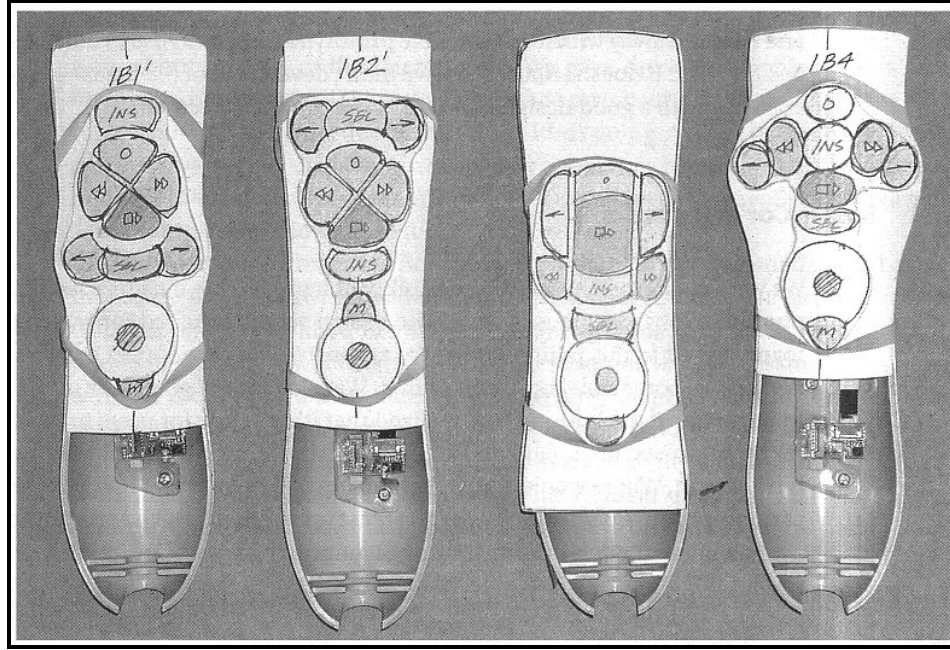
tepki olarak kâğıt formatında hazırlanmış diğer öğelerle yazılımın etkileşimini gerçekleştirmektedir.



Şekil 2.10: Kağıt Prototiplemenin akıllı ürünlerin arayüzlerinin kullanılabilirlik testine uygulanması, fiziksel ürünün ekran kısmı boş kalacak şekilde 2 ya da 3 boyutlu bir modeli yapılabilir (Snyder, 2003).

Sanders (1992) kağıt prototipleme yöntemini, velcro malzeme kullanarak, büyük boy bir askeri yükleyicinin sürücü kabininin arayüz tasarımına uygulamıştır. Sade ve diğ. (1998) teneke içecek kutusu geri kazanım makinesinin kullanılabilirlik çalışmaları için kağıt prototipleme metodunu kullanmışlardır. Çalışmada üç amaç güdülmüştür: ürün fikirlerinin gerçek ortamda kullanılabilirlik testlerinin yapılması, iki farklı alternatif tasarım önerisinin karşılaştırılması ve kağıt prototipleme metodunun üç boyutlu modeller ile birlikte kullanılabilmesi. İki farklı tasarım önerisinin test edildiği çalışmada Oz-büyücüsü tekniği kullanılmış ve tasarım önerilerinin problemleri saptanmaya çalışılmıştır. Grafik tabanlı kullanıcı arayüzleri kağıtlara çizilmiş, üç boyutlu modellerin içinde bulunan ekip üyesi tarafından deneklerin eylemleri doğrultusunda etkileşimli arayüz olarak kullanılmışlardır. Çalışma sonucunda deneklerin manüel tasarımın otomatik tasarıma göre daha rahat kullandıkları sonucuna varılmıştır. Ayrıca toplam 50 kullanıcının katıldığı çalışmanın

literatürde incelenen bu vaka’da ürünün üzerinde yer alacak olan düğme, mikrofon ve hoparlörün yerleşimi kullanıcıya yaptırılarak çeşitli alternatif tasarımlar elde edilmiştir. Bu vakada kullanılan malzeme ise ahşap ve yapışkanlı kâğıtlardır. Cihazın ana gövdesi ahşaptan yapılarak, üzerine arkası yapışkanlı kâğıtlara isimleri yazılmış olan düğmeler, mikrofon ve hoparlör teste katılan kullanıcılar tarafından yerleştirilmiştir. Yapışkanlı kâğıtların boyut ve biçimleri gerçek ürünlerdeki örnekleri ile benzerlik taşımaktadır. (Şekil 2.12).



Şekil 2.12: Dictaphone projesinin tasarım aşamasında kullanılan fome-cor’dan yapılmış modeli üzerine yapıştırılmış düğme, hoparlör ve mikrofon düzenekleri (Snyder, 2003).

Yukarıda verilen örneklerden de görüleceği üzere kâğıt prototipleme metodu nihai kullanıcıların tasarım sürecine katıldıkları bir kullanıcı-merkezli tasarım metodudur. Geliştirilen ve tasarlanan ürün ve sistem fikirleri nihai kullanıcılara bitmiş görünümlerine çok yakın bir biçimde gösterilebilmektedir. Bu bakımdan bu metod çalışmaya katılacak olan nihai kullanıcıların herhangi bir tasarım bilgisine sahip olmaları zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Kullanıcı ürün fikrinin üç boyutlu modeli üzerinde basit düzenlemeler yaparak hızlı bir şekilde tasarım yapabilmekte ve kafasındaki fikirleri kolayca görselleştirebilmektedir. Ayrıca süreç boyunca çalışmaya katılan nihai kullanıcılar sesli bir biçimde düşünerek araştırmacılar için sözel bir veri kaynağı da oluşturmakta ve süreci de bulgularla bir veri kaynağı haline getirmektedir.

Diğer taraftan kâğıt prototipleme metodu, kullanıcı araştırmaları alanında, özellikle farklı taşıt araçlarının ve akıllı ürünlerin kullanıcı arayüzlerinin tasarım aşamalarında, araştırmacılar tarafından kullanılan bir metoddur. Sürece katılan her nihai kullanıcı kendi tasarım tercihini çok açık bir biçimde ortaya koyabilmektedir. Ayrıca katılımcılar tarafından ortaya konan tasarım tercihleri sözel ifadelerle de desteklenmektedir. Bu bakımdan bu metodun uygulamasından elde edilecek veriler araştırmacı tarafından helikopter gösterge panelinin optimizasyonu için önemli olarak kabul edilmiştir. Bu nedenlerden ötürü kâğıt prototipleme metodu bu çalışma için seçilen iki ana veri kaynağından birisini oluşturmuştur. Karmaşık insan-makine sistemi olarak nitelendirilebilecek olan helikopterin kullanıcı arayüzü olan gösterge panelinin düzenlenmesi ve farklı kullanıcı tercihlerin optimum bir düzenlemeye dönüştürülmesi sürecinde kâğıt prototipleme metodunun açık ve kolay anlaşılır verilerinin birincil derecede öneme sahip olağı araştırmacı tarafından düşünülmüştür.

Özellikle Şekil 2.6'de gösterilen gözleme dayanan metotlar, mevcut arayüzlerin iyileştirilmesinde kullanılmakta olup tasarım aşamasında olan arayüzlerde kullanılmamaktadır. Bu bakımdan kullanıcı görüş ve tercihlerini temel alan optimum bir gösterge panelinin düzenlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada araştırma metodu olarak kullanıcı anketi ve kâğıt prototipleme kullanılmıştır. Her iki veri toplama metodundan elde edilen verilerin analiz ve değerlendirmesi için 5. Bölümde detaylı olarak açıklanan süreçler araştırmacı tarafından geliştirilmiştir.

3. İNSAN-MAKİNA SİSTEMİ OLARAK HELİKOPTER

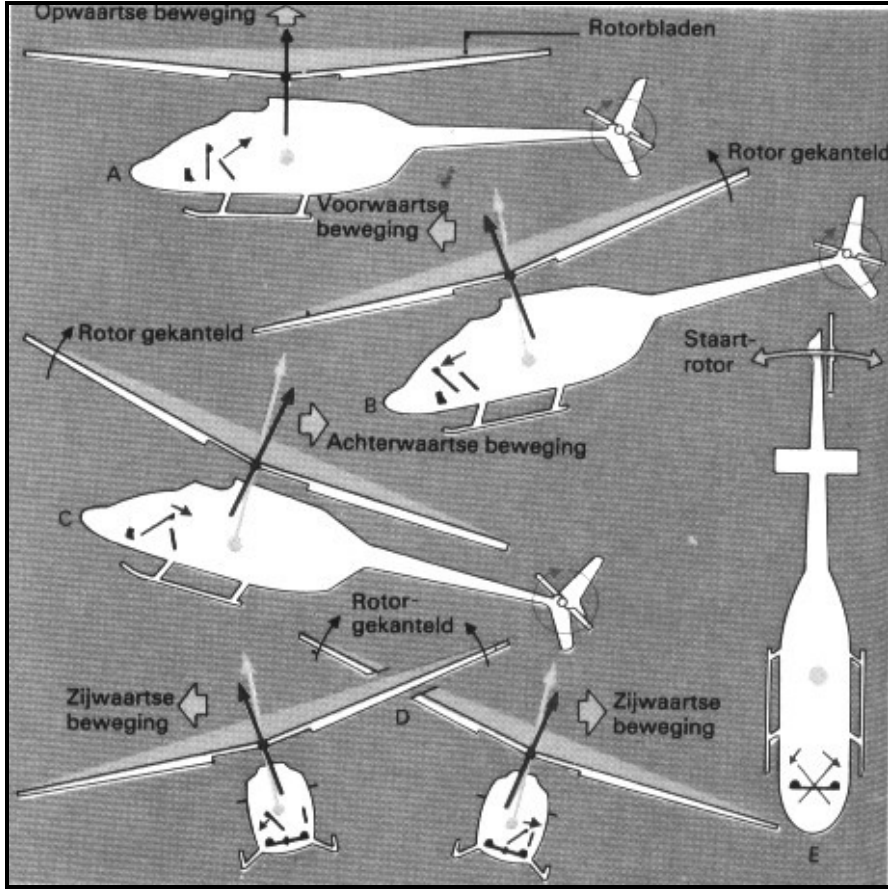
3.1 Helikopterin Genel Özellikleri ve Temel Uçuş Prensipleri

Helikopterler birçok bakımdan uçaklara benzemekle birlikte, bazı önemli noktalarda onlardan büyük ölçüde farklılaşırlar. Bu farklılıklar birçok bakımdan helikopterin uçaktan tamamen farklı bir araç olarak ele alınmasını gerektirebilir. Uçaklar “sabit-kanatlı” araçlar olarak tanımlanırken helikopterler “döner-kanatlı” araçlar olarak tanımlanmaktadır. Uçuş prensibindeki bu temel mekanik fark her iki araç arasındaki, dolayısı ile kullanım süreç ve metotları arasındaki farklılıkların ana sebebidir.

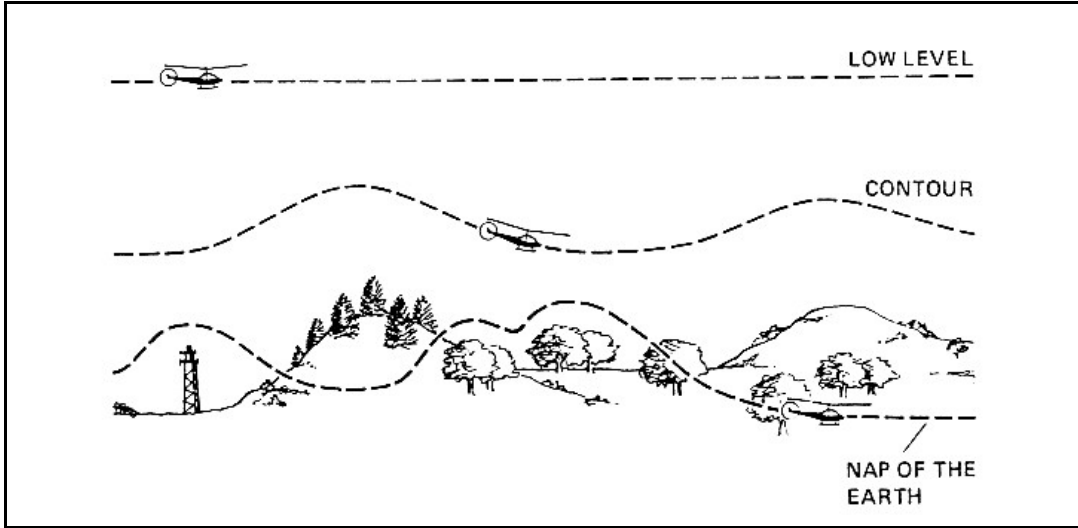
Uçağın kanatları uçak hareket ettikçe basınç farkı yaratarak uçağın uçuşmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan helikopterin rotoru (döner kanatları) kendi eksenini etrafında dönerek basınç farkı yaratmaktadır. Bu oluşan dönme hareketi, helikopterin gövdesinin ters yönde dönmesine sebep olmaktadır. Bu etki aracın kuyruğunda yer alan kuyruk pervanesinin dönerek oluşturduğu ters dönme hareketi ile dengelenmektedir.

Rotordaki kanatların açıları artınca araç yükselmekte, açı azalınca araç alçalmaktadır. Rotor diskinin öne eğilmesi ile de araç ileri doğru hareket etmektedir. Çalışma teknolojisindeki bu temel farklılıklar helikoptere uçaktan farklı olarak havada asılı kalabilme ve her yönde, alçak ve yüksek irtifada düşük hızlarda hareket edebilme yeteneğini kazandırmaktadır. Aracın pilot kabinine, araçta yapılacak değişikliklerle beraber yeni kontrol ve göstergeler eklenebilmektedir. Bu bağlamda helikopterin pilot-aracı arayüzü olan gösterge paneli esnek bir yapıda tasarlanmalıdır.

Helikopter pilot kabinlerinin tasarımını uçak pilot kabinlerinin tasarımından ayıştıran bir diğer faktör de helikopter kazalarıdır. Helikopter kazalarında araçlar uçaklardan farklı olarak çoğunlukla gövde üzerine otururlar. Bu bakımdan kaza anında gösterge panelinin ve kolektif kolunun yerlerinden çıkarak pilotların bacaklarını ezme ve pilotlara zarar verme tehlikesi bulunmaktadır. Pilot kabini tasarımı yapılırken bu nokta göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 3.1’de helikopterin genel uçuş prensipleri görülmektedir.



Şekil 3.1: Helikopterin genel uçuş prensipleri (Url 4).



Şekil 3.2: Üç farklı arazi uçuşunun temsili gösterimleri (Hart 1988).

Diğer taraftan farklı koşullar altında uçuş pilotlar açısından farklı zorlanmalara yol açmaktadır. Amerikan Kara Kuvvetleri bu konuda farklı uçuş koşulları için bir katsayı sistemi (Çizelge 3.1) geliştirmiştir. Helikopterler uçaklardan farklı olarak çok daha alçak irtifalarda, genellikle 150–900 m. arasında uçarlar. Bu irtifaların dışında ise genellikle üç farklı uçuş tipi vardır ve genellikle arazi uçuşu olarak adlandırılır.

Bu uçuş tipleri Şekil 3.2’de görülmektedir. Arazi uçuşunun temel tipleri ise alçak irtifa (*low level*), kontur (*contour*) ve süpürme uçuşu (*NOE-nap of the earth*)’dir. Alçak irtifa uçuşlarında pilot genellikle yerden 60 m. kadar yükseklikte uçar. Kontur uçuşunda ise pilot yükseklik ve hız ayarlaması yaparak daha alçak irtifalarda uçar. NOE uçuşu ise binaların, ağaçların, çalılarının, köprülerin oldukça yakınından geçecek biçimde hız ve irtifa ayarlayarak yapılan bir uçuştur. Bu uçuş tipi daha çok askeri bir uçuş tipi olup genellikle düşman radarlarına yakalanmamak amacıyla uygulanır. (Şekil 3.2). Şekil 3.2’de gösterilen üç farklı uçuş tipinden kontur ve süpürme uçuşu ticari uçuşlarda kullanılmadığından, bu çalışmanın parametrelerinden birisi değildirler.

Çizelge 3.1: Uçuş tiplerine göre personel dayanıklılığı (Hart 1988)

Uçuş Tipi	Katsayı
Gündüz	1,0
Gündüz kontur uçuşu	1,3
Teçhizatlı uçuş	1,4
Gece uçuşu	1,4
Gündüz NOE uçuşu	1,6
Gece arazi uçuşu	2,1
Gece görüş cihazı destekli gece uçuşu	2,3

3.2 Helikopterin Kullanıcı Arayüzü: Kontrol Ve Göstergeler

Günümüzde, özellikle bu çalışma kapsamında, sivil bir helikopterin gösterge panelinde aşağıdaki göstergeler ve uçuş cihazları yer almaktadır; bu göstergeler ayrıca bu çalışma kapsamında tasarlanacak olan gösterge panelinde de yer alacaktır. Gösterge panelinde yer alması gereken göstergelerin listesi İTÜ ROTAM’dan alınmıştır. Çalışmada kullanılacak göstergeler ve işlevlerine ait açıklamalar aşağıda yer almaktadır.

▪ Hava Hızı Göstergesi

Hava aracının hızını çevresinde havaya göre göreceli olarak belirten (genellikle knot olarak) göstergedir. Pilot tüpü içerisindeki havanın basıncını ölçerek çalışır (Bell, 2003).

▪ Yükseklik Göstergesi

Hava aracının bir referans noktasına göre yüksekliğini gösterir. Bu referans noktası genellikle deniz seviyesidir (Bell, 2003).

- Manyetik Pusula

Hava aracının burnunun manyetik kuzeye göre konumunu belirtir. Hava aracı kararlı uçuş yaparken bu gösterge güvenilir bilgi verirken, sağa ya da sola yatış iniş çıkış gibi manevralar yaparken ya da ivmelenirken karışıklığa yol açabilir (Bell, 2003).

- Durum Göstergesi

Hava aracının ufuk çizgisine göre göreceli durumunu gösterir. Aynı zamanda yapay ufuk göstergesi olarak da adlandırılır. Bu gösterge sayesinde pilot hava aracının sağa ya da sola yatık olup olmadığını, burnunun yukarı ya da aşağı doğru olup olmadığını görür (Bell, 2003).

- Yön Gayrosu

Hava aracının coğrafi kuzeye göre konumunu belirten göstergedir. Gayro pusulası (havacılık harici uygulamalarda) ya da *Heading Indicator* olarak da adlandırılır. Günümüzdeki özellikle birçok jet uçağında bu göstergenin yerini Yatay Konum Belirtici (*HSI-Horizontal Situation Indicator*) almıştır (Bell, 2003).

- Saat

- Yunus/Yatış Göstergesi

Dönüşün oranının ve dönüşün koordinasyonunu gösterir. Dönüş oranı gayroskopik olarak gösterilirken, dönüşün koordinasyonu ise eğimli bir cam içerisinde yer alan bir sarkaç ile gösterilir (Bell, 2003).

- Varyo Göstergesi

Dikey hız göstergesidir. Hava basıncındaki değişimleri ölçerek hava aracının alçalma ya da yükselme hızını gösterir (Bell, 2003).

- NavCom

Hava trafik kontrol merkezi (*Air Traffic control*) ile çift yönlü telsiz haberleşmesi için kullanılan frekansların bağlandığı paneldir. Panelin sağ tarafı haberleşme (com) sol tarafı ise seyrüsefer (Nav) amaçlı olarak tasarlanmıştır (Bell, 2003).

- Transponder

Sorgulayıcı bir radyo sinyali aldığında bunu karşılık bir cevap sinyali üreten cihazdır. Hava aracının radarda tespit edilebilmesi için kullanılır (Berkün, 2010).

- Ses Paneli, Marker Alıcı

Hava aracının dışında yer alan ve sinyal yayan ilgili bir noktanın yerini tanımlayan bir göstergedir (Berkün, 2010).

- Otomatik Yön Bulucu

Otomatik Yön Bulucu (*ADF-Automatic Direction Finder*) sürekli olarak hava aracının rotasını uygun bir radyo istasyonuna göre gösterir (Berkün, 2010).

- Mesafe Ölçüm Cihazı

Hava aracının dışında yer alan ve sinyal yayan ilgili bir noktaya olan mesafeyi sürekli olarak ölçen ve bu mesafeyi gösteren göstergedir (Berkün, 2010).

- GPS NavCom

ABD'nin sivil amaçlı seyrüsefer için kullanıma izin verdiği dünya çevresinde sabit yörüngedeki 24 uydudan (*GPS - Global Positioning System*) yararlanarak yön, rota, hız, yükseklik vb bilgileri hesaplayan seyrüsefer cihazıdır (Berkün, 2010).

- Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi-EFIS

EFIS (*Electronic Flight Information System*) Çeşitli seyrüsefer cihazlarından aldığı bilgileri işleyerek tümünü bir ekran üzerinde gösteren bilgisayar sistemidir (Bell, 2003). EFIS birden fazla göstergeler grubu olabileceği gibi, bu çalışmada bir adet elektronik uçuş göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılacak EFIS üzerinde şu bilgiler gösterilmektedir:

- ❖ Gidilen rota (pembe renk ile kodlanmıştır)
- ❖ Çevredeki meydanlar: ABCD şeklinde dört harfli meydan kodları, ve şu anki konumları. ABD'nin meydan kodları K harfi ile başlar, örneğin; KJFK: New York JFK hava alanı, KBOS: Boston, KORD: Chicago O'Hare
- ❖ Hava radarı tarafından tespit edilen yağış (yeşil; az, sarı; orta, kırmızı; yoğun şiddetli yağış)
- ❖ 50 mil skalasında
- ❖ 240 knot yer hızında, 002 başta (*heading*), 8,6 metre (GPS verisine göre) yükseklikte uçmakta olan bir hava aracının bilgileri

- Yakıt Göstergesi

Hava aracının yakıt deposunda ki yakıt miktarını gösterir (Berkün, 2010).

- Yakıt Basıncı Göstergesi

Helikopterin yakıtının basıncını gösterir (Berkün, 2010).

- Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi

Helikopterin transmisyon sistemindeki yağın sıcaklık ve basıncını gösterir (Berkün, 2010).

- Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi

Helikopterin motorunda bulunan yağın sıcaklık ve basıncını gösterir (Berkün, 2010).

- Gaz Sıcaklığı Göstergesi

Türbin egzostundaki gazın sıcaklığını belirtir (Berkün, 2010).

- Gaz Üretici Takometresi (*Gas Producer Tachometer*)

Gaz üretici türbinin hızını Rpm olarak belirtir (Berkün, 2010).

- Rotor / Türbin Takometresi

Helikopterin türbin ve rotorunun dakikada devrini rpm olarak gösterir (Berkün, 2010).

- Torkmetre (*Torque Indicator*)

Motorun krank milinin dönüş oranını belirtir. Genellikle gösterge üzerinde güvenli bölgeler ve tehlikeli bölgeler belirtilir (Berkün, 2010).

Kontroller bağlamında, helikopter pilotu uçak pilotundan farklı olarak daha sık, yoğun ve farklı bir kontrol sürecinin içerisinde. “Sabit kanatlı” bir hava aracı olan uçak ile karşılaştırıldığında, “döner kanatlı bir hava aracı” olan helikopter sürekli kontrol gerektiren bir yapı sergilemektedir. Pilot sürekli olarak aracı uçuş süresince kontrol etmek zorundadır. Sol eli ile levveyi yani kolektif kolunu kontrol ederken, sağ eli ile orta “çubuğu” kontrol etmekte, bu arada her iyi ayağı ile kuyruk rotoru pedallarını sürekli olarak kontrol ederek aracı yanal olarak dengede tutmaya çalışmaktadır. Helikopteri uçurmak ve dengede tutmak bir bakıma bu üç kontrolün dengesine bağlıdır ve bu denge noktası her yeni harekette değişmektedir. Bu durum helikopter pilotunun el ve ayaklarının kullanımını tamamen sınırlamaktadır. Bu sıralanan üç farklı kontrolün pilot kabini içerisindeki konumları Şekil 3.3’de görülmektedir.

Yan yana konumlanmış bir kaptan pilot ve bir ko-pilot tarafından uçurulan bir helikopterde bu üç kontrolden her pilot için birer adet bulunmaktadır. Lovesey (1975) hareket kabiliyetindeki esneklik, doğasındaki dengesizlik ve buna bağlı kontrol problemlerinden dolayı helikopter pilotunu insan faktörleri açısından en zor şartlar altında çalışan bir operatör olarak tanımlamaktadır. Diğer bir deyişle helikopter en zorlayıcı ergonomik sistemlerden birisi olarak kabul edilmektedir.

Diğer taraftan özellikle havada asılı kalma, düşük irtifada ve düşük hızlarda uçuşlarda, pilotun dış ortam ile yeterli bir görüş açısına sahip olması gerekmektedir. Aracın konum değişikliklerini pilot dış çevredeki ağaç, tepe, çalı vb. bir referans noktası ile belirlemektedir. Bu bakımdan kötü hava şartlarında havada asılı kalmak zor bir görevdir.

Pilotun sağ eli ile kontrol ettiği “Çubuk” (Şekil 3.4), helikopterin rotor açısını kontrol etmektedir. Pilot “çubuğu” ileri ittiğinde araç ileri, geri çektiğinde geri, sağa çektiğinde sağa sola çektiğinde ise sola doğru gitmektedir. Bu bakımdan orta kontrol çubuğunun aracın ileri-geri, sağ-sol hareketlerini kontrol ettiği söylenebilir. Bu durum pilotun sağ elinin sürekli olarak kontrol çubuğunu kontrol etmesi dolayısı ile meşgul olması anlamına gelmektedir. Kontrol-gösterge uyumu burada bir diğer önemli problem alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Helikopterlerde irtifayı kontrol eden levye (kolektif kolu olarak da adlandırılmaktadır) pilotun sağındayken altimetre pilotun solunda, hızı kontrol eden kontrol kolu sağında iken hız göstergesi pilotun sağındadır.



Şekil 3.3: Helikopter pilot kabininin genel görünümü ve kontrollerin konumları.



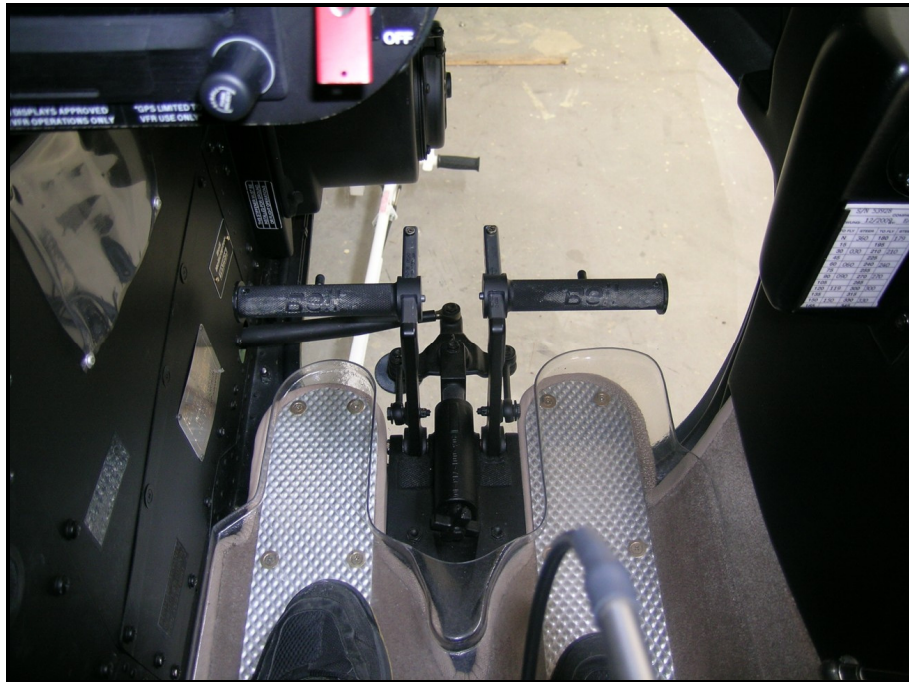
Şekil 3.4: Çubuk (Url 5).

Helikopterin rotorunda yer alan kanatçıkların kendi açılarının değişimi ise aracın alçalıp yükselmesini kontrol etmektedir. Bu hareket pilotun sol eli ile kontrol ettiği kolektif kolu (Şekil 3.5) ile sağlanmaktadır. Bu kontrol aynı zamanda helikopterin motor gücünü de kontrol etmektedir. Her iki kontrolün işlevleri göz önünde bulundurulduğunda aralarında bir bağımlılık ilişkisinin olduğu söylenebilir. Ancak bu durum kuyruk rotoru pedalları (Şekil 3.6) için mevcut değildir. Kuyruk rotoru pedalları rotorun ürettiği hareketten farklı bir etkiyi kontrol etmektedir. Helikopteri sağa çevirmek için pilotun sağ pedala daha fazla basması, helikopteri sola çevirmek için ise pilotun sol pedala ileri doğru basması gerekmektedir. Lovesey'e göre (1975) eğer bu kontrollerin her biri bağımsız ve izole bir biçimde yapılabilseydi, helikopterin uçurulması görevi sabit kanatlı uçakların uçurulmasından biraz daha zor olacaktı. Ancak helikopterin pozisyonundaki ufak bir değişim tüm diğer kontrollerin yeniden yapılmasını gerektirmektedir. Hart (1988) ise helikopter pilotlarının bilgi ve kontrol gereksinimlerinin sabit-kanatlı uçaklarındakinden farklı olmasına rağmen, birçok helikopterin halen sabit-kanatlı uçaklar için tasarlanmış donanım ile donatılmış olduğuna dikkat çekmektedir. Havaalanları ve havacılık prosedürlerinin de sabit-kanatlı uçaklar için geliştirilmiş olması olgusu da bu durumu daha karmaşık bir hale sokmaktadır.



Şekil 3.5: Kolektif kolu (Url 6).

Helikopterin uçuş yeteneklerindeki bu esneklik, onun birçok farklı görevde, sınırlı bir modifikasyonla, kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu görevler arasında havadan yere saldırı, havadan havaya saldırı, anti-denizaltı muharebesi, ağır yüklerin taşınması gibi askeri görevler; hava taksi, hava ambulansı, arama kurtarma, yangınla mücadele, inşaat malzemesi nakliye ve montaj desteği, polis-izleme-takip, havadan film ya da belgesel çekimi, spor etkinliklerinin naklen yayını gibi sivil görevler sayılabilir.



Şekil 3.6: Kuyruk rotoru pedalları.

Lovesey (1975) günümüzdeki helikopter uçuşlarının %90'ının gündüz yapıldığını belirtmektedir. Bu durumda pilot dış ortamla gün ışığı altında VFR'a (Görsel Uçuş Kuralları) uymak zorundadır. Pilotun helikopteri kontrol etmek için ihtiyaç duyduğu bilgilerin büyük kısmı görsel olarak pilot kabini dışından gelmektedir. Bu bakımdan iyi görüş özellikleri bir helikopter pilot kabini için vazgeçilmez bir unsurdur. Bu doğrultuda Lovesey camların sadece yeterli büyüklükte değil, helikopterin uçuş görevlerinin gereksinimleri doğrultusunda yerleştirilmelerini önermektedir. Gece uçuşlarında ise pilot kabini içerisinde genellikle beyaz ışık tercih edilmektedir. Her ne kadar kırmızı ışığın kuramsal açıdan, karanlık adaptasyonu, düşük görme eşiği ve gece kullanımı açısından avantajları bulunsa da, bazı dezavantajları da vardır. Bunların en önemlisi kırmızı renk kodlamasının imkânsız hale gelerek, haritalardaki kırmızı ile gösterilen yol ve sınırların okunmaz hale gelebilmesidir.

Hamilton (1993) iyi bir pilot kabini tasarımı için şu önerileri getirmektedir:

- Bir durumsal farkındalıktan diğer bir durumsal farkındalığa geçiş belirgin bir görev olarak algılanmalıdır,
- Göstergeler pilotların bilgi ihtiyaçları ile uyumlu bir formatta bilgi iletmelidir,
- Karar verme ve durumsal farkındalığı destekleyici bilgiler bir araya toplanmalıdır,
- Görevler için gerekli tüm bilgiler ve bu görevleri kontrol edecek kontroller bir araya toplanmalıdır,
- Daha fazla seçenek pilotları her zaman daha fazla memnun etmeyebilir, daha fazla seçenek pilotun tepki süresini artırır,
- İyi bir menü strüktürü organizasyonu insan faktörleri görev analizine dayanmalıdır,
- Sıkça kullanılan veriler, zaman açısından kritik veriler ve ortak olarak kullanılan verilen her zaman hazır bulunmalıdır,
- İşlevsel olarak kurulum, normal operasyonlar, eğitim ve taktik uygulama gibi konulara ait bilgi, kontrol ve seçenekler, görev aşamasına bağlı olarak gruplara ayrıştırılmalıdır,
- Tutarlılık pilotun en önemli dostu, sürpriz ise en büyük düşmanıdır,
- Pilotlar eğer anlamlı bir kurulum gerektirecekse otomasyondan kaçınır ve tamamıyla aşına olmadıkları sistemlerden uzak dururlar,
- Düğme etiketleri ve durum göstergeleri onu tasarlayan tasarımcının değil, pilotun dilini konuşmalıdır.

Hamilton (1999) gelecekte olması beklenen yeni bir helikopter tasarım ve geliştirme sürecini beş aşamaya ayırmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla şunlardır:

- **İhtiyaçların belirlenmesi:** Bu aşamada tasarlanaca olan helikopterin hangi ihtiyacı karşıladığı, boyutu, aviyonik kabininin ne yapması gerektiği gibi konular belirlenir ve bu belirlenen kriterlerin tasarım sürecinde göz ardı edilmemesi sağlanır [Genel Düzenlemeler; İş&Görev Analizleri, Sistem Gereksinimleri, Sistem/Segment Özellikleri, Yazılım Gereksinimleri]
- **Ön tasarım:** Bu aşamada helikopterin biçimi belirlenir, transmsyonun ve motorun boyutu ve gücüne karar verilir [Dış İskelet Çizgileri, Donanım Ön-Tasarımı, Ön Gösterge Formantı ve Modlama, Sistem/Segmet Tasarım Dokümantasyonu, Arayüz Gereksinim Özellikleri]
- **Detaylı tasarım:** Bu aşamada hava aracının içinin çizgileri belirlenir. İÇ donanımın elemanları üretilir ve bu elemanların aracın genel strüktürüne nasıl monte edileceği üzerinde durulur. Gösterge formatı belirginleştirilerek gerekli yazılım kodları ortaya konur. [İç İskelet Çizgileri, Yerleştirme Çizimleri, Donanım Üretimi, Gösterge Formatları ve Modlama, Yazılım Tasarımı Dokümanları]
- **Montaj:** Bu aşamada helikopterin montajı yapılır. Elektik ve hidrolik transmisyon sistemleri ile uçuş kontrol sistemleri araca monte edilir. [Hava Aracının Montajı, Uçuş Cihazlarının Montajı, Kabul Edilebilirlik Testi, Yazılım Kodlama, Yazılım Testi Ve Sistem Entegrasyonu]
- **Test uçuşu:** Bu aşamada araç özel test pilotları tarafından uçurularak amaçlanan sağlamlık ve performans hedeflerine ulaşıp ulaşılmadığı üzerinde durulur. Uçuş cihazlarının uçuş esnasında çalışıp çalışmadığı incelenir. [Strüktürel Test, Uçuş Kontrolü Testi, Aviyonik Geliştirme Testi, Yazılım Doğrulama ve Güncelleme, Görev Verimliliği Testi]

Hamilton (1999) bu aşamaların ikincisi olan ön tasarım aşamasında öncelikle helikopter kazalarının uçak kazalarından farklılığı üzerinde durmanın gerekliliğine işaret etmektedir. Helikopterler uçakların tersine dikey bir biçimde gövdelerinin üzerine düşmektedirler. Buna bağlı olarak tasarımcı gösterge panelinin koparak, kırılarak bölünerek pilotun bacaklarına zarar verebileceğini ve kolektif kolu ve kontrol çubuğunun personele zarar verebileceği hususunu göz önünde bulundurmalıdır. Ancak bu durumda bu kontroller güvenli bir mesafeye konduklarında normal bir görevde erişim mesafeleri artarak kullanımları zorlaşmaktadır.

3.3 Cam Pilot Kabinleri

Hava araçlarının gösterge paneli tasarımında güncel bir gelişme de cam pilot kabinlerdir. Elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak uçak ve helikopterlerin göstergeleri ve buna bağlı olarak gösterge panellerinde “cam pilot kabini” uygulamasına geçiş eğilimi gerçekleşmektedir. Cam pilot kabini kısaca göstergelerde pilota iletilen bilgilerin LCD ekranlardan gösterilmesi olarak tanımlanabilir. Geleneksel gösterge panellerinde yer alan çok sayıda analog ve mekanik gösterge yerini az sayıda elektronik monitör almaktadır. Bir tek monitörde birden fazla analog ve mekanik göstergenin işlevi yerine getirilmektedir. Cam pilot kabinlerin bir diğer avantajı ise, monitörlerden herhangi birinin arızalanması durumunda arızalı monitörde gösterilen verilerin diğer monitörde gösterilebilmesidir.

Klasik anlamda analog göstergeler yerlerini bilgisayar tabanlı elektronik göstergelere bırakmaktadır. Şekil 3.7’de C5-A uçağının elektro-mekanik göstergeli uçuş kabini görülürken, Şekil 3.8’de de aynı uçağın cam pilot kabini teknolojisi ile donatılmış hali görülmektedir.



Şekil 3.7: C5-A uçağının geleneksel analog göstergelerle donatılmış hali (Url 7).



Şekil 3.8: C5-A uçağının glas pilot kabini olarak donatılmış hali (Url 8).

3.4 Çeşitli Helikopterde Yer Alan Gösterge Paneli Örnekleri

Çalışmanın bu bölümünde halen kullanımda olan çeşitli sivil helikopterlerin gösterge panelleri görsel olarak örneklenecektir. Kara araçlarının gösterge panelleri incelendiğinde aralarında genel bir benzerlik olduğu görülmektedir. Ancak bu durum hava araçlarında arasında farklılaşmaktadır. Aracın genel özelliklerine bağlı olarak pilot kabininin tasarımı ve buna bağlı olarak gösterge panelinin düzeni, tasarımı, boyutları, içerdiği gösterge sayısı ve tipleri büyük farklılıklar göstermektedir.

Helikopterlerin kabin tasarımını etkileyen başlıca faktör aracın aerodinamik yapısı ve tasarımıdır. Bir başka deyişle helikopterin gövdesinin dış tasarımı uçuş kabininin tasarımını; uçuş kabininin tasarımı da gösterge panelinin tasarımını doğrudan etkilemektedir. Bu olgu helikopterde kullanılacak olan gösterge panelinin tasarım ve düzenini de doğrudan etkilemektedir. Bu farklılıkların örnekleme amacıyla bazı helikopterlerde kullanılmakta olan gösterge paneli tasarımları bu bölümde örneklenmiştir (Şekil 3.9; Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15).



Şekil 3.9: Bell UH-1H gösterge paneli (Url 9).



Şekil 3.10: Ace Helicopter Safari Baby Belle gösterge paneli (Url 10).



Şekil 3.11: Aerospatiale SA 366 gösterge paneli (Url 11).



Şekil 3.12: Eurocopter EC135 gösterge paneli (Url 12).



Şekil 3.13: Eurocopter EC120 gösterge paneli (Url 13).



Şekil 3.14: Augusta A109 gösterge paneli (Url 14).



Şekil 3.15: Bell 430 gösterge paneli (Url 15).

Yukarıda verilen bu örneklerden Şekil 3.9’da görülen Bell UH-1H; Şekil 3.10’da görülen Ace Helicopter Safari Baby Belle, Şekil 3.11’de görülen Aerospatiale SA 366’nın gösterge panelleri geleneksel elektromekanik göstergelerden oluşan gösterge panelleridir. Şekil 3.12’de görülen Eurocopter EC135, Şekil 3.13’ de görülen Eurocopter EC120’in gösterge panelleri kısmen geleneksel kısmen glass kokpit arayüz öğelerinden oluşmaktadır. Şekil 3.14’de görülen Augusta A109 ve Şekil 3.15’de görülen Bell 430’un gösterge panelleri ise cam kokpit sistemleridir.

3.5 Pilot Kabini İçerisindeki İş Yükü

Helikopter pilot kabinindeki iş yükü, uçuş görevlerinin, izleme gerektiren görevlerin, kontrol gerektiren görevlerin ve pilotun görevinin bir sonucudur. Bu bağlamda, iş yükünü ortaya çıkaran zorlayıcı faktörler pilot kabini dışı (evresel ve uçuş bağlantılı) ve pilot kabini içi (uçuş kontrollerinin ayarlanması, göstergelerin okunması gibi) doğrudan uçuş gereksinimlerini etkileyen faktörlerdir. Burada pilot kabini iş yükü doğrudan doğruya pilot kabini tasarımınnın bir sonucudur.

Helikopter pilot kabinindeki en önemli iş yükü kaynağı, sürekli olarak iki farklı yere bakmayı ve izlemeyi gerektiren görevlerdir. Pilot bir yandan uçuş görevinin getirdiği gerekliliklere bağlı olarak dışarı bakmakta, aynı zamanda da gösterge panelini takip etmektedir. Bu durum görsel dikkatin sürekli olarak odak değiştirmesine ve iş yükünün atmasına sebep olmaktadır. Pilot için diğer iş yükü kaynakları, farklı duysal kaynakları dinlemek (helikopter radyo kanalları; ko-pilot), durumsal farkındalığı sürdürme ve pilot kabini düzeninin akılda tutulabilmesidir. Pilot düğmelerin ve göstergelerin nerede olduğunu bilmek zorundadır.

Helikopter uçuşlarında genellikle dışsal uçuş görevleri ile helikopterin içsel görevleri birbirleri ile çakışır. Pilot sürekli olarak bunlardan o an önemli olan bir tanesine odaklanmak zorunda kalır. Çok işlevli göstergeler farklı zaman aralıklarında farklı bilgileri gösterirler. Mürettebat kendilerine sunulan seçeneklerden neyi gösterileceğini kontrol edebilmelidir.

Hamilton'a (1999) göre helikopter pilot kabinindeki en çok rastlanan iş yükü tipi aynı zamanda iki farklı noktaya bakmayı gerektiren görevlerdir. Genellikle pilot pencereden dışarısını sürekli olarak izlerken aynı zamanda da pilot kabini içerisinde göstergeleri takip etmek ya da okumak zorundadır. Diğer bir iş yükü tipi ise radyo, ko-pilot ve helikoptere ait duysal kaynakları aynı zamanda dinlemek mecburiyetidir. Durumsal farkındalığın sürekli olarak canlı tutulması gerekliliği de bir başka iş yükü kaynağıdır. Pilot kabininin düzeneğinin hatırlanması gerekliliği ise pilot açısından bir diğer iş yükü kaynağını oluşturmaktadır. Uçuş ya da göreve ait dışsal gereklilikler sürekli olarak içsel gerekliliklerle çakışma halindedir ve öncelik devamlı olarak yer değiştirmektedir. Pilot çakışmadan hemen sonra orijinal göreve geri dönerek bir sonraki önceliğe karar vermelidir. Claman ve Kaber (2004)'e göre havacılıktaki arayüz problemleri, gösterilen bilginin miktarını ve arayüzleri bütünleştirilmesini

kapsamaktadır. Hava aracında, yoğun olarak yerleştirilmiş kontroller ve uyarı cihazları tarafından üretilen çıktılar, durum göstergeleri, uçuş güzergahı göstergeleri (*flight path displays*), HTK-Hava Trafik Kontrol veri linkleri, meteoroloji bilgileri, navigasyon bilgileri ve haberleşme gibi, uçuş kabinindeki uyarıların sayısı anlık durumsal farkındalık ihtiyacı ile birleştğinde pilotlar açısından aşırı bir zihinsel iş yüküne yol açmaktadır. Diğer taraftan uçuş kabinine pilotların yükünü azaltabilecek yeni teknolojilerin eklenmesinin doğurduğu avantajlar, tam ters yönde iş yükünü yeniden artırabilecek yeni sistemlerin eklenmesi ile kaybedilmediğidir.

3.6 Pilot Etkinliği

Helikopter pilot kabininin ve kullanım süreçlerinin anlaşılabilmesi ve değerlendirilebilmesi açısından pilot etkinliğinin ölçülmesi, insan faktörlerinin diğer araştırma alanlarında olduğu gibi, bir zorunluluktur. Lovesey (1975) bu durumda araştırmacı için iki yol bulunduğunu belirtmektedir. Birinci metotta araştırmacı pilotun yanına oturarak uçuş süresince pilotun hareketlerini, davranışlarını ve eylemlerini not edecektir. Ancak, bu metodun, araştırmacının her zaman pilotun davranışlarını tam olarak algılayamaması ve pilotun araştırmacının kendisi hakkında not aldığını fark ettiğinde doğal davranışlarını farkında olmadan değiştirebilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Diğer metot ise, pilot kabini içerisine bir sinema kamerası yerleştirilerek uçuş boyunca film çekimi yapılmasıdır. Yine Lovesey pilot kabini içerisine bir kamera yerleştirmenin zorluğuna dikkat çekmektedir. Ancak elektronik teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak kameraların boyutlarının son derece küçüldüğü göz önünde bulundurulursa, günümüzde bu metodun daha sağlıklı uygulanabileceği söylenebilir. Kayıtlar daha sonra bir stüdyoda kare-kare, saniye-saniye incelenebilecektir. Lovesey bu yolla geniş açılı bir “balıkgözü” objektifli kamera kullanarak beş farklı tipte helikopter ve bir sabit kanatlı uçakta yedi pilotun farklı görevlerdeki uçuşlarını video çekimi yaparak pilot etkinlik çizelgeleri elde etmiştir. Daha sonra pilotların el ve baş hareketleri “Radar altı uçuş” ve “seyir” uçuş tipleri için etkinlik örüntüleri çizelgeleri oluşturmuştur. Lovesey’e göre (1975) “Radar altı uçuş”da pilotlar diğer uçuşlara göre daha fazla içeri bakmaktadır. Bu paradoksun sebebi alçaktan hızlı bir uçuşta pilotun yeteri derecede ileriye görememesi ve haritaya bakmayı tercih etmesidir. İyi eğitilmiş pilotlarda pilotların baş hareketleri helikopterden çok görevin bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır.

Küçük ya da orta boy helikopterlerde alçak irtifada uçuşlarda pilot zamanının en az dörtte birini pilot kabini içerisine bakarak harcamaktadır. Burada göstergelerin ve gösterge panelinin tasarımı önem taşımaktadır.

4. HAVA ARAÇLARININ GÖSTERGE PANELLERİNİN DÜZENLENMESİNDE UYGULANAN METOTLAR

İnsan faktörleri literatüründe uçuş kabinlerinin şu dört temel bileşenden meydana geldiği kabul edilmektedir: pilot veya pilotlar, donanım, yazılım, çevre (Hawkins, 2002). Yine Hawkins'e göre uçuş kabinindeki temel kısıtlayıcılar; hava aracının karmaşıklığı, aerodinamik özellikler (aracın genel geometrisini dolayısıyla uçuş kabinin geometrisini doğrudan etkilemektedir) ve pilotlar arasındaki mesafe olarak belirtilmektedir.

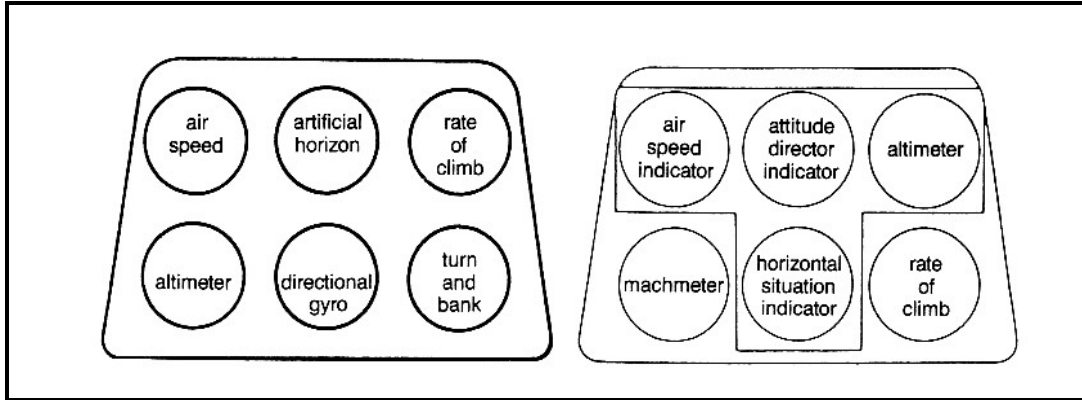
Sexton (1988)'a göre son 30 yılda havacılık sistemlerinin modernizasyonu kontrol ve göstergelerin parça parça güncellenmesi şeklinde olmuştur. Uçuş kabinlerine yeni göstergelerin ve kontrollerin yerleşimleri, kabinin tasarımın yeniden ele alınmaksızın mevcut boş alan bulundukça yapılmıştır. Zaman içerisinde bu durum sezgisel bir biçimde kullanılamayacak biçimde göstergelerin, düğmelerin ve diğer kontrollerin karmaşık düzenleriyle sonuçlanmıştır. 1970'li yıllara kadar uçuş kabini düzenleri ve teknolojileri 1930'lu yıllardan çok büyük farklılık göstermemiştir.

Uçaklardaki gösterge panellerinin tasarlanması ve göstergelerin düzenlenmesi problemi ilk olarak 1930'lu yıllarda İngiltere'de ele alınmıştır. Bu yıllarda James Doolittle yapılan çalışmaların geniş ölçekte pilot camiasında kabul görmesinde önemli rol oynamıştır. 1937'de İngiltere'de Kraliyet Hava Kuvvetleri (*RAF-Royal Air Force*) savaş yıllarında kullanılacak olan uçakların gösterge panellerinin düzenine ilişkin detaylı bilgileri oluşturup yayınlamıştır. Görsel tarama alanında yapılan çalışmalarla bu panel düzeni genel yapısını muhafaza ederek temel "T" biçimine ulaşmıştır. Bu "T" düzeni günümüzde kullanılmakta olan en ileri teknolojik düzeydeki elektronik gösterge ve kontrol panellerinin de temelini oluşturmaktadır (Hawkins, 2002).

Bu temel "T" paneli dört temel parametrenin hızlı ve doğru bir biçimde görsel taranması ihtiyacına yönelik olarak değişime uğramıştır. Bu parametreler, en önemlisi konum olmak üzere, hız, konum, irtifa ve burun pozisyonudur (*speed*,

altitude, attitude, heading). Tüm bu parametreler doğrudan doğruya uçuşla ilgilidir. Gösterge ve kontrol panelinin diğer bir işlevi ise özellikle kontrol okuması yapabilmek için sayısal bilgileri göstermektir. Burada özellikle Gestalt prensibinin uygulanması önem taşımaktadır. Bu prensibe göre insanlar birçok parçadan oluşan bir sistemi öncelikle bir bütün olarak algılama eğilimindedirler. Bütünü meydana getiren ibrelerden bir ya da bir kaçının normalden farklı konuma gelmesi kullanıcı tarafından kolaylıkla algılanacaktır.

Uçuş kabinlerinde bulunan diğer bir gösterge ve kontrol paneli ise yakıt, elektrik, pnömatik ve hidrolik sistemlerin görüntülediği ve kontrol edildiği sinoptik paneldir. Burada sistemler şematik olarak görüntülenir. Uçuş yönlendirme ve kılavuzluk paneli ise (*flight guidance*) genellikle kanopide bulunan alana yerleştirilir. Bu panelin konumu genellikle sayısal okumalar ve erişim açısından ele alınmaktadır. Radyo, kapalı devre telefon, devre kesici ve kapı kontrol ve göstergeleri ise farklı bir panelde yer almaktadır. Hawkins'e (1976) göre bunların her biri işlevlerine göre düzenleme ve optimizasyon gerektirir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Savaş öncesi RAF standart gösterge paneli düzeni (Hawkins, 2002).

Diğer taraftan, RAF ile aynı yıllarda bu çalışmaları ilk yapan araştırmacılardan McFarland o zamana kadar Amerika'da gerek askeri gerekse sivil havacılık alanında birbirine benzer gösterge/kontrol panellerine sahip iki farklı uçak bulabilmenin güçlüğüne işaret etmektedir (McFarland, 1946). Farklı gösterge panellerinin pilotlar tarafından memnun ediciliğini temel alan bir standart bulunmamakta, daha çok tecrübe ve alışkanlıklar bu konuda yol gösterici olmaktadır. McFarland'a göre şu faktörler gösterge/kontrol panelinin tasarım ve düzenini etkileyebilir:

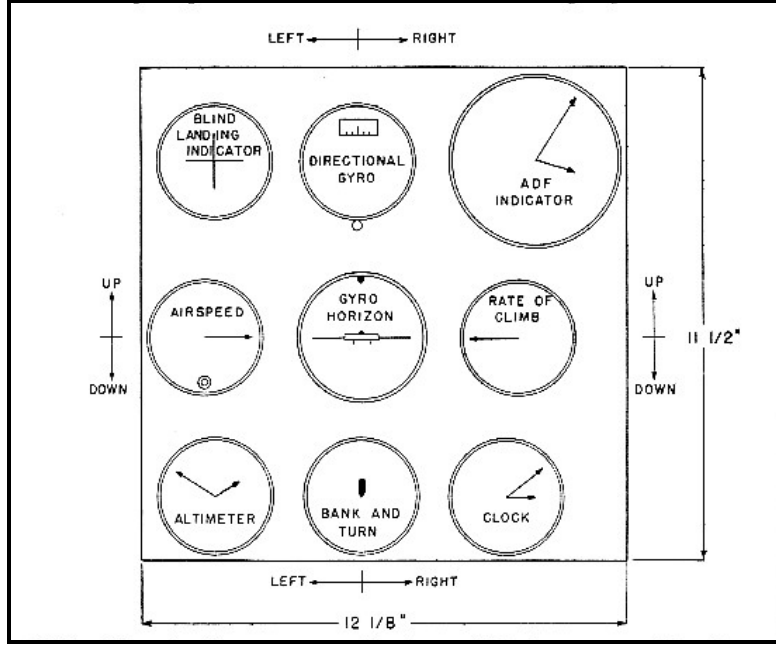
- Birincil öneme sahip uçuş gösterge ve kontrolleri her iki pilot tarafından rahatlıkla görülebilmedir. İniş ve kalkış esnasında pilotlar konumlarını

değiştirmemelidir. Gayro gibi göstergeler her iki pilot için de bulunmalıdır. Ayrı göstergeler ayrıca paralaks etkisini hafifletecektir.

- Aletli uçuş sırasında göstergeleri gruplayarak gözün tarama alanını daraltmak pilotlar açısından faydalı olacaktır. Göz hareketlerinin artan frekansı ve toplam açısı göz kaslarında yorulmaya yol açacaktır.
- Birbirlerine benzer özellik ve biçimlere sahip göstergelerin birbirlerine çok yakın olarak yerleştirilmesi doğru değildir. Yükseklik göstergesi (altimetre) ve saat'in genellikle karıştırıldığı rapor edilmiştir. Kritik durumlarda bu gibi hatalar kazalara yol açabilmektedir.
- Göstergenin tasarımı sabit bakış süresinde anlam belirsizliğine yol açmayacak biçimde yapılmalıdır. Pilot bir göstergeye uzun süre bakarsa burada şekil ve zemin birbiri ile karıştırabilmektedir.
- Göstergeleri ayarlayıcı, veri girici ve düzenleyici tüm düğmelerin dönme yönleri işlevleri ile örtüşecek biçimde standartlaştırılmalıdır.
- Gösterge ve kontrol panelindeki göstergeler uygun gruplanma ve işlev tanımına göre düzenlenmelidir. İlk günlerden itibaren pilotların, bazı göstergelerin ayrı tek başlarına göstergeler olmaları yerine, bütünleşik olarak tek gösterge haline gelmeleri gerektiği yönündeki ortak görüşleri işlevsel bir gruplamanın yetersizliğine işaret etmektedir. Örneğin gayro ve gayro-ufuk göstergeleri doğrudan pilotun önünde yer alacak biçimde tek bir göstergede bütünleşebilir.
- Göstergede meydana gelen hareketin sistemin davranışı ile örtüşmesi önemlidir.

Diğer taraftan McFarland, pilotlar arasında yapılan bir saha çalışmasında bu alandaki en önemli ihtiyacın göstergelerin konumlarının standartlaştırılması olduğunu belirtmektedir.

Gray ve Flower (1943) da göstergelerin yerleşimi için bir model geliştirmişlerdir. Bu modele göre öncelikle göstergeler 1m²'lik bir kare alana toplanmakta ve bu alanda işlevleri bakımından uçağın sağa-sola ve aşağı-yukarı hareketleri ile örtüşecek biçimde yerleşmektedirler (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Gray ve Flowers'ın önerdiği gösterge paneli düzeni (Hawkins, 2002).

Bu tasarıma göre:

- Gayro-ufuk göstergesi uçağın en önemli göstergesidir ve kare düzeneğin tam ortasında yer almaktadır.
- Hava-hızı, gayro-ufuk ve tırmanma oranı göstergeleri kare düzeneğin yatay eksenini boyunca konumlanmışlardır. Bu göstergeler uçağın sağ-sol hareketleri ile örtüşen göstergelerdir.
- Yön gayrosu, gayro-ufuk ve dön-yat göstergeleri ise uçağın aşağı-yukarı hareketleriyle örtüşmekte olup kare düzeneğin dikey eksenini boyunca konumlanmışlardır.

Kelley (1972) ise, gösterge panellerinin tasarlanması ve düzenlenmesinde iki farklı yaklaşıma dikkat çekmektedir. Bunlar sırasıyla operatörün bilgi gereksinimlerinin analizi ve deneysel çalışmadır. Bilgi gereksinimi analizi, veri kaynaklarının göreceli önemi hakkında bilgileri ve bunların arasındaki bağıntıları ortaya çıkaracaktır. Diğer çalışma metodu ise simülator ya da gerçek ortamlarda yürütülecek, operatörlerin neyi tercih ettikleri hakkında bilgi verirken, gösterge panelinin düzenleme sürecindeki öncelikli temelini oluşturur. Ancak her iki yaklaşımın da zayıf noktaları bulunmaktadır. Yazar analitik yaklaşımın en önemli zayıf noktasının, manüel kontrol kuramının dar bir sistem sınıfı dahilinde gelişmiş ancak karmaşık sistemler için

yetersiz olduğunu savunmaktadır. Operatörün kullanım süreci boyunca planlar yaptığı sistemler için bu olgunun geçerli olduğu savunulmaktadır.

Göz hareketleri ve göz sabitleme vb. verilerden oluşan deneysel yaklaşıma olan aşırı güvenin de bu yaklaşımın zayıf noktası olduğu belirtiliyor. Bu bakımdan Kelley tasarımcının her iki yaklaşımı da iki aşamada kullanması gerektiğini savunmaktadır. Başlangıç aşamasının, operatör için gerekli olan bilgilerin analizi olması gerektiği belirtiliyor. Bu analiz gösterge düzeni için kabaca bir kılavuz işlevi görecektir. Daha sonraki aşamada ise bu ilk aşamadan elde edilen verilerle tasarımcı yapmış olduğu tasarımları simülâtörde deneysel olarak test edecektir. Ayrıca Kelley de diğer araştırmacılar gibi gösterge entegrasyonu üzerinde durmaktadır. Bazı göstergelerin bütünleştirilmesi panel tasarımını farklı bir boyuta taşıyacaktır. Bütünleşik bir göstergenin tasarımı kendi zorluklarının barındırmakla beraber kazanımları da yüksektir.

Diğer taraftan Lovesey (1977) uçaklardaki gösterge sayısındaki artışını incelemiştir. Teknolojideki ilerlemelere ve farklı işlevlere bağlı olarak gösterge sayısındaki artış ve gösterge panellerinin karmaşıklığının gelecekte daha da artabileceğini öngörmektedir. Çözüm yolu olarak iki veya üç ibreli ve elektronik göstergeleri incelemektedir. Ancak bunların kullanımı son derece dikkatli ve pilotun bilgi gereksinimleri doğrultusunda yapılmalıdır. Yanlış kullanım hatalara ve kazalara yol açabilecektir. Üç ibreli altimetrelerin yanlış okunmasına bağlı ölümcül kazalar buna iyi bir örnektir. Buna karşın tek ibreli ve dijital okumalı göstergeler birçok zorluğun üstesinden gelebilmektedir. CRT göstergeler ise sadece istenilen bilgiyi gösterebilecek sistemlerdir. Bir CRT gösterge ile pilota “T” gösterge panelinde olduğu gibi, hava hızı, irtifa, hız ve baş pozisyonu gibi, sadece temel uçuş bilgileri verilebilir.

