



**BİLİŞSEL ÇALIŞMA ANALİZİ; HİDROLİK KAZICI VE OPERATÖR
ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Nurullah TAŞKIRAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2019

Nurullah TAŞKIRAN tarafından hazırlanan “BİLİŞSEL ÇALIŞMA ANALİZİ; HİDROLİK KAZICI VE OPERATÖR ETKİLEŞİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

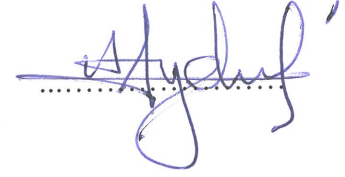
Danışman: Doç. Dr. Dilek AKBULUT

Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



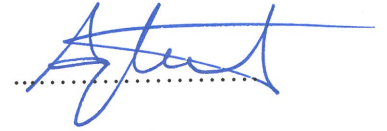
Başkan: Prof. Dr. Aydın ŞİK

Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aydın ÖZTOPRAK

Endüstri Ürünleri Tasarımı Ana Bilim Dalı, TOBB ETÜ
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 02/01/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nurullah TAŞKIRAN

02/01/2019

BİLİŞSEL ÇALIŞMA ANALİZİ; HİDROLİK KAZICI VE OPERATÖR ETKİLEŞİMİ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Nurullah TAŞKIRAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2019

ÖZET

İş makineleri yapıları gereği zor çevresel koşullarda faaliyet göstermektedir. İhtiyaçlara göre farklı işlevler için özelleşen bu araçlar, karmaşık ve kontrolü zor yapılar olarak kullanıcıların karşısına çıkmaktadır. İş makinelerinin yapısal karmaşıklıkları, kullanımlarında zaman zaman sorunlara yol açabilmektedirler. Bu sorunlar sistemde güvenlik ve performansı etkileyen unsurlar olarak belirlemektedir. Bu sebeple sistemin çalışması esnasında meydana gelen farklı senaryoların göz önünde bulundurulması, kullanıcı etkileşiminde ihtiyaç duyulan yapıların daha geniş açıdan değerlendirilmesini sağlayacaktır. Yapılan çalışmada, paletli kazıcılarda (ekskavatör) insan makine etkileşimi incelenerek olası sistem iyileştirmeleri değerlendirilmektedir. Araştırma yöntemi olarak çalışma kapsamında uygulaması gerçekleştirilen bilişsel çalışma analizi (CWA [cognitive work analysis], [bilişsel çalışma analizi]); paletli kazıcı, operatör ve dış çevreden oluşan sistemi bileşenlerine ayırarak detaylı bir şekilde incelemektedir. Ayrıca CWA, sistem içerisinde meydana gelebilecek olası senaryoları tanımlayarak insan-makine etkileşimini bu senaryolar açısından değerlendirme imkânı sağlamıştır. Çalışma, temel olarak CWA ile insan – iş makinesi sisteminin performansını, sistemi alt bileşenlerine ayırarak ve etkin eylem ve durumları belirleyerek iyileştirme yollarını araştırmaktadır. Çalışma sırasında CWA'nın ilk iki adımı olan Çalışma Alanı Analizi (WDA) ve Kontrol Görev Analizi (ConTA) uygulanmıştır.

Bilim Kodu : 80305
Anahtar Kelimeler : Endüstriyle tasarım, hidrolik kazıcılar, etkileşim, bilişsel çalışma analizi, arayüz
Sayfa Adedi : 110
Danışman : Doç. Dr. Dilek AKBULUT

COGNITIVE WORK ANALYSIS; A STUDY ON INTERACTION OF HYDRAULIC
EXCAVATORS AND OPERATORS

(M. Sc. Thesis)

Nurullah TAŞKIRAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2019

ABSTRACT

Construction equipment operate in harsh environments due to their purpose. Specialized for different tasks, these machines are complex vehicles for users. From time to time, complexities of these machines cause some difficulties and problems in their usage. Thus evaluating different usage scenarios will help to define the possible enhancements in user interaction while working with them. This study focuses on possible enhancements by evaluating human machine interaction in crawler excavators. Cognitive work analysis (CWA), which is chosen and applied analysis method within the scope of the study, examines the system in detail by dividing it into sub-components as operator, excavator and environment. This analysis method allows to evaluate human machine interaction by considering different working scenarios of the system. By using CWA, this study aims to search possible enhancements on system performance by decomposing into sub components of system to find the actions and situations which are effective on system performance. In order to do so, the first two steps of CWA as Work Domain Analysis (WDA) and Control Task Analysis (ConTA) are applied.

Science Code : 80305

Key Words : Industrial design, hydraulic excavators, interaction, cognitive work analysis, interface

Page Number : 110

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Dilek AKBULUT

TEŞEKKÜR

Öğrencisi olduğum için kendimi çok şanslı hissettiğim, tez çalışmam süresince desteğini hiç esirgemeyen ve her aşamada bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Dilek AKBULUT'a, bu yorucu ve stresli süreçte destekleri, sevgileri ve yardımları için annem Sevim TAŞKIRAN'a, babam Ahmet TAŞKIRAN'a ve tüm yardımları için kıymetli arkadaşlarım İsmail Yavuz PAKSOY ve Ümit BAYIRLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmanın gerçekleşmesinde katkıları olan ve görüşmeyi kabul edip çalışmamı gerçekleştirmeme katkıda bulunan kazıcı operatörleri ve meslek yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. İNSAN – MAKİNE ETKİLEŞİMİ BAĞLAMINDA İŞ MAKİNELERİ VE OTONOM ARAÇLAR.....	7
2.1. Çalışma Ortamlarında İnsan Faktörleri	7
2.1.1. İnsan-makine etkileşimi	9
2.1.2. İnsan-makine arayüzü	11
2.2. İş Makineleri ve Arayüz.....	11
2.2.1. İş makinesi kategorileri.....	13
2.2.2. İş makinelerinde arayüz bileşenleri	14
2.3. İş Makinelerinde Otomasyon Biçimleri	15
2.3.1. Kabinli araç - operatör içerde	15
2.3.2. Kabinli araç - operatör dışarda.....	16
2.3.3. Kabinsiz araç - operatör dışarda	17
3. SOSYO-TEKNİK SİSTEMLER VE BİLİŞSEL ÇALIŞMA ANALİZİ (CWA-COGNITIVE WORK ANALYSIS).....	19
3.1. Sosyo-Teknik Sistemler	19

Sayfa

3.1.1. Sosyo-teknik sistem tasarımı ve otonom sistemler	22
3.1.2. Sosyo-teknik sistem tasarımlarında karşılaşılan zorluklar.....	23
3.2. Bilişsel Çalışma Analizi	24
3.2.1. Çalışma alanı analizi	26
3.2.2. Kontrol görev analizi (ConTA).....	30
3.2.3. Strateji analizi	32
3.2.4. Sosyal organizasyon ve işbirliği analizi.....	33
3.2.5. Çalışan yetkinlikleri analizi	34
4. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM	35
4.1. Hidrolik Kazıcılar.....	36
4.2. Alan Çalışması ve Katılımcı Profili	37
4.2.1. Uzman endüstriyel tasarımcı.....	38
4.2.2. Test mühendisi	38
4.2.3. Operatör eğitmeni	38
4.2.4. Kazıcı operatörü.....	39
4.3. AH'nin Oluşturulması	39
4.4. Kontrol Görev Analizi (ConTA).....	41
4.5. Elde Edilen Verilerin Hesaplanması	43
4.5.1. Durum frekansı	43
4.5.2. Fonksiyon önceliği.....	44
4.5.3. Aktivite önceliği.....	47
4.6. Fiziksel Nesnelerin Önceliklerinin Belirlenmesi	48
4.7. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi.....	49
5. VERİLERİN ANALİZİ	51
5.1. Çalışma Alanı Analizi	51

Sayfa

5.1.1. Değer ve öncelikler	51
5.1.2. Amaca yönelik fonksiyonlar	57
5.1.3. Fiziksel işlemler	58
5.1.4. Fiziksel nesneler.....	59
5.2. Kontrol Görev Analizi.....	60
5.2.1. Belirlenen durumlar	61
5.2.2. Sık rastlanılan durumlar	62
5.2.3. Fonksiyon önem değeri.....	71
5.2.4. Aktivite önceliği.....	73
5.2.5. Değerlendirmelerin özeti	76
6. BULGULAR	79
6.1. İnsan – Makine Sistem Performansını Geliştirmeye Yönelik Bulgular.....	79
6.2. Aktivite Önceliği ile Bulunan Geliştirmeler	80
6.3. Bilişsel Çalışma Analizi Çalışmaları Kapsamında Öne Çıkan Tasarım Çözümlmeleri	85
6.4. Aktivite Önceliğinin Belirlenmesi	87
6.4.1. Durum sıklığı	87
6.4.2. Fonksiyon önceliği.....	87
6.4.3. Aktivite puanı.....	88
6.4.4. Durumların seçimi	88
6.4.5. Fiziksel nesnelerin puanları	89
7. SONUÇ VE YORUMLAR.....	91
KAYNAKLAR	93
EKLER.....	97
EK- 1. Yarı yapılandırılmış görüşme soruları.....	98

	Sayfa
EK- 2. Operatör anket formu	101
EK- 3. Video çekim izin formu.....	104
EK- 4. AH tablosu.....	106
EK-5. CAT	107
ÖZGEÇMİŞ	108

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. AH genel yapısı ve basamakları	27
Çizelge 4.1. CAT şablonu.....	42
Çizelge 4.2. Durum frekansı	44
Çizelge 4.3. Fiziksel işlem önceliklerinin hesaplanması	46
Çizelge 4.4. Aktivite önceliği	48
Çizelge 5.1. Amaca yönelik fonksiyonlar ve bağlı oldukları değer ve öncelikler	58
Çizelge 5.2. Fiziksel işlemler ve bağlı oldukları fonksiyonlar	59
Çizelge 5.3. Fiziksel nesneler ve ilgili oldukları fiziksel işlemler	60
Çizelge 5.4. CAT için belirlenen durumlar.....	61
Çizelge 5.5. Şehir dışında çalışma durumunda fonksiyon puanları.....	63
Çizelge 5.6. Kötü havada çalışma durumunda fonksiyon puanları	65
Çizelge 5.7. Şantiyede çalışma durumunda fonksiyon puanları	67
Çizelge 5.8. Şehir dışında çalışma durumunda fonksiyon puanları.....	68
Çizelge 5.9. Yüksek zeminde çalışma durumunda fonksiyon puanları	70
Çizelge 5.10. Amaca yönelik fonksiyonların önceliklerine göre gruplandırılması	72
Çizelge 5.11. Fonksiyonların önceliklerine göre gruplandırılması.....	72
Çizelge 5.12. CAT tablosundan kesit	73
Çizelge 5.13. CAT tablosunda aktivite öncelikleri	74
Çizelge 5.14. Şehir dışında çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar	74
Çizelge 5.15. Kötü havada çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar	75
Çizelge 5.16. Şantiyede çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar	75
Çizelge 5.17. Şehir içinde çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar	76
Çizelge 5.18. Yüksek zeminde çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar	76

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Sık rastlanılan durumlarda yüksek aktivite öncelikli fonksiyonlar	81
Çizelge 6.2. Önemli durumlarda yüksek aktivite puanına sahip aktiviteler	82

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. İnsan faktörleri döngüsü (Wickens ve diğerleri, 2014).	9
Şekil 2.2. İş makineleri kategorileri (“construction equipments”)	14
Şekil 2.3. Kabinli araç operatör içeride durumunda operatör-arac etkileşimi	16
Şekil 2.4. Kabinli araç operatör dışarıda durumunda operatör-arac etkileşimi	17
Şekil 2.5. Kabinsiz araç operator dışarıda durumunda operator-arac etkileşimi	18
Şekil 3.1. CWA genel yapısı ve basamakları.....	25
Şekil 3.2. CWA aşamaları (Jenkins ve diğerleri, 2008).....	26
Şekil 3.3. AH’de kavramlar ve kavramlar arası bağlantılar.....	28
Şekil 3.4. ADS tablosu (Jenkins ve diğerleri, 2008).....	29
Şekil 3.5. Karar merdiveni (Jenkins ve diğerleri, 2008)	31
Şekil 3.6. CAT tablosu (Jenkins ve diğerleri, 2008).....	32
Şekil 4.1. Çalışmada yer alan CWA basamakları	35
Şekil 4.2. Hidrolik kazıcı genel yapısı (Håkansson, 2004).....	37
Şekil 4.3. Oluşturulan ilk AH taslağı	40
Şekil 4.4. Kavramlar arası neden – nasıl ilişkisi.....	41
Şekil 4.5. Fonksiyon önceliği.....	46
Şekil 4.6. Fiziksel nesnelerde öncelik puanları.....	49
Şekil 5.1. Verimlilik değeri.....	52
Şekil 5.2. Verimlilik değeri.....	53
Şekil 5.3. Güvenlik değeri	54
Şekil 5.4. Güvenlik değeri	54
Şekil 5.5. Konfor değeri.....	56
Şekil 5.6. Konfor değeri.....	57
Şekil 6.1. Nesnelerin operatör ve araç üzerinde dağılımları	90

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. İş makinesi kabini ve operatörün simülasyon modeli (Velikanov ve diğerleri, 2016).....	13
Resim 5.1. Yüksek zeminde çalışmakta olan bir kazıcı.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
ADS	Soyut Ayırıştırma Alanı (Abstraction-Decomposition Space)
AH	Soyut Hiyerarşi (Abstraction Hierarchy)
CAT	Bağlamsal Aktivite Şablonu (Contextual Activity Template)
ConTA	Kontrol Görev Analizi (Control Task Analysis)
CWA	Bilişsel Çalışma Analizi (Cognitive Work Analysis)
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü (International Standards Organization)
İMDER	Türkiye İş Makinaları Distribütörleri ve İmalatçıları Derneği
NHTSA	Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (National Highway Traffic Safety Administration [A.B.D.])
SAD	Strateji Analizi Diyagramı (Strategy Analysis Diagram)
UR-GE	Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesinin Desteklenmesi
WDA	Çalışma Alanı Analizi (Work Domain Analysis)

1. GİRİŞ

Konunun tanımı

İş makineleri, dünya genelinde farklı birçok alanda hizmet vermektedir. İnşaat başta olmak üzere kerestecilik, tarım ve madencilik gibi farklı ve büyük sektörler bünyesinde yer bulan iş makineleri bu sebeple yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Dünya üzerinde yaklaşık 200 milyar dolarlık ticaret hacmine sahip olan iş makinaları sektöründe dünyanın 11. büyük pazarı olan Türkiye'nin 2023 yılında 6. büyük pazarı olması beklenmektedir (Türkiye İş Makinaları Distribütörleri ve İmalatçıları Derneği [İMDER]).

Türkiye'de inşaat sektörü içinde iş makineleri ciddi bir paya sahiptir. Son 50 yıldır iş makineleri üretimi yapılan ülkemizde günümüzde bu üretimin %40'ını yerli üretici, %60'ını ise distribütörler oluşturmaktadır (Uluslararası Rekabetçiliğin Geliştirilmesinin Desteklenmesi [UR-GE]) Son yıllardaki satış adetlerine bakıldığında ise iş makineleri sektöründe kazıcı yükleyicilerin satış birinciliğini kazıcılara bıraktığı görülmektedir. 2017 yılında paletli kazıcılar, genel satış rakamları azalmasına rağmen %2,8'lik artış ile Türkiye'de en çok satılan iş makinesi olmuştur (Makine Parkuru).

Paletli kazıcıların ülke pazarında sahip olduğu satış rakamlarının yüksek oluşu, kullanım oranlarının ciddi anlamda yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Fakat bu kullanım esnasında hidrolik kazıcıların karışmış olduğu kaza oranları da ciddi boyuta ulaşmaktadır. İnşaat sektörü incelendiğinde, yapı makinelerinin yol açmış olduğu kazaların insan ve malzeme düşmesinden sonra %8,6 ile en yüksek üçüncü ölüm oranına sahip olduğu görülmüştür (Müngen, 2011). Madencilik sektöründe ise yer üstü kazalar incelendiğinde, iş makinelerinin %39 ile en yüksek kaza oranına sahip olduğu görülmüştür (S. Önder, Suner, ve M. Önder, 2011).

Operatörlerin maruz kaldığı yorgunluk ve çalışma ortamına bağlı diğer riskleri ortadan kaldırması planlanan otomasyon sistemi, operatör ve iş makinesi arasındaki etkileşimi radikal bir biçimde etkilemektedir. Bu sebeple etkileşimi sağlayacak olan arayüzün tasarımı oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Operatörün ihtiyacını karşılamak konusunda yetersiz kalacak bir arayüzde, operatör işe yabancılaşacak, aracın kontrolü ve gerektiği yerde kumanda edilmesi zorlaşacak veya imkânsız hale gelecektir. Bu da işin yapılamamasına,

zaman ve para kaybına yol açacaktır. Kritik durumlarda sistem performansını artırmak adına, teknik sistemler ile operatörler arasında etkin bir iletişimin sağlanması önem taşımaktadır. Böyle durumlarda eksik bilgi gelmesi operatör ve makine etkileşimini kesintiye uğrattırıp kazalara ve aksaklıklara yol açacaktır. Bu sebeple kullanıcı ihtiyacını gözeten, kullanıcı deneyimini iyileştirecek, işin verimliliğini artıracak ve risk faktörlerini ortadan kaldıracak bir arayüz tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. Otonom araçlar da bu noktada devreye girmektedir.

Otonom sistemleri meydana getirirken, yeterli performansı alabilmek adına insan makine etkileşiminin, görevleri yeterli bir şekilde yerine getirebileceği şekilde ve amacına uygun bir biçimde tasarlanmış olması gerekmektedir. Sistemin hangi kısımlarında otonom olacağı ya da operatöre yardımcı olacağı iyi belirlenmelidir. Bu noktada sadece teknolojik olarak elverdiği için gerekli gereksiz her bölümü otonom yapmak yanlış olacaktır. Ayrıca otonom olarak gerçekleşmesi gereken eylemler belirlenirken, operatörün yaşayacağı tecrübe de dikkate alınmalıdır. Kolay bir işi otonom yaparken zor bir işi manuel olarak operatöre devretmek, bu işi operatör için daha zor ve karmaşık hale getirebilir. (Bainbridge, 1983).

Araştırmanın yöntemi ve amacı

İş makineleri, kullanım amaçlarına göre oldukça farklı yapı ve işlevlere sahip olmaktadır. İş makinelerinin çalışma alanlarının tehlikelere açık çalışma sahaları ve iş makinelerinin karmaşık yapısı kullanıcılar için kaza riskleri taşımaktadır. Bu riskleri ortadan kaldırmak için operatör ile iş makinesi arasındaki ilişkinin doğru kurgulanması gerekmektedir. Bu ilişki kurgulanırken, insan makine etkileşimini daha doğru değerlendirebilmek adına sistemi çevresel faktörleri de dâhil ederek değerlendirmek gerekmektedir. Çevresel faktörler ile birlikte araç ve kullanıcı ilişkisini değerlendirebilmek adına Rasmussen (1986) tarafından geliştirilmiş olan bilişsel çalışma analizi (Cognitive Work Analysis [CWA]) uygulama yöntemi olarak seçilmiştir. CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yönteminin uygulanması sırasında, sektör çalışanları ve operatörler ile yarı yapılandırılmış görüşmeler ve anket çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Araştırmada farklı çalışma koşullarını da değerlendirebilmek adına 10 kazıcı operatörü ile anket çalışması yürütülmüştür. Daha sonra bu kayıtlar ve görüşmelerde alınan cevaplar temel alınarak araçların çalışma koşulları incelenmiştir. Araştırma sonucunda aracın hangi fonksiyonlarının hangi, şartlar altında kritik öneme sahip olduğu ve bu durumlar için olası geliştirmelerin neler olabileceği tartışılmıştır.

Jens Rasmussen tarafından 1986 yılında geliştirilen CWA (Bilişsel Çalışma Analizi), karmaşık sistemlerin işleyişi ve performansının değerlendirildiği bir analiz yöntemidir (Birrel, Young, Jenkins ve Stanton, 2011). Bilgi sistemlerinde kullanıcı bilgi etkileşiminin doğru kurgulanması ve bilgi aktarımının tasarlanması konularına yoğunlaşan analiz yapısının; sistem tasarımı, eğitim programı değerlendirmesi, bilgi gereksinimlerinin tanımlanması, arayüz tasarımı ve değerlendirmesi gibi alanlarda uygulamaları bulunmaktadır (Jenkins, Stanton, Walker, Salmon ve Young, 2008). Bu uygulamalara örnek olarak, havacılık (Naikar ve Sanderson, 2001), nükleer tesis (Olsson ve Lee, 1994), denizcilik (Bisantz, ve diğerleri, 2003), askeri komuta ve kontrol (Jenkins ve diğerleri, 2008), karayolu taşımacılığı (Salmon, Regan, Lenne Stanton, ve Young, 2007), sağlık (Burns, Momtaham ve Enomoto, 2006) hava trafiği kontrolü (Ahlstrom, 2005) verilebilir.

CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) sistem içerisinde insan makine ve çevrenin birbirleri ile olan etkileşimlerini çok katmanlı yapılarda inceliyor oluşu, hidrolik kazıcılar ile toprağı kazma sisteminde operatör ihtiyaçlarını belirleme ve yeni tasarım önerileri sunma konularında faydalı olacaktır. Bunun yanında CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) betimleyici (formative) yapısı, diğer analiz yöntemlerinden farklı olarak gelişmiş ve karmaşık teknolojik öğeleri içerisinde barındıran sistemlerin özelleşmiş ihtiyaçlarına esnek çözüm önerileri sunabilmektedir (Vicente, 1999).

Çalışmada yürütülen CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) ile paletli kazıcılarla gerçekleştirilen toprağı kazma işleminde kullanıcının rolü ve araç ile olan etkileşimi incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile sistemin nasıl çalıştığı ve olası senaryolar belirlenmiş, sistemin otonom işleyişe ne kadar uygun olduğu ve hangi eylemlerin otonom olma potansiyeline sahip olduğu araştırılmıştır. CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) bu araştırma sonucunda şu soruları cevaplaması beklenmektedir:

- Yapılan iş esnasında araç hangi işlevleri yerine getirmektedir?
- Bu işlevler hangi amaç ile gerçekleştirilmektedir?
- Hangi işlevler sistemi geliştirmek adına geliştirilebilir?
- Operatörlerin aracı kullanırken ihtiyaç duydukları fiziksel yapılar nelerdir?
- Bu yapıların kullanıcılar tarafından kullanılma sıklıkları nelerdir?
- Operatör tarafından gerçekleşen eylemlerin (iş yapmaya yönelik) hangileri araç tarafından otonom olarak yapılabilir?

- Otonom olarak gerçekleşmesi planlanan eylemler için operatörün rolü ne olmalıdır?

Araştırmanın önemi

Dünya genelinde CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yönteminin farklı alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Sistemin nasıl çalışması gerektiği konusunda senaryoların araştırıldığı bu analiz yönteminin Türkiye’de herhangi bir alanda uygulaması bulunmamaktadır. Bununla birlikte iş makinesi sektöründe dünya genelinde CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yöntemi uygulanarak kullanıcı etkileşiminin araştırılması örneğine yapılan kaynak taramaları kapsamında rastlanmamıştır. Yürütülecek çalışma sonucunda elde edilecek veriler ile kullanıcı etkileşimin sistem performansını ve çevre açısından güvenliğini artıracak şekilde yeni tasarım önerileri için kısıt ve gereklilik sağlaması beklenmektedir.

Varsayımlar

Bir sistemin performansını iyileştirmek adına, inisiyatifin kullanıcıdan alıp makinelere verilmesi güvenlik ve verimlilik bakımından olumlu sonuçlar sunsa da kullanıcının değışen sistem işleyişine uyumu göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple tam otonom bir sisteme kullanıcının adaptasyonu problem teşkil etmektedir. Hidrolik kazıcı ile toprağın kazılması sırasında operatörün ve makinenin iş tanımlarının ve aralarındaki etkileşimin ifade edilmesi, sistemin verimli ve güvenli bir biçimde işlemesi için yapılacak tasarımları daha doğru ve etkili kılacaktır.

Sınırlılıklar

İş makineleri kendi içlerinde farklı ihtiyaçlara göre birbirlerinden oldukça farklı yapılara sahiptir. Bu sebeple yapılacak olan çalışmada daha sağlıklı veriler elde etmek adına, iş makinelerinden paletli hidrolik kazıcılar seçilmiştir. Diğer kazıcı tipleri olan tekerlekli kazıcılar ve halatlı kazıcılar çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Operatör ve paletli kazıcı arasındaki etkileşim incelenirken makinenin temel görevi olan toprak kazma işlevi öncelikli olarak dikkate alınmıştır.

Analiz yöntemi olarak belirlenen CWA’nın (Bilişsel Çalışma Analizi) beş basamağından ilk ikisi çalışma çerçevesinde yürütülmüştür. Bunlar; çalışma alanı analizi (work domain

analysis [WDA]) ve kontrol görev analizidir (control task analysis [ConTA]). WDA (Çalışma Alanı Analizi) basamağında kazıcı ve operatörden oluşan sistem iş makinesi sektöründe çalışan endüstriyel tasarımcı, test mühendisi ve operatör eğitmeni ile yarı yapılandırılmış görüşmeler vasıtasıyla bileşenlerine ayrılacak şekilde ağ oluşturulmuştur. İkinci basamak olan ConTA'da (Kontrol Görev Analizi) operatörler ile anket çalışmaları ve video çekimleri gerçekleştirilerek, sistemin çalışması esnasında hangi durumların meydana geldiği araştırılmıştır.

Ayrıca çalışma kapsamında yürütülen anket çalışmaları en az 5 yıl aktif olarak kazıcı kullanmış ve halen kullanmakta olan ve Ankara'da ikamet eden operatörler ile gerçekleştirilmiştir.

Tanımlar

Yapılan çalışmada uygulanan yöntemin Türkçe karşılıkları bulunamadığı için, yöntem ile alakalı terimlerin kullanımı metin içerisinde orijinal kısaltmaları şeklindedir. Bununla birlikte bu terimlerin kısaltmalarının İngilizce ve Türkçe ifadeleri kısaltmalar sayfasında yer almaktadır.

2. İNSAN – MAKİNE ETKİLEŞİMİ BAĞLAMINDA İŞ MAKİNELERİ VE OTONOM ARAÇLAR

İnsanların nesnelerle etkileşimi çağlar öncesine dayanmakla birlikte, insan-makine sistem bilimi ve mühendisliği alanı, son 60 yıl içerisinde gelişim göstermiştir (Johannsen, 2007). İnsan-makine etkileşiminde makine terimi sadece bilgisayarları kapsamayıp daha genel biçimde karmaşık sistemlere ait kontrol birimlerini de ifade etmektedir. Bu etkileşim içerisinde insan, hata tespiti, önlenmesi ya da teşhisini yapan karar verici rolündedir (Millot, Debernard, Vanderhaegan, 2011). İnsanın sistemde sahip olduğu bu rolün olumlu ya da olumsuz sonuçları olabilmektedir.

2.1. Çalışma Ortamlarında İnsan Faktörleri

Çalışma ortamlarının biçimi ve çalışma alanlarının düzeni, yapılan işin verimliliği ve çalışanların fiziksel sağlığı açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. İnsan yapısı, mental ve kas gücü bakımından sınırlıdır (Wickens, Lee, Liu, Gordon-Becker, 2014). Görme, dokunma, işitme gibi eylemleri, duyu organları ancak belirli sınırlar içerisinde gerçekleştirebilmektedir. Bu da çalışılan ortamda ışık seviyesi, gürültü gibi fiziki şartların belli değer aralıklarında olması gerekliliğini getirir. İnsanın çalışma ortamındaki eylemlerinin birçoğu kas gücüne dayanmaktadır. Dokunma ve kavrama gibi eylemler kas gücü ile gerçekleştirilen eylemlerin ilk adımını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, kas gücü uygulanacak olan nesnenin, insan uzuvlarının hareket alanları içerisinde olması gerekmektedir (Wickens ve diğerleri, 2014). Aksi takdirde yapılmak istenen eylemin gerçekleşmemesi veya kas yorgunluğu gibi durumlar gözlenecektir. Bu bakımdan çalışma alanının muhakkak insanların fiziki yapılarına uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Bu sebeple ortaya çıkan “İnsan Faktörleri” kavramı, insan eylemlerinin olduğu tüm alanlarda belirli standartlar ortaya koyarak insan sağlığı ve güvenliğini yüksek mertebede sağlama amacı taşımaktadır. İnsan faktörlerinin odak noktası yalnızca çalışma ortamının fiziksel etkileri değildir. Bunun yanında insan sağlığına etki eden mental faktörler de insan faktörlerinin ilgi alanına girmektedir (Millot ve diğerleri, 2011).

“Bu bakımdan insan faktörleri, sağlık ve güvenliği etkileyen çevresel, organizasyonel faktörler ve iş faktörleri ile iş ortamındaki davranışları etkileyen insan ve birey özelliklerini dikkate alır.” (Introduction to human factors, 2013). Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

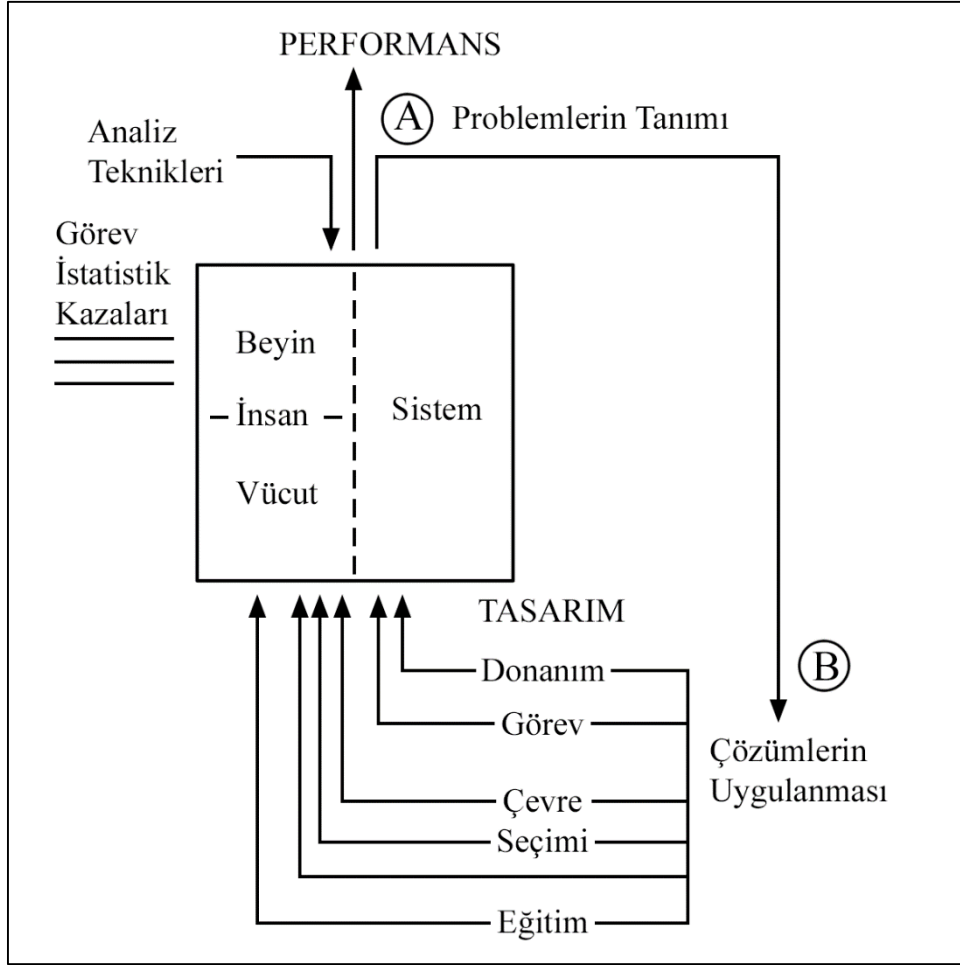
İş: İşin yapısı, iş yükü, çalışma ortamı, gösterge ve kontrollerin tasarımı ve iş prosedürleri gibi alanları kapsamaktadır. İş yapısı muhakkak insanların fiziksel ve mental limitleri göz önüne alınarak ergonomik normlar çerçevesinde tasarlanmalıdır.

Birey: Kişilerin yetenekleri, kişilikleri, yaklaşımları ve risk algılarını kapsamaktadır. Kişilik yapıları, dış dünyayı algılamada ve reaksiyon göstermede etkili olabilmektedir.

Organizasyon: İş yapısı, işyeri kültürü, kaynaklar, iletişim, liderlik ve iş bölümü gibi konuları kapsamaktadır. Bu kavramlar işin yapısı planlanırken genelde dikkate alınmasa da bireysel ve grup davranışlarında ciddi etkilere sahiptir.

Başka bir deyişle, insan faktörleri kişilerden yapılması istenen iş, kimin bu işi yaptığı ve işin nerede yapıldığı konularıyla ilgilenmektedir. Tüm bu kavramlar daha geniş bir sosyal yapının etkisi altında ve birbiri ile ilişki içerisinde.

Bir diğer tanıma göre, insan faktörlerinin amacı sistem ile kullanıcı arasındaki etkileşimin; performansı artıracak, güvenliği artıracak ve kullanıcı tatminini yeterli ölçüde sağlayacak şekilde düzenlenmesidir (Wickens ve diğerleri, 2014). Şekil 2.1.'de sistem girdileri ve sistem çıktısı olan performans görülmektedir. Burada analiz teknikleri sistemin işleyişini ve dolayısı ile performansını geliştirmeye yönelik çalışmaları sürdürürken, sistemde belirlenen hataların tanımlanması (A) ile çözümler tasarım sırasında tekrar sisteme girdi olarak dâhil olmaktadır (B).