Cox ve diğ. (2004) ise konuya sistemi daha da geliştirerek uçuş kabini ve hava trafik kontrol sistemi açısından ele almıştır. Bu iki sistem aslında bir üst sistemin parçalarını oluşturmaktadır. Sistem içerisinde bilgi akışı bulunmaktadır. Bu bağlamda data-link ya da pilot denetimli hava trafik kontrolü (*pilot mediated air traffic control*) gibi yeni teknolojilerin pilot- hava trafik kontrol (HTK) işbirliğine etkisi olacaktır. Bu bağlamda FACE projesi kapsamında Joint Cognitive System yaklaşımıyla sistemde veri toplama üzerinde çalışılmıştır. Bu aşamada metot olarak öncelikle doğrudan gözlem, video analizi, görüşmeler ve saha çalışması teknikleri

kısaca tanımlandıktan sonra bu tekniklerin uçuş kabini-HTK üzerinde araştırma yapma bağlamında analizi yapılarak sonuçlar bir çizelge haline getirilmiştir. Bu çizelge bu tekniklerin FACE projesinde kullanılabilmesinde bir zemin oluşturmak üzere tasarlanmıştır.

FACE projesinde elde edilen transkriptlerin analizi sonucunda radyo ve telefon iletişim sürecindeki yanlış anlamaların çok yaygın olduğu sonucu desteklenmektedir. Ayrıca uçuş kabinindeki bilgi kaynaklarına paylaşımlı erişime duyulan ihtiyaç üzerinde durulmaktadır. Transkriptlerin analizlerinde mevcut teknolojilerin problemlerini saptamayı ve öngörülen gelecek teknolojilerdeki olası problemleri öngörmeyi sağlamıştır.

Tasarım halindeki ve yakın geleceğe yönelik uçak pilot kabinlerinin denemesi ve değerlendirilmesi Chappell ve Sexton (1986) tarafından ele alınmıştır. Çalışmada NASA ve Lockheed-Georgia Corp. Tarafından geliştirilen ACFS (*Advanced Concepts Simulation Facility*) simülasyon sistemi ele alınmaktadır. ACFS sistemi çalışmaya göre 10 senelik bir projeksiyon yaparak 1995 yılında uçuşu planlanan bir ticari uçağın pilot kabininin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Simülasyonda tam bir uçuşun canlandırılması amaçlanmakla beraber yeni pilot kabini gösterge ve prosedürlerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi içinde kullanılması hedeflenmiştir. Diğer taraftan ACFS bir uçak pilot kabininden daha çok bir masaya benzemektedir. Burada 10 adet çok işlevli gösterge ve beş adet de dikey konumlanmış CRT bulunmaktadır. Her iki pilot da tüm gösterge ve kontrollere erişebilmektedir. Uçuşa başlanmadan önce iki pilota uçuş operasyonlarını içeren bir veri modülü verilmektedir.

Newman ve Greeley (2001) gösterge tasarımı ve buna bağlı olarak tasarlanan göstergelerin değerlendirilmesini ele almışlardır. Bu bağlamda araştırmacılar uçuş göstergelerinin tasarımı için beş adet görev öngörmektedir:

- İhtiyaçların tanımlanması,
- Tasarım,
- Mühendislik analizi,
- Geri-beslemeli test ve değerlendirme,
- Dokümantasyon.

Bu yaklaşımda özellikle ihtiyaç tanımlanması aşamasının tasarım aşamasından önce yer alması gerektiği vurgulanıyor. Bu aşamada üç farklı ihtiyaç tanımlanması yapılıyor:

- Operasyona bağlı gereksinimler,
- Görev analizi ve bilgi gereksinimleri,
- Eğitimsel gereksinimler.

Diğer taraftan Rolfe (1976) pilot kabini tasarım sürecinde üç temel kısıtlayıcıyı tanımlamaktadır:

- Aracın karmaşıklığı,
- Görev profili,
- Aracın boyutu ve biçimi,

Bu üç kısıtlayıcı faktör uçak ya da helikopterin uçuş kabinini bir başka deyişle pilot kabinini içerik, çevre ve boyut bakımından doğrudan etkilemektedir. Burada insanın kullanılması, verimli bir insan-makine sistemi performansı için psikolojik gereklilikleri, etkinlik ve hayatta kalabilme açısından fizyolojik gereklilikleri ve yeterli çalışma alanı için de fiziksel gereklilikleri ortaya koymaktadır. Bu bağlamda Rolfe (1976) pilot kabini tasarımına yönelik bir değerlendirme kontrol listesi ortaya koymuştur. Bu çalışmanın araştırma metodunda kullanılan Mc Cormick ve Sanders'in tanımladığı temel kriterler, Rolfe (1976)'in kontrol listesinde de yer almaktadır. Bu çalışmadan hareketle pilot kabini tasarımı için geliştirilen bu kontrol listesi; gösterge panelinin analizine yönelik bir kontrol listesinin geliştirilmesi için daha sonraki çalışmalar için bir hareket noktası teşkil edebilir.

Freund ve Sadosky (1967) gösterge paneli yüzeyini dağıtmak bölüştürmek için lineer programlama metodunu uygulamıştır. Sonuçta problemin karmaşık bir yapıda olduğuna karar vermişlerdir. Barlett (1973) kullanıcıların göz hareketlerinden yola çıkarak alternatif gösterge paneli tasarımları geliştirmiştir.

Wickens ve meslektaşları (1992) ise, benzer işlerle kullanılan elemanların birbirine yakın konumlandırıldığı, benzer renk kodlamasına sahip olduğu ya da bağlayıcı özelliklerle birbirleriyle bağıntılı olduğu, PCP metodunu (*Proximity Compatibility Principle*) geliştirmişlerdir.

Göstergelerin niteliklerini ölçmek için kullanılan metotlar, genellikle “Uçuş Kalitesi-FQ” ve “Kullanım Kalitesi-HQ” testleri ile oldukça benzerlik göstermektedir. Burada uçuş kaliteleri (FQ-*Flight Qualities*), hava aracının kendi doğasında var olan yapısal özellikleridir ve görsel koşullar ile gösterge sisteminden bağımsızdırlar. Genellikle optimum görsel şartlarda tanımlanırlar. Kullanım kaliteleri (*Handling Qualities-HQ*) ise belirli bir görev doğrultusunda belirli görsel şartlar altında uçan bir hava aracının kaliteleri ile ilgili bir kavramdır. Bu bakımdan iyi görsel şartlar altında FQ’dan HQ’ya doğru, kötü görsel şartlar altında ise HQ’dan FQ’ya doğru bir ilerleme gerçekleşmektedir. Her türlü hava aracının başarısının ölçüsü görevini ne derece yerine getirdiği ile ilgilidir. Buna bağlı olarak bir hava aracının göstergesinin başarısının ölçüsü de pilotların o uçak ya da helikopteri belli bir görev doğrultusunda ne derece kontrol etmesine imkân tanıdığı ile ilgilidir.

HQ testi uçuşu temel alan bir ölçümdür. Burada bir uçuş görevi verilerek performans kriterleri belirlenir ve test pilotu bu görevi gerçekleştirmeye çalışır. Test pilotlarından performansın değerlendirmesi talep edilir. Bu yolla dört değerlendirme aşamalı olan bir performans derecelendirme çizelgesi elde edilir. Burada genel raporlama formatı Cooper-Harper (1969) uçuş kalitesi derecelendirmesidir (*Handling Qualities Rating-HQR*). Burada pilota bir karar ağacı (*decision tree*) sunulmak suretiyle belirli soruları cevaplaması talep edilerek ölçüm yapılır. Sorular “Geliştirmeye gerek var mı?” ya da “Tolere edilebilir iş yükü ile belirli bir performansa ulaşılabilirimi?” şeklinde olup bu soruların altında üç alternatiften birini seçerek subjektif değerlendirmelere ulaşılır.

Diğer taraftan uçuş göstergelerinin iki önemli özelliği göz önünde bulundurulmalıdır:

- Pilot herhangi bir parametrenin değerinin doğru olarak okuyabilmekte midir?
- Bu gösterge söz konusu parametreyi kontrol etmek için kullanılabilirmekte midir?

Haworth ve Newman (1993) bu sorulara bağlı olarak iki farklı bakış şeması geliştirilmiştir: Gösterge okunurluk çizelgesi (*Display readability chart*) ve gösterge uçabilirlik derecelendirmesi (*Display flyability rating*). Kullanım kalitesi derecelendirmesi (HQR) gibi; gösterge değerlendirme derecelendirme derecelendirmeleri de (*Display evaluation rating*) uçuş görevine bağımlıdır.

Gösterge uçabilirlik derecelendirmesi de “Kullanım kalitesi derecelendirmesine” oldukça benzemektedir. DFR de HQR’den farklı olarak; pilotun göstergelerdeki bilgiyi kullanarak uçağın kontrolünü ele alması beklenir.

Günümüzde bazı havacılık sistemi tasarımcıları tasarım sürecinde kullanıcıyı da kullanmanın önemini kavramışlar ve buna yönelik olarak katılımcı merkezli tasarım metodları önermişlerdir. Teknolojideki yenilikler katılımcı merkezli tasarım metodlarının kullanımını kolaylaştırmaktadır. Ancak bu geliştirilen metodlar henüz havacılık endüstrisinde düzenli uygulanma fırsatı bulamamışlardır. Örneğin 1980’lerin başlarında Lockheed-Georgia firması yeni hava araçlarının tasarımında kendi geliştirmiş olduğu katılımcı-merkezli tasarım sürecini uygulamıştır. Sexton (1988) şu şekilde bir tasarım sürecini tanımlamaktadır:

1. Tasarım takımının seçimi: Önerilen sisteme aşina olan bir pilot, insan faktörleri uzmanı, makine mühendisliği tasarımcıları ve aviyonik mühendisleri çalışmaya dâhil edilmelidir. Takımın her üyesi çalışmaya tam zamanlı olarak katılmalıdır.
2. Görev analizi: Kullanıcı ihtiyaçları, kullanım çevresi, prosedürler ve yeni teknolojiler göz önüne alınarak, planlanan hava aracı ile ilgili bilgiler elde edilmeli, ön görülmeli ve tanımlanmalıdır. Her alandaki mühendisler kendi uzmanlık alanları ile ilgili olarak teknolojik öngörülerini ortaya koymalıdır. Bu bilgiler daha sonra, yeni donanımın kullanılacağı durum ve çevreleri detaylı olarak ortaya koyacak olan görev senaryolarının hazırlanmasına olanak tanıyacaktır.
3. Tasarım: Takım üyeleri görev senaryolarındaki kullanıcılar gibi hareket ederek hava aracının tasarımını kavramsal olarak ortaya koyacaklardır. Öngörüler ayrıca tasarım kabulleri olarak kullanılacaktır. Takımın tüm üyelerinin katılımı ile teknolojik dengeler üzerinde anlaşılacaktır. Örneğin insan faktörleri uzmanı geliştirilen donanımın verimliliğini sorgulayabilecektir. Tam ölçekli bir model de kolay yeniden-düzenlemeleri kolaylaştıracaktır.
4. Test: Geliştirilen tasarım gerçek pilotlarla önceden tanımlanan durumlara göre yazılı metinlerle test edilecektir. Test edilen tasarım bir uçuş simülatörüne entegre edilecektir (s. 515).

Şenol ve diğ. (2010) genel amaçlı bir helikopterin gösterge panelinin tasarımı için nitel ve nicel metodları uyguladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada araştırmacılar nicel yaklaşım için çok-amaçlı karar verme algoritmaları kullanmış, yanı problem için nitel bir metod olarak da kart-sıralama metodunu kullanmışlardır.

Çalışmanın sonunda her iki metodun sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar çalışmanın nicel kısmını bir tasarım mühendisi ve üç erkek helikopter pilotu ile beraber yürütmüşlerdir. Araştırmanın nitel kısmı için ise sekiz erkek helikopter pilotu kullanılmıştır. Çalışmada helikopter olarak UH-1H kullanılmıştır. Çalışma esnasında UH-1H helikopterinin gösterge paneli sembolik olarak bir dikdörtgen alanla ifade edilmiş bu alan kare parçalara bölünerek içleri çok-amaçlı karar verme ve kart-sıralama süreçleri sonucunda elde edilen verilerle doldurulmuştur. Helikopterin gösterge paneli beyaz bir bez ile kaplanmış ve böylece boş bir gösterge paneli elde edilmiştir. Daha sonra deneklerden bez kaplanarak elde edilmiş gösterge paneline göstergeleri yerleştirmeleri istenmiştir. Burada, bu çalışmadan farklı olarak, helikopterin kendisi kullanılmıştır. Ancak bu durum çalışmanın maliyetini arttırmaktadır. Bu bakımdan bu çalışmanın kağıt prototipleme kısmında seçilen helikopterin gösterge panelinin detaylı ölçüleri alınarak strofordan bir modeli üretilmiş ve deneklerden bu model üzerinde düzenleme yapmaları istenmiştir.

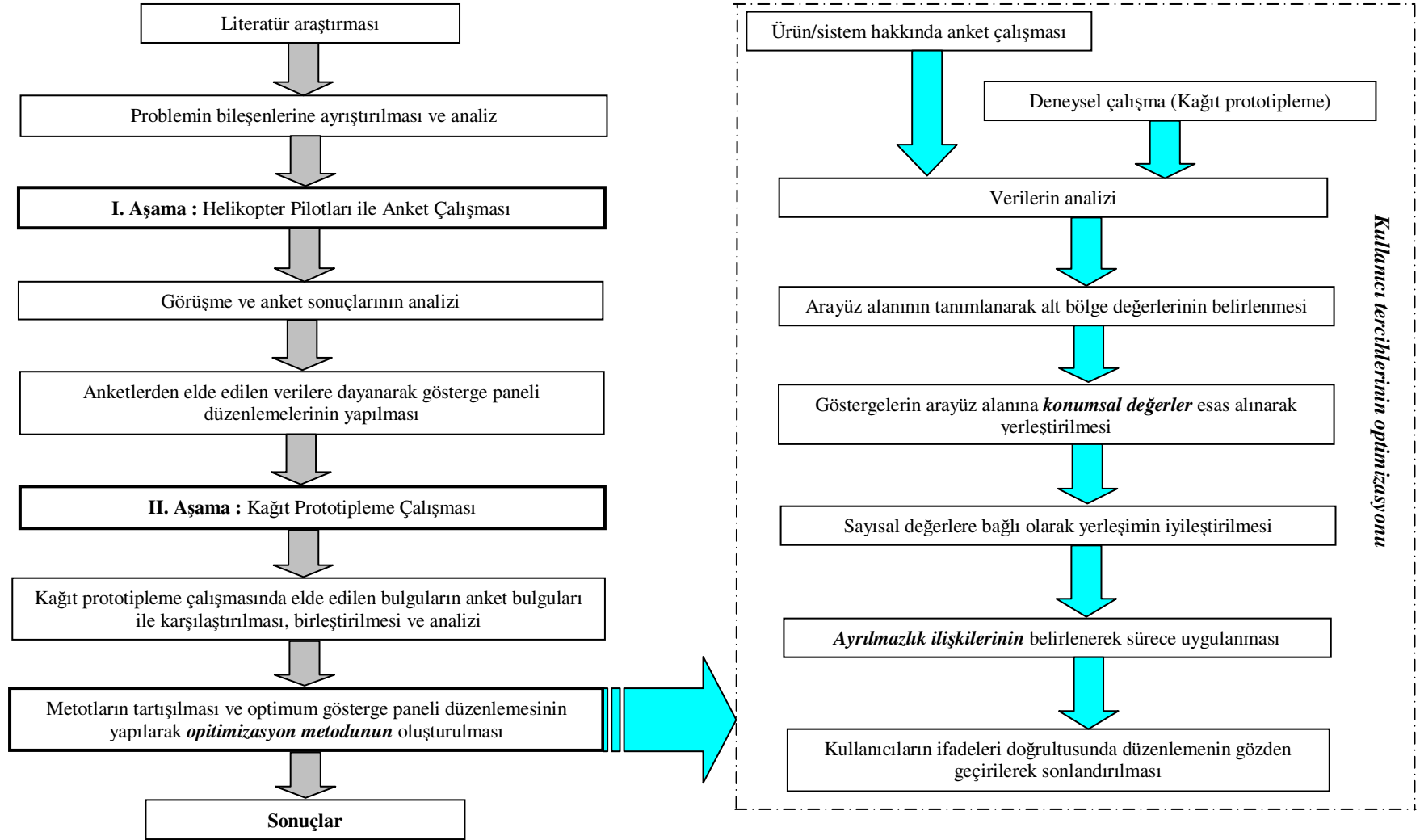
Araştırmacılar çalışmanın sonucunda nitel ve nicel metodların sonuçları arasında çeşitli benzerlik ve farklılıklar bulmuşlardır. Yazarlara özellikle farklılıklar şu üç nedenden kaynaklanmaktadır:

- İlk sebep deneklere sunulan alanın görsel olarak yakınlığı,
- İkinci sebep nitel yaklaşımdaki karar vericinin kişisel yargısıdır. Karar verici her ne kadar bir tasarım mühendisi ise de tüm kullanıcıların ihtiyaçlarının yeteri kadar yansıtmayabilir,
- Üçüncü sebep ise kart sıralaması sürecinde, mevcut gösterge paneli tasarımının kullanıcılar üzerindeki etkisi olarak belirtilmiştir.

5. ÇALIŞMA PLANI VE METOT

Bu çalışma, genel çerçeve olarak, Şekil 5.1’de gösterilen aşamalar ve adımlar üzerine yapılandırılmıştır. Çalışmada öncelikle gösterge ve diğer uçuş cihazlarından meydana gelen bir arayüz olan, helikopterin gösterge panelinin, kullanıcı tercih ve seçimlerine dayanarak tasarlanması ele alınmıştır. Bu amaçla çalışmada iki farklı araştırma metodu kullanılmış ve bu metotlar kullanılarak elde edilen sonuçlara göre ortaya çıkan tasarımlarda gösterge panellerinin karşılaştırılması yapılarak, sonuçların ne derece örtüştüğü irdelenmiştir. Bu karşılaştırmalardan yeni bir arayüz düzenleme metodu önerisine ulaşılması amaçlanmaktadır. Bu metot temel olarak kullanıcı görüşlerinden yola çıkılarak gösterge panelinin optimizasyonunu hedeflemektedir. Bu metotların her ikisi de insan faktörleri ve kullanılabilirlik alanında kullanılan araçlardır. Birinci aşamada tasarım metodu olarak Sanders ve McCormick’in (1993) iki aşamalı gösterge paneli tasarım ve düzenleme metodu kullanılmıştır. Bu aşamada öncelikle kullanılacak olan göstergelerin önem derecesi, kullanım sıklığı, kullanım sırası ve işlev ilkeleri bakımından sayısallaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla helikopter pilotları arasında bir anket çalışması yapılarak göstergelerin sayısal ağırlıkları elde edilmiştir.

Helikopterin özel bir araç ve kullanıcılarının az sayıda olmasından dolayı katılımcı sayısı 15 pilotla sınırlandırılmıştır. Bu bakımdan çalışmanın ilk aşamasında 15 adet erkek helikopter pilotu ile çalışmanın ikinci aşamasında ise 10 erkek helikopter pilotu ile çalışma yürütülmüştür. Diğer taraftan bu anket çalışmasının diğer bir çıktısı da halen kullanımda olan helikopterlerin gösterge panellerinin sorunları hakkında uzman kullanıcılardan doğrudan elde edilecek verilerdir. Çalışmada panel tasarımı yapılabilmesi için bir helikopterin gösterge paneline ihtiyaç duyulmuş ve bu amaçla Bell 407 model bir helikopterin gösterge panelinin ölçümleri yapılarak bir model oluşturulmuştur. Bu model çalışmanın her iki aşamasında elde edilecek tasarımlar için temel model olarak kullanılmıştır. Bell 407 model helikopterin hareket noktası olarak seçilmesinin sebebi ise tek pilotlu bir helikopter olması olup, iki pilotlu helikopterlerin gösterge panelleri daha büyük ve farklı yapıdadırlar.



Şekil 5.1 : Çalışma metodu akış diyagramı

Gösterge panelinin iki pilotlu bir helikoptere ait olması çalışmanın metodunun ve sürecini daha da farklılaştıracağından tek pilotlu bir hava aracı olan Bell 407 model helikopter temel alınmıştır. Çalışmada kullanılan göstergelerin elde edildiği İTÜ ROTAM tarafında geliştirilen helikopterin Bell firmasının alt yapısı örnek alınarak geliştirilmesinden dolayı; bu çalışmada kullanılan gösterge paneli de aynı firmaya ait bir araçtan örnek alınmıştır. Söz konusu aracın tanınmış bir üreticiye ait olması ve havacılık sektöründe yaygın bir şekilde kullanılması da bu seçimin sebeplerindendir (Şekil.5.2, Şekil.5.3, Şekil.5.4, Şekil.5.5). Pilot anketlerinden elde edilen verilerden hareketle göstergelerin önem dereceleri ve kullanım sıklığı değerleri sayısallaştırılmış ve göstergelere ait bir ağırlık çizelgesi oluşturulmuştur. Bu ağırlık çizelgesi yapılacak olan gösterge paneli tasarımı için sayısal bir temel oluşturmuştur.

Çalışmanın ikinci aşamasında kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımı olarak kağıt prototipleme kullanılmıştır. Kullanıcı merkezli tasarım bir araştırma metotları bütünüdür olup, bu yaklaşım temelde kullanıcıların tasarım sürecine doğrudan dâhil edilmesine dayanır. Tasarım sürecinde kullanıcılardan elde edilecek veriler sözel veriler, yazılı metinlere dayanan veriler, basit çizimler ya da üç boyutlu modeller olabilir. Bu süreçte kullanıcılardan elde edilecek veriler ürün ya da sistemin tasarımcısı ya da tasarımcıları için ham bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Bu veriler aynı zamanda tasarım ekibi için temel veri niteliği de taşımaktadır.

Kâğıt prototipleme metodunda tasarım araştırması yapılacak ürünün üç boyutlu bir modeli üzeri boş olarak kullanıcılara verilir. Ürünün ne olduğu, özellikleri ve işlevleri hakkında kullanıcılara bilgi verildikten sonra, modelin üzerine yerleştirilecek olan arayüz elemanları da kullanıcılara verilir. Çalışma temel olarak her bir kullanıcının kendisine sunulan arayüz elemanlarını boş ürünün üzerine yerleştirerek kendi tasarım tercihini oluşturmaya dayanmaktadır. Her kullanıcının kendi kağıt prototipleme süreci video kamera ile kaydedilir ve çalışmasının sonunda ortaya çıkan tasarımın fotoğrafı çekilir. Çalışmaya katılan tüm katılımcılar için bu süreç uygulanarak elde edilen tasarımlardan görsel bir veri tabanı elde edilmektedir. Yukarıda kısaca açıklanan metot, bu çalışmada bir helikopterin gösterge paneli tasarımına uygulanmıştır. Çalışmanın bu aşamasına anket çalışmasına katılan pilotların 10 tanesi katılmıştır. Kullanıcılara üzeri boş bir helikopter gösterge paneli verilerek kendi tasarımlarını yapmaları istenmiştir. Panele yerleştirilecek olan göstergeler ise araştırmacı tarafından bilgisayarda çizilerek kâğıda baskısı alınmıştır.

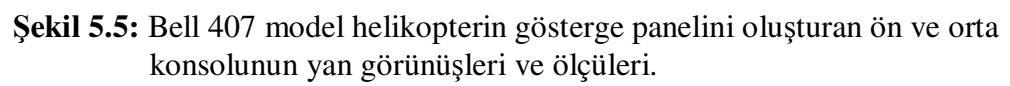
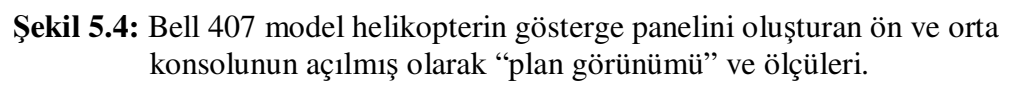
Çalışmaya katılan pilotlar bu göstergeleri iğnelerle strofordan yapılmış olan gösterge paneline tutturmuşlardır. Araştırmacı her kullanıcının video kaydını almış ve çalışmanın sonunda ortaya çıkan tasarımların fotoğraflarını çekmiştir.



Şekil 5.2: Çalışmada gösterge paneli model kullanılan Bell 407 model helikopter.



Şekil 5.3: Bell 407 model helikopterin orijinal gösterge panelinin genel görünümü.



5.1 Birinci Aşama: Anket Çalışması

Çalışmanın bu aşamasında helikopter pilotları arasında anket çalışması yapılmıştır. Anket 14 sorudan meydana gelmektedir. Ankette pilotlara yöneltilen sorular Ek C.1’de yer almaktadır. Anket sonuçlarından elde edilen bulgular ise detaylı olarak 6.1. Bölümde ele alınmıştır. Bu ankette şu temel verilere ulaşılmasına çalışılmıştır:

1. Helikopterin gösterge panelinde kullanılacak olan göstergelerin önem, kullanım sıklığı, işlev ve kullanım sırası ilkelerine bağlı olarak ağırlıklarının belirlenmesi,
2. Helikopter gösterge panellerinin düzen ve tasarımları hakkında pilotların genel görüş, tercih ve alışkanlıkları
3. Diğer uzman görüş ve değerlendirmeleri.

Çalışmanın konusu olan helikopter son derece uzmanlaşmış bir araç olması ve buna bağlı olarak kullanıcı sayısının sınırlı olmasından dolayı anket katılımcı sayısı 15 pilot ile sınırlandırılmıştır. Virzi de (1992) kullanılabilirlik testlerine katılan kullanıcı sayısı ile yapılacak çalışmadan elde edilebilecek problem sayısı arasındaki ilişkinin sorgulandığı çalışmada, çalışmaya katılacak olan 15 kullanıcı sayısını kritik sınırın üzerinde olarak değerlendirmiştir. Virzi’nin (1992) bulgularına göre beş katılımcı problemlerin %80’ini saptamaya yeter bir sayı iken bu oran on katılımcıda % 95’e ulaşmakta 15 katılımcı ise problemlerin %100’ünü saptamak için yeterli bir sayı olmaktadır. Ürün veya sistemdeki problemler önem derecesine göre sıralandığında ise beş katılımcı bütün önemli problemleri saptamak için yeterli bir sayı olarak görülmektedir. Diğer taraftan beş katılımcı ile en az önemli problemlerin %40’ı ortaya çıkarılamamış olarak kalmaktadır. On katılımcı ile ise de, önem derecesi en düşük problemlerin yaklaşık %20’si ortaya çıkarılamamaktadır (Dumas, 2001).

Anket çalışması için ilk aşamada beş helikopter pilotu ile görüşülmek üzere toplam 15 helikopter pilotu ile çalışma yapılmıştır. Pilotların tamamı asker kökenli olmakla beraber sekiz pilot sivil havacılık sektöründe, yedi pilot ise askeri helikopter pilotu olarak görev yapmaktadırlar.

İlk yapılan iki anket sırasında hazırlık sırasında öngörülemeyen eksik noktalar ortaya çıkmıştır. Bu noktalar bu iki anketin uygulanması sırasında düzeltilmiş, ancak diğer

anketlere geçilmeden önce gerekli düzeltmeler yapılarak sorular yeniden çoğaltılmıştır. Bu aşamada ortaya çıkan eksik noktalar ve bunlara bağlı olarak yapılan düzeltmeler şu şekilde açıklanabilir:

- Beşinci soru pilotlar tarafından hangi bağlanmada cevaplanması gerektiği tam olarak anlaşılamamıştır.
- Sekizinci soruda ki McCormick ve Sanders'in "önem derecesi" ilkesi tam olarak anlaşılamamış olup, kavram pilotlara sözlü olarak açıklanmıştır.
- Dokuzuncu soruda McCormick ve Sanders'in "kullanım sıklığı" ilkesi tam olarak anlaşılamamış olup, kavram pilotlara sözlü olarak açıklanmıştır.
- Alçak irtifa-kontur uçuşunun sivil havacılıkta yasak olduğu pilotlar tarafından belirtilmiştir.
- Sekiz ve dokuzuncu sorulardaki "gündüz yapılacak alçak irtifa ya da kontur uçuşu şartları altında" ifadesi "VFR-seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında " olarak değiştirilmiştir.
- Onuncu ve onbirinci soruları cevaplayan pilota kolaylık sağlamak amacıyla her göstergeye bir harf kodu verilmiş, katılımcılar çizelgelere bu kodları yazarak bu soruları cevaplamışlardır.
- Onuncu sorudaki McCormick ve Sanders'in "işlev" ilkesi tam olarak anlaşılamamış olup, kavram pilotlara sözlü olarak açıklanmıştır.
- Sekizinci sorudaki McCormick ve Sanders'in "kullanım sırası" ilkesi tam olarak anlaşılamamış olup, kavram pilotlara sözlü olarak açıklanmıştır.

İlk olarak yapılan beş anketten sonra, yukarıda maddeler halinde açıklanan belirsizlikler giderilerek 10 helikopter pilotu ile daha anket çalışması yapılarak toplam 15 helikopter pilotundan anket verileri elde edilmiştir. Anketlerin 10 tanesi pilotlarla yüz yüze yapılmıştır. Diğer beş anket ise katılımcı pilotlara şehir dışında olmaları sebebi ile posta ile ulaştırılmış cevaplanan anketler ise yine posta yolu ile katılımcılar tarafından araştırmacıya geri ulaştırılmıştır. Katılımcılardan sekiz tanesi emekli askeri pilot olup, halen sivil havacılıkta fiilen helikopter pilotu olarak görev yapmaktadır. Beş katılımcı ise halen muvazzaf helikopter pilotu olarak Türk Kara Kuvvetlerinde görev yapmaktadır.

5.2 Anket Verileri Esas Alınarak Gösterge Paneli Düzenlemelerinin Yapılması

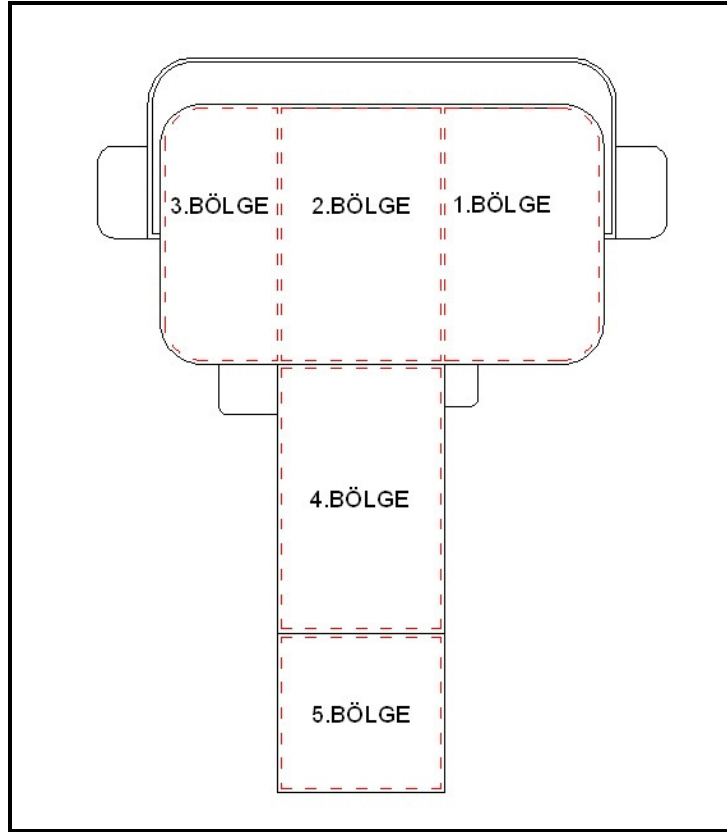
Çalışmanın bu aşaması 15 helikopter pilotu ile yapılan anket çalışmasından elde edilen verileri temel alan gösterge panellerinin tasarlanmasından oluşmaktadır. Anket çalışmasında pilotlara yöneltilen sorularda “önem”, “kullanım sıklığı” ve “işlevsel benzerlik” ilkelerinin derecelendirilmesi istenmiş; Likert skalasında [1-5] elde edilen sayısal veriler araştırmacı için temel hareket noktasını teşkil etmiştir. Bu verilerden hareketle her biri “önem”, “kullanım sıklığı” ve “işlevsel benzerlik” ilkeleri ve bunlara ilaveten “bütünleşik değerleri” ifade edecek birer gösterge paneli tasarlanması amaçlanmıştır. Çalışmanın bu aşamasındaki temel zorluk, sayısal verileri görsel tasarımlara dönüştürmede izlenecek olan metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Anket çalışmasından elde edilen veriler pilotların bir sonraki aşama olan kâğıt prototipleme çalışmasında ortaya koyacakları kendi tasarımlarının değerlendirilmesi, geçerliliğinin ölçülmesi ve karşılaştırılmasında kullanılacak olup, elde edilecek tasarımların ise ikincil bir değerlendirme kaynağı olarak görev yapması amaçlanmıştır.

Sayısal cevapları görsel bir tasarıma dönüştürülmesi oldukça karmaşık ve belirsiz bir süreç olup problemlili görülmektedir. Bu bakımdan problemin parçalara bölünmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu noktada tasarımda kullanılan gösterge paneli ön konsol ve orta konsol olmak üzere iki parça olarak ele alınmıştır. Ön konsola görsel okuma gerektiren görsel göstergelerin konumlandırılmasına karar verilmiş; orta konsola ise görsel okuma gerektirmeyen göstergelerin konumlandırılmasına karar verilmiştir. Bu kararda ana etken ön konsolun pilotun ve/veya yardımcı pilotun bakış alanı içerisinde olması, diğer taraftan ise orta konsolun pilotun ve/veya yardımcı pilotun bakış alanı içerisinde olmayıp önemli oranda baş ve göz hareketini gerektirmesidir. Bu kararın sonucunda Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom[J], Adf Paneli [L] ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise orta panele yerleştirilecek göstergeler olarak, diğer göstergeler ise ön panele yerleştirilecek göstergeler olarak sınıflandırılmıştır. Bu cihazlar ayrıca gerek anket çalışması gerekse kâğıt prototipleme çalışması aşamasında pilotlar tarafından herhangi bir uçuş boyunca, bir veya iki defa kontrol edilen veya ayarlanan uçuş cihazları olarak tanımlanmışlardır.

Diğer taraftan gösterge paneli tasarımlarının karşılaştırılması ve değerlendirilmesi süreci ağırlıklı olarak bir bölgelere ayırma çalışmasını gerektirmektedir. Yukarıda

kabaca “ön panel” ve “orta panel” olarak yapılan ayrışma detaylı bir karşılaştırma çalışması için yetersiz kalacağı araştırmacı tarafından öngörülmüştür. Bu bakımdan gösterge panelinin daha somut alt bölgelere ayrıştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu noktadan hareketle; gösterge paneli beş alt bölgeye ayrıştırılmıştır (Şekil 5.6). Bu alt bölgeler sırasıyla şu şekildedir:

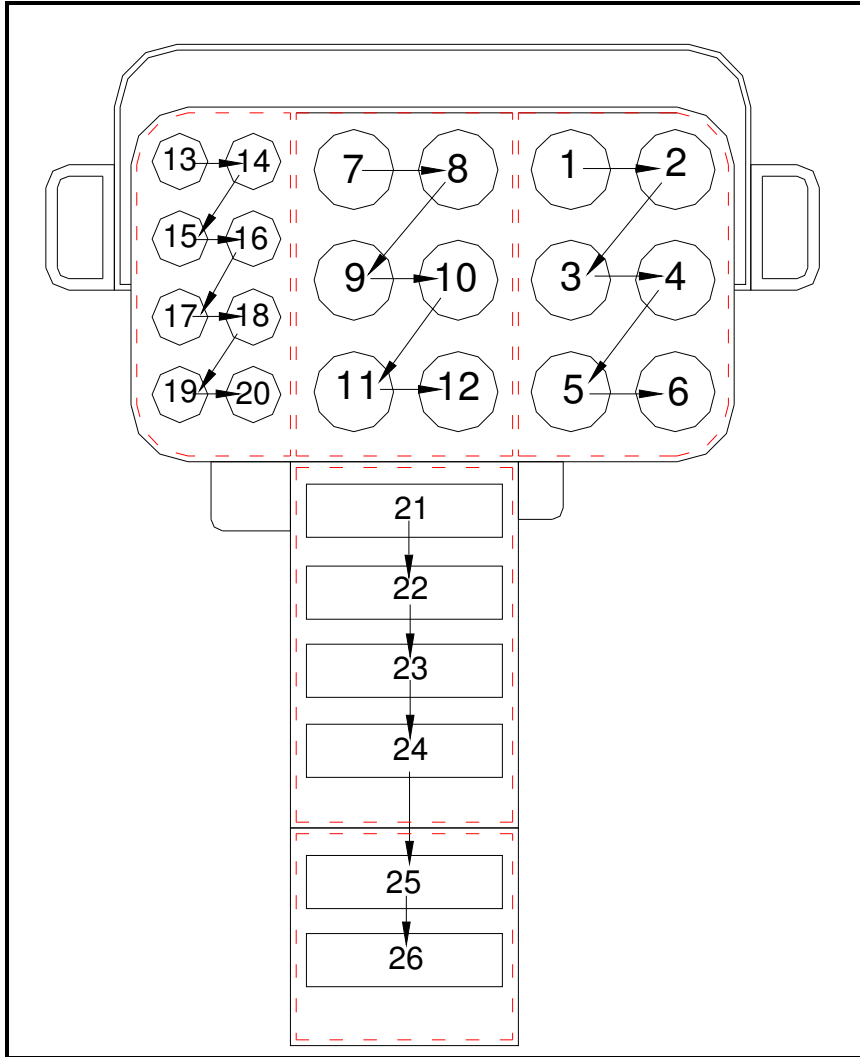
- “1.Bölge” ön panel olarak tanımlanan parça pilota en yakın alandır.
- “2.Bölge”, hem orta panelin görsel devamı hem de kaptan pilot ve yardımcı pilota eşit mesafede olan alandır.
- “3.Bölge” yardımcı pilota en yakın alandır.
- “4.Bölge” orta panel olarak tanımlanan alt parçanın eğik kısmından meydana gelen alandır.
- 5.Bölge” orta panel olarak tanımlanan alt parçanın eğik kısmından meydana gelen alandır.



Şekil 5.6: Gösterge panelinin alt bölgeleri.

Diğer taraftan anket çalışmasında elde edilen verilerin hangi mantık kullanılarak gösterge paneline aktarılacağı önemli bir sorudur. Gerek “önem derecesi”, gerek “kullanım sıklığı derecesi” gerekse “bütünleşik değer” bakımından en yüksek göstergenin pilotun en rahat okuyabileceği konuma yerleştirilmesi gerekmektedir.

Ancak diğer göstergelerin bir önceki gösterge ile hangi ilişki içerisinde olacağı diğer bir sorundur. İlk başta en yüksek değere sahip göstergenin panelin sağ üst köşesine yerleştirilmesi, onu izleyen göstergenin ise ilk göstergenin altına yerleştirilerek bir sütun oluşturulması düşünülmüştür. Sağ baştaki sütun dolduğunda bu sütunun sol tarafında yeni bir sütun oluşturulmuştur. Ancak daha sonra bu yaklaşımın “okuma sistemi” bakımından doğru olmadığı düşünülmüştür. Bu bakımdan “bölgelere ayırma” ve “metin okuma” matığına dayanan Şekil 5.7’de yer alan yerleşim sistemi geliştirilmiştir. Burada pilotun Şekil 5.6’de yer alan bölgelerin sırasını izleyebileceği var sayılmış ve buna göre her bölgenin sol üst köşesinden başlamak üzere sağa doğru bir dizilim sistemi geliştirilmiştir. (1) olarak gösterilen konum pilotun ilk başta ve en rahat bir şekilde okuyabileceği konum; (26) olarak gösterilen konum ise pilotun en son ve en zor okuyabileceği konum olacağı varsayılmıştır.



Şekil 5.7: Göstergelerin panele yerleştirilme sistemi.

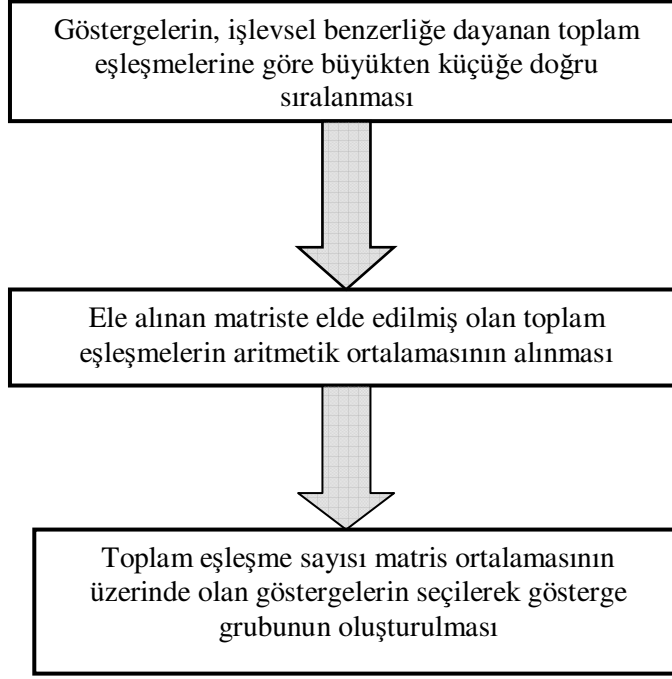
Ankette “önem” ve “kullanım sıklığı” ilkelerine ait elde edilen veriler sayısaldir. Bu bakımdan ankete katılan 15 pilotun “önem” ve “kullanım sıklığı” ilkelerine vermiş oldukları sayısal değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Sanders ve McCormick’in arayüz düzenleme metodu temel alınarak yapılan anket çalışmasında elde edilen verilerden yola çıkılarak yapılacak olan gösterge paneli düzenlemesinde; “kullanım sıklığı” ve “önem derecesi” ilkelerine ait verilerin tek bir toplam değere dönüştürülerek bütünleştirilmesi de ayrıca amaçlanmıştır.. Bu amaçla beş adet tasarım uzmanına “*helikopterin etkin kullanımında, göstergelerin önemimi yoksa kullanım sıklığını etkiler mi?*” şeklinde bir soru yöneltilmiş ve her iki kavrama toplamaları 100 olacak şekilde ağırlık vermeleri istenmiştir. Buradan hareketle her göstergenin toplam değeri “*bütünleşik değer*” metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Bütünleşik değer} = [\text{Önem} \times \text{Ağırlık}] + [\text{Kullanım Sıklığı} \times \text{Ağırlık}]$$

Ankette “işlevsel benzerlik” ilkesine verilen cevaplar ise nitel yapıdadır. Bu bakımdan “işlevsel benzerliğe” dayanan anket verilerinin kullanılabilmesi için aşağıdaki üç adım izlenmiştir:

- Ankette işlevsel benzerlik ilkesine 15 pilotun vermiş olduğu cevaplar, her biri bir gösterge grubuna ait olacak şekilde, dört adet çizelge oluşturulmuştur.
- Her bir pilotun “birinci gösterge grubu”, “ikinci gösterge grubu”, “üçüncü gösterge grubu” ve “dördüncü gösterge grubu” kavramlarına ait seçimleri farklı olduğundan, ilk aşamada oluşturulan çizelgeler yeniden düzenlenmiştir.
- Düzenlenmiş olan her gösterge grubunun çizelgesine dayanarak birer gösterge grubu eşleşme matrisi oluşturulmuştur. Bu matrislerde her göstergenin diğer göstergelere kaçar defa, her pilot tarafından” eşleştirildiğine bakılmıştır. Anket çalışmasında işlevsel benzerlik ilkesine ait verilerin tasarıma aktarılabilmesi için Şekil 5.8’de görülen metod izlenmiştir. Burada işlevsel benzerlik gruplarına ait matrislerdeki her bir göstergenin diğer göstergelerle olan eşleşme toplamaları dikkate alınarak nihai gösterge grupları elde edilmiştir. İşlevsel benzerliğe dayanan gösterge grupları Şekil 5.8’de yer alan metot temel alınarak oluşturulmuştur..



Şekil 5.8: İşlevsel benzerliğe dayanan gösterge gruplarının oluşturulması için izlenen metot.

5.3 İkinci Aşama : Gösterge Panellerinin Kâğıt Prototipleme Metodu ile Kullanıcılara Düzenlenilmesi

Çalışmanın ikinci aşaması kullanıcı odaklı tasarım yaklaşımı üzerine kurgulanmıştır. Bu aşamada anket çalışmasına katılan pilotların kendi tasarımlarını oluşturmaları amaçlanmıştır. Burada seçilen çalışma metodu kâğıt prototipleme olarak tanımlanabilir. Bu amaçla öncelikle çalışmanın yapısına uygun bir helikopter olarak Bell 407 seçilmiş ve bu aracın gösterge panelinin detaylı ölçümleri yapılarak çalışmada kullanılacak gösterge panelinin 1/1 ölçekli modeli aslına uygun bir biçimde yapılmıştır.

Bu metodun yazılım alanındaki uygulamaları, kullanıcılardan yeni bir yazılımın tasarımı için ya da hâlihazırda kullanılan bir yazılımın geliştirilmesine yönelik olarak yazılımda yer alan komutların kullanıcı tercihlerine bağlı olarak menülere ya da onların altında yer alan alt menülere yerleştirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Metodun uygulanması oldukça basit, hızlı ve ucuzdur. Burada kullanılan donanım ve malzeme kâğıt, karton, renkli kalemler ve yapışkan bant gibi kolayca erişilecek malzemeler olmakla birlikte yapılan çalışmanın strüktürüne erişilmek istenen gerçekçilik seviyesine bağlı olarak, ahşap, strofor, velcro, magnet gibi, birçok farklı malzeme ve model yapım yöntemi kullanılabilir. Kullanıcının tasarım ekibi ya da bir

insan faktörleri uzmanı ile beraber çalıştığı bu süreçte bir kâğıt ya da kartona gerekli büyüklük ve ölçekte çizilmiş olan yazılıma ait bilgisayar ekranı, yine kâğıt ya da kartonlara yeterli büyüklük ve ölçeklerde çizilmiş olan komutlar bulunmaktadır.

Çalışmaya katılan kullanıcılara, öncelikle, geliştirilmekte olan yazılım hakkında detaylı bilgi verilir. Yazılımın hangi özelliklere sahip olduğu ve hangi işlevleri yerine getirmek üzere geliştirilmekte olduğu konusunda katılımcılar bilgilendirilir. Bu aşamadan sonra kullanıcıdan kâğıtlara isimleri yazılmış ya da ikonları çizilmiş olan komutları kendi tercihlerine bağlı olarak menü ve alt menülere yerleştirmesi istenmektedir. Süreç boyunca insan faktörleri uzmanı ve tasarım ekibi kullanıcıyı izleyerek ancak müdahale etmeyerek, ancak gerektiğinde gerekli açıklamaları yaparak, sürece katılır.

Kâğıt prototipleme çalışmasından sağlıklı veriler elde edilebilmesi için öncelikle bu çalışmanın sağlıklı olarak yapılabilmesi gerekmektedir. Burada katılımcı pilotlara gerçekçi bir model sunmak bu aşamada oldukça önem taşımaktadır. Kâğıt prototipleme çalışmasında kullanılacak olan modelin gerçekçiliğinin, çalışmaya katılacak olan katılımcı helikopter pilotlarının motivasyonunu olumlu yönde etkileyeceği şüphesiz yadsınamaz. Bu noktadan hareketle bu aşamada kullanılacak olan modelin malzemesi ve modelin üretim metodu, dokusu, rengi gibi kriterler araştırmacı için önem taşımıştır. Çalışmanın ilk aşamalarında modelin mukavva ya da kartondan yapılması düşünülmüşse de; bu malzemelerden üretilecek olan bir gösterge paneli modelinin yeterli gerçekçiliğe sahip olamayacağı araştırmacı tarafından bir dezavantaj olarak görülmüştür. Karton modelin en önemli avantajı maliyetinin düşük olması ve hızlı bir şekilde üretilebilmesidir. Ancak amorf biçimlerin üretilmesinin zorluğu ve elde edilecek modelin sunum kalitesinin düşüklüğü bu malzemenin başlıca dezavantajı olarak görülmüştür.

Bu bakımdan kâğıt prototipleme sürecinde kullanılacak olan modelinin bir köpük türevi olan strafor'dan üretilmesine karar verilmiştir (Şekil 5.9). Bu malzeme işleme tekniğine de bağlı olarak, kütleli biçimleri yaratmada daha başarılı olup bu çalışmada kullanılan modelin gerçekçiliğini daha yüksek bir oranda artırmıştır. Bir başka deyişle [üretim hızı], [gerçekçilik], (hafiflik/taşınabilirlik] ve [maliyet] parametreleri temelinde, strafor model bu çalışma bağlamında en optimum çözüm olarak görülmüştür. Bu amaçla profesyonel bir model firmasından yardım alınmış ve model bu firmaya ürettirilmiştir. Modelin gerçekçiliğini arttırmak için de nihai model

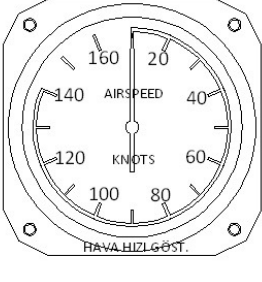
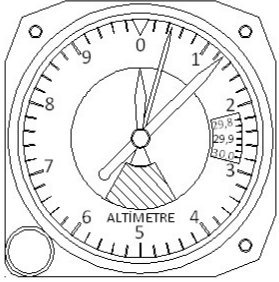
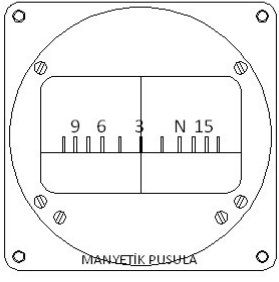
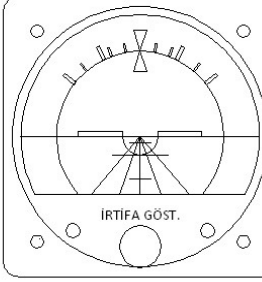
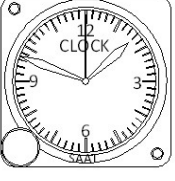
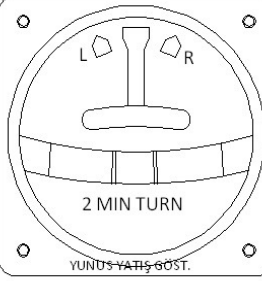
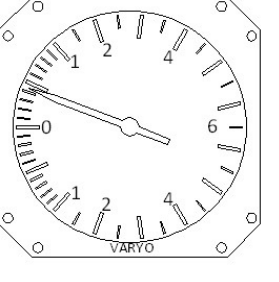
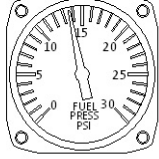
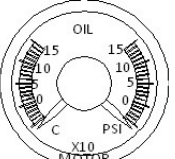
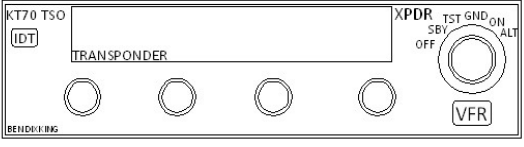
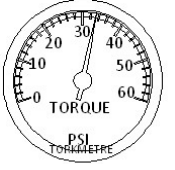
gri renge boyanmıştır. Helikopterin orijinal gösterge panelinin rengi siyah olmasına rağmen burada modelin rengi olarak grinin seçilmesinin nedeni, kâğıttan üretilmiş olan göstergelerin pilotlar tarafından algılanmasını kolaylaştırmaktır.



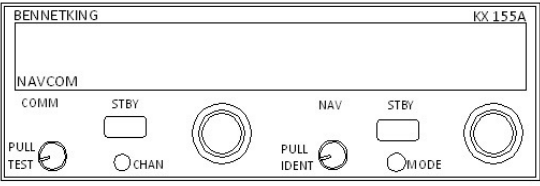
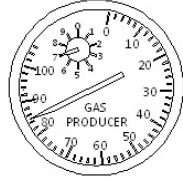
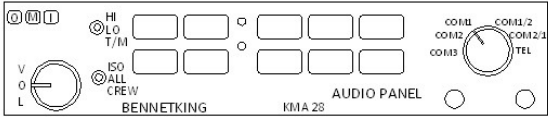
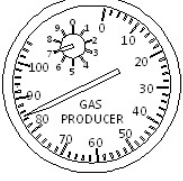
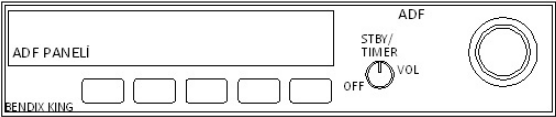
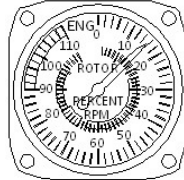
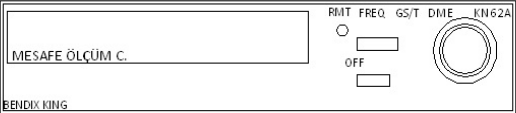
Şekil 5.9: Kağıt prototipleme sürecinde kullanılacak olan gösterge panelinin modeli.

Kâğıt prototipleme metodu, strafordan üretilmiş olan, üzerinde gösterge bulunmayan/boş, gösterge paneline deneklerin göstergeleri kendi tercihlerine göre yerleştirmeleri esasına dayanmaktadır. Burada gösterge panelinin malzemesi ve üretim metodu kadar, yerleştirilecek olan göstergelerin malzeme ve üretim metodu da önem taşımaktadır. 0° , 45° ve 80° eğime sahip üç farklı yüzeyden oluşan gösterge paneline gösterge modellerinin yerleştirilme metodu önem taşımaktadır. Göstergelerin ilk önce orijinal resimlerinin gerçek boyutlarında basılması düşünülmüştür. Ancak gösterge fotoğraflarının yeterli çözünürlükte olmaması alınacak çıktıların pilotlar için yeterli çözünürlükte olmayabileceği endişesini yaratmıştır. Bu bakımdan göstergelerin AutoCAD yazılımı kullanılarak 1/1 ölçekli temsili çizimler yapılmak yoluyla “kâğıt prototipleri” elde edilmiştir (Çizelge 5.1). Pilotların her göstergeyi en rahat bir şekilde tanıyabilmesi için çizimlerin üzerine göstergeleri adları rahat okunabilecek bir biçimde yazılmıştır.

Çizelge 5.1: Kağıt prototipleme aşamasında kullanılan göstergelerin çizimleri
(çizelgede gösterilen gösterge modelleri ölçekli olmayıp kendi aralarındaki orantı muhafaza edilmiştir).

		
[A] Hava hızı göstergesi	[B] Altimetre	[C] Manyetik pusula
		
[D] Durum göstergesi	[E] Yön gayrosu	[F] Saatmetre
		
[G] Yunus/yatış göstergesi	[H] Varyo göstergesi	[P] Yakıt göstergesi
		
[R] Yakıt basıncı göstergesi	[S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi	[T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi
		
[I] Transponder		[Z] Torkmetre

Çizelge 5.1: (devam) Kağıt prototipleme aşamasında kullanılan göstergelerin çizimleri (çizelgede gösterilen gösterge modelleri ölçekli olmayıp kendi aralarındaki orantı muhafaza edilmiştir).

	
[J] NavCom	[U] Gaz sıcaklığı göstergesi
	
[K] Ses paneli, Marker alıcı	[V] Gaz üretici takometresi
	
[L] Otomatik yön bulucu	[Y] Rotor türbin takometresi
	
[M] Mesafe ölçüm cihazı	
	
[N] GPS NavCom	[O] Elektronik uçuş bilgi sistemi

Bilgisayar çıktısı alınarak basılan gösterge çizimleri daha sonra dayanıklı bir çizim kâğıdına yapıştırılarak sağlamlıklarının artırılması amaçlanmış ancak daha sonra bu fikirden vazgeçilmiştir. Göstergelerin algılanmasını kolaylaştırmak için ibrelî

göstergelerin ibreleri de renklendirilmiştir. Buna ilave olarak göstergelerdeki kritik değerleri ifade eden bölgeler de gerçeğine uygun olarak renklendirilmiştir.

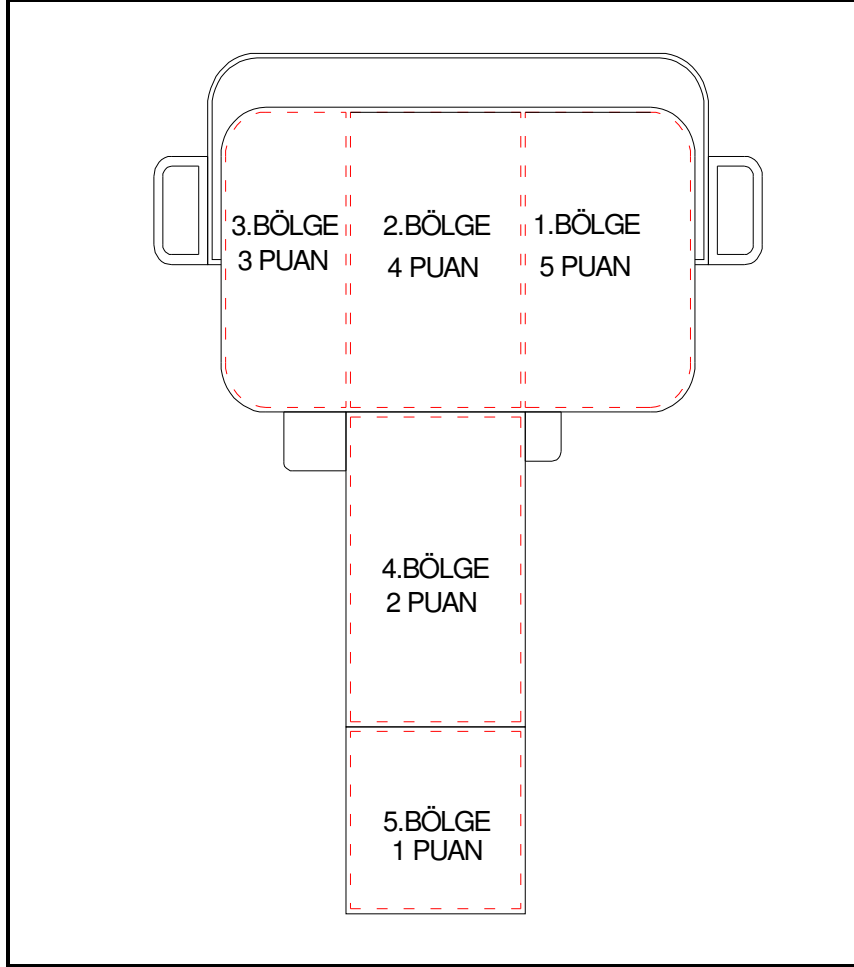


Şekil 5.10: Katılımcı helikopter pilotu tarafından gerçekleştirilen kağıt prototipleme çalışması.

Elde edilen bu “gösterge modelleri ise strafor gösterge paneli modeline harita raptiyeleri ile tutturulmak üzere pilotlara sunulmuştur. Göstergelerin beyaz kâğıda basılmış olmalarından dolayı kolay yıpranabileceğinden, katılımcı her pilot için bir set olmak üzere toplam 10 gösterge seti basılmış, her pilota yeni ve daha önceden kullanılmamış bir gösterge seti verilmiştir (Şekil 5.10).