Şekil 2.1. İnsan faktörleri döngüsü (Wickens ve diğerleri, 2014)

2.1.1. İnsan-makine etkileşimi

İnsan-makine etkileşimi, herhangi bir sistemde bulunan insan ile makinenin iletişimini ve etkileşimini konu almaktadır (Millot ve diğerleri, 2011). İnsan-makine etkileşimi alan olarak henüz birkaç on yıldır yerini almış olsa da temeli insanın alet kullanmaya başlamasına kadar dayanmaktadır. İnsan-makine etkileşiminde bahsi geçen sistem kavramında bir makine ya da alet ve onu kontrol eden bir kullanıcı bulunmalıdır. Örneğin, çivi çakma işlemini ele alırsak, bu işlemin gerçekleşmesi için bir adet çekiç ve o çekici kullanacak olan bir kullanıcının bulunması gereklidir. Burada sistem çok basit olabilir fakat gelişen teknoloji ve makinelerin yaygınlaşması çok daha karmaşık sistemleri beraberinde getirmiştir. Kullanıcıların bu karmaşık ve yeni sistemleri kullanmada karşılaştıkları zorluklar insan-makine etkileşimi konusunu gündeme getirmiş ve hakkında çok sayıda araştırmanın yürütülmesini sağlamıştır.

İnsan-bilgisayar etkileşimi

Bilgisayarlar insan yaşamını hem ev hem de iş yönünden derin bir biçimde etkilemektedir (Wickens ve diğerleri, 2014). İnsan-makine etkileşimi hayatımıza bilgisayar devrimi ile birlikte 1980'lerin başında girmiştir (Dix, 2016). Bilgisayarların günlük hayata girmesi ve yaygınlaşması, insan-makine etkileşiminin bir parçası olarak insan-bilgisayar etkileşiminin de bir araştırma alanı olarak doğmasına neden olmuştur. İnsan-bilgisayar etkileşimini donanım tasarımı, işlev ya da yazılım ve yazılım arayüzünün tasarımı olarak ayırabiliriz (Wickens ve diğerleri, 2014).

İnsan-otomasyon etkileşimi

İnsan-bilgisayar etkileşiminde bileşenlerden biri olan yazılım ya da işlevden bahsederken aynı zamanda otomasyondan da bahsedebiliriz (Wickens ve diğerleri, 2014). Çünkü bilgisayarların kendi kendilerine işlem yapma ve hesaplama yetenekleri bulunmaktadır.

Otomasyon teknolojinin hayatımıza kazandırmış olduğu bir yapı olarak sürekli değişmek ve gelişmektedir (Marquez, Riley, Schutte, 2017). Fakat insan ve insan yapısı bu gelişmeye göre daha az değişkenlik göstermektedir. Bu durum otomasyonda yaşanan gelişmeler ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yeni etkileşim biçimlerinde ortaya çıkmaktadır (Marquez ve diğerleri, 2017).

Otomasyon ve insan etkileşimini tanımlayabilmek için, etkileşimin tanımının yapılması önemlidir. Bu tanımlı yapmak için, aşağıdaki hususları araştırmak gerekecektir (Boy, 2011).

- En üst seviye otonomide otorite merkezli bir yapının iş çıktılarının sorumluluğunun işi yapan birimler ile alakalı olup olmadığını incelemesi.
- Takım merkezli bir yapının insan ve otonom sistemlerin işlerini yerine getirmek için belirli fonksiyonları nasıl koordine ettiğini incelemesi.
- İş merkezli bir yapının tüm sistem aktörleri için gerekli aktivite bağlarını incelemesi.
- Temsiller merkezli bir yapının insanların anlaşılır ve etkileşime geçilebilir bir otomasyon geliştirmek üzere belirli davranışlar ve çevresel etmenleri ne şekilde soyutladığını incelemesi.
- En somut ve detaylı seviyede ise arayüz mekanizmaları merkezli bir yapının otonom sistem ve insanın nasıl iletişime geçtikleri ve bu sırada gerekli işlemlerin incelenmesi.

2.1.2. İnsan-makine arayüzü

Arayüz, temel olarak bir iletişim ve bağlantı aracıdır. İnsan-makine etkileşiminde, insan ve makinenin birbiri ile olan iletişimini sağlayan somut yapı veya yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Makine ve insan etkileşimi sağlayan bu yapı, dijital bir menü ve görüntüleme sistemlerinden oluşabileceği gibi, somut buton, kulp, yüzey gibi yapılardan da oluşabilir. Yapılacak olan çalışmada arayüz, üzerinde çeşitli butonlar ve tuşlar olan ve belirli bir grafik düzene sahip donanımları işaret etmektedir.

Arayüz, insan makine arası etkileşimin temelini oluşturmaktadır ve makinenin verimliliğini ve iş yapabilme kabiliyetini doğrudan etkilemektedir. İyi kurgulanmış bir arayüz, yapılacak işin kavranması ve uygulanması aşamalarında zaman ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca yapılacak işin niteliği hakkında kullanıcıya aktarmış olduğu bilgiler ve veriler ile kullanıcı güvenliği açısından önem taşımaktadır.

Makine ve insanın bir sistem altında birlikte etkileşime geçerek iş yapabilme yeteneği sunan yapı insan-makine arayüzü olarak adlandırılır. Bu yapı dijital bir menü ve görüntüleme sistemlerinden veya somut buton, kulp, yüzey gibi yapılardan da oluşabilir. Gerçekleştirilen çalışmada, kullanıcıların aracı kontrol etmek için kullandıkları tüm nesneler insan-makine arayüzü kapsamında değerlendirilebilir.

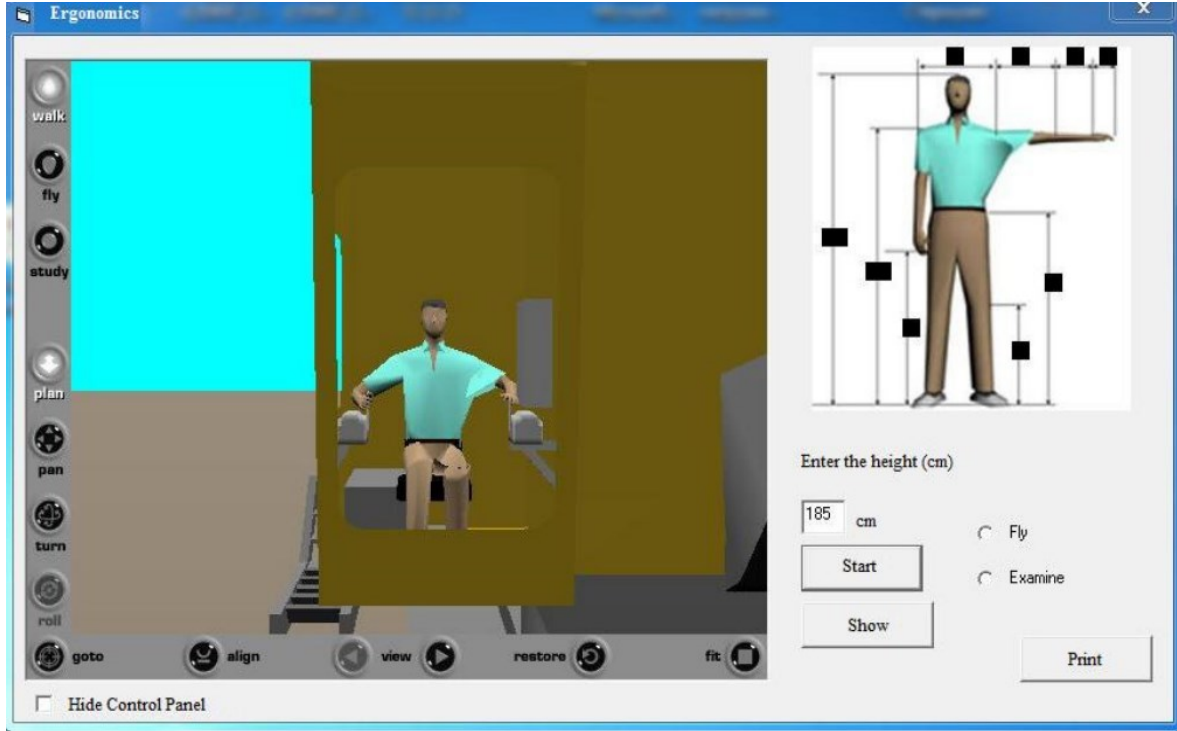
2.2. İş Makineleri ve Arayüz

Yaptıkları iş ve buna bağlı olarak gelişen yapısal anatomileri ile iş makineleri karmaşık bir yapıdadır. Araçların yapacak oldukları işlere göre gelişen ve şekillenen kullanıcı arayüzleri birer kumanda konsolu görevi üstlenerek, kullanıcıya hangi komutları ne şekilde yerine getireceğini ifade etmektedir. Bu bakımdan, iş makinelerinde kullanıcı arayüzleri birçok uyarı ve komuta biriminden meydana gelmektedir. Araçların boyutlarının büyük ve çalışma prensiplerinin karmaşık olması, bu araçların kontrollerinin de karmaşıklaşmasına yol açmaktadır. Bir iş makinesi olan hidrolik kazıcılarda temel problemlerden biri ergonomi ve operatörün çalışma alanıdır (Håkansson, 2004). Kullanıcıların iş makinesinde çalışması esnasında, arayüzün araç ve çevre durumu ile ilgili olarak verecek olduğu uyarıların, doğru mesajı iletmesi önemlidir. Bununla birlikte komuta birimlerinin (yönetme kolu, levye, tuş vb.) işlevini doğru anlatması ve insan ergonomisine uygun olarak tasarlanmış ve

yerleşiminin doğru yapılmış olması gerekmektedir (Velikanov, Ilina, Dyorina, 2016). Buna örnek olarak tekerlekli araçlardaki direksiyon simidi gösterilebilir. Direksiyon simidinin kasnak yapısı ve bu kasnağın merkezinden gerçekleştirmiş olduğu dönme hareketi, araca yaptırılmak istenen dairesel hareketin (dönüş) başarılı bir tasvirini oluşturmaktadır.

Gelişen teknoloji ve yeni kazanılan alışkanlıklar, iş makinelerinde yer alan arayüzlerde birtakım değişikliklere sebep olmaktadır. Mekanik gösterge birimlerinin yerini dijital ekranların alması ve ayrı ayrı bulunan gösterge ve kontrol birimlerinin, dijital ekranlara aktarılması buna örnek teşkil etmektedir (“Components, Systems and Service for Excavators, t.y.”). Bununla birlikte, yine mekanik olarak çalışan bazı kontrol birimlerinin elektrikle çalışır hale gelmesi de son yıllarda iş makinelerinde meydana gelen teknik yeniliklerin küçük bir kısmıdır. Yapılan bu değişiklikler sistemin işlevlerini doğrudan değiştirmeden, kullanıcıların konforunu artırmanın yanı sıra kullanıcılar için daha ergonomik bir çalışma ortamı sunmaktadır. Bu da, bu birimlerin çalışma esnasında hareketlerinin çoğu zaman aynı kalmasını sağlamaktadır. Fakat aksi durumlarda yani değişen kontrol biriminin farklı biçimde çalışması söz konusu olduğunda kullanıcının yeni kullanımı öğrenmesi ve alışması zaman alabilmektedir. Bu durumda insan-makine etkileşiminin doğru yorumlanması ve tasarımın belirli analizler sonrası nihayete kavuşması, ileride doğacak sorunları en aza indirecektir.

İş makinelerinde fiziksel arayüzlerde, kullanıcı ile etkileşimde olacak bileşenlerin antropometrik özellikleri operatörün fiziksel özellikleri ile uygunluk içinde olmalıdır. Çalışma ortamının (kabin) insan yapısına uygunluğunu tasarım aşamasında test edebilmek adına 3 boyutlu bilgisayar yazılımlarından yararlanılabilir. Resim 2.1.’de bilgisayar ortamında bir kazıcı kabinine kullanıcı modeli yerleştirilerek bilgisayar ortamında kullanıcı arayüzünün ergonomik olup olmadığı değerlendirilmektedir (Velikanov ve diğerleri, 2016).

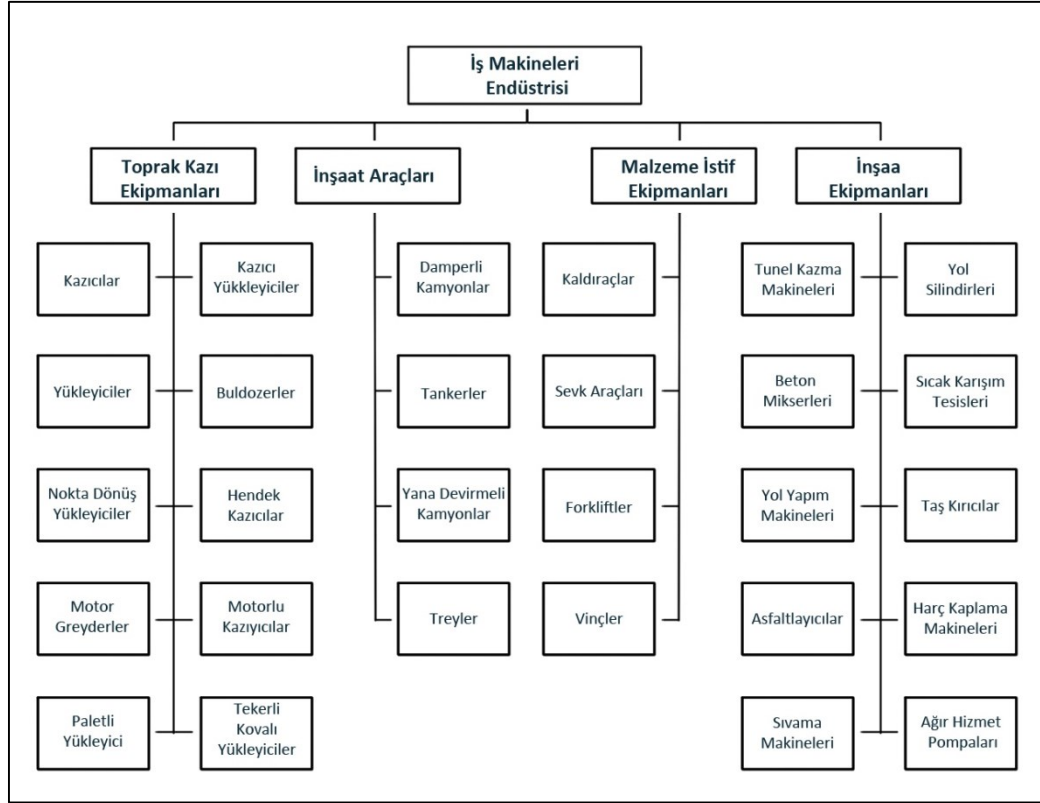


Resim 2.1. İş makinesi kabini ve operatörün simülasyon modeli (Velikanov ve diğerleri, 2016)

2.2.1. İş makinesi kategorileri

Yapılacak olan işin niteliğine göre iş makineleri farklı fonksiyonlar ve bunlara bağlı olarak biçimler kazanmışlardır. Yapılacak olan işin niteliği (toprak kazma, düzeltme, yükleme, ağaç kesme gibi) araçların biçimini etkileyen temel faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. İş makineleri, uygulama alanlarına göre genel olarak şu şekilde çeşitli gruplara ayrılabilirler: (“Construction Equipments, t.y.”)

- Toprak kazı donanımları
- Zemin sıkıştırma donanımları
- Yükleme donanımları
- İstif donanımları
- Nakil teçhizatları
- Toplu üretim donanımları
- Beton yapılarda kullanılan donanımlar
- Kazık çakma donanımları



Şekil 2.2. İş makineleri kategorileri (“Construction Equipments, t.y.”)

Şekil 2.2.’de iş makineleri endüstrisinde yer alan araçların temel işlevlerine göre dörde ayrıldığı görülmektedir. Daha alt gruplarda ise araçların temel işlevlerini ne şekilde yerine getirdiği ve biçimlerine göre ayrılmış olduğu görülmektedir.

2.2.2. İş makinelerinde arayüz bileşenleri

İş makineleri kategorilerine göre oldukça farklılık gösterse de arayüz bileşenlerini operatörler ile etkileşimlerine göre dört gruba ayırmak mümkündür. Bu ayırım yapılırken, arayüz bileşenlerinin temel işlevleri ve operatör tarafından ne şekilde kullanıldığı (dokunma, kavrama, görme gibi) dikkate alınmıştır.

-Yürütme elemanları: Aracın tekerlek veya palet üzerinde hareketleri, manevralarını gerçekleştirmeye yarayan elemanlardır (Direksiyon, gaz ve fren pedalları gibi).

-İş gücü kontrol elemanları: Aracın kova, bıçak gibi temel fonksiyonlarını gerçekleştirmeye yarayan elemanlarının kontrolünü sağlayan elemanlardır (Joystickler, butonlar, tuş takımları

vs.) Bu bileşenlerin kullanımında temel olarak operatör dokunma ve kavrama hareketleri ile işlemleri gerçekleştirmektedir.

-Araç donanım birimleri: Araç içerisinde ve dışarısında bulunan yardımcı ve uyarıcı sistemlerin kontrolünü sağlayan elemanlardır (Aydınlatma, silecekleri, klima, radyo gibi). Bu bileşenlerin kullanımında operatör işlemleri dokunarak gerçekleştirmektedir.

-Gösterge panelleri: Aracın durum bilgilerinin, uyarı ve arızaların gösterildiği ve multimedya bilgilerinin gösterildiği ekranlar ve göstergelerdir (Ekranlar, led lambalar gibi). Gösterge panelleri genel olarak bilgi verme amacını taşımaktadır ve bu işlemi operatöre görsel ve işitsel uyarılar aracılığı ile yapmaktadır.

Yukarıdaki gruplamadan da anlaşılacağı gibi, iş makinelerinin kontrolü işlemi, aracın hareketini kontrol ve ataşmanlarını kontrol şeklinde ikiye ayrılabilir. Aracın hareketini sağlayan parçaları diğer taşıtlarda olduğu gibi pedal, direksiyon ve levye ile kontrol etmek mümkündür. Yapılan bu gruplama, çalışma yönteminde AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunu oluşturmada kullanılacaktır.

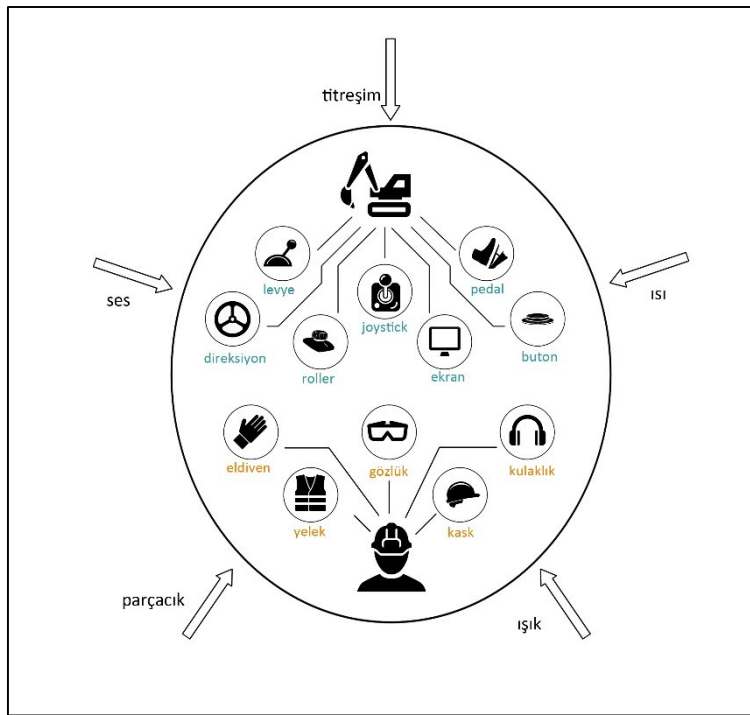
2.3. İş Makinelerinde Otomasyon Biçimleri

Otomasyonun şekli ve operatörün sistemdeki rolü, operatör – makine etkileşimini doğrudan etkilemektedir. NHTSA'nın (Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi [A.B.D.]) otonom araç tanımlarından yola çıkılarak iş makinelerinde de benzer biçimde otomasyon seviyeleri oluşturulabilir. Aracın tam otonom veya yarı otonom olması durumlarında, toplam işi yöneten ve gerektiğinde müdahale edebilen bir kullanıcının olması zorunludur. Bu durumlarda kullanıcının rolüne göre, etkileşim biçimleri 3 ayrı kola ayrılabilir. Bu durumlar; kabinli araçta operatörün bulunduğu, kabinli araçta operatörün araç dışında bulunduğu ve kabinsiz araç olabilir.

2.3.1. Kabinli araç - operatör içerde

Bu durum, iş makinelerinin güncel durumuna en yakın durum olarak kabul edilebilir. Aracın operatörünü de içine alan kabininde analog kontroller için yeterli donanımlar mevcuttur.

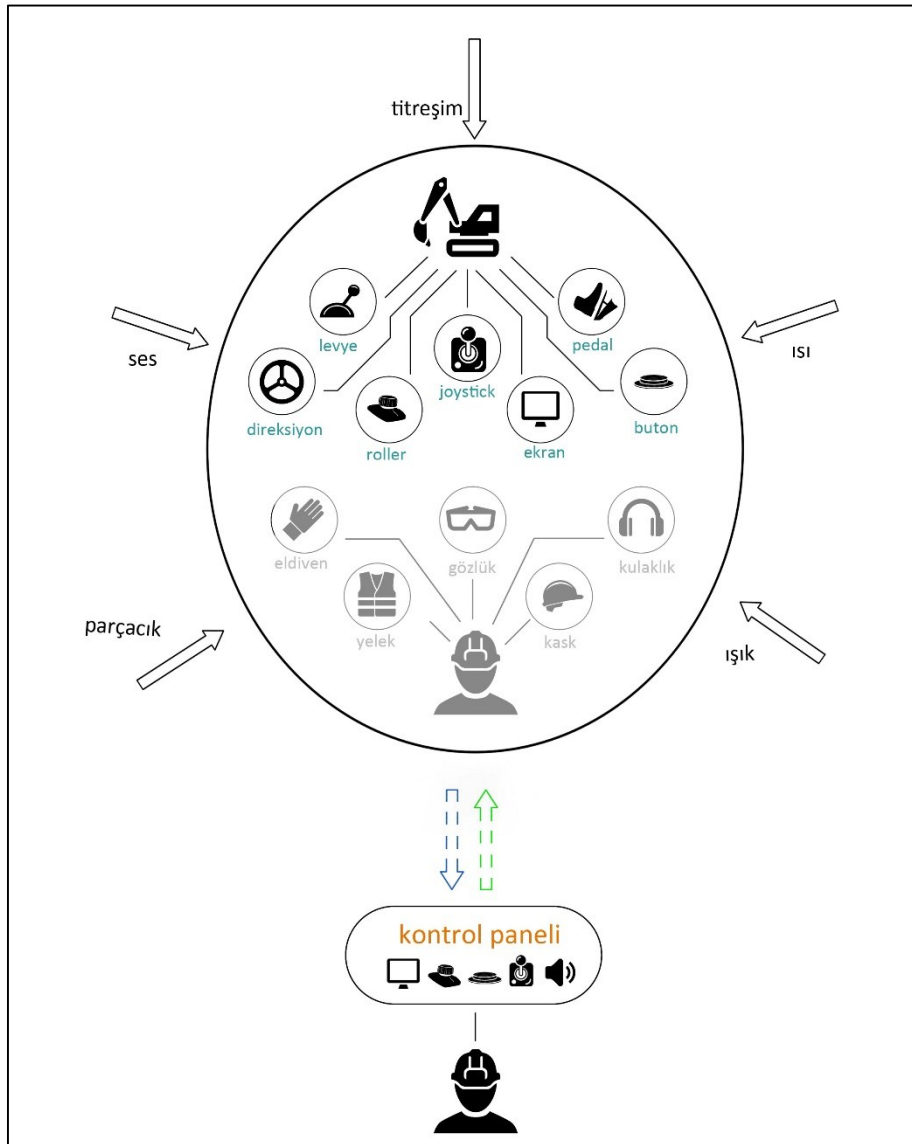
Bununla birlikte kabin, ısı, ısı, titreşim, ses ve parçacık gibi dış etkenlere de maruz kalmaktadır (Şekil 2.3.). Fakat Volvo Co-pilot uygulamasında olduğu gibi, belirli işlerin gerçekleşmesinde işlem kontrollü olarak otomasyona alınabilir (VolvoCE, 2016). Örneğin, zeminde bulunan bir yükün taşınması işleminde, yükleyici yükü otomatik olarak kaldırıp kamyonu boşaltabilir. Bu işlem tek başına otomatik olarak gerçekleşip, tekrar edilebilse de farklı bir işlem için aracın manuel kontrol edilmesi ya da yeni komut alması gerekmektedir. Burada, operatörün işi kontrol edebilmesi ve görevi yönetebilmesi için araç içi güncel enstrümanlar, ek fonksiyonlar yüklenerek kullanılabilir.



Şekil 2.3. Kabinli araç operatör içeride durumunda operatör-arac etkileşimi

2.3.2. Kabinli araç - operatör dışarda

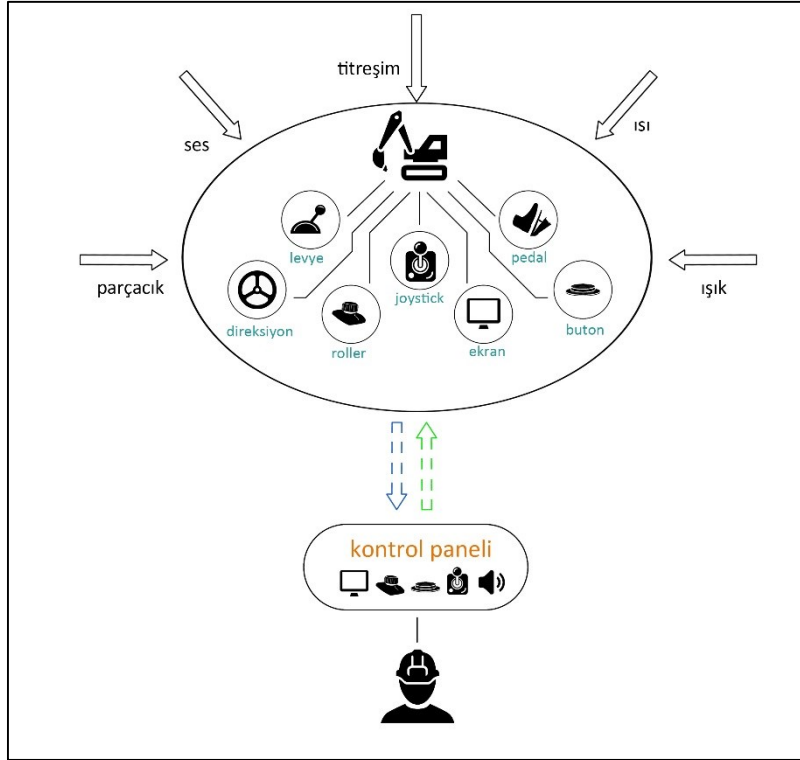
Operatörün dışarıda olması durumu, operatör için alışlagelmiş araç kullanım deneyiminden farklı bir deneyim vaat eder. Bu durumda, araç içi donanımların kullanımı söz konusu değildir ve gerekli işlemlerin kontrol edilebilmesi için uzaktan komuta özelliğine sahip bir kontrol paneline ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu bu yeni donanım, aracı yine manuel olarak kontrol edebilme veya otonom görevler atama fonksiyonlarını yapmaya elverişli olmalıdır. Bu şekilde operatör de aracın maruz kaldığı dış etkenlerden korunmaktadır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Kabinli araç operatör dışarıda durumunda operatör-araċ etkileşimi

2.3.3. Kabinsiz araç - operatör dışarda

Kabinsiz araç durumunda operatörün araca müdahale etmesi, dışarıdan harici bir kontrol ünitesi ile mümkün olacaktır. Bu durumda operatörün aracın içerisine girip manuel olarak görev yapma ihtimali ortadan kalkmıştır. Araç ile bağlantısı yalnızca uzaktan komut alışı ve geri bildirimi olarak gerçekleşmektedir (Şekil 2.5.). Kabinsiz araçta operatörün işe doğrudan katkısı önemli ölçüde azaldığı için aracın dış dünyayı algılama ve karşılaştığı durumları değerlendirme yeteneğine sahip olması, güvenlik ve performans açısından oldukça önemlidir.



Şekil 2.5. Kabinsiz araç operatör dışarıda durumunda operatör-araċ etkileşimi

3. SOSYO-TEKNİK SİSTEMLER VE BİLİŞSEL ÇALIŞMA ANALİZİ (CWA-COGNITIVE WORK ANALYSIS)

Bu bölümde iş makineleri ve operatörlerin çalışma sırasındaki etkileşimlerini incelemek ve değerlendirmek için kullanılacak analiz yöntemi olan CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) ve karmaşık sistemlerin yapıları hakkında yapılan literatür çalışmalarına yer verilmiştir.

3.1. Sosyo-Teknik Sistemler

İlk defa 1960 yılında Emery ve Trist tarafından kullanılan “sosyo-teknik sistem” terimi, içerisinde insan, makine ve çevresel faktörleri ve bunlar arasındaki karmaşık etkileşimi barındıran sistemleri tanımlamak için kullanılmıştır (Baxter ve Sommerville, 2011). Buna göre sosyo-teknik sistemlerde insan – makine etkileşiminin yanı sıra insan – çevre ve makine – çevre etkileşiminin var olduğu çıkarımını yapmak mümkündür. Etkileşimin çoklu ve karmaşık yapısı sosyo-teknik sistemlerin incelenmesi ve üzerinde çalışmalar yürütülmesini, sistemin performansı açısından zorunlu kılmaktadır.

Sosyo-teknik sistem terimi günümüzde birçok karmaşık sistem ile bağdaştırılmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). Sosyo-teknik sistemlerin 5 adet temel karakteristiği bulunmaktadır (Badham, Clegg ve Wall, 2000):

- 1- Sistemler birbirine bağımlı parçaları bünyesinde barındırmalıdır.
- 2- Sistemler dış çevreye adapte olabilmeli ve gerçekleştirmek istedikleri hedefleri takip edebilmelidir.
- 3- Sistemler kendi bünyelerinde ayrı fakat birbirine bağımlı sosyal ve teknik alt sistemler barındırmalıdır.
- 4- Sistem hedeflerine birden fazla yoldan ulaşılabilir. Yani, sistemin geliştirilmesi sırasında tasarım kararları ile alternatif uygulamalar gerçekleştirilebilir.
- 5- Sistem performansı, teknik ve sosyal alt sistemlerin birbiri ile ilişkilerinin optimizasyonuna bağlıdır. Bir alt sistemi öne çıkarıp diğerlerini geri plana atmak sistem performansını ve verimini düşürecektir.

Sosyo-teknik sistem çözümlemeleri için geliştirilen yöntemler, Baxter ve Sommerville tarafından şu şekilde derlenmiştir (2011):

Yazılımsal sistem yöntemi (SSM)

SSM yöntemi, problem tanımı ve çözümü üzerine yoğunlaşmaktadır (Nurani, Wahyuningrum, Wisudo, Gigentika ve Arhatin, 2018). Bu çerçevede sistem içerisindeki eylemleri araştırarak oluşturduğu yapılarda çatışan görev, ihtiyaç, amaç ve değerleri ortaya çıkararak tartışmaya açmaktadır (Mehregan, Hosseinzadeh ve Kazemi, 2012). Chechland ve Poulter'a göre SSM 7 basamaktan oluşmaktadır (2006). Bunlar; yapılandırılmamış problemlerin anlaşılması, problemlerin bütünsel biçimde formüle edilmesi, problem tanımını geliştirme, kavramsal model ortaya çıkarma, kavramsal modeli alandaki gerçeklerle karşılaştırma, istenilen değişiklikleri belirleme, geliştirme için çalışmaları yürütmedir.

Bilişsel çalışma analizi (CWA)

Bilişsel çalışma analizi (CWA), karmaşık sosyo-teknik sistemlerin analizini gerçekleştirmeyi amaçlar (Lintern, 2013), bununla birlikte çalışma ortamında teknolojinin tasarımına kılavuzluk eder (Fidel ve Pejtersen, 1994) Sistemin nasıl çalışması gerektiğini (normatif) veya nasıl çalıştığını açıklayan yaklaşımlardan farklı olarak CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) sistemin nasıl çalışabileceğini (formatif) açıklar (Baxter ve Sommerville, 2011). Bilişsel çalışma analizi ile ilgili daha geniş bilgi Bölüm 3.2'de yer almaktadır.

Çalışma sistemleri tasarımı için sosyo-teknik yöntem

Bu yöntem, sistem tasarımı üzerine yoğunlaşmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). Bu amaçla makinelerin görevlerini tanımlamakta ve insanlar tarafından gerçekleştirilecek aktiviteleri değerlendirmektedir (Waterson, Gray ve Clegg, 2002). Bu yöntem, fonksiyon dağılımında ve sosyo-teknik iş sistemlerinde kullanılmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011).

Etnografik çalışma yeri analizi

Bu analiz yönteminde, etnografik çalışmaların sosyo-teknik sistem tasarımına nasıl katkı yapabileceği araştırılmaktadır (Suchman, 1987). Etnografik çalışma yeri analizi büyük ölçüde sistem kullanımına ve işlevselliğe etki edebilecek operasyonel hususlara odaklanmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). Bu yöntem ayrıca geçici çözümler ve

dinamik işlem geliştirmelerinin işi nasıl etkilediğini ortaya çıkarırken, işi gerçekleştirmede farkındalık yaratmakta ve fiziksel çalışma alanının onemini ortaya çıkarmaktadır (Viller ve Sommerville, 2000).

Bağlamsal tasarım

Bağlamsal tasarım, ürün tasarımında kullanıcının işi yapış biçiminin doğrudan tasarımcının inisiyatifine bırakılmasına odaklanmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). Bağlamsal tasarım, herhangi bir sistem içerisinde yer alan bir çalışma yönteminin daha sonra büyük ölçüde sistemin yapısına ve çalışma biçimine etki edeceği anlayışına dayanmaktadır (Beyer ve Holtzblatt, 1999). Bağlamsal tasarım, büyük ölçüde n-yüz tasarımı ve kısmen kullanıcı ve eylemlerine odaklanan aktiviteleri ön plana çıkarmaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011).

Bilişsel sistemler mühendisliği

Bu analiz yöntemi, sistemde yer alan organizasyonel hususları ele alırken, sistem tasarımı için uygulama desteği sunmaktadır (Hollnagel ve Woods, 2005). Bilişsel sistemler mühendisliği belirli bir bağlam içerisinde işi analiz etmek için gözlem yapmaktadır. Bununla birlikte gözlemler sırasında elde ettiği sonuçları yorumlayarak iş durumu ve yapısı ile ilgili örgüleri tanımlamaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). Bu şekilde ortaya çıkan iş örgüsü, sistem ile ilgili hataların ve güçlü ynlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Woods ve Hollnagel, 2006).

İnsan odaklı tasarım

İnsan odaklı tasarım, Uluslararası Standartlar rgt (International Standards Organization [ISO]) tarafından ortaya çıkarılmış bir analiz yöntemidir. İnsan odaklı tasarım, kullanıcıların, işlerinin ve işlerin yapıldığı çevrenin geniş kapsamlı ele alındığı tasarım anlayışını temel almaktadır (Baxter ve Sommerville, 2011). ISO ayrıca dört temel tasarım aktivitesinden biri olan sistemin kullanılacağı bağlamın anlaşılması ve özelliklerinin belirlenmesini de kapsamaktadır (ISO, 2010). Ayrıca alışma pratiği ve organizasyon yapısını içeren sosyal ve kültürel faktörlere de geniş bir şekilde yer vermektedir (Baxter ve Sommerville, 2011).

3.1.1. Sosyo-teknik sistem tasarımı ve otonom sistemler

Otonom sistemler her zaman doğru bilgiler vermeyebilir. Bu sebeple otomasyon durumunu takip etmek ve müdahale isteyen bir durum olup olmadığına karar vermek güç olabilmektedir (Sarter, 1997). Önceki bölümde bahsedilen beklenmedik durumların yeterince iyi tanımlanmaması, sistemin bu durumlarda nasıl davranacağı konusunda belirsizlik teşkil etmektedir. Bu durum insan makine etkileşiminin doğru tanımlanmamasından ileri gelmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte daha karmaşık yapılara ve arayüzlere kavuşması beklenen iş makinelerinde kullanıcı odaklı yaklaşım giderek daha önemli bir hal alacaktır. Paletli kazıcı ve operatörden oluşan bir sistem düşünüldüğünde, sistemden başarılı bir performans alabilmek için insan makine etkileşiminin doğru biçimde ele alınması gerekmektedir. Hangi işlevlerin otonom hangilerinin kullanıcı kontrolünde olacağı belirlenmelidir.

Bir diğer konu ise, kullanıcı iş yükünün, hafif işlerde azalırken, dikkat gerektiren karmaşık işlerde artması, bunun da risk faktörü oluşturmasıdır. Eğer bir işin kolay kısımları otonom hale getirilmiş ise, zor kısımlar kullanıcı için olduğundan daha zor ve karmaşık bir hal almaktadır (Bainbridge, 1983).

Rollerhagen'in (1997) önermiş olduğu bir modele göre, insan kaynaklı kazaların önüne geçebilmek adına teknik bariyerler kullanılabilir. Bu engeller tehlike anında devreye girerek operatörleri olası risklere karşı uyarabilir ya da kazaya sebep olabilecek herhangi bir hareketi engelleyebilirler. Teknik bariyerlerden farklı olarak, değerlendirme yetisine sahip insan da karşılaşılan bir risk durumunda daha geniş bir bakış açısı içerisinde olayları yorumlayabilir. Otonom sistemlerin duruma yeterince hâkim olamadığı ve işlevini yerine getiremediği durumlarda insanın kontrolü ele alması bu bakımdan önem taşımaktadır. Bu sebeple tam otonom bir sistem yerine insan iş yükünü azaltacak otonom sistemlerin geliştirilmesi sistem performansı ve iş güvenliği açısından daha etkili olacaktır. İş yükünü tasarlarken, hem insan hem de makine için iş yükünü azaltacak şekilde bir sistem tasarlamak, sistemin daha verimli ve daha esnek bir yapı kazanıp kritik durumlarda daha etkili ve güvenli bir yol izlemesine olanak verir.

3.1.2. Sosyo-teknik sistem tasarımlarında karşılaşılan zorluklar

Sosyo-teknik sistem tasarımı; çalışma ortamının sosyal ve teknik bakımdan ele alınmasını ifade etmektedir. Bu modelde, bahsedilen iki kavramın birlikte nasıl uyumlu hareket edeceği ve iş akışının istikrarlı ve verimli bir şekilde gerçekleşeceği değerlendirilerek iş organizasyonu tasarlanmaktadır.

Sosyo-teknik teori iki ana prensip üzerine kurulmuştur (Walker, 2015). Bunlardan ilkinine göre; sosyal ve teknik etmenler sistem performansına doğrusal ve doğrusal olmayan etkileşimler oluşturacak koşullar meydana getirir. Burada doğrusal etkileşim adı verilen koşullar tasarlanmış iken doğrusal olmayan koşullar beklenmedik durumları ifade etmektedir.

Sosyal faktörler teknik faktörlerden farklı olarak beklenmedik koşullar oluşturmaya yatkındır. Teknik etmenler genelde tasarlanmış, planlanmış eylemler ile harekete geçmekte iken, sosyal etmenleri oluşturan insan davranışlarında tasarlanmamış davranışlar ve durumlar gözlemlenmek pekâlâ mümkündür. Bunun yanında insan etmeninden bağımsız olarak gelişmiş teknik sistemler de doğrusal olmayan davranışlar gösterebilmektedir.

Walker tarafından ortaya atılan ikinci prensibe göre ise, sistem performansı optimize edilirken, hem sosyal hem de teknik etmenler göz önünde bulundurulmalıdır. Buna birleşim optimizasyonu denmektedir. Bu iki faktörden sadece birini değerlendirmeye almak sistemde meydana gelebilecek doğrusal olmayan durumların (beklenmedik durumlar) artmasına sebep verecektir. Ayrıca sosyal ve teknik sistemler arası ilişki de bozularak sistem performansının düşmesine neden olacaktır. Bir sisteme bütünleşmiş yeni bir teknik parça ya da organizasyonda yapılan bir değişiklik, sistemde kullanıcı etkileşimini etkileyebilir ve bu durumda sistem performansında olumsuz değişiklikler gözlemlenebilir.

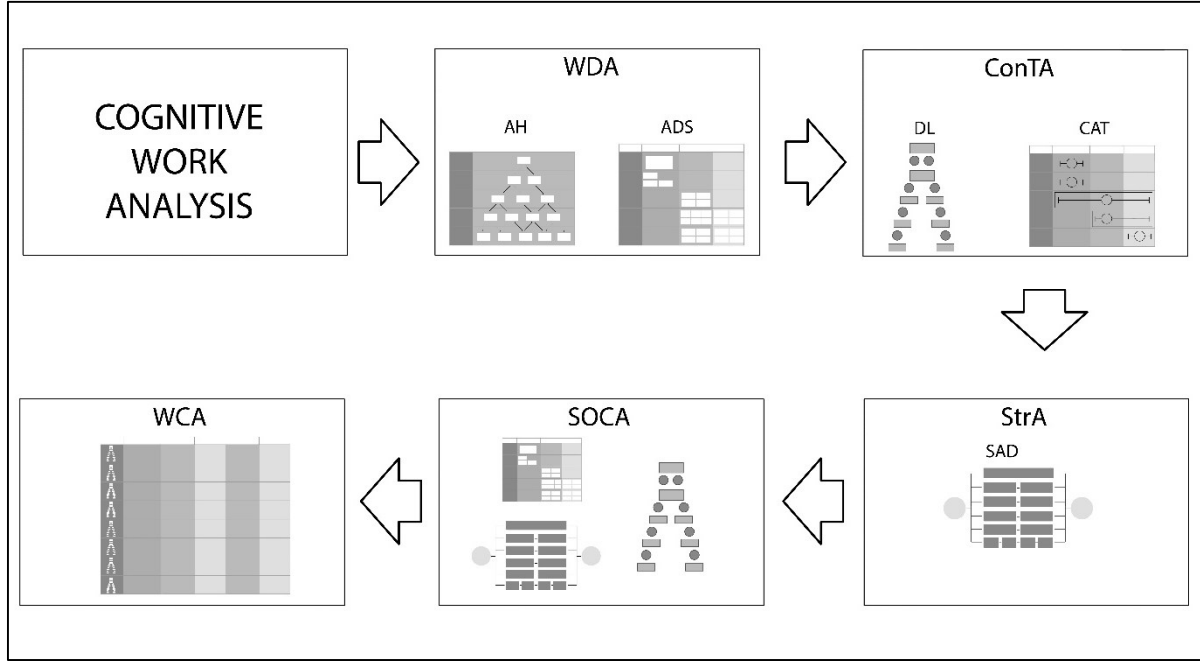
Gelişmiş teknolojiye sahip sosyo-teknik sistemlerin geliştirilirken karşılaşılan karmaşık yapılarla nasıl başa çıkılacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Karmaşıklık, sistemin anlaşılabilirliğini ve dolayısı ile ortaya çıkan problemlerin tanısını ve çözümlerini güçleştirmektedir. Toprağı kazma işlemi için örnek vermek gerekirse, bu eylemi gerçekleştirmek için gereken donanım ve fiziksel işlemler belirlidir. Bu donanımların kondisyonu ve aracın anatomisi önceden belirlenebilirken, toprak yapısı ve hava şartları

değişkenlik gösterebilir. Farklı hava koşullarında ya da toprak yapısında farklı donanımlar ya da farklı işlem sırası takip etmek gerekebilir. Bu değişkenler, sistemin karmaşıklığını artıran etmenlerdir. Bu bilinmezleri teknoloji vasıtası ile kısmen göz önünden kaldırmak mümkündür. Sistemi karmaşıklaştıran unsurları çözümleme işlevi teknolojiye devredilerek sistemin karmaşıklığı giderilebilir. Jenkins'e (2008) göre bir işlevi daha da basitleştiremediğimiz durumlarda aslında yaptığımız şey karmaşıklığı bir noktadan başka bir noktaya taşımaktır. Burada bu karmaşıklık ortadan kalkmaz fakat otonom sistemlere taşınabilir. Böylelikle sistemin karmaşık yapısı ile kullanıcıyı yormadan bu karmaşıklık ile makinelerin ilgilenmesi sağlanmış olur. Fakat karmaşıklığın otonom sistemlere alınması da birtakım riskler içermektedir (Jenkins, 2008). Buna çözüm olarak bu karmaşıklığa yönelik yeni bir tasarım yapmak ve bu konuda kullanıcıyı yönlendirmek önerilebilir.

3.2. Bilişsel Çalışma Analizi

Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte sosyo-teknik sistemler oldukça karmaşılaşmaktadır. Sosyo-teknik sistemler, içerisinde insan, etkileşim ve teknolojiyi barındırmaktadır. CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) bu karmaşık sistemlerin dinamik ve değişken yapısını çözümleyerek sistemin daha anlaşılır hale indirgenmesi ve tasarlanmasına katkı sağlayacak yapısal desteği sağlamaktadır.

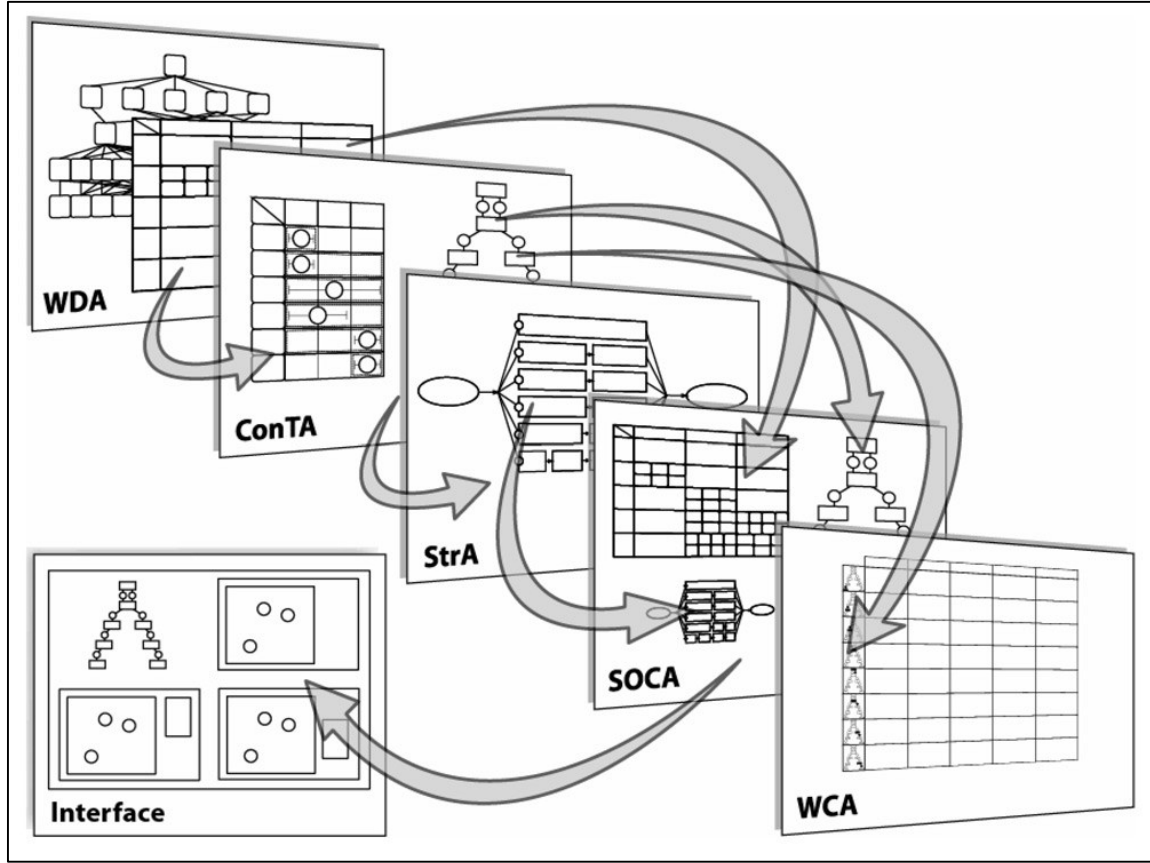
Bilişsel Çalışma Analizi, karmaşık sosyo-teknik sistemlerin analizini kapsayan bir metottur (Rasmussen, Pejtersen ve Goodstein, 1994). CWA (Bilişsel Çalışma Analizi); Çalışma Alanı Analizi (WDA), Kontrol Görev Analizi (ConTA), Strateji Analizi, Sosyal Organizasyon ve Ko-operasyon Analizi ve Çalışan Yetkinlikleri Analizi olmak üzere beş kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Her bir basamakta sistemin bileşenleri ve olası senaryolar üzerine çalışmalar yer almaktadır. Basamaklar birbirini takip edecek şekilde uygulanabildiği gibi her bir basamak bağımsız olarak ya da farklı basamaklarla birleştirilerek de çalışma yürütülebilir.



Şekil 3.1. CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) genel yapısı ve basamakları

Karmaşık sosyo-teknik sistemlerin analizini yapabilmenin yollarından biri olarak CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) örnek gösterilebilir (Jenkins ve diğerleri, 2008). Bu analizin yapısında yer alan yöntemler, kullanıcının güçlü biçimde sisteme adapte olabildiği ve teknik bileşenler ile etkileşiminin doğru biçimde gerçekleştiği senaryoların tasarımı için gerekli yapısal bileşenleri, donanımı ve bilgiyi bize sağlamaktadır.

Şekil 3.2’de Jenkins ve diğerleri (2008) tarafından gerçekleştirilmiş olan CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) çalışması görülmektedir. CWA’nın (Bilişsel Çalışma Analizi) her bir basamağını simgeleyen kutularda yer alan uygulamalar bir ya da birkaç basamak sonrasındaki çalışmalarda girdi olarak yer almaktadır.



Şekil 3.2. CWA aşamaları (Jenkins ve diğerleri, 2008)

3.2.1. Çalışma alanı analizi

WDA (Çalışma Alanı Analizi) sistemin makul biçimde nasıl çalışması gerektiği, nasıl çalışmaması gerektiği veya nasıl çalıştığı hakkında bir değerlendirme yapmak için kullanılır (Jenkins ve diğerleri, 2008). WDA (Çalışma Alanı Analizi), sistemin ulaşmak istediği hedefe yönelik gerçekleşecek eylemlerin kısıt ve gerekliliklerini, sistemin verimli çalışmasına katkıda bulunacak şekilde tanımlanmasını amaçlamaktadır. Bu şekilde CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) sistem içerisindeki bileşenlerin neden ve nasıl çalıştığını tanımlamaktadır. Sistemin performansını değerlendirebilmek ve yeni tasarım önerileri getirebilmek adına sistem bileşenlerinin tanımının yapılması önemlidir.

WDA'nın (Çalışma Alanı Analizi) alt bileşenleri, Kavramsal Hiyerarşi (Abstraction hierarchy [AH]) veya Kavramsal Ayırma Alanı (Abstraction-decomposition space [ADS]) olarak adlandırılabilir (Jenkins ve diğerleri, 2008). AH (Kavramsal Hiyerarşi), en üstte “fonksiyonel amaç” olacak şekilde beş farklı seviye içermektedir. Fonksiyonel amaç,

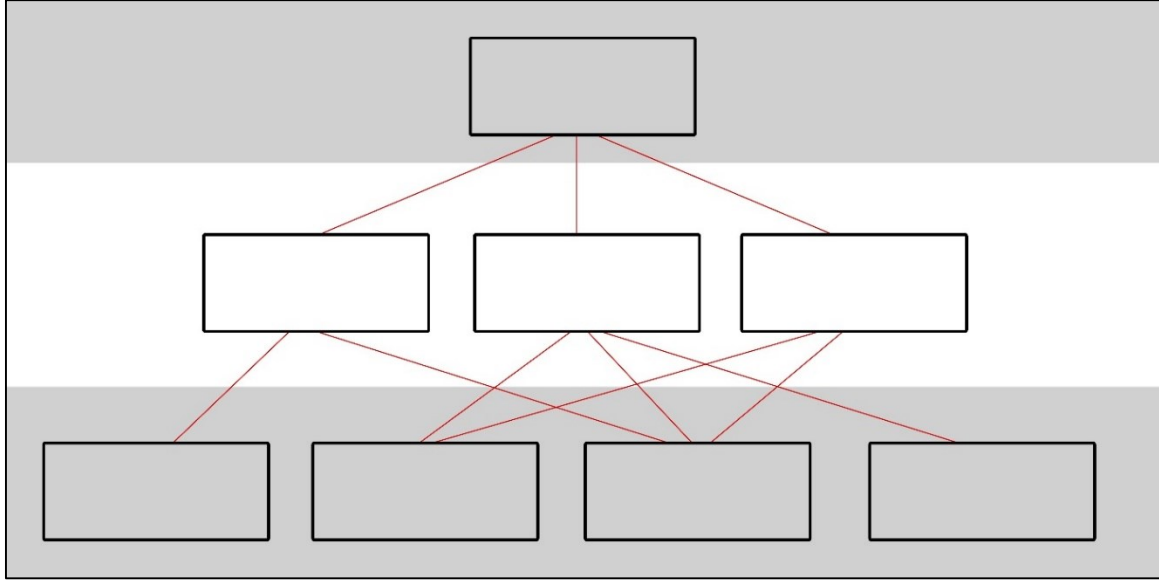
sistemin amacı ve çalışması sırasındaki kısıtlamaları içermektedir (Jenkins ve diğerleri, 2008). Çizelge 3.1’de yer alan örnekte, AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda yer alan basamaklar ve açıklamaları gösterilmektedir. Fonksiyonel amaçtan sonra gelen ikinci basamakta, sistemdeki değer ve öncelikleri yer almaktadır. Burada fonksiyonel amacın hangi değerler üzerinden gerçekleştiğinin saptanması yapılmaktadır. Gerçekleşecek olan işin hangi şartlarda yapılacağı ve kısıtlılıklar, değer ve önceliklerin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Örneğin, kaza oranı yüksek bir iş için güvenlik bir değer ve öncelik olabilir. Örneğin bir yolcu uçağının bir havaalanından bir başka havaalanına yapacağı seferde fonksiyonel amaca ne kadar başarılı bir biçimde ulaştığını ölçmenin yollarından biri gerçekleşen kazalara bakmaktır. Kazaların önlenmesi güvenlik ile alakalı olduğu için, “güvenlik” değer ve önceliklerin bir bileşeni olabilir. Üçüncü seviyede ise sistemin fonksiyonel amacına ulaşması için gerekli işlevlerin yer aldığı amaç bağlantılı fonksiyonlar bulunmaktadır. En alt seviyede sistemin fiziksel nesneleri, bir üstündeki seviyede ise fiziksel işlemler bulunur. Burada fiziksel nesnelerin niçin var olduğu veya fonksiyonel kapasiteleri ve limitleri irdelenir. Fiziksel nesneler, sistem içerisinde işlevleri gerçekleştirmek adına tüm somut nesneleri kapsamaktadır.

Çizelge 3.1. AH genel yapısı ve basamakları

1. Fonksiyonel Amaç	İş sonucu gerçekleşen eylem
2. Değer ve Öncelikler	Gerçekleşen eylemin niteliği
3. Amaç Bağlantılı Fonksiyonlar	İş niteliklerini sağlayan fonksiyonlar
4. Fiziksel İşlemler	Fonksiyonların gerçekleşmesini sağlayan işlemler
5. Fiziksel Nesneler	İşlemlerin hangi nesneler aracılığı ile gerçekleştiği

AH’de (Kavramsal Hiyerarşi) beş farklı seviyedeki kavramların bir alt ve bir üst basamaktaki kavramlara bağlandığı araç-sonuç linkleri adı verilen bağlantılar bulunmaktadır. Şekil 3.3’te AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda yer alan kavramlar ve bu kavramlar arası

bağlantılar gösterilmiştir. Siyah çerçeveli kutucuklar basamaklarda yer alan kavramları ifade ederken, kırmızı çizgiler bu kavramlar arası bağlantılara karşılık gelmektedir. Araç-sonuç linkini üst seviyelerde bulunan düğümlere bağlarken, düğümlerin niye var olduğu sorgulanmalıdır. Araç-sonuç linkini alt seviyelerdeki düğümlere bağlarken de nasıl bağlandığı sorgulanmalıdır (Vicente, 1999).



Şekil 3.3. AH’de kavramlar ve kavramlar arası bağlantılar

AH’nin (Kavramsal Hiyerarşi) daha alt seviyeleri için gerekli bilgi, sistemin fiziksel özelliklerini içeren bilgiler olabilir. Daha kavramsal bölümler için gerekli bilgi ise paydaşlardan veya sistem ile alakalı literatür aracılığı ile elde edilebilir. AH (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturmak için en pratik yol, en üst ve en alttan başlayıp ortada buluşmaktır. Zira en tepede fonksiyonel amaç bulunmaktadır ve fonksiyonel amacın başarısını ölçme yolları irdelenirken, değer ve öncelikler bulunabilir. Daha alt katmanlarda AH (Kavramsal Hiyerarşi) fiziksel nesnelerin listelenmesi ve ne için kullanıldıklarının tanımlanması bakımından daha kolaydır. Jenkins ve diğerlerine (2008) göre en zorlayıcı kısım, sistem bileşenlerinin fiziksel tanımları arası bağlantıların yapılması ve sistemin nasıl işlemesi gerektiğini anlatan fonksiyonel tanımların ifade edilmesidir. Lintern’e (2011) göre AH (Kavramsal Hiyerarşi), hem tasarlanmış hem de tasarlanmadığı halde kullanıcılar tarafından keşfedilmiş fonksiyonel özellikleri tanımlamaktadır.

AH (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturmak için kullanılacak kaynaklar çeşitlilik gösterebilir. Benzer konularda daha önceden yapılmış çalışmalar ve yayımlanan makaleler, mühendislik

belgeleri, sistem uzmanları ile yapılan röportajlar ve paydaşlar ile yapılan röportajlar AH (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturmada kullanılabilecek temel kaynaklara örnek olabilir (Jenkins ve diğerleri, 2008).

WDA (Çalışma Alanı Analizi) için kullanılan bir diğer yapı ise, ADS'dir (soyut ayrıştırma alanı). Genel olarak dikeyde AH (Kavramsal Hiyerarşi) ile aynı olmasına rağmen sistemin yapısına göre yatayda da bölünmelere gidebilir. ADS (soyut ayrıştırma alanı) oluşturmak için gerekli bilgiye literatür ve sistem uzmanları aracılığı ile ulaşılabilir. Jenkins ve diğerlerine (2008) göre analizin yapısı tekrarlı bir biçimde alan uzmanları ile birlikte gözden geçirilmelidir. Lintern'e (2009) göre ADS (soyut ayrıştırma alanı) ayrıca AH (Kavramsal Hiyerarşi) içinde birbirine bağlı kutucuklar ile aynı seviyede olma koşulunu sağlayacak şekilde uygulanabilir. Şekil 3.4'de Jenkins ve diğerlerinin askeri alanda komuta kontrol sistemleri üzerine hazırlamış olduğu ADS (soyut ayrıştırma alanı) tablosu yer almaktadır (2008). AH'de (Kavramsal Hiyerarşi) olduğu gibi burada sistem amacının en üstte yer aldığı beş basamak gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra sistem de alt sistem ve bileşenleri olarak ayrılmaktadır.

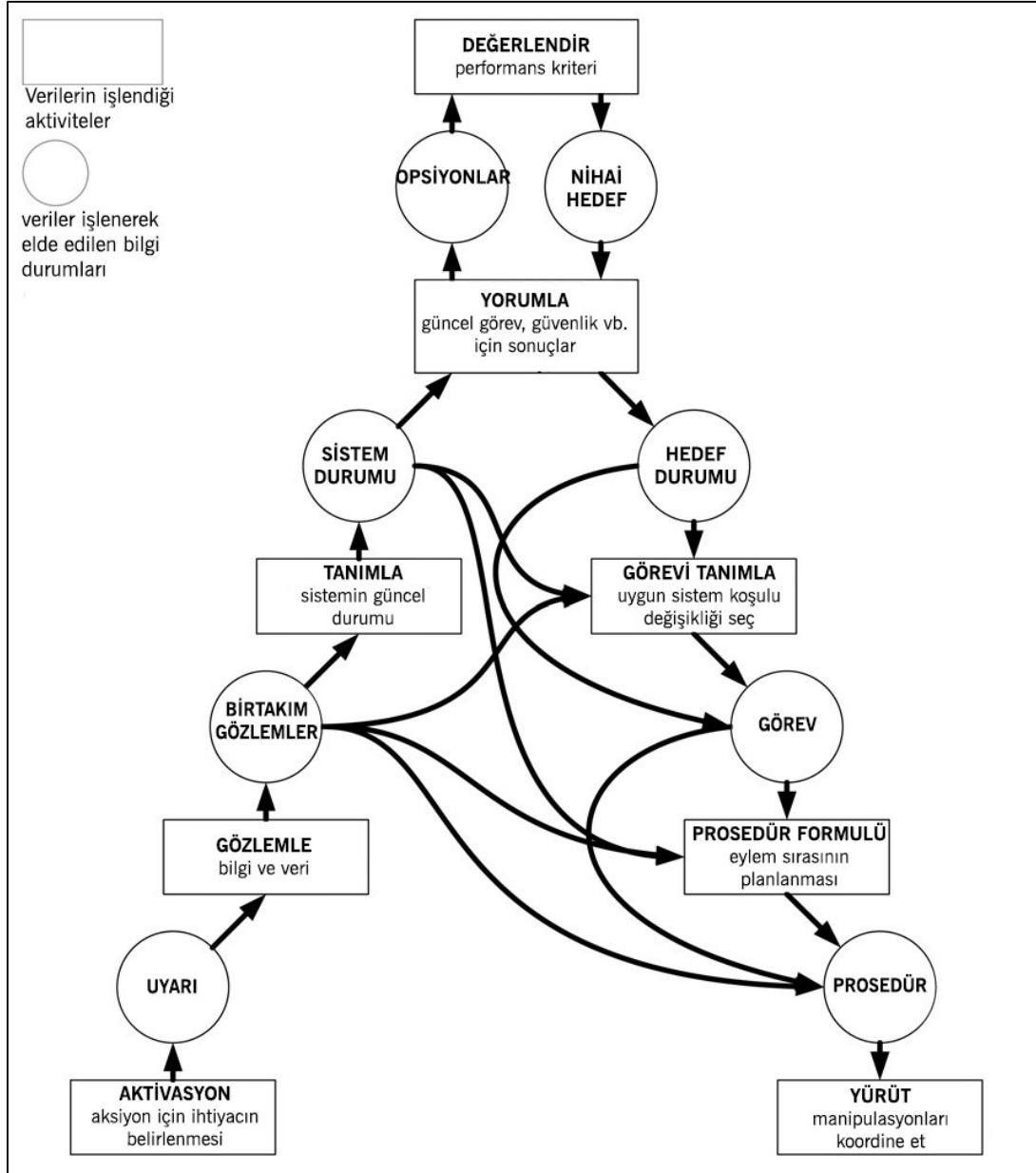
Ayrıştırma Soyutlama	Tüm Sistem	Alt Sistemler	Bileşenler
Fonksiyonel amaç	Hedef tanımlama ve imha etme		
Soyut fonksiyon	emirlerin kısa sürede ulaşması Görevin ilerleyişini uzatma düşman tehditini azaltma hata oranlarını azaltma		
Genel fonksiyon		Hedef konum bilgilendirmesi hedef tehdit bilgilendirmesi Hedef öncelikleri imha edilen hedef bilgilendirmesi Düşman savaş yeteneğini azaltma	
Fiziksel fonksiyon		Veri işleme Veri aktarma tehdite müdahale Hedefi tanımlama Hedefi yok etme	Konum alma Grafik bilgi gösterimi Veri girişi alma ses verisi alma ses bilgisi gösterme Görüntü alma İletişim çevresi
Fiziksel biçim		Giyilebilir bilgisayar Telsiz XDA EXEC Yazılım Sensörler Efektörler Komutan	GPS cihazları Kullanıcı arayüzleri Başlık setleri (Kulaklık ve mikrofon) Web-cam Haritalar

Şekil 3.4. ADS tablosu (Jenkins ve diğerleri, 2008)

3.2.2. Kontrol görev analizi (ConTA)

Kontrol görev analizi, tekrarlı bir biçimde meydana gelen durumlarda ne yapılması gerektiği ve gereksinimleri tanımlar ve bu bakımdan WDA'yı (Çalışma Alanı Analizi) tamamlar niteliktedir (Vicente, 1999). Vicente'ye (1999) göre kontrol görev analizi üç farklı biçimde yapılabilir. Bunların ilki, karmaşık sosyo-teknik yapılar için uygun olan sınırlama temelli girdi-çıkı yaklaşımıdır. Diğer yaklaşımlar sıralı akış ve zaman çizelgesi ise, komut temellidirler ve karmaşık durumlarda gerekli esnekliğe sahip değildir.

Jenkins ve diğerlerine (2008) göre kontrol görev modellemeleri, karar merdiveni oluşturularak da yapılabilir. Bu merdivende veri işleme aktiviteleri dikdörtgenler ile gösterilir ve veri işleme aktivitesinden elde edilen bilginin durumu çemberler ile gösterilir (Bisantz ve Burns, 2009). Karar merdiveni, kabaca merdiven biçiminde bilgi işlemenin lineer sıralı biçimidir. Merdivenin kenarları arasında kısa yollar bulunmaktadır. Vicente'ye (1999) göre iki çeşit kısayol bulunmaktadır; işlemin bilgi durumuna yöneldiği, yani dikdörtgenden çembere geçtiği durum ve iki bilgi durumunun bağlı olduğu yani çemberden çembere bağlanan durum. Şekil 3.5'de Jenkins ve diğerleri (2008) tarafından hazırlanmış olan karar merdiveni yer almaktadır. Şekilde sağ alt köşede yer alan uyarılar çemberi sistem içerisinde karar verme gereksinimi doğuracak eylemleri ifade etmektedir. Bir üst çemberde yer alan birtakım gözlemler ise sistem durumunu geliştirmeye yönelik bilgilerin elde edilme şeklini anlatmaktadır. Belirli bir sınıflandırmaya göre ayrılacak bu bilgilerin derlenmesi ise sistem durumu çemberinde yer almaktadır. Elde edilen bilgi toplulukları sistem içinde seçeneklerin oluşmasını sağlamakta ve bu seçeneklerden nihai sistem hedefinin belirlenmesi beklenmektedir. Belirlenen hedefin durumuna göre görev tanımlaması ve görevin gerçekleşmesi beklenebilir. Bu aşamadan sonra hedefe ulaşmak için yapılması gereken işlemler tanımlanarak (prosedürün belirlenmesi) gerekli işlemler yürütülebilir.