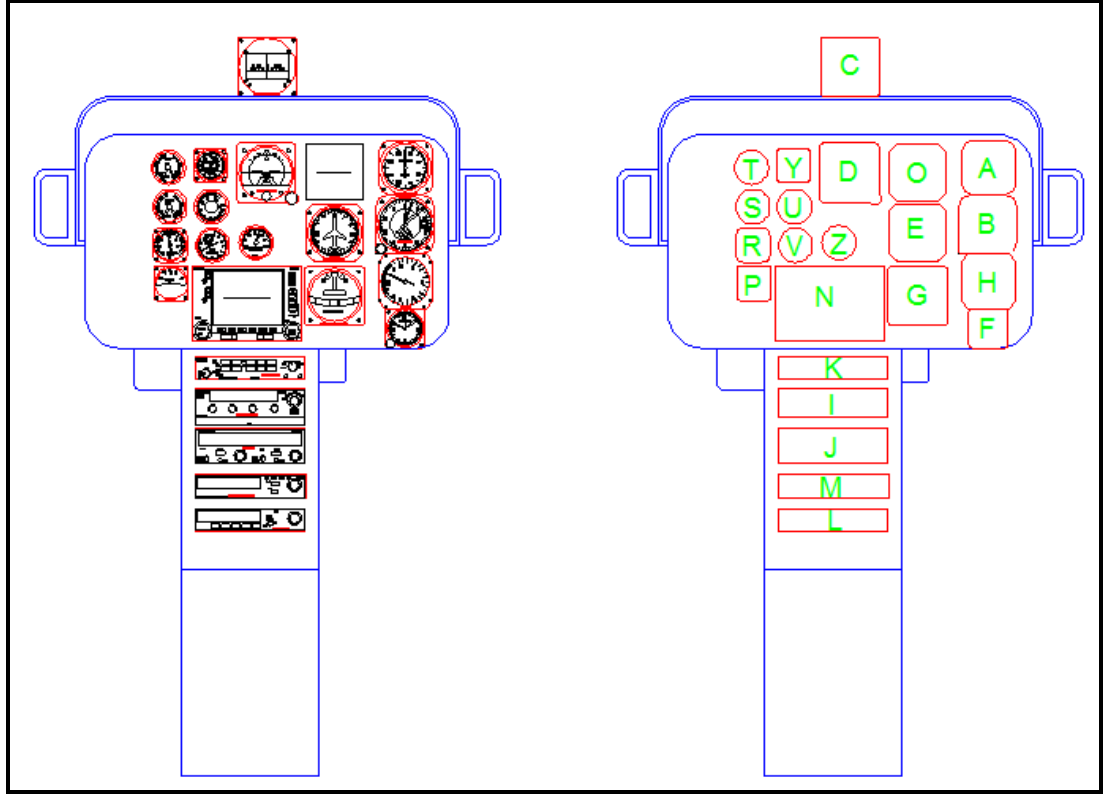
Bu aşamada her pilotun kâğıt prototipleme çalışmasında ortaya koymuş oldukları düzenlemeler, göstergelerin konumları temel alınarak sayısal bir dağılıma dönüştürülmüştür. Burada Şekil 5.6’de yer alan Gösterge panelinin alt bölgeleri esas alınmış; 1. Bölgede yer alan göstergeler 5 puan, 2. Bölgede yer alan göstergeler 4 puan, 3. Bölgede yer alan göstergeler 3 puan, 4. Bölgede yer alan göstergeler 2 puan ve 5. Bölgede yer alan göstergeler ise 1 puan olarak sayısallaştırılmıştır. Gösterge panelinin bölgeler temelinde puan dağılımı Şekil 5.11’da görülmektedir. Burada

pilotun anket çalışmasında “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı derecesi” gibi ilkelere vermiş olduğu cevaplar, üretmiş olduğu kağıt prototip üzerinden yeniden incelenmeye çalışılmıştır. Göstergenin yerleştirilmiş olduğu bölgeye göre alacağı puan, o göstergenin “konumsal değeri” olarak da tanımlanmıştır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Gösterge panelinin bölgelerini esas alan konumsal değerler.

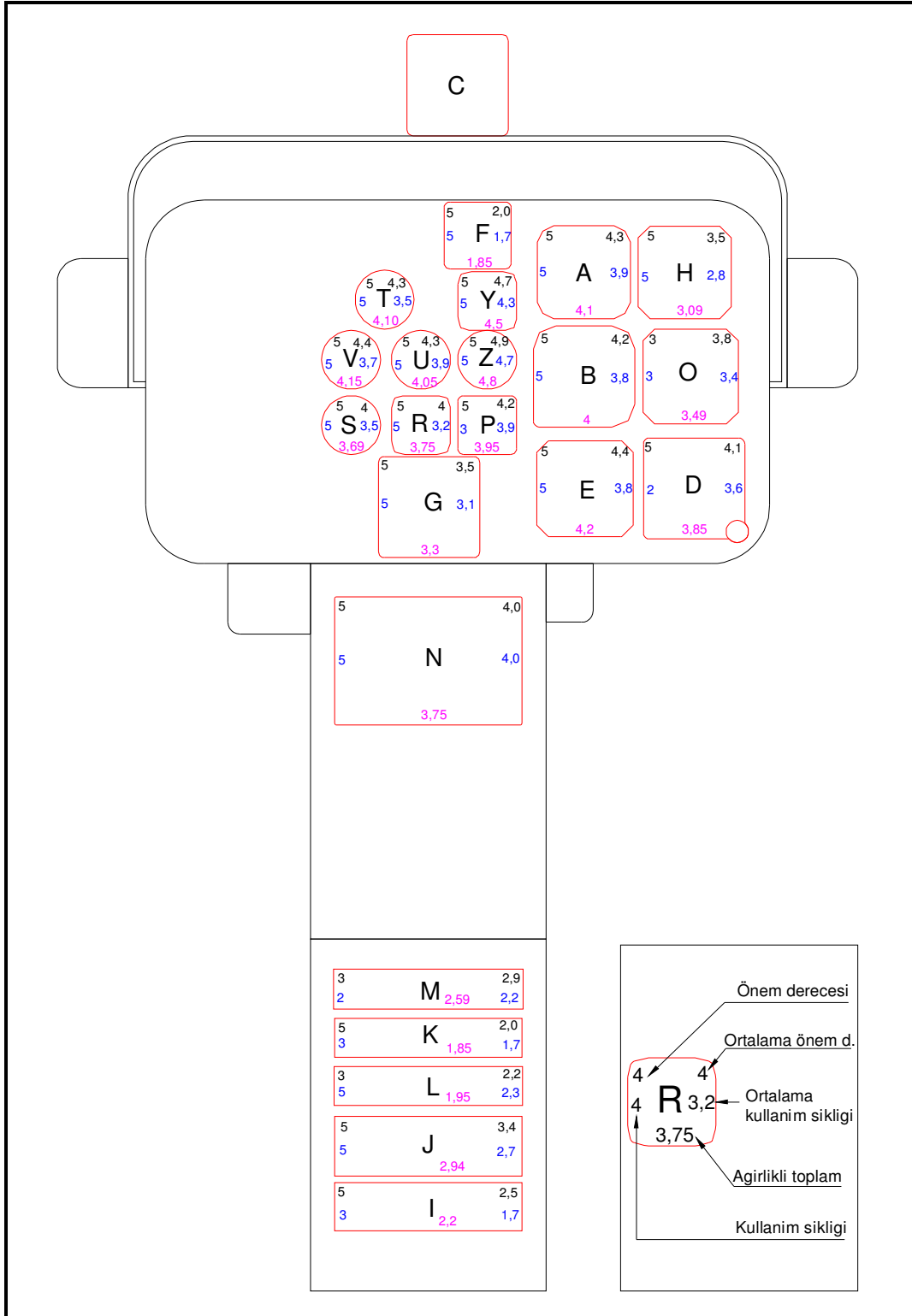
Burada elde edilen konumsal değerin anket çalışmasında elde edilen değerlerden en önemli farkı, uygulamaya dayanan değerler olmalarıdır. “Önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ise bir bakıma kuramsal bilgiye ve hafızaya dayanan değerlerdir. Çalışmanın bu aşamasında ana amaç ise bu her iki değerin her pilot açısından karşılaştırılması yapılarak kuramsal bakımdan hangi ilkenin daha öne çıktığının ortaya çıkartılması olacaktır. Kâğıt prototipleme çalışmasına katılan pilotların yapmış oldukları tasarımların konumsal değerlerinin anket verileri bağlamında dağılımları ise Çizelge 6.33’de görülmektedir. Bu çizelgede elde edilen her pilotun “konumsal değeri” o pilotun “önem derecesi” değeri, “kullanım sıklığı derecesi” değeri ve “bütünleşik değeri” ile birer çizelgede karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.12: Pilot tarafından gerçekleştirilen düzenlemenin gerçekçi çizimi ve kodlanmış çizimi.

Kağıt prototipleme çalışmasından elde edilen bulgular ise şu adımlar izlenerek analiz edilmiştir:

- Pilotun gerçekleştirmiş olduğu panel düzenleme süreci genel olarak açıklanmış ve pilotun genel davranışları anlatılmıştır.
- Süreç sonucunda ortaya çıkan tasarımın fotoğrafı incelenerek gösterge yerleşimi detaylı olarak analiz edilmiştir.
- Pilotun süreç boyunca kullandığı tanımlayıcı ifadeler maddeler halinde yazılı olarak kaydedilmiştir.
- Pilotun yapmış olduğu tasarımın AutoCad yazılımı kullanılarak gerçekçi çizimi ve harf kodları yazılmış çizimi yapılmıştır (Şekil 5.12). Daha sonra bu çizim üzerinde her göstergenin üzerine o göstergenin beş farklı anket değeri yazılmıştır (Şekil 5.13). Bu anket değerleri sırasıyla pilotun vermiş olduğu önem derecesi, ortalama önem derecesi, pilota ait kullanım sıklığı derecesi, ortalama kullanım sıklığı derecesi, ortalama bütünleşik değerdir. Daha sonra, her pilotun kendi tasarımında bu beş değer panel üzerinde ki dağılımı incelenmek üzere çizelgeler oluşturularak, dağılımlar incelenmiştir.



Şekil 5.13: Pilotun yapmış olduğu düzenlemenin kodlanmış çizimi üzerine anket verilerinin yazılmış gösterimi.

- Son aşamada ise her pilotun yapmış olduğu tasarımda her göstergenin konumsal değerleri ile o göstergenin ortalama önem derecesi, ortalama kullanım sıklığı derecesi ve ortalama bütünleşik değeri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, büyük ya da küçük, hangi ortalama değerin o göstergenin

konumsal değerine daha yakın olduğu sorgulanmıştır. Bu analizde işlevsel benzerlik matrisleri sonucu elde edilen gösterge gruplarında ve genel olarak tüm göstergelerde hangi ortalama değerin konumsal değere hangi yüzdelik oranda daha yakın olduğuna bakılmıştır. Burada amaç pilot tarafından yapılan yerleşimin sayısallaştırılarak anket verileri ile karşılaştırılabilmesidir.

5.4 Araştırma Bulgularının Optimizasyonunu Esas Alan Metodun Oluşturulması

Çalışmanın ncek aşamalarında iki farklı araştırma metodu kullanılarak, tek pilotlu bir helikopterin gösterge panelinde yer alan gösterge ve diğer uçuş cihazlarının yerleşim düzenlerinin kullanıcı tercihleri doğrultusunda düzenlenmesine çalışılmıştır. Anket çalışmasında elde edilen bilgiler pilotların, daha çok, kuramsal bilgilerine dayanan sözel ve sayısal verilerdir. Burada elde edilen bulgular bir bakıma ürün ve sistemi görmeden, görsel verilerle desteklenmeden elde edilmiş kuramsal verilerdir. Elde edilen bu veriler Bölüm 6.1’de ele alınarak analiz edilmiş ve bir gösterge panelinin tasarımında kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. Bölüm 6.3’de ise tasarımıda kullanılmaya hazır hale getirilen bu veriler belirli bir sistematik ve mantık çerçevesinde tasarıma dönüştürülmüştür. Bölüm 6.3’de bu amaçla alt farklı gösterge paneli tasarımı elde edilmiştir. Bu gösterge panellerinin oluşturulmasında kullanılan anket verileri kuramsal olarak Sanders ve McCormick (1993)’in arayüz düzenleme yaklaşımına dayanmaktadır.

Çalışmanın 6.2. Bölümünde kullanıcı merkezli tasarım yaklaşımı kullanılmış; helikopter pilotlarından kendi tercih ve deneyimlerini kullanarak bunları bir gösterge panelinin tasarımına yansıtmaları istenmiştir. Bu aşamada kğit prototipleme metodu kullanılmış, üç boyutlu bir gösterge paneli ve kâğıda çizilmiş göstergeler yardımıyla pilotların kendi gösterge panellerini tasarlamaları sağlanmıştır. Çalışmanın bu aşamasında elde edilen veriler doğrudan birer “gösterge paneli tasarımı” olduğundan anket verilerinden elde edilen gösterge paneli tasarımlarına göre pilotların görüş ve tercihlerini doğrudan yansıtmaktadır. Pilotların yapmış olduğu tasarımlarda ilk göze çarpan husus, öncelikle göstergelerin gruplar halinde organize edilerek panele yerleştirilmesidir. Çalışmanın 6.2. Bölümünde her pilotun yapmış olduğu tasarım çalışması detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ayrıca kâğıt prototipleme çalışması süresince pilotların sesli olarak düşünerek görüş ve tercihlerini açık bir şekilde ifade ettiği ve çeşitli düzeltmeler yaparak tasarımını iyileştirdiği gözlenmiştir; bu bakımdan da deneysel yaklaşım araştırmacı tarafından, çalışmanın bu aşamasında, birincil veri kaynağı olarak ele alınmıştır. Bu bakımdan pilotların tercihlerinin optimize edilmesine dayanan bir gösterge panelinin tasarımı her iki çalışmanın verilerini de kapsamalıdır. Burada araştırmacı deneysel çalışmanın veri ve sonuçlarını hiyerarşik açıdan birincil veri kaynağı, anket çalışmasının veri ve sonuçlarını ise ikincil veri kaynağı olarak kabul etmiştir. Optimum gösterge panelinin oluşturulmasında her iki çalışmanın veri ve sonuçları bir arada kullanılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde optimum gösterge panelinin tasarımı için Çizelge 6.33’de yer alan “kâğıt prototipleme çalışmalarının bölgeleri esas alınarak elde edilen değer dağılımları” hareket noktasını teşkil etmiştir. Ayrıca Şekil 5.6’de yer alan gösterge panelinin alt bölgeleri de ortalama konumsal değerlerinin altyapısını teşkil etmiştir. Tasarım yaklaşımının oluşturulmasında ayrıca Şekil 5.7’de yer alan göstergelerin yerleşme sistematigi, anket çalışmasında elde edilen göstergelerin ortalama önem dereceleri, ortalama kullanım sıklığı dereceleri ve ortalama bütünsel değerleri kullanılmıştır. Diğer taraftan her iki çalışmanın veri ve sonuçlarının aynı dili kullanarak bir araya getirilmesi de çok önemli bir noktadır. Bu bakımdan elde edilen tasarımlar göstergelerin yerleştirildikleri konumlar göz önüne alınarak bir sayısal değere dönüştürülmüştür. Bu çalışma öncelikle her bir pilotun yerleşme tercihleri için yapılmış olup, bu değerler anket verileriyle birlikte analiz edilmiştir. Daha sonra tüm pilotların ortalaması alınarak Çizelge 6.33 elde edilmiştir. Bu çizelgede hem tüm göstergeler temel alınarak hem de anket çalışması sonucu oluşturulan gösterge grupları temel alınarak McCormik ve Sanders (1993)’ın arayüz yaklaşımının hangi öğesinin öne çıktığı görülmektedir. Deneysel çalışmada pilotların oluşturmuş oldukları gösterge grupları sayı ve içerik olarak tam olarak örtüşmemektedir. Bu bakımdan bu çizelgede temel alınan gösterge grupları anket çalışmasında oluşturulan Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.15’de oluşturulmuş olan işlevsel benzerlik matrisleri sonucunda oluşturulmuş olan gösterge gruplarıdır.

Şekil 5.1’in “*Kullanıcı tercihlerinin optimizasyonu*” kısmından yer alan adımlar şu şekilde açıklanabilir:

- **Ürün/sistem hakkında anket çalışması:** Tasarlanacak olan ürün ya da sistem hakkında kullanıcılarla anket çalışması; arayüzü meydana getiren elemanların önem derecesi, kullanım sıklığı derecesi, işlevsel gruplar, ayrılmazlık ilişkileri, kullanım sırası özelliklerini sorgulayacak anket çalışmasıdır. Gerekirse önceden gözlem yapılarak ürün ve sistemin yapısal özelliklerine ve kullanım ilişkilerine bağlı olarak kavramlar birleştirilebilir ya da yeni bir kavram üretilebilir. Bu aşamada elde edilen veriler sözel ve sayısaldır.
- **Deneysel çalışma:** Kullanıcıların kendi tercihlerini ortaya koyacakları tasarımları kağıt prototipleme metoduyla yapmaları. Bu aşamada elde edilen veriler görsel ve sözeldir.
- **Verilerin analizi:** Anket verileri analiz edilerek ortalamaları hesaplanır ve gerekli matrisler oluşturulur. Ele alınan arayüz alanı alt bölgelerine ayrıştırılarak, bu bölgeler bağlamında her bir tasarım sayısallaştırılır. Bu aşama ayrıca deneysel çalışma ve anket verilerinin hangi noktalarda örtüştüğünün sorgulanması ve bu örtüşmelerin sayısallaştırılarak yorumlanmasını kapsar.
- **Arayüz alanının tanımlanarak alt bölge değerlerinin belirlenmesi:** Gösterge ve diğer arayüz elemanlarının yerleştirileceği alan geometrik yapısı ve kullanım ilişkileri açısından alt bölgelerine ayrıştırılır. Yapılan bu ayrıştırma ayrıca arayüz elemanların konumsal değerleri için de bir altyapıdır. Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de yer alan alt bölge yapılanmaları ve yerleşim sistematığı bu adıma bir örnektir. Ancak bu adım ele alınan ürün/sistemin yapısına ve kullanım süreçlerine bağlı olarak değişiklik gösterecektir
- **Göstergelerin arayüz alanına “konumsal değerler” esas alınarak yerleştirilmesi:** Bu aşamada göstergelerin Şekil 5.7’de yer alan adımlar çerçevesinde ve Çizelge 6.22’de yer alan ortalama konumsal değerler dikkate alınarak gösterge paneline yerleştirilir.
- **Sayısal değerlere bağlı olarak yerleşimin iyileştirilmesi:** Bu safhada eşit değere sahip göstergeler saptanır. Söz konusu göstergeler dâhil oldukları gösterge grupları temelinde, Çizelge 6.33’de yer alan yüzdelik oranlar esas alınarak, o gösterge grubunda hangi anket verisinin öne çıktığının saptanır. Öne çıkan kavramın sayısal dağılımına bağlı olarak göstergelerin yerleşiminde gerekli düzenlemeler yapılır.

- **“Ayrılmazlık ilişkilerinin” belirlenerek sürece uygulanması:** Göstergelere sağ/sol; alt/üst gibi ya da daha karmaşık düzeydeki ayrılmazlık ilişkileri öncelikle anket çalışmasında kullanıcılara sorulur. Ayrıca kâğıt prototipleme çalışmasında kullanıcıların ortaya koymuş olduğu düzenlemeler analiz edilerek buradaki ayrılmazlık ilişkileri de saptanır. Bu her iki aşamadan elde edilen ayrılmazlık ilişkileri kullanılarak düzenleme iyileştirilir.
- **Pilotların ifadeleri doğrultusunda düzenlemenin gözden geçirilerek sonlandırılması:** Deneysel çalışma aşamasında kullanıcıların kritik ve tanımlayıcı ifadeleri ve anket çalışmasında belirtmiş olduğu görüşler ve ifadeler saptanarak bu doğrultuda gerekli yerleşim düzenlemeleri yapılır. Burada kullanılacak olan ifadeler deneyim ve ortak mesleki tercihleri belirten tanımlayıcı içerikte olmalıdır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 Birinci Aşama: Anket Sonuçlarından Elde Edilen Veriler

6.1.1 Göstergelerin “önem derecesi” ilkesine bağlı olarak puanlanması

“Önem” ilkesinin puanlamasında elde edilen veriler Çizelge 6.1.’de düzenlenmiştir. Buna göre göstergeler önem sırasına göre şu şekilde büyükten küçüğe doğru sıralanabilir:

Z, Y, E, V, A, T, U, B, P, D, N, R, S, O, G, C, H, J, M, I, L, F, K

Çizelge 6.1.’de yer alan veriler incelendiğinde şu değerlendirmeler yapılabilir:

Anket çalışmasına katılan 15 pilotun toplam 23 gösterge için yapmış oldukları önem değerlendirmesinde elde edilen genel ortalama değer 3,7’dir. Bu değer ise, ankette kullanılan [1-5] Likert skalasının [3]-[4] arasına denk düşmektedir.

Anket çalışmasında [5] “en çok öneme sahip”, [1] ise “en az öneme sahip” olarak kabul edilmiştir. 14 göstergenin önem ilkesi bakımından değeri ortalama değer olan 3,7’nin üzerindedir; 9 göstergenin ağırlık değeri ise 3,7’nin altındadır. Tork metre [Z] tüm pilotların verdikleri puanların ortalamasına göre en yüksek öneme (4,9) sahip göstergedir.

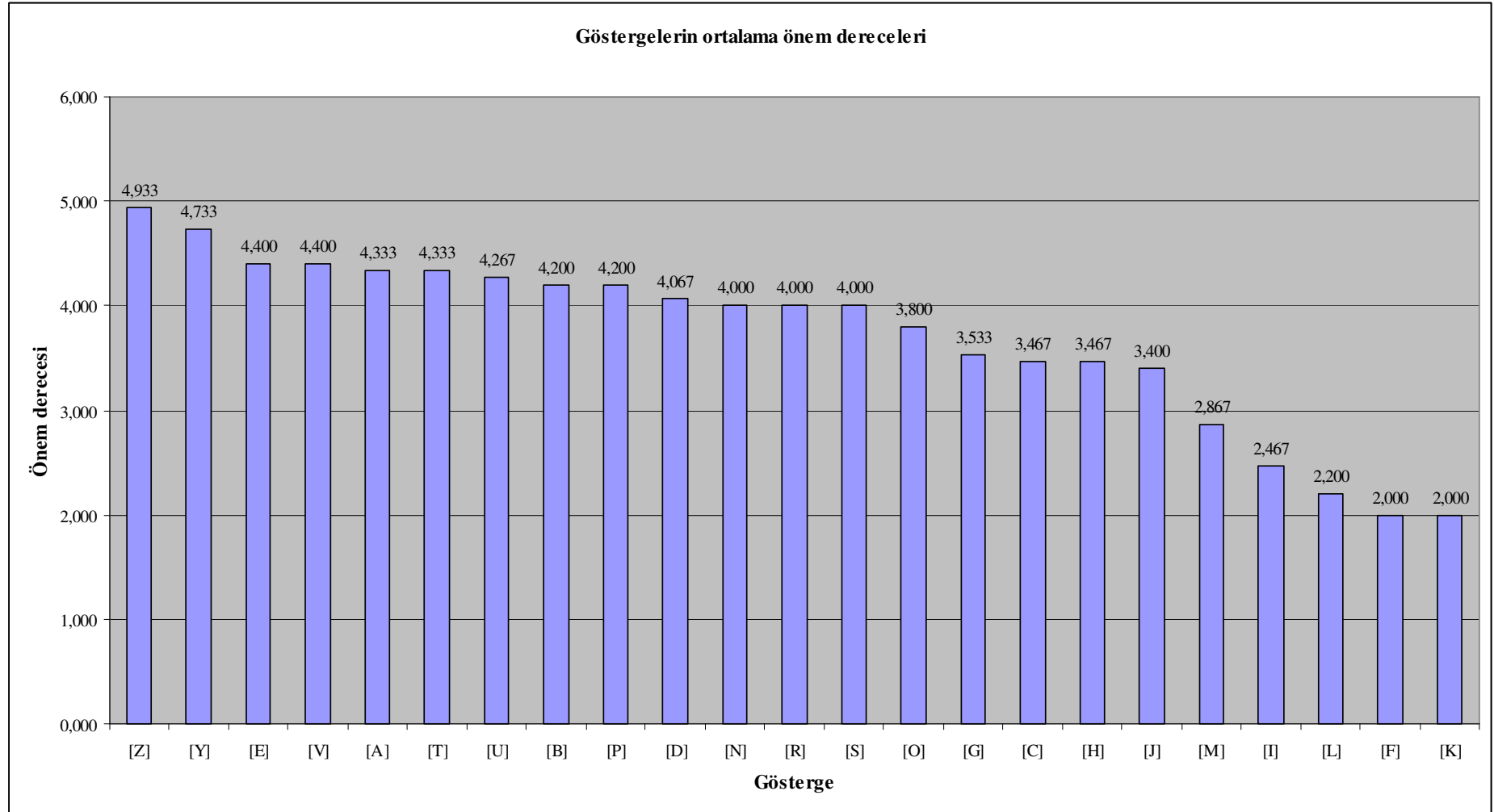
13 adet gösterge önem puanlaması bakımından puan skalasında [4] – [5] arasında yer almıştır (Şekil 6.1). Bu göstergeler sırasıyla Torkmetre [Z], Rotor / Türbin Takometresi [Y], Yön Gayrosu [E], Gaz Üretici Takometresi [V], Hava Hızı Göstergesi, Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi, Gaz Sıcaklığı Göstergesi, Yükseklik Göstergesi, Yakıt Göstergesi, Durum Göstergesi, GPS NavCom, Yakıt Basıncı Göstergesi ile Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi’dir.

Ses paneli, Marker alıcı [K] ise ortalama bakımından en düşük öneme sahip olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.1: Anket çalışmasında “önem kriterine” ait elde edilen veriler

GÖSTERGE		PİLOT															Ort.	SS
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
Z	Torkmetre	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4,933	0,258
Y	Rotor / Türbin Takometresi	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	5	4	4,733	0,594
E	Yön Gayrosu	4	5	5	5	5	3	5	5	4	4	5	3	5	5	3	4,400	0,828
V	Gaz Üretici Takometresi	4	5	5	5	5	4	5	5	2	5	5	3	5	5	3	4,400	0,986
A	Hava Hızı Göstergesi	5	5	5	5	2	3	5	5	5	5	4	3	5	4	4	4,333	0,976
T	Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	3	5	4	4	4,333	0,617
U	Gaz Sıcaklığı Göstergesi	4	5	5	5	4	5	5	5	2	4	4	3	5	4	4	4,267	0,884
B	Yükseklik Göstergesi	1	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	3	3	4,200	1,146
P	Yakıt Göstergesi	5	5	3	5	5	4	1	5	5	5	4	2	5	4	5	4,200	1,265
D	İrtifa Göstergesi	2	5	5	2	5	3	5	3	5	4	4	5	5	4	4	4,067	1,100
N	GPS NavCom	5	4	5	5	5	3	1	3	4	5	5	2	5	5	3	4,000	1,309
R	Yakıt Basıncı Göstergesi	4	5	3	4	3	5	5	4	4	2	4	5	5	4	3	4,000	0,926
S	Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	4	5	3	4	5	5	1	4	5	4	4	3	5	4	4	4,000	1,069
O	Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi	5	5	2	3	5	3	1	4	5	5	5	2	3	5	4	3,800	1,373
G	Yunus/Yatış Göstergesi	5	5	4	2	4	2	5	1	4	2	3	5	5	3	3	3,533	1,356
C	Manyetik Pusula	4	5	2	2	5	3	5	3	5	2	3	3	5	2	3	3,467	1,246
H	Varyo Göstergesi	1	5	4	2	4	3	5	2	5	2	4	3	5	4	3	3,467	1,302
J	NavCom	4	5	1	4	4	3	1	4	3	2	3	5	5	3	4	3,400	1,298
M	Mesafe Ölçüm Cihazı	5	5	3	2	5	3	1	3	3	1	3	2	3	2	2	2,867	1,302
I	Transponder	1	5	1	1	4	1	1	3	3	1	3	4	5	3	1	2,467	1,552
L	Otomatik Yön Bulucu	5	3	1	1	5	3	1	1	1	1	3	2	3	2	1	2,200	1,424
F	Saat metre	3	4	1	3	3	1	1	1	3	1	1	1	5	1	1	2,000	1,363
K	Ses Paneli, Marker Alıcı	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	5	2	5	2,000	1,363
GENEL ORTALAMA DEĞER																	3,699	

Ort: Aritmetik ortalama; SS: Standart Sapma



Şekil 6.1: Pilotlarla yapılan anket çalışmasında “önem kriterine” ait elde edilen verilerin grafiği

Ayrıca Ses Paneli, Marker Alıcı [K], Saat metre [F], Otomatik Yön Bulucu [L], Transponder [I], Mesafe Ölçüm Cihazı [M], NavCom [J], Varyo Göstergesi [H] göstergeleri puanlamasında pilotlar arasında büyük farklılıklar bulunduğu gözlenmektedir.

Ankette önem ilkesi ile ilgili sorulan soruda pilotlardan her bir göstergeyi puanlamaları istenen *[1-en az; 5-en çok]* skalasında beş adet değerlendirme seçeneği bulunduğu düşünüldüğünde, Çizelge 6.1’de elde edilen sonuçların bu gruplardan sadece üç tanesinde toplandığı görülmektedir. Bu gruplar sırasıyla [2-2,9] aralığı, [3-3,9] aralığı ve [4-4,9] aralığıdır. Bu sırasıyla aralıklarda:

- [4 - 4,9] aralığında ise 13 adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Tork metre, Rotor / Türbin Takometresi, Yön Gayrosu, Gaz Üretici Takometresi, Hava hızı göstergesi, Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi, Gaz Sıcaklığı Göstergesi, Yükseklik Göstergesi, Yakıt Göstergesi, Durum göstergesi, GPS NavCom, Yakıt Basıncı Göstergesi, Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi
- [3 - 3,9] aralığında beş adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi, Yunus/Yatış Göstergesi, Manyetik Pusula, Varyo Göstergesi, NavCom
- [2 - 2,9] aralığında 5 adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Mesafe Ölçüm Cihazı, Transponder, Otomatik Yön Bulucu, Saat metre, Ses Paneli, Marker Alıcı,
- [1- 1,9] aralığında hiç gösterge bulunmamaktadır
- [0- 0,9] aralığında hiç gösterge bulunmamaktadır.

6.1.2 Göstergelerin “kullanım sıklığı” ilkesine bağlı olarak puanlanması

“Kullanım sırası” ilkesinin puanlamasında elde edilen veriler Çizelge 6.2’de görülmektedir. Bu çizelgeye ankete katılan 15 pilot göstergelerin kullanım sıklığı değerini, en sık kullanılanı en seyrek kullanılanı doğru olmak üzere, şu şekilde sıralamıştır:

Z, Y, N, A, P, U, B, E, V, D, T, S, O, R, G, H, J, C, L, M, F, I, K

Çizelge 6.2.'de yer alan verilere bağlı olarak ankete katılmış olan pilotların göstergelerin “kullanım sıklığı” ilkesine göre yapmış olduğu seçim ve değerlendirmeler şu şekildedir:

Ankette kullanım sıklığı ilkesi ile ilgili sorulan soruda pilotlardan her bir göstergelyi puanlamaları istenen Likert skalasında beş adet değerlendirme seçeneğı bulunduğı düşünöldüğünde [1-en az; 5-en çok], Çizelge 6.2'de elde edilen sonuçların bu gruplardan dört tanesine yerleştığı görölmektedir. Bu gruplar sırasıyla [1-1,9] aralığı, [2-2,9] aralığı, [3-3,9] aralığı ve [4-4,9] aralığıdır. Bu aralıklarda sırasıyla:

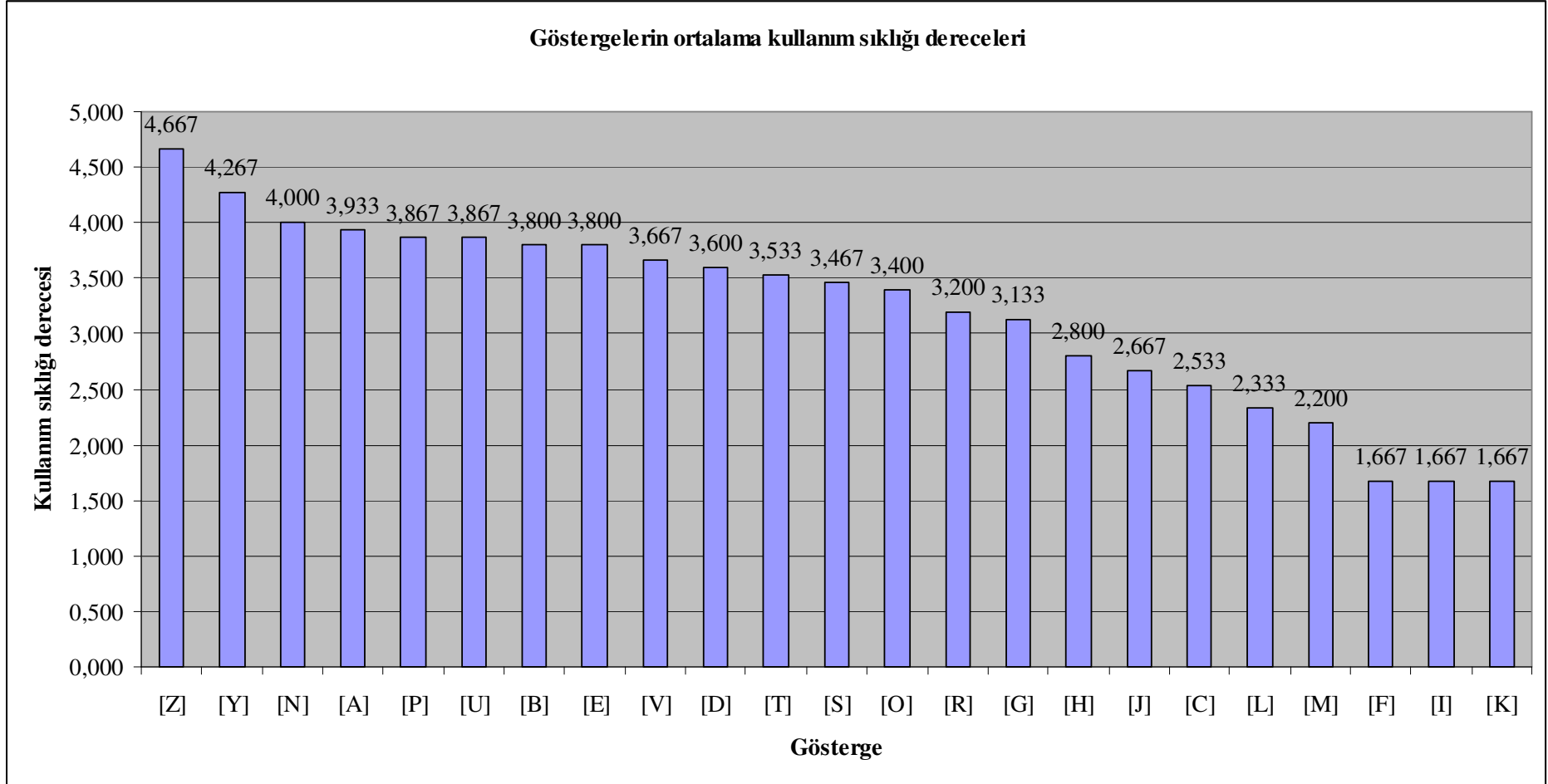
- [4 - 4,9] aralığında ise üç adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Tork metre, Rotor / Türbin Takometresi, GPS NavCom
- [3 - 3,9] aralığında 12 adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Hava Hızı Göstergesi, Yakıt Göstergesi, Gaz Sıcaklığı Göstergesi, Yükseklik Göstergesi , Yön Gayrosu, Gaz Üretici Takometresi, Durum Göstergesi, Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi, Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi, Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi, Yakıt Basıncı Göstergesi, Yunus/Yatış Göstergesi
- [2 - 2,9] aralığında beş adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Varyo Göstergesi, NavCom, Manyetik Pusula, Otomatik Yön Bulucu, Mesafe Ölçüm Cihazı,
- [1 – 1,9] aralığında üç adet gösterge yer almaktadır. Bu göstergeler sırasıyla:
 - ❖ Saat metre, Transponder, Ses Paneli, Marker Alıcı,
- [0 – 0,9] aralığında hiç gösterge bulunmamaktadır.

Tork metre 4,7 değeri ile sıralamada en yüksek yere sahiptir. Bu da Tork metre'nin en sık kullanılan gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. Tork metre ayrıca önem bakımından da en yüksek değere sahiptir. Bu durumda bu gösterge helikopterin etkin ve verimli uçurulabilmesi için hem en önemli hem de en sık kullanılan göstergedir. Tüm göstergelerin ortalama kullanım sıklığı değeri 3,2'dir. 13 göstergenin kullanım sıklığı değeri ortalama değeri olan 3,2'nin üzerinde olup 9 göstergenin kullanım sıklığı değeri de bu ortalama değerin altındadır. Yakıt Basıncı Göstergesinin değeri ise ortalama değere eşit olup 3,2'dir.

Çizelge 6.2: Anket çalışmasında “kullanım sıklığı kriterine” ait elde edilen veriler

GÖSTERGE		PİLOT															Ort.	SS
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
Z	Torkmetre	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4,667	0,488
Y	Rotor / Türbin Takometresi	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	3	3	5	2	3	4,267	1,033
N	GPS NavCom	5	5	4	5	5	2	1	3	5	5	5	2	5	5	3	4,000	1,414
A	Hava Hızı Göstergesi	5	5	5	5	2	1	5	5	5	2	4	3	5	4	3	3,933	1,387
P	Yakıt Göstergesi	5	2	3	5	4	3	5	4	5	5	3	5	3	2	4	3,867	1,125
U	Gaz Sıcaklığı Göstergesi	4	2	5	5	5	5	5	5	1	5	3	3	5	2	3	3,867	1,407
B	Yükseklik Göstergesi	1	5	4	5	3	2	5	4	5	2	4	5	5	4	3	3,800	1,320
E	Yön Gayrosu	4	3	3	5	4	3	1	4	4	3	5	3	5	5	5	3,800	1,146
V	Gaz Üretici Takometresi	4	2	5	5	5	3	4	5	1	5	3	3	5	2	3	3,667	1,345
D	İrtifa Göstergesi	2	5	4	1	2	2	5	4	5	2	5	5	2	5	5	3,600	1,549
T	Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	4	3	3	4	3	5	5	2	5	3	3	3	5	2	3	3,533	1,060
S	Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	4	3	3	4	3	4	5	2	5	3	3	3	5	2	3	3,467	0,990
O	Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi	5	5	2	3	4	2	1	4	1	5	5	2	3	5	4	3,400	1,502
R	Yakıt Basıncı Göstergesi	4	3	3	4	1	4	5	2	4	3	3	3	5	2	2	3,200	1,146
G	Yunus/Yatış Göstergesi	5	2	3	4	2	2	1	1	3	2	4	5	5	4	4	3,133	1,407
H	Varyo Göstergesi	1	3	3	3	1	2	5	2	3	3	3	3	5	3	2	2,800	1,146
J	NavCom	4	3	2	4	1	2	1	2	2	2	3	5	5	1	3	2,667	1,345
C	Manyetik Pusula	4	2	2	1	2	2	1	1	5	2	2	3	5	1	5	2,533	1,506
L	Otomatik Yön Bulucu	5	3	3	1	4	2	1	1	1	1	2	2	5	2	2	2,333	1,397
M	Mesafe Ölçüm Cihazı	5	2	3	3	4	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2,200	1,146
F	Saat metre	3	2	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	5	1	1	1,667	1,175
I	Transponder	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	4	3	1	3	1,667	0,976
K	Ses Paneli, Marker Alıcı	1	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	2	3	2	2	1,667	0,724
GENEL ORTALAMA DEĞER																	3,206	

Ort: Aritmetik ortalama; SS: Standart Sapma



Şekil 6.2: Anket çalışmasında “kullanım sıklığı kriterine” ait elde edilen verilerin grafiği

Kullanım sıklığı değer çizelgesinde 15 pilotun yaptığı değerlendirmeler incelendiğinde; Torkmetre haricinde tüm göstergelerin, kullanım sıklığı değerlerinde büyük farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin kullanım sıklığı değeri 4,0 olan GPS Nav Com'un pilotların verdiği puanlar incelendiğinde değerlendirme skalasındaki tüm puanların verildiği görülmektedir. Benzer şekilde kullanım sıklığı bakımından 20. sırada yer alan Mesafe Ölçüm Cihazının ortalama puanı 2,2 olmasına rağmen bir pilot tarafından 5; başka bir pilot tarafından da 4 puan ile değerlendirildiği görülmektedir. Kullanım sıklığı değeri en düşük olan gösterge Ses Paneli, Marker Alıcı olarak pilotlar tarafından değerlendirilmiştir. Ses Paneli, Marker Alıcı aynı zaman da önem derecesi ilkesi bakımından en az öneme sahip gösterge olarak değerlendirilmiştir. Bu durum Torkmetre'nin durumu ile benzerlik taşımaktadır. Her iki gösterge de önem ve kullanım sıklığı bakımından aynı konumdadırlar.

6.1.3 Göstergelerin “işlev benzerliği” ilkesine bağlı olarak gruplanması

Göstergelerin “işlev benzerliği” ilkesine bağlı olarak gruplandığı bu aşamada, pilotlardan ortak işleve sahip olan ve bir arada görmek istedikleri göstergeleri gruplar halinde düzenlemeleri istenmiştir. Bu ilke uyarınca bir gösterge panelinde benzer işleve sahip parçalar aynı gruplar içerisinde ya da birbirlerine yakın bir şekilde konumlanmalıdır.

Bu aşamada pilotlardan elde edilen veriler grup temelli çizelgeler olarak düzenlenmiştir. Diğer taraftan her pilotun grupları kafasında modelleme biçimi farklı olduğu anketlerde ortaya çıkmıştır. Bir pilot belirli göstergeleri birinci grup olarak tanımlarken diğer bir pilot ise benzer göstergeleri üçüncü grup olarak zihninde gruplayıp ankete o şekilde işlemiştir. Bu durum pilotlar tarafından oluşturulan grupların yeniden düzenlenmesini gerektirmiştir. Bu çalışma bir sonra ki bölümde yapılmış olup işlevsel benzerlik kavramı bu yeniden düzenlenmiş gruplamalar temel alınarak incelenecektir. Bu bakımdan bu bölümde anketlerden doğrudan aktarılarak elde edilen gruplamalar ham gruplar (Çizelge 6.3, Çizelge 6.4, Çizelge 6.5, Çizelge 6.6) olarak ifade edilecek; bir sonraki bölümde bu grupların düzenlenmesi ile elde edilen gruplamalar ise düzenlenmiş gruplar olarak adlandırılacaktır.

Çizelge 6.3: Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan” 1. gösterge grubu seçimleri

1. grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	A B E C H D G F
	P2	A B D E G H N O
	P3	A B D E G H V Y Z
	P4	A B E N Y
	P5	A B C D E M N O V Y Z
	P6	A B C D G H
	P7	A B D H
	P8	A U V Y Z D M
	P9	A B H D Z
	P10	A B D G H M
	P11	I J N O
	P12	A B D G H
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	A D E G
	P15	A B D H

Çizelge 6.4: Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 2. gösterge seçimleri

2. grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	I J K L M N
	P2	P R S T U V Y Z
	P3	I J O
	P4	P R
	P5	G H P R S T U
	P6	P R S T U
	P7	P R S T U V Y Z
	P8	B H G J
	P9	C E G
	P10	C E F J L N O
	P11	P R S T U V Y
	P12	C E F L M N
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	B H M
	P15	R S T U V Y Z

Çizelge 6.5: Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 3. gösterge grubu seçimleri

3. grup	PILOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	O P R S T U V Y Z
	P2	<i>Katılımcı 3. grubu belirtmemiştir</i>
	P3	K L M N
	P4	S T
	P5	H I J K L
	P6	V Y Z
	P7	C E F G
	P8	P R S T
	P9	I J K L M N O
	P10	P R Z
	P11	A B H
	P12	O P R S T U V Y Z
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	J K L N O
	P15	D E G L M N O

Çizelge 6.6: Pilotların “işlevsel benzerliği” temel alan 4. gösterge grubu seçimleri

4. grup	PILOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	Meteoroloji Radarı
	P2	<i>Katılımcı 4. grubu belirtmemiştir</i>
	P3	P R S T U
	P4	<i>Katılımcı 4. grubu belirtmemiştir</i>
	P5	Telsiz cihazları
	P6	I J K L M N O
	P7	I J K L M N O
	P8	C E F I
	P9	I R S T U F V Y
	P10	S T U V Y
	P11	D E G
	P12	I J
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	C F I M P R S T U V Y Z
	P15	C F I J K

Anketlerde pilotlardan elde edilen “işlevsel benzerlik” ilkesine ait seçimler incelenerek her bir göstergenin diğer her gösterge ile ikişerli olarak kaçar defa bir arada seçildiği incelenmiş ve sonuçlar bir matris olarak veri haline dönüştürülmüştür. Tüm gruplamalarda özellikle göze çarpan durum birinci grupta pilot seçimleri arasında benzerliklerin olduğudur. Ancak bu durum ikinci grupta daha az belirginleşmekte; üçüncü ve dördüncü gruplarda benzerlikler zayıflamaktadır. Bu durum grupların yeniden düzenlenmesini gerektirmiştir. Diğer taraftan ankete katılan bazı pilotlar hiç grup belirtmemiş ya da grupların sayısını sınırlı tutarak yalnız üç grup belirtilmiştir.

Çalışmanın bu aşamasının sonunda ortaya çıkan veriler kullanılarak “işlevsel benzerlik matrisi” elde edilmiştir. “İşlevsel benzerlik matrisi” Çizelge 6.7’de görülmektedir. “İşlevsel benzerlik matrisi”ni elde etmekte ki amaç, “önem” ve “kullanım sıklığı” ilkelerinin bütünleşik değerlerinden hareketle elde edilen gösterge panelinde ki alt gösterge gruplarının sınırları içerisinde yer alacak olan göstergeleri düzenleyebilmek için gerekli verileri elde etmektir. Bu metod McCormick ve Sanders’ın ilkelerinden hareketle yapılacak olan tasarımların ikinci aşamasını teşkil etmektedir.

Çizelge 6.7’da yer alan “işlevsel benzerlik matrisinde üç adet veri elde edilmiştir:

- Anket işlevsel benzerlik sorusuna verilen cevapları doğrultusunda hangi göstergenin bir diğeri ile kaç defa eşleştirildiğini ortaya koymaktadır
- Dikey ve yatay olarak listelenmiş gösterge kodlarının kesişim noktasında yer alan, her göstergenin diğer her bir gösterge ile kaç defa eşleştirildiğine ait sayısal veriler; bu verileri beyaz hücreler içerisinde bulunmaktadır.
- Çizelgenin sağında “Toplam” sütununda yer alan, her bir göstergenin diğer göstergeler ile toplam kaç defa eşleştirildiğine ait verilerdir.
- Her bir göstergenin kaç defa bir gruba dâhil edildiği “Σ” sütununda gösterilmektedir.

Çizelge 6.7: Göstergelerin “işlevsel benzerlik matrisi”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	Y	Z	Toplam eşleşme	Σ
A		12	3	11	6	1	6	9	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	1	3	3	2	65	14
B	12		3	9	5	1	6	11	0	1	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	2	2	2	62	14
C	3	3		2	7	6	4	2	1	0	0	2	3	3	2	0	0	1	1	0	1	2	2	45	10
D	11	9	2		6	0	7	8	0	0	0	1	3	2	3	0	0	0	0	0	2	2	3	59	14
E	6	5	7	6		4	8	3	1	0	0	3	4	6	4	0	0	0	0	0	2	2	2	63	13
F	1	1	6	0	4		1	0	3	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	7
G	6	6	4	7	8	1		7	0	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	54	13
H	9	11	2	8	3	0	7		1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	13
I	0	0	1	0	1	3	0	1		9	6	4	5	5	5	0	2	2	2	2	2	2	1	53	12
J	0	1	0	0	0	0	1	1	9		7	7	4	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	43	12
K	0	0	0	0	0	1	0	1	6	7		7	5	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	37	7
L	0	0	2	1	3	2	1	1	4	7	7		7	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	50	10
M	3	3	3	3	4	2	1	2	5	4	5	7		8	5	1	1	1	1	1	2	2	2	66	12
N	3	3	3	2	6	2	2	1	5	7	6	9	8		9	0	0	0	0	0	1	1	1	69	13
O	2	2	2	3	4	1	2	1	5	6	4	6	5	9		2	2	2	2	2	3	3	3	71	12
P	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	2		11	9	9	7	6	5	5	58	11
R	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	11		12	12	11	8	8	6	76	13
S	0	0	1	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	9	12		13	11	8	8	3	73	13
T	0	0	1	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	9	12	13		11	8	8	6	76	12
U	1	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	1	0	2	7	11	11	11		7	9	6	71	10
V	3	2	1	2	2	1	1	1	2	0	0	0	2	1	3	6	8	8	8	7		10	8	76	12
Y	3	2	2	2	2	1	1	1	2	0	0	0	2	1	3	5	8	8	8	9	10		8	78	11
Z	2	2	2	3	2	1	1	1	1	0	0	0	2	1	3	5	6	3	6	6	8	8		63	8

6.1.4 Pilotlardan elden edilen işlevsel gruplamaların yeniden düzenlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında ham gruplardaki karışıklık ve dağınıklığın önlenmesi amacıyla bu gruplar içeririndeki pilot seçimleri, içeriklerine dokunulmadan, yeniden düzenlenmiştir. Bu işlemle pilotların seçimleri, aralarında en çok benzerlik bulunanlar dikkate alınarak tekrar bir araya getirilmiş ve “işlevsel benzerliği” temel alan gruplar arasındaki dağınıklık ve karmaşa giderilmeye çalışılmıştır. Yapılan düzenleme çalışması sonucunda işlevsel benzerliğe dayana gruplamalar daha açık bir biçimde elde edilmiştir (Çizelge 6.18, Çizelge 6.10, Çizelge 6.12, Çizelge 6.14). Daha sonra her bir gösterge grubunun işlevsel benzerlik matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge 6.13, Çizelge 6.15). Burada amaç her grup içerisinde her bir göstergenin diğer bir gösterge ile kaçar defa eşleştiğini ortaya koymaktır.

Çizelge 6.8: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan” Birinci gösterge grupları.

1. Grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	A B E C H D G F
	P2	A B D E G H N O
	P3	A B D E G H V Y Z
	P4	A B E N Y
	P5	A B C D E M N O V Y Z
	P6	A B C D G H
	P7	A B D H
	P8	A U V Y Z D M
	P9	A B H D Z
	P10	A B D G H M
	P11	A B H
	P12	A B D G H
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	A D E G B H M
	P15	A B D H

Çizelge 6.8 görsel olarak incelendiğinde bu grupta, çoğunlukla A, B, D, E, H göstergelerinin yer aldığı görülmektedir. Diğer taraftan bu gösterge grubu (Çizelge 6.8) ve bu grubun matrisi (Çizelge 6.9) incelendiğinde, bir biriyle en çok eşleşen gösterge çiftleri şu şeklide oluştuğunu görmekteyiz:

- [A B] 12 eşleşme
- [A D] 11 eşleşme; [A H] 11 eşleşme; [B H] 11 eşleşme
- [B D] 10 eşleşme; [D H] 10 eşleşme

- [A G] 7 eşleşme
- [B G] 6 eşleşme

Çizelge 6.8’de yer alan diğer eşleştirilmeler 6’dan daha düşük bir değere sahiptir. Ayrıca göstergeler temel alınarak incelendiğinde eşleştirilme sayısı en büyükten en küçüğe doğru şu şekilde bir dağılım göstermektedir:

A, B, D, H, E, G, Y, Z, M, C, V, N, O, F

Çizelge 6.9: Birinci gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”.

	A	B	C	D	E	F	G	H	M	N	O	V	Y	Z	Toplam eşleşme
A		12	3	11	6	1	7	11	4	3	2	3	3	4	70
B	12		3	10	5	1	6	11	2	3	2	2	3	2	62
C	3	3		3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	22
D	11	10	3		5	1	7	10	4	2	2	2	2	3	62
E	6	5	2	5		1	4	4	2	3	2	2	3	2	41
F	1	1	1	1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	7
G	7	6	2	7	4	1		7	2	1	1	1	1	1	41
H	11	11	2	10	4	1	7		1	1	1	1	1	2	53
M	4	2	1	4	2	0	2	1		1	1	2	2	2	24
N	3	3	1	2	3	0	1	1	1		2	1	2	1	21
O	2	2	1	2	2	0	1	1	1	2		1	1	1	17
V	3	2	1	2	2	0	1	1	2	1	1		3	3	22
Y	3	3	1	2	3	0	1	1	2	2	1	3		3	25
Z	4	2	1	3	2	0	1	2	2	1	1	3	3		25

Çizelge 6.10: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan ikinci gösterge grupları.

2. Grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	I J K L M N
	P2	Katılımcı 3. grubu belirtmemiştir
	P3	I J O K L M N
	P5	H I J K L
	P6	I J K L M N O
	P7	I J K L M N O
	P8	B H G J
	P9	I J K L M N O
	P11	I J N O
	P12	I J
	P13	Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir
	P14	J K L N O
	P15	C F I J K

Çizelge 6.10’da yer alan 2ci gösterge grubuna ait pilot seçimleri incelendiğinde bazı ortak eşleşmeler göze çarpmaktadır. Buna göre bu grupta genel olarak I, J, K, L, M, M, N ve O göstergeleri pilotların çoğunluğu tarafından benzer işleve sahip oldukları

değerlendirilmiş ve aynı gruba dâhil edilmişlerdir. Diğer taraftan bu gösterge grubu (Çizelge 6.10) ve bu grubun matrisi (Çizelge 6.11) incelendiğinde, bir biriyle en çok eşleşen gösterge çiftleri şu şeklide oluştuğunu görmekteyiz:

- [I J] 9 eşleşme
- [J K] 7 eşleşme; [J L] 7 eşleşme
- [I L] 6 eşleşme; [I O] 6 eşleşme; [J L] 6 eşleşme;
- [J N] 6 eşleşme; [J O] 6 eşleşme;
- [K N] 5 eşleşme; [L N] 5 eşleşme;
- [M O] 3 eşleşme

Çizelge 6.11: İkinci gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”.

	B	C	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Toplam eşleşme
B		0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	4
C	0		1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	4
F	1	1		0	0	1	1	1	0	0	0	0	5
G	1	0	0		1	0	1	0	0	0	0	0	3
H	1	0	0	1		1	2	1	1	0	0	0	7
I	0	1	1	0	1		9	1	6	5	6	5	35
J	1	1	1	1	2	9		7	6	5	6	6	45
K	0	1	1	0	1	1	7		7	5	6	5	34
L	0	0	0	0	1	6	6	7		5	6	5	36
M	0	0	0	0	0	5	5	5	5		5	3	28
N	0	0	0	0	0	6	6	6	6	5		5	34
O	0	0	0	0	0	5	6	5	5	3	5		29

Çizelge 6.11’de yer alan diğer eşleştirilmeler 3’den daha düşük bir değere sahiptir. Ayrıca gösterge bazında incelendiğinde toplam eşleştirilme sayısı en büyükten en küçüğe doğru şu şekilde bir dağılım göstermektedir:

J, L, I, N, K, O, M, H, F, B, C, G

Çizelge 6.12’de yer alan pilotların 3cü gösterge grubuna ait seçimleri incelendiğinde bazı ortak eşleşmeler göze çarpmaktadır. Buna göre bu grupta genel olarak P, R, S, T, U, V, Y, Z göstergeleri pilotların çoğunluğu tarafından benzer işleve sahip oldukları değerlendirilmiş ve aynı gruba dâhil edilmişlerdir.

Çizelge 6.12: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan”üçüncü gösterge grupları.

3. Grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	O P R S T U V Y Z
	P2	P R S T U V Y Z
	P3	P R S T U
	P4	P R S T
	P5	G H P R S T U
	P6	P R S T U V Y Z
	P7	P R S T U V Y Z
	P8	P R S T
	P9	I R S T U F V Y
	P10	P R Z
	P10	S T U V Y
	P11	P R S T U V Y
	P12	O P R S T U V Y Z
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P14	C F I M P R S T U V Y Z
	P15	R S T U V Y Z

Çizelge 6.13: Üçüncü gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”.

	C	F	G	H	I	M	O	P	R	S	T	U	V	Y	Z	Toplam eşleşme
C		1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11
F	1		0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11
G	0	0		1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	6
H	0	0	1		0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	6
I	1	1	0	0		1	0	1	2	2	2	2	2	2	1	17
M	1	1	0	0	1		0	1	1	1	1	1	1	1	1	11
O	0	0	0	0	0	0		2	2	2	2	2	2	2	2	16
P	1	1	1	1	1	1	2		12	11	11	8	6	7	6	69
R	1	1	1	1	2	1	2	12		13	13	11	9	9	8	84
S	1	1	1	1	2	1	2	11	13		14	12	10	10	7	86
T	1	1	1	1	2	1	2	11	13	14		12	10	10	7	86
U	1	1	1	1	2	1	2	8	11	12	12		10	10	7	79
V	1	1	0	0	2	1	2	6	9	10	10	10		10	7	69
Y	1	1	0	0	2	1	2	7	9	10	10	10	10		7	70
Z	1	1	0	0	1	1	2	6	8	7	7	7	7	7		55

Diğer taraftan bu gösterge grubu (Çizelge 6.12) ve bu grubun matrisi (Çizelge 6.13) incelendiğinde, bir biriyle en çok eşleşen gösterge çiftleri şu şeklide oluştuğunu görmekteyiz:

- [S T] 14 eşleşme
- [R S] 13 eşleşme; [R T] 13 eşleşme
- [P R] 12 eşleşme; [S U] 12 eşleşme
- [P S] 11 eşleşme; [P T] 11 eşleşme; [R U] 11 eşleşme

- [S V]; [S Y]; [T V]; [T Y]; [U V]; [U Y]; [V Y] 10 eşleşme
- [R V] 9 eşleşme [R Y] 9 eşleşme
- [P U] 8 eşleşme [R Z] 8 eşleşme
- [P Y], [S Z], [T Z], [U Z], [V Z], [Y Z] 7 eşleşme
- [P V] 6 eşleşme [P Z] 6 eşleşme

Çizelge 6.12 ve Çizelge 6.13’de yer alan diğer eşleşmeler altıdan daha küçük olup yukarıda sıralanmamıştır.

Çizelge 6.14: Yeniden düzenlemiş “işlevsel benzerliği” temel alan dördüncü gösterge grupları

4. Grup	PİLOT	GRUPLAMA SEÇİMİ
	P1	Meteoroloji Radarı
	P2	<i>Katılımcı 4. grubu belirtmemiştir</i>
	P4	<i>Katılımcı 4. grubu belirtmemiştir</i>
	P5	Telsiz cihazları
	P7	C E F G
	P8	C E F I
	P9	C E G
	P10	C E F J L N O
	P11	D E G
	P12	C E F L M N
	P13	<i>Katılımcı gruplamaya gerek olmadığını belirtmiştir</i>
	P15	D E G L M N O

Ham haldeki dört grup çizelgesi, düzenlemiş haliyle Çizelge 6.14’da görülmektedir. Burada üç pilot grup tercihi belirtmezken, iki pilot da genel ifadelerle grubu tanımlamıştır. Diğer 10 pilotun grup tercihlerinde ilk bakışta bazı ortak tercihler çarpmaktadır. Buna göre C, E, F, G ile L, M, N pilotlar tarafından işlevsel benzerlikleri nedeniyle birbirlerine yakın olarak konumlandırılmak üzere tercih edilmiştir. Çizelge 6.15’de yer alan işlevsel benzerlik matrisinde ise en çok eşleştirilen gösterge çiftleri şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:

- [C E] 5 eşleşme
- [C F], [E F], [E G] 4 eşleşme
- [C L], [C N], [E L], [E N], [L N] 3 eşleşme
- [C G], [C M], [D E], [D G], [E M], [E O], [L O], [M N], [N O] 2 eşleşme

Ayrıca gösterge bazında incelendiğinde toplam eşleştirilme sayısı en büyükten en küçüğe doğru şu şekilde bir dağılım göstermektedir:

E, C, F, L, N, G, O, M, D, J, I

Çizelge 6.15: Dördüncü gösterge grubuna ait “işlevsel benzerlik matrisi”

	C	D	E	F	G	I	J	L	M	N	O	<i>Toplam eşleşme</i>
C		0	5	4	2	1	1	3	2	3	1	22
D	0		2	0	2	0	0	1	1	1	1	8
E	5	2		4	4	1	1	3	2	3	2	27
F	4	0	4		1	1	1	2	1	2	2	18
G	2	2	4	1		0	0	1	1	1	1	13
I	1	0	1	1	0		0	0	0	0	0	3
J	1	0	1	1	0	0		1	0	1	1	6
L	3	1	3	2	1	0	1		2	3	2	18
M	2	1	2	1	1	0	0	2		2	1	12
N	3	1	3	2	1	0	1	3	2		2	18
O	1	1	2	2	1	0	1	2	1	2		13

Çizelge 6.16: Pilotların” kullanım sırasına” bağlı olarak oluşturdukları gösterge grupları

1. grup	P1	A B E G H F I P N
	P2	A B H D E G N O
	P3	A B D E G Z Y V
	P4	A B E N Y
	P5	A D Z D A
2. Grup	P1	Z Y V U T S R
	P2	-
	P3	I J K L M N O
	P4	P R
	P5	S T
3. Grup	P1	O M L K J L C
	P2	-
	P3	P R S T U
	P4	S T
	P5	E [Pusula] G E
4. Grup	P1	-
	P2	-
	P3	-
	P4	-
	P5	Telsiz frekansları Yedek frekans Asli konuşma frekansı

6.1.5 Göstergelerin “kullanım sırası” ilkesine bağlı olarak gruplanması

Anket süresince ilgili sorunun cevaplanması sürecinde “kullanım sırası” ilkesinin katılımcıların önemli bir kısmı tarafından yeteri kadar ya da doğru olarak algılanmadığı gözlemlenmiş olduğu için bu konuda açıklama yapılmıştır. Sanders ve

McCormick'in bu ilkeye bağılı olarak verdiğı örnekler, göstergelerden çok kontroller sınıfına girmektedir. Bir üretim hattında kullanılan kontrol panelinde yer alan düğmelerin belirli operasyonlarda belirli bir sırada basılması göstergeden çok kontrol sınıfına girmektedir. Bu bakımdan belirleyici bir sırayı zorlayıcı bir durum yoktur. Bu sebepten ötürü ilk 5 anketten sonra yapılan diğerk anketlerde "kullanım sırası" ilkesine bağılı olarak gruplama sorusu anketlerden çıkartılmıştır. Bu soru sadece ilk 5 ankette yer almış olup takip eden 10 ankette yer almamıştır. Ancak yine de verilen cevaplar incelendiğinde bazı örtüşmeler görölmektedir. İlk 5 pilotla yapılan anketlerde bu soruya verilen cevaplar Çizelge 6.16'da görölmektedir.

6.1.6 Ankete katılan pilotların uçuş deneyimleri ve gösterge paneli ergonomisine dayanan helikopter tercihleri

Çalışmaya katılmış olan tüm pilotların uçuş deneyimleri ve bunla bağılı olarak gösterge paenli ergonomisini temel alan helikopter tercihleri Çizelge" 6.17'de görölmektedir. Bu çizelge incelendiğinde 15 pilotun hepsi erkek olup; Türk Silahlı Kuvvetlerinde pilotluk eğitimi aldığı görölmektedir. 15 pilotun halen 7 tanesi Türk Silahlı Kuvvetlerinde helikopter pilotu olarak; 8 tanesi ise sivil havacılık sektöründe çalışmaktadır. Pilotların toplam uçuş deneyimleri ise şu şekildedir:

0-9 Yıl	2 Pilot
10-19 Yıl	8 Pilot
20-29 Yıl	2 Pilot
30-39 Yıl	3 Pilot

Bu bilgiler ışığında çalışmaya katılan tüm pilotların *ortalama 17,7 yıl* uçuş deneyimine sahip olduğu görölmektedir. Anket çalışmasına katılmış olan tüm pilotlar eğitim sırasında Bell UH-1H tipi helikopter kullanmışlardır. Bu helikopter aynı zamanda sivil havacılıkta da yaygın olarak kullanılmakta olup gösterge paneli tasarımı ve düzenlemesi bakımından bu çalışmada kullanılan gösterge paneli ile benzer bir yapıya sahiptir. Bu bakımdan AH-1P saldırı helikopteri kullandığını belirten askeri pilotların da bu çalışmada kullanılan göstergeler hakkında yeterli bilgi ve deneyim sahibi oldukları kabul edilmiştir.

Çizelge 6.17: Anket çalışmasına katılan pilotların uçuş deneyimi ve helikopter tercihleri

P	Uçuş Deneyimi			UÇD	Halen kullanılan Helikopter	En başarılı bulunan Helikopter	En başarısız bulunan Helikopter
	A	S	T				
P01	11	20	31	30-39	Bell 430	<i>Bell 430, Augusta 109 C</i>	<i>Enstrom</i>
P04	20	10	30		Eurocopter EC-155BI (Glas kokpit)	<i>Eurocopter EC-155BI Sikorsky S76, A-109P</i>	<i>Dolphen AS-365B1</i>
P05	17	13	30		A119 Koala, Bell 206 L3, Enstrom 480	<i>Bell 206 L</i>	<i>Rus helikopterleri</i>
P02	14	14	28	20-29	Bell 430	<i>Bell 430, Sikorsky S76</i>	-
P03	21	1	22		Eurocopter EC-155BI (Glas kokpit)	<i>Sikorsky S-70 (Glas kokpit)</i>	<i>A 109 A</i>
P06	19	0	19	10-19	AH-1P	<i>UH-1H</i>	<i>AH-1P</i>
P07	18	0	18		AH-1P	<i>UH-1H</i>	<i>AH-1P</i>
P14	17	0	17		Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk	<i>Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk</i>	<i>AB-206</i>
P09	14	0	14		AH-1P	-	-
P08	13	0	13		Cougar AS532	<i>Cougar AS 532</i>	<i>UH-1H</i>
P12	12	0	12		Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk	<i>Sikorsky S-70 (Glas kokpit) Black Hawk</i>	-
P10	11	0	11		AH-1P	-	-
P13	11	0	11		Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk	<i>Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk</i>	<i>UH-1H</i>
P11	6	0	6	0-9	Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk	<i>Sikorsky S-70 (Glas kokpit) Black Hawk</i>	-
P15	3	0	3		Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk	<i>Sikorsky S-70A (Glas Kokpit) Black Hawk</i>	<i>UH-1H</i>
	13,8	3,9	17,7				

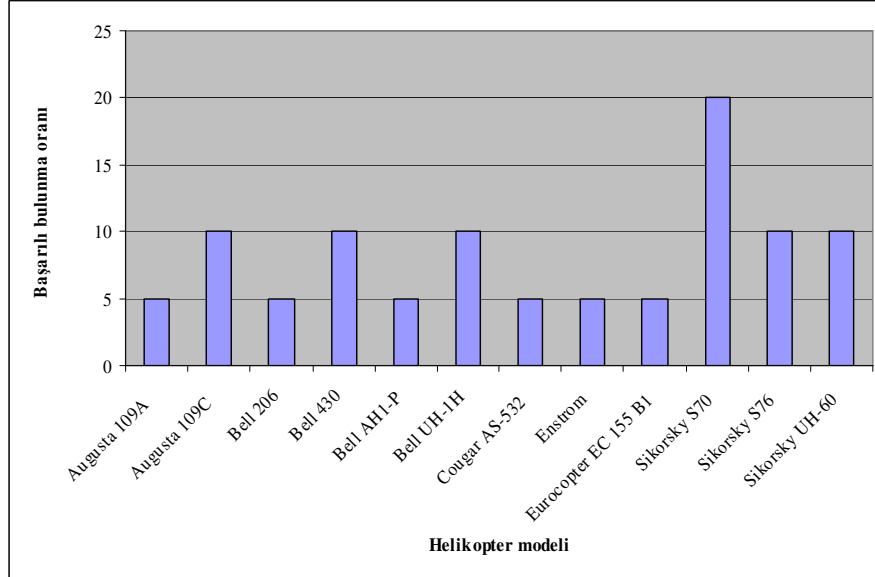
P : Pilot, A : Askeri, S : Sivil, UÇD : Uçuş deneyimi dağılımı

Çizelge 6.18: Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarılı” ve “en başarısız” buldukları helikopterler

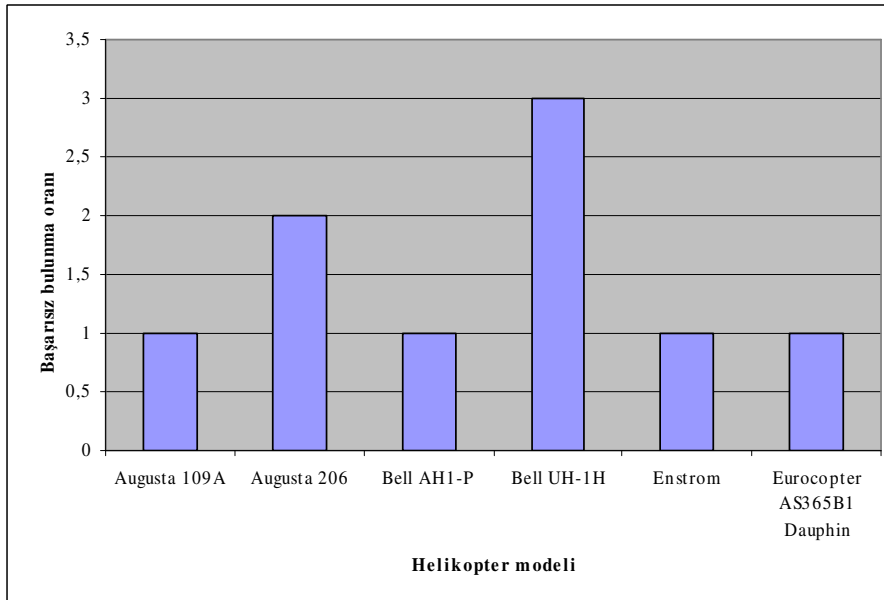
Helikopter modeli	En Başarılı	Yüzdelik oran	En Başarısız	Yüzdelik oran
Augusta 109A	1	5	1	11
Augusta 109C	2	10		0
Augusta 206		0	2	22
Bell 206	1	5		0
Bell 430	2	10		0
Bell AH1-P	1	5	1	11
Bell UH-1H	2	10	3	33
Cougar AS-532	1	5		0
Enstrom	1	5	1	11
Eurocopter AS365B1 Dauphin		0	1	11
Eurocopter EC 155 B1	1	5		0
Sikorsky S70	4	20		0
Sikorsky S76	2	10		0
Sikorsky UH-60	2	10		0
Toplam	20	100	9	100

Ayrıca anket çalışmasına katılan tüm pilotların gösterge paneli ergonomisini temel alan en başarılı ve en başarısız buldukları helikopter modellerinin sayısal dağılı ise Çizelge 6.18, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’de görülmektedir.

Şekil 6.3: Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarılı” buldukları helikopterler



Şekil 6.4: Ankete katılan pilotların gösterge paneli tasarımlarını “en başarısız” buldukları helikopterler



6.1.7 Anketler sırasında alınan diğer görüşler

Anket çalışması sürecinde görüşülen pilotlar ayrıca gösterge panelleri hakkında tercihlerini sözlü olarak dile getirmişlerdir. Burada elde edilen bu görüşler bu

çalışmanın sonucunda elde edilmesi amaçlanan optimum gösterge panelinin oluşturulmasında kullanılacaktır.

- “Gösterge paneli hem VFR hem de IFR şartları göz alınarak tasarlanmalıdır; örneğin [D] durum göstergesinin kullanım sıklığı değeri VFR’de (1) iken IFR’de (5) dir; diğer taraftan [K] audio panelinin “önem” değeri VFR’de(1) iken IFR’de [5]dir.”
- “VFR uçuşlarında pilot daha çok dışarı bakarak uçmaktadır, bu bakımdan yüksek görüş açısı gereklidir, IFR uçuşlarında ise daha çok içerideki gösterge paneli izlenerek uçulmaktadır.”
- “Gösterge panelinde en önemli olumsuz özellik parlamadır, göstergeler her durumda okunabilmelidir.”
- “Durum göstergeleri (s/s) pilota yakın konumlanmalıdır.”
- “Motor göstergeleri ise ya ikinci pilota yakın ya da her iki pilota eşit mesafede yer almalıdır.”
- “Glas pilot kabini türüne hızlı bir geçiş yaşanmaktadır.”
- “Genel eğilim bütünleştirilmiş dijital göstergelere geçiş yönündedir, dijital göstergelerde bir ekranın bozulması halinde o ekranda gösterilen bilgiler diğer ekranda gösterilebilmektedir.”
- “Özellikle genç pilotlar dijital ekranları tercih etmektedir.”
- “Bazı göstergeler entegre edilebilir bu okuma süresini kısaltacaktır:
 - [Yağ basıncı + yağ sıcaklığı]
 - [Yakıt basıncı+ yakıt miktarı]
 - [Transmisyon basıncı + transmisyon harareti]”
- “Antropometrik veriler çok önemlidir, helikopter pilotlarının seçiminde boyda alt sınır 168 cm’dir. Bu durum kontrollere erişim bakımından çok önemlidir. Özellikle Rus helikopterlerinde gösterge panelleri pilotun erişim alanı dışındadır.”
- “Eğer helikopterde GPS varsa yön gayrosu (ayrıca yön gayrosunun oldukça eski bir gösterge olduğu belirtilmiştir) kullanılmayabilir.”
- “Pilotlar baş ve göz hareketlerini optimize edebilmek açısından, gösterge panelinin üst bitiş çizgisi ile göz hizalarını aynı seviyede olmasını tercih etmektedirler.”
- “GPS hayati önem taşımaktadır. Harita kullanımı neredeyse kalkmıştır.”
- “Transponder hayati önemde olmakla beraber, konumu önemli değildir.”

- *“Pilotun dikkatini dağıtacak daha az öncelikli göstergeler pilot kabininin kenarlarına serpiştirilmelidir.”*
- *“Acil durum göstergeleri hem görsel hem işitsel olmalıdır.”*
- *“Limit değerlerin aynı hizada bulunması çok önemli olarak görülmektedir.”*
- *“Acil durum göstergeleri aynı grupta yer almalıdır.”*
- *“Görüntüler sesle desteklenmelidir.”*
- *“Güneşten etkilenecek parlak yüzey ya da çerçeve bulunmamalıdır.”*
- *“Göstergelerin mutlaka aydınlatması olmalıdır.”*
- *“İşaretlemeler koyu renkli olmamalıdır.”*
- *“Glas Pilot kabinlerinde” akü bitmesine yakın belirgin bir ikaz ışığı bulunmalıdır.”*
- *“Gösterge paneli, pilot göstergeleri mümkün olduğunca bas hareketi ile değil göz hareketi ile okuyabilme imkânı tanıyacak şekilde tasarlanmalıdır.”*
- *“Üç önemli göstergenin (altimetre, sürat saati, durum gayrosu) bir arada olduğu tip göstergeler en ideal göstergelerdir.”*
- *“Benim kullandığım helikopterlerden bir kısmı analog, bazıları ise digital (sayısal) kokpit. Analog kokpitlerde birçok gösterge her iki pilotun önünde de mevcut. PDU(Pilot Display Unit) ve CPDU(copilot Display Unit) olacak şekilde. Bir de Transmisyon ve Motorlar ile ilgili olan bir panel var O da CDU (Central Display Unit) diye adlandırılıyor. Onun dışında kalan uçuş aletleri (Varyometre, Altimetre, Sürat Saati, Suni Ufuk (VSI-Vertical Situation Indicator) , Stabilatör Pozisyon Göstergesi ve Radar Altimetre gibi) her iki pilotun önünde de mevcut. Bence bu kolaylık gibi gelse de birbirinden bağımsız aletler olduğu için ergonomi açısından çapraz kontrolü uçuşta yapmak zor. Fakat Sayısal kokpitli helikopterlerde bu durum MFD(Multi Function Displayer) üzerinde bu endikasyonların birçoğunu tek bakışta görecektir şekilde dizayn edilmiş. Her iki tip helikopter gösterge sisteminde de yerleştirilme açıları özel. Ayrıca aletler üzerinde sensörler var ve güneş ışığına duyarlı bu sensörler ile veya manuel olarak luminance ve kontrastları ayarlanabiliyor.”*
- *“Gösterge panelleri pilotun iş gücünü azaltmaya yardımcı olmalı ve özellikle çapraz kontrolü kolay yapılacak şekilde dizayn edilip bir arada gruplandırılmalıdır. Dikkatinin çoğunu dışarıya (dış etkenlere) vermesi gereken bir pilotun içeriye bakıp çıkma süresi çok kısa olmalıdır.”*

- *“Gösterge panelinde sarı, yeşil ve kırmızı sahalar rakamların dışında renkli görünümle de pilotu ikaz etmelidir. Göstergenin dizaynında bu özelliğin yanı sıra kontrast özelliği, gece görüş gözlüğüne uyum gibi konular da önem arz etmektedir.”*
- *“Uçuş aletleri, göstergeler panelde belli bir ahenk içerisinde ve göze çarpacak şekilde yerleştirilmelidir. Erişimi ve kullanımı kolay olmalıdır. Birkaç fonksiyon tek bir alet üzerinde uygun şekilde toplanarak aletlere ayrı ayrı bakmaktan ve dikkati birden çok noktaya taksim etmekten kaçınılmalıdır.”*
- *“Durum, seyrüsefer ve sistem (motor, transmisyon) göstergeleri gruplandırılmış olmalıdır. Son yıllarda kullanılan çok fonksiyonlu göstergeler (ing. Multi Function Display) ve hava aracı üzerindeki sistemlere komuta eden kokpit kontrol üniteleri (ing. Cockpit Control Unit) pilot yükünü arttırmakta, pilotların içeri konsantre olmasına neden olarak uçuş emniyetini aksatmaktadır.”*
- *“Özellikle motor ve aktarma sistemlerine ilişkin saatler “back-up” olarak hem analog hem de görüntü ekranlarında dijital olabilir.”*
- *“Karmaşıklık ve renk çokluğu olmamalıdır. İkaz ışıkları göstergelerin arasına serpiştirilmemeli toplu olarak bir panel şeklinde yer almalıdır.”*
- *“Çapraz kontrolü kolay, birbiriyle alakalı sistem göstergeleri birbirine yakın tasarlanmalıdır. Pilotun fiziki olarak görüş açısının olabildiğinden geniş bırakıldığı tasarıma sahip olmalıdır. Fiziki tasarım olarak yüksekliğinin olabildiğince düşük olması avantajdır.”*
- *“Göstergeler panel üzerinde işlevlerine göre yerleştirilmelidir. Kolay anlaşılır olmalıdır. Gündüz uçuşunda güneş ışığının olumsuz etkilerine karşın okunması kolay olmalıdır.”*
- *“Günümüz teknolojisine uygun olarak kritik sistemler dışındaki göstergeler dijital olmalıdır (kritik sistem göstergeleri analog olarak kalmalıdır).”*

6.1.8 “Önem” ve “Kullanım” sıklığı ilkelerine ait verilerin ağırlık verilerek bütünleştirilmesi

Bu aşamada yeni bir değerlendirme kriteri olarak araştırmacı tarafından ortaya konan “bütünleşik değer”in sayısal yapısının oluşturulması amacıyla beş adet tasarım uzmanı ile görüşülmüştür. Bu uzmanlar “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı derecesi” kriterlerine kendi tercihleri doğrultusunda ağırlık vermişlerdir.

Uzmanlara sorularak elde edilen “önem” ve “kullanım sıklığı” ilkelerine ait ağırlıklar Çizelge 6.19’da; bu ağırlıklara göre bütünleşik değer kullanılarak hesaplanan her bir göstergenin Toplam Değeri ise Çizelge 6.20’de görülmektedir.

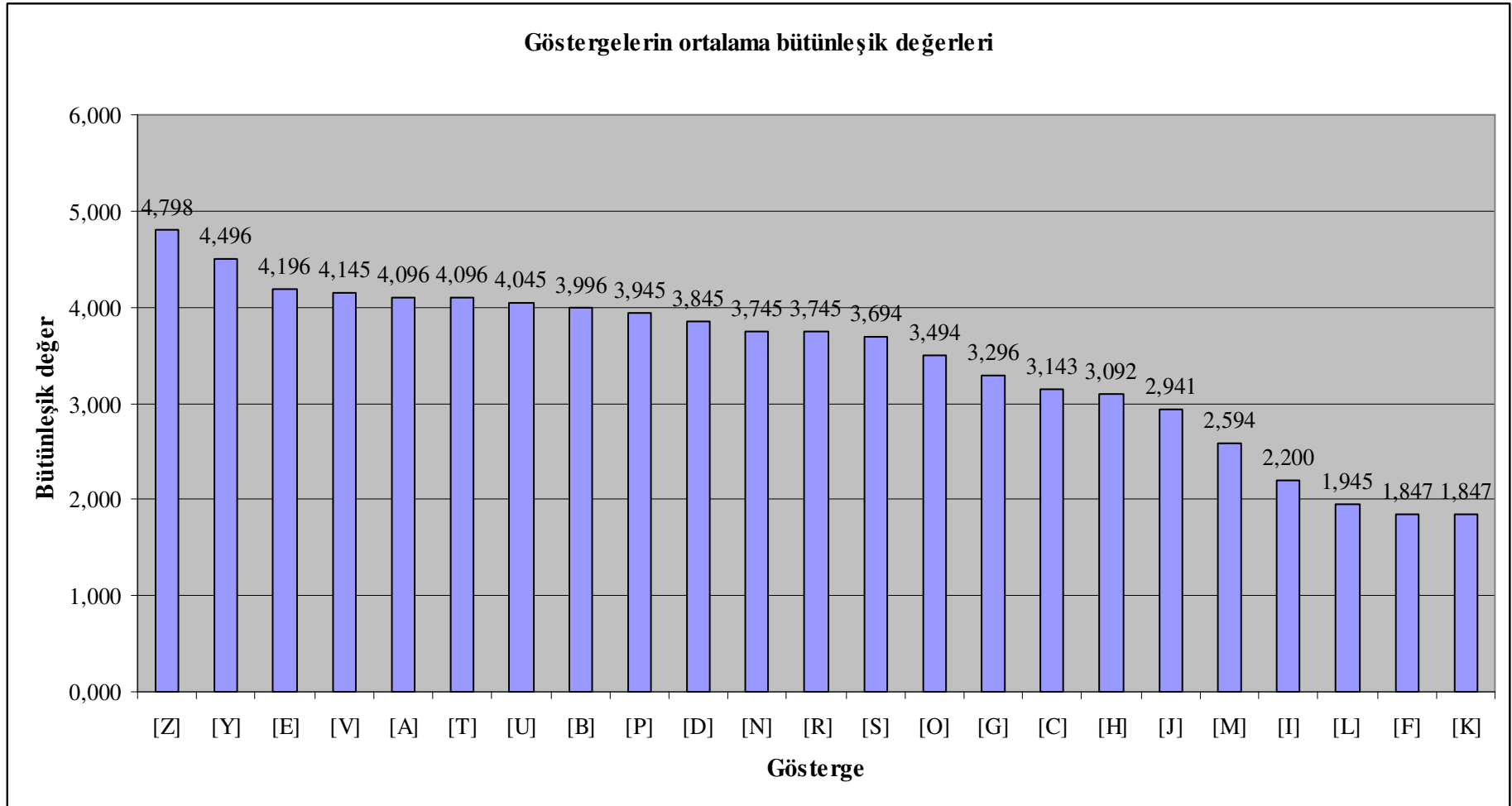
Ayrıca her göstergenin ortalama bütünleşik değerinin grafiksel dağılımı ise Şekil 6.5’de görülmektedir.

Çizelge 6.19: Önem ve kullanım sıklığı ilkelerinin ağırlıkları

	Önem ilkesi	Kullanım Sıklığı
Uzman 1	60	40
Uzman 2	65	35
Uzman 3	60	40
Uzman 4	40	60
Uzman 5	20	80
Ortalama	49	51

Çizelge 6.20: Göstergelerin “Önem derecesi” ve “Kullanım sıklığı” değerlerinden elde edilen bütünleşik değerleri

	Gösterge	Önem derecesi	Ağırlık	Kullanım Sıklığı derecesi	Ağırlık	Bütünleşik Değer
Z	Torkmetre	4,9	0,49	4,7	0,51	4,80
Y	Rotor / Türbin Takometresi	4,7	0,49	4,3	0,51	4,50
E	Yön Gayrosu	4,4	0,49	4	0,51	4,20
V	Gaz Üretici Takometresi	4,4	0,49	3,9	0,51	4,15
A	Hava Hızı Göstergesi	4,3	0,49	3,9	0,51	4,10
T	Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göst.	4,3	0,49	3,9	0,51	4,10
U	Gaz Sıcaklığı Göstergesi	4,3	0,49	3,8	0,51	4,05
B	Yükseklik Göstergesi	4,2	0,49	3,8	0,51	4,00
P	Yakıt Göstergesi	4,2	0,49	3,7	0,51	3,95
D	Durum Göstergesi	4,1	0,49	3,6	0,51	3,85
N	GPS NavCom	4	0,49	3,5	0,51	3,75
R	Yakıt Basıncı Göstergesi	4	0,49	3,5	0,51	3,75
S	Transmisyon Yağ Sıc. ve Bas. Göst.	4	0,49	3,4	0,51	3,69
O	Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi	3,8	0,49	3,2	0,51	3,49
G	Yunus/Yatış Göstergesi	3,5	0,49	3,1	0,51	3,30
C	Manyetik Pususula	3,5	0,49	2,8	0,51	3,14
H	Varyo Göstergesi	3,5	0,49	2,7	0,51	3,09
J	NavCom	3,4	0,49	2,5	0,51	2,94
M	Mesafe Ölçüm Cihazı	2,9	0,49	2,3	0,51	2,59
I	Transponder	2,2	0,49	2,2	0,51	2,20
L	Otomatik Yön Bulucu	2,2	0,49	1,7	0,51	1,95
F	Saat metre	2	0,49	1,7	0,51	1,85
K	Ses Paneli, Marker Alıcı	2	0,49	1,7	0,51	1,85
	Ağırlıklı ortalama					3,45



Şekil 6.5: Göstergelerin “Önem derecesi” ve “Kullanım sıklığı” değerlerinden meydana gelen bütünleşik değerlerinin dağılımı

6.2 İkinci Aşama: Kâğıt Prototipleme Kullanılarak Pilotların Yapmış Olduğu Gösterge Paneli Düzenlemeleri

Gösterge paneli kâğıt prototipleme süreci, çalışmanın ilk aşaması olan anket çalışmasına katılan 15 helikopter pilotundan 10 tanesi ile yürütülmüştür. Anket çalışmasına katılan 15 helikopter pilotundan yedi tanesi muvazzaf asker olarak görev yapmaktadır. Bu pilotlardan beş tanesinin görev yerlerinin değişmesi dolayısı ile söz konusu pilotlar kâğıt prototipleme çalışmasına dâhil edilememiştir. Diğer taraftan kâğıt prototipleme için 10 helikopter pilotu yeterli bir katılımcı sayısı olarak kabul edilmiştir.

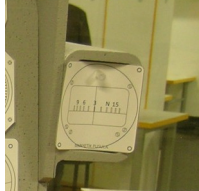
Kâğıt prototipleme çalışmasının, araştırmanın ilk safhalarında, araştırmacının görev aldığı üniversitede özel bir ortamda gerçekleştirilmesi planladığıysa da, katılımcıların mesleki yoğunluklarından ve çalışma programlarından dolayı çalışma her bir pilot için uygun olan bir zamanda üniversite dışı bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Pilotlar işlerinin yoğunluğundan dolayı işyerlerinden uzun bir süre ayrılamayacaklarını özellikle belirtmişlerdir. Bu durumdan dolayı çalışma mekânlarının seçiminde katılımcı pilotların işyerlerine yakınlık üzerinde özellikle durulmuştur. Burada kâğıt prototipleme çalışması için mekân seçimi yapılırken özellikle seçilen mekânın sadece araştırmacı ve denek pilot tarafından kullanılabilmesine, gösterge paneli, video kamera ve fotoğraf marinasının rahat bir şekilde yerleştirilebilmesine olanak tanıyacak büyüklükte olmasına, pilotun çalışmasını yürütürken dikkatini dağıtacak görüntü ve seslerden mümkün olduğunca yalıtılmış olmasına özellikle dikkat edilmiştir. Bu amaçla çalışma helikopter hangarı, kara havacılık üssü, eğitim sınıfı, model atölyesi, çalışma ofisi gibi mekânlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın başında her bir pilota yürütülen tez çalışması hakkında kısaca bilgi verilip kendilerine *“eğer kendi helikopterinizi yapsaydınız, bu helikopterin gösterge panelini ne şekilde düzenlerdiniz?”* sorusu yöneltilmiş ve kâğıt prototipleme çalışmasını yürütürken bu durumu özellikle göz önünde bulundurmaları önemle hatırlatılmıştır. Çalışma için her bir pilota 20 dk süre tanınmıştır. Ayrıca pilotlara tek bir düzenleme haklarının olmadığını, düzeltmeler ve yeniden düzenlemeler yapabilecekleri de özellikle hatırlatılmıştır. Yapılan çalışmanın video kaydı yapılmış ve çalışma sonunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesinin bir fotoğrafı çekilerek her bir pilotun tasarımı belgelenmiştir.

Daha sonra Autocad yazılımı kullanılarak yapılan tasarımın önce gerçekçi bir çizimi yapılmış daha sonra bu çizim her bir göstergenin harf kodundan oluşacak biçimde sadeleştirilerek kodlanmış bir çizime dönüştürülmüştür (Şekil 5.12). Çalışmanın analiz safhasında ise gösterge panellerinin sadece kodlanmış çizimleri kullanılmıştır. Çalışmanın konusu olan helikopterin temel kullanıcıları olan pilotların eğitim seviyelerinin yüksek olması araştırmacı açısından oldukça avantajlı bir durum olmuştur. Katılımcıların yürütülecek çalışmanın içeriğini doğru ve tam olarak anladıkları ve başarılı bir şekilde tasarım çalışmasını gerçekleştirdikleri araştırmacı tarafından özellikle gözlemlenmiştir.

Diğer taraftan havacılık endüstrisinin son derece kesin ve detaylı standartlara sahip bir sektör olmasından dolayı, kullanıcılara yapacakları gösterge paneli tasarımında tamamen serbest oldukları özellikle vurgulanmıştır. Her bir pilot çalışmasını yürütürken, eğer aynı mekan ya da ortamda başka pilotlar bulunuyorsa onlardan mekânın dışında bulunması ya da çalışmayı yürüten pilota herhangi bir etkide bulunamayacağı bir mesafede bulunması özellikle istenmiştir. Ayrıca çalışmaya başlayacak olan bir pilotun kendisinden önce yapılan çalışmaları görmemesi de sağlanmıştır. Bu etkenler pilotların yapacakları çalışmanın kendi özgün tercihlerini yansıtabilmesi açısından son derece önemli olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın bu kısmında gösterge paneli önce geometrik olarak üç bölgeye ayrıştırılarak incelenmiştir: ana ön panel, eğik orta panel ve yatay orta panel. Ancak pilotlar tarafından üretilen tasarımların gerek anket sonuçları ile karşılaştırılması gerekse anket sonuçları esas alınarak araştırmacı tarafından üretilen tasarımlar ile karşılaştırılması aşamasında çalışmanın 5.2. Bölümünde oluşturulan beş bölge temel alınmıştır. Pilotların tamamı göstergelerin yerleşimi için ana ön paneli kullanmış olup altı pilot sadece eğik orta paneli; dört pilot ise hem eğik orta paneli hem de yatay orta paneli kullanmıştır. Diğer taraftan bu çalışmada kullanılan göstergelerden Manyetik Pusula [C], mekanik ve fiziksel özelliklerinden dolayı diğer göstergelerden daha farklı bir yapıya sahiptir. İçerisinde mıknatıs bulunmasından dolayı, diğer göstergelerin manyetik ve elektrik alanlarından etkilenmemesi için, diğer göstergelerden uzak bir yere konumlandırılmalıdır. Bu olgu çalışmaya katılan pilotlar tarafından da ifade edilmiştir. Pilotların yapmış olduğu prototipleme çalışmalarının Manyetik Pusula'yı şu 3 farklı konuma koydukları gözlemlenmiştir Bu konumlar Çizelge 6.21'da görülmektedir:

Çizelge 6.21: Manyetik pusulanın yerleşim dağılımı

Konum	Görsel örnek	Tercih eden pilot sayısı
Gösterge panelinin üzerinde ön cam dikmesi hizasında		7
Sağ havalandırma kanalı üzerinde		2
Ön panel üzerinde		1
Toplam		10

Çalışmanın bu bölümünde kâğıt prototipleme çalışmasına katılan her pilotun çalışması üç aşamada incelenmiştir. Birinci aşamada katılımcı pilotun yapmış olduğu tasarım, bilgisayar çizimi yapılarak yapılan yerleşimin genel bir görsel analizi yapılmıştır. İkinci aşamada ise her bir pilotun yapmış olduğu gösterge paneli tasarımı, o pilotun anket çalışmasında “önem derecesi” ilkesi, kullanım sıklığı” ilkesi, “bütünleşik değer ” ilkelerine vermiş olduğu cevaplar ile karşılaştırılarak yapılan tasarımın tutarlılığı ve değerlerin dağılımı incelenmiştir. Ayrıca yine her pilotun yapmış olduğu tasarım yine anket çalışmasında söz konusu sorulara tüm pilotların vermiş olduğu cevapların ortalama değerleri ile karşılaştırılarak yapılan tasarımın geçerliliği sorgulanmıştır. Yapılan tasarımın ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılabilmesi için ise, pilotun üretmiş olduğu gösterge paneli tasarımının kodlanmış modeli çizilmiş; bu çizimin üzerinde her bir göstergenin yanına hem o pilotun hem de tüm pilotların “önem derecesi”, kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değerine” vermiş oldukları değerler yazılmıştır. Böylece ankette her bir göstergeye verilen söz konusu kavrama ait değerlerin görsel tasarımda nereye yerleşmiş olduğu incelenmiş, ayrıca benzer değerlerin tasarımda hangi noktalarda toplandığı da analiz edilmiştir. Bu karşılaştırmaların yapılmasındaki amaç pilotların ortak olarak neyin üzerinde hangi, oranlarda durduğunun saptanmasıdır. Ortaya çıkan sonuçlar

ortaya konacak olan optimum gösterge paneli tasarımına kaynak oluşturacak olan araştırma metodunun temelini teşkil edecektir.

Çalışmanın bu aşamasında 10 helikopter pilotu ile yapılan kâğıt prototipleme çalışmasının sonucunda elde edilen bulgular tartışılıp analiz edilecektir. Her pilotun yapmış olduğu çalışma ayrı bir madde halinde ele alınmıştır. Bu maddelerde öncelikle tasarım sürecinde karşılaşılan deneyim ve gözlemler ele alınarak, yapılan tasarım sözel olarak incelenmiştir. Yapılan tasarımın fotoğrafı ve bu fotoğraftan üretilen AutoCad çizimi de ayrıca her pilota ait maddeye eklenmiştir. Autocad çizimlerinde ayrıca her bir göstergenin üzerine anket çalışmasında elde edilen beş farklı veri işlenmiştir. Bu veriler göstergelerin yerleşimleri temelinde bir çizelge halinde analiz edilmiş ve tartışılmıştır.

Üçüncü aşamada her pilotun kâğıt prototipleme çalışmasında ortaya koymuş oldukları tasarım göstergelerin konumları temel alınarak sayısal bir dağılıma dönüştürülmüştür. Burada Şekil 5.6’de yer alan Gösterge panelinin alt bölgeleri esas alınmış; 1. Bölgede yer alan göstergeler 5 puan, 2. Bölgede yer alan göstergeler 4 puan, 3. Bölgede yer alan göstergeler 3 puan, 4. Bölgede yer alan göstergeler 2 puan ve 5. Bölgede yer alan göstergeler ise 1 puan olarak sayısallaştırılmıştır. Gösterge panelinin bölgeler temelinde puan dağılımı Şekil 5.11’de görülmektedir. Burada pilotun anket çalışmasında “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı derecesi” gibi ilkelere vermiş olduğu cevaplar, üretmiş olduğu kâğıt prototip üzerinden yeniden incelenmeye çalışılmıştır. Göstergenin yerleştirilmiş olduğu bölgeye göre alacağı puan, o göstergenin “konumsal değeri” olarak da tanımlanmıştır (Şekil 5.11).

Burada elde edilen konumsal değerin anket çalışmasında elde edilen değerlerden en önemli farkı, uygulamaya dayanan değerler olmalarıdır. “Önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ise bir bakıma kuramsal bilgiye ve hafızaya dayanan değerlerdir. Çalışmanın bu aşamasında ana amaç ise bu her iki değerin her pilot açısından karşılaştırılması yapılarak kuramsal bakımdan hangi ilkenin daha öne çıktığının ortaya çıkartılması olacaktır. Kâğıt prototipleme çalışmasına katılan pilotların yapmış oldukları tasarımların sayısal dağılımları ise Çizelge 6.22’de görülmektedir. Bu çizelgede elde edilen her pilotun “konumsal değeri”, daha sonra o pilotun “önem derecesi” değeri, “kullanım sıklığı derecesi” değeri ve “bütünleşik değeri” ile birer çizelgede karşılaştırılmıştır.

Çizelge 6.22: Kâğıt prototipleme çalışmalarının bölgeler esas alınarak elde edilen konumsal değerlerin dağılımı

GÖSTERGE	PİLOTLAR										Ort.
	P1	P2	P3	P4	P5	P11	P12	P13	P14	P15	
[B] Yükseklik Göstergesi	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,000
[A] Hava Hızı Göstergesi	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4,900
[H] Varyo Göstergesi	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4,900
[D] İrtifa Göstergesi	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4,700
[G] Yunus/Yatış Göstergesi	5	5	4	5	5	5	5	4	5	3	4,600
[E] Yön Gayrosu	5	5	5	5	5	4	3	5	4	4	4,500
[O] Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS)	5	4	5	5	5	4	5	5	4	2	4,400
[C] Manyetik Pusula	4	4	4	5	5	4	4	4	3	4	4,100
[F] Saat metre	5	4	5	4	5	4	3	4	3	3	4,000
[Y] Rotor / Türbin Takometresi	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3,900
[Z] Torkmetre	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3,900
[U] Gaz Sıcaklığı Göstergesi	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3,800
[V] Gaz Üretici Takometresi	4	3	4	3	4	3	4	4		4	3,667
[R] Yakıt Basıncı Göstergesi	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3,600
[T] Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3,600
[P] Yakıt Göstergesi	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3,500
[S] Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3,400
[N] GPS NavCom	4	4	3	3	2	2	2	2	4	2	2,800
[K] Ses Paneli, Marker Alıcı	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1,700
[M] Mesafe Ölçüm Cihazı	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1,700
[I] Transponder	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1,600
[J] NavCom	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1,600
[L] Otomatik Yön Bulucu	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1,600

6.2.1 P1 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.1.1 Düzenleme süreci ve bulgular

Kâğıt prototipleme çalışması ilk yapılan pilot P1'dir. Bu bakımdan P1 ile yapılan çalışma bir bakıma bir “ön çalışma” olarak da nitelendirilebilir. Çalışma katılımcının kullanmakta olduğu helikopterin de yer aldığı hangarda gerçekleştirilmiştir. P1'in ilk önce kendisine bir zarf içerisinde verilen gösterge setinin bütün elemanları karşısında olacak şekilde bir masaya düzenli bir şekilde dizdiği gözlemlenmiştir. Bu düzenleme esnasında orta konsollarda yer almasını planladığı göstergeleri ayrı bir yere dizdiği de ayrıca gözlemlenmiştir. Pilot ayrıca bu ön düzenleme işlemini yaparken öncelikle göstergeleri sınıflandırmak istediğini ifade etmiştir. P1 kâğıt prototipleme çalışmasına ilk olarak seyrüsefer göstergelerini yerleştirmekle başlamış ve “Durum göstergesini [D]”gösterge paneline yerleştirmiştir. P1 üzerinde çalışılan gösterge

panelinde pilotun sağ tarafta oturacağı kendisine iletildiğinden, seyrüsefer göstergelerini panelin sağ tarafına yerleştirmiştir.



şekil 6.6: P1'in yapmış olduğu kağı prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

P1 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (şekil 6.6; şekil 6.7) incelendiğinde şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Manyetik pusula [C] gerek diğer göstergelerin manyetik alanlarından etkilenmemesi, gerekse kolay bir şekilde görülebilme amacıyla, gösterge panelinin st tarafında n cam orta dikmesi hizasına yerleştirilmiştir.
- Seyrüsefer göstergeleri genel olarak panelin sağ tarafına, pilota yakın olacak biçimde gruplanarak yerleştirilmiştir.
- Sistem göstergeleri ise panelin sol tarafına gruplanarak yerleştirilmiştir.
- Büyük bir LCD ekrana sahip GPS/Navcom [N] göstergesini n panelin orta alt kısmında konumlandırılmıştır.
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom[J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe lm Cihazı [M] ise eğik orta panele yerleştirilmiştir.

- Torkmetre [Z] sistem açısından “çok önemli” olarak değerlendirilmiş ve ön panelin orta noktasına yerleştirilmiştir.
- Saatmetre [F] ise seyrüsefer göstergelerin en alt noktasına yerleştirilmiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında P1 tarafından ortaya konulan panel düzenlemesinde göstergelerin seyrüsefer göstergeleri, sistem göstergeleri ve haberleşme göstergeleri olarak gruplanarak yerleştirildikleri açıkça gözlemlenmektedir. P1 çalışması esnasında tasarım tercihlerini açıklamak üzere şu ifadeleri kullanmıştır:

“EFIS [O] ve Yön gayrosu [E] bir birleri ile aynı işleve sahiptirler; dolayısıyla işlev bakımından birbirlerinin alternatifidirler.”

“Kullanılan seyrüsefer göstergelerinin bazıları, bu gösterge paneli için biraz büyük, daha küçük modeller kullanılabilir.”

“Torkmetre sistemin sağlığının okunabilmesi açısından çok önemlidir, dolayısı çok rahat algılanabilecek bir yerde bulunmalıdır.”

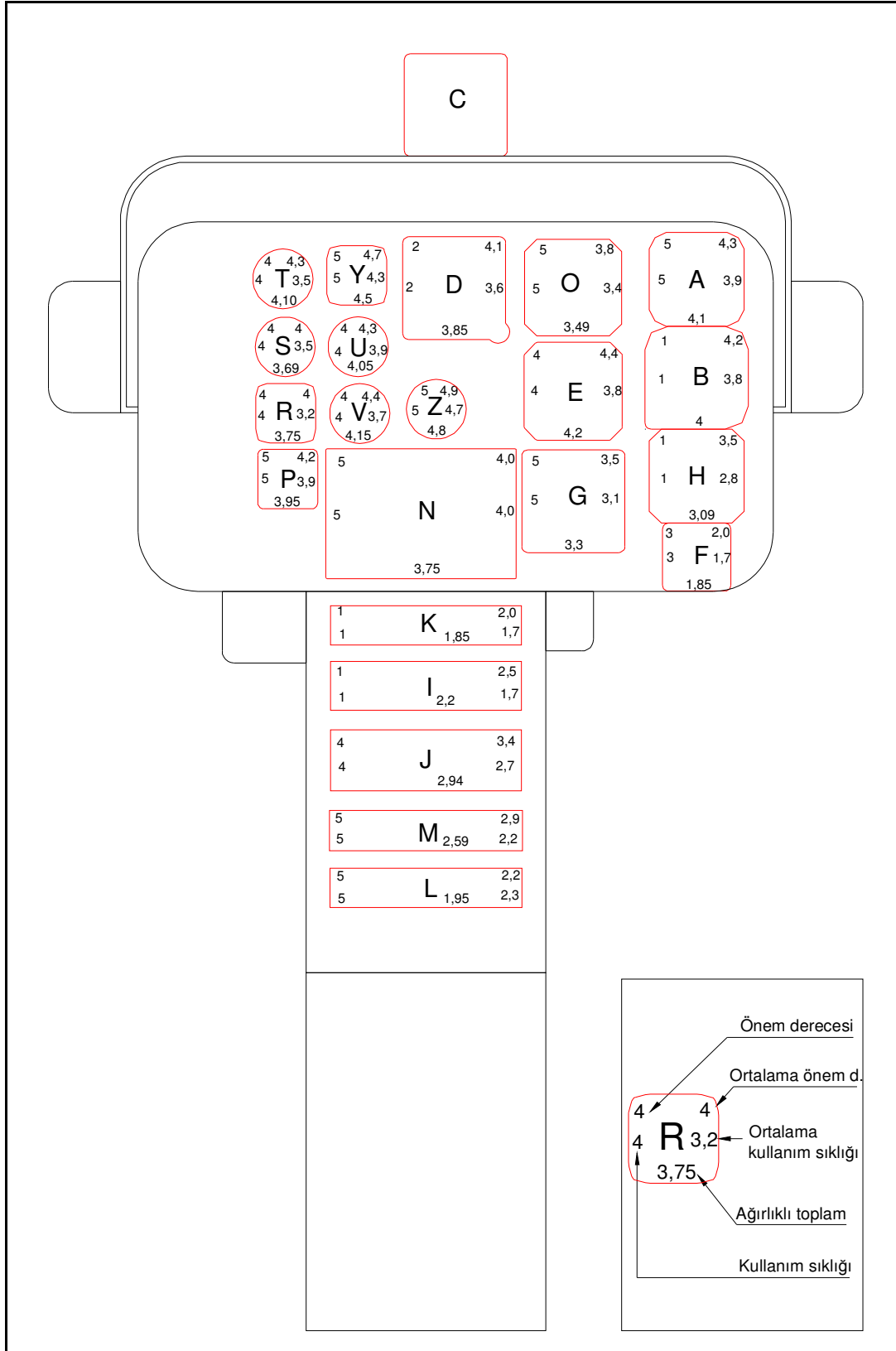
“Manyetik pusula [C] diğer göstergelerden etkilenmemesi için panel dışında ve rahat görülebilme açısından göz hizasında bulunmalıdır, bundan dolayı manyetik pusulayı panelin üst orta noktasına yerleştiriyorum.”

“Uçuş esnasında daha çok seyrüsefer göstergelerine bakılır; helikopterin çalıştırma anında ve bakım esnasında ise daha çok sistem göstergelerine bakılır.”

“İlk çalıştırmada genellikle Gaz sıcaklığı göstergesi[U], Gaz üretici takometresi [V] ve Rotor/Türbin takometresi [Y] okunur.”

6.2.1.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

P1 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.7’de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için ise Çizelge 6.23’de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

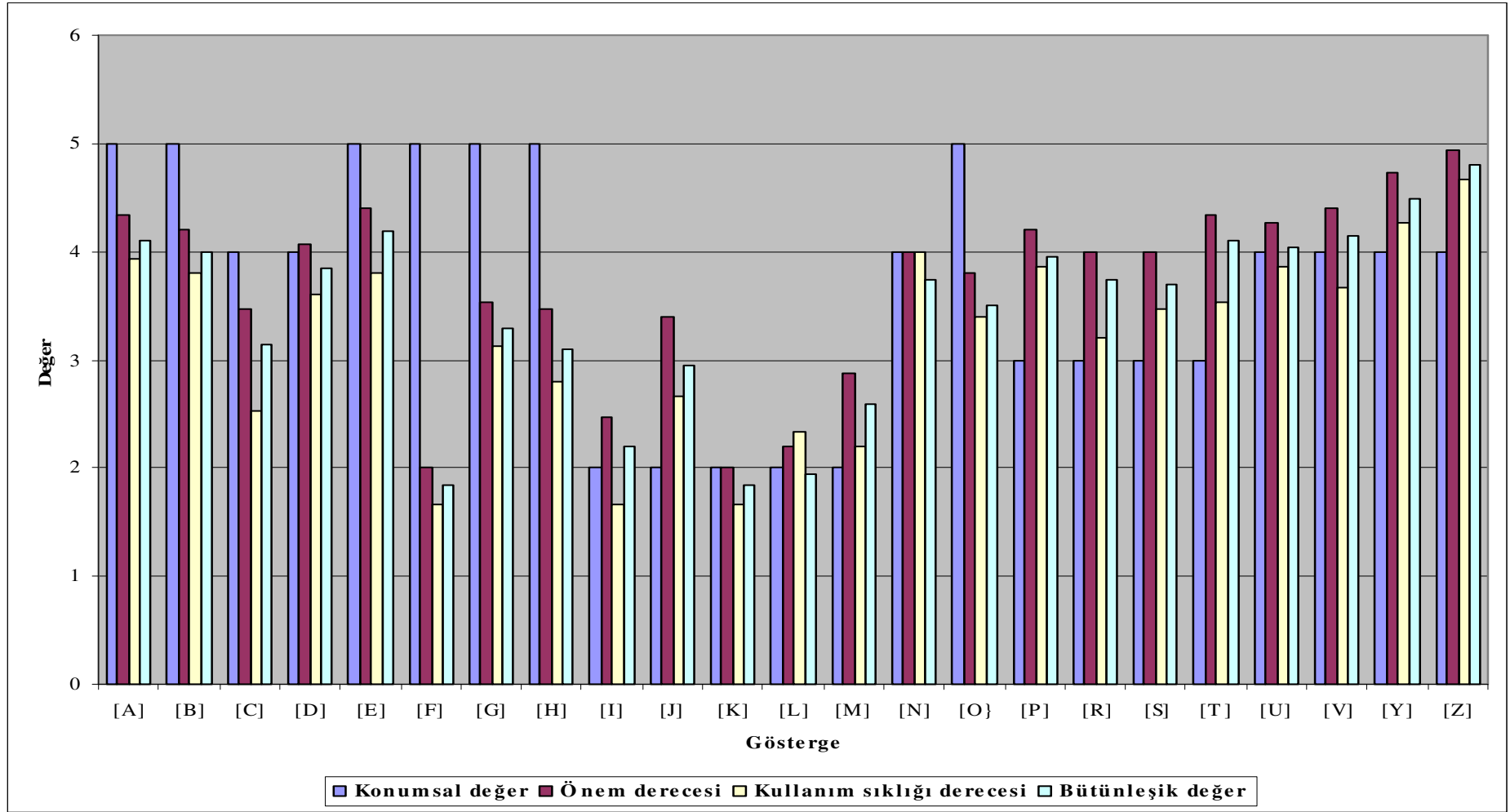


Şekil 6.7: P1'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.23: P1'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan/ aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Anket verileri ve yerleşim düzeni arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir.</i>	[5]	3	2	1	2	0
		[4]	1	2	3	1	0
		[3]	1	0	0	0	0
		[2]	0	1	0	0	0
		[1]	2	0	0	2	0
Ortalama önem derecesi	<i>P1'in yapmış olduğu tasarımın genel ortalama bakımından daha dengeli olduğu görülmektedir.</i>	[5-4,1]	3	5	2	0	0
		[4-3,1]	3	1	2	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Anket verileri ve yerleşim düzeni arasında bir anlamlı bir ilişki görülmemektedir.</i>	[5]	3	2	1	2	0
		[4]	1	2	3	1	0
		[3]	1	0	0	0	0
		[2]	0	1	0	0	0
		[1]	2	0	0	2	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P1'in yapmış olduğu tasarımın genel ortalama bakımından daha dengeli olduğu görülmektedir</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	5	4	4	0	0
		[3-2,1]	1	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>[5-4,1] ve [4-3,1] aralığında bulunan göstergeler ön panelde, [3-2,1] ve [2-1] aralığındakiler ise orta panelde yer almaktadır</i>	[5-4,1]	2	3	1	0	0
		[4-3,1]	4	3	3	0	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Yapılan panel tasarımında işlevsel gruplama belirgin olarak görülmekle beraber, grupların içeriği ve konumları anket sonuçları ile kısmen örtüşmektedir. Anket sonuçlarından farklı olarak [N] ve [O] öne panelde konumlandırılmıştır. Bu durumu nedeniyle sistem göstergelerinden oluşan grup biçimsel olarak anket tasarımlarından farklı bir yapıdadır. Grup içi dizilimler anket sonuçları ile örtüşmemektedir</i>						

Şekil 6.2 ve Çizelge 6.28 incelendiğinde öncelikle P1'in her bir gösterge için vermiş olduğu "önem derecesi" ve "kullanım sıklığı derecesi" değerlerinin tamamen aynı olduğu göze çarpmaktadır. Pilot ayrıca anket sırasında bu iki kavramı birbirinden bağımsız olarak ele alamayacağını ve bu yüzden her iki kavrama da aynı değeri vereceğini de ifade etmiştir.



Şekil 6.8 : P1'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

P1'in tasarımının genel yerleşiminde “önem”, “kullanım sıklığı” ve “bütünleşik değer” ilkelerinden herhangi bir tanesinin belirgin bir şekilde öne çıkmadığı görülmektedir. Diğer taraftan P1'in işlevsel benzerliğe dayanarak meydana getirdiği gruplar kısmen rahat algılabılır bir geometrik yapıya sahiptir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi dikey bir sıra oluşturmak üzere birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.

Şekil 6.8'de ise P1'in yapmış olduğu tasarımın sayısal değerlerinin tüm pilotların ortalama değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bu çizelgenin yapılmasındaki amaç P1'in yapmış olduğu tasarımda hangi ilkelere ne oranda ağırlık verdiğinin analiz edilebilmesidir. P1'in yapmış olduğu tasarımda yer alan göstergelerin %52'sinde “önem derecesi” ilkesi, %43'sinde “kullanım sıklığı derecesi” ilkesi ve %8'inde ise “bütünleşik değer” ilkesinin diğer ilkelere göre daha öne çıktığı görülmektedir. Bölüm 6.2.4'de yer alan işlevsel benzerliğe dayanan gruplar temelinde P1'in tasarımı analiz edildiğinde ise birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda “kullanım sıklığı derecesi” ilkesinin üçüncü gösterge grubunda ise eşit oranda “önem derecesi ve kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin öne çıktığı görülmektedir.

Genel olarak tüm göstergeler içinde [F] Saatmetre'nin konumunun ortalama verilerle en yüksek farka sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca [G] Yunus/yatış göstergesi, [H] Varyo göstergesi ve [O] EFIS'in de ortalama anket verileri ile belirgin bir farka sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm göstergelerin her üç kavramdan kendisine en yakın ortalama değere sahip olanla arasındaki fark 1'den azdır.

6.2.2 P2 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.2.1 Düzenleme süreci ve bulgular

Kâğıt prototipleme çalışmasının ikincisinin yürütüldüğü katılımcı olan P2 çalışmaya öncelikle kendisi için hazırlanan göstergeleri masa üzerinde her birini görebilecek biçimde dizmekle başlamıştır. Bu dizme esnasında göstergelerin seyrüsefer göstergeleri, sistem göstergeleri ve haberleşme cihazları olarak ayrı olarak dizildiği göze çarpmaktadır. Pilot burada bir bakıma bir “ön gruplama” yapmıştır. Bu işlemten sonra pilot göstergelerin panele yerleştirilmesi işlemine geçmiş ve ilk

olarak seyrüsefer göstergelerinden Hava hızı göstergesini [A] panele yerleştirmiştir. Bunu takip eden adımlarda tüm seyrüsefer göstergeleri tercih edilen konumlarına yerleştirilmiştir. P2 çalışma boyunca genel olarak sesli düşünerek çalışmamış sadece Manyetik Pusula [C] ve EFIS [O] göstergelerinin yerleşimi konularında sesli olarak düşünmüştür. Ayrıca P2'nin çalışmasını bir defa da tamamlayarak herhangi bir yeniden düzenleme ya da yer değiştirme yoluna gitmediği de ayrıca çalışma boyunca gözlemlenmiştir.



Şekil 6.9: P2'nin yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

P2 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.9; Şekil 6.10) incelendiğinde şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Manyetik pusula [C] öne panelin üst orta noktasına yerleştirilmiştir.
- Seyrüsefer göstergeleri son derece açık bir biçimde panelin sağ tarafında bir grup oluşturacak biçimde konumlanmıştır.
- Sistem göstergeleri de benzer biçimde bir grup oluşturacak biçimde panelin sol tarafında konumlanmıştır. Bu grup içerisinde motor [T] ve transmisyon

[U] yağ basınç ve sıcaklık göstergeleri de, işlev benzerliklerinden dolayı yan yana konumlanarak bir bakıma bir alt-grup meydana getirmişlerdir

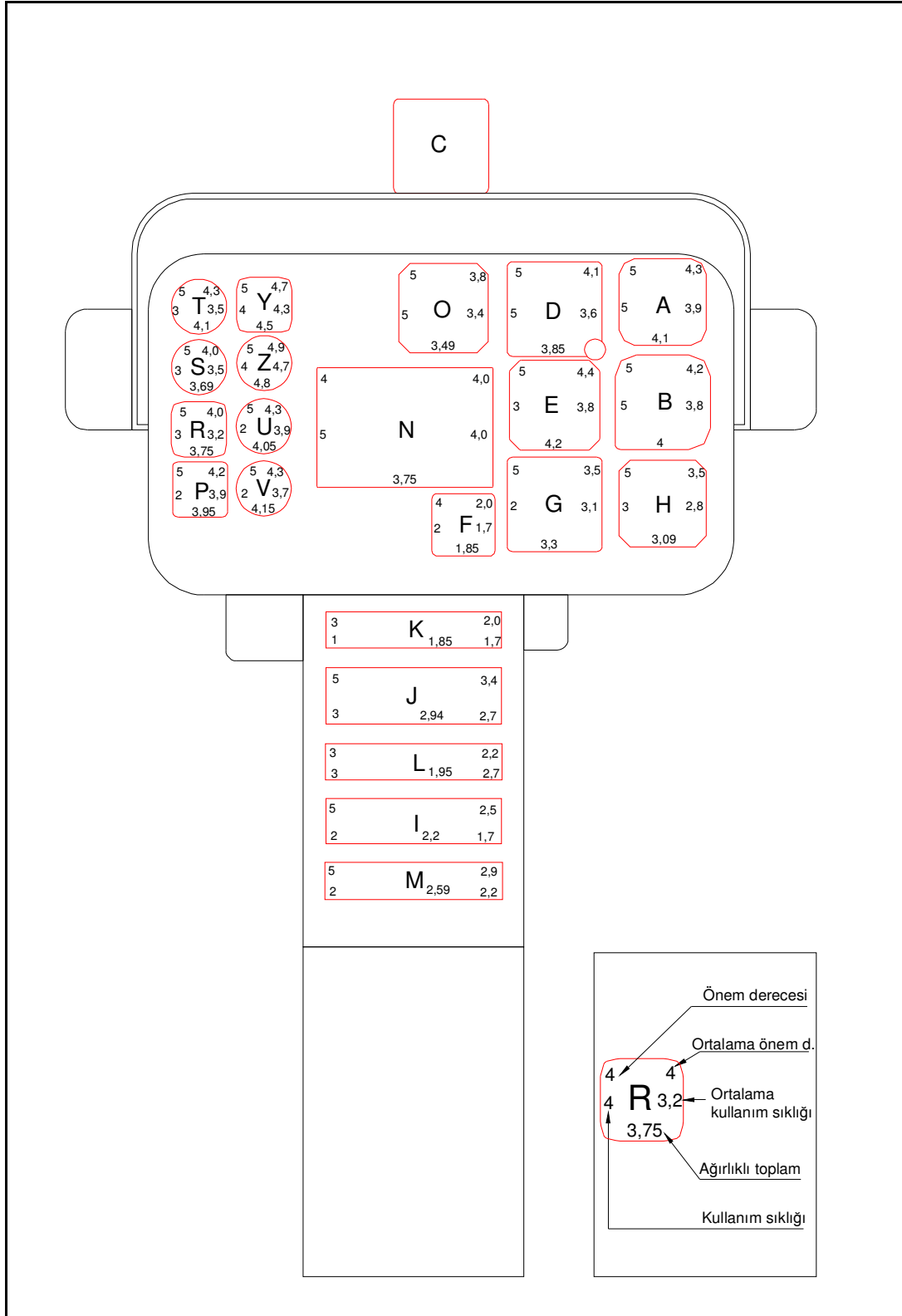
- GPS Navcom [N] ise ön panelin tam orta noktasında olacak biçimde yerleşmiştir.
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom [J], Adf Paneli [L] ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise eğik orta panele yerleştirilmiştir.

6.2.2.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması/analiz

P2 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.10'de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için ise Çizelge 6.24'de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

P2'nin kendi anket verileri ve yapmış olduğu tasarım Şekil 6.10 ve Çizelge 6.24 göz önünde bulundurularak karşılaştırıldığında, önem kriteri bakımından anlamlı bir örtüşme olduğu; kullanım sıklığı kriteri açısından ise kısmen bir örtüşme olduğu görülmektedir. Tüm pilotların ortalama anket verileri ile karşılaştırıldığında ise önem ve kullanım sıklığı ilkeleri açısından kısmi bir örtüşme görülmektedir.

Ancak diğer taraftan P2'nin yapmış olduğu gösterge yerleşiminde “önem”, “kullanım sıklığı” ya da “bütünleşik değer” ilkelerinin herhangi bir tanesinin doğrudan öne çıkmadığı göze çarpmaktadır. P2'nin oluşturmuş olduğu gösterge gruplarının da kolay algılabilen bir biçimsel yapıya sahip olduğu ayrıca görülmektedir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi dikey bir sıra oluşturmak üzere birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.