Şekil 3.5. Karar merdiveni (Jenkins ve diğerleri, 2008)

ConTA (Kontrol Görev Analizi) basamağında yer alan bir diğer işlem olan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) (Naikar, Moylan ve Pearce, 2006), hem iş durumları hem de iş fonksiyonları tarafından şekillendirilen iş sistemlerinde aktiviteyi temsil etmektedir. İş durumları yatay eksen ve iş fonksiyonları dikey eksen üzerinde gösterilmiştir. İş fonksiyonları çember ile belirtilirken, etrafındaki kutularda fonksiyonun meydana geldiği iş durumları bulunmaktadır. Şekil 3.6’da Jenkins ve diğerleri (2008) tarafından hazırlanan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) yer almaktadır. Her kutu içinde ayrıca üst satırda bulunan durumlarda hangi fonksiyonların meydana geldiğini gösteren biçimler yer almaktadır. Bir durumun hiç görülme, seyrek görülme ya da sık görülme olasılıkları kesikli çizgiler ve

çizgili çemberler ile belirtilmektedir. Şekil 3.6'daki tabloda yer aldığı üzere CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) ayrıca karar merdivenleri ile de kombine edilebilir. Bu durumda karar merdivenleri, farklı iş durumlarında oluşan kontrollerin alt durumlarını betimlemek üzere her bir iş durumunun kontrol görevlerini temsil eder (Naikar ve diğerleri, 2006).

Durumlar Fonksiyonlar	Sahada hedeflerin aranması	Harekat merkezinde	Sahada hedeflerin yok edilmesi
Hedefin konumu ve tipinin bilgilerinin kaydedilmesi			
Hedefin tehdit seviyesinin hesaplanması			
Hedeflerin sıralanması			
Hedeflerin atanması			
İmha edilecek hedefin belirlenmesi			
Hedefin imhası			

Durumlar Fonksiyonlar	Sahada hedeflerin aranması	Harekat merkezinde	Sahada hedeflerin yok edilmesi
Hedefin konumu ve tipinin bilgilerinin kaydedilmesi			
Hedefin tehdit seviyesinin hesaplanması			
Hedeflerin sıralanması			
Hedeflerin atanması			
İmha edilecek hedefin belirlenmesi			
Hedefin imhası			

Şekil 3.6. CAT tablosu (Jenkins ve diğerleri, 2008)

3.2.3. Strateji analizi

Strateji analizi, kontrol görev analizi ile tanımlanan aktivitelerin nasıl yürütüleceği ile ilgilenen bir analizdir (Vicente, 1999). Burada belirlenen farklı stratejiler aynı kontrol görev aktivitesi için kullanılabilir. Kullanıcılar aynı görevler için ihtiyaçlarına göre farklı stratejileri kullanabilir. Vicente bu durumu hava trafik kontrol örneği ile şu şekilde açıklamaktadır: Düşük sayıda uçakların kontrolünde verimlilik amaçlı stratejiler kullanılabilirken, uçak sayısı arttığında güvenlik göz önünde bulundurularak strateji değişmektedir. Çalışanın kullanabileceği stratejiler tasarım bakımından önemli etkilere sahiptir çünkü farklı stratejiler farklı yollardan ilerleyebilmektedir. Örneğin göstergeler farklı stratejiler için gerekli farklı bilgileri gösterebilecek biçimde tasarlanmalıdır.

Cornelissen (2011) tarafından ortaya atılan, strateji analizine yapısal yaklaşım, sistem içindeki aktiviteleri yürütme biçimlerini tanımlamaktadır. Bunu da sistemin karşılaştığı olaylara cevap verebilme, prosedürler için girdiler ve problem çözme metotları sunma ile yapmaktadır. Bu sebeple Cornelissen'in yöntemi, oluşumsal olup, CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) önceki iki adımı olan WDA (Çalışma Alanı Analizi) ve ConTA (Kontrol Görev Analizi) üzerinden yürütülmektedir. Bu adımda önerilen Strateji Analiz Diyagramı (Strategy Analysis Design [SAD]), WDA (Çalışma Alanı Analizi) ile tanımlanan sistem amacı ve nesneler üzerindeki kısıtlamalar üzerinden mümkün olan stratejileri üretme amacı taşımaktadır. SAD WDA'ya (Çalışma Alanı Analizi) benzemekle birlikte nesneler ile bağıntılı fazladan bir bölümü barındırmaktadır. Ayrıca WDA (Çalışma Alanı Analizi) genel olarak sistem üzerine yoğunlaşırken SAD kısmen aktiviteler üzerine yoğunlaşmaktadır.

SAD içerisinde bulunan düğümler arasındaki bağlantılar WDA'da (Çalışma Alanı Analizi) olduğu gibi oluşturulmaktadır. Hiyerarşi içerisinde yukarı doğru "neden" ve aşağı doğru "nasıl" soruları açıklanır. İki düğüm bağlandığında, yeni bir düğüme bağlantıların olup olmadığı veya yeni bir düğüm oluşturmaya ihtiyaç olup olmadığı kontrol edilmelidir. Cornelissen'e (2011) göre nelerin dâhil edilip nelerin atılacağını belirlemek bakımından analize sınırlar çizmek önemlidir.

Stratejileri belirlemenin bir yolu, bağlantıların hangi kavramdan hangi kavrama olduğunu takip ederek güncel stratejilere alternatif aramaktır. Bilinenler üzerinden gidildiği ve dolayısıyla oluşumsal olmadığı için sadece bu yolu izlemek doğru değildir (Cornelissen, Salmon, Jenkins ve Lenné 2011). Yazarlar tarafından açıklanan bir diğer yol ise, SAD'da bulunan farklı seviyelerdeki düğümleri baştan aşağı sorgulamak (düğüme basarsam ne olur gibi) veya bir fonksiyonu gerçekleştiren eylemin uygun stratejileri bulmada nasıl bir yardımcı olabileceğinin tanımını yapmak olabilir. Ayrıca, bir kıstas veya ulaşılamayan amaç bağıntılı fonksiyonların olma olasılığı da bulunmaktadır. Amaç bağıntılı fonksiyonlar ile başlarken, yalnızca yeni nesnelerin bulunabileceği durumlarda stratejiler çalışacağı belirtilmektedir.

3.2.4. Sosyal organizasyon ve işbirliği analizi

Vicente'ye göre (1999) CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) dördüncü kısmı olan sosyal organizasyon ve işbirliği analizi, sistem gereksinimlerini insan işçiler ve otonom sistemler arasında paylaşmak ve bu aktörlerin iletişimi ve işbirliği ile ilgilidir. Vicente nesnelliğin,

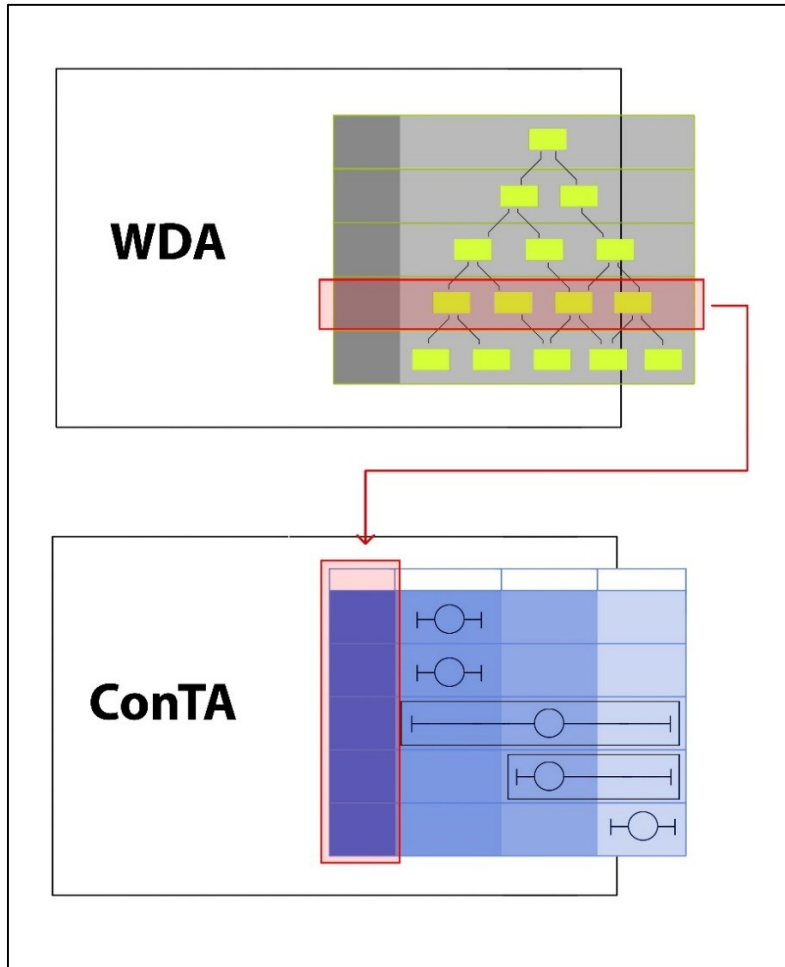
sosyo-teknik sistemin sosyal ve teknik faktörlerinin sistem performansını ve verimliliğini artırmak için nasıl birlikte çalışabileceğini ifade edebileceğini belirtmektedir. Organizasyon ve işbirliğinin sistem üzerinde etkisi oldukça fazladır çünkü organizasyon ile ilgili faktörlerin karmaşık sosyo-teknik sistemler üzerinde etkisi büyüktür.

3.2.5. Çalışan yetkinlikleri analizi

Çalışan yeterliliği analizi, CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) beşinci ve son bölümüdür. Bu analiz çalışanların çalışma alanının gereksinimleri ile etkin ve uyumlu bir şekilde hareket edebilmesi için ihtiyaçları olan yetenekleri belirler. CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) önceki bölümlerindeki gereksinimler bu kısımda bir araya getirilerek çalışanların mental ve fiziksel yetkinlik ve sınırlılıkları ile karşılanabilecek şekilde çalışan yeterliliği analizine dâhil edilmiştir (Vicente, 1999).

4. YÖNTEM

Bu bölüm, CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) analiz yönteminin uygulanacak olduğu çalışmanın kapsamı ve bu bağlamda yapılacak çalışmaların içeriğini kapsamaktadır. Çalışma, paletli hidrolik kazıcılar ve operatörden oluşan sistem performansını iyileştirmeye yönelik olduğu için, ilk olarak hidrolik kazıcılar ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın esas alındığı analiz yöntemi olan CWA (Bilişsel Çalışma Analizi), Şekil 4.1’de gösterildiği gibi WDA (Çalışma Alanı Analizi) ve ConTA (Kontrol Görev Analizi) basamakları uygulanarak yürütülmüştür. CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yönteminin ilk aşaması, WDA (Çalışma Alanı Analizi) kapsamında AH’nin (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturulması olduğu için, bölüm 4.3’te AH’nin (Kavramsal Hiyerarşi) nasıl oluşturulduğu anlatılmaktadır. Bölüm 4.4’te ise CWA’nın (Bilişsel Çalışma Analizi) WDA’dan (Çalışma Alanı Analizi) sonra gelen ikinci basamağı olan ConTA (Kontrol Görev Analizi) ve bu aşamada gerçekleştirilen CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) anlatılmaktadır.



Şekil 4.1. Çalışmada yer alan CWA basamakları

4.1. Hidrolik Kazıcılar

Hidrolik kazıcılar, temel olarak toprak ve kayaları kazma işlemlerini gerçekleştiren iş makinelerine verilen addır. Hidrolik kazıcılar hemen hemen her türlü inşaat işinde esnek çalışma yapıları sayesinde kullanılabilir (Håkansson, 2004). Burada paletli olarak belirtilmelerinin sebebi, aracın yürüyen bileşenlerinin paletler olmasından ileri gelmektedir. Tanımlarında geçen hidrolik kelimesi ise, aracın işlevsel parçalarının hidrolik sistem ile çalıştığını anlatmaktadır. Temel görevlerinin yanı sıra farklı işlevler için özelleşmiş donanımlar eklenerek, asfalt kazıma, delme, ağaç kesme, parçalama gibi birçok işlevi yerine getirebilmektedir. Paletli hidrolik kazıcılar yapısal olarak beş parçaya ayrılabilir (Şekil 4.2).

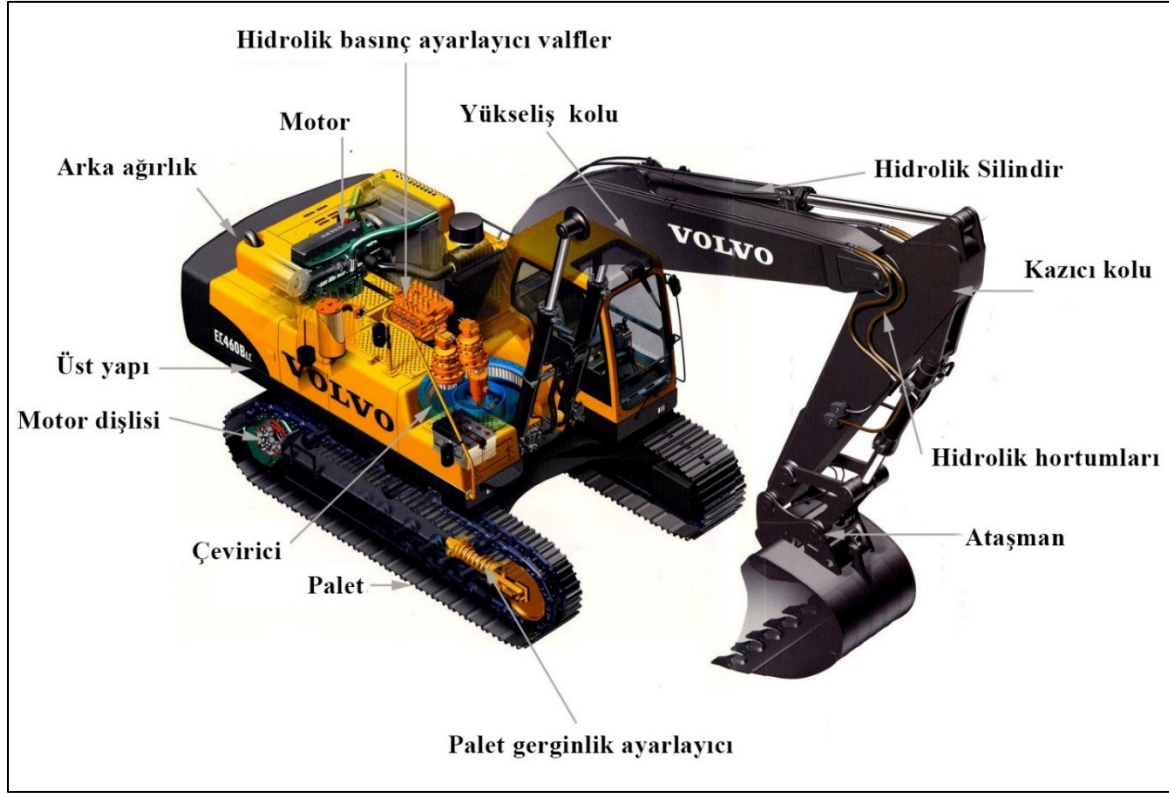
Kollar: Kazıcıların temel işlevini yerine getiren yapılardır. Kova, yükseliş kolu ve kazıcı kolu olmak üzere 3 temel bileşeni bulunmakta olup bu bileşenler hidrolik pistonlar vasıtası ile bağlantı noktalarından hareket edebilmektedir.

Motor: Aracın hareketi için gerekli gücü sağlayan yapıdır. Bu güç hem aracın yer değiştirmesi hem de kolların hareketini sağlamak amacıyla kullanılır.

Kayar Yapı: Hidrolik kazıcıların temel özelliklerinden biri de şasi üzerinde bulunan gövdenin 360 derece dönebilmesidir (Håkansson, 2004). Burada bulunan kayar bilezik ve rulmanlar ile araç belirtilen işlevi kazanmaktadır.

Kabin: Aracın kontrolünün sağlandığı, koltuk ve kumanda elemanlarından oluşan kapalı yapıdır.

Yürüyen: Araç zemine paletler ile basmaktadır. Çamur ve kum zeminde tekerleğe göre daha elverişli olan paletler ile araç zemine batmadan ve zemine daha iyi tutunarak çalışabilir.



Şekil 4.2. Hidrolik kazıcı genel yapısı (Håkansson, 2004)

4.2. Alan Çalışması ve Katılımcı Profili

Bu bölümde, çalışma kapsamında katılımcılarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve gerçekleştirilen anket çalışması anlatılmaktadır. Çalışma kapsamında bir uzman endüstriyel tasarımcı, bir test mühendisi ve bir operatör eğitmeni ile birlikte yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerin amacı, WDA (Çalışma Alanı Analizi) basamağında AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunu oluşturmaktır. Bu görüşmeler sadece AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunu oluşturmada kullanılmayıp CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) için durumların belirlenmesine de katkıda bulunmuştur. Bu kapsamda gerçekleştirilen ilk görüşme, operatör eğitmeni ile yapılarak AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu genişletilmiştir. Daha sonra test mühendisi ile gerçekleşen görüşme yine tablonun detaylandırılmasını ve değerlendirilmesini sağlamıştır. Son olarak endüstriyel tasarımcı ile tablonun daha somut olan alt basamakları değerlendirilerek tablo şekillendirilmiştir. Yapılan bu görüşmelerin her biri için yaklaşık bir saat planlanmıştır. Her üç katılımcı ile yine aynı sırada ikinci görüşmeler gerçekleştirilmiştir. İkinci görüşmeler yaklaşık 45 dakika sürmüş olup, AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu nihai biçimini bu görüşmeler neticesinde almıştır. Saha çalışmasının ikinci kısmını oluşturan anket çalışması

ise, kazıcı operatörlerinin neler yaptıklarını ve hangi durumlar ile karşılaştıklarını araştırmaya yönelik gerçekleştirilmiştir. 10 adet operatör ile gerçekleştirilen anket çalışmasında elde edilen bilgiler ile CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ikinci basamağı olan ConTA'da (Kontrol Görev Analizi) yer alan CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) karşılaşılan durumlar hakkında bilgi edinilmiştir.

4.2.1. Uzman endüstriyel tasarımcı

Ankara'da bulunan bir iş makinesi üreticisinde yaklaşık 3,5 yıldır endüstriyel tasarımcı olarak görev yapan katılımcı, firmanın yenilediği kazıcı modellerinin kaput ve kabin içi tasarımında aktif görev almıştır. Bu sebeple kabin içi bileşenler ve kullanıcı ile etkileşimi konularında tecrübe sahibidir. AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturulması sırasında yapılan görüşmelerde özellikle kabin içi nesnelerin biçimi ve konumu hakkında fikirlerini ortaya koymuştur.

4.2.2. Test mühendisi

Test mühendisi, yaklaşık 4 yıldır aralarında paletli kazıcı da bulunan iş makineleri üreten bir firmanın AR-GE bölümünde görev almaktadır. Kazıcıların, mekanik olarak çalışma prensipleri ve çalışma esnasında araçlarda meydana gelen yük gerilimleri ve araçların mekanik dayanımları ile ilgili tecrübeler, test mühendisi tarafından aktarılmıştır.

4.2.3. Operatör eğitmeni

Operatörlük deneyiminin ardından, yaklaşık 20 yıldır operatörlere kazıcı kullanımı konusunda eğitim veren operatör eğitmeni, operatörlerin çalışma esnasında karşılaştıkları durumlar hakkında bilgi sahibidir. AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturulması sırasında, operatörlerin kullanım alışkanlıkları ve yaşadıkları zorluklar hakkında kendisine danışılmıştır. Bunun yanı sıra, operatörlerin kabin içi kontrol birimlerini nasıl kullandıkları veya kullanmaları gerektiği konusunda AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) şekillendirilmesine katkıda bulunmuştur.

4.2.4. Kazıcı operatörü

Çalışma kapsamında video çekimleri ve anket çalışmalarını yürütmek üzere 10 adet kazıcı operatörü ile görüşülmüştür. Çalışmaların saha içerisinde yürütülecek olması sebebi ile operatörler Ankara ve çevresinden seçilmiştir. Anketlerde irdelenen, kazıcı ile çalışma esnasında karşılaşılan durumların sıklığını araştırmak üzere isabetli bilgi alabilmek adına en az 5 yıldır aktif olarak kazıcı kullanan operatörler ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde operatörlerden ankette yer alan sık görünen durumları belirlemeye yönelik tabloyu doldurmaları ve kişisel bilgileri ve çalışma şekillerini incelemeye yönelik soruları cevaplamaları istenmiştir.

4.3. AH'nin Oluşturulması

WDA'yı (Çalışma Alanı Analizi) oluşturan temel yapı, hiyerarşik soyutlama olarak adlandırabileceğimiz AH'dir (Kavramsal Hiyerarşi). Sistemin amacı ve bu amaca yönelik fonksiyon ve değerlerin tanımlandığı bu çizelge ile sistem, tepeden aşağı doğru soyuttan somuta doğru yönelim gösterir. En tepede sistemin amacı olmak üzere sistem dallanarak en altta somut nesnelere doğru ayrıştırılır.

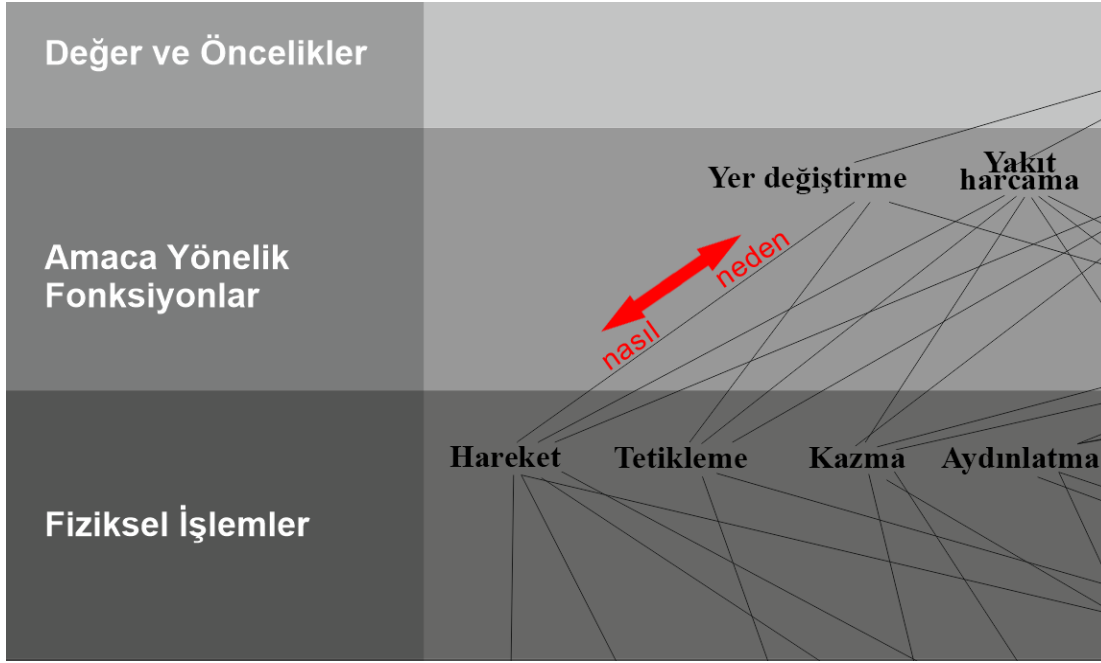
Çalışmanın hidrolik kazıcılar üzerine yapılıyor olması sebebi ile sistemin amacı “toprağı kazmak” olarak belirlenmiştir. Kazıcılar, her ne kadar bu amaç dışında farklı işlevler için kullanılsa da yapılan çalışmada kazıcıların toprağı kazma işlevi temel alınmıştır. Sistemin amacı belirlendikten sonra, AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) ikinci basamağı olan, sistemin değer ve öncelikleri belirlenmiştir. Literatür araştırmaları ve benzer sistemler incelendiğinde, bu değerlerin verimlilik, güvenlik ve konfor olmasına karar verilmiştir. Bu hedeflerden yola çıkılarak, çalışmaya başlamadan önce, yapılan literatür araştırması ve sektördeki geçmiş iş tecrübelerinden yola çıkılarak AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) ilk taslağı oluşturulmuştur. Şekil 4.3'te görüşmeler öncesi yapılan taslak yer almaktadır.

Fonksiyonel amaç								
Değer ve Öncelikler	Verimlilik		Güvenlik			Konfor		
Amaç Bağlantılı Fonksiyonlar	Yer değiştirme	Toprağı taşıma	Emniyet	Gözlem	Sağlamlık	Sıcaklık	Kaza anında koruma	
	Yakıt harcama	İş planı	İş yükü azaltma	Kabine Erişim		Gürültü azaltma		
Nesne Bağlantılı İşlemler	Hareket	Kazma	Boşaltma	Hidrolik Sistemler	Araç bakımı	İletişim	Fiziksel konum	Binme inme
	Kova	Aydınlatma	İş tekrarı	Zemin	Araç durumu	Ses yalıtımı	Isıtma/soğutma	
Fiziksel Nesneler	Paletler	Motor	Motor kaputu	Aydınlatma	Göstege paneli	Kabin		
	Yakıt	Şasi	Operatör	Kullanım kılavuzu	Giyilebilir	Tırmanma barları		

Şekil 4.3. Oluşturulan ilk AH taslağı

Bu taslağın, yapılacak olan görüşmelerde üzerinde tartışılması ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sonrasında sektörden uzman endüstriyel tasarımcı ve test mühendisi ve operatör eğitmeni ile taslak geliştirilmiştir. Tüm katılımcılar ile aynı anda görüşme fırsatı yakalanamadığı için görüşmeler ayrı ayrı gerçekleşmiş her bir çalışma sonucunda elde edilen veriler bir sonraki görüşmede yeniden değerlendirilmiştir. Yaklaşık birer saat olmak üzere gerçekleşen görüşmeler her bir katılımcı ile ikişer defa tekrarlanarak toplamda altı saatlik bir çalışma ile sonuçlanmıştır. Endüstriyel tasarımcı ile yapılan görüşmeler yoğunluklu olarak AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) en alt seviyesi olan fiziksel nesneler kısmına yönelik gerçekleşmiştir. AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) orta seviyesini oluşturan amaca yönelik fonksiyonlar görece yapılandırılması daha zor olarak nitelendirilmiştir (Vicente, 1999). Bu sebeple bu seviye ilgili kaynaklar üzerinden yeniden değerlendirilerek nihai biçimini almıştır.

AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) önemli parçalarından biri de her bir seviyede bulunan kümelerin birbiri ile olan bağlarıdır. Çalışmalar sırasında bir yandan AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) belli seviyelerindeki kümeler belirlenirken, ne, neden ve nasıl sorularını karşılayan linkler ile kümeler arasındaki bağlantılar belirlenmiştir. Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, amaca yönelik fonksiyonlar seviyesinde bulunan “yer değiştirme” kutucuğunu bir alt seviye olan “fiziksel işlemler” seviyesine bağlayan link, yukarıdan aşağıya ne, nasıl sorusuna cevap verirken yukarıya doğru neden sorusunu karşılamaktadır. Her bir seviyede bulunan kümeler kendi içerisinde alt gruplara da bölünerek alt bileşenler de tanımlanmıştır.



Şekil 4.4. Kavramlar arası neden – nasıl ilişkisi

4.4. Kontrol Görev Analizi (ConTA)

ConTA (Kontrol Görev Analizi) için aktiviteleri tanımlayan, farklı durumlarda meydana gelen fonksiyonları nitelendiren CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu bölüm için gerekli veriler yapılan video kayıtları ve gözlemler ile operatörle gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. ConTA (Kontrol Görev Analizi), AH (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturulurken yapıldığı gibi, birden fazla görüşme gerçekleştirilerek ve yeniden üzerinden geçilerek oluşturulmuştur. Böylece sistem fonksiyonları ve çalışma biçimleri bağıntıları meydana getirilmiştir. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) bölümünün geliştirilmesi sırasında, operatörler ile yapılan görüşmeler sonrasında birtakım durumlar eklenmiş veya geliştirilmiştir. Bu görüşmeler sonrasında yapılan değişiklikleri takiben operatör eğitmeni ile birlikte yapılan çalışma değerlendirilmiştir. Bu şekilde ilerleyen süreç ile beraber ilk yapılan görüşmeler ve toplanan veri ile elde edilen bilgiler karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise WDA (Çalışma Alanı Analizi) sırasında elde edilen kavramların birbiri ile ilgili bağlantıları çalışılmış ve çalışmanın sağlaması yapılmıştır.

AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunun dördüncü seviyesinde yer alan fiziksel işlemler CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) içerisinde sol taraftaki sütunda yer almaktadır. Fiziksel işlemler burada fonksiyonlar şeklinde yer almaktadır. Üst satırda ifade edilen durumlar başlığı, gözlemler ve yarı yapılandırılmış görüşmeler sırasında tanımlanan durumları içermektedir. Belirli durumlarda açıkça gözlemlenmemiş fonksiyonlar “0” ile belirtilmiştir. Bu şekilde operatörler ile yapılan görüşmelerde sorulacak soru ve beklenen açıklamalar sadeleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) içeriği yer almaktadır. Üst satırda yeşil çerçeve içinde belirtilen alanda, çalışma esnasında gözlemlenen durumlar yer almaktadır. Kırmızı çerçeve içerisinde gösterilen fonksiyonlar ise, AH (Kavramsal Hiyerarşi) dördüncü satırında yer alan fiziksel işlemler olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. CAT şablonu

Durumlar		2		0.5		2		4.5		2.5		1		2		1		0.5		2	
		Şehir İçi		Sokak		İnşaat Alanı		Şehir Dışı		Şantiye		Yol Yapım		Arazi		Park		Kabinde Dinlenme		Yüksek Zemin	
9	Hareket	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Tetikleme	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Kazma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Aydınlatma	18	1	4.5	1	18	1	81	2	22.5	1	18	2	18	1	0	0	0	0	18	1
9	Taşıma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Boşaltma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	İş tekrarı	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
3	Hidrolik Hareketler	12	2	3	2	12	2	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	0	12	2
3	Zemin	6	1	1.5	1	6	1	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	0	12	2
9	Görünürlük	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	9	1	4.5	1	36	2
		AH (Kavramsal Hiyerarşi Tablosu)												Operatör Eğitmeni							
		Operatör Anketleri																			

Görüşmelerden elde edilen bilgiler, gözlem sonucu elde edilen bilgiler ile birleştirilmiştir. Bu çalışmaların sağlamlasını yapmak amacı ile yine bir saatlik bir görüşme operatör eğitmeni ile gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) çalışmasını tamamlamak üzere gerekli bilgiler elde edilmiştir. Yukarıda yer alan Çizelge 4.1’deki yer alan durumların, belirli fonksiyonlar için gerçekleşme durumları 0 ile 2 arasında değişen

değerler ile ifade edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere “0” değeri belirli fonksiyonlar için ortaya çıkması gözlemlenmemiş durumları ifade ederken, “2” değeri sıkça gözlenen durumları belirtmektedir. “1” değeri ise, gözlemlenmesi muhtemel durumları ifade etmektedir. Bu değerler yukarıda kesik çizgili kutucuklar içerisinde gösterilmiştir.

4.5. Elde Edilen Verilerin Hesaplanması

CAT sonucunda elde edilen veriler belirli bir çizelgede ölçeklendirilip sıralanarak, şablonda yer alan durumların ortaya çıkma sıklıkları ve ilgili fonksiyonların değer önceliklerine göre hesaplanmıştır.

4.5.1. Durum frekansı

Burada, CAT uygulamasında (Bağlamsal Aktivite Şablonu) belirtilen durumların meydana gelme olasılıkları ve fonksiyonlar ile ilgili hesaplamaları yapabilmek adına, durum frekansı ölçeklendirilmiştir. Operatörler ile yapılan anketler, CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) sütunlarında bulunan durumların operatörlerin başına ne sıklıkta geldiğini ölçmek için hazırlanmıştır. Bunun için ankette yer alan sütunlarda bulunan, şehir içi, arazi, şantiye gibi durumları içeren bir çizelgeyi operatörlerden doldurmaları istenmiştir. Her bir operatöre, karşılaştıkları durumların, genel çalışma sürelerine oranla ne sıklıkla gerçekleştiğini yüzde olarak ifade etmeleri istenmiştir. Fakat burada, durumlar arası ilişki de birbirini kapsayan veya aynı anda gerçekleşemeyecek şekilde olabilir. Örneğin, arazide çalışma aynı anda bir şantiye çalışması ya da yol yapım çalışması şeklinde olabilir. Bu sebeple bu durumların yüzdesel ifadelerinde toplam değer %100’ün üzerinde çıkabilir. Fakat hava durumunu ifade eden güneşli ve yağmurlu durumlarda, hava aynı anda hem güneşli hem de yağmurlu olamayacağı için toplam değer 100’ü geçmemelidir.

Operatörler ile yapılan bu görüşmeler, temel olarak ankette yer alan durumların gerçekleşme sıklıklarını araştırmaya yönelik olmakla birlikte, ankette ifade edilen yüzdelik değerlerin büyüklüğü her bir durumun ortaya çıkma sıklığı hakkında bilgi vermektedir. Yani operatörler tarafından belirtilen yüzdelik değerler ne kadar büyük olursa, o durum başlarına o kadar sık gelmektedir. Tüm veriler elde edildikten sonra, her bir durum için operatörler tarafından verilmiş olan yüzdelik değerlerin aritmetik ortalaması alınarak durumların ortalama değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerlerin yüzdelik olarak küsuratlı olması,

yapılacak olan diğer hesaplamaları daha karışık hale getirmektedir. Bu yüzden elde edilen değerler, tekrardan 0 ile 4,5 arasında 9 eş aralık olacak şekilde ölçeğe sokulmuştur. Böylelikle durum frekanslarının alabileceği maksimum değer ile fonksiyon önceliğinin maksimum puanı aynı değer almaktadır. Bunun için öncelikle anketlerde yer alan en yüksek yüzdelik değer olan 70, 9 adet eş aralığa bölünmüştür. Buradan elde edilen birim aralık, 0 ile 4,5 arasındaki değerler ile orantılı olarak eşlenerek Çizelge 4.2. elde edilmiştir. Böylelikle devam edecek hesaplamalar ve aktivite önceliği hesaplamasında karşılaştırma yapabilmek adına kolaylık sağlanmıştır.