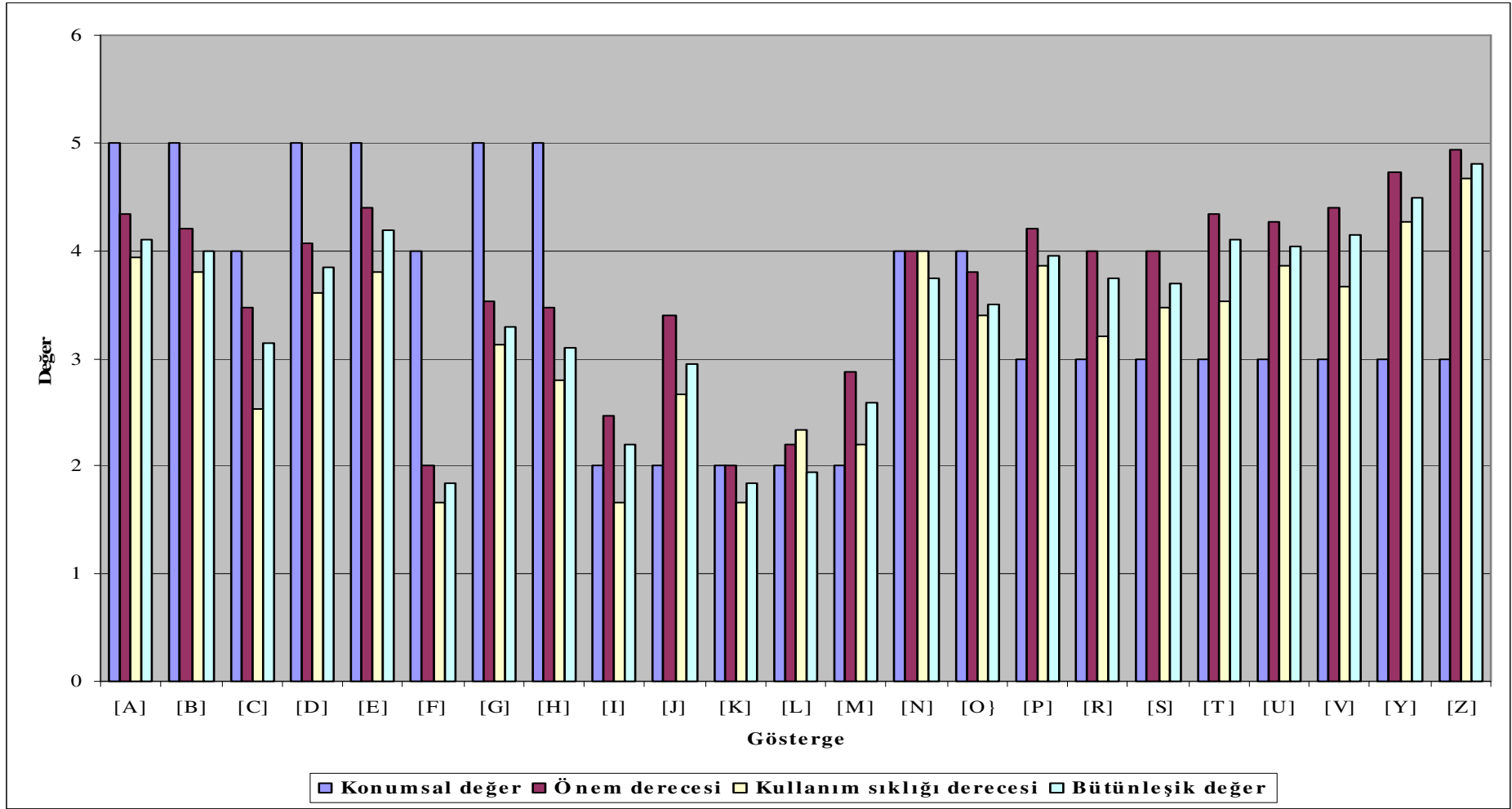


Şekil 6.10 : P2'nin yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.24: P2'ye ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Ön panelde yer alan göstergelerin %88'i [5]; geri kalanı ise [4] olarak değerlendirilmiştir. Orta konsolun önem derecesi açısından yerleşimi anket ile kısmen örtüşmektedir.</i>	[5]	6	1	8	2	0
		[4]	0	2	0	0	0
		[3]	0	0	0	3	0
		[2]	0	0	0	0	0
		[1]	0	0	0	0	0
Ortalama önem derecesi	<i>P2'nin yapmış olduğu düzenleme, tüm pilotların ortalama önem derecesi puanları ile, kısmen örtüşmektedir.</i>	[5-4,1]	4	0	6	0	0
		[4-3,1]	2	2	2	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>[5] olarak değerlendirilen göstergeler ağırlıklı olarak 1 ve 2. bölgelere yerleşmiştir. Orta paneldeki yerleştirme anket verileri ile kısmen örtüşmektedir.</i>	[5]	3	2	0	0	0
		[4]	0	0	2	0	0
		[3]	2	0	3	2	0
		[2]	1	1	3	2	0
		[1]	0	0	0	1	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P2'nin yapmış olduğu düzenleme, tüm pilotların ortalama önem puanları ile kısmen örtüşmektedir.</i>	[5-4,1]	0	0	2	0	0
		[4-3,1]	5	2	6	0	0
		[3-2,1]	1	0	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>[5-4,1] ve [4-3,1] aralığındaki göstergeler ön panelde, [3-2,1] ve [2-1] aralığındakiler ise orta panelde yerleşmiştir.</i>	[5-4,1]	2	0	5	0	0
		[4-3,1]	3	2	3	0	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Belirgin bir işlevsel gruplama görülmekle beraber, anket verilerinden bazı farklılıklar bulunmaktadır. Grupların iç dizimleri anket verilerinden farklılık göstermekle beraber [N] ve [O] ön panelde yer almıştır</i>						

Şekil 6.11'de P2'nin yapmış olduğu gösterge paneli tasarımı göstergelere araştırmacı tarafından verilmiş olan sayısal değerlerin, anket çalışmasında elde "önem derecesi", "kullanım sıklığı derecesi" ve "bütünlük değeri" ilkelerinin ortalama değerleri ile karşılaştırması yer almaktadır. Bu çizelgede yer alan değerler incelendiğinde tüm göstergelerin %47'sinde "önem derecesi"nin, %43'ünde "kullanım sıklığı derecesi"nin %13'ünde ise "bütünlük değeri"nin öne çıktığı görülmektedir.



Şekil 6.11: P2'nin yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Bu bakımdan P2'nin gösterge yerleşim tercihlerinde az farkla "önem derecesi" ilkesinin hâkim olduğu söylenebilir. Diğer taraftan göstergelerin değerleri, "işlevsel benzerlik" grupları açısından incelendiğinde; birinci gösterge grubunda "önem derecesi" ilkesinin, ikinci gösterge grubunda eşit ağırlıklarla "önem derecesi" ve "bütünleşik değer" ilkelerinin üçüncü gösterge grubunda ise "kullanım sıklığı derecesi"nin öne çıktığı görülmektedir. Göstergelerin herhangi bir değer ile örtüşme farkı bakımdan ise [F] Saatmetrenin, [G] Yunus/yatış göstergesinin ve [H] Varyo göstergesinin diğer göstergelere oranla her üç ilke ile aralarında belirgin değer farkı bulunmaktadır. Özellikle [F] Saatmetre ile en yakın ortalama değer arasında iki puan fark bulunmaktadır.

6.2.3 P3 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.3.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P3 tarafından gerçekleştirilen kâğıt prototipleme çalışması boyunca katılımcı çeşitli aralıklarla yapmış olduğu çalışma hakkında sözlü olarak bilgi vermiştir. P3 kâğıt prototipleme çalışmasına ilk önce seyrüsefer göstergelerini panele yerleştirmekle başlamıştır. Bu amaçla P3 tarafında panele ilk yerleştirilen gösterge altimetredir. P3 ilk yerleştirmelerin ardından durum göstergelerin yerleştirmesine geçmiştir. Pilot ayrıca görsel olarak kendisini meşgul etmeyecek göstergeleri [Ses Paneli, Transponder, Navcom, Adf Paneli Ve Mesafe Ölçüm Cihazı] eğik orta konsola koymayı tercih ettiğini belirtirken GPS cihazını ise görüş alanı içinde olması tercih ettiğini belirtmiş ve ana panele yerleştirmiştir. Diğer bir dikkat çekici nokta ise [S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı gösytergesi ve [T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı gösytergesinin aynı anda yan yana panele takılmasıdır. P3 burada bir bakıma bir "alt işlevsel gruplama" yapmıştır. P3 çalışması süresince tasarımını çıkarmak üzere şu ifadeleri kullanmıştır:

"Diğer uçuş cihazlarından etkilenmemesi için [C] manyetik pusula genellikle panelin dışına konur."

"[O] EFIS ve [O]Suni ufuk göstergeleri aynı görevi görmektedirler. Bu durumda asıl gösterge [O] EFIS olarak kabul edilip, [O]Suni ufuk ise ikinci pilotun önüne konabilir."

"[N] GPS NavCom'un karşımızda bulunması daha iyidir."

“Orta panele kafamızı çevirip ve eğip bakmak zorunda olduğumuz için buraya habereleşme cihazlarını koymak daha doğrudur.”

“[A] Sürat göstergesi ve [B] Altimetre ana göstergelerdendir. [E] Yön gayrosu ve [O] EFIS de aynı şekilde ilk etapta bakılması gereken göstergelerdendir.”

“Birinci pilotun öncelikle seyrüsefer göstergelerini rahatça görebilmesi gerekir.”

“Kalkış esnasında [U] Gaz sıcaklığı göstergesi, [V] Gaz üretici takometresi, [Y] Rotor/Türbin takometresi ve [Z] Torkmetre değerlerini rahatça bir arada görebilmek gerekir.”

“Her pilot öncelikle kokpit üzerinde göstergelerin konumlarını öğrenir. Bunlar öğrenildikten sonra göz nereye bakarsa neyi göreceğini bilir, düşünmeye ihtiyacı olmaz”



Şekil 6.12 : P3’ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

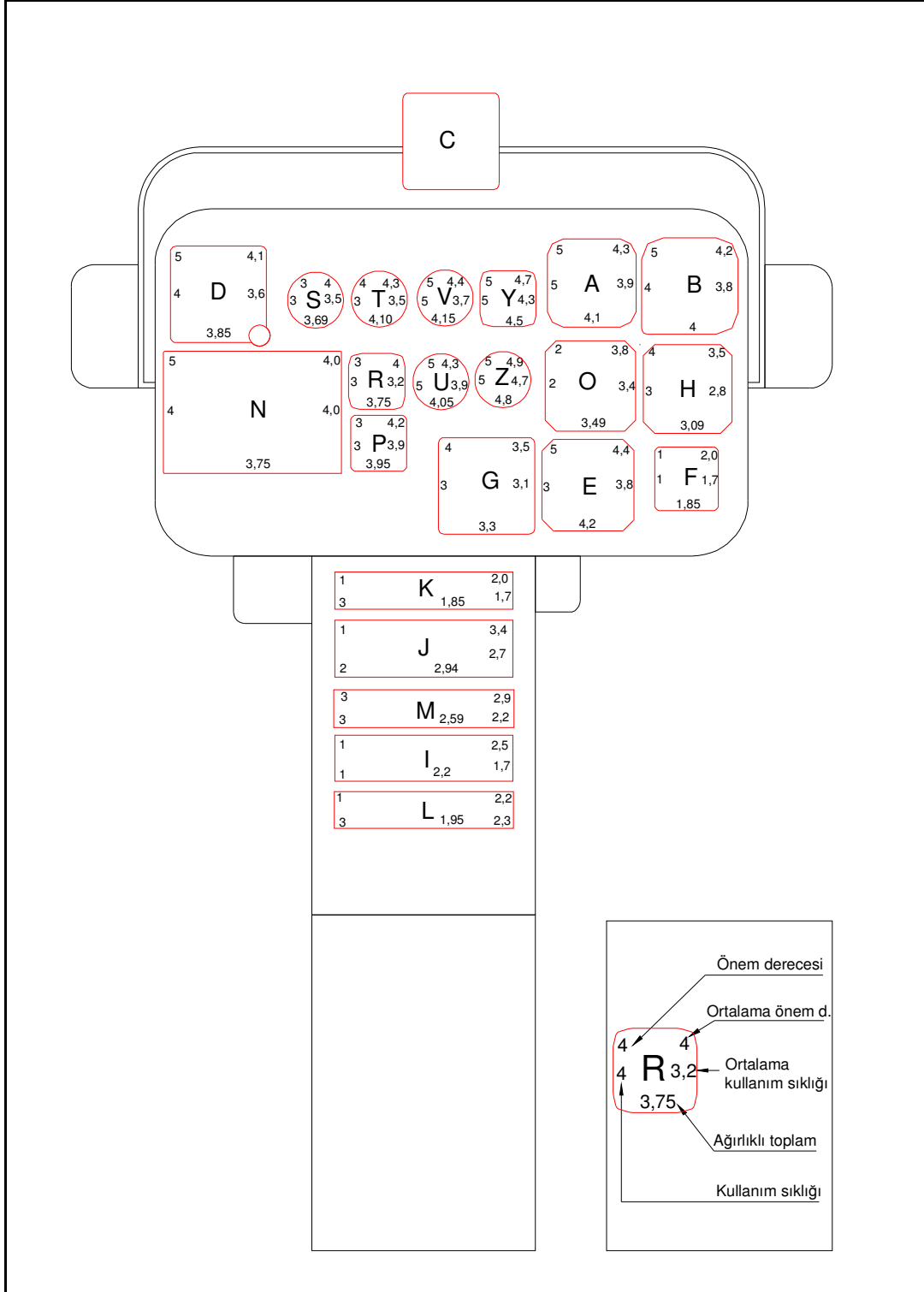
P3 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.12; Şekil 6.13) incelendiğinde şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Manyetik pusula [C] panelin üzerinde ön cam dikmesi hizasına yerleştirilmiştir.
- Seyrüsefer göstergeleri pilotun oturduğu tarafta, burada panelin sağında, dikey bir grup oluşturacak biçimde konumlanmıştır.
- Durum göstergesi bir yedek araç olarak kabul edilmiş ve panelin sol tarafına yerleştirilmiştir.
- GPS Navcom [N] ön panelin sol tarafında konumlanmıştır.
- Durum, ya da sistem göstergeleri, göstergeleri bir yatay geometrik düzen oluşturacak biçimde panelin orta bölgesine yerleştirilmiştir.
- Torkmetre [Z] pilot tarafından “çok önemli” tanımlanıp, seyrüsefer göstergelerinin yanına yerleştirilmiştir.
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom [J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise eğik orta panele yerleştirilmiştir.

6.2.3.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması/analiz

P3 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.13’de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için ise Çizelge 6.25’de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

Şekil 6.13 ve Çizelge 6.35 incelendiğinde P3’ün yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge panelinde öncelikle işlevsel grupta yaklaşımı öne çıkmaktadır. Önem ve kullanım sıklığı ilkelerine ait anket verilerinin ise ortaya çıkan tasarımla anlamlı bir örtüşme içinde olmadığı ise görülmektedir. Diğer taraftan işlevsel grupta matrislerinde elde edilen gruplardan farklı olarak ise [N] GPS Navcom ve [O] Elektronik uçuş bilgi sistemi göstergelerinin ise ön panelde konumlanması tercih edilmiştir.

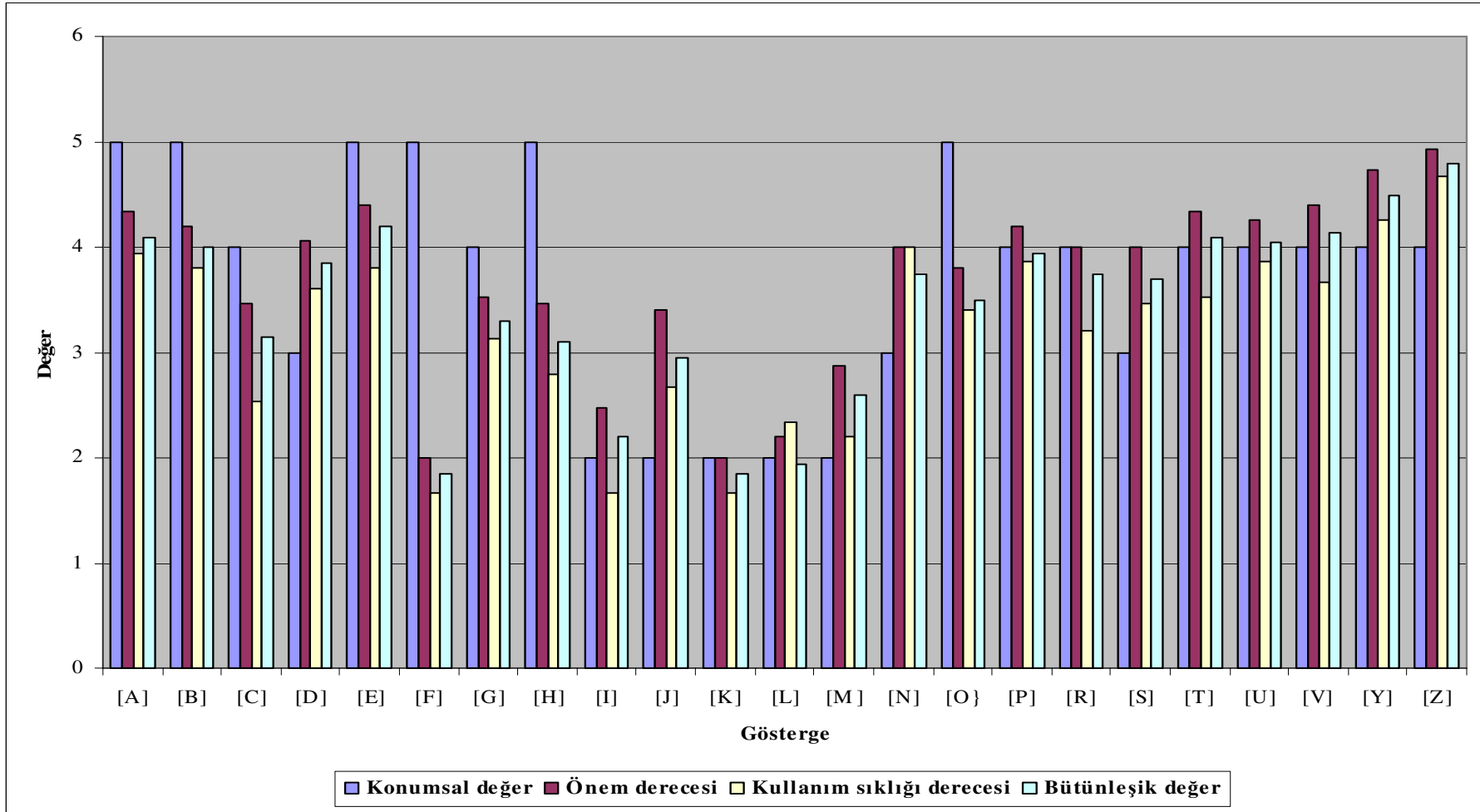


Şekil 6.13: P3'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.25: P3'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Ön panelde yer alan göstergelerin önem derecesi açısından belirgin bir şekilde orta paneldekilerden daha yüksek önem ortalamasına sahiptirler. Bunun dışında önem derecesi açısından anlamlı bir dağılım görülmemektedir.</i>	[5]	3	4	2	0	0
		[4]	1	2	0	0	0
		[3]	0	3	0	1	0
		[2]	1	0	0	0	0
		[1]	1	0	0	4	0
Ortalama önem derecesi	<i>P3'ün panel tasarımı, tüm pilotların ortalama önem dereceleri ile ön ve orta panellerdeki puan dağılımlarında örtüşmektedir</i>	[5-4,1]	3	6	1	0	0
		[4-3,1]	2	3	1	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>P3'ün tasarımı ile kendi anket verileri arasında anlamlı bir örtüşme bulunmamak-tadır.</i>	[5]	1	4	0	0	0
		[4]	1	5	2	0	0
		[3]	2	0	0	3	0
		[2]	1	0	0	1	0
		[1]	1	0	0	1	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P3'ün tasarımı ile tüm pilotların ortalama anket verileri ile anlamlı bir örtüşme bulunmamaktadır</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	4	7	2	0	0
		[3-2,1]	1	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>[5-4,1] ve [4-3,1] aralığındaki göstergeler ön panelde, [3-2,1] ve [2-1] aralığındakiler ise orta panelde yerleşmiştir.</i>	[5-4,1]	2	5	0	0	0
		[4-3,1]	3	4	2	0	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Belirgin bir işlevsel gruplama görülmektedir. Ancak anket verilerinden farklı olarak [N] ve [O] birbirlerinden ayrı olarak ön panelde konumlanmıştır.</i>						

Burada gösterge panelinin düzenlenmesinde, kuramsal bilgiye dayanan önem derecelerinden çok pilotun deneyime dayanan tercihlerinin öne çıktığı görülmektedir. P3'ün meydana getirmiş olduğu gösterge grupları biçimsel olarak incelendiğinde yalın bir yapıya sahip olmadıkları görülmektedir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.



Şekil 6.14: P3'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

P3'ün yapmış olduğu yerleştirme çalışmasındaki göstergelerin sayısal değerlerinin, anket verileri ile karşılaştırması Şekil 6.14'de yer almaktadır. Çizelgede yer alan karşılaştırmalar incelendiğinde göstergelerin %43'ünde "önem derecesi" ilkesinin, %26'sında "kullanım sıklığı" ilkesinin, %30'unda ise "bütünleşik değer" kavramının öne çıktığı görülmektedir. Ayrıca bu karşılaştırmalar gösterge grupları temelinde incelendiğinde ise birinci gösterge grubunda "önem derecesi" ilkesinin, ikinci gösterge grubunda eşit oranda "kullanım sıklığı derecesi" ve "bütünleşik değer" kavramlarının, üçüncü gösterge grubunda ise "bütünleşik değer" kavramının öne çıktığı görülmektedir. Diğer taraftan P3'ün yapmış olduğu tasarıma ait değerlerin genel olarak anket verileri ile büyük farklar sergilemediği görülmekle beraber [F] Saatmetre, [H] Varyo göstergesi ve [O] EFIS'in diğer göstergelere oranla anket verilerinden belirgin bir biçimde farklılaştığı görülmektedir. Bu üç gösterge arasında en yüksek farka sahip olan gösterge ise [F] Saatmetre'dir. Bu gösterge ile kendisine en yakın anket verisi arasında üç puan fark bulunmaktadır.

6.2.4 P4 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.4.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P4 tarafından gerçekleştirilen kâğıt prototipleme çalışması boyunca katılımcı çeşitli aralıklarla yapmış olduğu çalışma hakkında sözlü olarak bilgi vermiştir. P4 prototipleme çalışmasına önce manyetik pusulayı, gösterge panelinin sağ tarafına, panelin dış kısmına, yerleştirmekle başlamıştır. Daha sonra, daha önceki pilotlar gibi, seyrüsefer göstergelerini yerleştirme aşamasına geçmiştir. Pilot seyrüsefer göstergelerinin İlk yerleşiminin ardından durum göstergelerinin ön yerleşimine başlamıştır. Ayrıca çalışma süresince P4'ün devamlı olarak yapmış olduğu düzenlemeyi incelediği ve yeniden düzenlemeler yaptığı görülmüştür. Diğer bir dikkat çekici nokta ise [S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı gösytergesi ve [T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı gösytergesinin aynı anda yan yana panele takılmasıdır. P3 burada bir bakıma bir "alt işlevsel gruplaması" yapmıştır. P4 çalışması sürecinde tasarım tercihlerini şu ifadeleri kullanarak açıklamıştır:

"Panelin sol alt bölgesini ileride yeni cihazların eklenme olasılığına karşın boş bıraktım."

“Uçuş göstergelerini bir grup halinde en öne koydum. Uçuş cihazlarının hepsi pilota yakın bir yerde grup olarak konumlanmalıdır. Eğer bir pilot uçuş aletlerini panelin sol tarafına koyarsa ona itibar edilmemelidir. Uçuş aletlerinin her an görülebilmesi gerekir.” [bu ifade kullanım sıklığına gönderme yapmaktadır.]

“Emercensi (acil durum) durumunda ilk olarak bakılması ve okunması gereken [Y] Rotor/türbin takometresidir. Mutlaka göz alıcı bir noktada bulunmalıdır.”

“Motor cihazlarının hepsi bir grup teşkil etmelidir.”

“Benim için en önemli husus kullanım sıklığıdır. En çok kullanılan cihaz kafanın hiç çevrilmeden bakış alanının merkezine yerleştirilmelidir.” [bu ifade kullanım sıklığına gönderme yapmaktadır]

P4 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.15) incelendiğinde şu noktalar göz çarpılmaktadır:

- Manyetik pusula [C] panelin dış tarafında kalacak şekilde panelin sağına yerleştirilmiştir.
- En sık olarak kullanıldığı pilot tarafından ifade edile seyrüsefer göstergeleri dikey bir grup oluşturacak biçimde, ana panelin sağ tarafına, pilota yakın olacak şekilde, konumlanmıştır.
- GPS Navcom [N] ön panelde sol üst köşede konumlanmıştır,
- Durum ya da sistem göstergeleri ise yine dikey bir geometrik grup meydana getirerek ön panelin sol tarafında yerleşmiştir, bu grup içerisinde ise motor [S] ve transmisyon [T] yağ sıcaklığı/basınç göstergelerinin yan yana dizildiği dikkat çekmektedir. Bu durum bir “alt işlevsel benzerlik” olarak tanımlanabilir
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom [J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise eğik orta panele yerleştirilmiştir.
- Saat [F], Rotor/Türbin takometresi [Y] ve Torkmetrenin [Z] dikey bir grup oluşturduğu görülse de bu durum pilot tarafından herhangi bir işlevsel benzerlik ya da diğer ilkelerle açıklanmamıştır. Bu göstergeler ön panelin orta bölgesinde dikey olarak dizilmiştir.

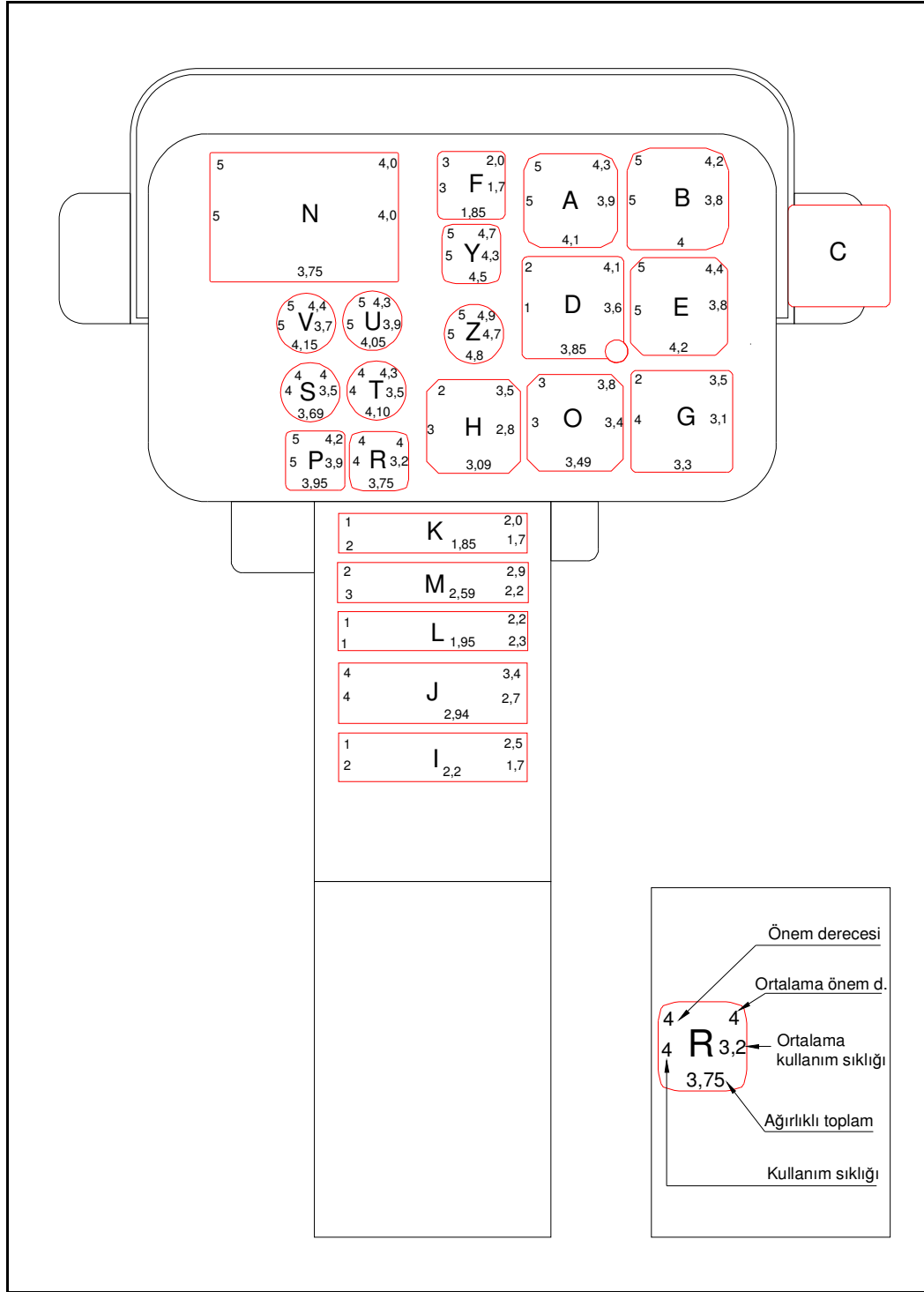


Şekil 6.15: P4'ün yapmış olduğu kâğıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

6.2.4.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması/analiz

P4 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.16'da görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için Çizelge 6.26'da yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için de bir analiz satırı yer almaktadır.

P4'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesi çizelge 6.26 temel alınarak incelendiğinde “önem” ve “kullanım sıklığı” ilkelerinin genel yerleşim düzeninde belirleyici bir yere sahip olmadığı görülürken, “bütünleşik değer”in kısmen daha belirleyici olduğu görülmektedir. Diğer taraftan “işlevsel gruplama” ilkesinin genel yerleşimde belirgin bir biçimde belirleyici olduğu görülmektedir. Diğer taraftan P4'ün oluşturmuş olduğu gösterge grupları biçimsel olarak ele alındığında kolay algılanabilir ve yalın bir yapıda oldukları görülmektedir.

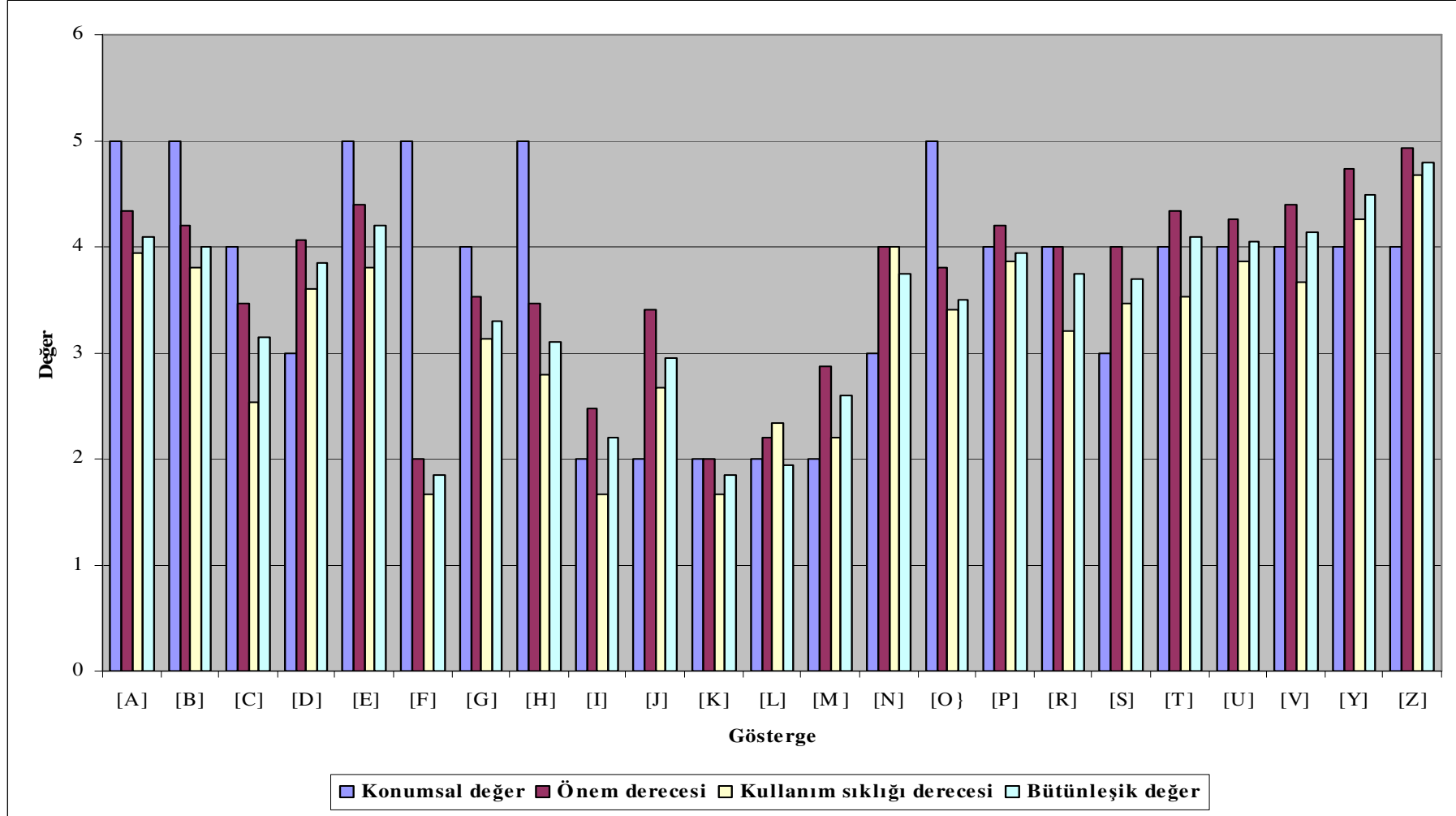


Şekil 6.16: P4'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.26: P4'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Önem ilkesi temel alındığında, pilotun üretmiş olduğu tasarımın, kendi anket verileri ile anlamlı bir örtüşme içerisinde olmadığı görülmektedir. Örnek olarak [5] puana sahip göstergeler pilota en yakın bölge dışında da yoğun olarak bulunmaktadır.</i>	[5]	3	3	3	0	0
		[4]	0	2	1	1	0
		[3]	1	1	0	0	0
		[2]	2	1	0	1	0
		[1]	0	0	0	3	0
Ortalama önem derecesi	<i>P4'ün tasarımının puan dağılımı bakımından tüm pilotların ortalama değerleri ile, kendi verilerine oranla, daha dengeli bir örtüşme ve dağılıma sahip olduğu görülmektedir.</i>	[5-4,1]	4	4	2	0	0
		[4-3,1]	2	2	2	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Kullanım sıklığı ilkesi temel alındığında, pilotun üretmiş olduğu tasarımın, kendi anket verileri ile anlamlı bir örtüşme içeri-sinde olmadığı görülmektedir. Örnek olarak [5] ve [4]puana sahip göstergeler pilota en yakın bölge dışında da yoğun olarak bulunmaktadır.</i>	[5]	3	3	3	3	0
		[4]	1	2	1	1	0
		[3]	1	2	0	0	0
		[2]	0	0	0	0	0
		[1]	1	0	0	0	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P4'ün tasarımının puan dağılımı bakımından tüm pilotların ortalama değerleri ile, kendi verilerine oranla, daha dengeli bir örtüşme ve dağılıma sahip olduğu görülmektedir.</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	6	3	4	0	0
		[3-2,1]	0	1	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>Ön paneldeki göstergelerin[5-4,1] ve [4-3,1] değerleri arasında; orta paneldeki göstergelerin ise [3-2,1] ve [2-1] değerleri arasında homojen olarak dağıldığı görülmektedir.</i>	[5-4,1]	2	4	1	0	0
		[4-3,1]	4	2	3	0	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	1	0	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Geometrik olara ön panelde üç adet grup orta panelde ise bir grup oluşturulmuştur. Diğer pilotlarda olduğu gibi [N] ve [O] bi birlerinden ayrı olarak ön panelde konumlanmıştır.</i>						

Şekil 6.17'de P4'ün yapmış olduğu gösterge yerleşimlerinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması görülmektedir. Bu çizelge incelendiğinde P4'ün gösterge konumu seçimlerinin %43'ünde "önem derecesi" ilkesinin, %30'unda "kullanım sıklığı" ilkesinin; %26'sında ise "bütünlük değeri" ilkesinin öne çıktığı görülmektedir. Anket çalışması sonucunda oluşturulan gösterge grupları temelinde ise birinci gösterge grubunda "önem derecesi" ilkesinin, ikinci gösterge grubunda "bütünlük değeri ilkesinin", üçüncü gösterge grubunda ise "kullanım sıklığı" ve "bütünlük değeri" ilkelerinin öne çıktığı görülmektedir.



Şekil 6.17: P4'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Ayrıca P4'ün yapmış olduğu tasarıma ait değerlerin genel olarak anket verileri ile büyük farklar sergilemediği görülmekle beraber [F] Saatmetre, [H] Varyo göstergesi ve [O] EFIS'in diğer göstergelere oranla anket verilerinden belirgin bir biçimde farklılaştığı görülmektedir. Bu üç gösterge arasında en yüksek farka sahip olan gösterge ise [F] Saatmetre'dir. Bu gösterge ile kendisine en yakın anket verisi arasında üç puan fark bulunmaktadır.

6.2.5 P5 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.5.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P5 aynı zamanda bir pilot eğitimcisi olmasından dolayı diğer pilotlardan farklı olarak çalışmaya helikopterin genel uçuş prensipleri hakkında bilgi vererek başlamıştır. Kendi panel düzeni tercihini bu uçuş prensipleri ile ilişkilendirmek için bu açıklamalara gerek duyduğunu da ayrıca belirtmiştir. Ayrıca P5 tüm çalışma boyunca sesli düşünerek göstergelerin yerleşimi hakkında fikirlerini ortaya koymuştur. P5 kağıt prototipleme çalışmasına önce Durum göstergesini [D] panelin sağ tarafına yerleştirerek başlamıştır. Bu gösterge seyrüsefer göstergeleri içerisinde “hayati öneme sahip” olarak da tanımlanmıştır. P5 daha sonra Altimetre [B] ve Yunus/Yatış göstergesini [G] panele yerleştirmiş ve her üç göstergenin işlevleri açısından bir arada yer almaları gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca paralaks etkisinin azaltılması bakımından Yunus/Yatış göstergesinin [G] pilota yakın bir konumda yer almasını tercih ettiğini belirtmiştir.

Diğer taraftan P5 Yunus/Yatış göstergesinin [G] sağ elle kontrol edilen “Çubuk” kontrolü ile ilişkili bir gösterge olduğunu; Altimetre [B]'nin ise sol elle kontrol edilen “Kolektif kolu” kontrolü ile ilişkili olan bir gösterge olduğunu belirtip, Yunus/Yatış göstergesini [G] Altimetre [B]'nin sol tarafına yerleştirmiştir. Bu durum kontrol ve göstergeleri uzaysal konum açısından birbirleri ile uyumu olarak yerleştirilmeleri konusundaki genel kabule aykırı bir durum olup kullanıcının işini zorlaştıracak bir yerleşimdir. Diğer taraftan P5 ayrıca Altimetre [B] ve Varyo göstergesini [H] işlev bakımından birbirleri ile ilişkili olduğunu belirtip bu göstergeleri alt alta konumlandırmıştır.



Şekil 6.18: P5’in yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

P5 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.18; Şekil 6.19) incelendiğinde şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Seyrüsefer göstergeleri bir işlevsel grup oluşturacak şekilde ön panelin sol tarafında konumlanmıştır.
- Sistem göstergeleri ise seyrüsefer göstergeleri gibi bir işlevsel grup oluşturacak biçimde ön panelin orta bölgesinde dikey bir grup olarak yerleşmişlerdir. Bu grup içerisinde ise motor [S] ve transmisyon [T] yağ sıcaklık/basınç göstergelerinin yan yana dizildiği dikkat çekmektedir. Bu durum bir “alt işlevsel benzerlik” grubu olarak tanımlanabilir.
- P5 torkmetre’yi [Z] “hayati öneme sahip olarak tanımlamış ve ön panelin merkezine yerleştirmiş ve mümkün ise yerinin vurgulanması açısından etrafının özel bir çizgiyle belirginleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

- Manyetik pusula [C] rahat ve hızlı bir şekilde okunabilme ve diğer göstergelerin manyetik alanlarından etkilenmeme açısından panelin dışında kalacak biçimde sağ havalandırma kanalının yerinde konumlandırılmıştır.
- Haberleşme cihazları ise GPS Navcom’la [N] birlikte eğik orta panelde yerleşmiştir.

P5 çalışma süreci boyunca tasarım tercihlerini açıklamak için şu ifadeleri kullanmıştır:

“Sunı ufuk (Durum göstergesi) [D] en kolay görülebilecek konumda yer almalıdır. Bu gösterge özellikle IFR uçuşlarında hayati önem taşır. Aynı şartlar altında ikinci en önemli gösterge ise İrtifa göstergesidir [B].”

“Altimetre [B] ve Varyo göstergesi [A] birbirlerini doğrulayan karşılıklı bir ilişki içerisinde; bu bakımdan alt alta konumlanmalıdır. Aynı şekilde Durum göstergesi [D] ve Yunus/yatış göstergesi [G] alt alta konumlanmalıdır. Her iki gösterge birbirini kontrol eder niteliktedir.”

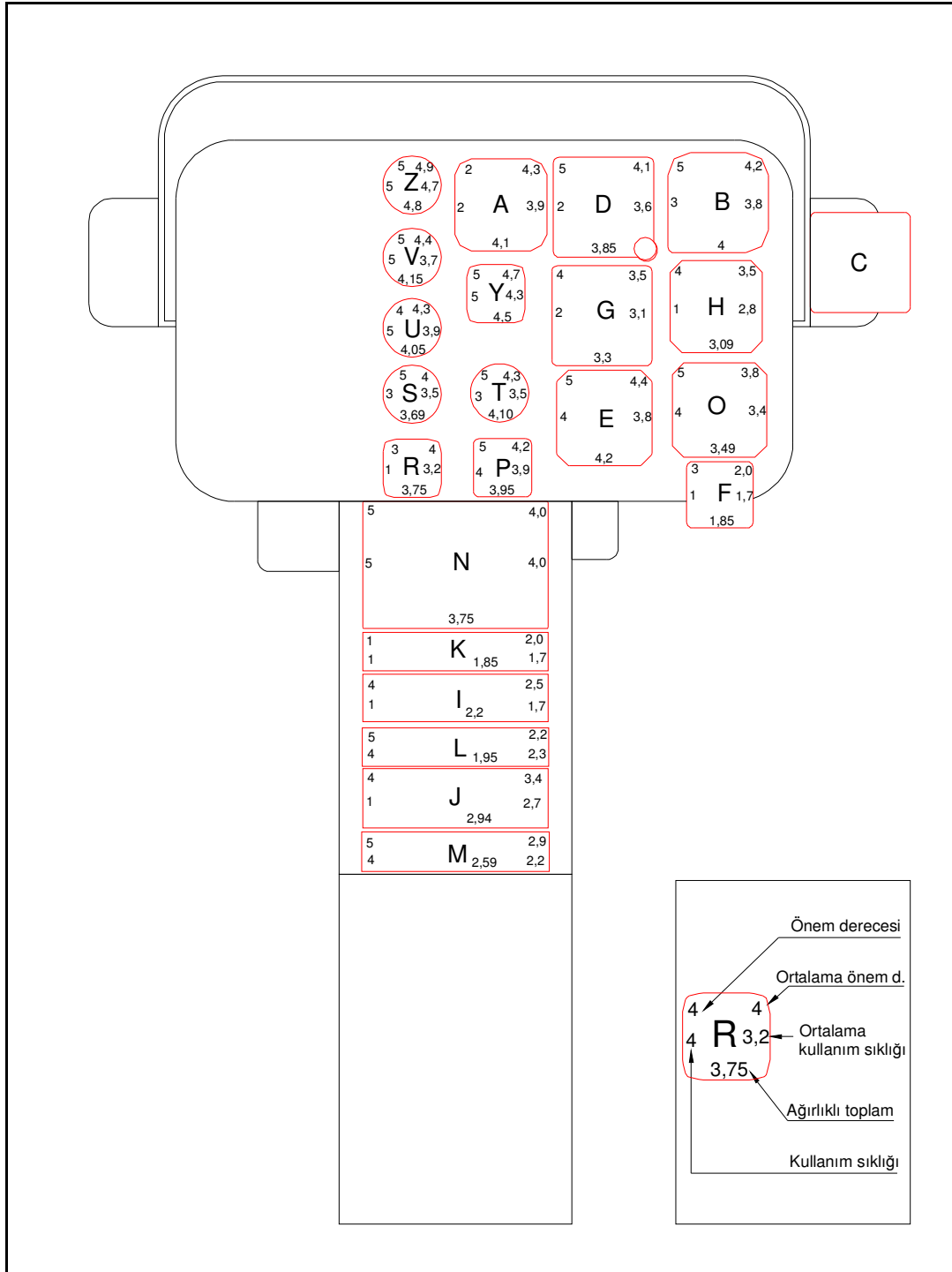
“Kontroller ve uçuş göstergeleri arasındaki işlev/yerleşim uyumu çok önemlidir. Özellikle sürat artırma operasyonunda Hava hızı göstergesi [A], Durum göstergesi [D] ve Yükseklik göstergesi[B] aynı anda okunur. Burada satır okuma mantığı pilotun işini kolaylaştırır.”

6.2.5.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

P5 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.19’de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için ise Çizelge 6.27’de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

Şekil 6.19’da ve Çizelge 6.27’de P5’in yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışmasının analizi incelendiğinde; gerek “önem derecesi” ilkesi, gerekse “kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin panelin genel yerleşiminde öncelikli bir role sahip olmadığı görülmektedir. Bu ilkelerin ortalama değerlerinin ise panelin yerleşimi ile zayıf ve ters bir bağıntı içerisinde olduğu görülmektedir. Diğer taraftan işlevsel bir gruplama yaklaşımı belirgin olarak göze çarpmaktadır. P5’in oluşturduğu gösterge

grupları biçimsel olarak ele alındığında kolay algılanabilen yalın bir yapıda oldukları görülmektedir.

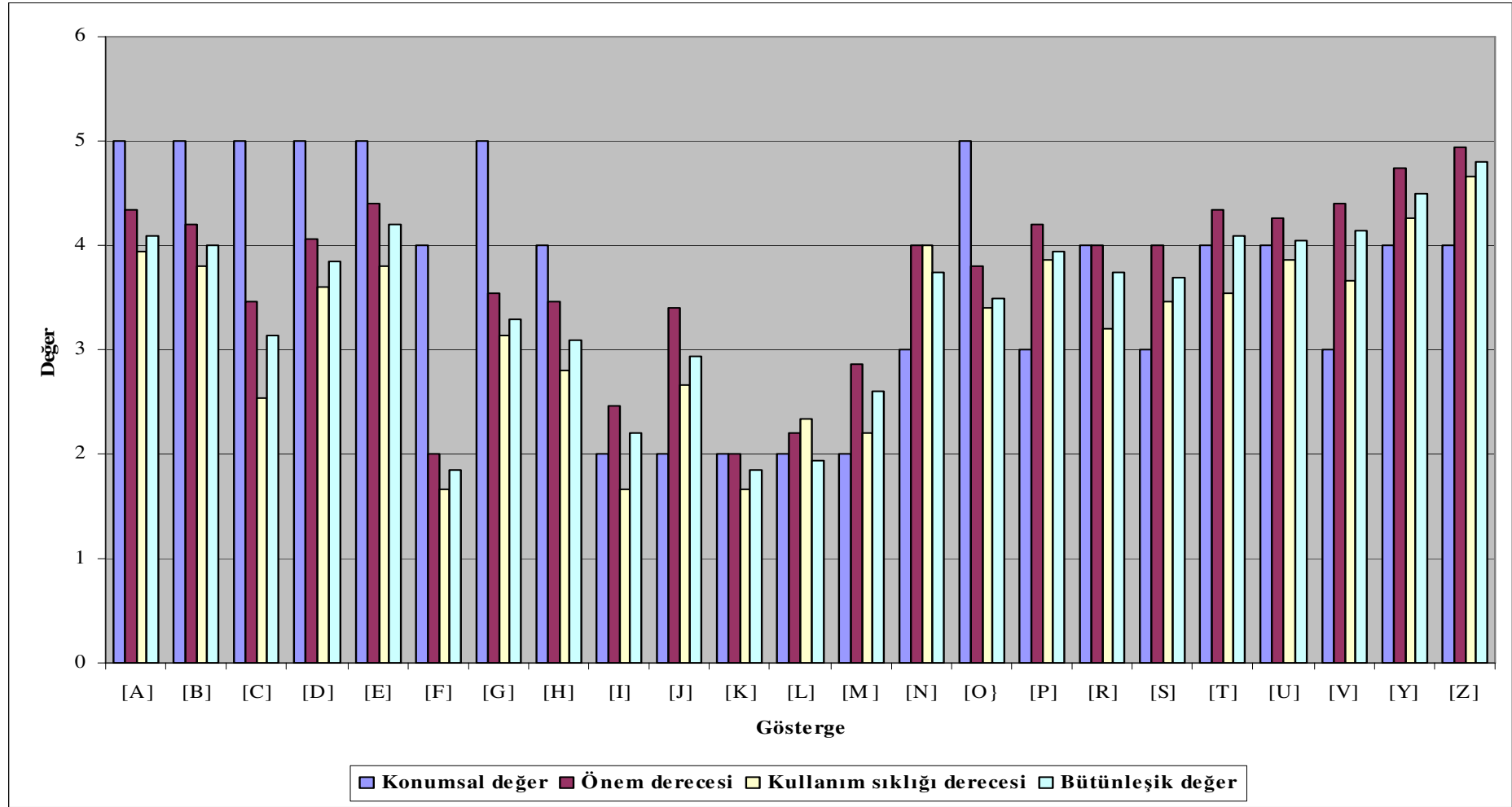


Şekil 6.19: P5'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.27: P5'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Pilotun yapmış olduğu tasarım ile yine kendisine ait “önem derecesi” verileri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5]	4	6	0	3	0
		[4]	2	1	0	2	0
		[3]	1	1	0	0	0
		[2]	0	1	0	0	0
		[1]	0	0	0	1	0
Ortalama önem derecesi	<i>Yapılan tasarım ile diğer pilotların ortalama değerleri arasında zayıf bir ters bağlantı bulunmaktadır. 2. Bölgede yer alan göstergelerin değerleri pilota daha yakın olan 1. Bölgedekilerden az farkla daha yüksektir.</i>	[5-4,1]	3	7	0	0	0
		[4-3,1]	3	2	0	2	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Pilotun yapmış olduğu tasarım ile yine kendisine ait “kullanım sıklığı derecesi” verileri arasında, hem ön panel hem de orta panelde anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5]	0	4	0	1	0
		[4]	2	1	0	2	0
		[3]	1	2	0	0	0
		[2]	2	1	0	0	0
		[1]	2	1	0	3	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>Yapılan tasarım ile, diğer pilotların ortalama değerleri arasında çok zayıf bir ters bağlantı bulunmaktadır. 2. Bölgede yer alan göstergelerin değerleri pilota daha yakın olan 1. Bölgedekilerden çok az farkla daha yüksektir</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	5	7	0	1	0
		[3-2,1]	1	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>Panel tasarımında bütünlük değeri anlamlı bir dağılıma sahip olmadığı görülmektedir.</i>	[5-4,1]	1	6	0	0	0
		[4-3,1]	5	3	0	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	1	0	0	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Belirgin” işlevsel benzerliğe” dayanan gruplama vardır. Ancak bu gruplamalarda anket verilerinden farklı olarak [0] göstergesi ön panelde seyrüsefer gösterge grubu içerisinde konumlanmıştır.</i>						

Şekil 6.20’de ise P5’in yapmış olduğu tasarımın sayısal değerlerinin tüm pilotların ortalama değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bu çizelgenin yapılmasındaki amaç P5’in yapmış olduğu tasarımda hangi ilkelere ne oranda ağırlık verdiğinin analiz edilebilmesidir. P5’in yapmış olduğu tasarımda yer alan göstergelerin %47’sinde “önem derecesi” , %34’ünde “kullanım sıklığı derecesi” ilkesi ve %17’sinde ise “bütünlük değeri” ilkesinin diğer ilkelere göre daha fazla öne çıktığı görülmektedir.



Şekil 6.20: P5'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Bölüm 6.2.4’de yer alan işlevsel benzerliğe dayanan gruplar temel alındığında P5’in tasarımı analiz edildiği zaman birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda “bütünleşik değer” kavramının üçüncü gösterge grubunda ise “kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin öne çıktığı görülmektedir. Genel olarak tüm göstergeler içinde [F] Saatmetre’nin konumunun ortalama veriler incelendiği zaman en yüksek farka sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca [G] Yunus/yatış göstergesi, [C] Manyetik pusula, [H] Varyo göstergesi ve [O] EFIS’in de ortalama anket verileri ile belirgin bir farka sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm göstergelerin her üç kavramdan kendisine en yakın ortalama değere sahip olanla arasındaki fark 1’den azdır.

6.2.6 P11 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

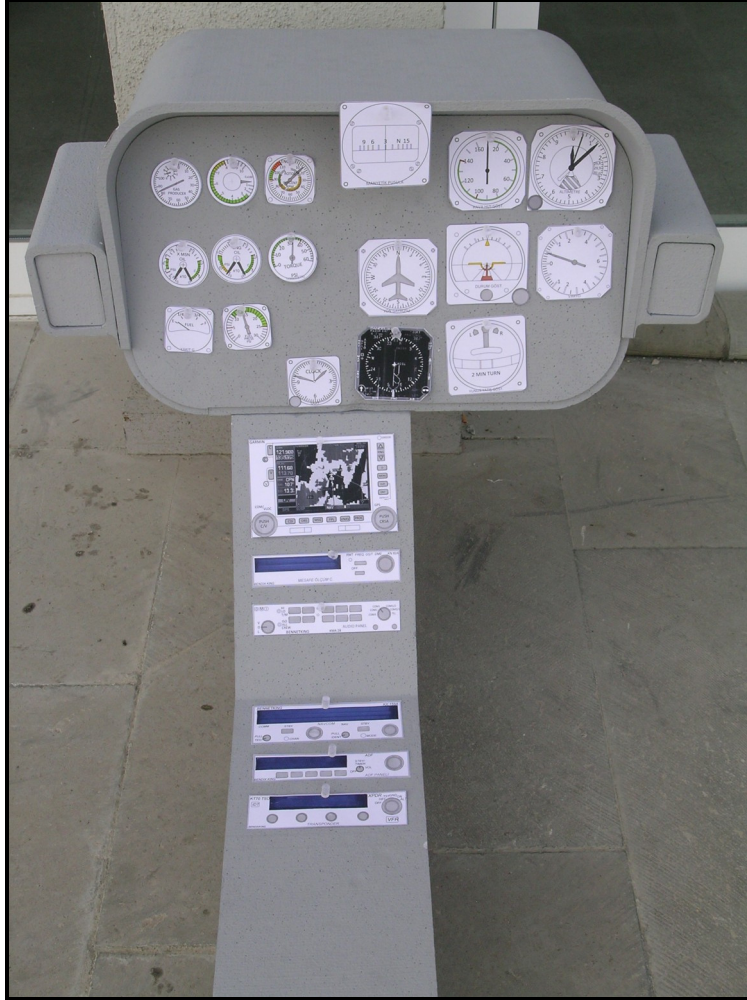
6.2.6.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P11’in görevli bir askeri pilot olmasından dolayı çalışma görev yaptığı tesiste gerçekleştirilmiştir. Tesis kurallarına göre video çekim yapmak yasak olması nedeniyle çalışma süresince video kaydı yapılmamış sadece çalışma süreci boyunca ve yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan tasarımın fotoğrafı çekilmiştir. Çalışma boyunca P11 genellikle sesli olarak düşünmemiş çalışmasını bu şekilde tamamlamıştır. P11 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.21; Şekil 6.22) incelendiği zaman şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Seyrüsefer göstergeleri ön panelin sağ tarafında bir işlevsel grup meydana getirmektedir.
- Sistem göstergeleri ön panelin sağ tarafında bir işlevsel grup meydana getirmektedir; bu işlevsel grup içerisinde motor [S] ve transmisyon [T] yağ sıcaklık/basınç göstergelerinin yan yana dizildiği dikkat çekmektedir.
- Manyetik pusula ön panelin üst kısmında orta noktada konumlanmıştır.
- GPS Navcom [N] Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ve Ses Paneli, Marker Alıcı [K] eğik orta panele; Navcom [J], Otomatik Yön Bulucu [L], Transponder [I] ise yatay orta panele yerleştirilmişlerdir. Burada pilot özellikle Mesafe Ölçüm Cihazı [M], Ses Paneli, Marker Alıcı [K], ; Navcom [J], Otomatik Yön

Bulucu [L], ve Transponder 'ı [I] çok sık kullanmayacağı ve görsel teması gerektirmediği için orta panellere konumlandırıldığını belirtmiştir.

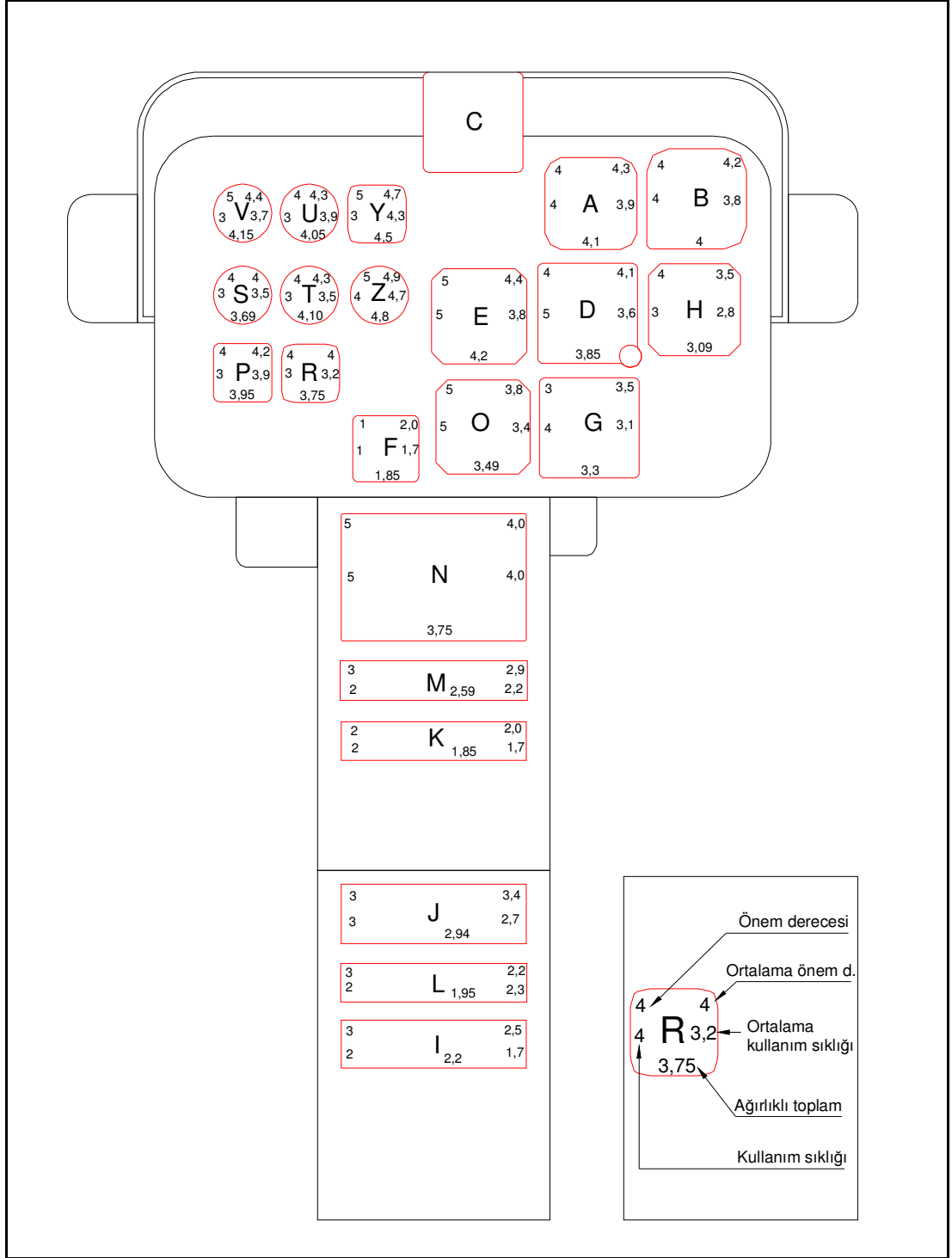
- Yön gayrosu [E] ve EFIS [O] benzer işlevleri yerine getirmeleri nedeniyle, seyrüsefer gösterge grubu içerisinde alt alta yerleştirilmiştir.



Şekil 6.21: P11'in yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

6.2.6.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

P11 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.22'de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için Çizelge 6.28'de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.



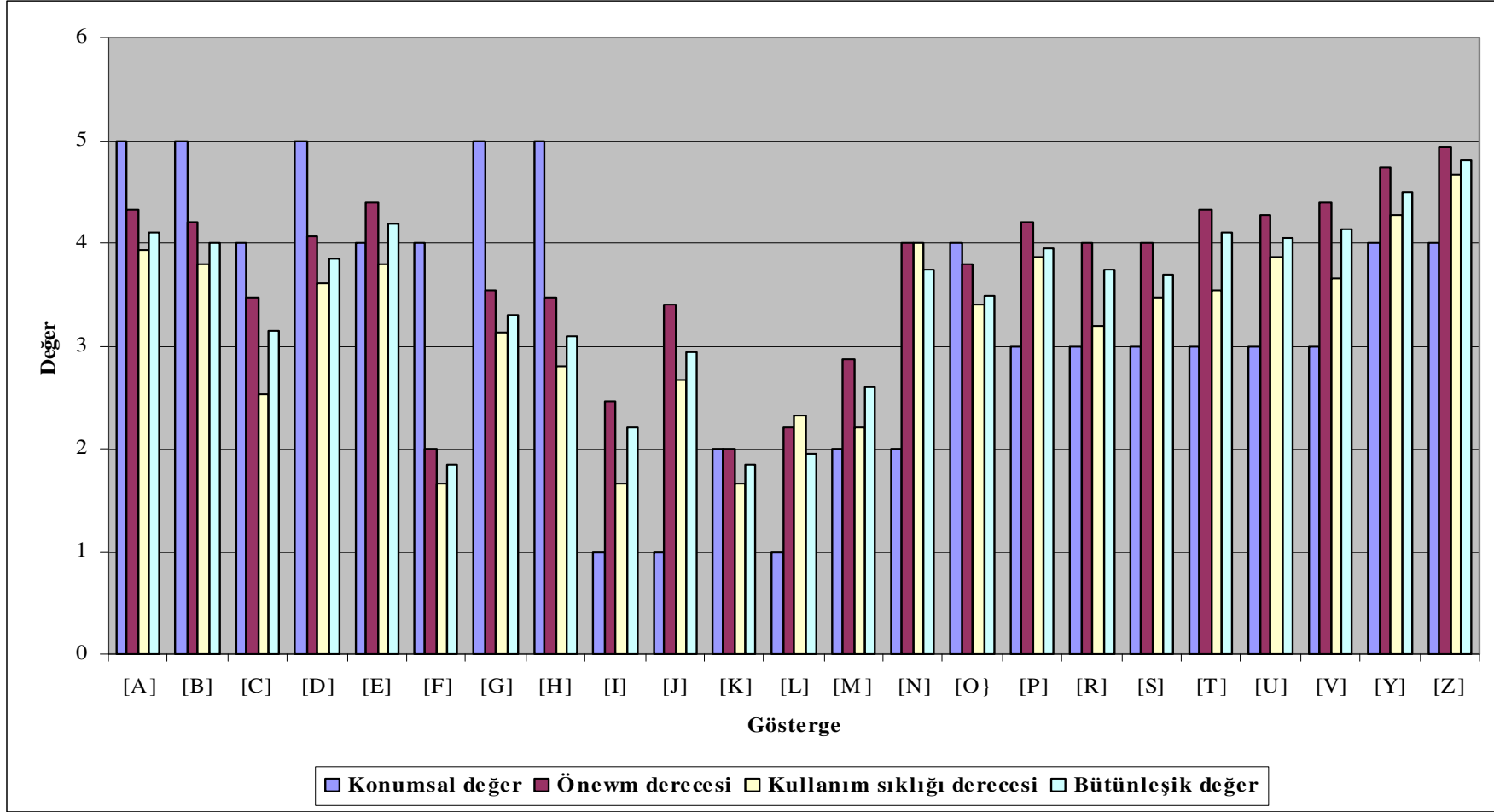
Şekil 6.22: P11'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Şekil 6.22 ve Çizelge 6.28'de yer alan P11'e ait tasarımın analiz verileri incelendiği zaman, "önem derecesi", "kullanım sıklığı derecesi" ve "ortalama bütünleşik değer" verilerinin göstergelerin genel yerleşiminde, homojen bir dağılıma sahip olmakla beraber, anlamlı bir rol oynamadığı görülmektedir. Diğer taraftan kolay algılanabilen bir grupta yaklaşımı açıkça görülmektedir. P11 işlevsel benzerliği esas alan

gruplama sürecinde gösterge panelinin beş bölgesini de kullanmıştır. Diğer taraftan P11'in yapmış olduğu yerleşim düzeni biçimsel olarak incelendiğinde, gösterge gruplarının biçimsel yapılarının kısmen kolay algılanabilir olduğu görülmektedir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi dikey birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.

Çizelge 6.28: P11'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>[3], [4] ve [5] puana sahip göstergeler öne panelde homojen olarak dağılmışlardır. Orta panelde ise puanların dağılımı anket verileri ile anlamlı olarak örtüşmektedir.</i>	[5]	0	4	1	1	0
		[4]	4	0	5	0	0
		[3]	1	0	0	1	3
		[2]	0	0	0	1	0
		[1]	0	1	0	0	0
Ortalama önem derecesi	<i>P11'in yerleşim tercihi ile tüm pilotların ortalama verileri ön panel ve orta panel ayrımında örtüşmekle beraber, anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5-4,1]	3	3	4	0	0
		[4-3,1]	2	1	2	1	1
		[3-2,1]	0	0	0	1	2
		[2-1]	0	1	0	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>[3], [4] ve [5] puana sahip göstergeler öne panelde homojen olarak dağılmışlardır. Orta panelde ise puanların dağılımı anket verileri ile anlamlı olarak örtüşmektedir.</i>	[5]	1	2	0	1	0
		[4]	3	1	0	0	0
		[3]	1	1	6	0	1
		[2]	0	0	0	2	2
		[1]	0	1	0	0	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P11'in yerleşim tercihi ile tüm pilotların ortalama verileri ön panel ve orta panel ayrımında örtüşmekle beraber, anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	4	2	6	1	0
		[3-2,1]	1	0	0	1	2
		[2-1]	0	1	0	1	1
Ortalama bütünleşik değer	<i>Pilotların ortalama bütünleşik dağılımı açısından P11'in tasarımında anlamlı bir dağılım görülmemektedir.</i>	[5-4,1]	1	3	3	0	0
		[4-3,1]	4	1	3	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	1	2
		[2-1]	0	1	0	1	1
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>P11'in işlevsel grupları gösterge panelinin tüm bölgelerine yaydığı görülmektedir. Anket verilerinden farklı olarak [O] ön panelde yer almaktadır. Dizilim açısından seyriüsefer gösterge grubu Şekil 6.40'da yer alan "işlevsel benzerlik+kullanım sıklığına dayanan" tasarımdaki aynı grup ile benzeşmektedir.</i>						



Şekil 6.23: P11'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Şekil 6.23’de P11’in yapmış olduğu gösterge paneli tasarımı göstergelere araştırmacı tarafından verilmiş olan sayısal değerlerin, anket çalışmasında elde edilen “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değer” ilkelerinin ortalama değerleri ile karşılaştırması yer almaktadır. Bu çizelgede yer alan değerler incelendiği zaman tüm göstergelerin %52’sinde “kullanım sıklığı derecesi”nin, %43’ünde “önem derecesi”nin, %8’inde ise “bütünleşik değer”in öne çıktığı görülmektedir.

Bu bakımdan P11’in gösterge yerleşim tercihlerinde az farkla “kullanım sıklığı derecesi” ilkesinin hâkim olduğu söylenebilir. Diğer taraftan göstergelerin değerleri, “işlevsel benzerlik” grupları temel alınarak incelendiği zaman; birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda “kullanım sıklığı” ilkelerinin üçüncü gösterge grubunda ise “kullanım sıklığı derecesi”nin öne çıktığı görülmektedir. Göstergelerin herhangi bir değer ile örtüşme farkı bakımından ise [F] Saatmetrenin, [G] Yunus/yatış göstergesinin ve [H] Varyo göstergesinin diğer göstergelere oranla her üç ilke ile aralarında belirgin değer farkı bulunmaktadır. Özellikle [F] Saatmetre ile en yakın ortalama değer arasında 2 puan fark bulunmaktadır.

6.2.7 P12 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.7.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P12 kâğıt prototipleme çalışmasına önce manyetik pusulayı ön gösterge panelinin üstüne, ön cam orta dikmesi hizasına yerleştirmekle başlamıştır. Daha sonra öncelikle seyrüsefer göstergelerini konumlandırma aşamasına geçmiştir. Pilot çalışmasını tamamladıktan sonra helikopter uçuş prensiplerine de gönderme yaparak yapmış olduğu düzenlemeyi kısaca sözlü olarak açıklamıştır.

P12 çalışması boyunca ve çalışmasından sonra tasarım tercihlerini açıklamak üzere şu ifadeleri kullanmıştır:

“Durum göstergesinin [D] uçuş bakımından hayati öneme sahiptir.”

“Altimetre [B], Hava hızı göstergesi [A] ve Durum göstergesinin [D] bir gösterge üçlüsü olarak birbirinden hiçbir zaman ayrılmaması gerekir. Bu gösterge üçlüsü “durumsal farkındalık” açısından önem taşır.”

“İşlev bakımından birbirin yedeği ve sağlayıcısı olma özelliği taşıyan göstergeleri de birbiri ile yan yana ya da üst üste yerleştiriyorum.”

“GPS NavCom’un [N] elimin altında bulunmasını isterim; onun için buraya (eğik orta panele) yerleştiriyorum.”

“Varyometre [H] ve Altimetre [B] birbirleri ile ilişkilidir bu bakımdan bu ikisini alt alta koyuyorum”

“Yakıt göstergesi [P] önemlidir ama her dakika yakıt miktarına bakmam bu bakımdan yakıt göstergesini en alta koyuyorum. Ayrıca Torkmetre [Z] ve Rotor/Türbin takometresi [Y] çok önemlidir bu bakımdn ilk bakışta görebilmem gerekir.”



Şekil 6.24: P12’nin yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

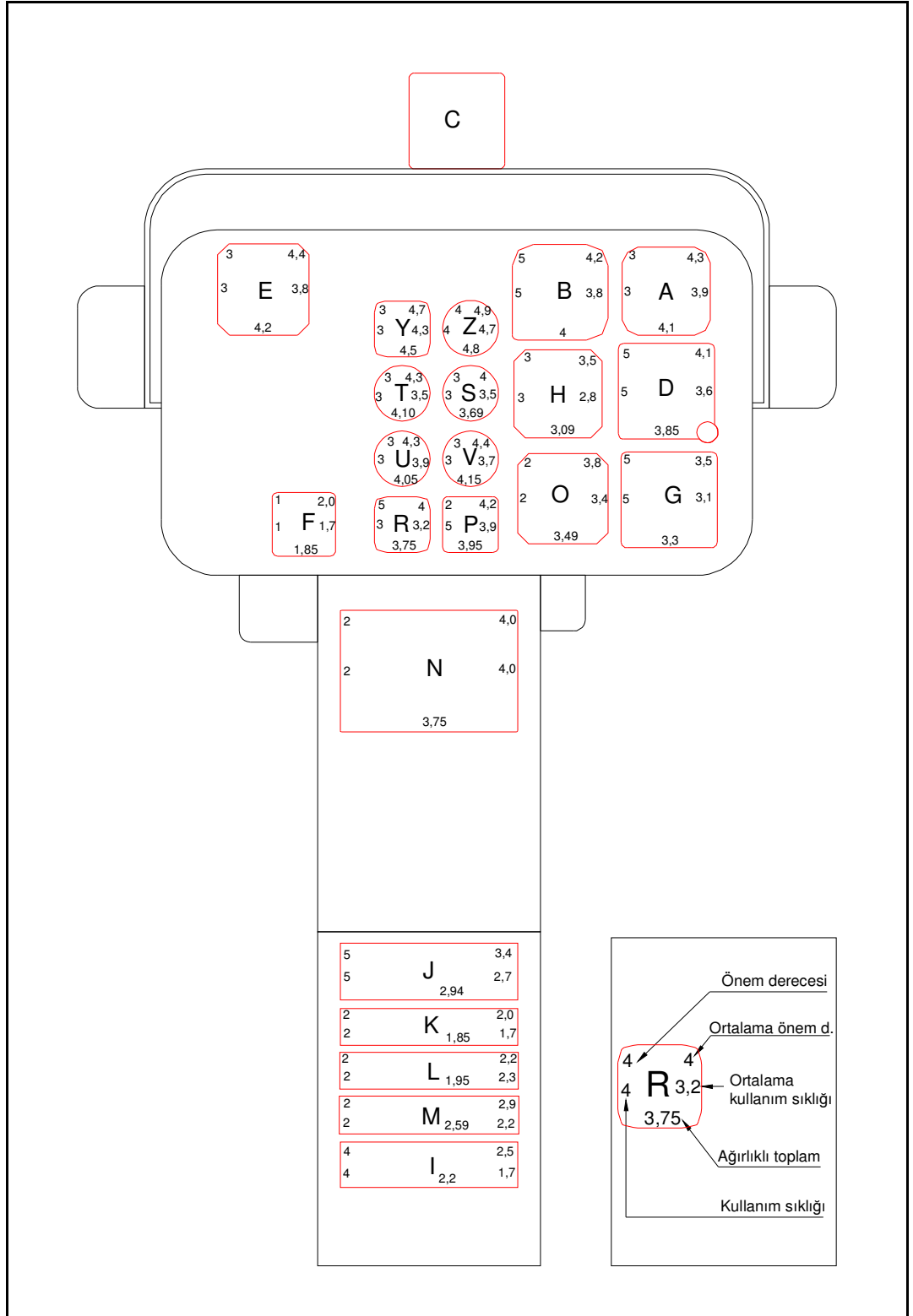
P12 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.24, Şekil 6.25) incelendiği zaman şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Seyrüsefer göstergeleri, yön gayrosu [E] haricinde, ön panelin sağ tarafında işlevsel bir grup olarak konumlandırılmışlardır.
- Sistem göstergeleri de ön panelin orta bölgesinde işlevsel bir grup oluşturacak şekilde yerleştirilmişlerdir.
- Sistem göstergelerinden torkmetre [Z] ve rotor/türbin takometresi [Y] en önemli göstergeler olarak değerlendirilmiş yan yana olmak suretiyle ön panelin merkez noktasına yerleştirilmiştir. Pilot her iki göstergelyi kolayca görmek istediğini belirtmiştir.
- Haberleşme cihazları ise yatay orta panelde konumlandırılmışlardır. Bu cihazların nadiren kullanılması nedeniyle bu şekilde konumlanmasının tercih edildiği de pilot tarafından ayrıca ifade edilmiştir.
- GPS Navcom tek başına eğik orta panele yerleştirilmiştir.

6.2.7.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

P12 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.25’de görölmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için de Çizelge 6.29’da yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

Şekil 6.25 ve Çizelge 6.29’da yer alan P12’nin tasarım analizleri incelendiği zaman, tasarımın ankette elden edilen “önem derecesi”, “kullanım sıklığı” ve “bütünleşik değer” verileri ile anlamlı bir örtüşme içerisinde olmadığı görölmektedir. Diğer taraftan kesin ve yalın bir biçime sahip gösterge gruplarının oluşturulduğu görölmektedir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.

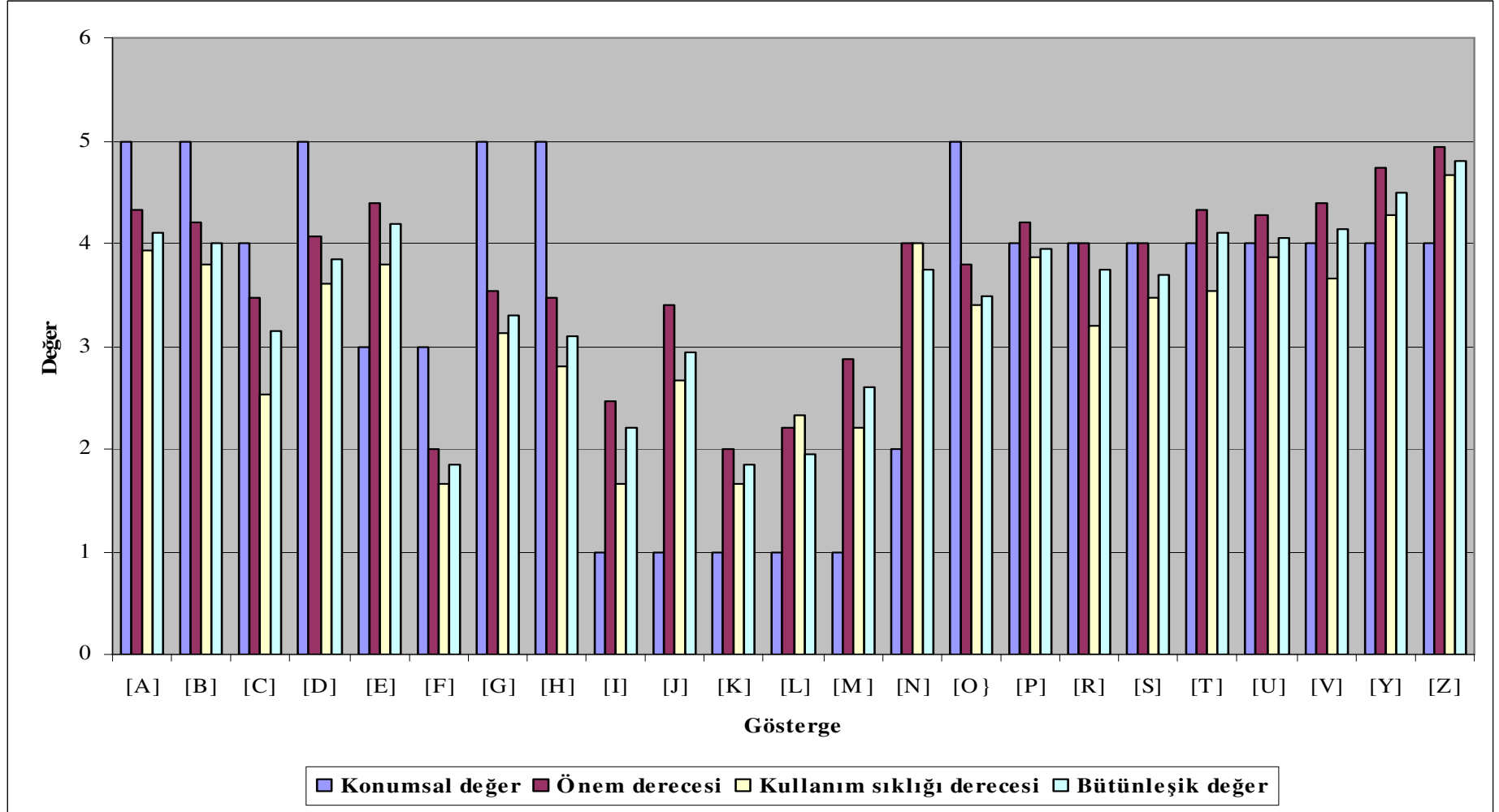


Şekil 6.25: P12'nin yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.29: P12’ye ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Gösterge yerleşimleri ve göstergelerin anket verileri arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Sadece [5] puan ile değerlendirilmiş göstergeler pilota yakın olarak konumlandırılmıştır.5. Bölgede yer alan göstergeler görece daha düşük değere sahiptir.</i>	[5]	3	1	0	0	1
		[4]	0	1	0	0	1
		[3]	2	6	1	0	3
		[2]	1	0	0	1	0
		[1]	0	0	1	0	0
Ortalama önem derecesi	<i>Tüm pilotların ortalama verileri ile karşılaştırıldığında, homojen bir dağılım söz konusudur. 5. Bölgede yer alan göstergeler görece daha düşük değere sahiptir.</i>	[5-4,1]	3	6	0	0	0
		[4-3,1]	3	2	1	1	1
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	0	1	0	1
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Gösterge yerleşimleri ve göstergelerin anket verileri arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Sadece [5] puan ile değerlendirilmiş göstergeler pilota yakın olarak konumlandırılmıştır.5. Bölgede yer alan göstergeler görece daha düşük değere sahiptir.</i>	[5]	3	1	0	0	1
		[4]	0	1	0	0	1
		[3]	2	3	1	0	0
		[2]	1	0	0	2	3
		[1]	0	0	1	0	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>Tüm pilotların ortalama verileri ile karşılaştırıldığında, homojen bir dağılım söz konusudur. 5. Bölgede yer alan göstergeler görece daha düşük değere sahiptir:</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	5	6	1	1	0
		[3-2,1]	1	0	0	0	3
		[2-1]	0	0	1	0	2
Ortalama bütünlük değeri	<i>Homojen bir dağılım olduğu görülmektedir.</i>	[5-4,1]	1	5	1	0	0
		[4-3,1]	5	3	0	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	0	1	0	2
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Ön panel tasarımıdaki gruplar, anket verilerinde ortaya çıkan gruplar ile biçimsel olarak benzeşmektedir. Ancak anket verilerinden farklı olarak [0] ön panelde konumlandırılmıştır.</i>						

P12’nin yapmış olduğu yerleştime çalışmasındaki göstergelerin sayısal değerlerinin, anket verileri ile karşılaştırması Şekil 6.26’da yer almaktadır. Çizelgede yer alan karşılaştırmalar incelendiği zaman göstergelerin %47’sinde “önem derecesi” ilkesinin, %34’ünde “kullanım sıklığı” ilkesinin, %21’inde ise “bütünlük değeri” ilkesinin öne çıktığı görülmektedir.



Şekil 6.26: P12'nin yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Şekil 6.26’da gösterge grupları temel alındığı zaman birinci gösterge grubunda “önem derecesi”, ikinci gösterge grubunda “kullanım sıklığı derecesi”, üçüncü gösterge grubunda ise “bütünleşik değer” ilkesinin öne çıktığı görülmektedir. Diğer taraftan P12’nin yapmış olduğu tasarıma ait değerlerin genel olarak anket verileri ile büyük farklar sergilemediği görülmekle beraber [F] Saatmetre, [G] Yunus/yatış göstergesi, [H] Varyo göstergesi, [J] Navcom, ve [O] EFIS’in diğer göstergelere oranla anket verilerinden belirgin bir biçimde farklılaştığı görülmektedir. Bu üç gösterge arasında en yüksek farka sahip olan gösterge ise [J] Navcom’dur.

6.2.8 P13 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.8.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P13 diğer pilotlardan farklı olarak çalışmasına GPS Navcom [N] cihazını eğik orta panele yerleştirerek başlamıştır. Bu işlemi müteakip, haberleşme cihazlarını yatay orta panele dizerek önce bunları kendi arasında düzenlemiş; daha sonra bu cihazları panele sabitleme işlemine geçmiştir. Özellikle transponder’ı [I] sadece uçuş başında ayarladığı için uçuş sırasında erişim gereksinimi olmadığını belirtmiş ve bu nedenle bu cihazı yatay panelde diğer haberleşme cihazlarının en altına konumlandığını açıklamıştır. Pilot daha sonra manyetik pusula [C] ve onu müteakip seyrüsefer göstergelerinin yerleştirilmesi aşamasına geçmiştir. Pilot prototipleme çalışma sırasında sadece bir defa yeniden düzenleme yaparak yapmış olduğu düzeni gözden geçirerek iyileştirmiştir.

P13 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.27, Şekil 6.28) incelendiği zaman şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Manyetik pusula ön panelin üst kısmında, ön cam orta dikmesi hizasında konumlanmıştır.
- Yunus/yatış göstergesi [G] haricinde kalan tüm seyrüsefer göstergeleri ön panelin sağında işlevsel bir grup halinde konumlanmıştır. Yunus/yatış göstergesi [G] ise ön panelin orta alt noktasına yerleştirilmiştir.
- Sistem göstergeleri ise ön panelin orta bölgesine iki farklı grup şeklinde konumlanmıştır.

- GPS Navcom cihazı eğik orta panelde tek başına, haberleşme cihazları, Mesafe Ölçüm Cihazı [M], Ses Paneli, Marker Alıcı [K], ; Navcom [J], Otomatik Yön Bulucu [L], ve Transponder [I], ise yatay orta panelde konumlanmıştır.



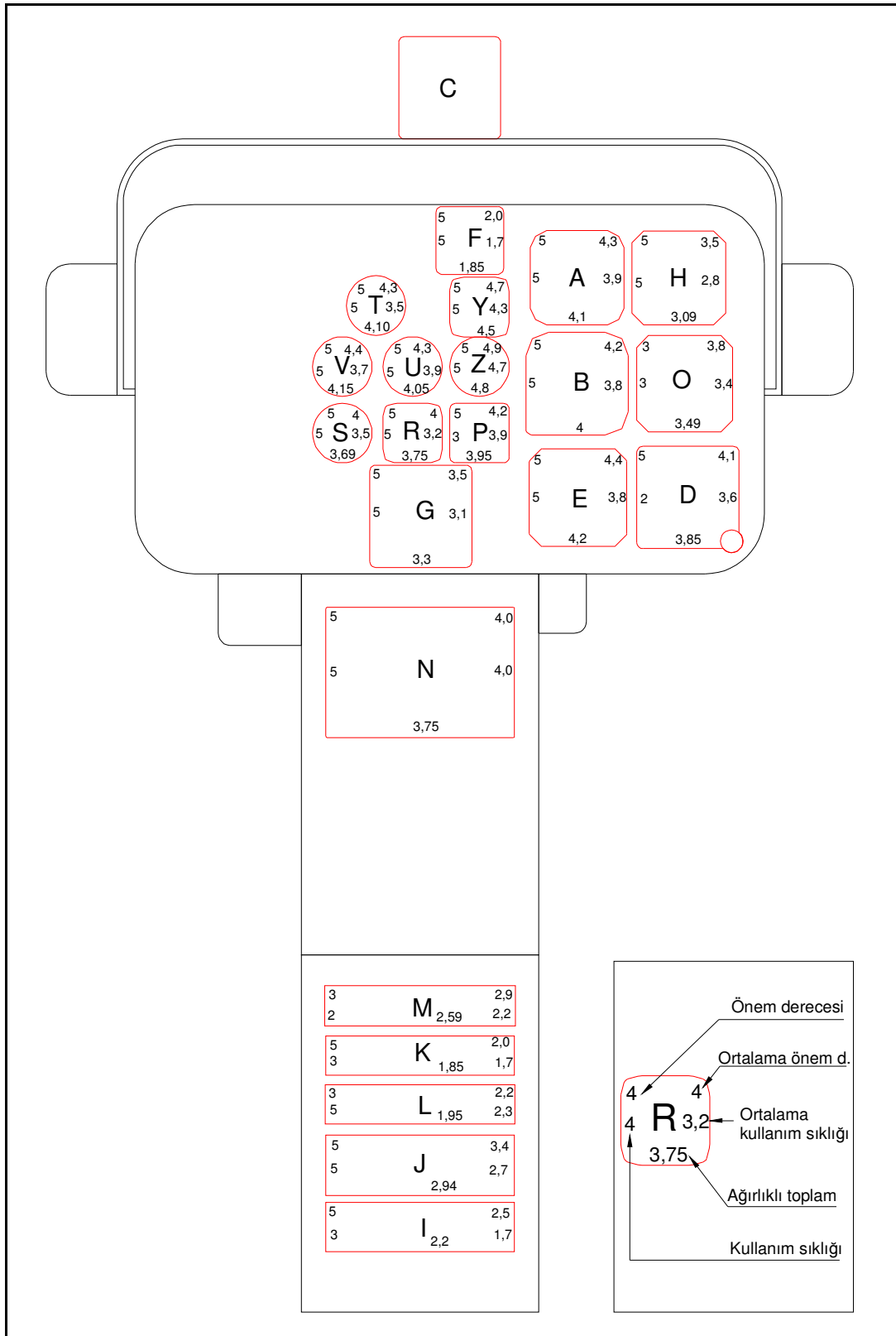
Şekil 6.27: P13'ün yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

P13 çalışma boyunca yerleşim tercihlerini şu ifadeleri kullanarak açıklamıştır:

“Haberleşme cihazları genellikle uçuş başlangıcında kullanıldığı için en aşağı yerleştirdim ancak daha sık kullanılanları görece daha yukarı koydum.”

“Yunus yatış göstergesi [G] her iki pilot tarafından okunabilmesi için tam orta noktada bulunması daha iyidir.”

“Seyrüsefer göstergelerinin sürekli gözümün önünde olması gerekir. Sistem göstergelerini ise her iki pilotun okuyabilmesi gerekir.”



Şekil 6.28: P13'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

6.2.8.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

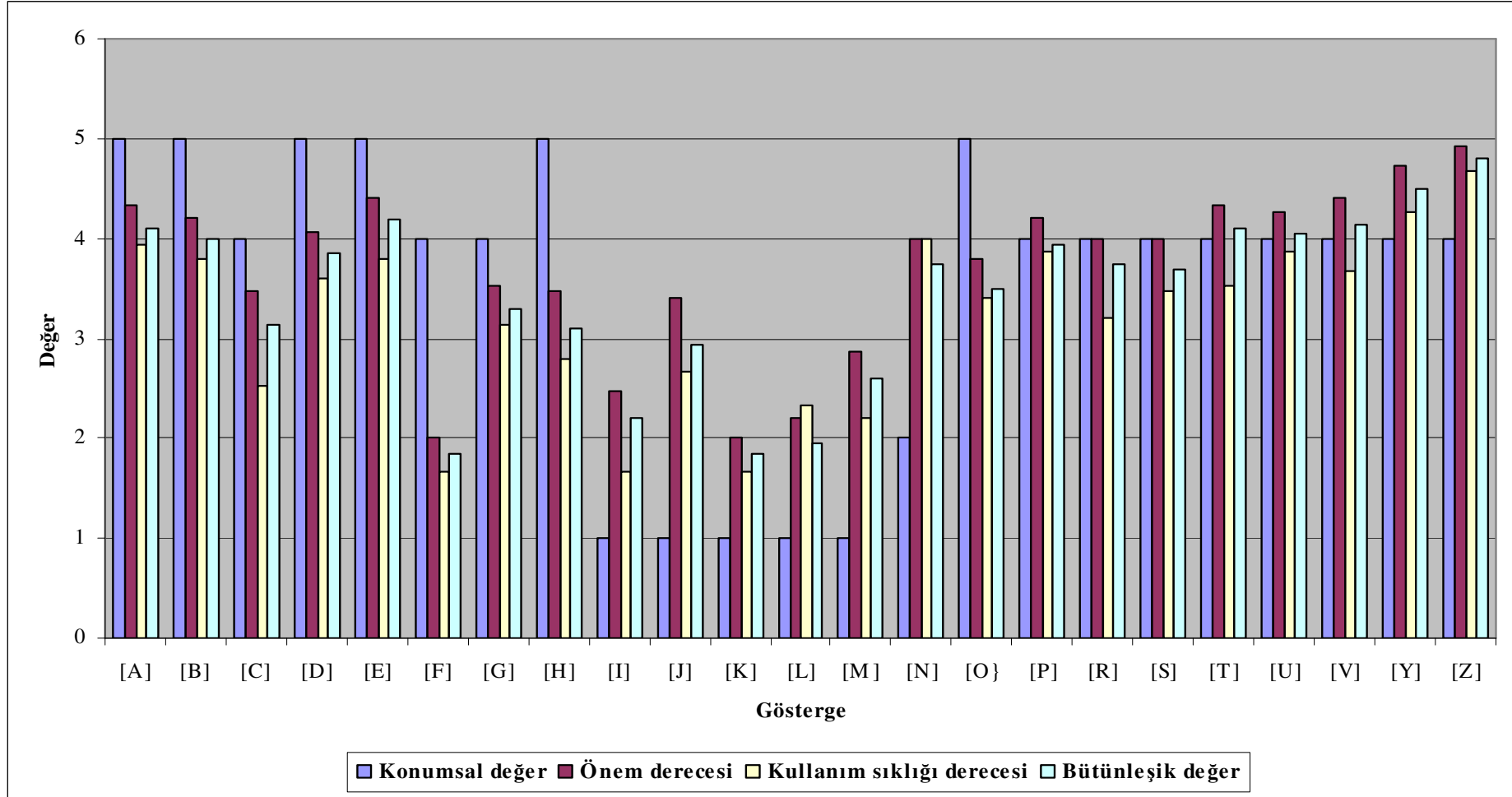
P13 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.28’de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için Çizelge 6.30’da yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır. Şekil 6.28 ve Çizelge 6.30 incelendiği zaman P13’ün tasarımında genel yerleşim açısından “önem derecesi”, “kullanım sıklığı” ve bütünlük değeri” ilkelerinin anlamlı bir role sahip olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan pilot tarafından oluşturulan gösterge gruplarından 2. Bölgede yer alan grup kolay algılanabilir bir yapıda değildir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde de diğer pilotlarda olduğu gibi [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır.

Şekil 6.29’da P13’ün yapmış olduğu gösterge yerleşimlerinin anket verileri ile sayısal karşılaştırması görülmektedir. Çizelgede P13’ün gösterge konumu seçimlerinin %47’sinde “önem derecesi” ilkesinin, %26’sında “kullanım sıklığı” ilkesinin ve %26’sında ise “bütünlük değeri” ilkesinin öne çıktığı görülmektedir. Anket çalışması sonucunda oluşturulan gösterge grupları temel alındığında ise birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda “kullanım sıklığı derecesi”, üçüncü gösterge grubunda ise “bütünlük değeri” kavramının öne çıktığı görülmektedir.

Ayrıca P13’ün yapmış olduğu tasarıma ait değerlerin genel olarak anket verileri ile büyük farklar sergilemediği görülmekle beraber; [F] Saatmetre, [H] Varyo göstergesi ve [O] EFIS’in diğer göstergelere oranla anket verilerinden belirgin bir biçimde farklılaştığı görülmektedir. Bu üç gösterge arasında en yüksek farka sahip olan gösterge ise [F] Saatmetre’dir. Bu gösterge ile kendisine en yakın anket verisi olan ortalama “önem derecesi” değeri arasında, 2 puan fark bulunmaktadır.

Çizelge 6.30: P13'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Göstergelerin önem derecesi değerleri esas alındığında anlamlı bir örtüşme görülememektedir.</i>	[5]	5	10	0	1	3
		[4]	0	0	0	0	0
		[3]	1	0	0	0	2
		[2]	0	0	0	0	0
		[1]	0	0	0	0	0
Ortalama önem derecesi	<i>Homojen bir dağılım görülmekle birlikte, orta panelde yer alan göstergelerin değerleri daha düşüktür.</i>	[5-4,1]	4	6	0	0	0
		[4-3,1]	2	3	0	1	1
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	1	0	0	1
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Göstergelerin kullanım sıklığı değerleri esas alındığında anlamlı bir örtüşme görülememektedir.</i>	[5]	4	9	0	1	2
		[4]	0	0	0	0	0
		[3]	1	1	0	0	2
		[2]	1	0	0	0	1
		[1]	0	0	0	0	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>Homojen bir dağılım görülmekle birlikte, orta panelde yer alan göstergelerin değerleri daha düşüktür.</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	5	7	0	1	0
		[3-2,1]	1	0	0	0	3
		[2-1]	0	1	0	0	2
Ortalama bütünleşik değer	<i>Homojen bir dağılım görülmekle birlikte, orta panelde yer alan göstergelerin değerleri daha düşüktür.</i>	[5-4,1]	2	5	0	0	0
		[4-3,1]	4	4	0	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	1	0	0	2
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>P13 tarafından oluşturulan tasarım anket verileri sonucunda oluşturulan tasarımlar ile içerik bakımından kısmen örtüşmekte, grupların iç dizimleri ise örtüşmemektedir.</i>						



Şekil 6.29: P13'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

6.2.9 P14 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.9.1 Düzenleme süreci ve bulgular

P14'ün görevli bir askeri pilot olmasından dolayı çalışma görev yaptığı tesiste gerçekleştirilmiştir. Tesis kurallarına göre video çekim yapmak yasak olduğu için çalışma süresince video kaydı yapılamamış sadece çalışma süreci boyunca ara tasarımların ve çalışmanın sonucunda ortaya çıkan tasarımın fotoğrafı çekilmiştir. P14 de çalışmasına öncelikle kendisine verilen gösterge grubunda yer alan gösterge modellerini bir masa üzerinde düzenlemekle başlamıştır. Bu aşamayı müteakip önce seyrüsefer göstergelerini, sistem göstergelerini, manyetik pusulayı ve haberleşme cihazlarını boş panele yerleştirmeye başlamıştır. Katılımcının birkaç defa yapmış olduğu düzenlemeyi gözden geçirerek düzeltmeler, yaptığı da ayrıca gözlemlenmiştir.

P14 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (Şekil 6.30) incelendiği zaman şu noktalar göz çarpmaktadır:

- Manyetik pusula diğer tüm pilotlardan farklı olarak ön panelin üzerine, sol üst köşeye yerleştirilmiştir.
- Seyrüsefer göstergeleri panelin sağ tarafında gruplanarak konumlanmıştır.
- Sistem göstergeleri de panelin orta ve sol bölgelerinde bir grup olarak yerleşmiş olup, motor [S] ve transmisyon [T] yağ sıcaklık/basınç göstergeleri diğer tüm pilotlarda olduğu gibi yan yana konumlanmıştır.
- Elektronik uçuş sistemi olmaları nedeniyle EFIS [O] ve GPSNavcom [N] alt/üst olarak konumlanmıştır.
- EFIS [O] ve yön gayrosu [E] benzer işlevleri yerine getirdikleri için bir birlerini doğrulama özelliği taşıdığı ifade edilmiş bu nedenle yan yana konumlanmıştır.
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom [J], Adf Paneli [L] ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise eğik orta panele yerleştirilmiştir.

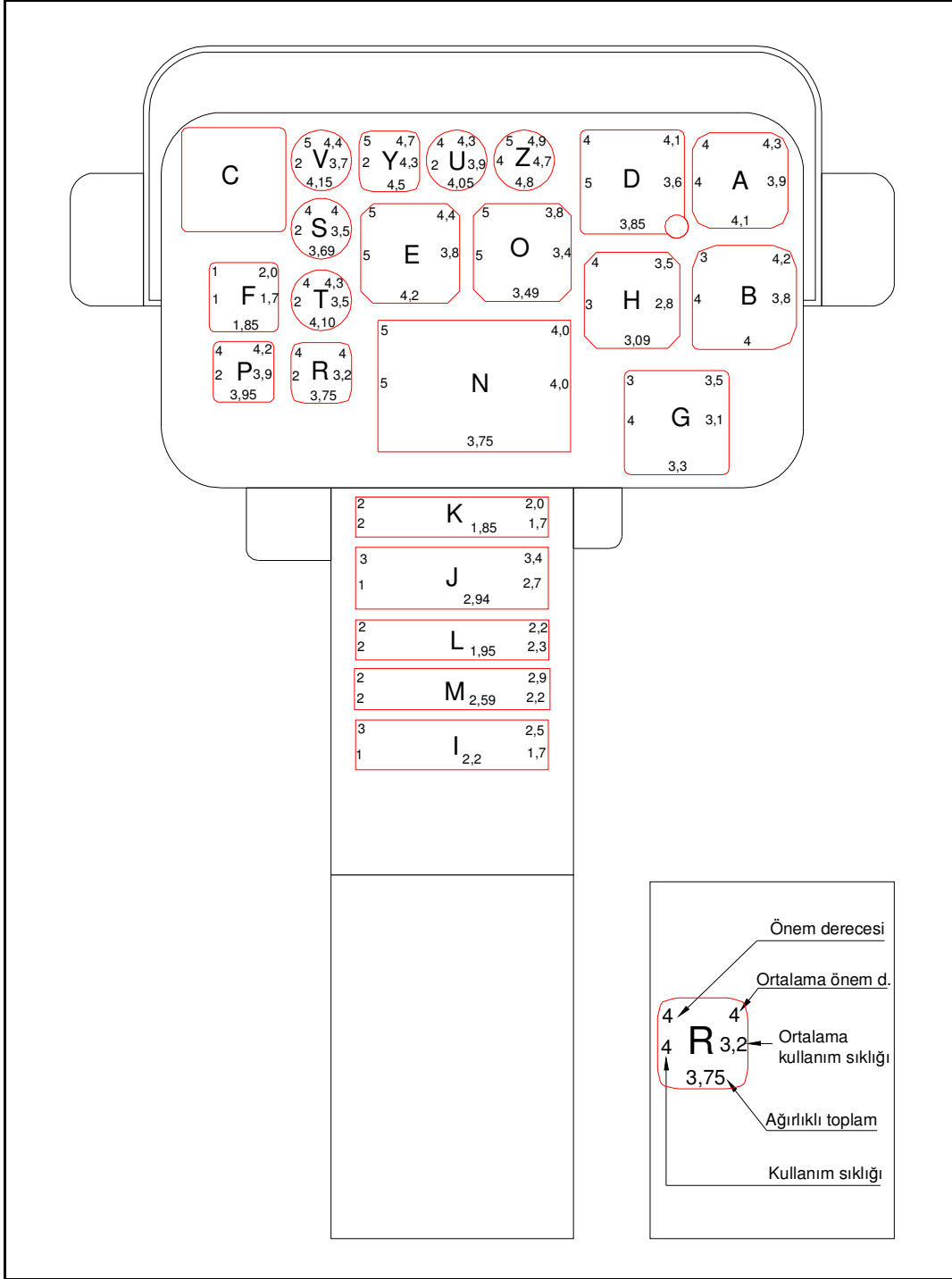


Şekil 6.30: P14'ün yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi

6.2.9.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması

P14 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.31'de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için Çizelge 6.31'de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

Şekil 6.31 ve Çizelge 6.31 incelendiğinde, P14'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinde, anket çalışmasındaki sorulardan elde edilen, “önem derecesi,” “kullanım sıklığı derecesi” ve “ortalama bütünleşik değer derecesi”ne ait verilerin hiç birinin tek başına belirleyici bir rol oynamadığı görülmektedir. Diğer taraftan diğer pilotların yapmış olduğu tasarımlar gibi göstergelerin “işlevsel benzerliği”ni esas alan bir gruplanma şeklinde düzenlediği görülmektedir.



Şekil 6.31: P14'ün yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

Çizelge 6.31: P14'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Pilotun 2.Bölgeye yerleştirmiş olduğu göstergelerini ankette görece olarak daha yüksek puanlandırmıştır. Bu bakımdan ön panel ve orta panel farkı dışında anlamlı bir dağılım bulunmaktadır.</i>	[5]	0	5	1	0	0
		[4]	3	1	4	0	0
		[3]	2	0	0	2	0
		[2]	0	0	0	3	0
		[1]	0	0	1	0	0
Ortalama önem derecesi	<i>Pilotların genel ortalama önem derecesi puanı ile karşılaştırıldığında puan dağılımının anlamlı bir örtüşme içerisinde olmadığı görülmektedir.</i>	[5-4,1]	3	4	3	0	0
		[4-3,1]	2	2	2	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	0	1	1	0
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Kullanım sıklığı bakımından en yüksek puana sahip göstergeler 1. ve 2. Bölge-lerde yerleştirilmiştir. Ayrıca genel olarak paneldeki gösterlerin kullanım sıklığı puanı görece orta paneldekiler-den daha yüksektir.</i>	[5]	1	3	0	0	0
		[4]	3	1	0	0	0
		[3]	1	0	0	0	0
		[2]	0	2	5	3	0
		[1]	0	1	1	2	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>Pilotların genel ortalamalarının kullanım sıklığı derecesi puanı ile karşılaştırıldığında puan dağılımının anlamlı bir örtüşme içerisinde olmadığı görülmektedir.</i>	[5-4,1]	0	2	0	0	0
		[4-3,1]	4	4	5	0	0
		[3-2,1]	1	0	0	3	0
		[2-1]	0	0	1	2	0
Ortalama bütünlük değeri	<i>Genel olarak yapılan tasarım ile değer dağılımı arasında, ön paneldeki göster-lerin açıkça daha yüksek değere sahip olmasının dışında, anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5-4,1]	1	4	2	0	0
		[4-3,1]	4	2	3	0	0
		[3-2,1]	0	0	0	3	0
		[2-1]	0	0	1	2	0
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Anket sonucu ortaya çıkan gösterge gruplamaları ile düşük düzeyde örtüşmekle beraber, grupların geometrisi arasında herhangi bir benzerlik ya da yakınlık bulunmamaktadır.</i>						

Oluşturulan gösterge grupları anket çalışmasında elde edilen grup içerikleri ile kısmen uyuşmakla beraber, bu kısmen uyuşma grupların daha küçük gruplara bölünmesi şeklinde olup, biçimsel olarak algılanabilirlikleri düşüktür. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde ise diğer pilotlarda olduğu gibi [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi birbirleri ile komşu olarak konumlandırılmışlardır. Diğer taraftan tüm pilotlardan farklı olarak P14'ün [C] Manyetik pusulayı ise ön panele yerleştirdiği de görülmektedir.



Şekil 6.32: P14'ün yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

Şekil 6.32’de P14’ün yapmış olduğu tasarımın sayısal değerlerinin tüm pilotların ortalama değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bu çizelgenin yapılmasındaki amaç, P14’ün yapmış olduğu tasarımda hangi ilkelere ne oranda ağırlık verdiğinin analiz edilmesidir. P14’ün yapmış olduğu tasarımda yer alan göstergelerin %47’sinde “kullanım sıklığı derecesi”, %39’unda “önem derecesi” ve %26’sında ise “bütünleşik değer” ilkesinin diğer ilkelere göre daha fazla öne çıktığı görülmektedir. Bölüm 6.2.4’de yer alan işlevsel benzerliğe dayanan gruplar temel alınarak P14’ün tasarımı analiz edildiğinde ise birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda eşit oranlarda “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı derecesi” kavramlarının üçüncü gösterge grubunda ise “kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin öne çıktığı görülmektedir. Genel olarak tüm göstergeler içinde [G] Yunus/yatış göstergesi’nin konumunun ortalama verilerle karşılaştırıldığında en yüksek farka sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca [F] Saatmetre’nin ve [H] Varyo göstergesinin de ortalama anket verileri ile belirgin bir farka sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm göstergelerin her üç kavramdan kendisine en yakın ortalama değere sahip olanla arasındaki fark 1’den azdır.

6.2.10 P15 tarafından gerçekleştirilen düzenleme çalışması

6.2.10.1 Düzenleme süreci ve bulgular

Kâğıt prototipleme çalışmasında P15’in gösterge paneline ilk yerleştirdiği gösterge manyetik pusula [C] olmuştur. Bu işlemi müteakip, pilot seyrüsefer göstergelerinin yerleşim aşamasına geçmiştir. Bu katılımcı çalışma sırasında sesli düşünmeyerek çalışmasını yürütmüş bu süreç boyunca ilk düzenlemenin ardından bazı değişiklikler yaparak panel tasarımını yeniden düzenleyerek tamamlamıştır. Katılımcı diğer taraftan çalışma sırasında helikopter gösterge paneli tasarımının “oturmuş bir düzen” olduğunu belirtmiştir. Bu ifade de araştırmacının da belirttiği üzere bu çalışmanın karşılaştığı sistemden kaynaklanan zorluklara işaret etmektedir. P15 tarafından prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan panel tasarımı (şekil 6.33) incelendiği zaman şu noktalar göz çarpmaktadır:

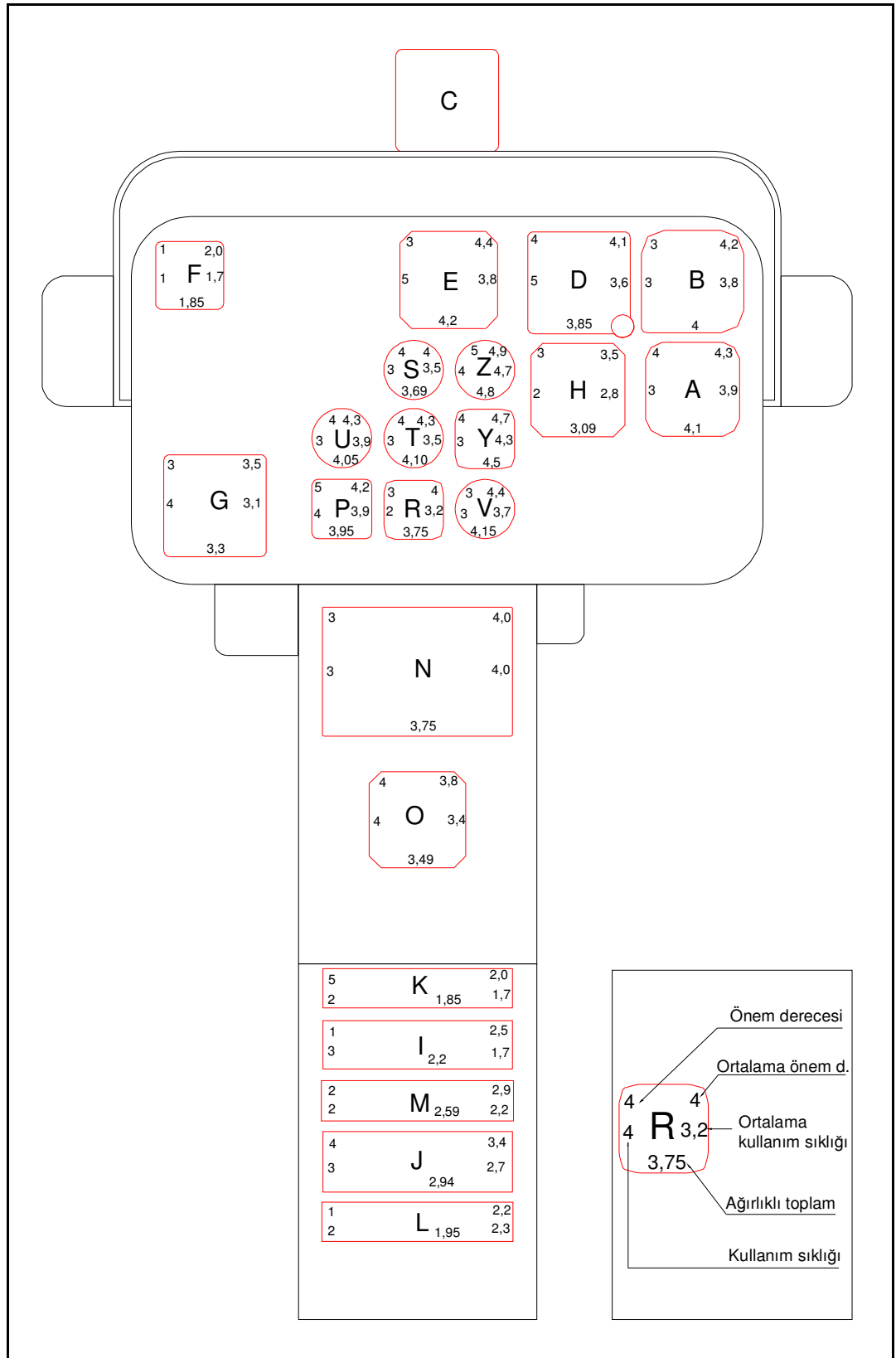
- Seyrüsefer göstergelerinden dört tanesi (hava hızı göstergesi [A], altimetre [B], durum göstergesi [D], varyo göstergesi [H]) gösterge panelinin sağ tarafında gruplanmıştır. Yön gayrosu [E] ve yunus/yatış göstergesi [G], her ikisi de seyrüsefer göstergesi oldukları halde, diğer gruptan ayrı olarak

bağımsız konumlanmış olup, özellikle yunus/yatış göstergesi [G] pilottan uzak bir noktaya yerleştirilmiştir.

- Sistem göstergeleri panelin orta bölgesine yerleştirilmiş olup, bu grup içerisinde motor [S] ve transmisyon [T] yağ sıcaklık/basınç göstergeleri diğer tüm pilotlarda olduğu gibi üst/alt olarak konumlanmıştır.
- Manyetik pusulanın ön panelin üzerinde ön cam dikmesi hizasında bulunması pilot tarafından tercih edilmiştir.
- GPS Navcom [N]ve EFIS [O] iki elektronik uçuş cihazı olarak alt/üst olarak eğik orta panelde yer almaktadır.
- Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom [J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise yatay orta panele yerleştirilmiştir.
- Torkmetre [Z] gösterge panelinin merkez noktasında yer almaktadır. Bu gösterge anket çalışmasında pilotlar gerek “önem” gerekse “kullanım sıklığı” ilkeleri bakımından en yüksek ortalama değere sahiptir.



Şekil 6.33: P15’in yapmış olduğu kağıt prototipleme çalışması sonucunda ortaya çıkan gösterge paneli düzenlemesi



Şekil 6.34: P15'in yapmış olduğu gösterge paneli düzenlemesinin kodlanmış ve anket değerleri işlenmiş çizimi

6.2.10.2 Bulguların ankete verilen cevaplar ile karşılaştırılması/analiz

P15 tarafından yapılmış olan gösterge paneli tasarımının kodlanmış ve anket verileri işlenmiş çizimi Şekil 6.34’de görülmektedir. Yapılan tasarımın anket verileri temel alınarak analiz edilebilmesi için Çizelge 6.32’de yer alan analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgede göstergelerin her birinin üzerinde yer alan beş anket verisi için birer analiz satırı ve ayrıca anketlerde oluşturulan işlevsel benzerliğe dayanan gruplamalar için bir analiz satırı yer almaktadır.

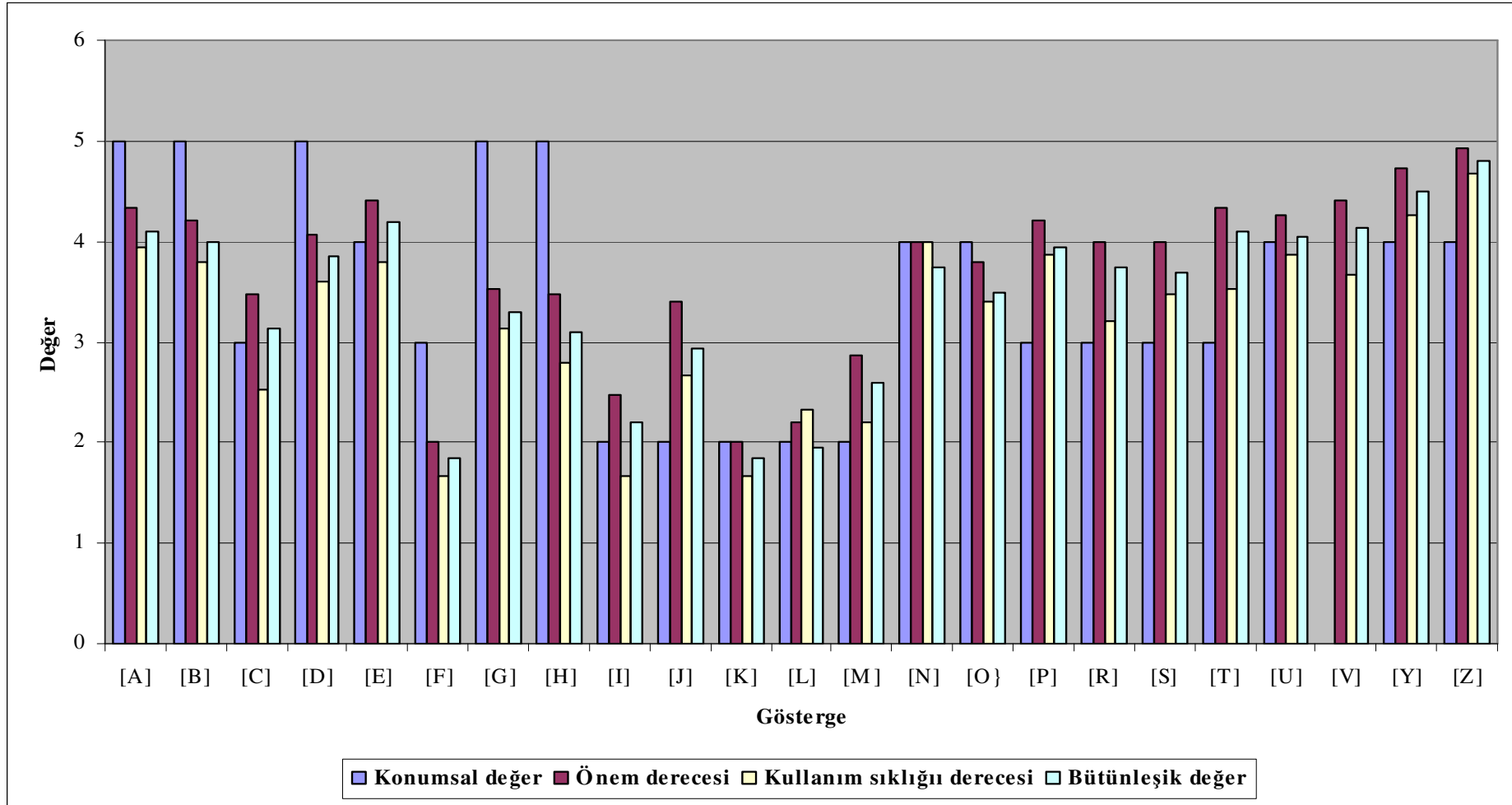
Şekil 6.34 ve Çizelge 6.32 incelendiğinde P15’in yapmış olduğu gösterge paneli tasarımında, anket çalışmasında eldilen, “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “ortalama bütünleşik değer” verileri ile genel yerleşme mantığı açısından herhangi bir anlamlı örtüşme içerisinde olmadığı görülmektedir. Seyrüsefer gösterge grubu içerisinde ise diğer pilotlarda olduğu gibi [A] Hava hızı göstergesi, [B] Yükseklik göstergesi ve [H] Varyo göstergesi birbirleri ile komşu olarak konumlanmışlardır. Diğer taraftan ön paneldeki gösterge grupları biçimsel olarak ele alındığı zaman kısmen kolay algılanabilir bir yapıda olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.35’de ise P15’in yapmış olduğu tasarımın sayısal değerlerinin tüm pilotların ortalama değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bu çizelgenin yapılmasındaki amaç P15’in yapmış olduğu tasarımda hangi ilkelere ne oranda ağırlık verdiğinin analiz edilmesidir. P15’in yapmış olduğu tasarımda yer alan göstergelerin %43’ünde “kullanım sıklığı derecesi” ilkesi, %39’unda “önem derecesi” ilkesi ve %21’inde ise “bütünleşik değer” ilkesinin diğer ilkelere göre daha öne çıktığı görülmektedir. Bölüm 6.2.4’de yer alan işlevsel benzerliğe dayanan gruplar temel alındığında P15’in tasarımı analiz edildiği zaman; birinci gösterge grubunda “önem derecesi” ilkesinin, ikinci gösterge grubunda eşit oranda “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin üçüncü gösterge grubunda ise “kullanım sıklığı derecesi” ilkesinin öne çıktığı görülmektedir.

Genel olarak tüm göstergeler içinde [H] Varyo göstergesinin konumunun ortalama verilerle en yüksek farka sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca [G] Yunus/yatış göstergesi ve [F] Saatmetre’nin ortalama anket verileri ile belirgin bir farka sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm göstergelerin her üç kavramdan kendisine en yakın ortalama değere sahip olanla arasındaki fark 1’den azdır.