Durumların sıklıklarının hesaplanmasından sonra, satırlarda bulunan fonksiyonların birbirine göre önceliklerini ortaya çıkarma amaçlı işlemlere geçilmiştir.

Çizelge 4.2. Durum frekansı

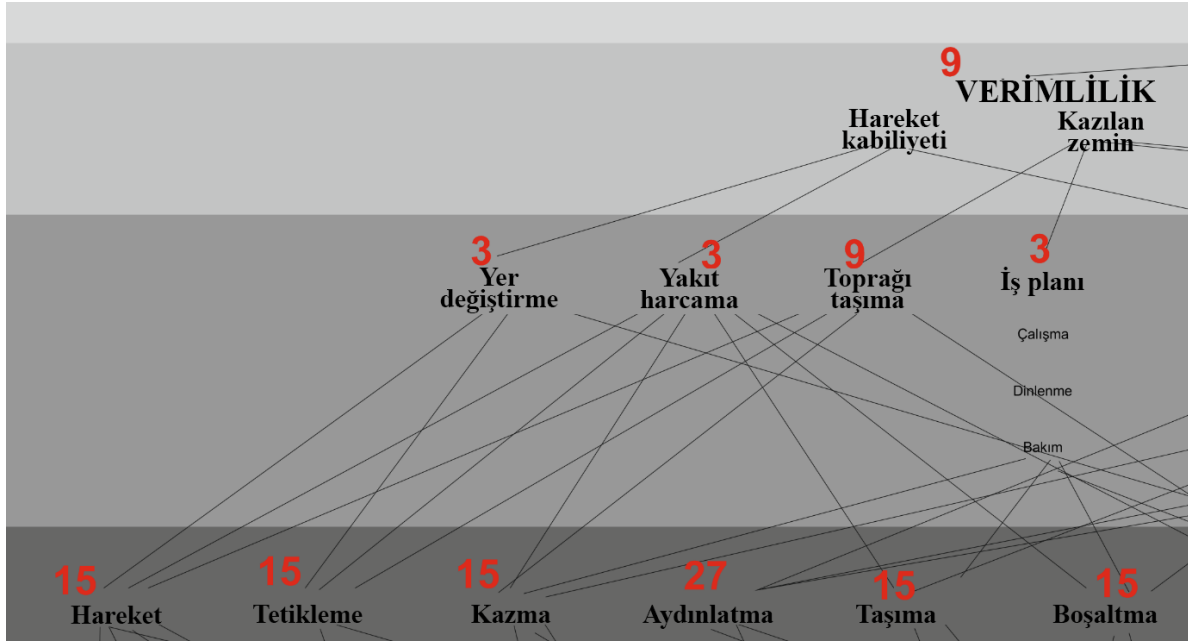
Ölçek	Çalışma Zamanı
0,5	0 – 7,78
1,0	7,78 – 15,56
1,5	15,56 – 23,33
2,0	23,33 - 31,11
2,5	31.11 – 38,89
3,0	38,89 – 46,67
3,5	46,67 – 54,44
4,0	54,44 – 62,22
4,5	62,22 – 70,00

4.5.2. Fonksiyon önceliği

Fonksiyonların öncelikleri belirlenirken, Birrel ve diğerlerinin (2011) önermiş olduğu yöntem referans alınmıştır. WDA’da (Çalışma Alanı Analizi) yapılmış olan AH’nin (Kavramsal Hiyerarşi) farklı seviyelerinde belirlenmiş olan kutucuklar önem derecelerine göre puanlanmıştır. Bu puanlama 3 seviyeden oluşmaktadır; buna göre önem derecesi düşük değer veya fonksiyonlar 1, önem derecesi orta olan değer ve fonksiyonlar 3 ve önem derecesi yüksek olan değer ve fonksiyonlar 9 ile puanlanmıştır. Sistemin en tepesinden başlanarak bu puanlama uygulanmıştır. En tepede yer alan “sistem amacı”, ulaşılmak istenen temel amacı

temsil etmesinden dolayı 9 ile puanlanmıştır. Yani sistemin nihai amacının önem derecesi yüksektir. Hemen altında yer alan değer ve öncelikler seviyesini oluşturan ve sistemin amacının hangi faktörler üzerinden gerçekleşeceğini belirttiği bu seviyede yer alan verimlilik, güvenlik ve konfor kavramları da puanlamaya tabii tutulmuş ve her birine 9 puan verilmiştir. Bu puanlamada AH (Kavramsal Hiyerarşi) için yapılan görüşmeler sonucunda alınan görüşler etkili olsa da esas olarak sistemin en üst seviyede bileşenleri olarak adlandırabileceğimiz bu değerler sistemin sağlıklı bir biçimde akışı bakımından önemlidir. Burada verimlilik, sistemin çalışması için harcanan işgücü ve zaman gibi girdilerin karşılığında çıktılarının değerinin, girdiler ile dengeli olmasını ifade etmektedir. Güvenlik değeri ise, hem makine hem de insan güvenliğini temsil etmesi açısından önemli olmakla birlikte bu çalışmanın yapılma amacını içerisinde barındırmaktadır. Konfor değeri de insan makine etkileşimi açısından önem taşımakla birlikte güvenlik ve verimlilik değerlerini etkilemektedir.

Bir alt seviyede yer alan amaca yönelik fonksiyonlar bölümünde ise değerlendirmeler karşılıklı görüşmeler neticesinde gerçekleşmiştir. Operatör eğitmeni ve test uzmanı ile yapılan ikinci görüşmelerde ağırlıklı olarak puanlar tartışılmıştır. Örnek vermek gerekirse, yapılan görüşmelerde verimlilik değeri ile bağlantılı olan toprağı taşıma fonksiyonu temel amaca hizmet etmesi bakımından önemli olarak nitelendirilmiştir. Araçların yapısından kaynaklanan bazı kısıtlar sebebi ile hareket değeri daha az önemli olarak görülmüş ve 3 ile puanlanmıştır. Amaca yönelik fonksiyonlar seviyesinde yer alan tüm kutucuklar için puanlar belirlenmiştir. Bu puanların belirlenmesi sırasında önceki sayfalarda anlatılmış olan “neden” ve “nasıl” sorularına fonksiyonların ne kadar tatmin edici cevap verdiği göz önünde bulundurulmuştur (Birrel ve diğerleri, 2011). Fiziksel işlemler basamağındaki düğümlerin ölçümleri, amaca yönelik fonksiyonlar üst seviyesinden gelen bağlantılar ve bu bağlantıların karşılıklarında bulunan kutucukların değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bunu yapmak için, fiziksel işlemler basamağında ilgili kutucuğa gelen bağlantıların sayısı belirlenir ve her bir bağlantının değeri toplanarak ilgili fiziksel işlemin değeri oluşturulur.



Şekil 4.5. Fonksiyon önceliği

Şekil 4.5'te her bir seviyedeki kavramların yanlarında yer alan kırmızı renkli sayılar, ilgili kavramların değerini belirtmektedir. Fiziksel işlemler seviyesinde yer alan hareket kavramına yönelik üç adet bağ bulunmaktadır. Her bir ağın yukarı yönde eğilimde olduğu amaca yönelik fonksiyonlar seviyesindeki kavramlar soldan sağa yer değiştirme, yakıt harcama ve toprağı taşıma olarak belirlenmiştir. Bu kavramların puan değerleri sırası ile 3, 3 ve 9 dur. Böylelikle fiziksel işlemler seviyesinde yer alan hareket kavramının değeri $3+3+9=15$ olarak hesaplanmıştır (Birrel ve diğerleri, 2011). Elde edilen sonuçları, puanlama sistemine uyarlamak için, 1, 3 ve 9 puanın daha üst basamaklarda temsil ettiği düşük, orta ve yüksek önceliklere göre toplam puanlar ölçeklendirilmiştir. Çizelge 4.3.'te de bu ölçeklendirmenin hangi değer aralıkları için yapıldığı gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Fiziksel işlem önceliklerinin hesaplanması

Fiziksel İşlemlerin Önceliği	Kavram Toplam Değerleri
Yüksek Öncelik (9 puan)	$F \geq 13$
Orta Öncelik (3 Puan)	$7 \leq F < 13$
Düşük Öncelik (1 puan)	$F < 7$

4.5.3. Aktivite önceliği

Yukarıda yapılan işlemlerde, CAT şablonunda yer alan sütunları oluşturan durumlar ve satırları oluşturan fonksiyonların puan hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Tek başlarına bu durum ve fonksiyonların değerleri yeteri kadar anlam ifade etmemektedir. Çünkü bu durum ve fonksiyonlar bir biri ile ilişkili olmakla birlikte, her bir durum için gözlemlenmesi muhtemel fonksiyonlar farklılık gösterebilmektedir. Bu bölümde, bu fonksiyonların gerçekleştiği durumlar aktivite olarak adlandırılmıştır. Aktivitelerin farklı durumlarda ortaya çıkma olasılıkları ya da önem dereceleri farklılık göstermektedir.

Operatörler ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen hangi durumlarda ne fonksiyonların gerçekleştiği ile ilgili veriler ConTA (Kontrol Görev Analizi) aşamasında sınıflandırılmıştır ve bunlar belirli durumlardaki fonksiyon sıklıkları ile ilgili bilgi vermektedir. Yukarıda yapılan çalışmada, fonksiyonların hangi durumlarda gerçekleşme olasılıkları 0,1 ve 2 olarak belirlenmiştir.

Yüksek öncelikli fonksiyon ile sütunlarda yer alan aktivitelerin yüksek öneme sahip olup olmadıklarını anlamak için, durumların ne kadar sıklıkla gerçekleştiğini göz önünde bulundurmak gerekir. Bir fonksiyon yüksek öncelik değerine sahip olduğu halde ve belirli durumlarda sıklıkla gerçekleşiyor olsa bile, gerçekleştiği durumların nadir gerçekleşiyor olması ileri aşamalar için kayda değer olmasını gerektirmeyebilir. Bunu anlamak için, Çizelge 4.3'teki tablo sonucunda elde edilen değerler aşağıda yer alan formüle göre hesaplanarak aktivite önceliği elde edilmiştir.

Aktivite önceliğinin (Çizelge 4.4) hesaplanması için izlenen formül, aşağıda verilmiştir:

$$AÖ = FÖ \times DFS \times DS$$

AÖ: Aktivite Önceliği, FÖ: Fonksiyon Önceliği, DFS: Durum Fonksiyon Sıklığı,

DS: Durum Sıklığı

Çizelge 4.4. Aktivite önceliği

Durumlar		2		0.5		2		4.5		2.5		1		2		1		0.5		2	
		Şehir İçi	Sokak	İnşaat Alanı	Şehir Dışı	Şantiye	Yol Yapım	Arazi	Park	Kabinde Dinlenme	Yüksek Zemin										
Fonksiyonlar																					
9	Hareket	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Tetikleme	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Kazma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Aydınlatma	18	1	4.5	1	18	1	81	2	22.5	1	18	2	18	1	0	0	0	0	18	1
9	Taşıma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	Boşaltma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
9	İş tekrarı	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	0	0	0	0	36	2
3	Hidrolik Hareketler	12	2	3	2	12	2	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	0	12	2
	Zemin	6	1	1.5	1	6	1	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	0	12	2
9	Görünürlük	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2	9	1	4.5	1	36	2
Aktivite Önceliği											Durum Fonksiyon Sıklığı										
Durum Sıklığı											Fonksiyon Önceliği										

Aktivitelerin önemini hesaplamak üzere öncelik ve sıklıktan benzer etkiyi yakalayabilmek için azami öncelik değeri, toplam azami sıklık değeri ile aynı olmalıdır. Fonksiyon önceliği değeri, düşükten yükseğe bir ile dokuz değerleri arasında olmalıdır. Durum fonksiyon sıklığı sıfır ile iki arasında değişmektedir. Durum sıklıkları birden dokuz kadar 0,5 ağırlık ile hesaplanmıştır. Böylelikle azami sıklık değeri ($9 \times 0,5 \times 2$) azami öncelik değeri ile aynı olmaktadır.

Çizelge 4.4.'te görüldüğü gibi hareket fonksiyonunun sokak durumunda aktivite önceliğini hesaplamak için “hareket”in öncelik değeri olan 9 ile “sokak” durumunun sıklığı olan 0,5 ve durum fonksiyon sıklığı olan 2 çarpılarak elde edilmiştir. ($9 \times 0,5 \times 2 = 9$).

4.6. Fiziksel Nesnelerin Önceliklerinin Belirlenmesi

Daha önce yapılan çalışmalara ilave olarak, AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) en alt basamağında yer alan fiziksel nesnelerin de önem öncelikleri tanımlanmıştır. Böylelikle sistem performansını iyileştirmede öncelikli olarak dikkate alınması gereken işlemleri

gerçekleştirmede hangi fiziksel nesnelerin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği belirlenecektir. Bunun için AH (Kavramsal Hiyerarşi) çizelgesinin en alt basamağında yer alan fiziksel nesnelerin puanı, fiziksel işlemlerde olduğu gibi hesaplanacaktır. Bunun için Birrel ve diğerlerinin (2011) fonksiyon önceliğinin (AH'de [Kavramsal Hiyerarşi] fiziksel işlemler olarak ifade edilen) belirlenmesinde önermiş olduğu yöntem kullanılmıştır.



Şekil 4.6. Fiziksel nesnelerdeki öncelik puanları

Şekil 4.6'da her bir seviyedeki kavramların yanlarında yer alan kırmızı renkli sayılar, ilgili kavramların değerini belirtmektedir. Fiziksel nesneler seviyesinde yer alan aktarma kavramına yönelik iki adet bağ bulunmaktadır. Her bir ağın yukarı yönde eğilimde olduğu fiziksel işlemler seviyesindeki kavramlar soldan sağa hareket ve kazma olarak belirlenmiştir. Bu kavramların her ikisinin puan değeri 15'tir. Böylelikle fiziksel nesneler seviyesinde yer alan aktarma kavramının değeri $15 + 15 = 30$ olarak hesaplanmıştır.

4.7. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Durum frekansından yola çıkılarak, durum fonksiyon frekansı ve fonksiyon önceliği ile aktivite önceliği hesaplanmıştır. En yüksek öncelikli beş değer tasarım aşamasında kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu aktiviteler gözlenen durumlara göre düzenlenmiş olması sebebi ile ilk başta belirlenen fonksiyon değerlerinin sıralamasından farklılık gösterebilmektedir. Gerçekleştirilen görüşmeler, anketler ve video çekimlerinden elde edilen bilgilerin de yardımı ile çalışmada elde edilen verilerin sistem performansı ve güvenliğini iyileştirmede nasıl kullanılacağı araştırılacaktır.

5. VERİLERİN ANALİZİ

Bu bölümde WDA (Çalışma Alanı Analizi) ve ConTA (Kontrol Görev Analizi) uygulamalarında elde edilen sonuçların nasıl değerlendirileceği ele alınmaktadır. Bu değerlendirmelerin sonucunda elde edilecek verilere göre sistem performansını geliştirmek için hangi fiziksel işlemlerin öncelikli olarak ele alınması gerektiği araştırılacaktır.

5.1. Çalışma Alanı Analizi

Çalışmanın yapılmış olduğu sistemin fonksiyonel amacı “hidrolik araç ile toprağı kazmak” olarak belirlenmiştir. Bu amaca yönelik değer ve öncelikler ise; verimlilik, güvenlik ve konfor olarak belirlenmiştir. AH (Kavramsal Hiyerarşi) uygulaması bu değerler üzerinden yürütülmüştür. Yapılan AH (Kavramsal Hiyerarşi) çalışmasında elde edilen sonuçlara göre; değer ve önceliklerden amaca yönelik fonksiyonlara 28 adet bağlantı yapılmıştır. Amaca yönelik fonksiyonlardan fiziksel işlemlere 51 adet bağlantı yapılmıştır. Fiziksel işlemlerden fiziksel nesnelere ise 56 adet bağlantı yapılmıştır. Böylelikle oluşturulan AH (Kavramsal Hiyerarşi), toplamda 135 adet bağlantı içermektedir.

5.1.1. Değer ve öncelikler

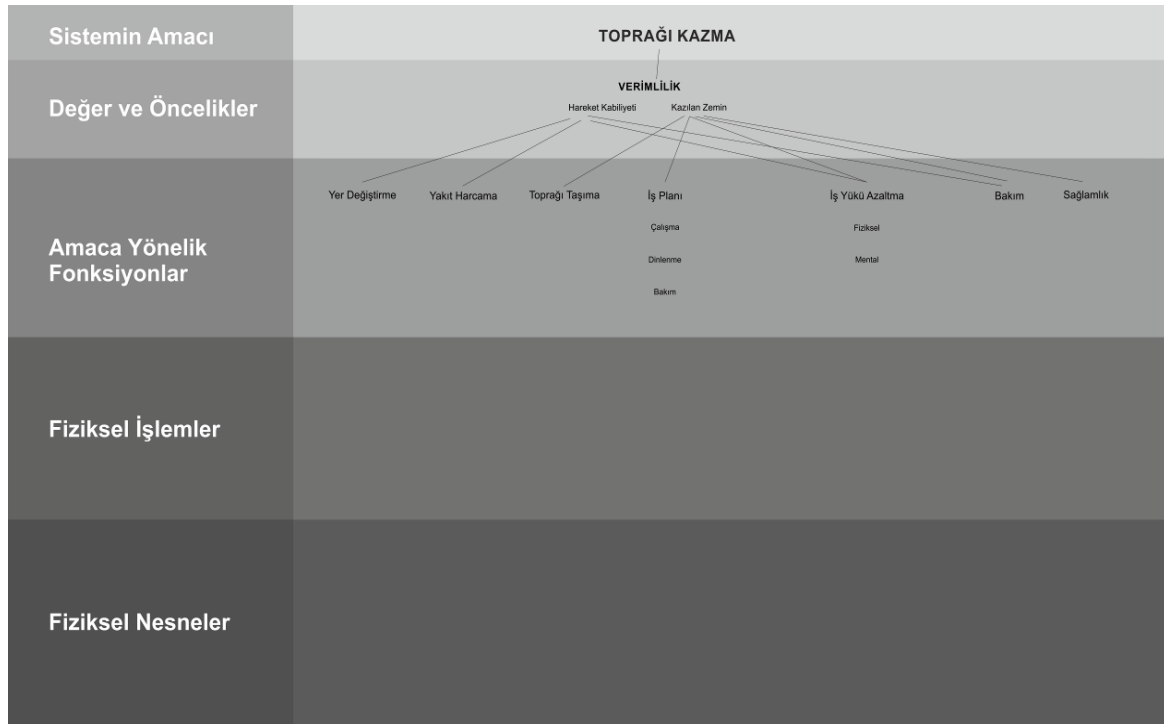
Çalışmada AH (Kavramsal Hiyerarşi) içerisinde yer alan değer ve öncelikler bölümünde yukarıda bahsedildiği üzere üç adet değer üzerinde çalışılmıştır. Verimlilik, güvenlik ve konfor olarak belirlenen bu değerlerin her biri, yapılan görüşmelerde yüksek öncelikli değer olarak belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde, her bir değer, AH’de (Kavramsal Hiyerarşi) üstten alta doğru hangi kavram ve bileşenlere doğru dallandığı incelenecektir.

Verimlilik değeri

AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda soldan sağa doğru ilke değer olan verimlilik, sistem alt bileşenlerine ayrıştırılarak hareket kabiliyeti ve kazılan zemin olarak belirlenmiştir. Burada hareket kabiliyeti alt bileşeni aracın yer değiştirebilmesi ile yükseliş kolu ve kazıcı kolunun rahatça istenilen sınırlar içerisinde hareket ettirebilmesini ifade etmektedir. Kazılan zemin alt bileşeni ise, işlemin yapıldığı zemin özellikleri (sert, gevşek, çamurlu gibi) ve bu zeminde işlem yapılabilme kabiliyetini ifade etmektedir. Sistem alt parçalarındaki bu iki

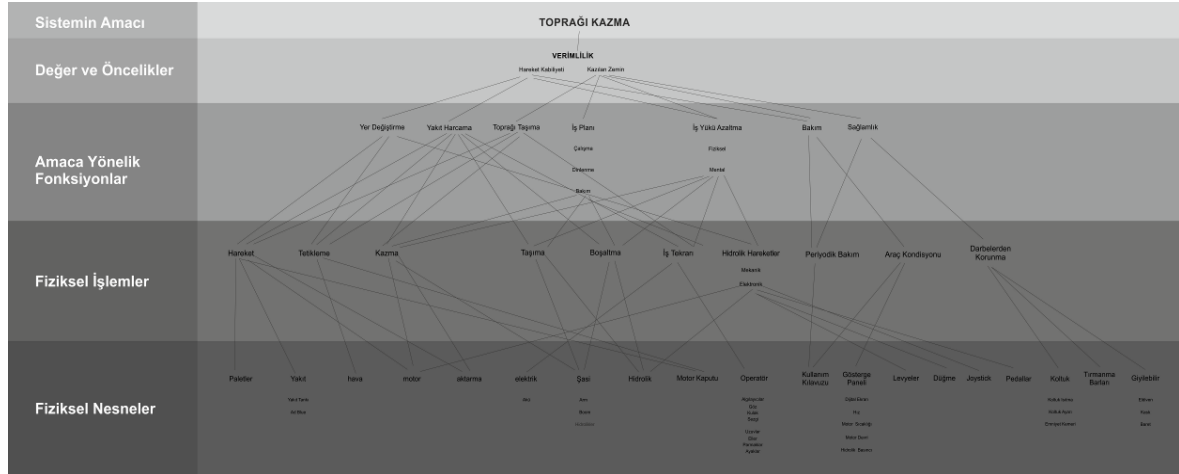
yapıdan, hareket kabiliyeti, bir alt seviye olan amaca yönelik fonksiyonlarda yer değiştirme, yakıt harcama, iş yükü azaltma ve bakım fonksiyonlarına dağılım göstermektedir. Sistem değerlerinden verimliliğin diğer bileşeni olan kazılan zemin alt bileşeninin dağılım gösterdiği amaca yönelik fonksiyonlarda yer alan fonksiyonlar ise; toprağı taşıma, iş planı, iş yükü azaltma, bakım ve sağlamlık olarak belirlenmiştir. Burada görüldüğü gibi değerler bölümünden fonksiyonlar seviyesine inilirken, alt seviyede bulunan herhangi bir fonksiyon aynı anda üst seviyedeki farklı değerler ile bağlantılı olabilmektedir. Örneğin, iş yükü azaltma fonksiyonu, değerlerde yer alan “hareket kabiliyeti” ve “kazılan zemin” alt bileşenlerinin ikisi ile birden bağlantılıdır.

Şekil 5.1.’de soyutlanmış hiyerarşinin sadece ilk üç seviyesi gösterilmektedir. Burada yer alan değer ve öncelikler seviyesine ilaveten yalnızca ilgili fonksiyonlar gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Verimlilik değeri

Şekil 5.2.’de ise, amaca yönelik fonksiyonlar ve bunlara bağlı fiziksel işlemler ile fiziksel nesneler gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Verimlilik değeri

Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi, yer değiştirme fonksiyonuna bağlı olan hareket işlemi birden fazla fiziksel nesne ile ilgilidir. Hareketin gerçekleşebilmesi için gerekli fiziksel nesneler; paletler, yakıt, motor, aktarma ve motor kaputudur. Hareketin gerçekleşebilmesi için motorun yakıt ile çalışması ve ürettiği mekanik enerjiyi yürüyüş donanımı olan paletlere aktarması gerekmektedir.

Güvenlik Değeri

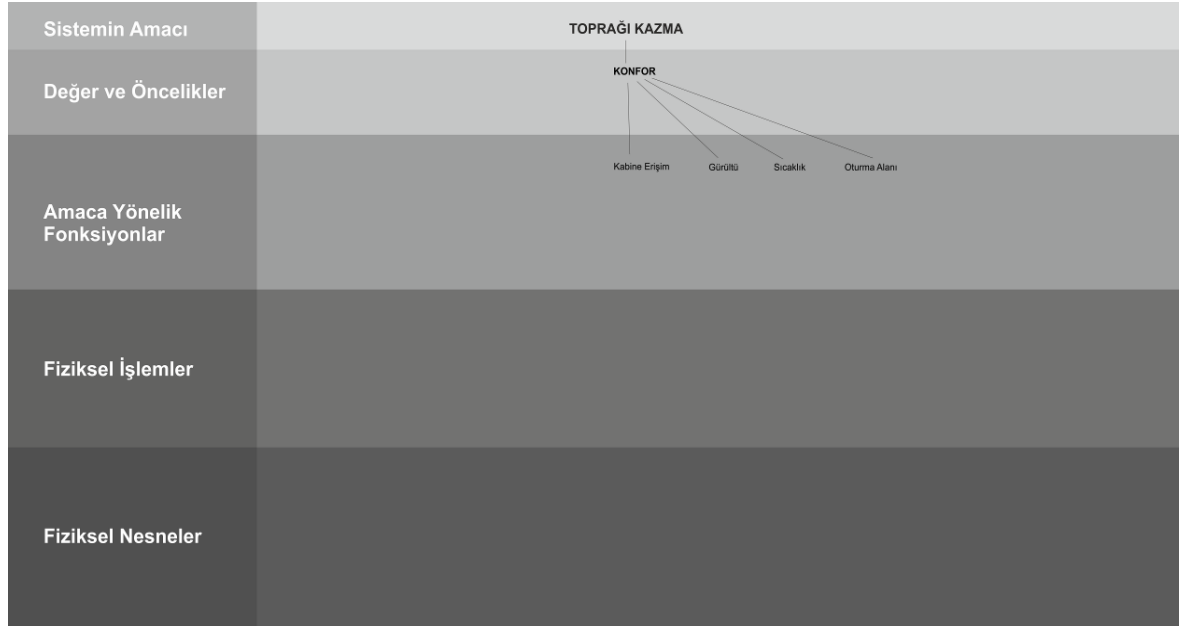
Güvenlik değeri, yine verimlilik değerinde olduğu gibi alt bileşenlerine ayrılmıştır. Buna göre güvenlik şu alt bileşenlerden oluşmaktadır: araç sabitken güvenlik, kaza engelleme, kaza güvenliği, çalışma güvenliği. Bu alt bileşenler de yine kendi içlerinde bileşenlerine ayrılmıştır. Araç sabitken güvenlik alt değeri, park halindeyken ve araç çalışırken olmak üzere iki alt değere ayrılmıştır. Hidrolik kazıcılar, yer değiştirmeden sabit olarak da iş yapabilmektedirler. Diğer bir alt değer olan kaza engellemede ise hidrolik kazıcıların oldukça sık karşılaştıkları kaza tipleri olan devrilme ve kabine darbe alma eklenmiştir.

Güvenlik değeri için yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkarılan amaca yönelik fonksiyonlar; emniyet, iş yükü azaltma, farkındalık, tetikte olma, gözlem, kabine erişim, bakım, sağlamlık, sıcaklık, oturma alanı ve dayanıklılık olarak belirlenmiştir. Şekil 5.3.'te güvenlik değeri bileşenleri ve bağlı amaca yönelik fonksiyonlar gösterilmiştir.

Şekil 5.4.'te güvenlik değerine bağlı olan fiziksel işlemler ve fiziksel nesneler gösterilmiştir. Güvenlik değerinin alt değeri olan araç sabitken güvenlik değeri ile ilgili olan fonksiyonlar; emniyet, farkındalık, tetikte olma, gözlem ve kabine erişim olarak belirlenmiştir. Operatörler ile yapılan video çekimlerinde gözlemlendiği üzere kabine erişim özellikle operatör güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Araca inme ve binme sırasında basamaklar ve tutunma barlarının konumu burada büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu donanımların çamurda kaymaması gerekmektedir. Kaza engelleme değeri için belirlenmiş olan fonksiyonlar ise; iş yükü azaltma, farkındalık, tetikte olma ve gözlem olarak belirlenmiştir. Kaza güvenliği için belirlenmiş fonksiyonlar; gözlem, kabine erişim, sağlamlık ve dayanıklılık olarak belirlenmiştir. Çalışma güvenliği ile bağlantılı olarak değerlendirilen fonksiyonlar ise; kabine erişim, bakım, sıcaklık ve oturma alanı olarak belirlenmiştir. Fiziksel işlemler seviyesinde yer alan değerler; aydınlatma, taşıma, boşaltma, iş tekrarı, hidrolik hareketler, zemin, görülebilirlik, periyodik bakım, araç kondisyonu, iletişim, beslenme, kabin içi konum, iklimlendirme, inme/binme ve darbelerden korunma olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu işlemler için ilgili fiziksel nesneler ise; motor, elektrik, şasi, hidrolik, operatör, aydınlatma, camlar, kullanım kılavuzu, gösterge paneli, levyeler, düğme, joystick, pedallar, kabin, koltuk, depolama gözleri, tırmanma barları, klima ve giyilebilir olarak belirlenmiştir.

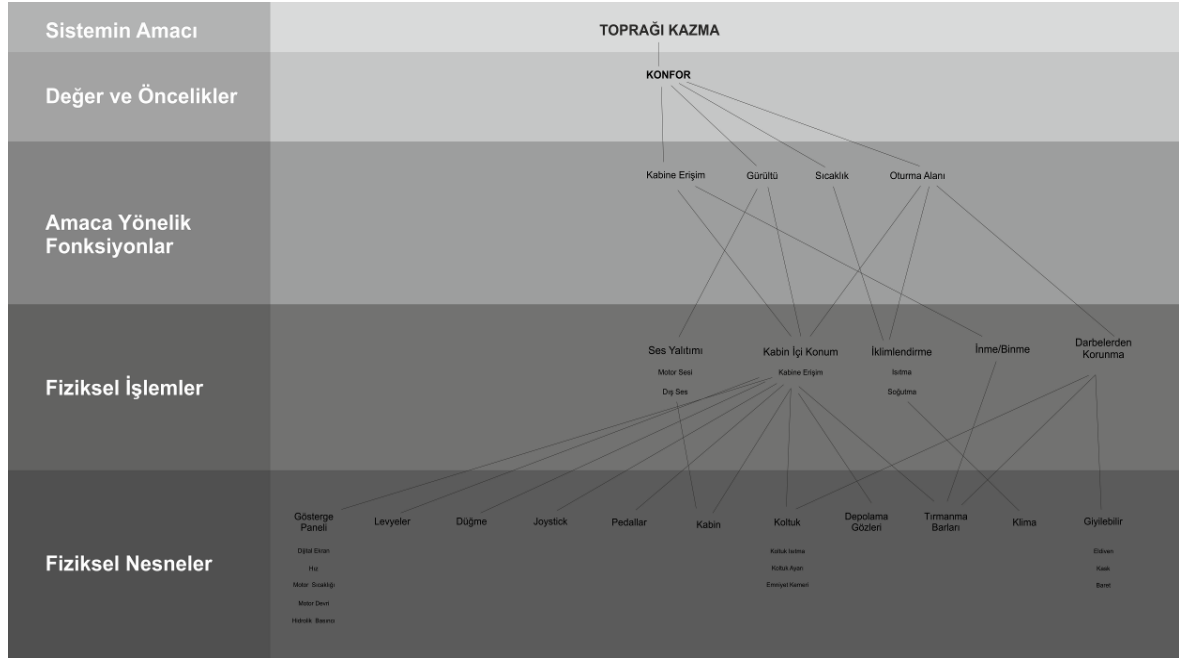
Konfor Değeri

Değer ve öncelikler seviyesinde yer alan üçüncü ve son değer olan konfor değeri, verimlilik ve güvenlik değerlerinde olduğu gibi alt seviyelerde somuta doğru diğer fonksiyon ve işlemler ile ilişkilendirilmiştir. Diğer iki değerden farklı olarak konfor değeri sistemin geneline göre kullanıcıya odaklanmaktadır. Şekil 5.5'te konfor değeri ile ilişkilendirilen fonksiyonlar gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Konfor değeri

Şekil 5.5.'te görüldüğü üzere, konfor değerinin ilişkilendirildiği dört adet fonksiyon bulunmaktadır: kabine erişim, gürültü, sıcaklık ve oturma alanı. Burada, kabine erişim fonksiyonu, çalışma öncesi ve sonrasında gerçekleşmesi gereken durum olarak gözlenmiştir. Diğer fonksiyonlar olan gürültü, sıcaklık ve oturma alanı ise çalışma sırasında operatörün etkileşimde bulunduğu sürekli durumları ifade etmektedir. Bir başka deyiş ile konfor, kabine erişim ile başlamakta ve yine bu fonksiyon ile sonlanmaktadır. Oturma alanı fonksiyonu, operatörün konumu itibari ile konforunu sağlamaktadır. Oturma alanı, operatörün fiziksel olarak temas etmesi gereken tüm objelere olan konumu barındırması bakımından önem taşımaktadır. Levye ve kontrol panelleri gibi donanımlara doğru ve kolay ulaşım, operatörün oturma alanının doğru konumlandırılması ile mümkün olmaktadır. Oturma alanının bir diğer önemi ise operatöre fiziksel olarak sağladığı destektir. Bu alanda operatörün konumu gereği, ihtiyaç duyduğu donanımlara kolaylıkla erişebilmesi kadar, hareketleri zorlanmadan yapılabilmesi de gerekmektedir.