Çizelge 6.32: P15'e ait düzenlemenin anket verileri ile karşılaştırmalı analizi

İncelenen ilke	Genel analiz ve yorum	Verilen puan / aralık	Puanların paneldeki bölgelere göre dağılımı				
			1	2	3	4	5
Önem derecesi	<i>Sistem göstergelerinin seyrüsefer göstergelerine göre daha yüksek bir puana sahip olduğu görülmektedir. Önem derecesi ile pilota yakınlık arasında doğru bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5]	0	2	0	0	1
		[4]	1	4	0	1	1
		[3]	2	3	1	1	0
		[2]	1	0	0	0	1
		[1]	0	0	1	0	2
Ortalama önem derecesi	<i>P15'in gösterge yerleşimi ortalama değerler temel alındığında kendi değerlerine oransal görece daha homojen bir dağılım içerisindedir.</i>	[5-4,1]	3	7	0	0	0
		[4-3,1]	2	2	1	2	1
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	0	1	0	1
Kullanım sıklığı derecesi	<i>Kullanım sıklığı açısından P15 göstergeleri ön ve orta panellere, homojen olarak dağıtmıştır. Ancak kullanım sıklığı derecesi ile pilota yakınlık arasında doğru bir ilişki bulunmamaktadır.</i>	[5]	1	1	0	0	0
		[4]	0	2	1	1	0
		[3]	2	5	0	1	2
		[2]	1	1	0	0	3
		[1]	0	0	1	0	0
Ortalama kullanım sıklığı derecesi	<i>P15'in gösterge yerleşimi ortalama değerler temel alındığında kendi değerlerine oransal görece daha homojen bir dağılım içerisindedir.</i>	[5-4,1]	3	7	0	0	0
		[4-3,1]	1	2	1	1	0
		[3-2,1]	0	0	0	1	3
		[2-1]	0	0	1	0	2
Ortalama bütünlük değeri	<i>Göstergelerin ön panel ve orta panelde, homojen bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Görece ortalama dağılım açısından ön panel en yüksek, orta eğik panel orta ve orta yatay panel ise en düşük dağılıma sahiptir.</i>	[5-4,1]	1	6	0	0	0
		[4-3,1]	3	3	1	2	0
		[3-2,1]	0	0	0	0	3
		[2-1]	0	0	1	0	2
İşlevsel gruplamalar ile örtüşme	<i>Gösterge grupları içerik bakımından anket verileri ile örtüşürken, grupların ve grup içlerindeki göstergelerin yerleşimi anket sonucunda elde edilen tasarımlarla bir örtüşme içerisinde değildir.</i>						



Şekil 6.35: P15'in yapmış olduğu gösterge panelinin anket verileri ile karşılaştırması

6.2.11 Çalışmaya katılan pilotların uçuş deneyimleri ve panel düzenlemeleri arasındaki ilişkiler

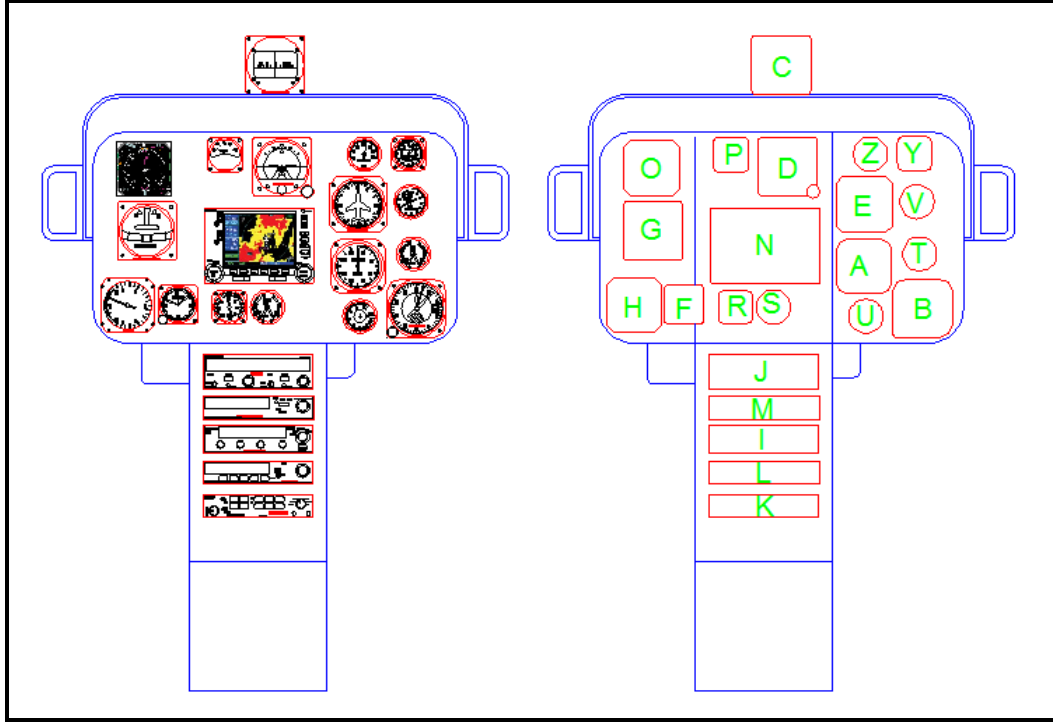
Pilotların yapmış oldukları kağıt prototipleme çalışmalarında, 20 Yıl ve üzerinde uçuş tecrübesine sahip pilotların (5 pilot) gösterge panelinin 5ci Bölgesini kullanmadıkları; 0-19 yıl arası uçuş tecrübesine sahip 4 pilotun bu bölgeye gösterge yerleştirdiği görülmüştür. Diğer taraftan 0-19 yıl arası uçuş tecrübesine sahip sadece 1 pilot ise 5. bölgeye gösterge yerleştirmemiştir. Bu pilot aynı zamanda 0-19 yıl arası uçuş tecrübesine sahip pilotlar içerisinde en deneyimlisidir. Bu temel düzenleme yaklaşımı dışında ise pilotların uçuş deneyimleri ile göstergelerin paneldeki konumlanmaları arasında herhangi bir ilişki göze bulunmamaktadır.

6.3 Anket Verileri Esas Alınarak Yapılan Gösterge Paneli Düzenlemeleri

6.3.1 Önem ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi

Bu aşamada, anket çalışmasına katılan 15 helikopter pilotunun anketin 8. sorusuna vermiş oldukları sayısal cevaplar temel alınmıştır. Bu soru pilotlara; *“Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “önem” açısından puanlar mısınız? [1-en az önemli; 5-en önemli]”*; şeklinde yöneltilmiştir. Arayüz bileşenlerinin düzenlemesinde “önem ilkesi” önemli eleman ve parçaların en uygun ve elverişli konumlara yerleştirilmesi gerektiği olarak tanımlanmıştır (Sanders M., McCormick S., 1993). Burada elverişlilik araştırmacı tarafından rahat görülebilirlik olarak ele alınmıştır. Bir başka deyişle en önemli göstergeler pilot tarafından minimum göz ve baş hareketi yaparak okunabilmelidir.

Orta konsola yerleştirilecek göstergeler olarak tanımlanan Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom[J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise yine anket çalışmasındaki ortalama puanları göz önüne alınarak orta konsola araştırmacı tarafından yerleştirilmiştir. Bu aşamada ise bu göstergelerden en yüksek önem derecesine sahip olan gösterge, pilotun ya da yardımcı pilotun görece minimum göz ve baş hareketi ile okuyabileceği nokta olan orta konsolun en üst noktasına yerleştirilmiş diğer göstergeler ise bu aşağı doğru aynı sırada konumlanarak orta konsol düzenini oluşturmuşlardır. Bu metot kullanılarak araştırmacı tarafından tasarlanan gösterge paneli Şekil 6.36’de görülmektedir.

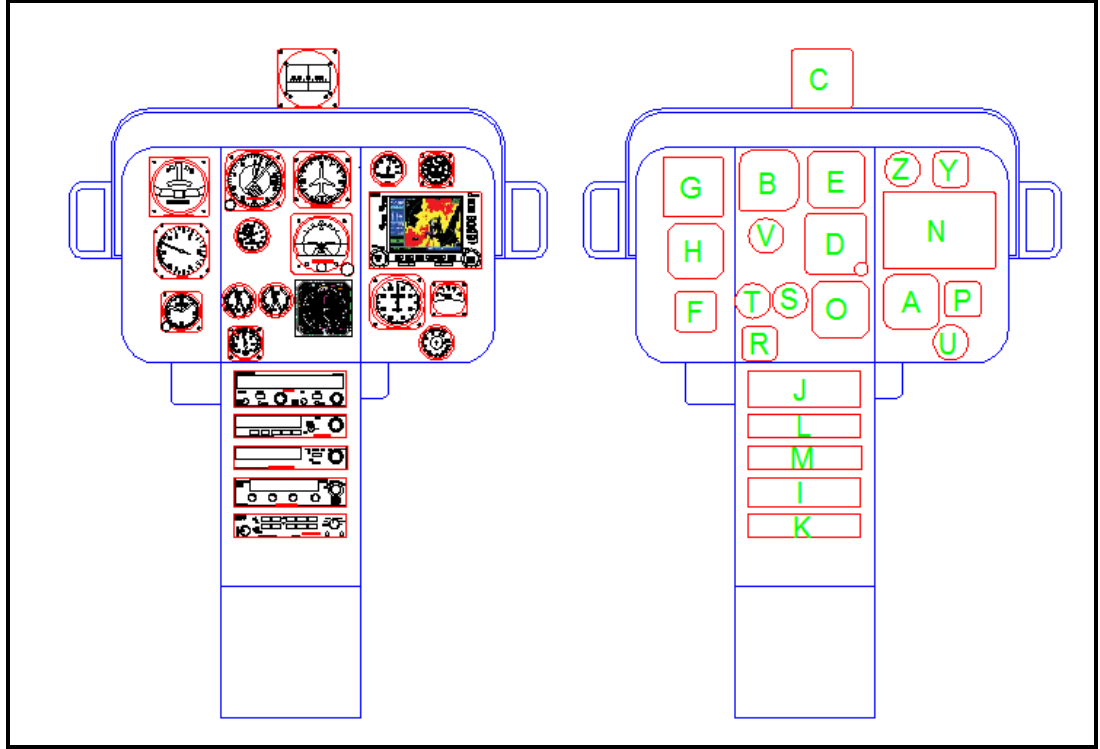


Şekil 6.36: Anket çalışmasında “önem derecesi” kriterine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı

6.3.2 Kullanım sıklığı ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi

Bu aşamada, anket çalışmasına katılan 15 helikopter pilotunun anketin 9. sorusuna vermiş oldukları sayısal cevaplar temel alınmıştır. Bu soru pilotlara; “Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “kullanım sıklığı” açısından puanlar mısınız? [1-en az önemli; 5-en önemli]”; şeklinde yöneltilmiştir. Arayüz bileşenlerinin düzenlemesinde “kullanım sıklığı”, kullanıcı tarafından en sık olarak kullanılan eleman ve parçaların en uygun ve elverişli konumlara yerleştirilmesi gerektiği olarak tanımlanmıştır (Sanders M., McCormick S., 1993). Burada elverişlilik araştırmacı tarafından rahat görülebilirlik olarak ele alınmıştır. Bir başka deyişle en sık kullanılan ya da bir başka deyişle bakılan göstergeler pilot tarafından minimum göz ve baş hareketi yaparak okunabilmelidir. Çalışmanın bu bölümünde göstergeler, gösterge paneline Bölüm 5.2 de açıklanan ve Şekil 5.7’de gösterilen sistematik çerçevesinde yerleştirilmiştir.

Orta konsola yerleştirilecek göstergeler olarak tanımlanan Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom[J], Adf Paneli [L] Ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise yine anket çalışmasındaki kullanım sıklığı derecesine ait ortalama puanları göz önüne alınarak orta konsola araştırmacı tarafından yerleştirilmiştir.



Şekil 6.37: Anket çalışmasında “kullanım sıklığı” kriterine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı

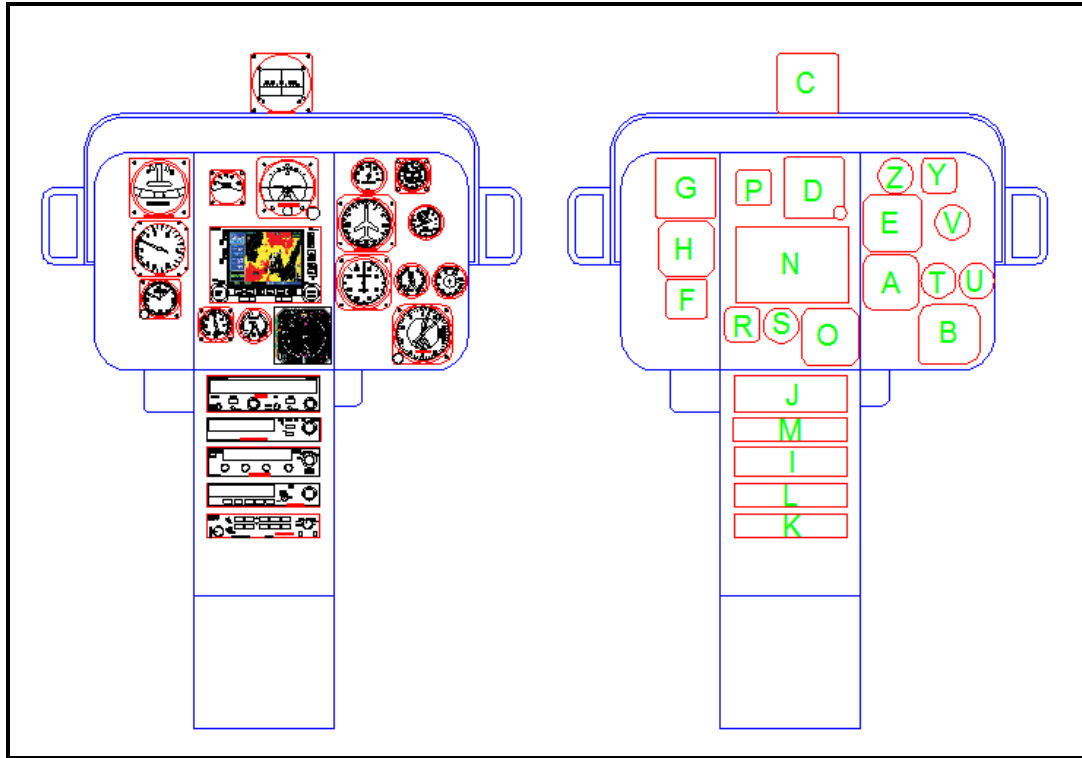
Bu aşamada ise bu göstergelerden en yüksek kullanım sıklığı derecesine sahip olan gösterge, pilotun ya da yardımcı pilotun görece minimum göz ve baş hareketi ile okuyabileceği nokta olan orta konsolun en üst noktasına yerleştirilmiş diğer göstergeler ise bu aşağı doğru aynı sırada konumlanarak orta konsol düzenini oluşturmuşlardır. Bu metot kullanılarak araştırmacı tarafından tasarlanan gösterge paneli Şekil 6.37’de görülmektedir.

6.3.3 Bütünleşik değerler esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemesi

Çalışmanın bu aşamasında “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı” ilkelerinin birlikte ele alınarak her bir gösterge için bütünleştirilmiş bir değere ulaşılmıştır. Bu bütünleştirilmiş değerler Çizelge 6.20’de görülmektedir. Bu değerler kullanılarak hem “önem derecesi” hem de “kullanım sıklığı” ilkelerini bütünleştirilmiş olarak ifade edecek bir gösterge paneli tasarımına ulaşmak amaçlanmıştır. Burada “önem derecesi” ilkesi ve “kullanım sıklığı” ilkelerinden yola çıkılarak yapılan tasarımlardaki göstergeler Çizelge 6.24’deki bütünleştirilmiş değerleri göz önüne alınarak gösterge paneline yerleştirilmiştir.

En yüksek “bütünleştirilmiş toplam değer”e sahip göstergenin pilotun en rahat görebileceği ve minimum göz ve baş hareketi gerektiren noktaya konması esas

alınmıştır. Pilotun en rahat bir biçimde göreceği nokta gösterge panelinin ön panel kısmında yer alan birinci bölgenin sol üst köşesidir. Bundan dolayı bu nokta, önceki aşamalarda düzenlenen gösterge panellerinde olduğu gibi, araştırmacı tarafından en yüksek bütünleştirilmiş bütünleşik değere sahip göstergenin yerleştirilmesi gereken nokta olarak tanımlanmıştır. İkinci en yüksek değere sahip gösterge ise en yüksek değere sahip göstergenin altına yerleştirilmiş ve işlem bu şekilde tekrarlanarak ön panele yerleştirilecek olan göstergeler anket çalışmasındaki ortalama puanları dikkate alınarak bu alana yerleştirilmişlerdir. Yukarıdan aşağı doğru yapılan bu yerleştirmede bir “sütun” meydana geldiği noktada “yan sütunun” oluşturulması aşamasına geçilmiştir. Bu şekilde göstergeler sütunlar halinde öne panele araştırmacı tarafından yerleştirilmiştir.



Şekil 6.38: Anket çalışmasında bütünleşik değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı

Orta konsola yerleştirilecek göstergeler olarak tanımlanan Ses Paneli [K], Transponder [I], Navcom[J], Adf Paneli [L] ve Mesafe Ölçüm Cihazı [M] ise yine anket çalışmasındaki bütünleşik değerlerine ait ortalama puanları göz önüne alınarak orta konsola araştırmacı tarafından yerleştirilmiştir. Bu aşamada bu göstergelerden en yüksek bütünleşik değere sahip olan göstergeler, pilotun ya da yardımcı pilotun görece minimum göz ve baş hareketi ile okuyabileceği nokta olan orta konsolun en

üst noktasına yerleştirilmiş diğer göstergeler ise bu aşağı doğru aynı sırada konumlanarak orta konsol düzenini oluşturmuşlardır. Bu metot kullanılarak tasarlanan gösterge paneli Şekil 6.38’de görülmektedir.

6.3.4 İşlevsel benzerlik ilkesi esas alınarak yapılan gösterge paneli düzenlemeleri

Çalışmanın bu aşamasında, ankette pilotlara yöneltilen işlevsel benzerlik ilkesi doğrultusunda alınan cevaplar temel alınarak bir gösterge paneli oluşturulmaya çalışılmıştır. Soru ankette pilotlara “Bu göstergelerden, (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, birbirine yakın olması gereken göstergeleri işlev bakımından gruplayınız. Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi harf kodlarını kullanınız” şeklinde yöneltilmiştir. Pilotlar bu soruya cevap olarak göstergeleri tercih ettikleri biçimde gruplamışlardır. Anket çalışmasında elde edilen ham veriler 6.1.3. bölümde ele alınmış olup bu veriler daha sonra yeniden düzenlenerek 6.1.4. bölümde yeniden düzenlenmiştir. Bu bölümdeki veriler yeniden yorumlanarak her bir gösterge grubu için işlevsel benzerlik matrisleri elde edilmiştir. Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.15’de yer alan işlevsel benzerlik gruplarına ait matrislerdeki her bir göstergenin diğer göstergelerle olan eşleşme toplamaları dikkate alınarak nihai gösterge grupları elde edilmiştir. İşlevsel benzerliğe dayanan gösterge grupları Şekil 5.8’de yer alan metot temel alarak elde edilmiştir. Şekil 5.8’de gösterilen gösterge grubu oluşturma metodu her matris için uygulanmış olup, bu işlemin sonucunda üç gösterge grubu elde edilmiştir. Bu gruplar şu göstergelerden meydana gelmektedir:

Birinci gösterge grubu:

- [A] Hava hızı göstergesi
- [B] Yükseklik göstergesi
- [D] İrtifa göstergesi
- [H] Varyo göstergesi
- [E] Yön gayrosu
- [G] Yunus/Yatış göstergesi

İkinci gösterge grubu:

- [O] Elektronik uçuş enformasyon sistemi/EFIS
- [M] Mesafe ölçüm cihazı

- [N] GPS Navcom
- [L] Otomatik yön bulucu
- [K] Ses paneli, marker alıcı
- [J] Navcom
- [I] Transponder

Üçüncü gösterge grubu:

- [Z] Torkmetre
- [Y] Rotor/Türbin takometresi
- [V] Gaz üretici göstergesi
- [U] Gaz sıcaklığı göstergesi
- [T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi
- [S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi
- [R] Yakıt basıncı göstergesi
- [P] Yakıt göstergesi

Diğer göstergelerin oluşturduğu manyetik alanlardan etkilenmemesi açısından Manyetik Pusula [C]'nin ayrı bir konumda konumlandırılması gerekmektedir. Bu bakımdan Manyetik Pusula [V] her ne kadar bazı pilotlar tarafından anket çalışmasında bir gruba dahil edildiyse de yukarıda oluşturulan gösterge gruplarından bir tanesinin içerisine yerleştirilmemiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan göstergelerden [F] Saatmetre'nin ise anket çalışmasında ve bu çalışmanın değerlendirme ve analiz aşamalarında pilotlar tarafından herhangi bir gruba dahil edilmediği görülmüştür. Bu bakımdan işlevsel benzerlik verilerine dayanan gösterge paneli tasarımlarında [F] Saatmetre tekil olarak, gösterge gruplarının yerleştirilmesinden sonra en rahat okunabileceği konuma yerleştirilmiştir.

Diğer taraftan, “önem derecesi” ve kullanım sıklığı” ilkelerinden farklı olarak, McCormick ve Sanders (1993) “işlevsel benzerlik” ilkesinin daha genel ölçekteki düzenlemeler için kullanılabileceğini belirtmektedir. Göstergeler genel olarak işlevsel benzerliğe dayanarak gruplar oluştururken bu grupların içeriği de “önem derecesi”, “kullanım sıklığı” ilkelerine dayanarak düzenlenmelidir. Sadece “işlevsel benzerlik” ilkesini temel alan bir gruplama tamamlanmamış bir çalışma olacaktır. Diğer bir deyişle “işlevsel benzerlik” ilkesi diğer bir ilke ile beraber iki aşamalı bir süreçte uygulanmalıdır. Bu sebeple, çalışmanın bu aşamasında “işlevsel benzerlik” ilkesine dayanan üç farklı gösterge paneli tasarımı elde edilmiştir. Bu tasarımların

her biri tasarımın ikinci aşaması olarak “önem derecesi”, kullanım sıklığı” ve “bütünleşik değerler” ilkelerinin pilotlar tarafından ankete verilen cevapların ortalamaları kullanılarak elde edilmiştir.

6.3.4.1 İşlevsel benzerlik ve önem derecesi ilkelerini temel alan gösterge paneli düzenlemesi

Burada gösterge panelinin tasarımını meydana getiren işlevsel benzerlik ilkesine dayanan gösterge grupları içerisindeki her gösterge kendi ortalama “önem derecesi” değeri dikkate alınarak yerleştirilmiştir. Öncelikle gösterge grupları oluşturulurken işlevsel benzerlik matrislerindeki değerler göz önünde bulundurulmuştur. Pilotlardan ankette yer alan 10. soruya verilen cevaplar sonucunda Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.15’de yer alan dört gruba ait matris elde edilmiştir. Daha sonra Çizelge 6.9’da yer alan eşleşme sayısı sütunundaki verilere göre göstergeler büyükten küçüğe doğru sıralanmış, ortalama değer üzerindeki göstergeler birinci gösterge grubu olarak kabul edilmiştir. Bu işlem sırası ile Çizelge 6.11, Çizelge. 13 ve Çizelge 6.15’de yer alan veriler için tekrar edilmiş ve diğer gösterge grupları elde edilmiştir. Sonraki aşamada her bir grup içerisinde yer alan göstergelerin Çizelge 6.1’de yer alan “ortalama önem derecesi” değerleri toplanarak her bir grubun önem derecesi toplamı elde edilmiştir. Önem derecesi en yüksek olan grup pilota en yakın olarak konumlandırılması gereken grup olarak ele alınmıştır. Bu sürecin sonucu olarak ortaya çıkan gösterge paneli tasarım Şekil 6.39’da görülmektedir.

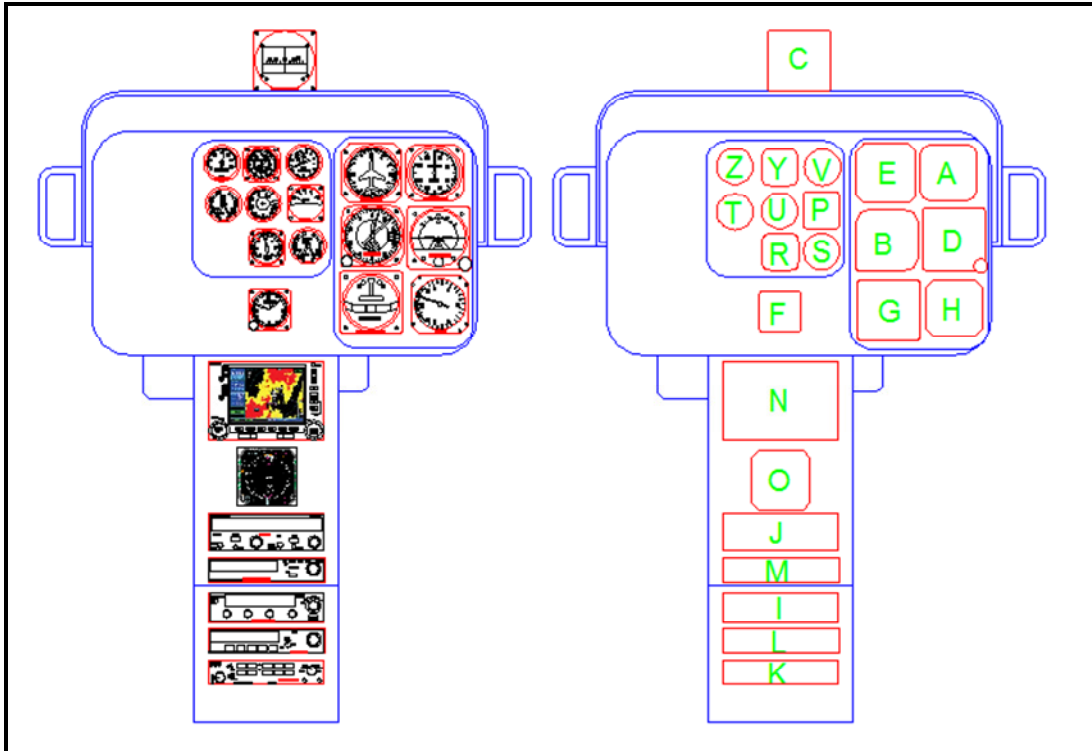
Göstergelerin Çizelge 6.1’de yer alan önem derecelerine ait ortalama değerler toplandığında, gösterge gruplarının toplam değerleri şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:

Birinci gösterge grubu	28,7
İkinci gösterge grubu	20,7
Üçüncü gösterge grubu	30,1

Ancak burada ortalama önem derecesi toplamı ikinci en yüksek olarak çıkan grupta yer alan göstergeler, kâğıt prototipleme çalışması sırasında, tüm pilotlar tarafından kendilerine en yakın olarak göstergelerin konumlanmasını tercih edildiği açıkça belirtilmiştir. Bu bakımdan pilotların yerleşim tercihinine dayanan sözlü ifadeleri araştırmacı tarafından esas alınmış olup, grupların genel yerleşimleri bu ifade temel alınarak yapılmıştır. Daha sonra “ortalama önem derecesi” değeri en yüksek olan

göstergelere ait olduğu grupta pilota en yakın nokta olan sağ üst noktaya konumlandırılmış, “ortalama önem derecesi” değeri bakımından ikinci olan gösterge ise bir önceki göstergenin altına konumlandırılmıştır. Her bir gösterge grubunda yer alan göstergelerin önem dereceleri büyükten küçüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır:

Birinci gösterge grubu	[E]; [A]; [B]; [D]; [G]; [H]
İkinci gösterge grubu	[N]; [O]; [J]; [M]; [I]; [L]; [K]
Üçüncü gösterge grubu	[Z]; [Y]; [V]; [T]; [U]; [P]; [R]; [S]



Şekil 6.39: Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “önem derecesi” ilkelerine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli düzenlemesi

6.3.4.2 İşlevsel benzerlik ve kullanım sıklığı ilkelerini temel alan gösterge paneli düzenlemesi

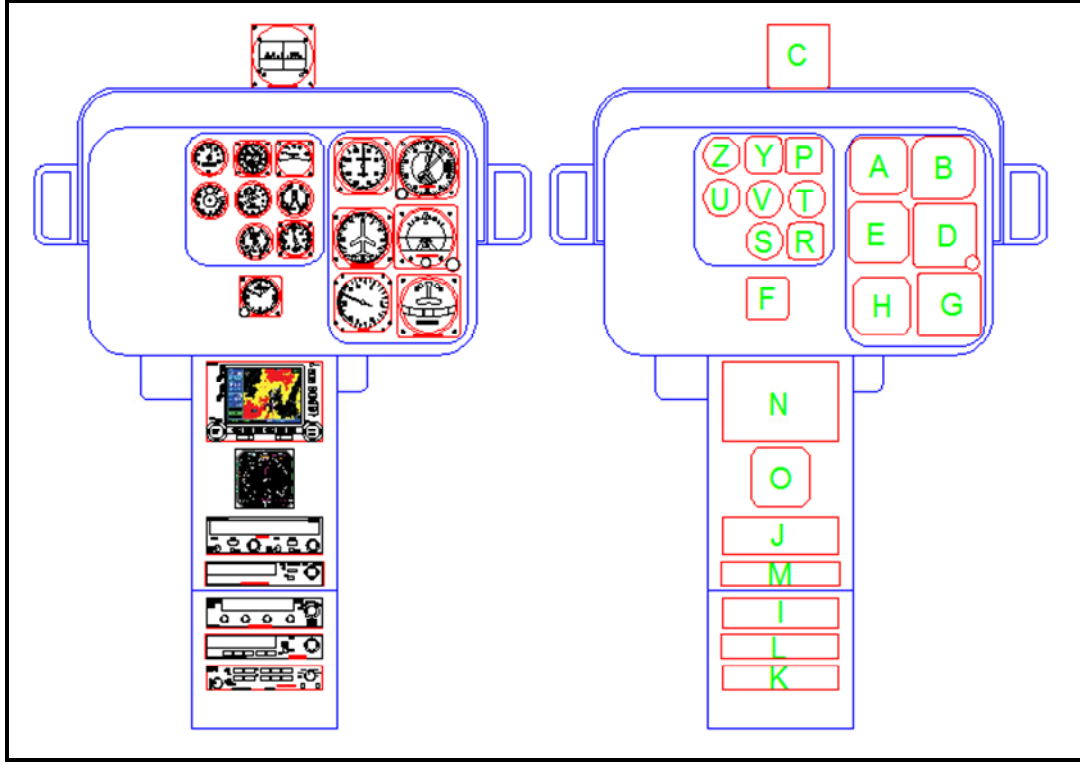
Burada gösterge panelinin tasarımını meydana getiren işlevsel benzerlik ilkesine dayanan gösterge grupları içerisindeki her gösterge kendi ortalama “kullanım sıklığı” değeri dikkate alınarak yerleştirilmiştir. Gösterge grupları oluşturulurken işlevsel benzerlik matrislerindeki değerler göz önünde bulundurulmuştur. Pilotlardan ankette yer alan 10.soruya verilen cevaplar sonucunda Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge. 13 ve Çizelge 6.15’de yer alan dört gruba ait matris elde edilmiştir. Daha sonra Çizelge

6.19’da yer alan eşleşme sayısı sütunundaki verilere göre göstergeler büyükten küçüğe doğru sıralanmış, ortalama değerin üzerindeki göstergeler birinci gösterge grubu olarak kabul edilmiştir. Bu işlem sırası ile Çizelge 6.11, Çizelge. 13 ve Çizelge 6.15’de yer alan veriler için tekrar edilmiş ve diğer gösterge grupları elde edilmiştir. Sonraki aşamada her bir grup içerisinde yer alan göstergelerin Çizelge 6.2’de yer alan “ortalama kullanım sıklığı” değerleri toplanarak her bir grubun toplam kullanım sıklığı değeri elde edilmiştir. Kullanım sıklığı derecesi en yüksek olan grup pilota en yakın olarak konumlandırılması gereken grup olarak ele alınmıştır. Göstergelerin Çizelge 6.2’de yer alan kullanım sıklığı derecelerine ait ortalama değerler toplandığında, gösterge gruplarının toplam değerleri şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:

Birinci gösterge grubu	25,33
İkinci gösterge grubu	15,6
Üçüncü gösterge grubu	28,6

Ancak burada da, bir önceki bölümde olduğu gibi, kullanım sıklığı derecesi toplamı ikinci en yüksek olarak çıkan grupta yer alan göstergeler, kâğıt prototipleme çalışması esnasında, tüm pilotlar tarafından kendilerine en yakın olarak konumlanmasını tercih edildiği açıkça belirtilmiştir. Bu bakımdan pilotların yerleşim tercihine dayanan sözlü ifadeleri araştırmacı tarafından esas alınmış olup, grupların genel yerleşimleri bu ifade temel alınarak yapılmıştır. Bu sürecin sonucu olarak ortaya çıkan gösterge paneli tasarımı Şekil 6.40’de görülmektedir. Daha sonra “ortalama kullanım sıklığı değeri” değeri en yüksek olan gösterge ait olduğu grupta pilota en yakın nokta olan sağ üst noktaya konumlandırılmış, “ortalama kullanım sıklığı” değeri bakımından ikinci olan gösterge ise bir önceki göstergenin altına konumlandırılmıştır. Her bir gösterge grubunda yer alan göstergelerin kullanım sıklığı dereceleri büyükten küçüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır:

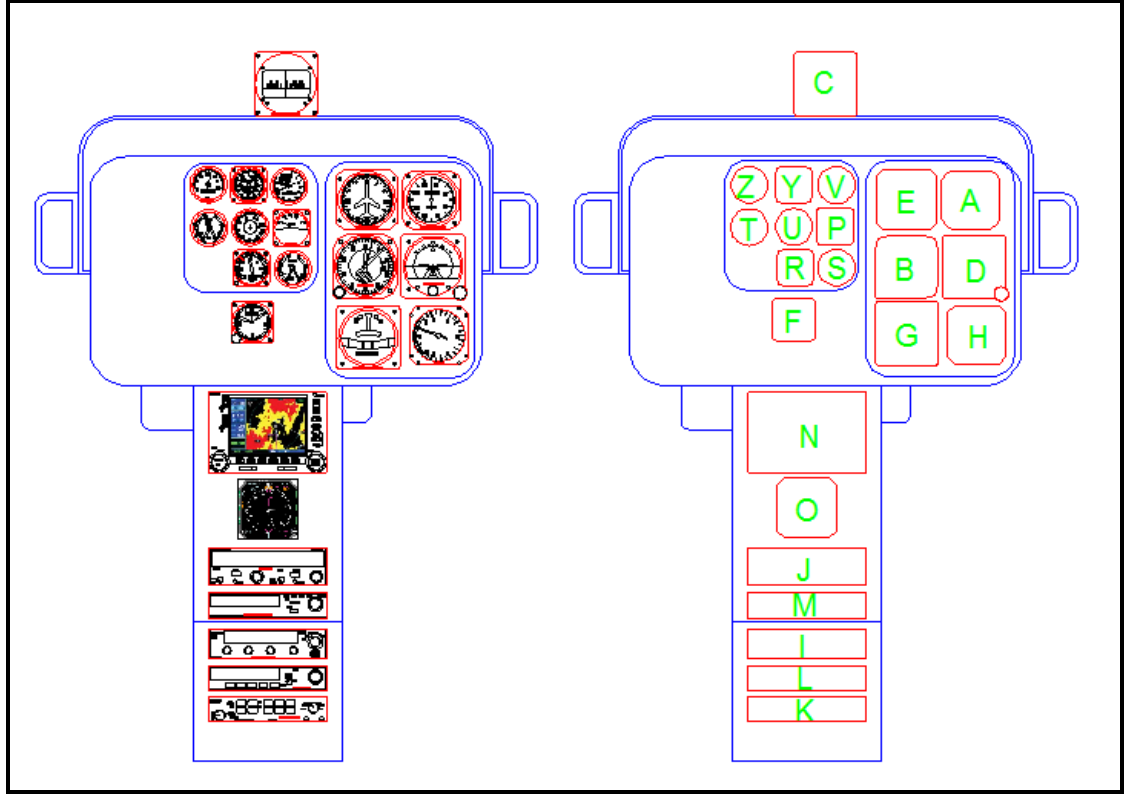
Birinci gösterge grubu	[A]; [B]; [E]; [D]; [G]; [H]
İkinci gösterge grubu	[N]; [O]; [J]; [L]; [M]; [I]; [K]
Üçüncü gösterge grubu	[Z]; [Y]; [P]; [U]; [V]; [T]; [S]; [R]



Şekil 6.40: Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “kullanım sıklığı” ilkelerin ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı

6.3.4.3 İşlevsel benzerlik ve bütünleşik değerleri temel alan gösterge paneli düzenlemesi

İşlevsel benzerliğe dayanan gruplamaları temel alan tasarım çalışmasının son aşamasında gösterge panelinin genel yerleşimini meydana getiren gösterge grupları içerisindeki her gösterge grubu kendi ortalama “bütünleşik değeri” dikkate alınarak yerleştirilmiştir. Öncelikle gösterge grupları oluşturulurken işlevsel benzerlik matrislerindeki değerler göz önünde bulundurulmuştur. Pilotlardan ankette yer alan 10.soruya verilen cevaplar sonucunda Çizelge 6.9, Çizelge 6.11, Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.15’de yer alan dört gruba ait matris elde edilmiştir. Daha sonra Çizelge 6.19’de yer alan eşleşme sayısı sütunundaki verilere göre göstergeler büyükten küçüğe doğru sıralanmış, ortalama değer üzerindeki göstergeler birinci gösterge grubu olarak kabul edilmiştir. Bu işlem sırası ile Çizelge 6.11, Çizelge. 13 ve Çizelge 6.15’de yer alan veriler için tekrar edilmiş ve diğer gösterge grupları elde edilmiştir. Sonraki aşamada her bir grup içerisinde yer alan göstergelerin Çizelge 6.20’de yer alan “ortalama bütünleşik değeri” toplanarak her bir grubun bütünleşik değer derecesi toplamı elde edilmiştir. Ağırlıklı toplam derecesi en yüksek olan grup pilota en yakın olarak konumlandırılması gereken grup olarak ele alınmıştır.



Şekil 6.41: Anket çalışmasında “işlevsel benzerlik” ve “bütünleşik değer” ilkelerine ait elde edilen değerler temel alınarak elde edilen gösterge paneli tasarımı

İşlevsel benzerlik başlığı altındaki diğer iki tasarım sürecinde olduğu gibi burada da da bütünleşik değer toplamı ikinci en yüksek olarak çıkan grupta yer alan göstergeler, kağıt prototipleme çalışması esnasında, tüm pilotlar tarafından kendilerine en yakın olarak konumlanmasını tercih edildiği açıkça belirtilmiştir. Bu bakımdan pilotların yerleşim tercihinine dayanan sözlü ifadeleri araştırmacı tarafından esas alınmış olup, grupların genel yerleşimleri bu ifade temel alınarak yapılmıştır. Göstergelerin Çizelge 6.20’de yer alan “bütünleşik değerlerine” ait ortalama değerler toplandığında, gösterge gruplarının toplam değerleri şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:

Birinci gösterge grubu	22,54
İkinci gösterge grubu	18,77
Üçüncü gösterge grubu	32,99

Daha sonra “ortalama bütünleşik değer” en yüksek olan gösterge ait olduğu grupta pilota en yakın nokta olan sağ üst noktaya konumlandırılmış, “ortalama bütünleşik değer derecesi” değeri bakımından ikinci olan gösterge ise bir önceki göstergenin

altına konumlandırılmıştır. Her bir gösterge grubunda yer alan göstergelerin kullanım sıklığı dereceleri büyükten küçüğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır:

Birinci gösterge grubu	[E]; [A]; [B]; [D]; [G]; [H]
İkinci gösterge grubu	[N]; [O]; [J]; [M]; [I]; [L]; [K]
Üçüncü gösterge grubu	[Z]; [Y]; [V]; [T]; [U]; [P]; [R]; [S]

Bu sürecin sonucu olarak ortaya çıkan gösterge paneli tasarımı Şekil 6.41’de görülmektedir.

6.4 Araştırma Bulgularının Optimizasyonuna Dayanan Bir Düzenleme Önerisi

Bu bölümde anket verilerine dayanarak tasarlanan gösterge panelleri birbirleri ile karşılaştırıldığı zaman; özellikle sadece “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değer” kavramlarının temel alındığı tasarımların birbirlerinden oldukça farklı bir yapıda olduğu açıkça görülmektedir. Bu üç panelin arasındaki en çok göze çarpan benzerlik haberleşme cihazlarının genel konumlarıdır. Diğer taraftan “işlevsel benzerliğe” dayanan gruplamaların esas alınan panel tasarımları ise daha çok benzeşmekle beraber yine de aralarında farklılıklar bulunmaktadır.

Diğer taraftan anket verileri sonucu elde edilen tasarımlar ve deneysel çalışma sonucu elde edilen tasarımlar karşılaştırıldığında, her bir tasarımın diğerinden farklı noktalarda ve düzenlemeler bakımından farklılaştığı görülmektedir. Bu durum optimum bir gösterge panelinin tasarlanmasına yönelik zorluklardan bir tanesidir. Ancak her iki çalışmada elde edilen verilerin birbirleri ile örtüştüğü bazı noktalar da vardır. Bunlardan en önemlisi işlevsel benzerliğe dayanan gruplardır. Anket çalışması sonucu elde edilen gruplar ve genel anlamda pilotların yapmış olduğu tasarımlardaki gruplar birbirleri ile örtüşmektedir. Ayrıca deneysel çalışmada pilotların kullanmış olduğu ifadeler de anket çalışmasında elde edilen birçok sayısal veriyi desteklemektedir.

Çizelge 6.33’de her pilotun karşısında yer alan hücrelerde hem tüm gösterge paneli, hem de işlevsel benzerliğe dayanan gösterge grupları bakımından hangi verisinin kaç defa öne çıktığı belirtilmektedir. Örneğin P1 tarafından yapılmış olan tasarımda; genel olarak tüm göstergeler ele alındığında, 12 göstergenin yerleşiminde “önem

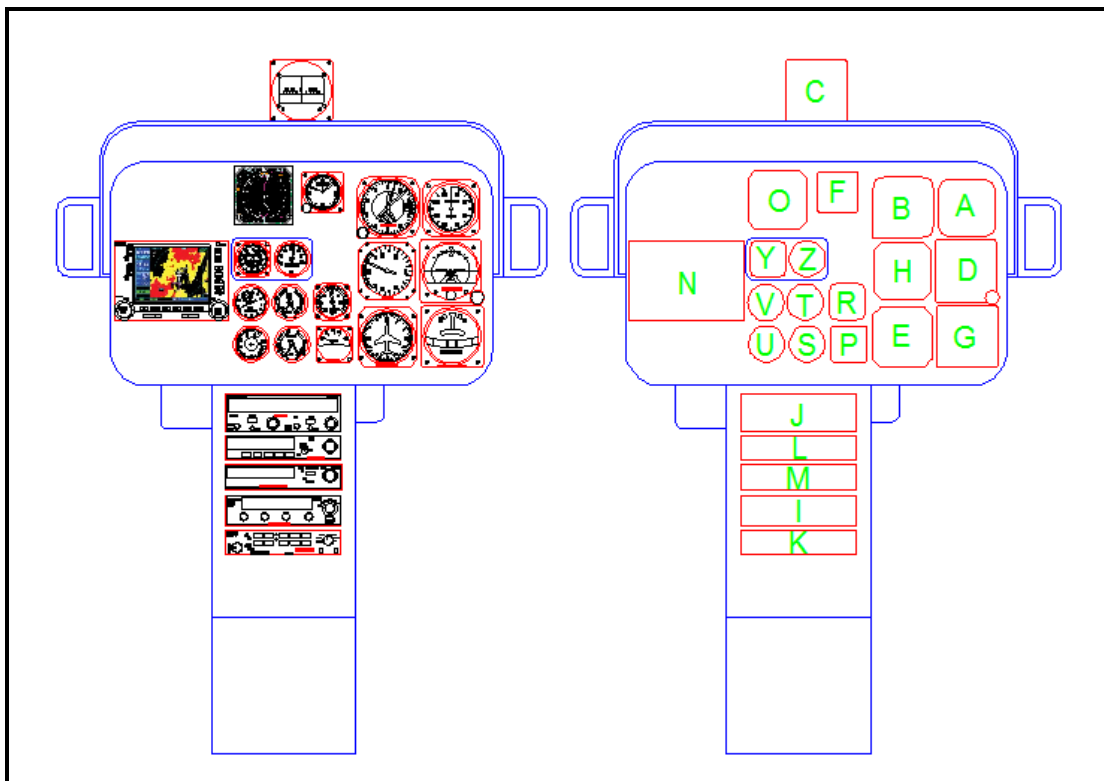
derecesi” öne çıkarken; birinci gösterge grubunda altı göstergenin yerleşiminde önem derecesinin öne çıktığı görülmektedir. “Toplam” satırında deneysel çalışmaya katılan tüm pilotların gösterge yerleşimlerinde hangi kavramın öne çıktığı toplam olarak belirtilirken; “Yüzde Oran” satırında ise ele alınan değerın tüm göstergelerin toplamı içerisindeki oranını belirtmektedir. Yukarıda açıklanan veri kaynaklarından ve gözlem sonuçlarından hareketle Şekil 5.1’de genel çerçevesi görülen adımlar izlenerek araştırmacı tarafından kullanıcı görüşlerini temel alan optimum bir gösterge paneli tasarımı oluşturulmuştur.

Çizelge 6.33: Pilotların tasarımlarında öne çıkan anket verilerinin genel ve gösterge gruplarına göre dağılımı

	Genel Dağılım			Gösterge grupları temelinde dağılım								
	Önem derecesi	Kullanım sıklığı derecesi	Bütünleşik değer	Birinci g. Grubu			İkinci g. Grubu			Üçüncü g. Grubu		
				Önem derecesi	Kullanım sıklığı derecesi	Bütünleşik değer	Önem derecesi	Kullanım sıklığı derecesi	Bütünleşik değer	Önem derecesi	Kullanım sıklığı derecesi	Bütünleşik değer
P1	12	10	2	6	1	0	1	6	0	2	3	2
P2	11	10	3	6	1	0	3	2	3	0	7	0
P3	10	6	7	5	2	0	2	2	3	1	3	4
P4	10	7	6	5	2	0	2	2	3	1	3	3
P5	11	8	4	6	1	0	2	2	3	1	5	1
P11	10	12	2	5	1	1	3	4	1	7	7	0
P12	11	8	5	5	1	0	2	5	1	2	1	4
P13	11	6	6	6	1	0	1	4	2	2	1	4
P14	9	11	4	5	2	0	3	3	2	0	6	1
P15	9	10	5	5	2	0	3	3	2	0	5	2
Toplam	104	88	44	54	14	1	22	33	20	16	41	21
Genel Toplam	236			69			75			78		
% Dağılım	44	37	19	78	20	1	30	44	26	20	52	28

Metotta tanımlanan yeni süreç kullanılarak Şekil 6.42’de yer alan gösterge paneli tasarımı elde edilmiştir. Şekil 6.42’de oluşturulan gösterge paneli tasarımında genel

- [A] Hava hızı göstergesi ve [H] Varyometre'nin aynı ortalama konumsal değere sahip oldukları görülmüştür. Bu bakımdan Çizelge 6.33'de yer alan veriler bağlamında her iki göstergenin ortalama “önem derecelerine bakılmış ve bu değerler dikkate alınarak her iki göstergenin konumu gözden geçirilmiştir.
- [Y] Rotor/Türbin takometresi ve [Z] Torkmetre'nin aynı ortalama konumsal değere sahip oldukları görülmüştür. Bu durumdan dolayı Çizelge 6.33'de yer alan veriler bağlamında her iki göstergenin ortalama “kullanım sıklığı derecelerine bakılmış ancak deneysel çalışmalarda pilotların kullanmış oldukları ifadeler göz önüne alınarak [Z] Torkmetre'nin gösterge sırasının ortasında kalması sağlanmıştır.



- [R] Yakıt basıncı göstergesi ve [T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesinin aynı ortalama konumsal değere sahip oldukları görülmüştür. Bu bakımdan Çizelge 6.33’de yer alan veriler bağlamında her iki göstergenin ortalama “kullanım sıklığı derecelerine bakılmış ve bu değerler dikkate alınarak her iki

gösterge kendi aralarında yer değiştirmişlerdir. Ancak diğer taraftan [S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi ile ve [T] Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi arasında bir “işlevsel yakınlık” bulunmaktadır. Bu durum deneysel çalışmada pilotlar tarafından da ifade edilmiştir. Ayrıca 10 deneysel çalışmadan dokuzunda bu iki gösterge komşu olarak yerleştirilmiştir. Bu bakımdan bu komşuluk ilişkisinin muhafaza edilmesi açısından [S] Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi ve [P] Yakıt göstergelerinin yerleri değiştirilmiştir.

- Haberleşme cihazlarında ise [K]Ses paneli ile [M] Mesafe ölçüm cihazının ve [I] Transponder ile [J] Navcom ve [K] Otomatik yön bulucunun aynı konumsal değerlere sahip olduğu görülmüş ve bu gösterge grubu da Çizelge 6.33 esas alınarak, ortalama kullanım sıklığı değerleri dikkate alınarak yeniden düzenlenmiştir.
- Motor göstergelerinin yer aldığı gösterge grubu, daha az göz hareketi gerektireceği ve daha rahat algılanacağı için, kare düzen olarak kurgulanmıştır.
- Deneysel çalışma sürecinde toplam 10 pilotun sekizi [A] Hava hızı göstergesi, [B] Altimetre ve [H] Varyo göstergesini bir “komşuluk” ilişkisi içerisinde yerleştirmiştir. Bu ilişki araştırmacı tarafından yapılan ve Şekil 6.42’de de görülen tasarımda da bulunmaktadır.
- Deneysel çalışmada P1’in “İlk çalıştırmada genellikle Gaz sıcaklığı göstergesi [U], Gaz üretici takometresi [V] ve Rotor/Türbin takometresi [Y] okunur” ifadesi kritik ve görev tanımlayıcı olarak kabul edilmiş ve bundan dolayı tasarımda Gaz sıcaklığı göstergesinin [U] yeri değiştirilerek, Gaz üretici takometresinin [V] altına alınmıştır.
- Deneysel çalışmada P5’in “Durum göstergesi [D] ve Yunus/yatış göstergesi [G] alt alta konumlanmalıdır. Her iki gösterge birbirini kontrol eder niteliktedir.” ifadesi kritik ve görev tanımlayıcı olarak kabul edilmiş ve bundan dolayı Yunus/yatış göstergesi [G], Yön gayrosu [E] ile yer değiştirmiştir.

Diğer taraftan helikopter kullanım bağlamı ve uçuş standartları nedeniyle görerek uçuş (VFR-Visual Flight Rules) ve aletli uçuş (IFR-Instrument flight rules) olmak üzere iki farklı uçuş/kontrol tipolojisi sergilemektedir. Ancak aynı helikopterde her

iki uçuş tipi için farklı gösterge paneli kullanmak söz konusu olamayacağına göre; gösterge panelinde kullanılan göstergelerin kullanım ilişkileri uçuş tipine göre farklılık gösterecektir. Bu bakımdan pilotların anket sorularında yapmış olduğu sayısal değerlendirmeler ve deneysel çalışmada elde edilen sonuçları arasındaki farklılık bu şekilde açıklanabilir. Aletli uçuş görerek uçuş şartlarına göre çok daha sık olarak göstergeleri okumayı gerektiren bir süreçtir. Bu bakımdan, deneysel çalışma sürecinde pilotlar tarafından kullanılan “bu uçuş göstergesine çok sık olarak bakarım” ya da “şu uçuş göstergesi her an göz önünde olmalıdır” gibi ifadeler “kullanım sıklığı derecesi” kavramını işaret ederken; aynı göstergenin “önem derecesi” değerinin anket çalışmasında daha yüksek çıkması; bize anket sorularında sorulan kavramların deneysel çalışmada elde edilen bulgularla yer değiştirmesi gerektiğini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle herhangi bir gösterge grubunun anket çalışmasında almış olduğu en yüksek değer içerik olarak aslında deneysel çalışma da ifade edilen kavramdır diyebiliriz.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Genel bakış

- Bu çalışmada karmaşık bir insan-makine sistemi olan helikopterlerin gösterge paneli tasarımları ele alınmış ve bu gösterge panelleri kullanıcı merkezli bir yaklaşımla analiz edilerek optimum bir gösterge paneli elde edilmesine yönelik bir yaklaşım ortaya konması amaçlanmıştır. Hava araçlarının ve diğer ürün ve sistemlerinin kullanıcı arayüzlerinin ergonomi verilerine dayanan tasarım yaklaşımları incelenerek analiz edilmiş, konuya kullanıcı merkezli olarak yaklaşılmaya çalışılmıştır. Araştırmada temel olarak kullanıcıların görüş ve tercihleri analiz edilerek sayısallaştırılmış ayrıca her kullanıcının kendi tercihini yansıtan bir tasarım kullanıcılar tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışma temel olarak pilotların tercihlerini ortaya koyan tasarımları, görüşlerini ve fikirlerini içeren sayısal ve sözel anket verilerinin kullanılarak pilotların ortak tercihini yansıtan optimum bir gösterge panelinin tasarım yaklaşımını oluşturmayı ve bu paneli tasarlamayı hedeflemiştir.
- Çalışma boyunca yapılan anket çalışmasında kullanılan metodun probleme uygunluğu gözlenmiş, elde edilen veriler sayısallaştırılarak çalışmanın ileriki aşamaları için temel oluşturması sağlanmıştır. Pilotların kendi tasarımlarını üretmelerini amaçlayan deneysel çalışmada ise süreç boyunca pilotların etkinlikleri gözlemlenmiş kritik ifadeleri belgelenerek ortaya konacak tasarım yaklaşımı için diğer bir veri kaynağı elde edilmiştir. Bu iki metottan elde edilen bulgular ışığında çalışmaya katılan pilotların kişisel tercihlerini ifade eden optimum bir panelin tasarlanmasına yönelik bir yaklaşım ortaya konmuş ve bu yaklaşımın sonucu olan tasarım diğer bir çıktı olarak çalışmaya dâhil edilmiştir.
- Bu araştırma temel olarak kullanıcılara ait iki farklı veri toplama metodunun sonuçlarının karşılaştırılmasına ve bu sonuçlardan elde edilen verilerin optimize edilmesi çerçevesine oturtulmuştur. Burada anket çalışması kullanıcıların kuramsal bilgilerinin ağırlık kazandığı metod olarak; kâğıt prototipleme çalışması

ise kullanıcıların uygulama ile desteklenen pratik bilgilerinin ağırlık kazandığı metot olarak kabul edilebilir.

- Çalışma süresince uygulanan bu araştırma yaklaşımı genel olarak, hava ve deniz araçları, ticari vasıtalar, iş makineleri vb., geleneksel mekanik/elektronik gösterge ağırlıklı kullanıcı arayüzlerinin düzenlenmesinde uygulanabilir. Yaklaşım genel olarak özel eğitim almış ve alanında uzmanlaşmış kullanıcılar ve onların kullanmış olduğu sistem arayüzlerinin düzenlenmesi üzerine odaklandığı için, burada geliştirilen yaklaşım benzer parametrelerin var olduğu ürün ve sistem arayüzlerinin düzenlenmesinde kullanılabilir.

7.2 Sonuçlar

- Bu çalışmanın iki temel aşamasından ilki olan anket çalışması sürecinde “önem derecesi” ve “kullanım sıklığı” derecesi” kavramlarının bazen kullanıcılar tarafından yeterince anlaşılamadığı gözlemlenmiştir. Bu bakımdan her iki ilke, bütünlük değeri gibi tek bir ilke altında birleştirilebildiği gibi detaylı bir şekilde açıklanarak ayrı ayrı kullanılabilir. Bu iki ilkenin tek bir ilkeye dönüştürülmesi sürecinde ağırlıkların saptanması tasarım uzmanlarına sorulabileceği gibi, kullanıcılara da sorulabileceği düşünülmektedir. **“Bütünlük değeri”** gibi yeni bir değerlendirme kavramı ise üzerinde çalışılan sistemin özelliklerine bağlı olarak saptanabileceği gibi, kullanıcılarla ön görüşme yapılarak buradaki görüşlerin bir sentezine bağlı olarak araştırmacılar tarafından da geliştirilebilir. Çalışma boyunca yapılan gözlemlerden bir tanesi de anket süresince ele alınan sisteme özgü olarak kullanım sırası ilkesinin gösterge paneli tasarımına uygulanamayacağıdır. Bu durum katılımcıların görüşleri ve ilgili sorunun cevaplanmasında yaşanan aksaklıklara bağlı olarak ortaya çıkmıştır.
- Diğer taraftan bu çalışmada uygulanan anket çalışması üzerinde bilgi, deneyim ve tecrübe sahibi olunan sistem ve kullanıcılara uygulanabilirliği sınanmıştır. Kullanıcılara daha önceden kullanmamış oldukları ya da üzerinde yeterince deneyim sahibi olmadıkları bir ürün ya da sistem hakkında, “önem derecesi”, “kullanım sıklığı” derecesi gibi kavramlar hakkında soru yöneltmek anlamlı veriler vermeyebilir.

- Diğer taraftan arayüz düzenlemesi bir kullanılabilirlik problemi olduğu kadar aynı zamanda bir tasarım problemi olarak da karşımıza çıkmaktadır. Helikopter gibi alan kısıtlamasının belirleyici boyutlarda olduğu sistemlerde sadece “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve diğer kavramlara bağlı verileri temel alarak arayüz düzenlemesi yapmak, düzenleme yapılacak alanın verimsiz bir şekilde tasarlanmasına yol açmaktadır. Arayüzün konumlanacağı alan öncelikle aracın genel tasarımının oluşturduğu bir “üst sistemin” “alt sistemi” olma özelliğine sahiptir. Dolayısı ile aynı elemanların, elemanlar burada gösterge ve diğer uçuş cihazlarıdır, farklı bir tasarıma sahip bir gösterge paneline yerleştirilmeleri yeni bir tasarım problemidir. Kâğıt prototipleme çalışması sürecinde, pilotların yapmış oldukları tasarımlarda, alanın verimli kullanımı üzerinde hassasiyete de sahip oldukları ayrıca yukarıdaki görüşü destekleyecek biçimde gözlemlenmiştir. Ürün ya da sisteme daha sonra ek yapılabilmesi ve yeni elemanlar ekleme ihtiyacının doğabileceği ihtimali, tasarım sürecinde önemli bir etken olarak yer aldığı görülmüştür.
- Araştırmanın ikinci aşamasını oluşturan kâğıt prototipleme metodu uzman kullanıcıların görüş ve tercihlerini doğrudan ve açık bir şekilde yansıtabilen bir tasarım araştırması metodudur. Bu çalışmada uygulanan kâğıt prototipleme süreçleri bazı önemli bulguları ortaya koymuştur. Öncelikle arayüz düzenlemelerinde uzman kullanıcılar arayüzü oluşturan elemanların konumlarını ve birbirleri ile olan ilişkilerini belirlerken “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ya da bu her iki kavramdan türetilmiş olan “bütünleşik değer” kavramlarını doğrudan ele almamaktadır. Bu durumu anket verileri sonucunda araştırmacı tarafından oluşturulan gösterge paneli tasarımları da desteklemektedir. Kullanıcıların pratik deneyimlerinin öne çıktığı kâğıt modeller önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değer” kavramlarını ifade eden tasarımların hiç biriyle benzerlik sergilememektedir. “Önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değer” ilkelerinin esas alındığı panel tasarımlarında bir düzensizlik göze çarpmaktadır. Bu düzensizlik kullanıcının ihtiyaç duyduğu göstergeyi bulmasını zorlaştıracak bir etkidir. Kullanıcının gösterge paneline göre çapraz bir pozisyonda oturması da bu düzensizliğin doğuracağı algılama zorluğuna da ayrıca olumsuz yönde etkileyecektir. Kullanıcının bir masanın başında oturduğu tarzda bir kullanıcı-

arayüz alanı ilişkisinin söz konusu olduğu durumlarda, bir fabrikanın kontrol masası vb. “önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” ve “bütünleşik değer” ilkelerinin esas alındığı bir panel tasarımı kullanılabilir düzeyde olup olmadığı ayrıca sorgulanabilir.

- Diğer taraftan çalışmaya katılan kullanıcıların açık bir şekilde arayüzü oluşturan elemanları işlevlerine göre sınıflandırıp panelin genel geometrik yapısına göre grupları şekillendirdikleri görülmüştür. Bu kullanıcıların çalışmanın temel hareket noktalarından birisi olan McCormick ve Sanders’ın (1993) arayüz düzenleme yaklaşımı ile aşına olmadan bu tür bir düzenleme yapmaları dikkat çekicidir. Ayrıca kullanıcıların her bir göstergenin kendi “kullanım sıklığı derecesi” kavramını tercih etmediği, bunun yerine oluşturdukları gösterge gruplarının “kullanım sıklığı derecelerini” dikkate aldıkları görülmüştür. Pilotların tamamına yakını uçuş esnasında seyrüsefer göstergelerini çok sık olarak okuduklarını, yerde bakım ya da helikopterin ilk çalışma durumunda ise “sistem göstergelerini” okuduklarını, “haberleşme cihazlarını” ise nadiren kullandıklarını açıkça belirtmişlerdir.
- Çalışma sürecinde özellikle McCormick ve Sanders’ın (1993) arayüz düzenleme ilkeleri üzerinde durulmuş ve çalışma genel çerçevede bu ilkeler üzerinde yapılandırılmıştır. Ancak özellikle deneysel çalışma aşamasında McCormick ve Sanders’ın “işlevsel gruplama” ilkesini bu çalışma bağlamında yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Ürün ya da sistem arayüzünü meydana getiren bazı elemanların aynı işlevsel grupta yer almalarının ötesinde; sağ/sol ya da alt/üst ilişkisi olacak bir biçimde konumlanması gerektiği sistem ya da ürünün kullanım ilkeleri açısından önemli olduğu gözlenmiştir. Bu bakımdan araştırmacı bu durumu benzer çalışmalarda bir ilke olarak ele alabilmek için **“ayrılmazlık ilişkisi”** başlığı altında yeni bir kavram olarak önermektedir. **“Ayrılmazlık ilişkisi”** anket sürecinde ayrı bir soru olarak pilotlara sorulmamışsa da, çalışmanın analiz kısmında deneysel çalışmalarda bu ilişki araştırmacı tarafından saptanarak optimum panelin tasarım sürecine uygulanmıştır. Bu ilke bağımsız olarak uygulanabileceği gibi “işlevsel benzerliği” esas alan grupların bir alt gruplama ilkesi olarak da kullanılabilir. Sadece genel bir “işlevsel benzerlik” grubu oluşturmak arayüzün kullanılabilirliği açısından yetersiz kalmaktadır. Bu bakımdan araştırmacı tarafından önerilen **“ayrılmazlık ilişkisi”** kavramı bu

araştırmanın temel sonuçlarından bir tanesidir. “*Ayrılmazlık ilişkisi*” bir bakıma bir kullanıcı tercihi olarak da tanımlanabilir. Diğer taraftan bu çalışmada gerek anket aşamasında gerekse kağıt prototipleme aşamasında pilotların aralarında “*ayrılmazlık ilişkisi*” kurdukları göstergelerin birbirini ikame edecek niteliğe ya da yerine getirdikleri işlevlerle bezer bir bir yerleşim örüntüsü içerisinde oldukları sahip olduğu görülmüştür. Bu bakımda “*ayrılmazlık ilişkisi*” ileride yapılacak benzer çalışmalarda kullanıcılara ayrı bir soru olarak yöneltilerek elde edilecek veriler analiz edilmelidir.