Şekil 5.6. Konfor değeri

Şekil 5.6.'da konfor değeri ile ilişkisi bulunan fiziksel işlemler ve fiziksel nesneler gösterilmektedir. Burada elde edilen tabloda olduğu üzere, kabine erişim fonksiyonuna bağlı olan fiziksel işlemler, kabin içi konum ve inme/binme olarak belirlenmiştir. Hidrolik kazıcıların kabinlerinin hareketli platform üzerinde ve yüksekte bulunması sebebi ile kabine binme ve inme iş güvenliği açısından önem arz etmektedir. Kabine erişimde yer alan nihai işlem olan oturma alanına erişim ise, operatörlerin koltuklarına ne kadar rahat yerleşebildikleri ve aynı rahatlıkta terk edebildikleri ile alakalıdır. Gürültü (gürültünün azaltılması) fonksiyonuna ait fiziksel işlemler, ses yalıtımı ve kabin içi konum olarak belirlenmiştir. Motor kaputu ve dış çevreden kaynaklı gürültünün kabin içine yansımalarının azaltılması için kabin yapısında ses yalıtımının sağlanmış olması gerekmektedir. Kabin içi konumun önemi ise, kabin içinde akustik ve ses dağılımının nasıl olması gerektiği bakımından önem taşımaktadır.

5.1.2. Amaca yönelik fonksiyonlar

AH'de (Kavramsal Hiyerarşi) yer alan değer ve öncelikler; verimlilik, güvenlik ve konfor olarak belirlenmişti. Bu değerlere bağlı olarak ortaya çıkan amaca yönelik fonksiyonlar aşağıda yer alan Çizelge 5.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Amaca yönelik fonksiyonlar ve bağlı oldukları değer ve öncelikler

Amaca Yönelik Fonksiyonlar	İlgili Değer ve Öncelikler		
	Verimlilik	Güvenlik	Konfor
Yer Değiştirme	Verimlilik	X	X
Yakıt Harcama	Verimlilik	X	X
Toprağı Taşıma	Verimlilik	X	X
İş Planı	Verimlilik	X	X
Emniyet	X	Güvenlik	X
İş Yüğü Azaltma	Verimlilik	Güvenlik	X
Farkındalık	X	Güvenlik	X
Tetikte olma	X	Güvenlik	X
Gözlem	X	Güvenlik	X
Kabine Erişim	X	Güvenlik	Konfor
Bakım	Verimlilik	Güvenlik	X
Sağlamlık	Verimlilik	Güvenlik	X
Gürültü	X	X	Konfor
Sıcaklık	X	Güvenlik	Konfor
Oturma Alanı	X	Güvenlik	Konfor
Dayanıklılık	X	Güvenlik	X

5.1.3. Fiziksel işlemler

AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) dördüncü basamağını oluşturan fiziksel işlemler, en alt seviye olan fiziksel nesneler ile bağlantılı işlemleri içermektedir. Bir üst seviyesinde ise bu işlemlerin hangi fonksiyon ya da fonksiyonlar için gerekli olduğu belirtilmektedir. Örneğin hareket işlemi ile alakalı fiziksel nesnelerden biri paletler olarak belirlenmiştir. Hidrolik kazıcının hareket kabiliyetini sağlayan nesnelerden biri paletlerdir ve araç bu paletler üzerinde (tekerlek gibi) hareket etmektedir. Fiziksel işlemlerin bir üst basamağında bulunan amaca yönelik fonksiyonlarda ise hareket işlemi, yer değiştirme fonksiyonu ile

ilişkilendirilmiştir. Çünkü hareket işleminin gerçekleşmesinin nedeni aracın yer değiştirmesi olarak yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Çizelge 5.2.'de fiziksel işlemlerin hangi fonksiyonlar ile ilişkili olduğu gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Fiziksel işlemler ve bağlı oldukları fonksiyonlar

Fiziksel İşlemler	İlgili Fonksiyonlar
Hareket	Yer değiştirme, yakıt harcama, toprağı taşıma
Tetikleme	Yer değiştirme, yakıt harcama, toprağı taşıma
Kazma	Yakıt harcama, toprağı taşıma, iş planı, iş yükü azaltma, tetiklik
Aydınlatma	Emniyet, farkındalık
Taşıma	Yakıt harcama, iş planı, iş yükü azaltma
Boşaltma	Yakıt harcama, iş planı, iş yükü azaltma
İş Tekrarı	Yakıt harcama, toprağı taşıma, iş planı, iş yükü azaltma
Hidrolik Hareketler	Yer değiştirme, iş yükü azaltma
Zemin	Emniyet
Görebilirlik	Emniyet, farkındalık, tetiklik, gözlem
Periyodik Bakım	Bakım, sağlamlık, dayanıklılık
Araç Kondisyonu	Bakım, dayanıklılık
İletişim	Farkındalık, tetiklik, gözlem
Beslenme	Farkındalık, dayanıklılık
Ses Yalıtımı	Gürültü
Kabin İçi Konum	Tetiklik, kabine erişim, gürültü, oturma alanı
İklimlendirme	Sıcaklık, oturma alanı
İnme/Binme	Kabine erişim
Darbelerden Korunma	Sağlamlık, oturma alanı, dayanıklılık

5.1.4. Fiziksel nesneler

AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) beşinci ve en alt seviyesinde yer alan fiziksel nesneler, yukarıdan aşağıya soyut kavramlarda somut varlıklara doğru ilerleyen Çizelge 5.3.'te en somut kavramları ifade etmektedir. Fiziksel nesneler, bir üst seviyede bulunan fiziksel işlemlerin hangi nesneler vasıtası ile gerçekleştiğini ifade etmektedir.

Çizelge 5.3. Fiziksel nesneler ve ilgili oldukları fiziksel işlemler

Fiziksel Nesneler	Puan	İlgili Fiziksel İşlemler
Paletler	15	Hareket
Yakıt	15	Hareket
Hava	15	Tetikleme
Motor	42	Hareket, kazma, hidrolik hareketler
Aktarma	30	Kazma, hareket
Elektrik	60	Aydınlatma, iş tekrarı
Şasi	54	Kazma, taşıma, boşaltma, zemin
Hidrolik	51	Taşıma, boşaltma, hidrolik hareketler, zemin
Motor Kaputu	30	Hareket, tetikleme
Operatör	120	Aydınlatma, iş tekrarı, kabin içi konum, beslenme, görülebilirlik
Aydınlatma	57	Aydınlatma, görülebilirlik
Camlar	30	Görülebilirlik
Kullanım Kılavuzu	15	Periyodik bakım, araç kondisyonu
Gösterge Paneli	45	Araç kondisyonu, iletişim, kabin içi konum
Levyeler	30	Hidrolik hareketler, kabin içi konum
Düğmeler	51	Hidrolik hareketler, iletişim, kabin içi konum
Joystickler	51	Hidrolik hareketler, iletişim, kabin içi konum
Pedallar	30	Hidrolik hareketler, kabin içi konum
Kabin	19	Ses yalıtımı, kabin içi konum
Koltuk	33	Kabin içi konum, darbelerden koruma
Depolama Gözleri	30	Beslenme, kabin içi konum
Tırmanma Barları	42	İnme-binme, kabin içi konum, darbelerden koruma
Klima	12	İklimlendirme
Giyilebilir	12	Darbelerden koruma

5.2. Kontrol Görev Analizi

Kontrol görev analizi çalışmalarında, sistemin temel hedefi olan toprağı kazma işlemi esnasında oluşabilecek durumlar, operatörlerle yapılan röportajlar ve video çekimleri ile belirlenmiştir. Belirlenmiş olan bu durumlar ile birlikte, WDA’da (Çalışma Alanı Analizi) yapılan AH tablosunun dördüncü seviyesinde yer alan fiziksel işlemler, CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) oluşturmada kullanılmıştır. Belirlenen durumlarda gerçekleşen veya gerçekleşmesi muhtemel olan fiziksel işlemlerin gerçekleşme yoğunlukları hesaplanmıştır. Örneğin belirlenmiş olan durumlardan biri olan “şehir içi çalışma”da, soyutlanmış

hiyerarşide tanımlanmış olan fiziksel işlemlerin karşılığı bulunmakta ve bu karşılıklarda yer alan işlemlerin, belirtilen durumda meydana gelme olasılıkları belirtilmektedir.

5.2.1. Belirlenen durumlar

AH (Kavramsal Hiyerarşi) için gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerde, WDA (Çalışma Alanı Analizi) basamağının yanı sıra, CAT aşaması için de olası durumların belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Operatör eğitmeni ile yapılan değerlendirmelerde, hidrolik kazıcı ile toprağı kazma işlemi sırasında operatörlerin ne gibi durumlar ile karşılaştıkları belirlenmiştir. Karşılaşılan bu durumlar, operatörün nerede ve hangi şartlarda çalışmasını sürdürdüğü dikkate alınarak Çizelge 5.4. hazırlanmıştır.

Çizelge 5.4. CAT için belirlenen durumlar

Şehir içi Çalışma	Sokak
	İnşaat Alanı
Arazi Çalışması	Şantiye
	Yol Yapım
	Arazi
Park	
Kabinde Dinlenme	
Yüksek yer	Sert
	Gevşek
Kötü Hava Koşulları	Sis
	Rüzgâr
	Kaygan Zemin
Araç Temizliği	
Engeller	Sert Kayalar
	Borular, Kablolar
Kazalar	Devrilme
	Kabine Obje çarpması

5.2.2. Sık rastlanılan durumlar

CAT şablonundan elde edilen değerler toplanarak her bir durumun toplam puanı elde edilmiştir. Bu puanlar en yüksekten en düşüğe doğru sıralanarak durumların ne kadar önem arz ettikleri belirlenmiştir. Oluşturulan CAT şablonuna göre en sık rastlanılan durumlar şu şekilde sıralanmıştır:

- Şehir Dışında Çalışma
- Kötü Havada Çalışma
- Şantiyede Çalışma
- Şehir İçinde Çalışma
- Yüksek Zeminde Çalışma

Şehir dışında çalışma

Şehir dışında çalışma, oluşturulan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) toplamda en yüksek değeri alan durum olmuştur. Durum frekansı 4,5 olarak gözlenen bu durum; hareket, tetikleme, iş tekrarı gibi işin akışına ait fonksiyonlar ile aydınlatma, görülebilirlik ve iletişim gibi aracın ve operatörün farkındalığını etkileyen fonksiyonların yüksek aktivite önceliğine sahip olması sebebiyle yüksek değer almıştır. Şehir dışında çalışma durumunda fonksiyonların almış olduğu puanlar Çizelge 5.5.'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.5. Şehir dışında çalışma durumunda fonksiyon puanları

Hareket	81
Tetikleme	81
Kazma	81
Aydınlatma	81
Taşıma	81
Boşaltma	81
İş tekrarı	81
Hidrolik Hareketler	27
Zemin	27
Görebilirlik	81
Periyodik Bakım	0
Araç Kondisyonu	4.5
İletişim	81
Beslenme	13.5
Ses Yalıtımı	9
Kabin İçi Konum	81
İklimlendirme	81
Araca İnme-Binme	27
Darbelerden koruma	81
Toplam	1080

Video çekimleri sonrasında operatörler ile röportajlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu görüşmelerde, 10 operatörden 4'ünün çalışma saatlerinin önemli bir kısmının şehir dışında geçtiği belirlenmiştir. Şehir dışında yer alan çalışma alanları, inşaat veya yol yapım şantiyeleri olabileceği gibi bunların dışında herhangi bir açık arazi de olabilir. Geniş yüzölçümlü bu çalışma alanlarında aynı anda birden fazla ve farklı tiplerde iş makinesi çalışabilmektedir. Bu durumda çalışmanın yapıldığı çevrede oluşacak araç trafiğinin işi aksatmadan işlemesi gerekmektedir. Gerek operatör gerekse diğer kullanıcılar ve çalışanlar olsun, her bir bireyin birbirinden ve etrafında olan bitenden haberdar olmasının, olası kazaları engellemede rolü oldukça büyük olacaktır. Bu bakımdan şehir dışı çalışmada iletişim oldukça büyük önem taşımaktadır. İletişim ile birlikte çalışma yapan araçların görünürlüğü de olası kazaların önüne geçmek için gereklidir. Bunların yanı sıra şehir dışında çalışmada çevresel faktörlerin neden olabileceği kazaların boyutu da büyük olabilmektedir. Alanda yapılan diğer işlemlere göre zaman zaman çalışma alanında patlamalar ve bunlara bağlı olarak taş ve kaya parçalarının etrafa dağılması gibi tehlike arz eden durumların görüldüğü operatörler tarafından aktarılmıştır. Katılımcılardan Zülküf Özavcı, bu konuda yaşamış olduğu bir deneyimi şu şekilde anlatmaktadır:

Taş ocağında mesela patlama yapılıyor. Bu malzeme daha sonra mıcır olarak kullanılmak üzere işleme alınıyor. Bu patlamalarda zaman zaman kamyon büyüklüğünde taşlar meydana gelebiliyor. Siz araç ile zeminde olduğunuz için patlamayla kopan bu büyük parçalar yukarıdan üzerinize doğru geliyor. Bir kere bu şekilde ölümden döndüm, makine (kazıcı) ile üzerime gelen taşı durdurmaya çalıştım. Alt taraf uçurumdu, yaklaşık 20 metre derinliğe sahipti. Taş kazıcıyı bir metre daha itelesen uçurumdan aşağıya düşecektim. Taş üzerime geldiği için kaçma şansım yoktu, bu sebeple kazıcının kovanı ve kolları ile taşı durdurmaya çalıştım ama taş çarpınca aracı bir miktar uçuruma doğru sürükledi ve aracın kovanında hasar meydana geldi (2017).

Yapılan iş hacmi, şehir dışındaki çalışma alanlarında fazla olduğu için, aynı iş üzerine çalışma süreleri de uzun olmaktadır. Günlük çalışma saatinden bağımsız olarak çalışılan bölgenin uzun süre boyunca aynı kalması, iş tekrarının neden olacağı dikkat dağınıklığına da sebep olmaktadır. Yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere göre, çalışma saatleri içerisinde ara dinlenmeler ve çay molaları sıklıkla kabin içerisinde değerlendirilmektedir. Bu da vücudun uzun süreler boyunca aynı koltukta bulunması anlamına gelmektedir. Operatörün oturacağı koltuğun ve kullanım alanının tasarımında ergonomik ölçütlerin uygulanması bu durumda diğer senaryolara göre daha fazla hassasiyet gerektirmektedir. Şehir dışındaki çalışmalarda kimi zaman operatörler gün bitiminde evlerine dönmekte, kimi zaman ise çalışma alanı etrafında geçici olarak barınmaktadırlar. Evlerinden uzun süre ayrı kalan operatörler, araçlarını kişiselleştirmede diğer operatörlere göre daha istekli davranmaktadır.

Kötü havada çalışma

Yapılan görüşmeler ile oluşturulan CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) en yüksek puan toplamına sahip ikinci durum kötü havada çalışma olarak belirlenmiştir. Kötü havada çalışma durumunun frekansı 2,5 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 5.6.'da belirtildiği üzere, sis ve aşırı yağış meydana geldiğinde operatörlerin görüş alanı oldukça azalmaktadır. Bu esnada çalışma alanının ve aracın aydınlatmasının yeterli olması büyük önem arz etmektedir. Görüşün kısıtlanması, böyle durumlarda iş ile ilgili araç hareketlerinin kısıtlanmasına sebebiyet vermektedir. Kısıtlı görüşte, araç hareketlerine bağlı kazaların yaşanma riski fazla olmaktadır. Bunun yanında kötü hava koşullarının zeminde meydana getirmiş olduğu değişimler de dikkat edilmesi gereken faktörler arasında yer almaktadır. Kötü havada çalışma durumunda fonksiyonların almış olduğu puanlar Çizelge 5.6.'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.6. Kötü havada çalışma durumunda fonksiyon puanları

Hareket	45
Tetikleme	45
Kazma	45
Aydınlatma	45
Taşıma	45
Boşaltma	45
İş tekrarı	45
Hidrolik Hareketler	15
Zemin	7.5
Görebilirlik	45
Periyodik Bakım	0
Araç Kondisyonu	5
İletişim	45
Beslenme	7.5
Ses Yalıtımı	2.5
Kabin İçi Konum	45
İklimlendirme	45
Araca İnme-Binme	15
Darbelerden koruma	22.5
Toplam	570

Çizelge 5.6. incelendiğinde, kötü hava koşullarından etkilenen başlıca işlemlerin, aracın temel işlevini yerine getirmeye yardımcı işlemler olduğu görünmektedir. Kötü hava koşullarında zemin kaygan veya çamurlu olabilmektedir. Böyle durumlarda kazma alanında tekrar edilen işlemlerde hassas olarak kazılması gereken alanlarda araç hareketlerinin daha dikkatli ve yavaş gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Hidrolik kazıcının iş yapması ile alakalı kötü hava koşullarında dikkat edilmesi gereken hususlardan birinin de hidrolik, yakıt gibi araç mekanizmalarının işlevlerini yerine getirmesini sağlayan sıvıların yeterince akışkan olmasıdır. Aksi takdirde donmuş sıvılar aracın çalışmasını engelleyeceği gibi, motora ve diğer mekanik bileşenlere zarar verebilmektedir.

Kötü hava koşulları, zemin yapısını da etkilemektedir. Soğuk ve karlı havalarda toprak buzlanma ile birlikte sertleşmekte, araç kolları ve kovada gerilmelere ve zorlanmalara yol açmaktadır. Yapılan anket çalışmalarından aktarıldığı üzere, bu durumlarda aracın olağandan daha yavaş ve temkinli iş yapmasının uygun olduğu belirtilmektedir.

Araç içi sıcaklığın çalışma ortamı için uygun halde tutulması da, çalışmaya katılan operatörler tarafından ifade edilen bir fonksiyon olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle soğuk

havalarda kabin içerisinin yeterince sıcak olmaması, operatörlerin gereğinden kalın giyinerek aracı kullanmaya çalışmasına neden olmaktadır. Bu durumda operatörün el ve kol hareketleri kısıtlanmakta ve kabin içinde çalışması daha zahmetli ve verimsiz hale gelmektedir. Soğuk havalarda, el ve parmak hareketlerinde uyuşukluk gözlenmektedir. Levye, joystick ve dokunmatik ekran gibi el ve parmakların hassas biçimde çalışması gerektiği durumlarda parmaklarda uyuşmadan dolayı enstrümanlarda kullanım zorluğu da görülebilmektedir.

Kötü hava koşullarında aracın performans ve güvenlikten ödün vermeden çalışıyor olması büyük önem taşımaktadır. Bunun için aracın bakımlarının düzenli olarak yapılması önem arz etmektedir. Buna rağmen yapılan çalışmada, periyodik bakım işleminin değeri sıfır olarak görünmektedir. Bunun sebebi, periyodik bakım işlemlerinin aracın çalışmadığı ve servis alanında olduğu durumlarda gerçekleştiriyor olmasıdır.

Şantiyede alışma

CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) en yüksek 3. değeri alan durum, şantiyede çalışma olmuştur. Şantiyede alışma gözlenen durumunda en yüksek değerleri temel kazıcı hareketleri ile birlikte darbelerden korunma ve kabin içi konum işlemleri almıştır. Şantiyeler yapıları itibari ile geniş ve kolektif çalışmanın sürdüğü çalışma alanları olarak belirtilmektedir. Fonksiyonlar arasında yer alan boşaltma işlemi, herhangi bir zemin, araç veya platform üzerine gerçekleşebilmektedir. Şantiyelerde genel olarak boşaltma işlemi inşaat kamyonlarına yapılmaktadır. Bu durumda operatörün kısıtlı ve hassas bir alana boşaltma yapacak olmasını göz ününde bulundurursak, tekrarlanan eylemin operatöre getirmiş olduğu bilişsel yük artmaktadır. Bu nedenle operatörün daha dikkatli olması ve dolayısı ile eylemi daha yavaş gerçekleştirmesi gerekmektedir. Boşaltma yapılacak alanın hareketli ve sınırlı olması durumu, operatörün çevreyi ve aracın ilgili bileşenlerini görüyor olmasının önemini daha da artırmaktadır. Çizelge 5.7.'de şantiyede çalışma durumunda fonksiyonel işlemlerin her birinin elde etmiş olduğu puanlar listelenmektedir.

Çizelge 5.7. Şantiyede çalışma durumunda fonksiyon puanları

Hareket	45
Tetikleme	45
Kazma	45
Aydınlatma	22.5
Taşıma	45
Boşaltma	45
İş tekrarı	45
Hidrolik Hareketler	15
Zemin	15
Görebilirlik	45
Periyodik Bakım	0
Araç Kondisyonu	2.5
İletişim	22.5
Beslenme	7.5
Ses Yalıtımı	5
Kabin İçi Konum	45
İklimlendirme	22.5
Araca İnme-Binme	15
Darbelerden koruma	45
Toplam	532.5

Şantiyelerde çalışma alanının kalabalık olması ve çalışanlar arasındaki işbirliğinin doğal sonucu olarak görebilirlik fonksiyonel işlemi yüksek puan almıştır. Görebilirlik ile ilgili operatörlerin belirtmiş olduğu hususlardan biri de kolektif çalışma ortamında birden fazla çalışan kazıcı olması durumunda çarpışmadan kaçınmak olmuştur. Hidrolik kazıcıların temel hareketlerinden biri, şasi üzeri gövde ve kabin kısmının 360 derece dönüştür. Aracın bu hareketi esnasında operatörler araç uzunluğu çapında bir alanı taramaktadırlar. Bu sebeple birlikte çalışan araçların birbirlerinden ve hareketlerinden haberdar olması, olası kazaları önlemek adına gereklidir. Kazıcılarda bu farkındalığı sağlayan temel fonksiyon görebilirliktir. Operatörler çevreyi ne kadar iyi görebilirse, oluşacak kaza riski ve iş kaybı o denli az olacaktır. Operatörün çevreyi ne kadar iyi görebildiği, araç içerisinde bulunduğu konum ile de alakalıdır. Bu sebeple kabin içi konum CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) çalışması sırasında yüksek değer almıştır. Kabin içi konumun önemi insan faktörleri açısından olduğu kadar iyi bir görüş sağlamasından da kaynaklanmaktadır.

Şehir içinde çalışma

Yapılan çalışmada şehir içinde çalışma durumu beşinci en yüksek değeri almıştır. Şantiye, özellikle şehir dışı çalışmayı betimlerken inşaat alanı, şehir içindeki görece daha küçük ama sık karşılaşılan bir durum olarak öne çıkmaktadır. Şehir içinde çalışmanın ortaya çıkardığı risklerden biri, çalışma alanında iş ile ilgisi bulunmayan insanların ve faktörlerin de işi etkilemesi ve işten etkilenmesi anlamına gelmektedir. Bu sebeple operatörlerin kendi işleri ile olduğu kadar dış çevresel faktörler ile de etkileşimde olması söz konusudur. Şehir içi çalışmada operatörlerin çalışmasını etkileyecek etmenlerin başında yayalar ve araç trafiği gelmektedir. Görece dar alanlarda günlük hayatı zaman zaman etkilemeyecek biçimde iş yapma gayreti, çalışma alanı ve kent yaşamının kesişip birbiri ile etkileşime girmesine sebep olmaktadır. Çizelge 5.8’da yer aldığı üzere, kazıcının temel hareketlerini yerine getiren işlevler yüksek puan almıştır.

Çizelge 5.8. Şehir dışında çalışma durumunda fonksiyon puanları

Hareket	36
Tetikleme	36
Kazma	36
Aydınlatma	18
Taşıma	36
Boşaltma	36
İş tekrarı	36
Hidrolik Hareketler	12
Zemin	6
Görebilirlik	36
Periyodik Bakım	0
Araç Kondisyonu	2
İletişim	36
Beslenme	6
Ses Yalıtımı	4
Kabin İçi Konum	36
İklimlendirme	18
Araca İnme-Binme	12
Darbelerden koruma	36
Toplam	438

Şehir içi inşaat alanında kazıcının hareketleri ile birlikte görebilirlik ve kabin içi konum yüksek puan almışlardır. Bu iki fonksiyonun birbiri ile olan ilişkileri, üst başlıklarda gözlenen durumlarda da öne çıkmaktadır. Şehir içi çalışma alanlarının, diğer çalışma

alanlarına göre daha dar ve sıkışık olması olası çarpmalar ve kazaların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Kaza riskinin yüksek olması, operatörün kabin içinde güvenli bir kafeste çalışıyor olmasını gerektirmektedir. Bu sebeple darbelerden koruma fonksiyonu da, şehir içi çalışma durumunda yüksek olasılıkla gözlenmektedir.

Yüksek zeminde çalışma

Yüksek zeminde çalışma durumu önem derecesine göre 4. sırada yer almaktadır. Kazıcıların geniş alanlarda gerçekleştirdiği kazma işlemlerinde kademeli olarak gerçekleştirdiği alanlar yüksek zemin olarak adlandırılabilir. Bu durumlarla taş ocakları ve büyük inşaat temellerinde karşılaşılabilceği gibi, yol yapım veya şehir içinde yıkım gibi daha küçük ölçekli çalışma alanlarında karşılaşmak da mümkündür. Çalışma alanının konumu özellikle güvenlik ile ilgili hususlarda önem arz etmektedir. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda kazıcının temel işlevlerini yerine getiren fonksiyonlar yüksek önem arz etmektedir. Kazıcıların inşaat ve kazı alanlarında sıkça tercih edilmelerinin temel sebeplerinden biri, paletli yapıları sayesinde dengelerini koruyarak iş yapabilmeleridir. Bu sebeple dengesiz arazi koşullarında ve zeminde tekerlekli araçlara göre daha rahat çalışabilmektedirler. Yüksek zeminde yapılan çalışmalarda araç bulunduğu konum itibari ile risk altındadır. Operatörlerin belirttiği gibi bu durumlarda olası risklere karşı dışarıya bilgi vermek önem arz etmektedir. Çizelge 5.9. incelendiğinde bu konu ile alakalı olarak iletişimin yüksek değer aldığı görülmektedir. Olası kayma veya devrilme durumlarında operatörün dışarıyı bilgilendirmesi, muhtemel kazanın önlenmesi ya da etkilerinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Yapılan görüşmelerde operatörler tarafından kazıcının hareketlerinin, aracın dengesini önemli ölçüde etkilediği aktarılmıştır. Mehmet Kapusuzoğlu'nun deneyimlerinden yola çıkarak söylediğine göre aracın dengesi özellikle kule kısmı döndüğünde yani araç gövdesi paletlere dik olacak biçime geldiğinde bozulmakta, devrilme riski oluşmaktadır (2017). Kazma ve taşıma işlemleri gerçekleşirken aracın ağırlık merkezinde kaymalar meydana gelmektedir. Yüksekte yer alan zemin yeterince sert veya geniş değilse zeminde oluşacak hareketlilik aracın istemsizce kaymasına ve hatta devrilmesine yol açabilecektir. Resim 5.1.'de Ankara'da İstanbul Yolu üzerinde yer alan bir şantiyede zemin tesviyesi yapmakta olan bir kazıcı görülmektedir. Zemindeki toprak dolgu olduğu için, ufak bir kaymada aracın sağda bulunan inşaat temeline doğru devrilmesi veya çarpması söz konusu olabilir.



Resim 5.1. Yüksek zeminde çalışmakta olan bir kazıcı

Çizelge 5.9. Yüksek zeminde çalışma durumunda fonksiyon puanları

Hareket	36
Tetikleme	36
Kazma	36
Aydınlatma	18
Taşıma	36
Boşaltma	36
İş tekrarı	36
Hidrolik Hareketler	12
Zemin	12
Görebilirlik	36
Periyodik Bakım	0
Araç Kondisyonu	4
İletişim	36
Beslenme	6
Ses Yalıtımı	2
Kabin İçi Konum	36
İklimlendirme	18
Araca İnme-Binme	12
Darbelerden koruma	18
Toplam	426

Tehlike arz eden yüksek zeminde çalışma durumunda iletişim kadar görebilirlik de büyük önem taşımaktadır. Operatörlerin çevreyi görmeleri olası tehlikeleri önceden fark etmelerinde ve gerekli tedbiri almalarında yardımcı olacaktır. Görebilirlik fonksiyonel işlemini destekleyen bir diğer işlem de kabin içi konum olarak çizelgede yer almaktadır. Kabin içi konum daha önceki başlıklarda bahsedilen insan faktörleri ve dışarıyı görüş kavramlarına ek olarak, devrilme veya kabine darbe alma gibi olası kazalarda operatörün güvenliğini sağlama açısından da büyük önem arz etmektedir. Araca binış ve araçtan iniş de yüksek zeminde çalışma durumunda normal şartlara göre daha fazla önem arz etmektedir. Fakat araca binme ve araçtan inme durumu aracın çalıştığı koşullardan bağımsız olarak özellikle üzerinde durulması gereken bir konudur. Operatörlerden alınan bilgiler doğrultusunda, paletli kazıcılara binme ve araçtan inme konularında hiçbir operatörün problem yaşamadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte bir operatör, yükseklik korkusu sebebi ile yerden fazla yüksek zeminlerde çalışma konusunda problem yaşadığını belirtmiştir. Bu durumda operatör yüksek zeminde çalışmayı istememektedir.

5.2.3. Fonksiyon önem değeri

Yapılan çalışmanın temelini oluşturan AH (Kavramsal Hiyerarşi) şablonunda sistemin başta amacı olmak üzere yukarıdan aşağıya doğru sistem kendi iç bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Bu ayrımı yapmanın amacı, sistemin işleyişine etki eden yapılar ve kavramları listeleyip belirlemektir. AH'yi (Kavramsal Hiyerarşi) oluşturan her bir yapı, belli ölçütlere göre puanlanarak birbirlerine göre önem sırası kazanmışlardır. Birrel'in (2011) önermiş olduğu yöntem uygulanarak gerçekleştirilen bu puanlamada yukarıdan aşağıya doğru satırlardaki değerler puanlanmıştır. Buna göre en tepede yer alan fonksiyonel amaç satırı yüksek değer ile puanlanarak 9 almıştır. Bir alt basamakta yer alan değer ve öncelikler de yine sistemin amacını gerçekleştirmeye yönelik temel kavramları barındırması sebebi ile 9 puan ile değerlendirilmiştir. Üçüncü basamakta yer alan amaca yönelik fonksiyonlar da, alan uzmanları ile yapılan görüşmeler neticesinde orta ve yüksek öncelikli olarak puanlanmıştır. Fiziksel nesnelerin üzerinde yer alan fiziksel işlemler basamağında ise hesaplama, Birrel'in uyguladığı yöntem paralelinde, ilgili üst basamaklardaki değerlerin toplanması ile elde edilmiştir. Çizelge 5.10.'da yüksek ve orta değer puanları almış olan amaca yönelik fonksiyonlar sıralanmıştır.

Çizelge 5.10. Amaca yönelik fonksiyonların önceliklerine göre gruplandırılması

Yüksek Öncelik	Orta Öncelik
Toprağı Taşıma	Yer Değiştirme
Emniyet	Yakıt Harcama
İş Yüğü Azaltma	İş Planı
Farkındalık	Gözlem
Tetikte Olma	Bakım
Kabine Erişim	Sağlamlık
Oturma Alanı	Sıcaklık
	Dayanıklılık

Amaca yönelik fonksiyonların altında yani 4. basamakta yer alan fiziksel işlemler kısmı, CAT'in (Bağlamsal Aktivite Şablonu) temelini oluşturmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi Birrel'in uygulamış olduğu hesaplama yöntemi kullanılarak fiziksel işlemler basamağında yer alan fonksiyonların öncelik puanları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu puanlar Çizelge 5.11.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.11. Fonksiyonların önceliklerine göre gruplandırılması

Yüksek Öncelik	Orta Öncelik	Düşük Öncelik
Hareket	Hidrolik Hareketler	Araç Kondisyonu
Tetikleme	Zemin	Ses Yalıtımı
Kazma	Periyodik Bakım	
Aydınlatma	Beslenme	
Taşıma	Araca İnme-Binme	
Boşaltma		
İş tekrarı		
Görebilirlik		
İletişim		
Kabin İçi Konum		
İklimlendirme		
Darbelerden koruma		

Her bir fonksiyon için elde edilen toplam değerler, yer aldıkları aralıklara göre düşük orta ve yüksek öncelik değeri almıştır ve bu değerler düşük öncelik için 1, orta öncelik için 3 ve yüksek öncelik için 9 olacak şekilde CAT'e (Bağlamsal Aktivite Şablonu) aktarılmıştır.

CAT şablonunun satır kısmında işlevler yer almaktadır, bunların hemen yanında sol tarafta ise öncelik puanları yer almaktadır. Çizelge 5.12.'de yer alan CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) bu puanlar kırmızı ile belirtilmektedir.

Çizelge 5.12. CAT tablosundan kesit

Durumlar İşlevler		2		0.5		2		4.5		2.5	
		Şehir İçi		Sokak		İnşaat Alanı		Şehir Dışı		Şantiye	
9	Hareket	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
9	Tetikleme	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
9	Kazma	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
9	Aydınlatma	4.5	1	4.5	1	18	1	81	2	22.5	1
9	Taşıma	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
9	Boşaltma	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
9	İş tekrarı	9	2	9	2	36	2	81	2	45	2
3	Hidrolik Hareketler	3	2	3	2	12	2	27	2	15	2
3	Zemin	1.5	1	1.5	1	6	1	27	2	15	2

5.2.4. Aktivite önceliği

Aktivite önceliği, fiziksel işlemler basamağında yer alan fonksiyonların belirlenen durumlardaki önceliklerini belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir. Sistemin amacı olan hidrolik araç ile toprağı kazma işlemi sırasında gerçekleşen fonksiyonların birbirlerine göre önem önceliği olduğu gibi bu öncelik sistemin çalıştığı belli durumlarda değişiklik gösterebilmektedir. CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) aktivite önceliği, fonksiyonlar ve durumlara bağlı puanların çarpımları ile 3. bölümde elde edilmişti. Elde edilen bu değerler Çizelge 5.13.'te kırmızı çerçeveler içinde gösterilmektedir.

Çizelge 5.13. CAT tablosunda aktivite öncelikleri

Durumlar		2		0.5		2		4.5		2.5		1		2	
		Şehir İçi		Sokak		İnşaat Alanı		Şehir Dışı		Şantiye		Yol Yapım		Arazi	
İşlevler		Şehir İçi		Sokak		İnşaat Alanı		Şehir Dışı		Şantiye		Yol Yapım		Arazi	
9	Hareket	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
9	Tetikleme	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
9	Kazma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
9	Aydınlatma	18	1	4.5	1	18	1	81	2	22.5	1	18	2	18	1
9	Taşıma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
9	Boşaltma	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
9	İş tekrarı	36	2	9	2	36	2	81	2	45	2	18	2	36	2
3	Hidrolik Hareketler	12	2	3	2	12	2	27	2	15	2	6	2	12	2

Yapılan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) işlemi sonucunda elde edilen aktivite öncelikleri sonucunda durumların önemi belirlenmiştir. Belirlenen bu durumların her biri için en yüksek değer puanı almış olan fonksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Şehir dışında çalışma

Çizelge 5.14. Şehir dışında çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar

Hareket	81
Tetikleme	81
Kazma	81
Aydınlatma	81
Taşıma	81
Boşaltma	81
İş tekrarı	81
Görebilirlik	81
İletişim	81
Kabin İçi Konum	81
İklimlendirme	81
Darbelerden koruma	81
Toplam	972

Kötü havada çalışma

Çizelge 5.15. Kötü havada çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar

Hareket	45
Tetikleme	45
Kazma	45
Aydınlatma	45
Taşıma	45
Boşaltma	45
İş tekrarı	45
Görebilirlik	45
İletişim	45
Kabin İçi Konum	45
İklimlendirme	45
Darbelerden koruma	22.5
Toplam	517,5

Şantiyede çalışma

Çizelge 5.16. Şantiyede çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar

Hareket	45
Tetikleme	45
Kazma	45
Aydınlatma	22.5
Taşıma	45
Boşaltma	45
İş tekrarı	45
Görebilirlik	45
İletişim	22.5
Kabin İçi Konum	45
İklimlendirme	22.5
Darbelerden koruma	45
Toplam	572.5

Şehir içinde çalışma

Çizelge 5.17. Şehir içinde çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar

Hareket	36
Tetikleme	36
Kazma	36
Aydınlatma	18
Taşıma	36
Boşaltma	36
İş tekrarı	36
Görebilirlik	36
İletişim	36
Kabin İçi Konum	36
İklimlendirme	18
Darbelerden koruma	36
Toplam	396

Yüksek zeminde çalışma

Çizelge 5.18. Yüksek zeminde çalışmada yüksek aktivite puanı alan fonksiyonlar

Hareket	36
Tetikleme	36
Kazma	36
Aydınlatma	18
Taşıma	36
Boşaltma	36
İş tekrarı	36
Görebilirlik	36
İletişim	36
Kabin İçi Konum	36
İklimlendirme	18
Darbelerden koruma	18
Toplam	378

5.2.5. Değerlendirmelerin özeti

Çalışmada elde edilen verilerin hesaplamalarının yapıldığı bu bölümde, çalışmanın temelini oluşturan AH (Kavramsal Hiyerarşi) ve CAT'ten (Bağlamsal Aktivite Şablonu)

değerlendirmeye yönelik veriler elde edilmiştir. Bunun için öncelikli olarak AH (Kavramsal Hiyerarşi) şablonunda sistem ve bileşenlerinin ait oldukları basamaklara göre puanlaması yapılmıştır. Bu hesaplamalarda, işlevler olarak adlandırılmış olan fiziksel işlemlerin her biri elde ettikleri değer ile birlikte CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) aktarılmıştır. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) genel olarak durumlar ve işlevlerin göreceli değerlerinin karşılaştırıldığı bir tablodur. CAT'te (Bağlamsal Aktivite Şablonu) amaç aktivite öncelik değerini belirlemek olduğu için, bu değere ulaşmada kullanılacak olan veriler de tabloda yerini almıştır. Operatörler ile yapılan anketler neticesinde durumların görülme sıklıkları belirli bir ölçeğe yerleştirilmiştir. Bununla birlikte, sektör uzmanları ile yapılan değerlendirmelerde durumların görülme sıklıkları da belirlenmiş ve girdi olarak tabloya işlenmiştir. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) tablosuna girilmiş olan bu değerler birbiri ile çarpılarak her bir işlevin değeri ortaya konmuştur. Belirli durumlara karşılık gelen işlev değerleri toplanarak her bir durumun toplam değeri bulunmuş ve bir sıralama yapılmıştır. Böylelikle tasarıma geçmeden önce hangi kavramların ne kadar öne çıktığı belirlenmiştir.

6. BULGULAR

Yapılan çalışma, hidrolik kazıcı ile toprağı kazma işinin performansını belirli değerler üzerinden geliştirmeye yönelik gerçekleşmiştir. Bu çalışmanın iki yönlü amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, insan – iş makinesi sisteminin performansını CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yöntemini kullanarak geliştirmeye çalışmaktır. İkincisi ise araç içerisinde hangi fiziksel bileşenlerin kullanıcı üzerinde nasıl ve ne derece etkili olduğunu belirlemek ve bu bileşenlerden hangilerinin otonom olarak çalışmasının sistemin etkili ve güvenli bir biçimde işlevlerini yerine getirebileceğini araştırmaktır. Makinelerin karmaşık yapıda olması sebebi ile operatörler araçları kullanırken hata yapmakta ve kazalara sebep olmaktadır. Bu sebeple hidrolik kazıcıların operatör ile etkileşimi ve kullanım senaryolarını araştırmak ve olası iyileştirmeleri belirlemek amacı ile CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yönteminin ilk iki basamağı çalışmanın yürütülmesinde temel alınmıştır. Çalışmanın ilk aşaması, araştırmanın ilk basamağını oluşturan insan – iş makinesi sisteminin performansını iyileştirecek fırsatların araştırılması olmuş ve CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yöntemi uygulanarak bu fırsatlar belirlenmiştir. Bu çalışmanın ardından ise, CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ikinci basamağı olan CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) yöntemi ile belirlenen fırsatların daha iyi ve isabetli tanımlanmasına katkıda bulunma amacı güdülmüştür. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) ile fonksiyonel işlemler ya da aktiviteler öncelik sıralamasına tabi tutulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar üzerinden, hangi aktivitelerin sistem performansını kritik şekilde etkilediği ve bu aktivitelerin otonom olarak gerçekleştirilmesinin sisteme katkı sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır.

6.1. İnsan – Makine - Sistem Performansını Geliştirmeye Yönelik Bulgular

Çalışmanın konusu olan sistemin fonksiyonel amacı, hidrolik paletli kazıcı ile toprağı kazmaktır. Fonksiyonel amacın ne kadar gerçekleştiği ise verimlilik, güvenlik ve konfor olarak belirlenen değer ve öncelikler ile ölçülmüştür. CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ilk adımı olan WDA'da (Çalışma Alanı Analizi) hazırlanan AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda yer alan daha alt basamakların da fonksiyonel amaca ulaşmada değer ve öncelikleri destekler nitelikte olması gerekmektedir. AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda en altta yer alan fiziksel nesneler de operatör ve kazıcıdan oluşan sistemin çalışmasını ve amacına ulaşmasını destekler nitelikte olmalıdır. Sistemin işleyişine etki eden tüm bileşenlerin bulunduğu AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu Ek 3'te sunulmuştur. Buna göre

tabloda yer alan, ancak sistem performansına kayda değer herhangi bir katkısı olmayan bileşenlerin geliştirilmesine ihtiyaç yoktur. Bu durum yapılan AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu incelenerek ve bileşenlerin değer ve önceliklere ne kadar katkı sağladığına bakılarak anlaşılabilir.

Gerçekleşen çalışma verimlilik, güvenlik ve konfor değerleri üzerinden gerçekleşmiştir. Yapılacak daha kapsamlı bir çalışmada yasalar ve düzenlemeler gibi farklı değer ve öncelikler de yer alabilir. Bu durumda gelecekte kurgulanacak sistem işleyişinde, yapılan çalışmada gerçekleşen AH'de (Kavramsal Hiyerarşi) yer almayan değerler ve önceliklerin de yer aldığı daha geniş bir kapsamlı CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) uygulamasının yapılması gerekmektedir.

CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ilk basamağında yapılmış olan AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda fiziksel işlemlere etki eden fiziksel nesnelere bakıldığında bir fiziksel işleme birden fazla fiziksel nesnenin bağlandığı görülmektedir. Örnek vermek gerekirse hidrolik hareketlere etki eden fiziksel nesneler pedallar, joystick, düğme ve levyedir. Bu durumda sistem yapısal olarak daha esnek hale getirilerek performansına yönelik geliştirmeler yapılabilir. Benzer şekilde manuel kontrole sahip bazı işlemler de, ilgili fiziksel nesnelere bakılarak otonom işleme alınabilir.

6.2. Aktivite Önceliği ile Bulunan Geliştirmeler

Bu bölümde AH (Kavramsal Hiyerarşi) ve geliştirilmek üzere puanlanan yüksek öncelikli aktivitelerin operatör ve kazıcıdan oluşan sistemde tasarım ve iyileştirme olanaklarına nasıl etki ettiği tartışılmıştır. Belirlenen bu aktiviteler için hangi teknolojik faktörlerin etkilediği ve bu teknolojilerin limitleri ile hangi bilgilerin gerekli olduğu üzerinde çalışma ilerlemiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1.'de gösterilmektedir. Bu aktiviteler durum frekansı, fonksiyon önceliği ve fonksiyon frekansı değerlerine göre hesaplanmıştır. Buna göre en yüksek aktivite puanı alan durumların en yüksekten en düşüğe aldıkları aktivite puanlarına göre sıralamaları şu şekilde olmuştur:

- Şehir dışında çalışma
- Kötü havada çalışma
- Şantiyede çalışma

- Şehir içinde çalışma
- Yüksek zeminde çalışma

Bu 5 durum incelendiğinde bunların her birinde en yüksek puanı almış aktiviteler bulunmaktadır. Bu aktivitelerden 8 tanesi en yüksek puanı almıştır ve şunlardır:

- Hareket
- Tetikleme
- Kazma
- Taşıma
- Boşaltma
- İş tekrarı
- Görebilirlik
- Kabin içi konum

Çizelge 6.1. Sık rastlanılan durumlarda yüksek aktivite öncelikli fonksiyonlar

	Şehir dışında	Kötü havada	Şantiyede	Şehir içinde	Yüksek zeminde	Toplam
Hareket	81	45	45	36	36	243
Tetikleme	81	45	45	36	36	243
Kazma	81	45	45	36	36	243
Aydınlatma	81	45	22.5	18	18	184,5
Taşıma	81	45	45	36	36	243
Boşaltma	81	45	45	36	36	243
İş tekrarı	81	45	45	36	36	243
Hidrolik Hareketler	27	15	15	12	12	81
Zemin	27	7.5	15	6	12	67,5
Görebilirlik	81	45	45	36	36	243
Periyodik Bakım	0	0	0	0	0	0
Araç Kondisyonu	4.5	5	2.5	2	4	18
İletişim	81	45	22.5	36	36	220,5
Beslenme	13.5	7.5	7.5	6	6	40,5
Ses Yalıtımı	9	2.5	5	4	2	22,5
Kabin İçi Konum	81	45	45	36	36	243
İklimlendirme	81	45	22.5	18	18	184,5
Araca İnme-Binme	27	15	15	12	12	81
Darbelerden koruma	81	22.5	45	36	18	202,5

Operatör ve kazıcı sisteminin performansını iyileştirmek adına yukarıda belirtilen aktivitelerin üzerine tasarım çalışmalarının ilerlemesi faydalı olacaktır. En yüksek değeri alan durumlarda yüksek puana sahip ortak aktiviteler olması, bu aktivitelerin sistem içinde güvenlik, verimlilik ve konfor değerlerine etkilerinin olduğu sonucunu da bizlere göstermektedir. Örneğin görebilirlik aktivitesinin iyileştirilmesi, sadece şehir dışı çalışmada değil aynı zamanda yüksek değere sahip olduğu diğer durumlardan biri olan kötü havada çalışma durumunu da olumlu olarak etkileyecektir.

Çizelge 6.2. Önemli durumlarda yüksek aktivite puanına sahip aktiviteler

	Şehir dışında çalışma	Kötü havada çalışma	Şantiyede çalışma	Şehir içinde çalışma	Yüksek zeminde çalışma
Hareket	Şehir dışında araç hareketleri	Kötü havada hareket	Şantiyede hareket	Şehir içinde hareket	Yüksek zeminde hareket
Tetikleme	Şehir dışında tetikleme	Kötü havada tetikleme	Şantiyede tetikleme	Şehir içinde tetikleme	Yüksek zeminde tetikleme
Kazma	Şehir dışında kazma	Kötü havada kazma	Şantiyede kazma	Şehir içinde kazma	Yüksek zeminde kazma
Taşıma	Şehir dışında kazma	Kötü havada kazma	Şantiyede kazma	Şehir içinde taşıma	Yüksek zeminde taşıma
Boşaltma	Şehir dışında boşaltma	Kötü havada boşaltma	Şantiyede boşaltma	Şehir içinde boşaltma	Yüksek zeminde boşaltma
İş tekrarı	Şehir dışında iş tekrarı	Kötü havada iş tekrarı	Şantiyede iş tekrarı	Şehir içinde iş tekrarı	Yüksek zeminde iş tekrarı
Görebilirlik	Şehir dışında görebilirlik	Kötü havada görebilirlik	Şantiyede görebilirlik	Şehir içinde görebilirlik	Yüksek zeminde görebilirlik
Kabin Konum İç	Şehir dışında kabin içi konum	Kötü havada kabin içi konum	Şantiyede kabin içi konum	Şehir içinde kabin içi konum	Yüksek zeminde kabin içi konum

Önemli durumlarda yüksek aktivite puanına sahip aktiviteler Çizelge 6.2.'de yer almaktadır. Bunlardan tabloda koyu renk ile işaretlenen 5 tanesi örnek olarak seçilip, geliştirilmelerine yönelik tasarım önerileri aşağıda incelenmiştir.

Şehir içinde hareket

Şehir içinde çalışma alanının küçük olması ve bu kısıtlı alana her an iş ile ilgisi olmayan araç, yaya ve diğer canlıların girebilmesi çalışma güvenliğini tehdit etmekle birlikte aracın hareket alanını oldukça kısıtlamaktadır. Bu kısıtlardan dolayı aracın hareketinin oldukça hassas olması gerekmektedir. Özellikle aracın paletleri üzerinde dairesel hareket yaparak döndüğü durumlarda aracın arkasının herhangi bir nesneye ya da insana çarpma riski bulunmaktadır. Bunu önlemek için alınan tedbirler daha çok araç üzerine yapıştırılmış olan etiketlerden oluşmaktadır. Aracın çarpma riskine karşı herhangi bir sensör ya da fren mekanizması yoktur. Otomobillerde bu duruma karşı acil fren desteği gibi elektronik ve mekanik önlemler alınmaktadır. Hareket halinde aracın kontrolünün kısmi olarak otonom sistemlere devredilmesi, hareket alanında doğabilecek kazalara karşı daha etkili bir önlem olacaktır. Bu iş aynı zamanda operatörün bilişsel yükünün azalmasını sağlayacak, diğer bir deyişle aynı anda takip etmesi gereken iş sayısı azalacaktır.

Yüksek zeminde kazma

Kazıcının temel hareketlerinden biri olan kazma işlemi kısaca malzemenin bulunduğu yerden sökülmesi işlemidir. Kazma işlemi toprağın ya da farklı herhangi bir malzemenin (beton, çakıl, kaya vs.) sertliğine göre araca etki eden kuvvet dağılımını değiştirmektedir. Yüksek zeminde yapılan işlemler bu sebeple aracın devrilmesi ya da dengesini kaybetmesi ile oluşabilecek kazaların olumsuz etkilerini artırmaktadır. Yüksek zeminde çalışırken zeminin eğimi de aracın dengesini sağlamak için önem arz etmektedir. Kazıcının dönüş hareketleri, paletlerin konumu, kovanın dolu ya da boş olması ve aracın zemindeki konumu, aracın dengesine etki edeceği için, operatörün her bir muhtemel senaryoda aracın dengesini sağlamak için dikkat etmesi gereken durumlar bulunmaktadır (Bennink, 2017). Yüksek zeminde yapılan çalışmalarda operatörün araca yeterli derece hâkim olması gerekmektedir. Bunun için operatörün yeterli beceri ve tecrübeye sahip olması beklenmektedir. Ayrıca bu durumda, aracın dengesinin ne durumda olduğu operatör tarafından kesin olarak belirlenemez, ancak tecrübeye dayanılarak tahmin edilebilir. Bunun için aracın ağırlık dağılımının anlık olarak operatöre aktarılması ve palet pozisyonu ve kovaya binen yükün araç dengesine etkisine göre otonom asistanın devreye girmesi, operatörün işini kolaylaştıracak ve işin getirmiş olduğu mental yükü hafifletecektir.

Kötü havada iş tekrarı

Günümüz hidrolik kazıcılarının büyük çoğunluğunun dış etkenlere karşı korumalı kabinleri, kötü hava koşullarından operatörün etkilenmesini engellemektedir. Fakat hava koşullarının kötüleşmesi kazıcıların fonksiyonlarını yerine getirmesini kısmen de olsa zorlaştırmaktadır. Kötü havalarda (yağmur ve kar gibi) bozulan zeminin kayganlaşması ve zeminin stabilizasyonunu kaybetmesi kazıcı hareketlerinin daha dikkatli ve yavaş gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Şantiyede görebilirlik

Şantiyelerde gerçekleşen çalışmalarda kazıcılar dışında başka araçlar ve çalışanların da bulunması, önemli ölçüde iş güvenliği riski oluşturmaktadır. İngiliz Sağlık ve Güvenlik İdaresi'nin (Health and Security Executive [HSE]) belirttiğine göre inşaat alanlarında çalışan kazıcıların yarattığı başlıca tehlikeler; geri manevra yaparken yayaya çarpma, kabini döndürürken bir yayayı sıkıştırma, evye kova ile bir yayaya çarpma veya kovadan bir yayanın üzerine malzeme düşürmesidir. Bu sebeple, operatörün çevresini görmesi ve bir o kadar da kazıcının fark edilmesi önemlidir. Operatörün çevreyi ve kazıcının kovalarını etkili biçimde görebilmesi için ilk olarak kabin camlarının yeterli büyüklükte olması gerekmektedir. Kazıcının arkasının görülebilmesi için aracın geri görüş aynalarının yeterli olması da önem taşımaktadır. Operatörün görüşü ne kadar iyi olursa olsun kazıcıların yapısı operatörü için araç çevresinde birçok kör nokta oluşmasına sebebiyet vermektedir. Operatör ile birlikte kazıcının da sensörler ile dış çevrede tehlikeye ve kazaya sebebiyet verebilecek engelleri algılamaları ve kısmi olarak araç kontrolüne müdahale etmeleri sistem performansını artırma ve operatör kaynaklı olası riskleri azaltma konusunda yardımcı olacaktır.

Şehir dışında kabin içi konum

Operatörler ile gerçekleşen anket çalışmasında ve yarı yapılandırılmış görüşmelerde, şehir dışında gerçekleşen çalışmaların daha uzun süreli ve monoton işler olduğu belirtilmiştir. Uzun çalışma sürelerinde operatörlerin çalışma pozisyonları, bedensel olarak yorulmalarını doğrudan etkilemektedir. Operatörlerin kabin içine doğru ve uygun pozisyonda yerleştirilmesi kabin içi kontrol birim ve panellere erişimini rahatlatacaktır.

6.3. Bilişsel Çalışma Analizi Çalışmaları Kapsamında Öne Çıkan Tasarım Çözümlmeleri

WDA'nın (Çalışma Alanı Analizi) ilk aşaması olarak gerçekleştirilen AH'de (Kavramsal Hiyerarşi) operatör ve kazıcıdan oluşan sistemin daha anlaşılır hale gelmesi amaçlanmıştır. Başlangıçta eskiz olarak hazırlanan tablo, katılımcıların eklemeleri ve yorumları ile birlikte detaylandırılmış ve bu arada kazıcı ve operatörden oluşan sistemin de daha karmaşık ve detaylı bileşenleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu sebeple AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu giderek karmaşıklaşmış ve anlaşılması güç hale gelmiştir. AH (Kavramsal Hiyerarşi) ilk bakışta karmaşık ve oluşturması oldukça vakit alan bir tablo olsa da Stanton ve diğerlerinin belirttiği üzere, sistemin anlaşılabilirliğini mümkün kılması sebebi ile değerlidir (2005). WDA (Çalışma Alanı Analizi) sırasında sistemin tüm yönleri ile incelenmesi zorunlu olmayıp, birtakım bilgiler CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ileri aşamalarında değerlendirilebilir. Bununla beraber, AH (Kavramsal Hiyerarşi) ile doğrudan sistem performansını geliştirmeye yönelik çıkarımlar da yapılabilmektedir. Kullanıcının ulaşmak istediği bir amaç teknik bileşenler tarafından desteklenmiyorsa, ilgili yüksek basamaklardan alt seviyelere bağlantı gözükmemektedir. Benzer şekilde fiziksel nesnelerden, sistem amacına ulaşmak için belirlenen değer ve önceliklere desteğin sağlanıp sağlanmadığı, fiziksel nesnelerden üst seviyelere bağlantıların takip edilmesi ile belirlenebilir.

AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) geniş ve karmaşık yapısı, katılımcıların tabloya doğrudan katkıda bulunmasına engel olmuştur. Bunun için katılımcılar tabloyu doğrudan doldurmadan, AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) her bir basamağı hakkında bilgilendirilmiş ve bunun doğrultusunda tablo tamamlanmıştır. Bu şekilde ortaya çıkan tablonun doğruluğu, yine katılımcılara danışılarak tartışılmıştır. Böylece ilerleyen süreç ile elde edilen bilginin de geçerliliği test edilmiştir.

CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ilk basamağını oluşturan WDA (Çalışma Alanı Analizi), sistemin genel yapısı ve bileşenlerini detaylı olarak ortaya koymaktadır. CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) ikinci basamağını oluşturan ConTA (Kontrol Görev Analizi) yapısal anlamda WDA'ya benzese de sistemin yapısını daha detaylı olarak inceleme fırsatı sunmuştur. Bu aşamada toprağın kazılması işlemi sırasında meydana gelen durumlar tanımlanmıştır. Bu tanımlamanın yapıldığı CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu), AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunun 4. basamağını oluşturan fiziksel işlemlerin, tanımlanan

durumlarda meydana gelme sıklıklarını ifade etmektedir. AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda ifade edildiği üzere sadece fiziksel işlemlerin belirtilmesi sistem anlaşılabilirliği açısından yeterli olmayacağından, fiziksel işlemleri meydana gelebilecek durumlara göre daha detaylı incelemek gerekecektir. CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) şablonunda fonksiyonlar olarak tanımlanan AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunun fiziksel işlemleri gözlenen durumlara dağıtıldığında sistemin daha anlaşılır yapısını ortaya koymuştur. Gözlenen durumlarda hangi fonksiyonların ne sıklıkla görüldüğünü belirlemek, sistem performansını artırmak için hangi fonksiyonların öncelikli olarak iyileştirilmesi ve yeniden tasarlanması gerektiği hakkında yeterli bilgiyi sağlamamaktadır. Çünkü bir fonksiyon belirli bir durumda gözlenebilse de, fonksiyonun sistem performansına etkisi ve belirli durumun sistem içerisinde performansa etki edecek sıklıkta meydana gelip gelmediği bilinmemektedir. Belirsiz olan bu durumun netlik kazanabilmesi için, yukarıdaki ifadede eksik olduğu belirtilen fonksiyonların ve durumların öncelik değerleri de CAT'e (Bağlamsal Aktivite Şablonu) eklenmiştir. Birrel ve diğerleri (2011) tarafından fonksiyon önceliğini belirlemek için geliştirilen yöntem amaca yönelik fonksiyonlar ve fiziksel işlemler (CAT [Bağlamsal Aktivite Şablonu] içerisinde fonksiyonlar) ile birlikte fiziksel nesneler basamaklarındaki ifadelerin önceliklerinin puanlanmasında kullanılmıştır. Amaca yönelik fonksiyonlardan üst basamaktaki verimlilik, güvenlik ve konfor değerlerinin gerçekleşmesinde kritik öneme sahip olanları yüksek öncelik, diğerleri ise orta ve düşük öncelik ile puanlanmıştır. Burada gürültü haricinde tüm ifadeler yüksek ve orta öncelik almıştır. Burada gürültü ifadesinin düşük puan almasının sebebi, sistemin tamamı düşünüldüğünde doğrudan verimlilik ve güvenliğe katkısının olmamasıdır. Fonksiyonların önceliklerinin belirlenmesi ise, AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosunda bir üst basamaktaki amaca yönelik fonksiyonlar ile ne sıklıkta ilişki kurduklarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre fonksiyonların öncelik değerlerini belirlemede, ne kadar sayıda amaca yönelik fonksiyon ile ilişkili oldukları ve bu ifadelerin değerleri etkili olmuştur. Bu yöntem, fiziksel işlemlerin öncelik değerleri hakkında daha doğru bilgiler vermektedir. Çünkü fiziksel işlemler öncelik değerlerini doğrudan AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosundaki konum ve ilişkilerine göre almaktadır.

Fiziksel işlemler ile birlikte fiziksel nesneler de benzer şekilde, fiziksel işlemlere ne kadar yoğunlukta bağlı olduklarına göre öncelik puanlamasına tabii tutulmuştur. Böylelikle sistem performansını geliştirmek adına operatör ile kazıcı arasındaki etkileşimin yeniden tasarlanması sırasında hangi bileşenlerin öncelikli ele alınması gerektiği incelenmiştir.

6.4. Aktivite Önceliğinin Belirlenmesi

Sistemin çalışması esnasında doğabilecek muhtemel riskleri değerlendirmenin bir yolunun, kazanın etkilerinin kazanın meydana gelme olasılığı ile çarpımı olduğu belirtilmektedir (Grimwall, Jacobsson ve Thedén, 2003) Bu bakımdan sistem bileşenlerinin geliştirilmesi esnasında kötü sonuçlara yol açabilecek riskler ve sistem performansına etkileri muhakkak değerlendirilmelidir. Bir fonksiyonun kritik öneme sahip olması kadar sistemin çalışması esnasında ne sıklıkta görüldüğü de sistem performansının geliştirilmesi esnasında o fonksiyonun yeniden tasarlanmasını etkilemektedir. Sistem içerisinde bir değeri (örneğin güvenlik değeri) etkileyen ancak çok nadir olarak kullanılan bir fonksiyonun, sistem içerisinde daha az etkili ama oldukça sık görülen bir fonksiyondan önce tasarımına öncelik verilmesi doğru olmayacaktır. Bunu ortaya koymak adına, fonksiyonların hangi durumlarda ne sıklıkta görüldükleri, fonksiyon öncelikleri ve değerleri birlikte değerlendirilerek fonksiyonların ne kadar kritik olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda sıralaması yapılan aktiviteler sistemin iyileştirilmesi adına yeniden tasarlanmalı ve operatörün belirlenen sistem değerleri açısından çalışmasını iyileştirmelidir.

6.4.1. Durum sıklığı

Durum sıklığını belirlemede, Ankara çevresinden rastgele seçilen 10 adet operatörden faydalanılmıştır. Çalışmaya başlarken, kazıcıların kova yerine özelleşmiş donanımlar kullanarak farklı işler yapabilme yetenekleri çalışma kapsamı dışında tutularak sadece kazı işlemine odaklanılmıştır. Bu amaçla, operatörlerden çalışma süreleri boyunca hangi durumlar ile ne sıklıkta karşılaştıklarını 0 ile 100 arasında olacak şekilde belirtmeleri istenmiştir. Operatörlerin en az 5 yıl kazıcı tecrübelerinin olması, araçlara olan hâkimiyetlerinin yanı sıra, karşılaşılan durumlar hakkında daha sağlıklı bilgi vermelerine olanak sağlamıştır.

6.4.2. Fonksiyon önceliği

Birrel ve diğerleri (2011) tarafından geliştirilen fonksiyon önceliği yönteminde fiziksel işlemlerin üst basamakta hangi amaç bağıntılı fonksiyonlara bağlandığı, değer puanları açısından büyük önem taşımaktadır (yüksek değer 9 puan alırken, orta değer 3 puan almaktadır). Fonksiyon öncelikleri belirlenirken, amaç bağıntılı fonksiyonların değerlerinin

toplanması esas alınmıştır. Buna göre amaç bağıntılı fonksiyonların değerlerinin belirlenmesi, AH (Kavramsal Hiyerarşi) ve ilerisinde yapılacak CAT'ten (Bağlamsal Aktivite Şablonu) elde edilecek değerleri doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple bu değerlerin belirlenmesinde, özellikle kullanıcı alışkanlıkları ve kazıcı yapısı konusunda deneyim sahibi operatör eğitmeninin tecrübelerine başvurulmuştur.

Yapılan çalışmada AH (Kavramsal Hiyerarşi) tablosu incelendiğinde, herhangi bir amaca yönelik fonksiyonun birden fazla fiziksel işleme bağlandığı görülmektedir. Bu, bahsi geçen amaca yönelik fonksiyonun birden fazla fiziksel işlemin gerçekleşmesine katkı sağladığı anlamına gelmektedir. Örneğin toprağı taşıma amaca yönelik fonksiyonu hareket, tetikleme, kazma ve iş tekrarı işlemlerine bağlanmaktadır. Bu sebeple toprağı taşıma değerinin sahip olduğu puan doğrudan bu dört işleme aktarılmıştır. Yapılan bu işlemde tüm işlemlerin bağlı olduğu yerden aynı puanı alması aralarındaki değer ilişkisini açığa çıkarmamaktadır. Bu sebeple fiziksel işlemlerin sahip oldukları değerler ve aralarındaki sıralama, her bir fiziksel işlemin hangi amaca yönelik fonksiyonlara bağlandığına göre şekillenmiştir.

6.4.3. Aktivite puanı

Aktivite puanını bulmak için, fonksiyon öncelik değeri, durum frekansı ve durum görülme sıklığı birlikte değerlendirilmiştir. Bunun için fonksiyon öncelik değeri ve durum sıklığı eş değerlerde seçilerek (her ikisinde de yüksek değerler için 9 puan alması gibi) bu değerlerin durum fonksiyon sıklığı ile çarpımlarından elde edilmiştir.

6.4.4. Durumların seçimi

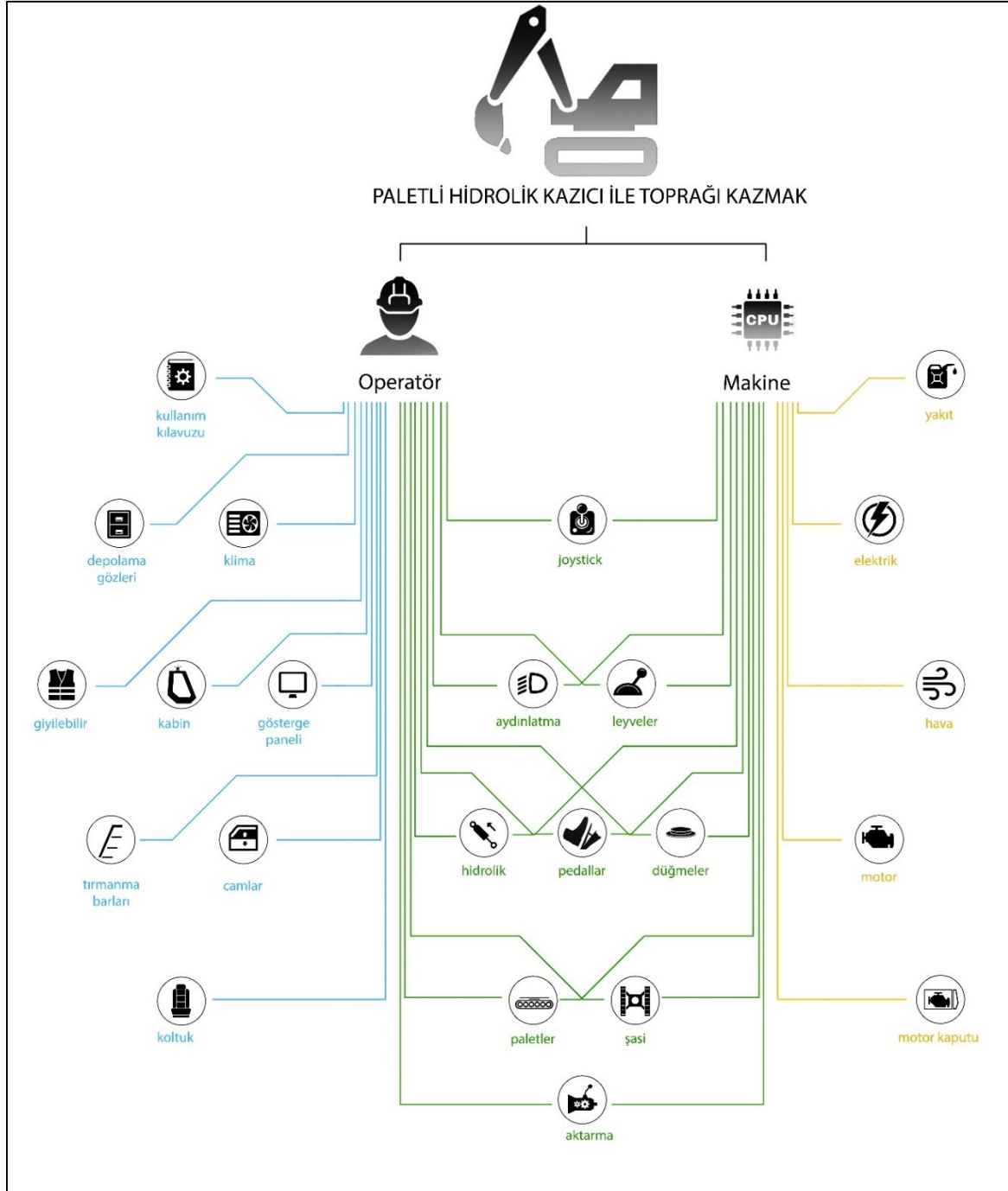
CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) çalışmasında elde edilen bulgulara göre en yüksek puanlı aktiviteleri içeren durumlar, kazıcı ve operatörün çalışmasını iyileştirmek üzere belirlenmiştir. Bunlar; şehir içinde hareket, yüksek zeminde kazma, kötü havada iş tekrarı, şantiyede görebilirlik ve şehir dışında kabin içi konum durumlarından oluşmaktadır. Operatörler ile yapılan anket çalışmaları ve görüşmelerde, operatörlerin çalışırken belirttikleri konular, ses ve görüş ile alakalı olmaktadır. Buna göre, kazıcıların çalışması esnasında kabinin ses yalıtımının olması gürültüyü azaltarak belirli miktarda konfor sağlasa da, dışarıdan gelen uyarı amaçlı sesleri de engellediği için risk taşımaktadır. Bunun için operatörler başka amaçlarının yanında dış çevre ile olan bağlantıyı sağlamak adına

kabinlerin açılabilir ön camlarını çoğu zaman açık tutmaktadırlar. Ses yalıtımının düşük puanlı bir fonksiyon olması sebebi ile CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) puanı düşük çıkmıştır. Ses yalıtımı, düşük puan alan bir fonksiyon olması sebebi ile tüm durumlarda düşük değer almıştır.

Yapılan çalışmada, fiziksel işlem ve fiziksel nesne puanlarının belirlenmesi, sistemin geliştirilmesi ve yeniden tasarlanması adına oldukça faydalı bilgiler sunmaktadır. Fakat CAT (Bağlamsal Aktivite Şablonu) şablonu ile bu bilgilerin farklı durumlarda ortaya çıkış biçimleri ve önem sıralarının ne şekilde değiştiği ve sistem performansını nasıl etkilediği ortaya çıkmıştır. Örneğin, iklimlendirme fonksiyonu yüksek değerli bir fonksiyon olmasına rağmen, şehir içi iklimlendirme ile şehir dışında iklimlendirme aktiviteleri arasında puan olarak ciddi fark bulunmaktadır. Fonksiyonların bu şekilde detaylandırılması, aktivite sıralamalarında farklı durumların görülme sıklığı ve o durumda fonksiyonların meydana gelme sıklıklarına bağlı olarak daha isabetli bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

6.4.5. Fiziksel nesnelerin puanları

Birrel ve diğerlerinin (2011) uygulamış olduğu fonksiyon önceliği yöntemi, benzer şekilde fiziksel nesneler üzerinde uygulanarak bu nesnelerin sistem içerisindeki değerleri belirlenmiştir. Burada kullanıcı (operatör) somut bir varlık olarak sistem içerisine dâhil edilerek fiziksel işlemler ile bağlantısı ortaya çıkarılmıştır. AH'nin (Kavramsal Hiyerarşi) en alt basamağındaki nesnelerin her biri birden fazla fiziksel işleme bağlanabilmektedir. Böylelikle fiziksel nesnelerin sahip oldukları bağlantıların sayısı ve bağlı oldukları her bir fiziksel işlemin değeri, nesnelerin kazanmış oldukları değerleri doğrudan etkilemektedir.



Şekil 6.1. Nesnelerin operatör ve araç üzerinde dağılımları

Şekil 6.1.'de, operatörün kontrolünde bulunan nesnelerden hangilerinin makinelerce kontrol edilebileceği anlatılmaktadır. Şekilde sol kısımda yer alan mavi renkli çizgiler, doğrudan operatörün alakalı olduğu nesneleri göstermektedir. Sağdaki sarı renkli çizgiler ise doğrudan araç ile ilgili nesneleri belirtmektedir. Ortadaki yeşil renkli çizgiler ise hem operatöre hem de araca bağlanarak bu yapıların hem operatör hem de araç kontrolü dâhilinde olabileceğini göstermektedir. Örneğin aktarma hem otonom hem manuel olarak kontrol edilebilir.

7. SONUÇ VE YORUMLAR

AH (Kavramsal Hiyerarşi) ve CAT'ten (Bağlamsal Aktivite Şablonu) elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi ile hidrolik kazıcı ile toprağı kazma işleminde, sistem işleyişini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen durumlar belirlenmiştir. CAT'ten (Bağlamsal Aktivite Şablonu) elde edilen belirli durumlardaki aktivite öncelikleri incelendiğinde şu çıkarımları yapmak mümkündür:

- Şehir içinde hareket: çarpma veya darbe alma gibi durumları engelleyici birimlerin eklenmesi sistem performansını geliştirebilir.
- Yüksek zeminde kazma: Aracın dengesini sağlamak üzere aktif denge sağlayıcı yapılar sisteme eklenebilir.
- Kötü havada iş tekrarı: Operatörü dış ortam ile bilgilendirmek üzere sensör ve diğer birimlerden gelen bilgilerin okunaklı ve doğru biçimde gösterim panellerine aktarılması sistem performansını geliştirecektir.
- Şantiyede görebilirlik: Operatörün dış çevreyi etkili biçimde görebilmesi adına aynaların pozisyonları ve boyutlarının tasarımı önem taşımaktadır. Bununla birlikte aynaların gösteriminin yeterli olmadığı bölgeler için kamera ve sensörler kullanılması olası kazaları engellemede büyük ölçüde faydalı olacaktır.
- Şehir dışında kabin içi konum: operatörün tüm birimlere erişimi ve dış çevreyi görebilmesi sistem performansını geliştirecektir. Bununla birlikte bilgi ekranlarının operatörün dış çevreyi görüşünü kapatmayacak ve aynı zamanda rahatlıkla okunabilecek boyut ve pozisyonda olması sistem performansı ve güvenliği için önem taşımaktadır.

WDA (Çalışma Alanı Analizi) çalışması esnasında oluşturulan AH tablosu incelendiğinde, fiziksel nesneler basamağında operatörün oldukça yüksek değer almış olduğu görülmektedir. Buna göre, operatöre ciddi mental yük getiren yüksek puanlı aktivitelerin otonom olarak sistem içerisinde görev alması, bu durumun getirmiş olduğu olumsuz etkileri ortadan kaldıracaktır. Operatörü büyük ölçüde etkileyen iş tekrarı ve görebilirlik fiziksel işlemlerinin (AH'de en yüksek değeri alan iki fiziksel işlem) çevreyi algılayıcı sensörler ve monoton iş

tekrarlarını tek başına gerçekleştirebilecek rota takip sistemleri, çalışma performansı ve güvenliğini artıracak geliştirilmeler olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın amaçlarından biri olan ürün kullanıcı ilişkisi ve etkileşimi konusu CWA (Bilişsel Çalışma Analizi) yöntemi ile ürün ve kullanıcının da dâhil olduğu sistem içerisinde incelenmiş ve ürün kullanıcı ilişkisinin sistem içerisindeki yeri çalışma kapsamında araştırılmıştır. CWA'nın (Bilişsel Çalışma Analizi) çalışma kapsamına alınmamış diğer aşamaları da daha geniş ve detaylı bir çalışma kapsamında değerlendirilerek, elde edilen sonuçlar daha ileri aşamalarda değerlendirilebilir. Kazıcıların otonom işlevler kazanmasının insan-makine etkileşimi konusunda meydana getireceği birtakım değişiklikler yeni arayüz tasarımlarının ihtiyacını doğuracaktır. Bu yüzden yapılan çalışma, aracın her bir işlevi için daha da detaylı bir şekilde yapılarak, kullanıcılar için yeni arayüz tasarım önerileri sunabilir.

KAYNAKLAR

- Ahlstorm, U. (2005). Work domain analysis for air traffic controller weather displays. *Journal of Safety Research*, 36, 159–169.
- Badham, R., Clegg, C., ve Wall, T. (2000). *Socio-technical theory*. In W. Karwowski (Ed.), *Handbook of Ergonomics*. New York, NY: John Wiley, 148-150.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775-779.
- Baxter, G., ve Sommerville, I. (2011). Socio-technical systems: From design methods to systems engineering. *Interacting with Computers*, 23(1), 4-17
- Beyer, H., Holtzblatt, K., (1999). Contextual design. *Interactions*, 6(1), 32–42.
- Birrel, S. A., Young, M. S., Jenkins, D. P., ve Stanton, N. A. (2011). Cognitive Work Analysis for safe and efficient driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(4), 430–449.
- Bisantz, A.M., Roth, E., Brickman, B., Gosbee, L.L., Hettinger, L. ve Mckinney, J., 2003, Integrating cognitive analyses in a large-scale system design process. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 177–206.
- Bisantz, A. M., ve Burns, C. M. (2009). *Applications of cognitive work analysis*. Boca Raton: CRC Press, 4.
- Boy, G. A. (2011). *The Handbook Of Human-Machine Interaction A Human-Centered Design Approach*. Ashgate, 83-84
- Burns, C.M., Momtaham, K. ve Enomoto, Y., 2006. Supporting the strategies of cardiac nurse coordinators using cognitive work analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*, HFES 2006, 442–446.
- Cornelissen, M., Salmon, P. M., Jenkins, D. P., ve Lenné, M. G. (2011). How can they do it? A structured approach to the strategies analysis phase of Cognitive Work Analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), 340-344.
- Cunningham, M. ve Regan, M. A. (2015). *Autonomous Vehicles : Human Factors Issues and Future Research*.
- Dix, A. (2016). *Paradigms Human Computer Interaction , Foundations and New Paradigms. Journal of Visual Language and Computing*.
- Fidel, R., ve Pejtersen, A. M. (1999). *Cognitive Work Analysis*, (1994).
- Håkansson, J. (2004). *Improvement of Operators Environment In*. Umeå University.
- Hollnagel, E., Woods, D.D., 2005. *Joint Cognitive Systems: Foundations of Cognitive Systems Engineering*. CRC Press, Boca Raton, FL.

Hughes, J.A., O'Brien, J., Rodden, T., Rouncefield, M., Blythin, S., 1997. Designing with ethnography: a presentation framework for design. In: Proceedings of the Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques, DIS '97. New York: ACM Press, 147–158.

International Standards Organisation, 2010. Ergonomics of Human–System Interaction – Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems. ISO, Geneva, Switzerland

İnternet: Avrasya'nın Üretim ve Teknoloji Üssü Türkiye Oluyor. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fimder.org.tr%2Ftr%2Favrasyanin-uretim-ve-teknoloji-ussu-turkiye-oluyo.html&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018

İnternet: Components, Systems and Service for Excavators. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.hydac.com.tr%2Fdownload.html%3Fpath%3Dtemplates%252Fhydac%252Fupload%252Ffile%252Fapplication%255CEkskavatorler.pdf&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018.

İnternet: Construction Equipments. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.academia.edu%2F32970976%2FConstructionequipments_140830065049_phpapp01_1_&date=2018-12-12, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018

İnternet: Health and Safety Executive (2013). Introduction to human factors. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.hse.gov.uk%2Fhumanfactors%2Fintroduction.htm&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018.

İnternet: İş ve İnşaat Makinaları Sektörü. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Furgeturkey.com%2Ftr%2Fis-makinalari-sektoru.html&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018

İnternet: Kennedy, F. (2004). Da Vinci “car” is brought to life. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fnews.bbc.co.uk%2F2%2Fhi%2Furope%2F3658029.stm&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018.

İnternet: NHTSA. (2016). National Highway Traffic Safety Administration Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.nhtsa.gov%2Fstaticfiles%2Frulemaking%2Fpdf%2FAutomated_Vehicles_Policy.pdf&date=2018-12-12, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018

İnternet: Türkiye 2017 Yılı İş Makinası Satış Rakamları Açıklandı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.makinaparkuru.com%2Fhaber%2Fturkiye-2017-yili-is-makinasi-satis-rakamlari-aciklandi&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018

- İnternet: VolvoCE. (2016). Volvo Co-Pilot Wins Prestigious Human-Machine Interface Award. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.volvocem.com%2Fen-us%2Fabout-us%2Fnews%2F2016%2Fvolvo-copilot-wins-prestigious-human-machine-interface-award%2F&date=2018-12-12>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2018
- Jenkins, D. P., Stanton, N. A., Walker, G. H., Salmon, P. M., ve Young, M. S. (2008). Applying cognitive work analysis to the design of rapidly reconfigurable interfaces in complex networks. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9(4), 273–295.
- Johannsen, G. (2007). *25 Years of Human–Machine Systems in IFAC*. Gunnar Johannsen.
- Levithan, L., Golembiewski, G., ve Bloomfield, J. R. (1998). Human Factors design of Automated Highway Systems. In B. Woodrow ve D. Thomas A. (Eds.), *Human Factors in Intelligent Transportation Systems* (pp. 131–163). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lintern, G. (2013). Cognitive Work Analysis. *The Oxford Handbook of Cognitive Engineering*, 240–260.
- Martin, D., Rouncefield, M., Sommerville, I., 2006. Patterns for dependable design. In: Clarke, K., Hardstone, G., Rouncefield, M., Sommerville, I. (Eds.), *Trust in Technology: A Socio-technical Perspective*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 147–168.
- Marquez, J. J., Riley, V., ve Schutte, P. C. (2017). Human automation interaction. *Space Safety and Human Performance*. Elsevier Ltd.
- Mehregan, M. R., Hosseinzadeh, M., ve Kazemi, A. (2012). An application of Soft System Methodology, 41, 426–433.
- Millot, P., Debernard, S., ve Vanderhaegan, F. (2011). Authority and cooperation between humans and machines. In A. Boy, Guy (Ed.), *The handbook of human-machine interaction: A human-centred approach* (pp. 207–234). Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Müngen, U. (2011). *İnşaat sektörümüzdeki başlıca iş kazası tipleri*, 32–39.
- Naikar, N., Moylan, A., ve Pearce, B. (2006). Analysing Activity in Complex Systems with Cognitive Work Analysis: Concepts, Guidelines and Case Study for Control Task Analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(4), 371394.
- Naikar, N. ve Sanderson, P.M., 2001, Evaluating design proposals for complex systems with work domain analysis. *Human Factors*, 43, 529–542.
- Nurani, T. W., Wahyuningrum, P. I., Wisudo, S. H., Gigentika, S., ve Arhatin, R. E. (2018). Model designs of Indonesian tuna fishery management in the Indian Ocean (FMA 573) using soft system methodology approach. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(2), 139–144.

- Olsson, G. ve Lee, P.L., 1994, Effective interfaces for process operators. *Journal of Process Control*, 4, 99–107.
- Önder, S., Suner, N., ve Önder, M. (2011). Madencilik Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Risk Değerlendirme Karar Matrisi İle İncelenmesi. *Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 399–406.
- Rasmussen, J., Mark Pejtersen, A., ve Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive systems engineering*. New York: Wiley.
- Rollenhagen, C. (1997). *Sambanden människa, teknik och organisation: en introduktion*. Lund: Studentlitteratur.
- Salmon, P. M., Regan, M., Lenne, M. G., Stanton, N. A., ve Young, K. (2007). Work Domain Analysis and Intelligent Transport Systems: Implications for Vehicle Design. *International Journal of Vehicle Design*, 45(3), 426-448.
- Sarter, N. B., Woods, D. D., ve Billings, C. E. (1997). *Automation Surprises*.
- Suchman, L., 1987. Plans and Situated Actions. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK.
- Velikanov, V. S., Ilina, E. A., & Dyorina, N. V. (2016). *Structural and Circuit Design Solution Arguments of Mine Excavators Ergonomics Management*. *Procedia Engineering*, 150, 1215–1220.
- Vicente, K. J. (1999). *Cognitive work analysis : toward safe, productive, and healthy computer-based work*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Viller, S., Sommerville, I., 2000. Ethnographically informed analysis for software engineers. *International Journal of Human–Computer Studies* 53, 169–196.
- Waterson, P.E., Older Gray, M.T., Clegg, C.W., 2002. A sociotechnical method for designing work systems. *Human Factors* 44 (3), 376–391.
- Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., ve Gordon-Becker, S. E. (2014). *Introduction to Human Factors Engineering*.
- Woods, D.D., Hollnagel, E., 2006. Joint Cognitive Systems: Patterns in Cognitive Systems Engineering. CRC Press, Boca Raton, FL.

EKLER

EK- 1. Yarı yapılandırılmış görüşme soruları

1. Çalışma Alanı Analizi Röportaj Soruları

Yüksek Lisans tezim için, paletli kazıcılar için “güvenlik” ve “toprağı kazma” değerleri üzerine Çalışma Alanı Analizi (CAA) yapacağım. Bu analiz araç ile ilgili hedef ve amaçlar ile bunlara ulaşmada operatöre olanak tanıysn teknik unsurları şemalamaya yaramaktadır. Buraya kadar operatörler ile yapılan görüşmelere ek olarak bu araştırmalara teknik yapılar üzerine çalışan bir mühendisin/tasarımcının bilgi ve birikimlerini eklemek istiyorum. Bu araştırma, eksik teknik bileşenlerden kaynaklı sebeplerden dolayı sistemle ilgili ulaşılamayan hedefleri veya bu hedeflere ulaşmaya katkısı olmayan hedefleri belirleyebilme faydasını sağlamaktadır.

Sonrasında system içerisinde gerçekleşen görevler ve bu görevlerin gerçekleşmesinde etkili stratejiler incelenecektir. Burada operatörün iş yapma kabiliyetlerini geliştirme gibi teknik çözümlemeleri kullanarak system fonksiyonlarının geliştirildiği durum ve görevler tanımlanacaktır. Bu analiz ile operator ve paletli kazıcı etkileşiminin geliştirileceği, geleceğe yönelik teknik çözümlemelerin araştırılması planlanmaktadır.

AH Nasıl Çalışır?

Analiz, Fiziksel bileşenlerin en allta ve nihai amacın en üstte olduğu soyutlanmış öğelerin düzeni olarak tanımlanabilir. Ara seviyelerde ise, bu kavramların nasıl ilişki içinde bulundukları gösterilir. Örneğin, “eminyet kemeri”, “Güvenlik” kavramında bulunan “Kişisel güvenlik”te bulunan korumayı barındırır. Bu da “emniyet” önceliğinin altında bulunan “kaza etkisini azaltma” değerininin altındadır.

2. Değerler Nedir?

Güvenlik

Bu kavram, toprağı kazma işleminde araç ve operator güvenliğinin sağlanması ile alakalıdır. Yapılan işin sağlıklı şekilde yerine getirilmesi, devrilme çarpışma gibi kazalardan kaçınma, iş kazası ve yaralanmaları engelleme gibi kavramları barındırır.

Toprağı Kazma

Bu başlık, aracın temel işlevi olan toprağı kazma işlemini gerçekleştirmek ve bunu yaparken toprağı alıp bir yerden bir yere bırakırken yapması gereken tüm görev ve özellikleri içermektedir.

EK-1. (devam) Yarı yapılandırılmış görüşme soruları

3. Yöntem

Elimizdeki AH modelini temel alarak güvenliği etkilediğini düşündüğünüz, aracın teknik sistem ve bileşenlerini inceleyerek işe başlayabiliriz. Bu model sadece bir ön çalışma olup nihai hali sizlerle yapacağım görüşmeler neticesinde nihai olacaktır. Aşağıdaki sorulara cevap arayarak model üzerinden ilerlemeyi planlıyorum.

Elde ettiğimiz sonuçlar ile modeli ilerletecek ve bir sonraki toplantımızda bu eklemelerin üzerinden yeniden geçeceğiz. her bir başlık için en alta ulaştığımızda tekrar başa dönüp kaçırdığımız noktalar var mı ona bakacağız. Sonrasında diğer değerleri için aynı yöntemi uygulayıp birbirleri ile bağlarını göstermeye çalışacağız

Değer ve Öncelikler (Seviye 2)

- Aracın güvenliğini sağlamak amacını taşıyan ve bu konuda etkili kriterler nelerdir?
- “Amaç bağıntılı güvenliğin” güvenliği ne yönden etkilediğinin ölçümü için hangi kriterler kullanılabilir?

Amaç Bağıntılı Fonksiyonlar (Seviye 3)

- Sistemin amacına ulaşmasında önem taşıyan hususlar nelerdir (güvenlik, verimlilik vs)?
- Sistemde hangi fonksiyonlar işlemektedir?
- Sistemde fiziksel kaynakların kullanımını düzenleyen özellikler nelerdir?

Fiziksel İşlemler (Seviye 4)

- Hangi işlem/durumlar emniyeti sağlayan fiziksel objelerdir?
- Bu nesnelerin fonksiyonel kapasite ve limitleri nelerdir?
- araç içindeki fiziksel nesnelerin sağlamış olduğu emniyet işlemleri (fonksiyon, amaç, nitelik) nelerdir?
- Araç için güvenlik etmenlerini sağlamak üzere gerekli olan fonksiyonaltılar nelerdir?

EK-1. (devam) Yarı yapılandırılmış görüşme soruları**Nesne (Seviye 5)**

- Araçta “emniyet” değerine katkıda bulunan teknik bileşenler (system, parça, nesne) nelerdir?
- Bunlar neden ve ne için kullanılmaktadır? Sistemdeki fiziksel objeler ne yapar veya ne yapmayı taahhüt eder?
- Sistem güvenliğini sağlamak üzere gerekli olan bileşenler nelerdir?
- Teknik bileşenler nelerdir?
- Teknik bileşenlerin birbiri ile ilişkileri ve konumlamaları nasıldır (Organizasyon / yerleşim/ uzaklık)?

Kişisel Bilgiler

Eğitim durumunuz nedir?

Şu an nerde çalışmaktasınız ve ünvanınız nedir?

Paletli kazıcı ile alakalı bilgi durumunuz nedir?

Ne kadar bir süredir bu iş üzerine çalışmaktasınız?

Önceki işiniz nedir?

EK- 2. Operatör anket formu

KATILIMCI BİLGİLENDİRME FORMU

Araştırmacı:

Nurullah Taşkiran

Yüksek Lisans - Endüstri Ürünleri Tasarımı

Gazi Üniversitesi

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nde Yüksek Lisans bitirme tezi olarak gerçekleştirilmektedir. Araştırma süresince herhangi bir şikayetiniz olursa bu çalışmanın danışmanı olan Doç. Dr. Dilek Akbulut ile aşağıda yer alan bilgiler üzerinden iletişime geçebilirsiniz.

Nurullah Taşkiran (Yüksek Lisans Öğrencisi)

id.nurullahtaskiran@gmail.com

+90 (506) 582 90 36

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Dilek Akbulut

dilekakbulut@gazi.edu.tr

Çalışma Yöntemi (Tablo Doldurma)

Kazıcı operatörü olarak çalışma saatlerinde aşağıda listelenen durumlardan hangilerini yaşadığınızı öğrenmek istiyorum. Farklı tüm durumlar için zamanınızın ne kadarlık kısmında karşılaştığınızı yüzde olarak (0-100) belirtmenizi rica ediyorum. Örneğin 1 saat şehir içinde çalışıp 1 saat şantiyede çalıştığınızda her ikisinin yüzde olarak ifadesi aynı olmalıdır. Bu hesabı yaparken, 1 gün içerisindeki çalışma saatinize, listede belirtilen işin oranı olacak şekilde cevaplamanız beklenmektedir.

Bazı durumların aynı anda olabileceği dikkate alınmalıdır. Örneğin hem arazide çalışıp hem de sisli havada aynı anda iş yapabilirsiniz. Fakat hem arazide hem de şantiyede aynı anda çalışamazsınız.

Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelmektedir. Ancak çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra vazgeçme hakkına sahipsiniz. Çalışmaya katılmayı kabul etmeniz halinde izin formunu karşılıklı olarak imzalayacağız ve birer kopyasını saklayacağız.

EK-2. (devam) Operatör anket formu

TABLO												
Şehir içi Çalışma		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Sokak	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	İnşaat Alanı	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Arazi Çalışması		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Şantiye	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Yol Yapım	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Arazi	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Park		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Kabinde		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Dinlenme		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Yüksek yer		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Sert	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Gevşek	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Kötü Hava Koşulları		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Sis	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Rüzgar	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Kaygan Zemin	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Araç Temizliği		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Engeller		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Sert Kayalar	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Borular, Kablolar	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Kazalar		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Devrilme	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Kabine Obje çarpması	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Notlar:												

EK-2. (devam) Operatör anket formu

1- Çalışma esnasında hangi durumların önemli olduğunu düşünüyorsunuz? Sebebi?

2- Problem yaşamanızın ve riskin muhtemel olduğunu düşündüğünüz durumlar nelerdir?

3- Ne kadar süredir kazıcı aktif kullanıyorsunuz?

4- Haftalık çalışma süreniz nedir ?

5- Nerelerde çalışıyorsunuz Şantiye Arazi Şehir içi

6- Araç: Kendimin Başkasının

Yaş:

Cinsiyet:

Gizlilik:

Yukarıda yer alan ve araştırma öncesi verilmesi gereken bilgileri okudum ve çalışmanın kapsamını, amacını ve gönüllü olarak üzerime düşen sorumluluklarını anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı verilen araştırmacı tarafından yapıldı. Görüşmeler sırasında elde edilecek video kayıtları yalnızca bu çalışmada kullanılacak olup araştırmacı ve tarafım dışında kimsenin orjinal kayıtlara erişimi olmayacaktır. Kimliğim ve vermiş olduğum tüm bilgiler gizli tutulacak ve anonimleştirildikten sonra tarafımla eşleştirilemez ve ilişkilendirilemez hale getirilecektir. Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının Adı Soyadı

Tarih
İmzası

Katılımcı

Araştırmacının Adı Soyadı

Tarih
İmzası

Araştırmacı

EK- 3. Video çekim izin formu

KATILIMCI BİLGİLENDİRME FORMU

Araştırmacı:

Nurullah Taşkiran

Yüksek Lisans - Endüstri Ürünleri Tasarımı

Gazi Üniversitesi

Lütfen aşağıdaki açıklamayı okuyun ve Operatör Gözlemi Saha Çalışması'na gönüllü olarak katılmak için belgeyi imzalayın.

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nde Yüksek Lisans bitirme tezi olarak gerçekleştirilmektedir. Araştırma süresince herhangi bir şikayetiniz olursa bu çalışmanın danışmanı olan Doç. Dr. Dilek Akbulut ile aşağıda yer alan bilgiler üzerinden iletişime geçebilirsiniz.

Nurullah Taşkiran (Yüksek Lisans Öğrencisi)

id.nurullahtaskiran@gmail.com

+90 (506) 582 90 36

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Dilek Akbulut

dilekakbulut@gazi.edu.tr

Çalışmanın Amacı:

Tez çalışması, Paletli kazıcıların operator ile ilişkisini ve çalışma alanlarını analiz ederek geleceğe yönelik insan makine ilişkisinin performansını artırmaya yöneliktir. Çalışma sonunda elde edilecek veriler gelecekte operatörlerin ve kazıcıların arasındaki etkileşimin yeniden tasarlanmasına yönelik bir çalışmadır. Bu bakımdan çalışma, operatörlerin araç içinde çalışma yaptıkları esnada neler yaptıkları, aracı nasıl yönlendirdikleri ve hangi durumlarda nasıl hareket ettikleri, hangi durumlarda nasıl bilgi edindikleri ve bu bilgileri nasıl kullandıklarına dair bilgi toplama şeklinde yürütülecektir.

Araştırma Yöntemi:

Çalışmanın en az 5 yıldır Paletli kazıcıları aktif olarak kullanan operatörler ile gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Çalışma gün içerisinde, operatörlerin normal çalışma biçimlerini gözlemlemek üzere kabin içerisine yerleştirilmiş video kameraların kayıt yapması ile yürütülecek ve ardından kısa bir röportaj ile tamamlanacaktır. Video çekimleri,

EK-3. (devam) Video çekim izin formu

operatörlerin röportaj sırasında anlatımlarını desteklemek ve ifadelerinde eksik bir nokta kalması durumunda gerekli bilgiyi sağlması amacı ile gerçekleştirilecektir. Çalışmadan elde edilecek her türlü döküman ve kayıt yalnızca bu çalışma için kullanılacaktır. Elde edilen bilgiler kullanılırken kişi adları, kurum ve firma bilgileri gibi bilgiler gizli kalacak ve anonim olarak çalışmaya dahil edilecektir. Gerekli materyaller toplandıktan sonra çalışmaya gönüllü olarak katılan operatörler ile kayıtlar üzerinden kısa bir röportaj gerçekleştirilecektir. Çekim sonrası gerçekleştirilecek röportaj ile birlikte bir saati aşmaması planlanmaktadır.

Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelmektedir. Ancak çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra vazgeçme hakkına sahipsiniz. Çalışmaya katılmayı kabul etmeniz halinde izin formunu karşılıklı olarak imzalayacağız ve birer kopyasını saklayacağız.

Gizlilik:

Yukarıda yer alan ve araştırma öncesi verilmesi gereken bilgileri okudum ve çalışmanın kapsamını, amacını ve gönüllü olarak üzerime düşen sorumluluklarını anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı verilen araştırmacı tarafından yapıldı. Görüşmeler sırasında elde edilecek video kayıtları yalnızca bu çalışmada kullanılacak olup araştırmacı ve tarafım dışında kimsenin orjinal kayıtlara erişimi olmayacaktır. Kimliğim ve vermiş olduğum tüm bilgiler gizli tutulacak ve anonimleştirildikten sonra tarafımla eşleştirilemez ve ilişkilendirilemez hale getirilecektir. Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının Adı Soyadı

Tarih
İmzası

Katılımcı

Araştırmacının Adı Soyadı

Tarih
İmzası

Araştırmacı

EK-5. CAT

BAĞLAMSAK AKTİVİTE ŞABLONU																							
		2	0,5	2	4,5	2,5	1	2	1	0,5	2	1	1	2,5	0,5	1,5	0,5	1	1,5	1	1	0,5	1
İşlevler \ Durumlar	Şehir İçi	Sokak	İnşaat Alanı	Şehir Dışı	Şantiye	Yol Yapım	Arazi	Park	Kabinde Dinlenme	Yüksek Zemin	Sert	Gevşek	Kötü Hava	Sis	Rüzgar	Kaygan Zemin	Araç Temizliği	Engeller	Sert Kayalar	Borular ve Kablolar	Kazalar	Devrilme	Kabine Darbe Alma
	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 Hareket	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 Tetikleme	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 Kazma	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 Aydınlatma	18	1	4,5	1	18	1	81	2	22,5	1	18	2	18	1	0	0	0	18	1	9	1	9	1
9 Tasıma	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 Boşaltma	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 İş tedarik	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3 Hidrolik Hareketler	12	2	3	2	12	2	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	12	2	6	2	6	2
3 Zemin	6	1	1,5	1	6	1	27	2	15	2	6	2	12	2	0	0	0	12	2	6	2	6	2
9 Görünürlük	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3 Periyodik Bakım	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Araç Kondisyonu	2	1	0,5	1	2	1	4,5	1	2,5	1	1	1	2	1	0	0	0	4	2	1	1	2	2
9 İletişim	36	2	2	2	2	2	2	2	22,5	1	18	2	18	1	9	1	0	36	2	18	2	18	2
3 Besleme	6	1	1,5	1	6	1	13,5	1	7,5	1	3	1	3	1	3	1	1,5	1	6	1	3	1	3
1 Ses Yalıtımı	4	2	0,5	1	4	2	9	2	5	2	1	1	2	1	0	0	1	2	2	1	1	1	1
9 Kabin İç Konum	36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9 İkincilendirme	18	1	4,5	1	18	1	81	2	22,5	1	9	1	18	1	0	0	0	2	18	1	9	1	9
3 Araç İmne-Bİme	12	2	3	2	12	2	27	2	15	2	6	2	12	2	3	1	1,5	1	12	2	6	2	6
9 Darbelerden koruma	36	2	4,5	1	36	2	81	2	2	2	9	1	36	2	0	0	0	0	18	1	9	1	9
TOPLAM	438	31	104,5	29	420	30	1080	34	532,5	31	221	31	388	28	27	5	28	10	426	31	212	30	213
	31										31										31		

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TAŞKIRAN, Nurullah
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.10.1988, Aydın
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (506) 582 90 36
 e-mail : id.nurullahtaskiran@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Ürünleri Tasarımı	Devam ediyor
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi / Endüstri Ürünleri Tasarımı	2012
Lise	Aydın Fen Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Aselsan A.Ş.	Endüstriyel Tasarımcı
2013-2017	Hidromek A.Ş.	Endüstriyel Tasarımcı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Taşkiran, N. ve Akbulut, D. (2018). *Hidrolik Kazıcılarda Arayüzün İnsan – Makina Etkileşimi Bağlamında İncelenmesi*. Innovation and Global Issues in Social Sciences III Congress Book, 159-177.



GAZİ GELECEKTİR..