- Anket çalışmasında elde edilen verilerin deneysel çalışmaların verileri ile karşılaştırılması bu çalışmanın özgün yanlarından bir tanesidir. Bu amaçla her pilotun yapmış olduğu tasarım, göstergelerin paneldeki konumları dikkate alınarak, sayısal değerlere dönüştürülmüş; bu değerler ise anket verileri ile bir çizelgede analiz edilmiştir. Ayrıca yine bu amaçla anket verileri de tasarımcı tarafından panel tasarımlarına dönüştürülerek iki farklı karşılaştırma yapılma yoluna gidilmiştir. Ancak bu süreçte tasarımı sayısal değerlere dönüştürmenin, sayısal değerleri tasarıma dönüştürmekten daha güvenilir ve sağlıklı bir süreç olduğu gözlemlenmiştir. Sayısallaştırılan deneysel çalışma sonuçlarının anket verileri ile yapılan karşılaştırmalarında tüm gösterge paneli ele alındığında göstergelerin çoğunluğunun konumlanmasında “önem derecesi” ilkesinin öne çıktığı görülmüştür. Diğer taraftan gösterge paneli “işlevsel benzerliğe” dayanan gruplar temelinde incelendiğinde daha farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Uçuş göstergelerinden meydana gelen birinci gösterge grubunda yer alan göstergelerin yer seçiminde “önem derecesi ilkesi”; haberleşme cihazlarının yer seçiminde “kullanım sıklığı derecesi” ilkesi; sistem göstergelerinin yer seçiminde ise yine “kullanım sıklığı derecesi” ilkesi öne çıkmaktadır.
- Deneysel çalışmada kullanım sıklığının öne çıktığı açıkça ifade edilen bir gösterge ya da gösterge grubunun, anket çalışmasında önem derecesinin kullanım sıklığı derecesine göre daha geçerli olduğu görülmektedir. Bu iki araştırma metodunun sonuçları arasında tutarsızlık olarak görülse de; pilotlar aynı anda hem görerek uçuş (VFR) hem de aletli uçuş (IFR) şartlarını düşünerek bu değerlendirmeyi yapmaktadır. Bu bakımdan deneysel çalışmada kullanılan ifade anket çalışmasında öne çıkan değer de bir anlamda “gerçek başlığı”dır. Bir başka deyişle deneysel çalışmada herhangi bir gösterge grubunun sürekli olarak

kontrol edilmesinin gerektiği ifade ediliyorsa ve aynı zamanda anket çalışmasında aynı gösterge grubunun “önem derecesi” daha yüksek bir değere sahip ise bu durum söz konusu gösterge grubunun anket çalışmasındaki önem derecesi değerinin gerçekte o grubun kullanım sıklığı değeri olarak değerlendirilmelidir. Bu bakımdan McCormick ve Sanders (1993) önermekte olduğu bu ilkelerin araştırmacı tarafından üzerinde çalışılan sistemin yapısal ve kullanım özelliklerine bağlı olarak tek bir kavrama dönüştürülmesi gerekebilir. Ancak bu “yeni bir kavram ortaya koyma süreci” anket ve deneysel çalışmaya başlamadan önce yapılmalıdır. Bu nedenle, bu çalışmada ortaya konan “bütünleşik değer” ilkesi bu çalışmada sonradan ortaya atılmış olup; araştırmacının önermiş olduğu ürün ya da sisteme özgü olarak tasarlanacak olan kavramdan farklıdır.

- Bu çalışmada optimizasyonun yapılabilmesi amacıyla kağıt prototipleme çalışmalarında ortaya çıkan panel düzenlemelerinin sayısallaştırılması zorunluluğu orta çıkmış ve bu amaçla “**konumsal değer**” kavramı ortaya konmuştur. Ele alınan arayüz alanının kullanıcı ilişkisine de bağlı olarak alt bölgelere ayrılması ve bu bölgelere puanlar verilerek bu bölgelere yerleştirilmiş olan arayüz elemanlarının derecelendirilmesi “**konumsal değer**” kavramının temelidir. Burada kritik nokta konumsal değer skalasının anket sorularında kullanılacak skala ile ortak bir dili konuşabilmesidir.
- Deneysel çalışmalarda elde edilen bulgular ise birer konumlandırma olma özelliklerinden dolayı bu çalışmanın amacı açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Burada pilotun ortaya koyduğu sonuç kadar süreç de önem taşımıştır. Havacılığın son derece yüksek uluslararası standartlara sahip bir alan olmasına rağmen; tüm pilotların birbirinden farklı tasarım tercihleri olduğu ortaya çıkmıştır. Uçuş göstergelerinin çoğunlukla pilota yakın tarafta; haberleşme cihazlarının ise orta panelde yer almasının dışında her pilotun gösterge paneli yerleşim tercihleri arasında önemli farklar bulunduğu görülmüştür. Süreç hem sesli düşünmeyi hem de deneme düzeltme yeniden yerleştirmeleri içerdiğinden araştırmacı tarafından birincil veri kaynağı olarak kabul edilmiş ve Bölüm 5.4’de ortaya konan tasarım oluşturma modeli öncelikle deneysel veriler üzerine oturtulmuştur.
- Bu noktadan hareketle Bölüm 5.4’de detaylı olarak açıklanan arayüz düzenleme süreci ortaya konmuştur. Bu süreç bir bakıma “kullanıcı görüş ve tercihlerini

temel alan bir optimizasyon metodu” olup bu çalışmanın ana sonuçlarından bir tanesidir. Bu metot Şekil 5.1’in “**Kullanıcı Görüşlerinin Optimizasyonu**” bölümünde detaylı olarak görülmektedir. “**Kullanıcı Görüşlerinin Optimizasyonu**” bu çalışmanın ana hedefi olup bu bölümde yukarıda detaylı olarak açıklanan “**bütünleşik değer**”, “**konumsal değer**” ve “**ayrılmazlık ilişkisi**” kavramlarını da kendi bünyesinde barındırma özelliğine sahiptir.

- Bu süreçte ilk adım olarak deneysel verilerin konumsal değerleri sayısallaştırılarak; bu konumsal değerlerin ortalamalarının hesaplanması ile başlamaktadır. Ortalama konumsal değerlerden hareketle göstergeler belirlenmiş bir yerleştirme metodu ve bölgesel ağırlıklar göz önünde bulundurularak arayüz olarak kullanılacak olan yüzeye yerleştirilerek kabaca bir ön tasarım elde edilmektedir. Bu ön tasarım daha sonra anket verilerine ve deneysel çalışmadaki sözel verilere bağlı olarak rafine edilmektedir. Burada kullanıcıların doğrudan kişisel tercihlerini belirten ifadelerden çok, ortak kullanım alışkanlıklarını ve kullanım kalıplarını tanımlayan ifadelerin kullanılması önemlidir.
- Diğer taraftan kâğıt prototipleme çalışmalarında pilotların çalışmaya başlamadan öncelikle kendilerine verilen göstergeleri gruplara ayırarak ayrı bir yerde dizdiği görülmüştür. Bu olgu arayüzlerde yer alan elemanların öncelikle gruplanması olgusunu ayrıca destekler özelliğindedir. Ayrıca tasarım süreci boyunca pilotların öncelikle uçuş göstergelerini panele yerleştirdikleri de gözlemlenmiştir. Bu durum Çizelge 6.33’de yer alan bulgularla tamamen örtüşmektedir. Tüm göstergeler içerisinde en çok “önem derecesi” ilkesi öne çıkarken; önem derecesi yüzdelik oran olarak en yüksek değere uçuş göstergelerinin meydana getirdiği birinci gösterge grubunda sahiptir.

7.3 Özeleştirir

- Ürün ve sistem tipi olarak ele alındığında hava araçları, özellikle helikopterler, kısıtlı ve bünyelerinde kendi güçlüklerini barındıran bir araştırma alanıdır. Lovesey de (1975) helikopterin insan faktörleri parametreleri açısından en zor ve karmaşık sistemlerden birisi olduğunu vurgulamıştır. Bu zorluk ve karmaşıklıklar araştırma sürecinin üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler sergilemişlerdir. Bu zorluklar sistemin karmaşıklığı, bilgi kaynaklarına erişim, kullanıcılara erişim, havacılık endüstrisinin yüksek standartları ve bu

standartların kullanıcılar üzerinde oluşturduğu önyargılar olarak sıralanabilir. Bu zorluk ve kısıtlamalar göz önüne alındığında araştırmada özellikle gösterge panelinin yerleşiminin optimizasyonuna yönelik ortaya konan metot ile ayrılmazlık ilişkisi, konumsal değer, bütünleşik değer gibi yeni kavramların bu çalışmanın başarısı olduğu söylenebilir. Ayrıca gösterge paneline yerleştirilecek uçuş göstergeleri ve haberleşme cihazları hakkında detaylı bir sayısal veri bankası oluşturulması yine bu çalışmanın özgün ve başarılı yanlarından bir diğeridir.

- Diğer taraftan araştırmada ortaya konan optimizasyon metodu sonucu ortaya çıkan panel yerleşiminin, pilotlara geri dönüş yapılarak bu yerleşim hakkında görüşlerinin alınması ve değerlendirme yapmaları bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca pilotlara ulaşmanın güçlüğü nedeniyle gerek anket çalışması gerekse deneysel çalışmaya katılan plotların yaş ve uçuş deneyimi dağılımı üzerinde durulan bir parametre olmamıştır.

7.4 Öneriler

- Bu çalışmada yürütülen kâğıt prototipleme süreci, araştırılan ürünün özelliklerine bağlı olarak, bir kullanıcı ile yürütülmüştür. İki pilotun kullandığı helikopterlerin gösterge panelleri daha karmaşık kullanılabilirlik problemlerine sahip olacağından bu tip arayüzler üzerindeki bir kâğıt prototipleme çalışması ileride üzerinde çalışılması gereken bir alandır. Bu tip bir problemde öncelikle her iki kullanıcının farklı tercihlerinin tek bir panel üzerinde optimize edilmesi çalışmanın ana problemlerinden birisi olacaktır.
- “İşlevsel benzerliğe dayanan gruplar” oluşturulduktan sonra, sadece bu grupların içerisinde bulunan göstergelerin yeniden pilotlara önem derecesi”, “kullanım sıklığı derecesi” temelinde sıralamasının yaptırılabilceği ileriki çalışmalar için öngörülmektedir. Tüm göstergelerin aynı anda puanlanması ile sadece aynı grup içerisindeki göstergelerin sıralanması büyük ihtimalle farklı sonuçlar verecektir.
- Benzer parametrelere sahip başka arayüzlerin de optimizasyonu için bu yaklaşım izlenebileceği araştırmacı tarafından öngörülmektedir. Burada kritik nokta arayüz olarak düzenlenecek olan alanın kullanıcı/kullanıcıların konumu ve kullanım ilişkileri göz önüne alınarak alt bölgelere ayrılması ve bu bölgelere “konumsal

değerler” verilmesidir. Diğer taraftan bu metot kullanılarak yapılacak olan tasarımların yeniden kullanıcılar tarafından tekrar bir değerlendirme sürecine tabi tutulması bu çalışmayı takip edecek olan diğer çalışmalarda yapılabilecek araştırmalar arasında olduğu düşünülmektedir.

- Ayrıca anket çalışmasında elde verilerde, pilotların gösterge paneli düzenini en çok beğendikleri helikopter olan aracın panel düzeni ile bu çalışmada oluşturulan optimum düzenlemenin farkları üzerinde durulması ve bütünlük değeri kavramı ile yine pilotların gösterge paneli düzenini en çok beğendikleri helikopter olan aracın panel düzeninin karşılaştırması da gelecekte bu çalışmanın devamı olarak önerilebilir. Ayrıca işle vsel benzerlik ilkesi ve bütünlük değeri kavramı esas alınarak yapılacak gösterge paneli düzeninin çalışmaya katılmış olan pilot ya da çalışma konusu olan aracın kullanıcılarına tekrardan gösterilerek geri bildirim alınması da yapılabilecek çalışmalar arasında yer aldığı düşünülmektedir. Gelecekte yapılacak olan benzer çalışmaların farklı bir araç tipinde uygulanması durumunda ise Çizelge 5.1’de yer alan çalışma akış süreci diyagramı yeniden yapılandırılarak adımlara ağırlık verilebilir ve bütünlük değeri gibi yeni kavramları için bir katsayı şablonu geliştirilebilir. Diğer taraftan “bütünlük değeri” ya da benzer bir kavramın “önem derecesi” ya da “kullanım sıklığı derecesi” ilkelerinin ne tür bir formülasyonla bir araya gelerek oluşacağı da ayrıca önemli bir araştırma alanıdır.

KAYNAKLAR

- Banka W. W., Bone M. P.**, 1981, A method for quantifying control accessibility, *Human Factors*, Vol. **23**, ss. 299-303.
- Bailey, R.**, 1982, Human performance engineering: A guide for systems designers, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Barlett M. W.**, 1973, Design of control and display panels using computer algorithms, *Human Factors*, Vol. **15**, ss. 1-7.
- Berkün O.**, 2010, Kişisel görüşme.
- Boney M. C.**, 1977, CAPABLE: A computer program to layout controls and panels, *Ergonomics*, Vol **20**, ss. 297-316.
- Byblow W.D.**, 1990, Effects of redundancy in the comparison of speech and pictorial displays in the cockpit environment, *Applied Ergonomics*, Vol.**21**, ss.121-128.
- Carel W. L.**, 1965, Pictorial displays for flight, Tec. Rep. To the Office of Naval Research, Culver City, California, Hughes Aircraft Company.
- Channell R. C.**, 1947, An analysis of pilots' performances in multi-engine aircraft (R5D), Division of Bio-Mechanics, The psychological corporation, New York.
- Chapanis A, Lindenbaum L.**, 1959, A reaction-time study of four control-display linkages, *Human Factors*, Vol.**4**, ss. 1-7.
- Chapanis A.**, 1965, Research techniques in human engineering, Johns Hopkins, Maryland.
- Chapanis A.**, 1996, Human factors in systems engineering, Wiley Interscience, New York.
- Chappell S. L., Sexton G. A.**, 1986, Advanced concepts flight simulation facility, *Applied Ergonomics*, Vol. **17**, ss. 252-256.
- Claman M., Kaber D. B.**, 2004, Application of usability evaluation techniques to aviation systems, *The international journal of aviation psychology*, Vol **14**, ss 395-420.
- Chengalur S. N., Rodgers S. H., Bernard T. E.**, 2004, Kodak's ergonomic design for he people at work, John Wiley and Sons, New Jersey.
- Cooper G. E., Harper R. P.**, 1969, The use of pilot rating in the evaluation of aircraft handling qualities, NASA TN-D-5153.
- Cox G., Nichols S. C., Stedmon A. W., Wilson J. R. Cole H.**, 2004, The flight deck of the future: Field studies in data link and free flight, McCabe P. (ed.), *Contemporary ergonomics 2004*, CRC Press, Londra.

- Czaja S.**, 1997, Systems design and evaluation, *Handbook of human factors and ergonomics*, Gavriel Salvendy (ed.), John Wiley and Sons, New York, ss. 17-40.
- Deininger R.**, 1958, 50 years of research on man in flight, ed. Dempsey C. Air Force Aerospace Medical research Laboratory.
- den Buurman R.**, 1997, User-centered design of smart products, *Ergonomics*, vol. **40**, no.10, 1159-1169.
- de Vet J.H.M.**, 1993, User-interface specification guidelines for consumer products, *IPO Annual Progress Report, Institute for Perception Research*, Vol. **28**, , Eindhoven, ss. 151-159.
- Downing J.**, 1987, The effects of panel arrangement and locus of attention on performance, *Human Factors*, Vol. **25**, ss. 551-562.
- Dredge R.**, 2004, Concept cars, Thunder bay pres, Londra.
- Dumas J.**, 2001, How many participants in a usability test are enough?, *Design by people for people: Essays on usability*, Branaghan R. J. (ed.), Usability professionals association, Chicago.
- Eason K. D.**, 1984, Towards the experimental study of usability, *Behaviour & information technology*, Vol **3**, ss.133-143.
- Electric Power Research Institute**, 1979, Human factors methods for nuclear control room design, Vol.1: Human factors enhancement for existing nuclear control rooms (EPRI NP-1118), Palo Alto, CA, Lockheed Missile and Space Co. Inc.
- Fitts P. M., Jones R. E., Milton J. L.**, 1950, Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches, *Aeronautical engineering review*, Vol **9**, ss24-29.
- Fitts P. M., Seeger C. M.**, 1953, S-R Compatibility: Spatial characteristics of stimulus and response codes, *Journal of experimental psychology*, Vol. **46**, ss. 199-210.
- Fogel L. J.**, 1959, The kinolog display system, *Human Factors*, Vol. 1, ss. 30-37.
- Fowler R. L. et al**, 1968, An investigation of the relationship between operator performance and operator panel layout for continuous tasks (Tech. Rep. 68-170), Army Air Force, Aviation Psychology Program, Columbus, OH, Ohio State University.
- Freund L. E., Sadosky T. L.**, 1967, Linear programming applied to optimization of instrument panel and workspace layout, *Human Factors*, Vol. **9**, ss. 293-300.
- Gould C., Lewis C.**, 1985, Designing for usability: key principles and what designers think, *Communications of the ACM*, **28**, ss..300-311.
- Grether W. F.**, 1949, Instrument reading 1: The design of long-scale indicators for speed and accuracy of quantitative readings, *Journal of Applied Psychology*, Vol **33**, ss363-372.
- Grey H. E., Flower S.**, 1943, Proposed instrument panel for future equipment, Engineering department, Pan American Airways System, New York.

- Haines R. F., Gilliland K.,** 1973, Response time in the full visual field, *Journal of Applied Psychology*, Vol. **58**, ss289-295.
- Hamilton B.E.,** 1993, Expending the pilot's envelope. Technologies for high maneuverable aircraft, North Atlantic Treaty Organization Advisory Group for Aerospace Research and Development, Conference Proceedings No. 548, Annapolis, MD.
- Hamilton B.E.,** 1999, Helicopter human factors, *Handbook of aviation human factors*, Garland D. J., Wise J. A., Hopkins V. D., Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey, ss. 405-428.
- Han S., Myung H. Y., Jiyoung K., Sang W. H.,** 2001, Usability of consumer electronic products , *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. **28**, ss. 143-151.
- Hart S. G.,** 1988, Helicopter human factors, *Human factors in aviation*, Wiener E. L., Nagel D. C., Academic Press, New York, ss. 591-638.
- Hawkins F. H.,** 1966, Aspects of sight and reach in a civil aircraft cockpit, Alan Cobham Prize Paper, Guild for air pilots and air navigation, Londra.
- Hawkins F. H.,** 1976, Some ergonomic aspects of cockpit panel design for airline aircraft, *Shell aviation news*. **437**:2-9.
- Hawkins F. H.,** 1977, Cockpit visibility, *Shell aviation news*, **440**:20-25.
- Hawkins F. H.,** 2002, Human factors in flight, Ashgate Publishing Limited, ss.241-268, ss.274-283, Hants, İngiltere.
- Haworth L. A., Newman R. L.,** 1993, Techniques for evaluating flight displays, NASA, TM-103947.
- Hesse S. N., Leavy P.,** 2006, Emergent methods in social research, Sage Publications, Londra.
- Hutchins E.,** 1996, Distributed cognition in an airline cockpit, Y. Engestrom, D. Middleton (eds.), *Cognition and communication at work*, ss. 15-34, Cambridge University Pres.
- JAMA (Japan Automobile Manufacturers Association),** Guideline for in-vehicle display systems-Version 3.0.,
http://www.jama.or.jp/safe/guideline/pdf/jama_guideline_v30_en.pdf
- Jordan P.,** 1998, An Introduction to Usability, Londra, Taylor&Francis.
- Kelley J. R.,** 1972, Display layout, *Displays and controls*, Bernotat R.K., Gartner K. P: (eds.), Swets&Zeitlinger, Amsterdam, ss. 41-52.
- Laughery K. R., Laughery K. R.,** 2000, Analytic techniques for function analysis. *Human factors handbook*, Salvendy G. (ed.), John Wiley&Sons, New York, ss.329-354.
- Lewis C.,** 1982, Using the Thinking aloud method in cognitive interface design. Computer science, RC9265, Feb 17.
- Lovesey E. J.,** 1975, The helicopter-some ergonomic factors, *Applied Ergonomics*, Vol. **6**, ss.139-146.

- Lovesey E. J.**, 1977, The instrument explosion – a study of aircraft cockpit instruments, *Applied Ergonomics*, Vol. **8**, ss. 23-30.
- Mann T. L., Schnetzer L. A.**, 1986, Evaluation of formats for aircraft control/display units, *Applied Ergonomics*, Vol. **17**, ss. 265-270.
- Mantei M., Teorey T.**, Cost/benefit analysis for incorporating human factors in the software lifecycle, Vol. **31**, ss. 428-439.
- Marcus A.**, 2000, User Interface Design for a Vehicle Navigation System, Bergman E.(ed.) *Information Appliances and Beyond*, Morgan Kaufmann, San Francisco, CA.
- Marshall C., Rossman G. B.**, 1999, Designing qualitative research, Sage Publications, Londra.
- Mayhew D. J.**, 1992, The usability engineering lifecycle: A practitioner's handbook for user interface design, Morgan Kaufmann, San Francisco.
- McFarland R. A.**, 1946, Human factors in air transport design, McGraw Hill, New York, ss. 427-432; ss. 478-479.
- McFarland R. A., Moseley A. L.**, 1954, Human factors in transit highway safety, Harvard School of Public Health, Boston, Mass.
- Morgan C, Cook J., Chapanis A., Lund M.**, 1963, Human engineering guide to equipment design, McGraw-Hill, New York.
- Murata A, Morikawa M.**, 2007, Applicability of location compatibility to the arrangement of display and control in human-vehicle systems: Comparison between young and older adults, *Ergonomics*, Vol.**50**, ss. 99-111.
- Murrell K. F. H.**, 1965, Ergonomics Man in working environment, Chapman and Hall, Londra.
- Nemeth S. E.**, 1982, Evaluation metrics and a tool for control panel design. *Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting*, Santa Monica, CA, Human Factors Society, ss. 1123-1127.
- Nemeth C. P.**, 2004, Human factors methods in design, making systems human-centered, CRC Press, Londra.
- Newman R. L., Greeley K. W.**, 2001, Cockpit displays: Test and evaluation, Ashgate, Aldershot.
- Nielsen J.**, 1993, Usability engineering, Morgan Kaufmann, California.
- Noyes J., Bransby B. (eds.)**, 2001, People in control: human factors in control room design, Institution of Electrical Engineers, Londra.
- Pulat, B.M. and M.A. Ayoub.**, 1985, A Computer Aided Instrument Panel Design Procedure-LAYGEN. Human Factors Society Annual Meeting, Boston, MA, October, 1979. *IIE Transactions*, **17:1**, 84-93.
- Pheasant S.**, 1988, Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and design, Taylor&Francis, New York.
- Rolfe J. M.**, 1976, Human factors and flight deck design, *Aircraft Engineering*, Vol.**22**, ss. 6-14.

- Sade S., Nieminen M., Riihiho S.**, 1998, Testing usability with 3D paper prototypes - Case Halton system, *Applied Ergonomics*, Vol **29**, ss. 67-73.
- Sanders L.** 1992, Converging perspectives: Product Development Research for the 1990's, *Design Management Journal*, Vol. **3**, no.4.
- Sanders M., McCormick S.**, 1993 Human factors in engineering and design 7th edition, McGraw Hill, New York, ss. 456-484.
- Sexton G. A.** 1988, Cockpit-crew systems design and integration, *Human factors in aviation*, Wiener E. L., Nagel D. C., Academic Press, New York, ss. 591-638.
- Shneiderman B.**, 1992, Designing the user interface, Strategies for Effective Human-Computer Interaction, 2nd ed., Addison Wesley, Boston, MA
- Siegel A. I., Brown F. R.**, 1958, An experimental study of control console design, *Ergonomics*, Vol. **1**, 251-257.
- Snyder C.**, 2003, Paper prototyping, The fast and easy way to design and refine user interfaces, Morgan Kaufmann Publishers, San Fransisco.
- Stanton N. A., Young M. S.**, 1999, A guide to methodology in ergonomics- Designing for human use, Taylor&Francis, Londra.
- Stewart T.**, 1995, Ergonomics standards concerning human-system interaction, *Applied Ergonomics*, Vol. **26**, ss.271-274.
- Şenol M. B., Dağdeviren M., Çilingir C., Kurt M.**, 2010, Display panel design of a general utility helicopter by applying quantitative and qualitative approaches, *Human factors and ergonomics in manufacturing and service industries*, Vol **1**, ss 73-86.
- The New Oxford dictionary of English**, 1998, ed. Pearsal J., Clarendon Press, Oxford.
- Tlauka M., Stanton D., McKenna F.**, 2000, Dual displays, *Ergonomics*, Vol. **43**, ss.764-770.
- Url 1**, <<http://en.wikipedia.org/wiki/Usability>>, alındığı tarih 13.03.2010
- Url 2**, <<http://www.viewnet.dk/Default.aspx?tabid=2092&language=en-US>>, alındığı tarih 02.06.2009
- Url 3**, <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Airbus_A380_cockpit.jpg>, alındığı tarih 16.0.2011
- Url 4**, <<http://staff.science.uva.nl/~leo/lego/rotor.html>>, alındığı tarih 22.02.2007.
- Url 5**, <<http://www.fergworld.com/oh-6a/cyclic.jpg>>, alındığı tarih 22.03.2007.
- Url 6**, <<http://www.fergworld.com/oh-6a/cyclic.jpg>>, alındığı tarih 22.03.2007.
- Url 7**, <http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_cockpit>, alındığı tarih 16.0.2011.
- Url 8**, <http://en.wikipedia.org/wiki/Glass_cockpit>, alındığı tarih 16.0.2011.
- Url 9**, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Url 10**, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>. 19.12.2008.

- Url 11, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Url 12, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Url 13, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Url 14, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Url 15, <<http://www.airliners.net>, alındığı tarih>, 19.12.2008.
- Vertelney, L., Booker, S.**, 1990, Designing the Whole-Product User Interface, Laurel B. (Ed.), *The Art of Human-Computer Interface Design*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Virzi R.**, 1992, Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough?, *Human Factors*, vol.34, ss. 457-468.
- Wickens C.D.**, 1992, Engineering psychology and human performancen, Harper-Colins, New York.
- Wickens C. D.**, 1992, The proximity compatibility principle: It's psychological foundation and its relevance to display design, *Aviation Research Laboratory*, University of Illinois report ARL92-5/NASA 92-3.
- Wilson J. W. Bateman L. F.**, 1979, Human factors and advanced flight deck, *The 32nd. International air safety seminar*, Londra, 8-11 Oct. 1979.
- Wittmann M., Kiss M., Gugg P., Steffen A., Fink M., Pöss.el E., Kamiya H.**, 2006, Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving, *Applied Ergonomics*, Vol. 34, ss.187-199.
- Woodson W., Conover D.**, 1964, Human engineering guide for equipment designers, University of California Pres, Berkeley, CA.
- Woodson W. E., Tillman B., Tillman P.**, 1992, Human Factors design handbook, McGraw Hill, New York, ss. 286-287.
- Wyatt D.**, 2003, Bell 407 Product Data, Bell Helicopter Textron Inc. Fort Worth, TX.

EKLER

Ek A : Çalışmada kullanılan gösterge panelinde yer alan göstergeler

Ek B : Ek A'da yer alan göstergelerin boyut ve ağırlıkları

Ek C : Helikopter pilotları ile yapılan anket çalışmalarından örnekler

Ek A:

Çalışmada Kullanılan Gösterge Panelinde Yer Alan Göstergeler

I. Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator); Anket çalışmasında [A] olarak kodlanmıştır.



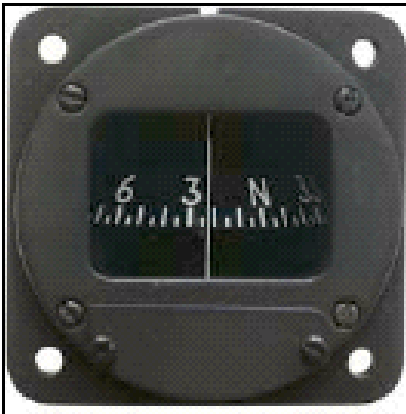
Şekil A 1: hava hızı göstergesi

II. Yükseklik Göstergesi (Altimeter); Anket çalışmasında [B] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 2: Yükseklik göstergesi

III. Manyetik Pusula (Compass); Anket çalışmasında [C] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 3: Manyetik pusula

IV. Durum Göstergesi (Attitude Indicator); Anket çalışmasında [D] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 4: Durum göstergesi

V. Yön Gayrosu (Directional Gyro); Anket çalışmasında [E] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 5: Yön gayrosu

VI. Saatmetre (Clock); Anket çalışmasında [F] olarak kodlanmıştır



Şekil A 6: Saatmetre

VII. Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator); Anket çalışmasında [G] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 7 : Yunus/yatış göstergesi

VIII. Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator); Anket çalışmasında [H] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 8 : Varyo göstergesi

IX. Transponder; Anket çalışmasında [I] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 9 : Transponder

X. NavCom; Anket çalışmasında [J] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 10 : NavCom

XI. Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver); Anket çalışmasında [K] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 11 : Ses paneli, marker alıcı

XII. Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder); Anket çalışmasında [L] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 12 : Otomatik yön bulucu

XIII. Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit); Anket çalışmasında [M] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 13 : Mesafe ölçüm cihazı

XIV. GPS NavCom; Anket çalışmasında [N] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 14 : GPS NavCom

XV. Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (Electronic Flight Information System); Anket çalışmasında [O] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 15 : Elektronik uçuş enformasyon sistemi

XVI. Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge); Anket çalışmasında [P] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 16 : Yakıt göstergesi

XVII. Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator); Anket çalışmasında [R] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 17 : Yakıt basıncı göstergesi

XVIII. Tranmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator); Anket çalışmasında [S] olarak kodlanmıştır.



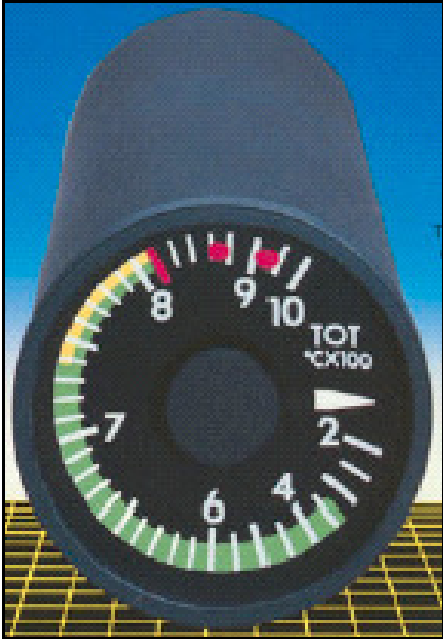
Şekil A 18 : Tranmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi

XIX. Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator); Anket çalışmasında [T] olarak kodlanmıştır.



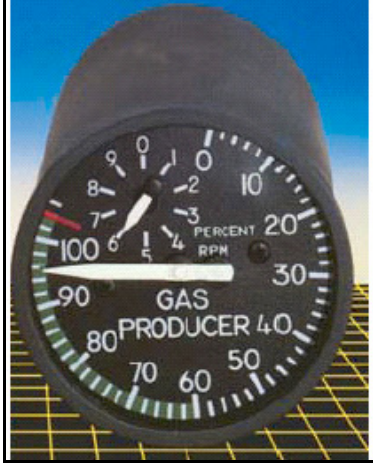
Şekil A 19 : Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi

XX. Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator); Anket çalışmasında [U] olarak kodlanmıştır.



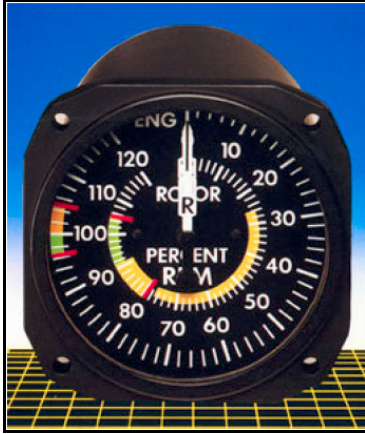
Şekil A 20 : Gaz sıcaklığı göstergesi

XXI. Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer); Anket çalışmasında [V] olarak kodlanmıştır.



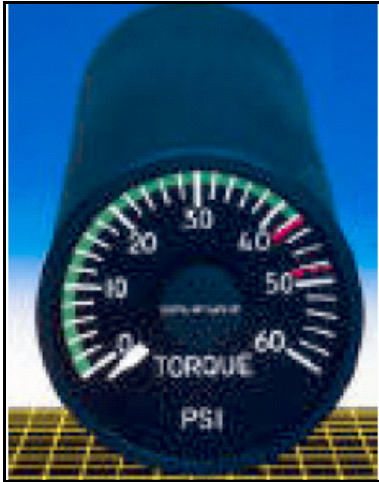
Şekil A 21 : Gaz üretici takometresi

XXII. Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer); Anket çalışmasında [Y] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 22 : Rotor / türbin takometresi

XXIII. Torkmetre (Torque Indicator); Anket çalışmasında [Z] olarak kodlanmıştır.



Şekil A 23 : Torkmetre

Ek B :**Çizelge B1:** Ek A’da yer alan göstergelerin boyut ve ağırlıkları

	TEMEL AVİYONİK ELEMAN	Ağırlık	Boyut
		(Kg)	(cm)
[A]	Hava hızı göstergesi	0,34	7.9W x 7.9H x 10L
[B]	Altimetre	0,544	8.6W x 8.6 x 10.8L
[C]	Manyetik pusula	0,272	8.6W x 8.6H x 5.7L
[D]	Durum göstergesi (Sigma Tek vac.)	0,862	8.6W x 8.6H x 16.2L
[E]	Yön gayrosu (Sigma Tek vac.)	1,179	8.2W x 8.2H x 16.5L
[F]	Saatmetre	0,454	5.7W x 5.7H x 9.3L
[G]	Yunus/yatış göstergesi	0,544	8.6W x 8.6H x 9.5L
[H]	Varyo göstergesi	0,318	7.9W x 7.9H x 10L
[I]	Transponder (mode S capable) (KT-70)	1,769	15.9W x 4.1H x 25.4L
[J]	NavCom1 (with GS rec/w ind) (KX-155A, KI-208)	1.905 0.454	15.9W x 5.1H x 25.8L, 8.2W x 8.2H x 20.3L
[K]	Ses paneli, marker alıcı (KMA-28)	0,68	15.9W x 3.3H x 17.3L
[L]	Otomatik yön bulucu (base unit+indicator+antenna) (KR-87)	1.315 0.318 1.905	16.1W x 3.4H x 27.3L
[M]	Mesafe ölçüm cihazı (panel mount) (KN-62)	1,179	16W x 3.3H x 31.1L
[N]	GPS_NAV_COMM (GARMIN GNS530)	3,175	15.9W x 10.9H x 27.9L
[O]	EFIS (Sandel SN-3308)	1,315	8.1W x 8.1H x 27.1L
[P]	Yakıt göstergesi	0.3*	5W x 5H x 3L*
[R]	Yakıt basıncı göstergesi	0.5*	5W x 5H x 7L*
[S]	Transmisyon yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi	0.5*	5W x 5H x 7L*
[T]	Motor yağ sıcaklığı ve basıncı göstergesi	0.5*	5W x 5H x 7L*
[U]	Gaz sıcaklığı göstergesi	0.5*	5W x 5H x 7L*
[V]	Gaz üretici takometresi	0.5*	5W x 5H x 7L*
[Y]	Rotor/Türbin takometresi	0.5*	5W x 5H x 5L*
[Z]	Tork metre	0.5*	5W x 5H x 7L*

HELİKOPTER PİLOTLARI İLE YAPILAN ANKET ÇALIŞMALARI

C.1 Çalışma Sırasında Pilotlara Yöneltilen Anket Soruları

1. Halen aktif olarak helikopter pilotu olarak görev yapıyor musunuz?
2. Kaç yıldır helikopter kullanıyorsunuz ya da kullandınız?
3. Sivil ya da askeri helikopterleri kaçar sene kullandınız?
Sivil:
Askeri:
4. Halen kullanmakta olduğunuz ya da en son kullandığınız helikopterin modeli nedir?
5. Halen kullanmakta olduğunuz ya da en son kullandığınız helikopteri kısaca tanımlayabilir misiniz?
6. Genel olarak kullandığınız helikopterlerin gösterge panellerini kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından nasıl tanımlarsınız?
7. Eğer birden fazla farklı tip helikopter kullandıysanız kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından en başarılı ve en başarısız bulduğunuz gösterge panelleri hangi helikopterlerde bulunuyordu?
En Başarılı :.....
(Varsa görüşleriniz:)
En Başarısız :.....
(Varsa görüşleriniz:)

8. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “önem” açısından puanlar mısınız [1-en az; 5-en çok]

- (A) Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) []
- (B) Yükseklik Göstergesi (Altimeter) []
- (C) Manyetik Pusula (Compass) []
- (D) Durum Göstergesi (Attitude Indicator) []
- (E) Yön Gayrosu (Directional Gyro) []
- (F) Saat metre (Clock) []
- (G) Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) []
- (H) Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) []
- (I) Transponder []
- (J) NavCom []
- (K) Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) []
- (L) Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) []
- (M) Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) []
- (N) GPS NavCom []
- (O) Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) []
- (P) Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) []

- **(R)** Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) []
- **(S)** Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi
(Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) []
- **(T)** Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and
Temperature Indicator) []
- **(U)** Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) []
- **(V)** Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) []
- **(Y)** Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) []
- **(Z)** Torkmetre (Torque Indicator) []

9. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “kullanım sıklığı” açısından puanlar mısınız [1-en az;5-en çok]

- **(A)** Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) []
- **(B)** Yükseklik Göstergesi (Altimeter) []
- **(C)** Manyetik Pusula (Compass) []
- **(D)** Durum Göstergesi (Attitude Indicator) []
- **(E)** Yön Gayrosu (Directional Gyro) []
- **(F)** Saat metre (Clock) []
- **(G)** Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) []
- **(H)** Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) []
- **(I)** Transponder []

- **(J)** NavCom []
- **(K)** Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) []
- **(L)** Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) []
- **(M)** Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) []
- **(N)** GPS NavCom []
- **(O)** Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) []
- **(P)** Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) []
- **(R)** Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) []
- **(S)** Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi
(Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) []
- **(T)** Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi
(Engine Oil Pressure and Temperature Indicator) []
- **(U)** Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) []
- **(V)** Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) []
- **(Y)** Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) []
- **(Z)** Torkmetre (Torque Indicator) []

10. Bu göstergelerden, (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, birbirine yakın olması gereken göstergeleri işlev bakımından gruplayınız. Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi harf kodlarını kullanınız. (Benzer ya da birbirine yakın işlevleri yerine getiren göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	
2.grup	
3.grup	
Diğer	

11. Bu göstergelerden hangileri, gündüz (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, belirli operasyonların gerçekleştirilmesinde, belirli bir sırada bulunmalıdır? Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi harf kodlarını kullanınız. (Okuma açısından belirli bir sırada okunması-bakılması gereken göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	
2.grup	
3.grup	
Diğer	

12. Deneyimleriniz sonucunda gösterge panelleri hakkında aktarmak istediğiniz herhangi bir bilgi var mı?

13. Sizce ideal bir gösterge paneli hangi özellikleri taşımalıdır?

14. Sizce bir gösterge panelinde olmaması gereken özellikler nelerdir?

C.2

Pilotlar Tarafından Cevaplandırılmış Olan Anket Çalışmalarından Örnekler

Pilot 1:

Pl

Araş. Gör. Cem ALPPAY
Doktora tezi anket çalışması
Tez konusu: Helikopter gösterge panellerinin ergonomi merkezli yaklaşım ile tasarlanmasına yönelik bir metot önerisi
Tez danışmanı: Prof. Dr. Nigan BAYAZIT

Katılımcı:
Ad-Soyad: TUFAN SAVAŞ (KAPTAN PILOT)
Tarih: 22 OCAK 2008

1. Halen aktif olarak helikopter pilotu olarak görev yapıyor musunuz?
Evet
2. Kaç yıldır helikopter kullanıyorsunuz/kullandınız?
31 yıl.
3. Sivil ya da askeri helikopterleri kaç sene kullandınız?
Sivil: 20 yıl
Askeri: 11 yıl
4. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopterin modeli nedir?
BELL 430 (Twin engine)
5. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopteri kısaca tanımlayabilirmisiniz? VIP Design, 2 pilot + 6 yolcu kapasiteli, çift motorlu, yüksek performanslı, Amerikan yapımı helikopter.
6. Genel olarak kullandığınız helikopterlerin gösterge panellerini kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından nasıl tanımlarsınız? Eski tip analog göstergeler olan helikopterlerde kokpit daha geniş ve yaygındır. Otomatik kullanılarak çalışırdı. Şu anda kullandığımız helikopterlerde ise göstergeler "Digital" olup, çok daha az yer kaplar.
7. Eğer birden fazla farklı tip helikopter kullandıysanız kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından en başarılı ve en başarısız bulduğunuz gösterge panelleri hangi helikopterlerde bulunuyordu?
En Başarılı: BELL 430, AGUSTA 109 C
(Varsa görüşleriniz:)
En Başarısız: INSTRUM.....

(Varsa görüşleriniz: Göstergelerin yerleri karmazık)

8. Fotoğraflarını yansıtacağımız göstergeleri, gündüz yapılacak alçak irtifa ya da kontur uçuşu şartları altında, önem açısından puanlarmısınız [1-en az; 5-en çok]

A	• Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator)	[5]
B	• Yükseklik Göstergesi (Altimeter)	[1]
C	• Manyetik Pusula (Compass)	[4]
D	• İrtifa Göstergesi (Attitude Indicator)	[2]
E	• Yön Gayrosu (Directional Gyro)	[4]
F	• Saat metre (Clock)	[3]
G	• Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator)	[5]
H	• Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator)	[1]
I	• Transponder	[1]
J	• NavCom	[4]
K	• Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver)	[1]
L	• Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder)	[5]
M	• Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit)	[5]
N	• GPS NavCom	[5]
O	• Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (Electronic Flight Information System)	[5]
P	• Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge)	[5]
Q	• Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator)	[4]
S	• Tranmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator)	[4]
T	• Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator)	[4]
U	• Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator)	[4]
V	• Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer)	[4]
Y	• Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer)	[5]
Z	• Torkmetre (Torque Indicator)	[5]

9. Fotoğraflarını yansıtacağımız göstergeleri, gündüz yapılacak alçak irtifa ya da kontur uçuşu şartları altında, kullanım sıklığı açısından puanlar mısınız[1-en az; 5-en çok]

▪ Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator)	[5]
▪ Yükseklik Göstergesi (Altimeter)	[1]
▪ Manyetik Pusula (Compass)	[4]
▪ İrtifa Göstergesi (Attitude Indicator)	[2]
▪ Yön Gayrosu (Directional Gyro)	[4]
▪ Saat metre (Clock)	[3]
▪ Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator)	[5]
▪ Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator)	[1]
▪ Transponder	[1]
▪ NavCom	[4]
▪ Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver)	[1]
▪ Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder)	[5]
▪ Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit)	[5]
▪ GPS NavCom	[5]
▪ Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (Electronic Flight Information System)	[5]
▪ Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge)	[5]
▪ Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator)	[4]
▪ Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator)	[4]
▪ Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator)	[4]
▪ Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator)	[4]
▪ Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer)	[4]
▪ Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer)	[5]
▪ Torkmetre (Torque Indicator)	[5]

(VFR) S/S uçuşlarında

10. Bu göstergelerden, gündüz yapılacak alçak irtifa ya da kontur uçuşu şartları altında, hangileri birbirine yakın olması gereken göstergeleri işlev bakımından gruplayınız.

1.grup	A, B, E, C, H, D, G, F
2.grup	I, J, K, L, M, N
3.grup	O, P, R, S, T, U, V, Y, Z
Diğer	Meteoroloji Radarı,

(VFR) S/S uçuşlarında

11. Bu göstergelerden hangileri, gündüz yapılacak alçak irtifa ya da kontur uçuşu şartları altında, belirli operasyonların gerçekleştirilmesinde, belirli bir sırada bulunmalıdır?

1.grup	A, B, E, G, H, F, I, P, N
2.grup	Z, Y, V, U, T, S, R,
3.grup	O, M, L, K, J, L, C
Diğer	

12. Deneyimleriniz sonucunda gösterge panelleri hakkında aktarmak istediğiniz herhangi bir bilgi var mı?

13. Sizce ideal bir gösterge paneli hangi özellikleri taşımalıdır?

Uçuş göstergelerinin bir grupta, Motor ve Transmisyon ve yakıt miktar göstergesi ile Elektrik (AC, DC) voltaj göstergelerinin bir grupta, Avionik, GPS bir grupta olması özelliği önemlidir.

14. Sizce bir gösterge panelinde olmaması gereken özellikler nelerdir?

Pilotun dikkatini dağıtacak, daha az öncelikli göstergelerin yerlerinin kaptan kenarlarına serpiştirilmesi.

Pilot 4:

P4

Araş. Gör. Cem ALPPAY
Doktora tezi anket alışması
Tez konusu: Helikopter gösterge panellerinin ergonomi merkezli yaklaşım ile tasarlanmasına yönelik bir metod nerisi
Tez danışmanı: Prof. Dr. Nigan BAYAZIT

Katılımcı: .
Ad-Soyad: İsa İşık
Tarih: 24/01/2008

1. Halen aktif olarak helikopter pilotu olarak görev yapıyor musunuz?
Evet
2. Kaç yıldır helikopter kullanıyorsunuz/kullandınız?
30 yıldır.
3. Sivil ya da askeri helikopterleri kaçar sene kullandınız?
Sivil: 10 yıl.
Askeri: 20 yıl
4. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopterin modeli nedir?
EC-155B1 Eurocopter.
5. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopteri kısaca tanımlayabilirmisiniz?
Grif motorlu (2+8) yolcu kapasiteli + 3.30 saat havada kalabilen 175K VNE olan çok ncel bir VIP EXECUTIVE helikopterdir.
6. Genel olarak kullandığınız helikopterlerin gösterge panellerini kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından nasıl tanımlarsınız?
Glas kokpit olup çok kullanışlı bir yapıya sahiptir.

7. Eğer birden fazla farklı tip helikopter kullandıysanız kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından en başarılı ve en başarısız bulduğunuz gösterge panelleri hangi helikopterlerde bulunuyordu?

En Başarılı : *EC-155 B1, S-76 C, A-109 P*

(Varsa görüşleriniz:

En Başarısız : *AS-365 B1 paneli (DOLPHIN)*

(Varsa görüşleriniz:

8. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “önem” açısından puanlarmısınız [1-en az; 5-en çok]

- | | |
|--|-----|
| • (A) Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) | [5] |
| • (B) Yükseklik Göstergesi (Altimeter) | [5] |
| • (C) Manyetik Pusula (Compass) | [2] |
| • (D) Durum Göstergesi (Attitude Indicator) | [2] |
| • (E) Yön Gayrosu (Directional Gyro) | [5] |
| • (F) Saat metre (Clock) | [3] |
| • (G) Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) | [2] |
| • (H) Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) | [2] |
| • (I) Transponder | [4] |
| • (J) NavCom | [4] |
| • (K) Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) | [1] |
| • (L) Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) | [1] |
| • <i>VO R</i> — — — — — <i>5</i> | |
| • (M) Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) | [2] |
| • (N) GPS NavCom | [5] |
| • (O) Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) | [3] |
| • (P) Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) | [5] |
| • (R) Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) | [4] |
| • (S) Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) | [4] |

- (T) Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator) [4]
- (U) Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) [5]
- (V) Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) [5]
- (Y) Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) [5]
- (Z) Torkmetre (Torque Indicator) [5]

9. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuş şartları altında, “kullanım sıklığı” açısından puanlarmısınız [1-en az; 5-en çok]

- (A) Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) [5]
- (B) Yükseklik Göstergesi (Altimeter) [5]
- (C) Manyetik Pusula (Compass) [4]
- (D) Durum Göstergesi (Attitude Indicator) [1] - 1P de (5)
- (E) Yön Gayrosu (Directional Gyro) [5]
- (F) Saat metre (Clock) [3]
- (G) Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) [4]
- (H) Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) [3]
- (I) Transponder [2]
- (J) NavCom [4]
- (K) Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) [2]
- (L) Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) [1]
- (M) Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) [3]
- (N) GPS NavCom [5]
- (O) Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) [3]
- (P) Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) [5]
- (R) Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) [4]
- (S) Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) [4]

- (T) Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator) [4]
- (U) Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) [5]
- (V) Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) [5]
- (Y) Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) [5]
- (Z) Torkmetre (Torque Indicator) [5]

10. Bu göstergelerden, (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, birbirine yakın olması gereken göstergeleri işlev bakımından gruplayınız. Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi kodları kullanınız. (Benzer ya da birbirine yakın işlevleri yerine getiren göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	A, B, D, E, G, H
2.grup	MOTOR GÖSTERGELERİ
3.grup	KMSN "
Diğer	NAV "

11. Bu göstergelerden hangileri, gündüz (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, belirli operasyonların gerçekleştirilmesinde, belirli bir sırada bulunmalıdır? Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi kodları kullanınız. (Okuma açısından belirli bir sırada okunması-bakılması gereken göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	A, B, E, X ve Y
2.grup	P, R
3.grup	S, T,
Diğer	

12. Deneyimleriniz sonucunda gösterge panelleri hakkında aktarmak istediğiniz herhangi bir bilgi var mı?

- 1. Normal büyüklükte
- 2. min. ve max. değerleri kırmızı olarak işaretlenmiş
- 3. Caution değerleri Sarı olarak

13. Sizce ideal bir gösterge paneli hangi özellikleri taşımalıdır?

Aydınlatması mutlaka olmalı
Hayati öneme haiz motor ve XUSN göstergelerinin
min ve max değerlere ulaştığında ikaz eden ilave bir
ikon sistemi olmalıdır.

14. Sizce bir gösterge panelinde olmaması gereken özellikler nelerdir?

İşaretlene numarasız yapılmalıdır.
Koyu renkli alınmalıdır.

Değerli katkınız için teşekkür ederim
Araş. Gör Cem ALPPAY

Pilot 5:

P5

Araş. Gör. Cem ALPPAY

Doktora tezi anket alışması

Tez konusu: Helikopter gösterge panellerinin ergonomi merkezli yaklaşım ile tasarlanmasına yönelik bir metod nerisi

Tez danışmanı: Prof. Dr. Nigan BAYAZIT

Katılımcı:

Ad-Soyad:

Tarih:

1. Halen aktif olarak helikopter pilotu olarak görev yapıyormusunuz?

evet

2. Kaç yıldır helikopter kullanıyorsunuz/kullandınız?

30 yıldır

3. Sivil ya da askeri helikopterleri kaçar sene kullandınız?

Sivil: 13 yıl

Askeri: 17 yıl

4. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopterin modeli nedir?

A 119 KOALA

Bell-206 L3

ENSTRON 480

5. Halen kullanmakta olduğunuz / en son kullandığınız helikopteri kısaca tanımlayabilirmisiniz?

TÜRBİN motorlu, EGİTİM, HAVA FOTO VE GEZİ Amaçlı kullarılan U.S.A malı bir helikopterdir. experimental (DeneySEL) bir helikopter olup bu helikopter üzerinde gelişmelerin uygulanabileceği bir helikopterdir.

6. Genel olarak kullandığınız helikopterlerin gösterge panellerini kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından nasıl tanımlarsınız?

Çok rahat ve hakimiyet imkanı sağlayan bir dizayndadır.

7. Eğer birden fazla farklı tip helikopter kullandıysanız kullanım kolaylığı ve ergonomi açısından en başarılı ve en başarısız bulduğunuz gösterge panelleri hangi helikopterlerde bulunuyordu?

En Başarılı: Bell 206 L Series Agusta helikopter Series, Enstrom Helikopter Series
(Varsa görüşleriniz:

En Başarısız: Rus helikopterleri ve Eski model bütün helikopterler
(Varsa görüşleriniz: 2000 yılı öncesi üretilmiş helikopterler)

8. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, "önem" açısından puanlarmısınız [1-en az; 5-en çok]

- (A) Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) [2] (VFR)
- (B) Yükseklik Göstergesi (Altimeter) [5] Görüşelde ve Altimet (IFZ) mustar EN ÖNEMLİ ALETTİR.
- (C) Manyetik Pusula (Compass) [5]
- (D) Durum Göstergesi (Attitude Indicator) [5]
- (E) Yön Gayrosu (Directional Gyro) [5]
- (F) Saat metre (Clock) [3]
- (G) Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) [4] Görüşelde 3 Altimet 5*
- (H) Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) [4] Görüşelde 2 Altimet 5*
- (I) Transponder (Transponder olmadan hiçbir uşak uşur/mur) [2] Yeni önemli değildir. Ancak uşanın durumunu, yeri, yerini bildirir
- (J) NavCom → iyi orta derecede önemli uşak için önemli [4]
- (K) Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) Görüşelde → [1] Altimet 5
- (L) Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) [5]
- (M) Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) [5]
- (N) GPS NavCom * [5] *
- (O) Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) [5]
- (P) Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) → Az kaldığını bildirir ısıtık 5* [5]
- (R) Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) [3]
- (S) Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) [5]

- (T) Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator) [5]
 - (U) Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) [4]
 - (V) Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) [5]
 - (Y) Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) [5]
 - (Z) Torkmetre (Torque Indicator) [5]
9. Aşağıda listelenen göstergeleri, gündüz yapılacak (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, “kullanım sıklığı” açısından puanlarmısınız [1-en az; 5-en çok]
- (A) Hava Hızı Göstergesi (Air Speed Indicator) [2]
 - (B) Yükseklik Göstergesi (Altimeter) [3]
 - (C) Manyetik Pusula (Compass) [2]
 - (D) Durum Göstergesi (Attitude Indicator) [2]
 - (E)Yön Gayrosu (Directional Gyro) [4]
 - (F) Saat metre (Clock) [1]
 - (G)Yunus/Yatış Göstergesi (Turn and Bank Indicator) [2]
 - (H) Varyo Göstergesi (Vertical Speed Indicator) [1]
 - (I) Transponder [1]
 - (J) NavCom [1]
 - (K) Ses Paneli, Marker Alıcı (Audio Panel, Marker Receiver) [1]
 - (L) Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder) [4]
 - (M) Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Unit) [4]
 - (N) GPS NavCom [5]
 - (O) Elektronik Uçuş Enformasyon Sistemi (EFIS) [4]
 - (P)Yakıt Göstergesi (Fuel Gauge) [4]
 - (R)Yakıt Basıncı Göstergesi (Fuel Pressure Indicator) [1]
 - (S) Transmisyon Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Transmission Oil Pressure and Heat Indicator) [3]

- (T) Motor Yağ Sıcaklığı ve Basıncı Göstergesi (Engine Oil Pressure and Temperature Indicator) [3]
- (U) Gaz Sıcaklığı Göstergesi (Gas Temperature Indicator) [5]
- (V) Gaz Üretici Takometresi (Gas Producer Tachometer) [5]
- (Y) Rotor / Türbin Takometresi (Rotor/Engine Tachometer) [5]
- (Z) Torkmetre (Torque Indicator) [5]

10. Bu göstergelerden, (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, birbirine yakın olması gereken göstergeleri işlev bakımından gruplayınız. Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi kodları kullanınız. (Benzer ya da birbirine yakın işlevleri yerine getiren göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	A, B, C, D, E, M, N, O, V, Y, Z
2.grup	G, H, S, T, U,
3.grup	H, I, K, L, (P), (R)
Diğer	Telsiz cihazları.

11. Bu göstergelerden hangileri, gündüz (VFR) seyrüsefer (s/s) uçuşu şartları altında, belirli operasyonların gerçekleştirilmesinde, belirli bir sırada bulunmalıdır? Grupları oluştururken göstergelerin (A), (K) gibi kodları kullanınız. (Okuma açısından belirli bir sırada okunması-bakılması gereken göstergeleri aynı gruplara yerleştiriniz)

1.grup	Sürat Saati, Durum göstergesi, Tork, Durum göstergesi, (Telsiz) Yakıt göstergesi, Sürat Saati (Telsiz)
2.grup	Transmisyona yağ basıncı, hareketi - Yağ basıncı hareketi -
3.grup	İstihkamat göstergesi, pusula, yakıt göstergesi, Durum göstergesi, istihkamat göstergesi, Telsiz
Diğer	Telsiz frekansları, yedek frekans, Asli konum frekansı

12. Deneyimleriniz sonucunda gösterge panelleri hakkında aktarmak istediğiniz herhangi bir bilgi var mı? Pilot hangi tarafta oturuyorsa

Durum göstergesi, Rotor/Engine tabanetreler, Yaj hareket ve besme göstergeleri pilotta yakın konulmalıdır.

Güneş ışığının yansımaları nedeniyle portadaki güneşli

13. Sizce ideal bir gösterge paneli hangi özellikleri taşımalıdır? Kılıbı siyah olmalı.

Benim tercihim Analog özellikli saatler içermelidir.

Ancak günümüz dünyesi elektronik olduğundan Teli bir saatte bütün yukardaki hususlar teli bir ekrandan gösterilmelidir. - Gidat bu yödedir. Yeni nesil pilotlar

14. Sizce bir gösterge panelinde olmaması gereken özellikler nelerdir?

Elektronik kesintisinde birden yola olmamalı. Önceden böyle bir hususu belirten özellik olsa iyi olur.

Bilgi veren gösterge tercih edilmelidir.

Örneğin Laptop bataryası zayıflayınca

pil zayıf ikonu alıyorsa. Buna benzer

elektronik kesildi ancak (halihazırda yok.)

bir kılıbı batarya ile beslenip en az 5 veya

10 dakika sonra tamamen kapanacağı

diye bir ikon pilotun, gelişen

duruma göre önlem almasını sağlar

hazırlıksız yakalanan pilot, panik

yaparsa, gereksiz kaza olabilir.

İmza: Ali yapıyor - Yedekli Ali

Değerli katkınız için teşekkür ederim
Araş. Gör Cem ALPPAY

kullanılabilir mi.

Ali

Böyle bir durumda Ali'yi Pilot

zerellikle son yaklaşma yani neytime yaklaşma kule ile görüşmek için sahalar.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: E. Cem ALPPAY

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1971

Adres: İTÜ Mimarlık Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, Taşkışla, Taksim, 34437, İstanbul

Lisans Üniversitesi: Mimar Sinan Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı, 1997

Y. Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı, 2000

Yayın Listesi:

- **Alppay C., Kurt S.,** (2011); How To Teach Technical Drawing Course At Industrial Product Design Department, *2th International conference on new trends in education and their implications 2011*, 27-29.04.2011, Antalya, Türkiye
- **Erkök M., Alppay C.,** (2010), Otomobilin geleceği, TÜBİTAK Bilim Teknik, Sayı **506**, ss. 58-63
- **Satir S., Er O, Alppay C,** (2006), The Development of Future Public Transport Vehicles in the Context of Design Education and an Experimental Study in Education” ,*35th International IGIP Symposium in cooperation with IEE/ASEE/SEFI*, 18.09.2006, Tallinn, Estonia
- **Alppay C.,** (2005), Ofis ortamında “İnsan Faktörleri”, Ofis+İletişim, **2005/1**, ss.116-121
- **Alppay C.,** (2005), İstanbulUlaşım 2020: İstanbul için geleceğe yönelik toplu ulaşım araçları tasarım projesi, Devir Saati, sayı **49**, ss.40-42
- **Vatan C., Alppay C.** (2004), TasarımdaFarklılaşma, *Fourth International conference on Design and Emotoion*, 12-14.07.2004, Ankara, Türkiye
- **Alppay C.,** (2000), Hafif Raylı Sistem Araçlarının İç Mekanlarının Morfolojik Açından Analizi, Y.Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü