

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI ÜRETİM SAHASINDA ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN
KULLANIMINA DAİR BİR MODEL: MARKOBOT**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Barış ATEŞ

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI ÜRETİM SAHASINDA ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN
KULLANIMINA DAİR BİR MODEL: MARKOBOT**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Barış ATEŞ
(523121001)**

BilişimAnabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Öğr.Gör.Dr. Hakan TONG

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **523121001** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Barış ATEŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“YAPI ÜRETİM SAHASINDA ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN KULLANIMINA DAİR BİR MODEL: MARKOBOT”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr.Gör.Dr.Hakan TONG**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Togan TONG**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Sema Alaçam
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **26 Mayıs 2015**

ÖNSÖZ

Sunduğum bu tez çalışması kapsamında bilimsel ve insani desteklerinden ötürü tez yürütücüm sayın Dr. Hakan TONG'a; hayatımın her alanında olduğu gibi, çalışmam sürecinde de her türlü desteğini esirgemeyen ve yanımda olan annem İmren ATEŞ, babam Cevdet ATEŞ ve kardeşlerim Mert ve Göksel ATEŞ'e; her alanda maddi ve manevi destekçim olan Fellowship Of Küçükçekmece değerli üyeleri Okan ÇELİK, Oğuzhan Kemal ORUÇ, Tarık Sefa ÖZTÜRK ve Burak GÜVENÇ'e; değerli katkıları için sevgili arkadaşlarıma; meslektaşım ve her şeyim Fulya MENDERES'e sonsuz teşekkür ederim..

Mayıs 2015

Barış Ateş
Mimar

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Kapsam ve Yöntem	2
2. ŞANTIYE VE YAPI ÜRETİM SÜRECİ.....	5
2.1 Yapı Kavramı ve Yapı Üretim Süreci	5
2.2 Yapı Üretim Sahası İş Grupları	6
2.2.1 Bölme duvar uygulamaları ve markalama	8
2.2.2 Mekanik tesisat sistemi uygulamaları	14
2.2.3 Elektrik sistemi uygulamaları	17
2.3 Yapı Üretim Sürecinde Yaşanan Sorunlar ve Öngörülen Çözüm Yöntemleri	19
3. ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİ VE ŞANTIYEDE	
KULLANIMLARI	21
3.1 Robotik ve Robot Sistemleri	21
3.2 Otomasyon Sistemleri	22
3.3 Şantiye Sahasında Kullanılan Robot Teknolojileri ve Otomasyon Sistemleri	
Örnekler	23
3.3.1 Taşyünü püskürtme yöntemiyle yalıtım robotu	24
3.3.2 Çelik konstrüksiyonlarda kaynak robotu	27
3.3.3 Seramik karo uygulama robotu	30
3.3.4 Diğer örnekler	31
3.4 Tez Kapsamında Kullanılacak Teknolojiler ve Kullanım Örnekleri	32
3.4.1 Dijital tasarım arayüzleri.....	32
3.4.2 Haberleşme Sistemleri	33
3.4.3 Hareket ve üretim için gerekli mekanik sistemler	33
3.5 Bölüm Sonucu	33
4. MARKOBOT	35
4.1 Markobot Amacı ve Hedefleri.....	35
4.2 Markobot Çalışma Prensibi ve Algoritması	40
4.2.1 Algoritma	40
4.2.2 Çalışma prensibi ve alt sistemler	43
4.2.2.1 Çizimin markobot bilgisayar arayüzü üzerinde temsili	43
4.2.2.2 Çizimin analizi ve sayısal koordinat verisine dönüştürülmesi.....	44
4.2.2.3 Başlangıç noktası ve referans noktalarının belirlenmesi.....	46
4.2.2.4 Analizi yapılan verilerin robota aktarımı ve iletişim sistemleri.....	48
4.2.2.5 Markalama aşaması ve elektronik sistemler	50
4.3 Markobot Ürünün Fiziksel Özellikleri ve Mekanik Sistemi	53

4.3.1 Servo motor	53
4.3.2 İşaretleme Ünitesi.....	54
4.3.3 Fiziksel yapı-kabuk yapısı.....	57
4.3.4 Güç Ünitesi.....	58
4.3.5 Tüm alt sistemlerin birlikte çalışması ve markobot ürünü.....	58
4.3.6 Geleneksel yöntemler ile Markobot sisteminin karşılaştırmalı analizi	61
4.4 Markobot'un Potansiyel Kullanımları ve Geliştirmeleri	63
4.4.1 Markobot'un şantiye dışında kullanım önerileri	63
4.4.2 Markobot'un potansiyel geliştirmeleri	64
4.5 Markobot'un Dezavantajları ve Olası Sorunlar.....	67
4.5.1 Fiziksel yapısı nedeniyle karşılaşılabilecek sorunlar	67
4.5.2 Maliyetle ilgili sorunlar	68
4.5.3 Yetkin kullanıcı eksikliği ile ilgili sorunlar	68
4.6 Bölüm Sonucu	68
SONUÇ	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR

TDK	: Türk Dil Kurumu
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
3D	: Three Dimensional/3 Boyutlu
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
BIM	: Building Information Modeling / Yapı Bilgi Modeli

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İlişki biçimlerine göre gruplandırılmış, ince yapı işlerini oluşturan kalemeler.....	8
Şekil 2.2 : İç bölme duvar sistemlerinin sınıflandırılması.....	10
Şekil 2.3 : Başlangıç noktasının belirlenmesi üzerine bir örnek.	11
Şekil 2.4 : Çırpı ipi ve Flex ALC-514 kendinden seviye ayarlı lazer hizalama aleti (URL-1).....	12
Şekil 2.5 : Markalama uygulamasından bir örnek.	12
Şekil 2.6 : Bölme duvar sistemleri ile mekanik tesisat birleşimleri.	16
Şekil 2.7 : Elektrik sistemi ile bölme duvar sistemleri birleşimi.	18
Şekil 2.8 : Yapı üretim sahasındaki dezavantajlar, nedenleri ve öngörülen yeni üretim yöntemlerinin gereklilikleri	20
Şekil 3.1 : SSR-I çalışma prensibi ve mekanik parçaları(Yoshida vd., 1984)	25
Şekil 3.2 : 43. Mori binası, Tokyo (Yoshida vd., 1984).....	26
Şekil 3.3 : SSR-I çalışma prensibi ve mekanik parçaları (Yoshida vd., 1984)	27
Şekil 3.4 : Kolon kaynak robotu çalışma prensibi diyagramı (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)	28
Şekil 3.5 : PEMA 4x4 (URL-3).....	29
Şekil 3.6 : Robot çalışma prensibi grafiği (Robots and Automated Machines in Construction, 1998).....	30
Şekil 3.7 : Robotun çalışma simülasyonu (Bechthold vd., 2012).....	31
Şekil 4.1 : Markobot ve geleneksel yöntemlerin karşılaştırılması.....	41
Şekil 4.2 : Markobot'un çalışma algoritması.....	42
Şekil 4.3 :Markobot bilgisayar arayüzü örneği.....	44
Şekil 4.4 : Çizgilerin sahip olduğu sayısal veriler.....	45
Şekil 4.5 : Çizgilerin analiz aşaması.....	46
Şekil 4.6 : Başlangıç noktasının belirlenmesi.....	47
Şekil 4.7 : Referans noktalarının robot tarafından belirlenmesi.....	48
Şekil 4.8 : Kablosuz iletişim diyagramı.....	49
Şekil 4.9 : Çizim aşaması çalışma prensibi.	51
Şekil 4.10 : Boya püskürtme sistemi.....	54
Şekil 4.11 :Boya püskürtme sistemi çalışma prensibi.....	55
Şekil 4.12 :Lazer Uçlu İşaretleme sistemi.....	56
Şekil 4.13 :Markobot fiziksel yapısı.....	57
Şekil 4.14 :Tasarımın arayüz üzerinde temsili.....	59
Şekil 4.15 :Sayısal analiz aşaması.....	59
Şekil 4.17 :Kablosuz iletişim sistemi.....	60
Şekil 4.18 :Markalama aşaması.....	61
Şekil 4.19 :Geleneksel yöntemler ile markobot sisteminin süre açısından kıyaslanması.....	62
Şekil 4.20 :Geleneksel yöntemler ile markobot sisteminin maliyet açısından kıyaslanması.....	62

YAPI ÜRETİM SAHASINDA ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİNİN KULLANIMINA DAİR BİR MODEL: MARKOBOT

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı, yapı üretim sahalarında ortaya çıkan ve öngörülen sorunlara çözüm üretmek amacıyla robotik ve otomasyon sistemleri yardımıyla bir model tasarlanmasıdır. Bu bağlamda, tez yapı üretim sahalarında görülen bölme duvar, mekanik ve elektrik işlerini konu almıştır. Bu üretim kollarında ve ortak çalışmalarında ortaya çıkan sorunlar irdelenmiştir. Bu sorunlara bir çözüm önerisi olarak bir robot geliştirilmesi planlanmıştır. Önerilen modelin faydalanacağı sistemler ve teknolojiler irdelenmiş ve sonuç ürün olarak robotun tasarımı ön plana çıkarılmıştır.

Tezin ilk bölümünde yapı üretim sahaları yani şantiyeler ve bu başlıklar altında yer alan üretimler incelenmiştir. İncelenen üretimler arasından teze kaynak oluşturan üretimler ayrıca irdelenmiş ve üretim esnasında ortaya çıkan sorunlar tartışılmıştır. Sorunların nedenleri gözlemlenmiş ve bu sorunlara çözüm olarak sunulacak modelin sahip olması gereken özellikler belirlenmiştir. Üretim kollarında ele alınan en büyük sorun ise üretim öncesi hazırlık süreci yani markalama süreci olarak ele alınmıştır. Markalama sürecinin geleneksel yöntemler yardımıyla yapıldığı çalışma ortamları incelenerek ortaya çıkacak sorunlar araştırılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde ilk bölümde varılan sonuçlar doğrultusunda önerilecek modele rehberlik edecek sistemler irdelenmiştir. Robotik ve otomasyon sistemleri ayrıca incelenmiştir. Ayrıca bu sistemler dahilinde ortaya çıkan örnek sistemler incelenerek üretilecek modele yönelik bir rehber oluşturulması amaçlanmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde ise üretilecek modele yönelik çalışmalar ve araştırmalar ele alınmıştır. Modelin sahip olacağı özellikler tek tek incelenmiştir. Ayrıca bu özellikleri sağlayacak sistemler ve teknolojiler de araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucu robotun fiziksel ve sanal ortamda temsili oluşturulmuştur. Ortaya çıkacak robotun sahip olacağı tüm özellikler tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra yazılımsal olarak robotun sahip olması gereken altyapı tanımlanmıştır. Oluşturulması planlanan modelin bir simülasyonu yapılarak öngörülen sonuçlar ışığında değerlendirmelerde bulunulmuştur. Var olan üretim sistemleri üzerinden bir anket çalışması yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar ile simülasyon sonucu elde edilen veriler kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonucu ortaya çıkan avantajlar ve dezavantajlar ele alınarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Markobot sisteminin öngörülen tasarımı dışında ise öngörülen potansiyel geliştirmeler ve oluşabilecek sorunlar karşısındaki çözümler de tezin üçüncü bölümünde yer almaktadır.

Üretim aşaması gerçekleştirilemeyen sistemin kullanımı sonrasında ortaya çıkacak yeni çalışma ortamı yalnızca öngörüler üzerinden oluşturulmaktadır. Ancak elde

edilen veriler ışığında geleneksel üretim yöntemleri yerine kullanılacak robotik sistemlerin pozitif yönde katkı sağlayacağı düşünülmüştür. İncelenen örnekler dahilinde bu fikir kuvvetlenmiştir. Çalışan yardımıyla yapılacak üretimler yerine otomatize edilmiş sistemlerin pozitif yönde katkı yapacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda ele alınan üretimler dışında da kullanılabilecek bu modelin yapı üretim sahalarında kullanımının yaygın olması beklenmektedir.

A MODEL FOR USAGE OF ROBOTICS AND AUTOMATION SYSTEMS IN CONSTRUCTION: MARKOBOT

SUMMARY

The purpose of this thesis is to examine application of robotics and automation in construction via an example robot for construction site. In this context, the research focuses on the construction site and trim works for the main subject. In the scope of the study, it was aimed to research the trim works and their problems encountered at the construction site. Furthermore it was critical for this research to reveal the relation of the selected trim works and also new working place comes from these relations. Focusing on the works in construction site, besides it reveals the problems, thesis also aimed to reveal the solutions that solves the encountered problems with selected works on construction site. So the condition this thesis reveal is, to propose a system to solve the mentioned problems with using of robotics and automation systems.

Developing countries economies, it is considerably believed that, is based on construction sector and construction economy created by this sector. However, these countries, especially Turkey, continues to build with traditional methods without no changes. But at the same time that big of construction sector needs to improve standarts to construct safer, cheaper and faster and also with high quality. For that reason, it was beleived that, traditional construction methods based on manpower can't provide these improvements. In this context, a new working field should be created by using technological advances. In this context, robotics and automation systems used to create a new system for production.

In the first part, determining the research question of the study which handles the problematic works in the construction site, the purpose, scope of the study and methods to be followed during the analysis phases are basically described. This section of the thesis, apart from shaping the substructure of the theoretical framework, superficially gives the information on how to create the system to be the solution for problems can be seen in production in construction. And also in this part the guideline of the system given.

In the second part of thesis, the selected trim works that seen problematic and also have potential to solve with robotics handled. Construction site hosts lots of different works. These works creates a dynamic work space with start to the end. With all these different works and producitons this thesis mainly aims to partition wall productions. Also mechanical works and electrical works is at the center of this thesis because of heir relationship with partition walls. All researches showed that most problems can be solved in the preparation step. Partition wall production, in tradional method, needs to be marked out at the site before production. This step provides designers and constructors to see if there is a problem between design and site conditions. Also grants a guide for production phase for good quality production. This phase named "Markalama" in sites also in this research. Also "Markobot" word, the name of the proposed system, comes from that term.

In this context, selected works and predicted problems analyzed at the construction site conditions. With analysis it can be seen that main reason of the problems mostly because of manpower. In this context, solution should be independent from manpower and also it should offer positive effects on time, finance and quality issues. All results leads the research to find a new system with supports of robotics and automation systems.

In the third part of thesis, robotics and automation in construction sector and their effects to production is analysed through robotic examples. Robotic examples showed that, most of robots, researches about that subject is improving day by day. However robots used in construction site today, built for spesific works only. But at the same time all robots are a part of a big system. A system that includes all produced robots can carry main works in a construction site without manpower. Furthermore it was critical for this research to reveal the robotic functions that used and also can be used in the proposed system. For these, some robotic examples analysed.

Fire-proof rock wool spray robot is the first example that analysed in that part of thesis. This robot showed that a robotic arm with necessary systems applied can provide new usages for that arm beside that it can solve the problem of its own. Welding robot for steel structures, seramic tile replacement robot, brick placing drone robotic system and also other robotic systems analysed to determine systems that will be used with Markobot system.

In the fourth chapter, the markobot, which is the main subject for the research is analysed part by part, and also simulation of markobot, how it works, created by predictions. The schema that how Markobot works granted the algorithm for entire system. From algorithm and schhema all parts that neccesary for system analysed. In this context, required parts classified under groups to search seperately.

Groups of needings showed that the first part should be the computer interface. Interface created by Computer Engineering department. Interface is the first part that system starts, analyses and runs the robots. Communication systems are the second part for the system. Analysed data carried to robot by wireless communication systems. Electrical parts and mechanical parts are decided as required to run the system smoothly. Analysed and carried data will be detected in robot. Electrical systems are also big research subjects for their endless features. In this context, all parts analysed seperately with all researches done before via examples.

Microcontrollers, servo motors, sensors, physical shell systems etc. are the main parts of the electrical systems. Microcontroller is the core of the system. Data carried to microcontroller analysed in this part and converted to movement, marking and sensor systems. Servo motors grants the movement of Markobot. Also gives the exact dimensions with its higher precision systems. Sensors are the main determining systems. Different sensors can be used in Markobot and also they can replace with other sensors in needings. Exact location information, situation of the robot information, precision information, progress information etc. can be analysed by sensors. In this context, sensors are the critical part for the systems.

In the fifth and last part of thesis, results are discussed. The aim of the research and the results of the progress analysed and the future researches decided. Markobot is a non-produced model and this situation brings some disadvantages for the system. A non-produced product has lots of obscurity.

With all these unknown problems and advantages a simulation created and results are analysed with this simulation.

.

1. GİRİŞ

Mimarlık alanında üretilecek bir ürün mimari alanda yapılan tüm tartışmalar ile birlikte mimari ürünün tasarım aşaması ve tasarımın hayata geçirildiği yapım aşaması olarak iki aşamadan geçmektedir. Bu iki aşama süreç açısından birbiri ile farklı ilişkiler içerisinde olmaktadır. Birbiri ardından gelebildiği gibi eş zamanlı olarak da gelişebilmektedir. Yapım üretim aşaması olan ürünün ortaya çıkarıldığı aşama şantiye sahası olarak da tanımlanabilir. Tasarım aşamasının yanı sıra en önemli unsurlardan bir diğeri olan şantiye sahası, özellikle ince yapı işleri aşamasında ülkemizde de geleneksel yapım yöntemleri ile yürütülmektedir. Halbuki gelişen teknoloji her alanda olduğu gibi şantiye sahasında da kendini her geçen gün daha fazla göstermektedir. Teknolojik gelişmeler, var olan iş kollarının daha iyi olanaklarla uygulanmasının yanı sıra, tamamen insan gücü ve becerisiyle yapılan işlerin, akıllı sistemler aracılığıyla şantiye sahasına taşınmasını sağlamaktadır. Bu gelişmeler farklı alanlarda kendini farklı ürünlerle göstermektedir. Şantiye sahasında ise, her geçen gün artan yazılımsal alanda katkıların yanında, robotik ve otomasyon disiplinlerinin de katkısıyla makine ve ekipman olarak da katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler her geçen gün şantiye sahasında yapılan çalışmaları hızlandırmakta, kolaylaştırmakta ve çalışmaların kalitesini arttırmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Türkiye’de şantiye sahasında yapılan üretimler büyük oranda geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Bunun yanında teknolojik gelişmelerin sağladığı avantajlar da sahada yerini almaya başlamıştır. Bu örneklerin giderek arttığı günümüzde, mimarın rolünün yalnızca tasarlamak ve kontrol etmek değil, aynı zamanda bu tür yeniliklerle imalatı daha kaliteli hale getirmek olarak değiştiği olgusu, tezin kapsamını oluşturan temel düşüncelerden biri olmuştur.

Mimarlık disiplininin şantiye ölçeğindeki çıktılarının sayısı oldukça fazladır. Şantiye sahasının bu disiplinin diğer disiplinler bir araya geldiği bir alan olarak tanımlarsak, üretim sürecinin gerçekleştiği her alanda, sonuç olarak ortaya çıkacak ürünün

kaliteli, hızlı ve ekonomik şekilde üretilmesinde en çok katkı sağlayan disiplinin mimarlık olduğunu da vurgulamak gerekir. Bu doğrultuda en büyük yardımı ise şüphesiz ki teknolojik gelişmelerden almaktadır.

Tasarım aşamasında teknolojinin varlığı her geçen gün ivmeli olarak artarken, geliştirilen ürünlerin bir araç olmaktan çıktığı ve bu aşamaya dahil olan bir etken olduğu görülmektedir. Tasarım aşamasında da kullanılabilen bu teknolojik verinin, şantiye alanına hizmet edecek bir ürüne dönüştürülebildiğinde ne gibi kazanımlar ortaya çıkaracağı ise tezin ana sorularından birini oluşturmaktadır. Bunun yanında tez kapsamında, şantiye sahasındaki geleneksellik ve insan gücüne dayalı üretim sonucu ortaya çıkan sorunların bu teknolojik gelişmeler yardımı ile çözülebilmesi, amaçlanmaktadır.

Tüm bunlara ek olarak, şantiye sahasında yapılan imalatlar ve uygulamalar bir çok farklı kategori altında toplanabilmektedir. Bu kategorilerden mimarlık disiplini ile en fazla etkileşimde olanı ise, ince yapı işleri aşamasıdır. Kullanıcı üzerindeki dolaysız etkisi olan bu aşamadaki imalatlar ise, tez kapsamında tartışılacak ve robotik - mekanik ürün olarak tanımlanacak bir markalama robotunun tanım çerçevesini oluşturmuştur. Araştırma odağında ise, üretilen robotik tasarımın, ince yapı işleri olarak adlandırılan üretimlerde ortaya koyduğu performans tartışılmıştır.

Robotik ve mekanik olarak tanımlandırılacak ve “Markobot” olarak isimlendirilecek markalama aracının üretimi, yapı üretim sahasında sağlayacağı yararlar, üretimdeki yeri, maddi ve iş yükü açısından kazanımları ise çalışma eksenini şekillendirecek temel konuları oluşturmuştur.

1.2 Kapsam ve Yöntem

Tez çalışması kapsamında, Markobot'un asıl çalışma alanı olan şantiye alanı, hedef olarak belirlenen üretimler, Markobot'un geliştirilme yöntemleri ve tüm bunların bir arada oluşturduğu yeni çalışma mekanları tariflenmiştir. Şantiye sahası, ince yapı işleri kavramı, robotik ve otomasyon kavramları gibi tezin ana strüktürünü oluşturan kavramlar incelenmiş, bu kavramların tez kapsamında kullanımları, amaçları ve birlikte oluşturdukları çalışma ortamları irdelenmiştir. Günümüze kadar süregelen gelişimleri ve bu gelişmelerin yarattığı yeni çalışma alanları ele alınmıştır.

Kavramların tanımları ile birlikte, Markobot üretiminde kullanılacak teknolojiler odağa alınarak, öncelik olarak Türkiye’deki şantiye sahaları incelenmiştir.

Bu bağlamda, öncelikle şantiye alanı ve bu alandaki ince işler başlığı altında toplanan üretimler ve buna ek olarak bu üretimlerden Markobot’un çalışma alanı olarak belirlenebilecek olanları tartışılmıştır. Bu üretimlerin terminolojik anlamları araştırılmış günümüz örneklerinden de faydalanılarak açıklanmıştır. Yapı üretim yöntemleri ve bu yöntemlerin ne gibi sorunlarla karşı karşıya kaldığı gözlemler üzerinden aktarılmıştır.

Kullanılacak teknolojik gelişmeleri örneklemek adına var olan ve geliştirilmekte olan robotik örnekler taranmıştır. Faydalanılacak teknolojilerin ve sistemlerin güncel kullanımları irdelenmiştir. Markobot adlı sistemin var olan teknolojilerden faydalanma düzeyi ve bu teknolojilerin entegrasyonu da öngörüldüğü düzeyde aktarılmıştır.

Markobot’un yapı üretim sürecindeki sorunlara nasıl çözümler getirebileceği, getirdiği çözümlerin bu alandaki üretimlere hem maddi, hem de iş gücü açısından etkileri araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Bununla birlikte Markobot’un üretim yöntemleri, çalışma algoritması, kullanılacak teknoloji ve sistemler de açıklanmıştır. Gelişen teknolojiler ile birlikte öngörülen ilerlemeler ve yeni çalışma alanları, araştırmanın ilerleyen bölümlerde hangi yöne doğru gitmekte olduğunu da göstermektedir. Bu araştırmalar sonunda ise hedeflenen noktanın ne olduğu araştırmadaki amacı yansıtmaktadır. Bu amaca ulaşma biçimlerinin yanında, hedeflenen noktaya ulaşılma düzeyi de tezin son bölümünde ele alınmaktadır.

2. ŞANTIYE VE YAPI ÜRETİM SÜRECİ

Yapıların fiziksel anlamda bir ürün olarak üretilmesi şantiye ortamında gerçekleşmektedir. Şantiye yani yapı üretim sahası içerisinde barındırdığı bir çok farklı üretim nedeniyle dinamik bir yapıya sahip olarak görülmektedir. Bu değişken ortamın başlıca sebebi her üretimin farklı ihtiyaçlara ve farklı yapıım sistemlerine sahip olmasıdır. Bu üretimlerden tezin konusunu oluşturanların yapıım sistemleri, sahip olduğu sorunlar ve bu sorunlar için öngörülen çözümler bu başlık altında incelenecektir.

2.1 Yapı Kavramı ve Yapı Üretim Süreci

Tarihsel süreç boyunca, canlıların barınma ihtiyaçlarını gerçekleştirmeleri ve eylemlerini sürdürebilmeleri için, organize edilmiş mekanlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu mekanlar birden çok farklı ölçeklerde oluşturulmuş ve farklı barınma kümelenmeleri meydana gelmiştir. Mekanların tek başına ya da birden fazla olarak bir arada bulunduğu bu somut küme, yapı olarak adlandırılabilir. TDK Büyük Sözlük'ün (2015) tanımına göre yapı kelimesi birden fazla anlam taşımaktadır. Bu anlamlardan tez kapsamında ele alınacak olanı ise “Barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık eseri, bina” (TDK, 2015)'dir. Yapı üretimi ise genel olarak, belirli kaynaklarla belirli bir zaman içerisinde tamamlanması gereken ve tekrarlanmayan özel faaliyetler topluluğu olarak tanımlanmıştır (TDK, 2015). Bu yapı üretiminin temel hedefi ise canlıların yaşamsal fonksiyonlarını gerçekleyebileceği ve mekanları yaratmak olarak özetlenebilir.

Yapı üretim süreci, Yaman'a (2009) göre, yapı üretme düşüncesinin ortaya atılmasından, yapımın tamamlanmasına, daha sonra yapının işlevini yitirdiği ve/veya ömrünü tamamladığında ortadan kaldırılmasına kadar geçen süreçte yürütülmekte olan eylem ve ilişkilerin tümünü ve söz konusu eylem ve ilişkilerin birbirleri ve çevre ile olan karşılıklı ilişkilerini kapsamaktadır. Bu sistemin bileşenleri irdelendiğinde, temel olarak girdiler/kaynaklar ve çıktılar olarak sınıflandırılacak bir sıralama ortaya çıkarmak mümkün olmaktadır (Sey vd., 1986/1987).

- **Girdiler/Kaynaklar:** Kaynaklar, sistemin çevreden edindiği ve sistem içerisinde yararlanılan faktörler olarak görülmektedir. Bunlar sistemin işlemesi için kullanılan bileşenler olarak da tanımlanmaktadır. Bu bileşenler ise, fiziksel kaynaklar, enformasyon, iş gücü ve finansman olarak başlıklandırılmaktadır.

- **Çıktılar (Ürün):** Sistemin asıl amacı olan ve yapılan üretimler sonucunda oluşan çıktı olarak adlandırılmaktadır. Yapı üretim sürecinde ise bu çıktı bina bileşenleri, binalar ve yapay çevre olarak ortaya çıkmaktadır.

- **Süreç:** Amaçlanan ürünün tasarlanması, üretilmesi, üretim sonrası kullanımı ve en son aşamada ise ürünün kullanım sonrası ortadan kaldırılmasını kapsamaktadır.

- **Sınırlamalar / Kısıtlar:** Ürünün üretilmesi aşamasında ortaya çıkacak hem üreticiden bağımsız kısıtlar - Yürürlükler, kanunlar, yasaklar vb. - , hem de üretim süresince kullanılacak girdiler ve kaynakların getirdiği sınırlamalardır.

- **Kontrol ve Geri Bildirim:** Üretim esnasında ve üretim tamamlandıktan sonra kullanım aşamasında ürünün durumunun kontrol edilmesi ve sonuçlar ışığında gerekli önlemlerin alınmasını temsil etmektedir.

Yapı üretim süreci bir çok farklı sıralama ve yapım yöntemine göre farklı şemalarla açıklanabilmektedir. Temel kavramlar ise yukarıda belirlenen sıralamadan ibaret olmaktadır.

2.2 Yapı Üretim Sahası İş Grupları

Genel geçer bilgilere dayanarak, yapı üretiminin bütün bileşenlerinin gerçekleştiği alan, şantiye olarak adlandırılmaktadır. Kelime anlamı olarak ise *"yapı gereçlerinin yığılıp saklandığı veya işlendiği yer"* (TDK, 2015) olarak tanımlanmıştır. Her ne kadar şantiye kavramı diğer disiplin alanlarında farklı kullanımlara sahip olsa da, tez kapsamında, yapı inşa ve üretim alanı olarak kullanılmıştır.

Şantiyelerde bir çok farklı disiplin ve bir çok farklı üretim türü bulunmaktadır. Bu nedenle çalışma ortamları ve ortaya çıkabilecek sorunlar farklılık göstermektedir. Şantiyenin içinde bulunduğu şartlar değişkenlik göstermesine rağmen, bazı sorunlar önceden görülebilmektedir. Önceden tahmin edilen bu sorunların en başında ise organizasyon şemasında yaşanabilecek aksaklıklar belirtilebilir. Bu şema içerisinde,

birbiri ile etkileşim içerisinde olan üretimlerde oluşabilecek problemler tahmin edilebilir sorunların başında gelmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi, yapı kelimesi geniş bir yelpazede bir çok farklı üretimi kapsamaktadır. Ancak genel olarak bakıldığında amacı ve hedefi fark etmeksizin yapı üretiminin bir çoğunda sabit üretim kolları yer almaktadır. Tezin kapsam olarak, yapı şantiyesinde bir çok farklı disiplinle bağlantılı olan bu temel iş kollarından bir kaçına odaklanmakta, bu durum ise öncelikli olarak bu iş kollarının tanımlanmasını gerektirmektedir.

Şantiye sahasında gerçekleşen üretimler bir çok sınıflandırma yöntemiyle ayrıştırılabilmektedir. Ancak araştırma kapsamında temel olarak dört aşama ele alınmıştır. Bu aşamalar kaba yapı inşaatı, ince yapı işleri kapsamındaki üretimler, mekanik işler ve elektrik işleridir..

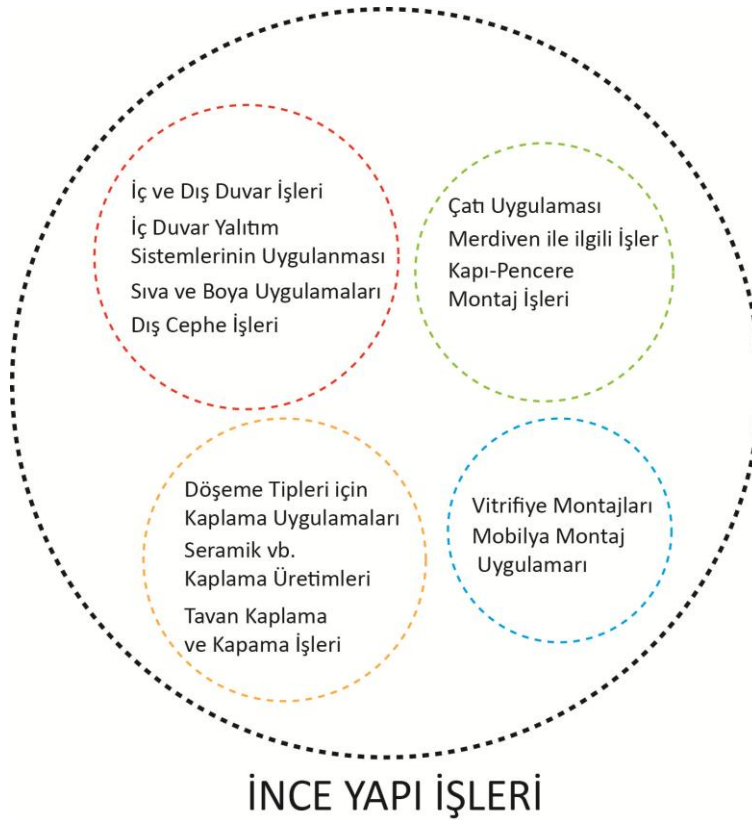
Kaba yapı, adından da anlaşılacağı üzere yapının kaba hatlarının ortaya çıktığı işler bütünüdür. TDK Büyük Türkçe Sözlük'te "Bir binayı dış etkenlere karşı koruyup ayakta tutan temel, ana duvar, giriş, çatı vb.nden oluşan asıl gövde" olarak tanımlanmaktadır(TDK, 2015). Bu üretim aşamasında, binanın yapısal elemanlarının üretimi söz konusu olmaktadır. Binanın temel üretimleri, arazi ile ilgili işlemler ve iskeletini oluşturan üretimler bu başlık altında yer almaktadır.

Binanın arazi ile ilişkisinden başlayarak temel sisteminin oluşturulması ve bina sistemine bağlı olarak taşıyıcı sisteminin üretimi, başlıca iş kolları olarak ortaya çıkmaktadır. Betonarme iskelet sistemli bir bina ele alındığında, kolon, giriş ve döşeme elemanlarının üretimi ve sonrasında binanın üst örtü elemanı olarak tanımlanabilecek çatının üretimi sonucunda kaba yapı işleri son bulmaktadır.

İnce işler adı altında yapılacak üretimler ise, binanın son kullanıcıya ulaşmasından hemen önce yapılan üretimleridir. Bu nedenle bitirme işleri olarak da adlandırılmaktadır. Bu başlık altında incelenecek üretimler, kaba yapı üretimlerinin ardından başlamaktadır. Kaba yapı sonucu oluşturulan düzlemler üzerinde oluşacak yeni çalışma alanlarında üretimler yapılmaktadır. Bu üretimler kalemler bazında birbirleri ile ilişkili olmaları ve üretim ölçekleri kapsamında bir araya toplanarak, ince yapı işlerini tariflemektedir (Şekil 2.1).

Tez kapsamında ise öncelikli olarak ele alınacak üretimler, ince yapı işleri kapsamında üretim sürecini önemli ölçüde etkileyen bölme duvar sistemleri

üretimleri olacaktır. İnce işler dışında tesisat sistemleri işleri, elektrik sistemleri işleri ve bu üretimlerin birbirleri ile etkileşim halinde yürütülecek işlemler de detaylı olarak inceleme gerektirmektedir. Bunun sebebi ise, bölme duvar sistemlerinin, tesisat ve elektrik işlerine taban teşkil eden yüzeyleri oluşturuyor olmasıdır. Tesisat ve elektrik işleri, bölme duvarlar üzerinde, içerisinde ya da kesişim noktalarında birbirileri ile etkileşim halinde ilerlemektedir. Bu nedenle ilişkili olarak, ortaya çıkabilecek sorunlar tüm bu imalat türlerini etkilemektedir.



Şekil 2.1 : İlişki biçimlerine göre gruplandırılmış, ince yapı işlerini oluşturan kalemler.

2.2.1 Bölme duvar uygulamaları ve markalama

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için ihtiyaç duyduğu yapay çevreler, kontrollü kapalı hacimlerden oluşmaktadır. Bu hacim, içinde belirli eylemlerin yer alacağı, geometrik anlamıyla da, sınırlı bir boşluğun, birtakım soyut düşünsel şemalarla işlevsellik kazandırılarak biçimlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilmektedir. İnsan sosyal çevresiyle belirli etkileşimlere ihtiyaç duyarken, aynı zamanda kendi yapay çevresinde de belirli eylemlerin gerçekleştirilebilmesi için sınırlı bölümler

oluşturabilmesi gerekmektedir. Mekân bileşenlerinin sağladığı sınırlayıcılık ve ayırıcılık etkisi ise, iç ve dış mekân kavramlarını ortaya çıkarmaktadır. İki iç mekânı birbirinden ayıran düşey taşıyıcı ya da yalnızca bölücü yapı elemanları da iç duvarlar olarak adlandırılmaktadır. Bu tanım iki iç mekânı birbirinden tamamen veya kısmen ayırmak temelinde şekillenmektedir (Ching ve Adams, 2001), (Balkan,2005).

Duvarlar, yapı sistemi içerisinde bir çok farklı işlev kazanmaktadır. Bu işlevlerden bazıları; taşıyıcılık, hacimler arası ayırıcılık, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, su ve nem yalıtımı ve yangın dayanımı olarak görülebilmektedir (Toydemir vd., 2004).

Yapı teknolojilerinin gelişmesi ve emlak piyasasında değişen maddi hesaplar, iç bölme duvar sistemlerini de etkilemektedir. Yapım teknolojilerinin gelişiminin yanı sıra, kullanım alanlarının artırılması düşüncesi de, duvar kesitlerinin inceltilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Kalın duvarların karşıladığı performans gereksinimleri, ince duvarlardan da beklenmeye, beklentilerin karşılanabilmesi için ise farklı detay çözümlerinde birçok yeni malzeme ve yöntem arayışına gidilmektedir.

Bölme duvarlar, gelişen teknolojiler ile birlikte bir çok farklı yapı malzemesi ile üretilmektedir. Her yeni malzeme kendi imalat teknolojisini ve sürecini de beraberinde oluşturmaktadır. Tüm malzemelerin uygulama esasları birbirinden farklı olmakla birlikte, benzer bir ön hazırlık sürecinden geçmektedir. Nihayetinde ortaya çıkacak olan ürün farklı malzemelerle inşa edilmiş olsa dahi belirli benzer özellikleri göstermek üzere tasarlanmaktadır. Bu benzer özelliklerden ön hazırlık süreci ise araştırılan ve ele alınan temel süreç olarak öne çıkmaktadır. Yapı üretim sahalarında yapılan gözlemler ve analizler sonucunda iç bölme duvar sistemleri sınıflandırılması Şekil 2.2'de görüldüğü üzere oluşmaktadır.

Duvar üretiminde ön hazırlık süreci ise malzeme türünden bağımsız gelişmektedir. Ön hazırlık aşamasında malzeme ve alan hazırlığının sonrasında bölme duvarı yapılacak alanın belirlenmesi ile üretim başlamaktadır. Duvarın üretiminin yapılacağı alanın önceden yerinin belirlenmesi ileride doğabilecek sorunları engellemektedir. Bu bağlamda öncelikle markalama işlemi yapılmaktadır.

İÇ BÖLME DUVARLAR				
STATİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE	KESİT ÖZELLİKLERİNE GÖRE	UGULAMA YÖNTEMİNE GÖRE	MALZEMESİNE GÖRE	
			Ana Malzeme	Kaplama Malzemesi
1. Taşıyıcı Olan	1. Tek Tabakalı	1.Yığma Sis.	1.Kerpiç	1.Alçı Plaka
			2. Blok Taş	2.Ahşap Plaka
			3. Pişmiş Toprak	3.Boya ve Duvar
2. Taşıyıcı Olmayan	2. Çok Tabakalı	2. İskelet Sis.	4.Beton Blok veya Briket	Kağıdı
			5.Gazbeton	4.Cam
			6.Cam Tuğla	5.Metal
		3. Hazır Panel Sis.	7.Ahşap	6.Plastik
			8.Metal	7.Seramik
			9.Plastik	8.Taş
			10.Hazır Panel	

Şekil 2.2 : İç bölme duvar sistemlerinin sınıflandırılması

2.2.1.1 Markalama Uygulamasının Tariflenmesi

Markalama, kelime anlamı itibarı ile çizilmiş resimlerden, imalatı bitmiş parçalardan ve verilen bilgilerden faydalanılarak o işin yapılacağı malzemenin üzerine çizilmesi olarak tanımlanabilir. Markalama iş parçasının tam ölçüsünde yapılmasına, iyi işlenmesine ve kontrolüne yardım eder. Bunun yanı sıra markalama kelimesi, şantiye sahasında önceden projelendirilmiş üretimin belirli araçlar yardımıyla (çırpı ipi, spreyci boya vb.) döşeme üzerine işaretlenmesi anlamına gelmektedir. Bu işaretleme üretimi kılavuzluk etmektedir. Bu kılavuz, üretimin adımlarını kolaylaştırmanın yanı sıra üretim öncesinde ortaya çıkabilecek sorunların görülebilmesini sağlamaktadır. Markalama süreci, üretimin en önemli aşaması olarak ele alınmaktadır. Bunun sebebi ise, markalama aşamasının aslında bir ön üretim aşaması olarak görülmesidir. Markalama aşaması için şantiye sahasında yapılan gözlemler sonucunda bir takım yapım aşamaları ön plana çıkmaktadır. Bu aşamalar ise birbirini takip edecek şekilde ilerlemektedir.

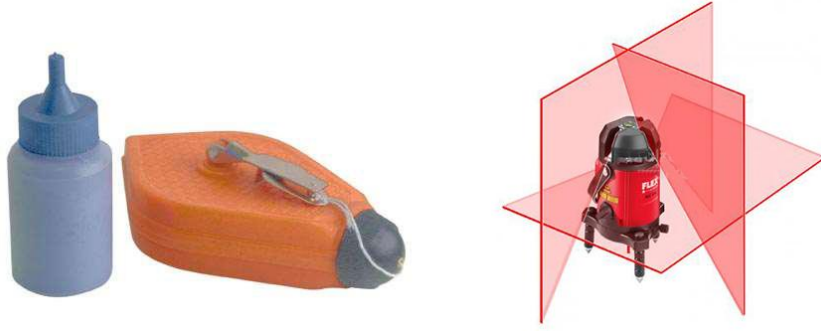
Yapım aşamalarından ilki başlangıç noktasının belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Üretimi yapılacak tasarımın markalama işlemi yapılabilmesi için öncelikle başlangıç noktası belirlenmesi gerekmektedir. Kaba inşaat sırasında oluşabilecek ve kaba yapı üretimi esnasında göz ardı edilebilecek kadar küçük ölçü hatalarından dolayı başlangıç noktası belirlenirken birden fazla noktadan kontrol yapılması

gerekmektedir. Yapılan kontroller ardından doğruluğu sağlanabilen nokta başlangıç noktası seçilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Başlangıç noktasının belirlenmesi üzerine bir örnek.

Başlangıç noktasının belirlenmesinin ardından, çizim aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada çizimin doğru olarak yere işlenebilmesi için, seçilen başlangıç noktası baz alınarak, en dış sınır lazerli terazi ve metre yardımıyla çizilmektedir. Başlangıç noktasının doğruluğunu ispatlayan başka bir noktadan, ilk çizgiyi oluşturmak için gerekli diğer noktalar bulunmaktadır. Daha sonra lazer işaretleyici yardımıyla bu noktalar arasındaki çizgi sanal olarak belirlenmektedir. Sanal olarak belirlenen çizginin yere işlenebilmesi için ise "çırpı ipi" kullanılmaktadır (Şekil 2.4). Çırpı ipi "İki nokta arasında düzgünlüğü sağlamak için kullanılan ip"(TDK,2015) olarak tanımlanmaktadır. Basit hareketlerle gerilerek belirlenen doğrultuda üzerindeki renkli tozu yere işlemeyi sağlayan boyalı çırpı ipi çizgiyi oluşturmak üzere kullanılmaktadır. Çırpı ipi ile lazer üzerinden doğruluk kontrol edilerek çizgi yerde oluşturulmuş olmaktadır.



Şekil 2.4 : Çırpı ipi ve Flex ALC-514 kendinden seviye ayarlı lazer hizalama aleti (URL-1)

İlk çizginin belirlenmesinin ardından tüm çizimin yere aktarılabilmesi için, her tek çizgi aynı adımlar tekrarlanarak üretime devam edilmektedir. Köşe noktalarında lazerli terazi yardımıyla açı belirlenmesi yapılarak doğruluk kontrol edilmektedir. Ölçü ve açı kontrolleri ile belirlenen noktalar arasında çırpı ipi yardımıyla tüm çizgiler oluşturulmaktadır.

Bu şekilde gerçekleştirilen markalama sürecinin sonunda dijital ortamda tasarlanmış olan proje yere işlenmiş olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.5). Bu durum bir nevi tasarlanan projenin orijinal ölçeğinde yerde çizilmesi olarak adlandırılabilir. Uygulama sonucunda doğruluk kontrolü yapılmaktadır. Kontrol sonucu ortaya çıkabilecek tasarıma dair ölçü hataları veya şantiye sahasıyla ilgili hatalar ortaya çıkmaktadır. Kontrol sonrası yapılacak tadilatlar sonucunda uygulama bitirilmektedir.



Şekil 2.5 : Markalama uygulamasından bir örnek.

2.2.1.2 Markalama uygulamasında ortaya çıkabilecek sorunlar

Tezin ana strüktürü içerisinde önemli bir yere sahip olan markalama uygulamasında, ortaya çıkabilecek bir çok sorun tanımlanabilir. Markalama uygulamasını yapan ekip, en az iki kişiden oluşmaktadır. Kişi sayısı, kullanılacak olan yardımcı elemanların kullanımı açısından gerekli olan minimum sayı olarak belirlenmektedir. Çeşitli şantiyelerde yapılan gözlemler sonucunda, genellikle bir usta ve bir çırak yardımıyla bu işlem yapıldığı görülmektedir. Ölçümler ise, şantiye şartlarına bağlı olarak, projenin çıktısı üzerinden veya dijital ortamdan aktarılarak yapılmaktadır.

İnsan gücü ile yapılan uygulamaların tamamında olduğu gibi bu uygulamada da hata payı yüksek olmaktadır. Kullanılan cihazlardan biri olan lazer işaretleyici, çok yüksek oranlarda doğruluk payı verse de, çırpı ipi gibi geleneksel yöntemlerle üretilmiş aletler hata oranı yüksek aletler olarak görülmektedir. Bu nedenle kullanılan yöntemde ölçünün doğruluğu belirli bir seviyede kalmaktadır. Ayrıca uygulamanın ilk adımını oluşturan başlangıç noktasının belirlenmesinde yapılabilecek bir hata, bütün uygulamanın yanlış olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle markalama işlemi sonraki aşamalarda sağlayacağı avantajların yanında bir takım dezavantajlar da ortaya çıkarmaktadır.

Bu uygulama insan gücüyle yapılan bir uygulama olmasından dolayı çok değişken sonuçlar ve hatalar ortaya çıkarabilmektedir. Bunların uygulamayı en çok etkileyenleri ise şu şekilde sıralanabilir;

- **Çalışana Bağlı Değişken Üretim Süreci:** Çizimin yere işlenmesi fiziksel güce dayalı bir üretim sürecidir. Bu durum ise uygulamayı, çalışan kişinin fiziksel yeterliliğine bağımlı hale getirmektedir. Kişiye bağlı değişen süreç ise, uygulamalarda negatif sonuçlara yol açabilmektedir.
- **Hata Payı Yüksek İmalat Yöntemi:** Kullanılan cihazlar ve aletlerin doğruluk yüzdesinin düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışan kişiye bağlı hata yapılabilme olasılığının da değişkenliği bu ihtimali arttırmaktadır. Yapılacak hatalar da üretim kalitesini düşürmektedir.
- **Hatalar Sonucunda Geri Besleme Mekanizması Eksikliği:** Oluşan hataların görülmesi, ancak uygulama sonrası kontrollerde belirli olabilmektedir. Çizimi yapılan her çizgi ancak bir önceki çizginin doğruluğu

kadar sağlıklı sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle yapılacak hataların sonucu ancak üretimin baştan ele alınarak çözülebilmesi anlamına gelmektedir.

-Doğru ve Kaliteli Üretim Adına İş Gücünden Taviz Verilmesi: Üretimin kalitesini arttırmak ve daha sonraki adımlarda süre açısından kazanç sağlamak üzere yapılan markalama işlemi iş gücü kaybına neden olmaktadır. Çalışan kişilerin yararlanılabileceği diğer üretimler yerine markalama işi üzerine yoğunlaşması, uygulama bitimine kadar geçen süreçte iş kaybına sebep olmaktadır.

Markalama işlemi yukarıda açıklanan tüm nedenlerden dolayı, değişken sürelerde tamamlanmaktadır. Bu durum sürecin belirsizleşmesine ve uzamasına neden olmaktadır. Duvar üretimi yalnızca montaj ve imalat aşamalarından oluşmak yerine, ekstra süreler ile birlikte markalama uygulamasıyla birlikte yapılmaktadır. Bu durum ise süreci negatif yönde etkilemektedir. Çalışan insan gücü yerine geçebilecek, otomatize edilmiş bir sistem ile birlikte uygulamanın veriminin arttırılacağı ise tez kapsamında ön görülmektedir.

2.2.2 Mekanik tesisat sistemi uygulamaları

Mekanik tesisat sistemleri mimari projeye uygun olarak, makine mühendisleri tarafından hazırlanan, ölçekleri yapının büyüklüğüne ve özelliğine göre belirlenen sıhhi tesisat, ısıtma (kalorifer, kat kaloriferi ve benzeri), soğutma, havalandırma projeleri ve ısı yalıtım raporu olarak açıklanmaktadır (URL-2). Tezin strüktürü kapsamında, mekanik tesisat sistemlerinin, projelendirme ve tasarım aşaması sonrasında şantiye sahasındaki üretim aşamalarına odaklanılacaktır.

Mekanik tesisat projeleri son kullanıcıya ulaştırılan üretimlerdir. Bu sebeple şantiye sahasının her noktasında yer almaktadırlar. Bu durumun sonucu olarak ise, diğer bütün üretim disiplinleriyle etkileşim halinde üretilmektedir. Bir çok farklı noktada özel detaylar gerektiren kesişim noktaları oluşmaktadır. Kesişim noktaları özel olarak çözüm üretilmesi gereken detaylar olarak görülmektedir.

Alanında yetkin kişiler tarafından hazırlanan projeler, şantiye sahasında çalışanlar tarafından montaj ve imalat esaslarına dikkat edilerek gerçekleştirilmektedir. Mekanik tesisat sistemleri birden fazla farklı sistem imalatını kapsamaktadır. Her imalat şantiye sahasında kendine bir yer bulmaktadır.

Daha önceki bölümde anlatılmakta olan bölme duvar sistemleri, mekanik tesisat imalatları ile yüksek oranda etkileşim içerisinde olan bir üretim olarak görülmektedir. Bu durumun sebebi olarak tesisat sistemlerinin bölme duvarların oluşturduğu yeni yüzeylerde üretilmesi görülmektedir. Örneğin sıhhi tesisat sistemleri bölme duvarlar içerisinde ve üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle sıhhi tesisat sistemleri çalışanları, bölme duvar imalatları sırasında ortaya çıkabilecek sorunları engellemek adına ortak çalışmaktadırlar. Bu durum kesişim noktalarında ortaya çıkabilecek detayların ve sorunların çözümlenmesine katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda iş gücü ve süreç açısından dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır.

Mekanik tesisat uygulamalarının en önemli detayı, üretimde hiçbir hataya izin vermemesi olarak görülmektedir. Bu durumun sebebi tesisat sistemlerinde doğacak hataların çevresel kirlilik ve maliyet açılarından büyük zararlar ortaya çıkarabilmektedir. Tesisat sistemleri kendisinden sonra gelen uygulamaların fiziksel olarak arkasında ya da altında yer almaktadır. Son kullanıcıya ulaşan sistemler büyük çoğunlukla gizli olarak üretilmektedir. Kullanıcının görsel ve estetik açıdan beklentisi mekanik tesisat sistemlerinin gözükmemesi üzerine kurulmaktadır. Üretimin bu sistemle ilerlemesi tesisat sistemlerine müdahale şansını azaltmaktadır. Bunun yanında herhangi bir arıza diğer sistemlerin zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle tesisat sistemlerinin üretimi ve montajında kendisinden sonra üretilecek uygulamalar hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir.

Mekanik tesisat sistemleri bir çok üretimi kapsamaktadır. Bu üretimlerden sıhhi tesisat uygulaması bu konu başlığında özel olarak incelenecektir. Diğer üretim sistemleri de bu bağlamda değerlendirilecek fakat araştırma konusuna dahil edilmeyecektir.

Sıhhi tesisat sistemleri amacına uygun olarak üretilmiş borular ve bunları destekleyecek bağlantı parçalarının montajı şeklinde üretilmektedir. Bu doğrultuda projelendirilmiş alanlarda kullanıcının ihtiyacı olacak sistemlerin montajı ele alınacaktır. Sıhhi tesisat sistemi bir bütün olarak çalışmaktadır. Sistem yatay ve dikey düzlemde bir çok farklı tesisat elemanını barındırmaktadır. Yatay düzlemde döşeme ile ilişki içerisinde olan sistem dikey düzlemde ise bölme duvarların içerisinden ya da özel olarak bölme duvarlar ile ayrılmış alanlar içerisinden çalışmaktadır. Bölme duvarlar sıhhi tesisat için bir iskelet oluşturmaktadır (Şekil 2.6). Birbiri ile etkileşim içindeki bu iki sistem bir çok noktada kesişmektedir. Bu

kesişimler avantaj olabileceği gibi dezavantaj da olmaktadır. Üretim aşamasında aynı anda çalışması mümkün olmayan iki grubun birbirleri ile iletişim halinde olması gerekmektedir. Aksi takdirde bir üretimde ortaya çıkacak sorun üretimin baştan yapılmasına sebep olabilmektedir.

Bu sorunlara öngörülen tek çözüm yolu ise markalama aşamasında üretimlerin birlikte işlenmesi olarak görülmektedir. Geleneksel yöntemler ile yapılacak markalama sürecinde ise birlikte markalama uygulaması süreci ve iş gücünü olumsuz yönde etkilemektedir. Normal şartlar altında birbirinden ayrı ön hazırlık ve planlama aşamalarından oluşan üretimler, diğerleriyle birlikte markalanmak istendiğinde ayrıca bir ön çalışma ve özen gerektirmektedir. Bu nedenle şantiye sahasında geleneksel yöntemlerle bu birlikteliğin yapılması olası görülmemektedir.



Şekil 2.6 : Bölme duvar sistemleri ile mekanik tesisat birleşimleri.

2.2.3 Elektrik sistemi uygulamaları

Elektrik sistemi uygulamaları, altyapıdan başlayarak son kullanıcıya ulaşana dek her aşamada görülmektedir. Gün geçtikçe gelişen teknolojiler elektrik ihtiyacını daha da arttırmaktadır. Bu nedenle bütün üretimler ve uygulamalar elektriğe ihtiyaç duymaktadır.

Elektrik sistemlerinin temel üretim elemanı kablolardır. Bu nedenle elektrik sistemleri uygulamaları, şantiye sahasında **kablolama terimi** ile adlandırılmaktadır. Kablolama, elektrik sisteminin sağlıklı çalışabilmesi için, gereken kabloların yerinde montajı ve üretimi olarak anlanmaktadır.

Elektrik sistemleri de mekanik tesisat sistemleri gibi imalatların bitişinde gizli bir şekilde kalmaktadır. Bu durum, tamir ve kontrol açısından bir dezavantaj oluşturmaktadır. Ancak güvenlik açısından gerekli bir durum olması, üretimin bu yöntemle ilerlemesini zorunlu koşturmaktadır.

Tüm bu nedenlerden dolayı elektrik sistemleri, bölme duvar sistemleri ile bir bütün olarak çalışmaktadır. Elektrik sistemi kullanıcıya en basit görünümü ile priz, anahtar gibi elemanlar olarak ulaşmaktadır. Bu tür elemanlar ise bir bölme duvar üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle bölme duvar üretimlerine ihtiyaç duymakta ve bölme duvar üretimleriyle birlikte üretim gerektirmektedir.

Elektrik sistemlerinin uygulama esaslarında da bu birlikte çalışma disiplini rahatlıkla görülebilmektedir. Sistemin temel elemanı olan ve elektriği ileten kablolar, yapıları gereği, fiziksel açıdan kendi başına stabil bir duruş sağlayamamaktadır. Bu nedenle bir dayanağa, yani bir iskelete ihtiyaç duymaktadır. Bu iskeletin temelini ise bölme duvar sistemleri oluşturmaktadır. Bölme duvar sistemleri elektrik sisteminin iskeleti görevini üstlenirken, aynı zamanda kabloların iletilmesi için bir bölme görevi de üstlenmektedir (Şekil 2.7). Bu durum da çoğu zaman bir avantaj olarak görülse de, bölme duvar sistemi elemanlarının kabloların geçişini engelleyecek şekilde üretimi bir dezavantaja dönüşmektedir.

Bu durumda olması gereken mekanik tesisat sistemlerinde olduğu gibi birlikte imalat yapılması olarak ön görülmektedir. Bunun yanı sıra markalama aşamasında da birlikte yapılacak ön çalışma elektrik sistemlerinin güvenli ve sağlıklı bir şekilde uygulanmasını sağlayacaktır.



Şekil 2.7 : Elektrik sistemi ile bölme duvar sistemleri birleşimi.

Elektrik sistemleri planlama aşamasında diğer sistemlerden farklı bir dil kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise, kablolamanın çizim üzerinde gösterilmesinin

zorluğudur. Bu nedenle diğer sistemler ile birlikte ön tasarım sürecinde çalışılması bazı zorluklar çıkarmaktadır. Ancak birlikte markalama sayesinde bu sorunun da üstesinden gelineceği öngörülmektedir.

2.3 Yapı Üretim Sürecinde Yaşanan Sorunlar ve Öngörülen Çözüm Yöntemleri

Bölüm kapsamında yapı üretimi sahasında, markalama işlemi ile de ilişkili olarak gerçekleşen belli başlı iş kalemleri ve bu iş kalemlerinin uygulama esasları anlatılmış ve geleneksel üretim yöntemleri sırasında ortaya çıkabilecek sorunlara değinilmeye çalışılmıştır. Yapı üretim sahasındaki bütün bu üretimler belirli bir sıralama ile yapılmaktadır. Bunun sebebi tüm iş kollarının aynı anda alanda çalışması sonucu ortaya çıkacak güvensiz çalışma alanı olarak görülmektedir. Aynı zamanda tüm üretimler birbiri ardından gelerek zincirleme bir sistem oluşturmaktadır. Bunun nedeni ise, bitmiş üründe son kullanıcıya ulaştırılacak yüzeyin bitirme malzemesi olması ve diğer tüm üretimlerin o bitirme malzemesinin arkasında yer alacak olması olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu durumda ortaya çıkan çalışma ortamında birbiriyle etkileşim halinde olmak zorunda olan iş kolları ve bu iş kollarının farklı zamanlarda çalışma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bunun çözümü ise tüm iş kollarının kesişim noktalarının önceden belirlenmesinden geçmektedir. Tüm disiplinler üretim süreci öncesinde bu farkındalığa ulaşabilirse ileride ortaya çıkacak sorunların önüne geçilebileceği öngörülmektedir. Ön hazırlık sürecinin en önemli aşaması olan markalama aşamasında oluşabilecek sorunların önceden görülebileceği varsayılmaktadır. Ancak böyle bir uygulamanın yapılabilmesi, bölüm başlıkları altında anlatıldığı üzere geleneksel yöntemlerle mümkün olmamaktadır. Bunun yerine yeni bir sistemin geliştirilmesi kaçınılmaz bir durum olarak görülmektedir. Bu sistemin sahip olması gereken özelliklerin ise Şekil 2.8’de görüldüğü üzere sıralanması ortaya çıkan bir sonuçtur.

Tüm bu dezavantajlar ve önerilen çözümler araştırmanın sonucunu otomasyon ve robotik sistemlere yönlendirmektedir. Bu sistemler dahilinde üretilebilecek bir robotun ortaya çıkan sorunlara optimum çözümler sunacağı planlanmaktadır.

Geleneksel Üretim Sürecinde Karşılaşılan Problem Noktaları	Nedenleri	Öngörülen Yeni Sistemin Sahip Olması Gereken Özellikler
İşgücüne Bağlı Değişken Üretim Süreci	Fiziksel Güç	Çalışandan Bağımsız Otomatik Üretim
Hata Payı Yüksek Üretim	İnsan Faktörü - Geleneksel Ekipman Kullanımı	Yeni Teknolojiler İle İnsandan Bağımsız Çalışma
Hata Sonucu Geri Dönüş İmkânı Eksikliği.	Hatanın Görülmesine Olanak Sağlayacak Kontrol Yöntemi	Sürekli ve Güncel Kontrol
Ekstra İş Gücü Kullanımı	Sürekli Olarak En Az 2 Çalışan Zorunluluğu	İnsandan Bağımsız Çalışma
Sürecin Uzaması	Geleneksel Yöntemler Sebebiyle Tekrarlanan Uygulama Adımları	Mekanik ve Akıllı Sistemler İle Tekrarsız Uygulama Adımları

Şekil 2.8 : Yapı üretim sahasındaki dezavantajlar, nedenleri ve öngörülen yeni üretim yöntemlerinin gereklilikleri

3. ROBOTİK VE OTOMASYON SİSTEMLERİ VE ŞANTIYEDE KULLANIMLARI

Gün geçtikçe gelişen teknolojinin etkileri tüm üretim alanlarında kendini göstermektedir. Makineleşme ve buna bağlı olarak otomatik üretim sistemleri her geçen gün pazar payındaki yerini büyütmektedir. Şantiye sahası ve yapı üretimi de bu durumdan faydalanmaktadır. Ancak ülkemizde diğer alanlarda var olan hızlı büyümenin şantiye sahasında yeterli seviyeye ulaşamadığı düşünülmektedir. Bunun sebebi teknolojik gelişmelerin şantiye sahasına değil yapının ön üretim sürecine yansması olarak görülmektedir. Prekast sistemlerin her geçen gün gelişmesi şantiye sahasında yapılacak olan üretimlerin azalmasına ve bu doğrultuda yapılacak yatırımın azalmasına sebep olmaktadır. Ancak gelişmekte olan ülkelerde ve ülkemizde geleneksel yöntemlerden sıyrılabilen yapı üretim sahaları, yapı üretim alanında kullanılacak robotik teknolojik gelişmelere büyük bir potansiyel alan yaratmaktadır. Araştırma kapsamında ele alınan model olarak " Markobot" ise tam da bu alanda çalışacak bir sistem olarak düşünülmektedir. Robot teknolojilerinin ve otomasyon sistemlerinin merkezinde geliştirilen bu fikrin araştırılmasından önce robotik ve otomasyon konusundaki araştırmalar ve bu sistemlerin sağladığı faydalar irdelenmektedir.

3.1 Robotik ve Robot Sistemleri

Belirli bir işi yerine getirmek için manyetizma ile kendisine çeşitli işler yaptırılabilen otomatik araç Büyük Türkçe Sözlük'te robot olarak adlandırılmaktadır (TDK, 2015). Robotların çok farklı işlevlere sahip olabileceği de belirtilmektedir.

Robotik ise sözlükte "birtakım işlevlerde insanın yerini alabilecek düzeneklerin hazırlanmasıyla ilgili çalışma ve tekniklerin bütünü" anlamına gelmektedir (TDK, 2015). Farklı bir açıdan bakıldığında robotların tasarımı, üretimi, kullanımı ve uygulamaları ile uğraşan teknolojiler bütünüdür(URL-3). Aynı zamanda robotların kontrolü için tasarlanan bilgisayar sistemleri, duyuşal geribildirim ve bilgi işleme sistemleri de robotik adı altında tanımlandığı da görülmektedir.

Robotlar insan kontrollü olabileceği gibi kendi başlarına çalışabilecek şekilde de geliştirilebilmektedir. Bu çeşitlilik yapılacak işin gerektirdiği akıl yürütme ve mantıksal süreçler nedeniyle robotun yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu noktada insan kontrollü robotlar devreye girmektedir. Robotların gelişimi bütün teknolojiler dahilinde hız kazanmaktadır. Robotik sistemler elektronik ve mekanik sistemler ile birlikte oluşturulan ve ilerleyen sistemler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle diğer alanlardaki gelişmeler robotik sistemlerin gelişim hızını ivmeli olarak arttırmaktadır.

3.2 Otomasyon Sistemleri

Otomasyon sözlük anlamı olarak "Endüstride, yönetimde ve bilimsel işlerde insan aracılığı olmadan işlerin otomatik olarak yapılması, özdevin." olarak açıklanmaktadır (TDK, 2015).

Uluslararası otomasyon topluluğu ise otomasyonu "Ürünlerin ve hizmetlerin üretimi ve ulaştırılması sırasında kontrol ve takip etmek için gerekli teknolojinin yaratılması ve uygulanması" olarak tanımlamaktadır. Bu tanıma göre, otomasyon sistemleri yukarıda belirtilen görevlerin yalnızca insan tarafından değil bu işe dahil olabilecek her şey tarafından sağlanmasına yardımcı olacak sistemleri yaratmaktadır (URL-4).

Otomasyon sistemleri, robotik sistemleri, telemetri ve iletişim sistemleri, sanal güvenlik, üretim ölçümleri ve kontrolleri, sensörleri ve bir çok farklı teknolojiyi içermektedir. Bu sistemleri kendi içerisinde kullanmanın yanı sıra bunların tümünün veya belirli sayıdakilerinin ortak kullanımında ürünler de ortaya koymaktadır (URL-4).

Bu bilgiler ışığında otomasyon belirli bir üretim sürecinde iş verimini arttırmak için geliştirilen sistemler bütünüdür. Otomasyon sonucunda iş gücünden tasarruf edilerek, üretim sürecindeki belirli işlerin otomatikleşmesi, makinalaşması veya robotlaşması söz konusu olmaktadır. Bu durum beraberinde maliyet düşüşü, süre tasarrufu, kaliteli ve güvenli üretim gibi avantajları da getirirken, öte yandan yatırım maliyetlerini arttırmakta ve iş gücüne karşı azalan talep doğrultusunda işsizliği arttırmaktadır. Olumlu ve olumsuz yönleri üretilen her yeni sistemde yeniden ele alınmakta ve verimlilik ve uygunluk bu faktörlere göre belirlenmektedir. İşsizliği arttırma fikri yalnızca öngörülen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak ortaya çıkan işsizlik sorunu açılacak yeni sektörler ve ihtiyaçlar doğrultusunda yeniden

şekillenecek ve değeriendirilecektir. Belirtildiğı üzere sistemin oluşturacağı etkiler ancak her sistemin kendi içerisinde incelenmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Tüm tartışmalara rağmen otomasyon teknolojileri günümüzde artan nüfus sonucu ortaya çıkan toplu tüketim-toplu üretim anlayışında vazgeçilemez bir etkiye sahip olmaktadır. Otomasyon sayesinde üretim sektöründe yaşanacak büyüme potansiyeli araştırmaları sistemin varlığının tartışılması yerine gelişiminin tartışılmasına yönlendirmektedir.

3.3 Şantiye Sahasında Kullanılan Robot Teknolojileri ve Otomasyon Sistemleri

Örnekler

Yapı inşaatı toplum için pozitif bir yaşam ortamına katkıda bulunur veyarattığı 2.500 milyar Euro boyutu ile Avrupa ekonomisinin en büyük sektörüdür (Maas ve Van Gassel, 2005). Bununla birlikte inşaat sektörü bir çok ülkede GSMH'nın %10-20'sine tekabül etmektedir. Bu durum sektörü en büyük ekonomik istihdam sektörüne dönüştürmektedir. Yapım işleri, yoğun çalışma temposu ve tehlikeli çalışma koşulları altında sürdürülmektedir. Aynı zamanda yapım elemanları ve malzemeleri sıklıkla değişmektedir (Elattar, 2008). Bu durum, her süreçte yeni bir planlama ve üretim şemasını da beraberinde getirmektedir. Geleneksel üretim yöntemleri özelleşmekten uzak yöntemler olarak görülmektedir. Bu nedenle her üretim sürecinde kullanılabilmektedir fakat farklı üretim süreçlerine adaptasyon zorlaşmaktadır. Süreç buna bağlı olarak uzamakta ve aynı zamanda iş yükü de artmaktadır.

Yapı elemanları gerekli görevleri belirli ekipmanlar yardımıyla yerine getiren insanlar tarafından üretilmektedir. Standart ön koşullar altında, sürecin tasarımcısı ve kontrolörü, belirli bir görevi yerine getirmek amacıyla çalışan işçi ve ekipman kombinasyonuna sahip olmaktadır. Çalışan ise belirli sayıdaki görevleri yerine getirmekte ve bu süreçte ekipmanların desteğini kullanmaktadır. Her geçen gün daha fazla uygun teknolojiler kullanılabilir hale gelmektedir. Bu teknolojileri başarılı bir şekilde kullanabilmek için ise yapılacak iş sürecini iyi algılamak gerekmektedir. Yapı üretim sürecinin makineleşmesi, robotlaşması ve otomatikleşmesi, üretim süreci ve maliyetinin düşürülmesi, çalışma koşullarının iyileştirilmesi, tehlikelerden kaçınılması, insanların yapamayacağı işlerin yapılması ve performansın artırılması için gereklidir (Van Gassel ve Maas, 2008).

Şantiye sahasında insanlara yardımcı olmaları için genellikle robotlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşım inşaat sektöründe merkezileştirilmekten uzak, otonom, esnek, basit ve uyum sağlayabilen bir yaklaşımı göstermektedir. Bu sebeplerden ötürü inşaat sektöründe robot teknolojisi önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir (Elattar, 2008).

Yapı üretimi ve otomasyon sistemleri üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu, geleneksel yapım yöntemlerinin teknolojik gelişimi üzerine olmaktadır. Geleneksel yapım yöntemlerine adapte edilecek teknolojilerin geliştirilmesi bir çok problemi beraberinde getirir de çalışma açısından bize en yakın olan yöntemler oldukları için bu çalışma gereklidir (Howe, 2000).

Robot teknolojisi ve otomasyon sistemlerinin inşaat sektöründeki uygulamaları aşağıda sıralanan avantajları sağlayabilir;

-Tehlikeli işler için üretilen ve kullanılan makineler hem işçiler için hem de çevre için daha güvenli bir ortam sunmaktadır.

-Kalifiye çalışanlardan daha yüksek ölçüde ve sabit düzeyde yüksek kalite sunmaktadır.

-Geleneksel yapım yönetimlerinin minimum düzeyde sağladığı çalışma ortamını yükseltebilir ve böylelikle çalışanları rahatsız çalışma koşullarından kurtarabilir.

-Yüzeylerin temizlenmesi, hazırlanması veya kaldırılması sırasında oluşabilecek ses ve toz kirliliğini ortadan kaldırabilir.

-Daha düşük maliyetle daha yüksek verim ve üreticilik sağlayabilir (Elattar, 2008).

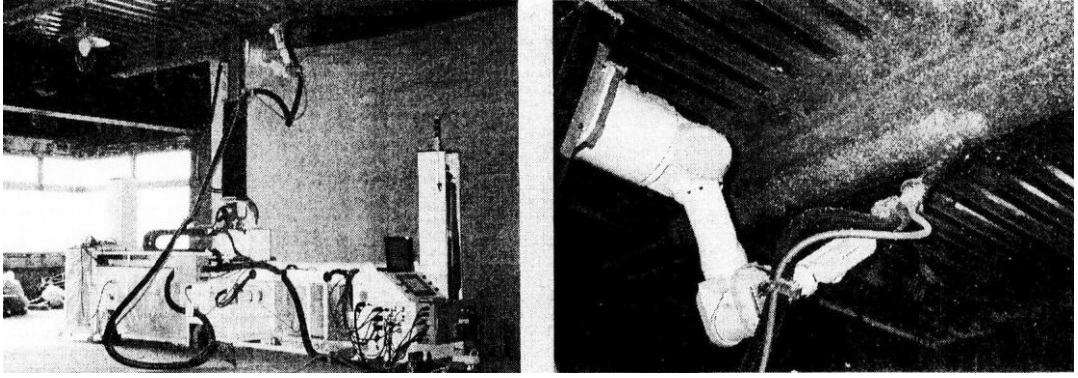
Tüm bunlar göz önüne alındığında, ortaya çıkabilecek sistemler belirlenmiş olmaktadır. Bu örnekler geçmişten günümüze kadar pek çok farklılık gösterse de her geçen gün daha fazla yaygınlaşmaktadırlar. Bunun yanı sıra aşağıda sıralanan örneklerden de görülebileceği gibi üretilen sistemler ve robotlar çoğunlukla özel bir işi yapmak üzerine yoğunlaşmaktadır.

3.3.1 Taşıyıcı püskürtme yöntemiyle yalıtım robotu

Çelik sistemlerin yangın sırasında dayanıklı kalabilmesi için ateşe dayanıklı malzemeler ile kaplanması gerekmektedir. Kaplama 2 farklı türde yapılabilmektedir. İlk yöntem, katı yalıtım malzemesi panelleri ile kaplamak diğeri ise, bu robot sisteminin temelini de oluşturan, püskürtme yöntemiyle ateşe dayanıklı malzemeyi kaplamaktır. Geleneksel yöntemlerle yapılan uygulamada, çalışan işçiler ile püskürtme yapılması işlemin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma yöntemi çevre

açısından zararlı bir yöntem olarak görülmektedir. Ayrıca çalışan sağlığı açısından da ciddi sorunlar yaratabilmektedir. Zararlı etkilerinin yanında tekrarlı bir imalat sürecine sahip olmasıyla birlikte bu işlem bir robot için uygun hale gelmektedir. Robotun amacı çalışma koşullarını iyileştirmek ve iş kalitesini arttırmak olarak görülmektedir (Yoshida vd., 1984).

SHIMIZU SITE ROBOT- I bu bağlamda üretilmiş bir robottur (Şekil 3.1). Yangın dayanımı işinde çalışacak ilk robot olarak üretilmiştir. Bu robot aynı zamanda yapı üretimi şantiyesinde çalışan ilk robot olmuştur (Obayashi, 1999).



Şekil 3.1 : SSR-I çalışma prensibi ve mekanik parçaları(Yoshida vd., 1984)

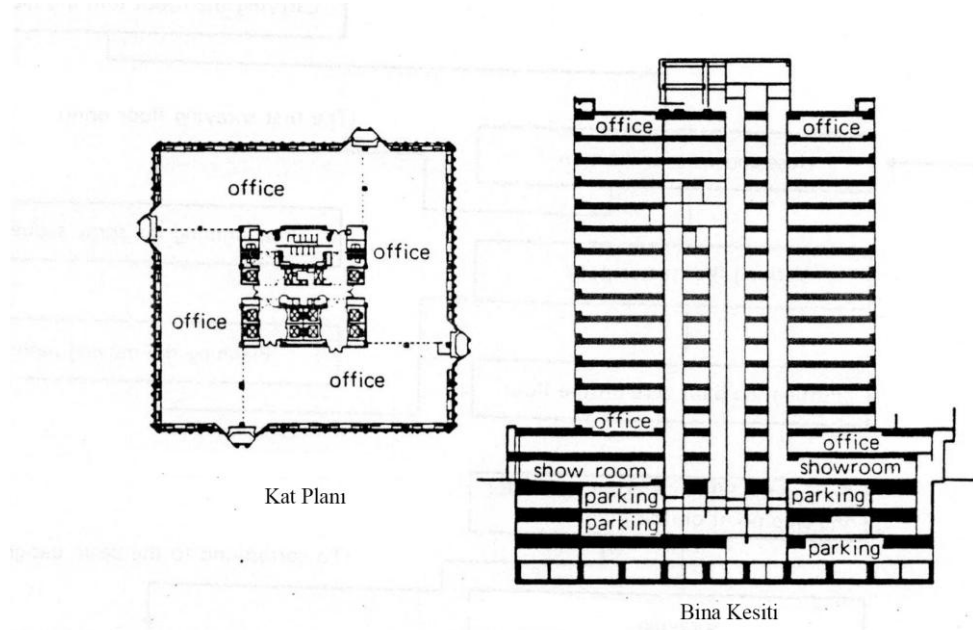
Robotun çalışma adımları, ilk olarak geliştirilen robot olması dolayısıyla kompakt bir yapıda olmadığı görülmektedir. Ancak prensip açısından kendisinden sonra geliştirilecek teknolojilere yol gösteren bir yapıda tasarlandığı ortaya çıkmaktadır. Mekanik olarak incelendiğinde ise robotun portatif bir yapıda olmadığı görülebilmektedir. Şekil 3.3'de görülen diyagram, robotun parçalarını ve çalışma sistemini göstermektedir. Bu diyagramdan da anlaşılacağı üzere amaç sistemi otomatize etmektir. Taşınabilir ve portatif olma kaygısı ancak ilk amaç gerçekleştirildikten sonra düşünülecektir.

Robot üretilerek 43. Mori binasının (Şekil 3.2) çalışma koşullarında değerlendirilmiştir. Bu binanın seçilme nedeni ise gridal bir plan şemasına sahip olması ve bu sayede robot için sağlıklı bir çalışma sahası sunmasıdır. Ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilerek bir sonraki robot üretiminin temelleri oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda ortaya şu sonuçlar çıkmıştır;

-Robot üretim sürecini en az 2 kat kısaltmaktadır.

-Robot üretim kalitesi açısından insan eliyle yapılan seviyeyi yakalamaktadır.

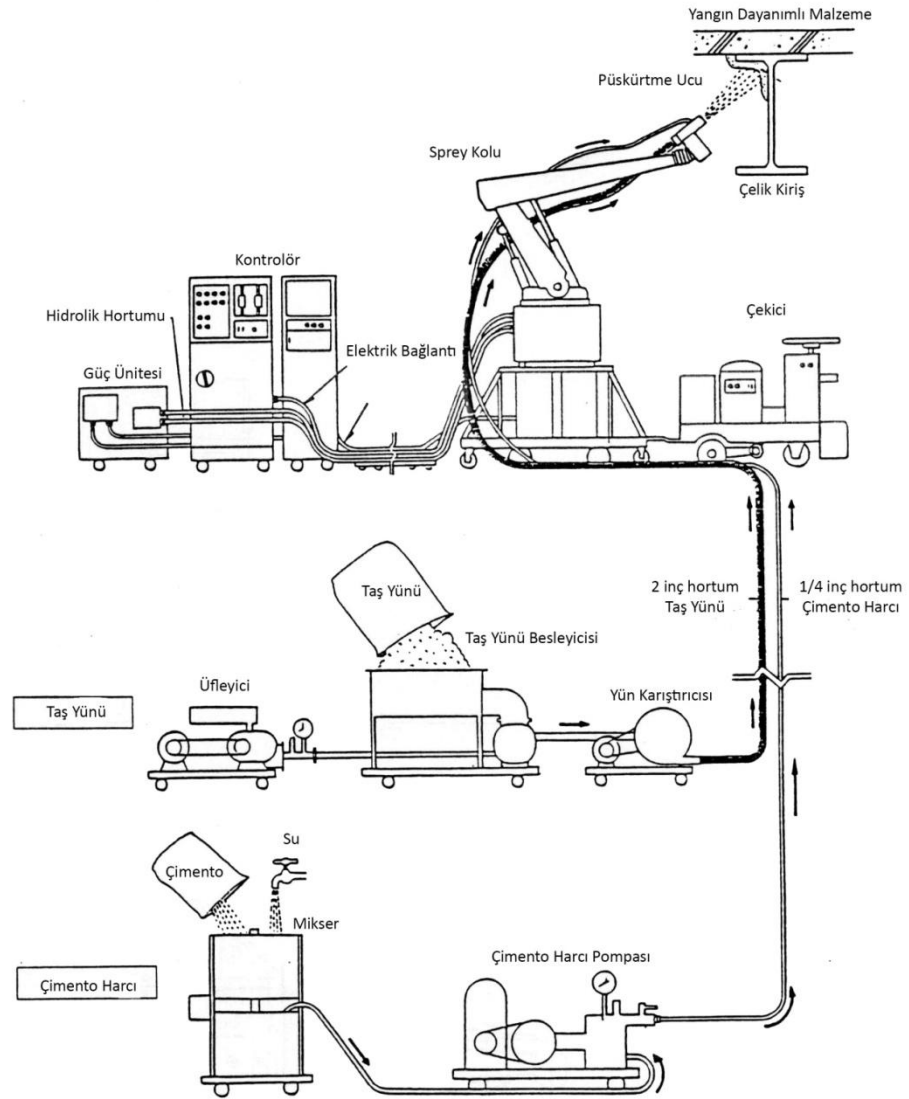
-Çevresine yaydığı kirlilik açısından çok büyük farklar ortaya çıkmamaktadır. Ancak çevresinde insan bulunmadan çalışabilme yeteneği bunu göz ardı edilebilir kılmaktadır (Yoshida vd., 1984).



Şekil 3.2 : 43. Mori binası, Tokyo (Yoshida vd., 1984)

Bu süreç ilerleyen teknoloji ile birlikte geliştirilmektedir. Daha portatif örnekleri günümüzde şantiye sahasında kullanılabilmektedir. Gelişen robotlar aynı çalışma mantığına sahip olmasına karşın, bazı yönlerden ilk örnekten daha ileride gözükmektedir. İncelenen örnekler üzerinden varılan sonuçlar şöyle sıralanmaktadır.

- Robot kolunun kontrolü ve yetenekleri artmaktadır. Bu durum robotun bulunduğu noktadan daha fazla alana ulaşmasını sağlamaktadır.
- Besleme üniteleri küçültülerek robotun hareketliliği arttırılmaktadır. Bu durum katlar arasında çalışan robotun kurulumu ve taşınması sırasında kaybolan zamanı azaltmaktadır.
- Robota özel geliştirilen ham maddeler robotun daha efektif kullanımını sağlamaktadır.



Şekil 3.3 : SSR-I çalışma prensibi ve mekanik parçaları (Yoshida vd., 1984)

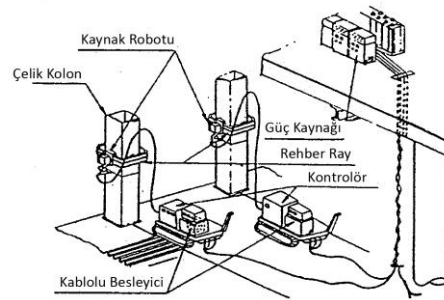
3.3.2 Çelik konstrüksiyonlarda kaynak robotu

Teknolojinin gelişimi ile birlikte yapı üretim sistemleri değişim göstermektedir. Çelik konstrüksiyon sistemlerin daha yaygın kullanımı ile birlikte bu sistemler adına geliştirilen teknolojiler de artmaktadır. Otomasyon ve robotik sistemleri de her geçen gün bu alandaki ürünlere yenisini eklemektedir. Çelik konstrüksiyon sistemlerinin yapı elemanları üretim aşamasında bu tür teknolojileri yüksek oranda kullanılmaktadır. Ön üretim sürecinin üretimin büyük bölümünü kapsadığı çelik sistemlerde, montaj aşamasında kullanılan robotlara örnek olarak ise kaynak

yapabilen robot gösterilebilir. Kaynak metallerin birleştirilmesi konusunda en etkili yöntemlerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Kaynak işlemi bir çok farklı kaynak makinesi ile yapılabilir. Kaynağın kalitesi metale, teçhizata ve çevre koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik kaliteli ve standart üretimin önüne geçmektedir. Bu durumda otomasyon sistemlerinin entegrasyonu önem kazanmaktadır.

2002 itibarıyla çelik konstrüksiyon üretimini rasyonalize etmek üzere 2 farklı robot sistemi üretilmiş olduğu görülmektedir. Her iki sistem de kendi sabitleyicileri ile bir taşıyıcı sisteme asılmış iki portatif kartezyen koordinat sistemi üzerinden çalışma prensibine sahiptir. Robotlar bir operatör tarafından kolon ya da kiriş üzerine monte edildikten sonra hiç bir müdahale olmadan bağlantı noktalarını ölçmekte, optimal kaynak koşullarını belirlemekte ve ilk noktadan son katmana kadar kaynaklama işlemini yapmakta olduğu vurgulanmaktadır. Zaman içerisinde gelişim gösteren bu robotlar günümüzde gelişmeye devam ederek, şantiyedeki yerini daha da güçlendirmektedir. Bir çok farklı otomasyon ve robotik firması bu tür robotların yapımını geliştirmektedir (Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2002).

1999 yılında üretime geçirilmiş ilk örneklerden biri olan, Shimizu Firmasının "Kolon Kaynak Robotu" örneğine bakılacak olursa, sistemin temel prensipleri ortaya çıkmaktadır. Güç kaynağı ile beslenen kontrolörler ve besleyiciler ile kaynak robotuna gerekli iletim yapılarak kaynak işlemi robotize edilmektedir. İlk örneklerin en önemlilerinden olan bu robotun çalışma prensibi, Şekil 3.4'de de görüldüğü üzere portatif olma kaygısı geri plana atılmaktadır. Önceliğin kaynağın güvenli ve otomatize edilmiş olarak ilerlemesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4 : Kolon kaynak robotu çalışma prensibi diyagramı (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)

Planlanan ve gerçekleştirilen hedefleri arasında ise aşağıdaki özellikler ne çıkmaktadır.

- Robot kaynak işlemi yapılacak kenarları ve köşeleri aynı anda yönetebilmektedir.
- Sistem yapılacak işin basitliğıne bağılı olarak birden fazla robotu aynı anda kullanabilmektedir.
- Robot bir çok farklı biçimdeki (Dairesel, kare vb.) elik elemanlar arasındaki bağılantıyı yapabilmektedir.
- Geleneksel yöntemlerle yapılan işlemlere göre yüksek düzeyde kalite artışı sağılamaktadır.

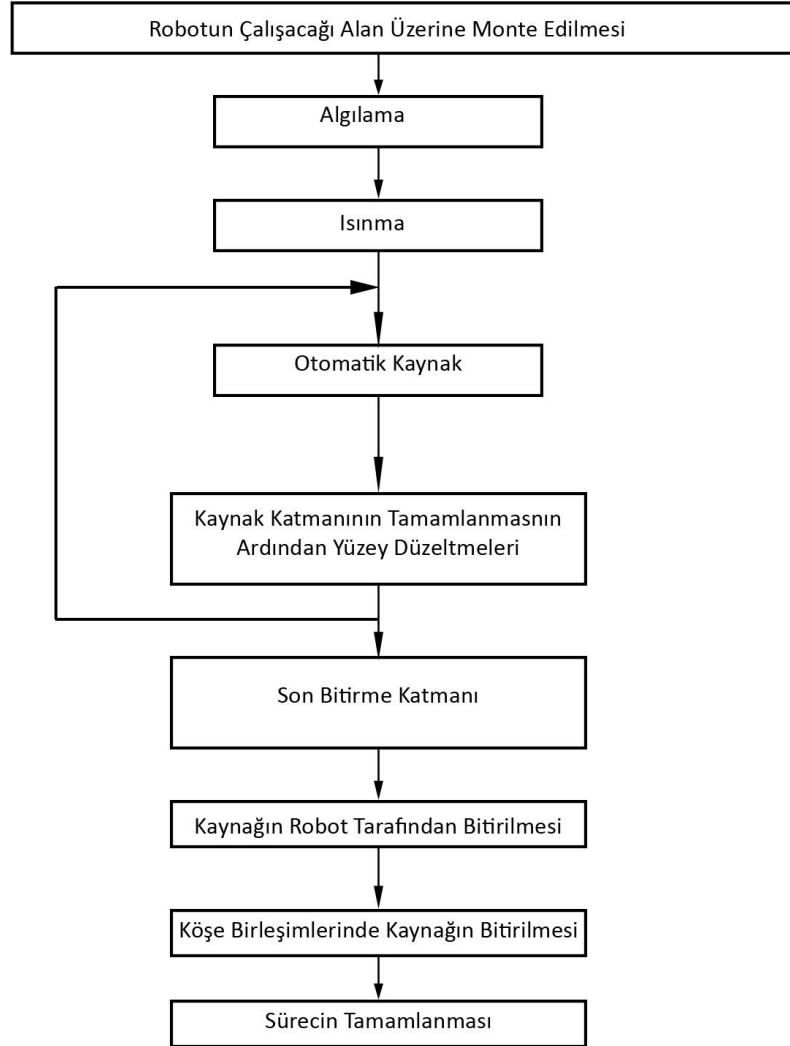
Robot, şantiye sahasında ise Tokyo, Nagoya ve Hiroşimada yer alan 10 farklı binada kullanılmıştır. Tüm bu özelliklere rağımen ise karmaşık yapılarda ve standart ölçüler dışında robotun çalışma şartları sağılanamamaktadır (Robots and Automated Machines in Construction, 1998).

PEMA kaynak otomasyonu firmasının ürünlerinden PEMA 4x4 (şekil 3.5) adlı ürün güncel teknolojiler başlığı altında ele alınacak olursa robotların günümüzdeki kullanımı açısından daha iyi bir fikir sahibi olunacaktır. Firmanın yalnızca kaynak otomasyonu üzerine çalışan bu robotu geliştirme sürecinde ilk örneklerin eksikleri ve hataları göz önünde bulundurulmuş olduğı görülmektedir. rnek olarak alınan ürün, hem düzlemsel hem de çevresel olarak kaynak yapabilmektedir. Çalışma prensibi daha önceki sistemlerle aynı olmakla birlikte güvenlik açısından yenilikler sunmaktadır. Kaynak sırasında çevreye yayılabilecek tehlikeli parçaları önlemek gibi bir çok farklı güvenlik önlemini de barındırmaktadır.



şekil 3.5 : PEMA 4x4 (URL-3)

Bu alanda geliştirilen tüm robotlarda çalışma sistemi birbirine yakın özellikler göstermektedir. İlk örnekte görülen robot üzerinden çalışma prensibi (Şekil 3.4) tüm robotların temelinde oluşturulacak sistemi göstermektedir. Bu aşamalar teknolojik gelişmeler ile birlikte göstermekle beraber aynı prensibi korumaktadır.



Şekil 3.6 : Robot çalışma prensibi grafiği (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)

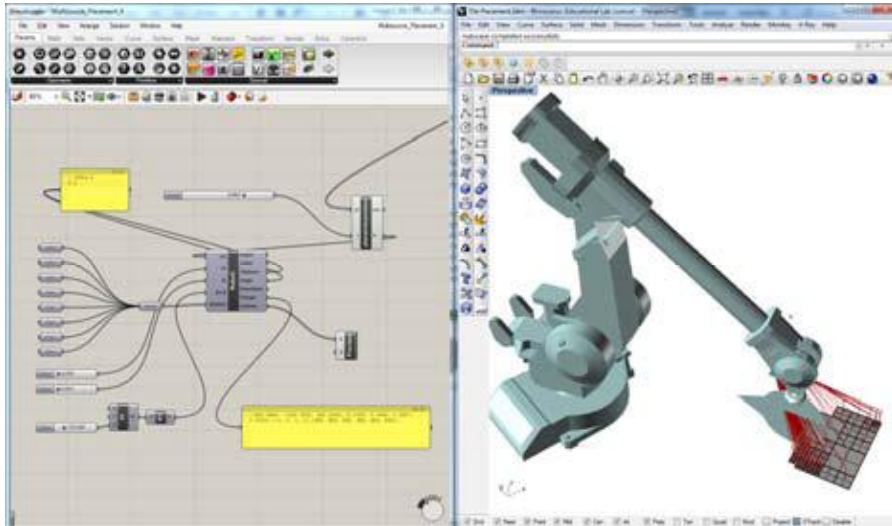
3.3.3 Seramik karo uygulama robotu

Proje karo endüstrisi üzerine dijital bir iş akış şeması üzerine çalışmaktadır. Bunun için ise saha dışında kullanılan robotların şantiye sahasına entegrasyonu üzerine bir çalışma ve fizibilite sunmaktadır. Önerilen yaklaşım var olan metotların limitlerinin üstesinden gelmektedir. Çalışma geleneksel yöntemler kullanılarak, insan eli ile yapımında zorluklar olan karmaşık ve özel üretimlerin şantiye sahasındaki yapımını

sağlamaktadır. Metot olarak ise robotik sistemlerin sunduğu olanaklardan faydalanmaktadır.

Robotik olarak seramik uygulama robotunun çalışma prensibi 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk ikisi parametrik karo döşenmesi şablonunu üretmek üzerine iken diğer iki adım robotik kod oluşturulmasını, simülasyon adımını ve kontrol adımlarını içermektedir. İlk iki adımda şablonu oluşturabilmek üzerine yapılan çalışmalar dijital ortamda yapılmaktadır. İstenilen şekil, resim ya da model görsel işleme çalışmaları ve sayısal ortamda oluşturulan düzlemler ile sayısal verilere dönüştürülmektedir.

Bir sonraki adımda oluşturulan sayısal veriler ve yerleştirme şeması robota aktarılmaktadır. Robotik kol yardımıyla yapılacak üretimin bu aşamasında sanal düzlem oluşturulmaktadır. Daha sonra bu sanal düzlem ile gerçek ortamda bulunan düzlem birleştirilerek parçaların yerleşimi sağlanmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.7 : Robotun çalışma simülasyonu (Bechthold vd., 2012)

Sistemin gelişimi için öngörülen ise; kullanılan robotun geliştirilmesi ve daha büyük ölçeklerde çalışabilmesi, kullanıcı arayüzünün basitleştirilerek geliştirilmesi ve sensörler yardımıyla alanın daha iyi algılanması olarak özetlenmektedir.

3.3.4 Diğer örnekler

Sahada kullanılan ve kullanılma potansiyeline sahip bir çok farklı robotik ve otomasyon sistemleri ürünü bulunmaktadır. Bu örnekler her geçen gün gelişmekle birlikte tez araştırması kapsamında örneklendirilmesi değerli bulunan diğer robotlar ise aşağıda görülmektedir.

- Bina Dış Cephesinde Boya İşlemi Robotu

Askı sistemi ile düşey düzlemde sabitlenen robot ve robotun üzerinde bulunan fırça yardımıyla duvarı boyamasını sağlayan sistem örneğidir. (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)

- Düşey Duvar Yüzeyleri Çalışma Robotu

Bakım, temizlik ve boya işleri için kullanılabilecek robotik sistem örneğidir. (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)

-Dış Duvar Karoları İnceleme Robotu

Karo kaplı dış duvar yüzeylerinde hasar tespiti, doğruluk kontrolü ve müdahale işlerinde kullanılabilecek robotik sistem örneğidir. (Robots and Automated Machines in Construction, 1998)

3.4 Tez Kapsamında Kullanılacak Teknolojiler ve Kullanım Örnekleri

Tezin ana başlığını oluşturan ve geliştirmesi planlanan "Markobot"un bölümün daha önceki başlıklarında yer alan robotik sistemlerin belirli parçalarından faydalanarak yapılması planlanmaktadır. Kullanılacak robotik ve otomasyon teknolojileri bazı ana başlıklar altında toplanabilmektedir. Bu başlıklar ihtiyaç duyulan ve kullanılacak olan teknolojiler çerçevesinde şekillenmektedir.

3.4.1 Dijital tasarım arayüzleri

Sayısal tasarım günümüzde hızla gelişmektedir. Gelişim bir çok farklı amaca hizmet eden sayısal tasarım programları ile birlikte olmaktadır. Bu tasarım programları sayısal ortamda oluşturulacak tasarım ürünlerinin görselleştirilmesi, düzenlenmesi ve sunulması gibi hizmetler sunduğu gibi aynı zamanda tasarımcı rolünü de üstlenebilmektedirler. Akıllı, öğrenebilir ve geliştirilebilir sistemler her geçen gün tasarımın merkezindeki yerlerini daha da güçlendirmektedirler.

Bu programlar robotik sistemlerin tasarımında büyük rol oynamaktadırlar. Simülasyon veya sonuç ürünün tasarımı amacıyla kullanılan programlar, sistemin ilk adımını oluşturmaktadırlar. Tasarlanan sistemlerin sayısal verilere dönüştürülmesi ve sunumu da bu programlar ve arayüzleri sayesinde oluşturulmaktadır.

Seramik Karo Uygulama Robotu örneğinde de robota aktarılan verinin bir bilgisayar programından sağlandığı görülmektedir. Bu sistemde kullanılan program "Rhinoceros" adlı üründür. Tasarım sürecinde ve sonrasında tasarımın sunumu ve analizinde kullanılmaktadır. Örnekte görüldüğü üzere program vasıtasıyla yapılacak üretimin simülasyonu yapılmaktadır. Bu simülasyon sonucunda ise elde edilen veriler sayısal ortamda robota aktarılmaktadır.

3.4.2 Haberleşme Sistemleri

İncelenen örneklerde ve benzer sistemlerde sistemin bir bütün olarak işlemesi en önemli nokta olarak görülmektedir. Tasarımı veya ön hazırlığı tamamlanan ürünün robotlar vasıtasıyla üretilmesi için gerekli olan temel mekaniklerden bir diğeri de haberleşme sistemleri olarak görülmektedir.

Sayısal ortamda hazırlanan üretim sürecinin, bir sonraki aşama olan üretime geçmesi için robota aktarılması gerekmektedir. Bu durumda bir çok farklı sistem ön plana çıkmaktadır. Haberleşme kelimesi günlük dilde kullandığımız anlamına benzer olarak dijital ortamdaki arayüzlerin, fiziksel ortamda bulunan robotun iletişim halinde olması anlamına gelmektedir. Haberleşme kablosuz olarak bir çok farklı bağlantı yoluyla sağlanabileceği gibi kablo bağlantısı ile sağlanabilmektedir.

3.4.3 Hareket ve üretim için gerekli mekanik sistemler

Haberleşme sistemleri sayesinde robota aktarılan veriler, sistemin son aşaması olarak üretime dönüşmektedir. Üretim aşamasında ise verinin harekete veya fiziksel bir ürüne dönüşmesi gerekmektedir. Bu sürecin ilerleyebilmesi için ise Mekanik Sistemler devreye girmektedir. Robotun tüm hareketleri bu sistemler yardımıyla sağlanmaktadır. Mekanik sistemlerin gelişimi ve kullanımı başlı başına farklı bir disiplini oluşturmaktadır. Bu nedenle ayrıntılı araştırması bu tez kapsamında yapılmayacaktır.

3.5 Bölüm Sonucu

Örnekler ve teknolojiler yapı üretim sürecinde ortaya çıkan ve çıkabilecek sorunlara çözüm getirebilmek üzere incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında markalama sürecinde kullanılabilecek robotik ürünün sahip olması gereken özellikler ve bu özellikleri sağlayacak sistemler ortaya çıkmaktadır. Yapılan çıkarımlar sonucunda

Üretilcek Markobot sisteminin temeli oluşturulmuştur. Bu doğrultuda yapılacak robotun detayları ve teknik özellikleri incelenecektir.

4. MARKOBOT

Şantiye sahasında üretim aha önceki bölümlerde detaylı olarak açıklandığı üzere, üretim öncesinde hazırlık aşamalarına ihtiyaç duyar. Bu aşamalar üretim yapılacak alanın hazırlanması, malzemelerin hazırlanması gibi diğer tüm ürünlerin üretiminde görebileceğimiz hazırlıklardır. Bu tür aşamalardan sonra ise markalamak önemli bir ön hazırlık aşamasıdır. Yapılacak olan üretime ortaya çıkabilecek sorunları öngörmeden yola çıkmak ileriki aşamalarda büyük sorunlar yaratacaktır. Bu nedenle bir çok uygulama öncesinde markalama işlemi yapılmaktadır.

Markalama işini robotik sistemler yardımıyla yapabilecek kapasiteye sahip olan robota ise tez kapsamında “Markobot” denilmektedir. Markobot bu ön hazırlık sürecinin insan gücünden arındırılarak yapılmasını amaçlamaktadır.

Markobot kelimesi üretilmesi planlanan aracın adı olarak belirlenmiştir. Bu isim markalamak ve robot kelimelerinin kısaltmalarından oluşturulmuştur. Kelime anlamı olarak markalama yapan robotu çağrıştırması amaçlanmıştır. Robot kelimesi ve markalama eylemi köken ve kullanım alanları açısından daha önceki bölümde incelenmektedir.

4.1 Markobot Amacı ve Hedefleri

Robotik sistemler dahilinde üretilen robot örneklerinde görüldüğü üzere bu ürünlerin hedefi, belirli bir sorunu çözmek yada var olan çözümlere daha iyi alternatifler geliştirmektir. Tüm sistemlerin bir arada çözüldüğü robotik bir sistemin bugüne kadar başarıya ulaştırılamadığı görülmektedir. Bu kompleks sistemi üretmenin kontrol açısından zorluklar getireceği öngörülmektedir. Aynı zamanda günümüzde var olan teknolojik gelişmeler ile bu sistemlerin kurulması imkanı bulunmamaktadır. Bütün bu sorunlar ile birlikte bütüncül sistemin üretilmesi de öncesinde spesifik işlerin hedeflendiği robotların üretimiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle var olan örnekler ve çalışmalar tümevarım anlayışı ile ilerlemektedir. Markobot tam da bu anlayışın bir ürünü olarak ön plana çıkmaktadır.

Markobot üretime ön hazırlık sürecinde dahil olarak, üretim aşamasında oluşabilecek sorunların önceden tespitini sağlamaktadır. Aynı zamanda kullanılan iş gücü yerine robot teknolojisini getirerek iş gücünden tasarruf sağlamaktadır. İnsan bazlı yapılan üretimlerde oluşabilecek insan hatalarını da oradan kaldırmaktadır.

Markobot ürününün hedefi yapı üretimi sahasında yani şantiye ortamında ince yapı işleri olarak adlandırılan üretim sınıflarının birinde veya birkaçında rol alarak üretim kalitesini arttırmaktır. Bunun yanı sıra sağlayacağı diğer faydalar ile birlikte üretimde geleneksel yöntem yerine robotik ve otomasyon sistemlerini kullanarak teknolojiyi adapte etmesi hedeflenmektedir.

Bu bağlamda üretilen robotun hangi sorunlar çerçevesinde ortaya çıktığını ve sorunlara nasıl çözümler getirdiğini irdelemek gerekmektedir. Sunduğu çözümleri hangi yöntemler ile sunacağı ise bir diğer konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.1.1 Araştırılan konular kapsamında karşılaşılan sorunlar ve markobot

İnce işler başlığı ve bu başlığın altında Markobot'un çalışma sahası olarak belirlenen bölme duvar sistemleri, mekanik sistemler ve elektrik sistemleri üretimleri daha önceki bölümlerde detaylı olarak görülebilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu, sorun olarak ortaya çıkan başlıklarda, üretilen robotun hedeflediği çözümler ise bir kaç temel başlık altında toplanabilmektedir.

Şantiye sahasında yapılan üretimlerin otomatize edilmesinin yanı sıra zaman ve maliyet gibi diğer faktörler de tasarımın temelinde yer almaktadır. Üretimin kalitesi kadar üretim süresi ve maliyeti de yapı sektöründe büyük önem taşımaktadır. Robotik ve otomasyon konusundaki gelişmelerin en büyük katkısının süre ve maliyet olduğu göz önünde bulundurulduğunda Markobot'un da bu konuda sağlayacağı katkılar tahmin edilebilmektedir.

4.1.1.1 Farklı disiplinlerin birlikte çalışması sorunsalı

Yapılan araştırmalar sonucunda, temel olarak alınan üretimlerde ortaya çıkan en önemli sorun farklı disiplinlerin birbiri ile etkileşim halinde çalışması sorunudur. Üretim şemasında birbiri arkasından takip edilerek yapılan üretimler, aynı zamanda bir önceki üretim ile de etkileşmektedir. Bölme duvar sistemlerinin diğer sistemlere altlık oluşturması ve diğer sistemlerle bir çok farklı noktada kesişen üretimlere sahip olması bu sorunun temel kaynağı olarak görülmektedir.

Geleneksel yöntemlerde markalama işlemi bölme duvar imalatı sırasında oluşturulmaktadır. Ancak yalnızca bölme duvar elemanlarının yerlerinin belirlenmesi ilerde doğabilecek kesişim noktalarındaki sorunları öngörememektedir. Ortaya çıkabilecek her sorun, yeniden imalat gerektirmektedir. Markobot tüm üretimleri aynı anda markalama imkanına sahip olmaktadır. Bu sayede şantiye sahasında yapılacak tüm üretimlerin ve olası kesişim noktalarındaki problemlerin önceden görülebilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede ilerde doğabilecek sorunlar ilk andan itibaren çözüme ulaştırılabilecektir. Önceden tespit, ilerde oluşabilecek tamirat, yeniden imalat ve hatta yıkım işlemlerinin engellemesi anlamına gelmektedir.

Örnek olarak gözlem yapılan bir şantiye sahasında yer alan, bölme duvar sistemleri ile oluşturulacak bir ıslak hacim ve bu ıslak hacimlerin en temel ihtiyacı olan tesisat sistemleri ele alınmıştır. Yapılacak üretim sırasına göre öncelikle bölme duvar sistemlerinin elemanları daha sonrasında ise sıhhi tesisat sistemleri üretimleri yapılması planlanmaktadır. Bölme duvar imalatının belirli bir aşamaya gelmesi ile birlikte, tesisat sistemleri üretimleri de başlatılmaktadır. Tesisat sistemlerinin yaşadığı en büyük sorun, sistemin ana elemanları olan boruların geçeceği güzergah sorunu olmuştur. Bunun nedeni bölme duvar sisteminin sahip olduğu çelik taşıyıcı elemanların bir çok yolu kapatması olarak görülmüştür. Ortaya çıkan bu sorun karşısında yapılabilecek en iyi çözüm, boruların güzergahları üzerinde yer alan profillerin kesilerek yeniden üretim yapılması olarak görülmüştür. Yapılan bu işlem üretim sürecinin bir çok noktada baştan başlamasına ve sürenin uzamasına yol açmıştır.

Örnek üzerinde yaşanan sorunun, Markobot'un markalama esnasında bölme duvar sistemleri ile birlikte tesisat sistemi üretimlerini de dahil etmesiyle çözülmesi öngörülmektedir. Bu ve buna benzer örnekler her yeni şantiye sahasında değişen üretimler ile birlikte öngörülemeyen sorunların da ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Önerilen çözüm geleneksel yöntemler yardımı ile de sağlanabilmektedir Ancak üretim süresinin uzamasına neden olacağı öngörülmektedir.

4.1.1.2 Zaman sorunsalı

Geleneksel yöntemler ile yapılan markalama işlemi, zaman açısından bir çok faktöre bağlı kalmaktadır. Bunlardan ilki çalışan kişi faktörü olarak görülmektedir. Çalışan

kişinin verimliliği her yeni üretimde değişkenlik göstermektedir. Ayrıca yapılması planlanan işlemin insan eliyle yapıldığında uzun süren bir üretim haline dönüştüğü daha önceki bölümlerde yapılan araştırmalardan da görülebilmektedir.

Geleneksel yöntemler ele alındığında sürecin içine dahil olan kişi sayısı ve disiplin sayısı artmaktadır. Bu artış sürenin uzamasına ve hata payının artmasına yol açmaktadır. Ayrıca üretim adımları arasındaki bağlantılar çalışan kişi yardımıyla kurulmaktadır. Bu durum da süreç açısından kayıp getirmektedir.

4.1.1.3 Doğruluk ve kalite sorunsalı

Markobot çalışma prensibi açısından bakıldığında dijital ortamdan aldığı verileri fiziksel ortama aktarmaktadır. Geleneksel yöntemlerde bu süreç çalışan insan yardımıyla yapılmaktadır. Bu durum hata payını arttırmakta ve/veya üretim kalitesini düşürmektedir. Çalışan kişiye bağlı olarak değişecek üretim, standart bir kalite anlayışından uzaklaşmaktadır.

4.1.1.4 Maliyet sorunsalı

Markalama işlemi geleneksel yöntemler ile yapıldığında büyük ekipman ihtiyacı olmadan gerçekleştirilebilmektedir. Ancak çalışan kişi sayısına oranla iş gücüne ayrılan maliyet de bu hesaba katılmaktadır. Girdilerin değişken olması maliyetin öngörülemeyen bir iş kalemine dönüşmesine neden olmaktadır. Tüm girdiler hesaplandığında ortaya çıkan maliyet etkisi, Markobot'un kullanımıyla birlikte değişim göstermektedir.

4.1.1.5 Hata payları ve maliyet etkisi

Geleneksel yöntemlerde çalışan insan gücü üretimin temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu durum insan kaynaklı hataların her aşamada bir risk olarak ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanı sıra profesyonellik ve ustalık olgusu da süreçte önemli bir etki yaratmaktadır. Üretimin güvenli, kaliteli ve doğru olarak ilerlemesini sağlamak ustalık sayesinde kazanılabilmektedir.

Markobot bu sürecin aksine makineleşmiş üretim imkanı sunmaktadır. Bu sayede hata paylarını en aza indirmeyi planlamaktadır. İnsan gücünden kaynaklı hatalar çoğunlukla ölçüleri doğru okumak ve projeyi doğru anlamak aşamasında gerçekleşmektedir. Markobot bu süreci sayısal ortama aktararak bu tür sorunları engellemektedir.

Hata payı her üretimde göz önünde bulundurulmuş ve maliyet hesabında da ek bir kalem olarak yer alan bir olgudur. Markalama işleminde ise üretimin geri dönüşü, maliyeti katlanarak yükseltecek sorunlara yol açabilmektedir. Örnek olarak başlangıç noktasının yanlış seçildiğini ve bunun sonucunda tüm işlemin bu yanlış noktadan başlanarak bitirildiğini ele alalım. Söz konusu hata üretim esnasında olmadığından, hatanın görülmesi ancak bitiş noktasındaki farklardan anlaşılabilecektir. Bu durumda imalat baştan başlayacak ve maliyet ve süre 2 katına çıkacaktır. Oysa ki Markobot yardımıyla üretim sürecinde, üretimin başlangıcında oluşturulan referans noktalarından sürekli olarak geri besleme alması robotun bu tür hatalar yapmasını engellemektedir.

4.1.2 Markobot'un Hedefleri

Markobot araştırmalar sonucu ortaya çıkan sorunların çözümüne yönelik geliştirilmektedir. Bu bağlamda Markobot'un ele alınan sorunlar karşısında hedefleri şu şekilde sıralanabilmektedir;

Markobot sayesinde yapılacak üretimin en önemli etkisi zaman faktörü olarak ön plana çıkmaktadır. Öngörülemez ve her üretimde farklı sürelerde tamamlanan üretim sorunu yerine Markobot ürünü belirli bir süre sabiti sunmaktadır. Bu sayede yapılacak işin hangi sürede tamamlanacağı hazırlık aşamasında belirli olmaktadır.

Markalama işlemi daha önce tanımlandığı üzere ön hazırlık sürecinin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Üretimin doğruluğu bu aşamada belirlenmektedir. Ancak geleneksel yöntemler ile çalışan kontrolü ile ilerlemesi üretimde hata payını arttırmaktadır. Markobot ürünü insan faktörünü ortadan kaldırarak sayısal bir üretim şeması sağlamaktadır. Bu sayede Markobot'un üretimin doğruluğunu artırması öngörülmektedir.

Markobot tüm robotik ve otomasyon sistemlerinde de olduğu gibi standart bir üretim anlayışını da sağlamaktadır. Bu sayede doğruluğu geleneksel yöntemle kıyasla çok yüksek ve kalitesi standart düzeyde korunan bir üretim sağlanması öngörülmektedir.

Markobot maliyet açısından negatif yönde bir etki yaratıyor gibi görünmesine rağmen, kullanım süresi açısından bakıldığında katkısı yadsınamaz düzeyde görülmektedir. Geleneksel yöntem dahilinde yapılan maliyet hesabı tek bir üretim için hesaplanmaktadır. Markobot uzun kullanım ömrüyle bu maliyet hesabını

yeniden şekillendirmektedir. Her kullanımda yinelenen maliyetlere karşılık robot tek bir yatırım maliyeti ile büyük kazançlar sağlamaktadır.

Tüm bu sorunlara çözümler amacıyla üretilen Markobot'un öngörülemeyen sorunlar karşısında da geliştirilebilir bir model olması, geleneksel yöntemlerle yapılacak üretimlerin maliyet hesabının önüne geçmektedir.

4.2 Markobot Çalışma Prensibi ve Algoritması

Markobot çalışma prensibi açısından en basit tarifiyle çizim yapabilen robot olarak özetlenebilmektedir. Robot mekanik, kontrol ve iletişim sistemlerini içerisinde barındıran bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistemler ayrıca kullanıcı ile etkileşim halinde olabilmek üzere bir de bilgisayar arayüzü ile desteklenmektedir.

Tüm sistemlerin uyum içerisinde çalışabilmesi adına robot 3 temel sistemde çalışmaktadır. Bunlardan birincisi ön tasarım sürecinin ve tasarımın düzenlendiği dijital ortam olarak tanımlanmaktadır. İkinci temel sistem dijital ortamda yapılan analizlerin robota aktarılması yani iletişim sistemleri olarak görülmektedir. Son başlık ise üretim aşamasının olduğu fiziksel ortam yani şantiye ortamı olarak ortaya çıkmaktadır. Robotun mekanik olarak oluşturulduğu düzlem bu başlık içerisinde yer almaktadır.

4.2.1 Algoritma

Algoritma sözlük anlamı olarak "İyi tanımlanmış kuralların ve işlemlerin adım adım uygulanmasıyla bir sorunun giderilmesi veya sonuca en hızlı biçimde ulaşılması işlemi." anlamına gelmektedir. Konu başlığı altında ise; tanımlanmış ve sıralanmış kuralların ve işlemlerin uygulama şeması anlamı ile kullanılacaktır. Algoritma bir işin işleyiş biçimini özet bir şekilde ifade etmeye yaramaktadır.

Markobot sistemi bilgisayar arayüzü, elektronik sistemleri ve mekanik sistemleri ile birlikte bir bütün olarak çalışmaktadır. Bu sistemin çalışma algoritması oluşturulurken dikkat edilen önemli noktalar;

- Robotize ve otomatize edilmiş bir çalışma ortamı oluşturulması.
- Çalışan insan etkisinin azaltılması, minimum düzeye çekilmesi.
- Dijital ortamda var olan tasarım taslaklarının kullanılması.

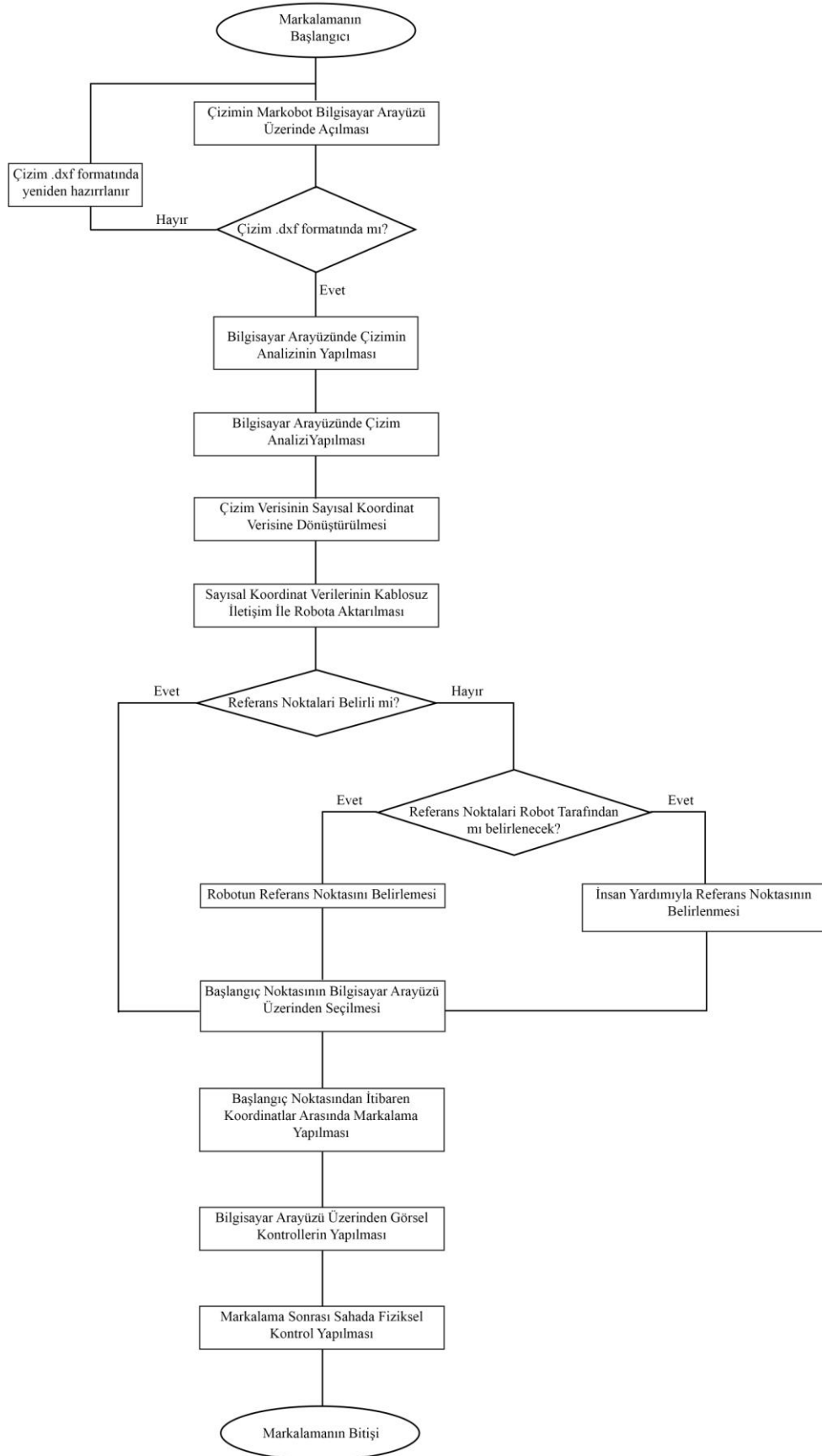
olarak ele alınmaktadır. Oluşabilecek tüm sorunlara karşı insan bazlı kontrol mekanizması da sistemde yer almaktadır. Sistemin başlangıcı ve sonu da insan kontrollü gerçekleştirilerek üretimin doğruluğu ve kalitesi konularında ortaya çıkabilecek sorunların gözlemlenmesi hedeflenmektedir.

Bu bağlamda Markobot için düzenlenen algoritma ise Şekil 4.1’de tariflenen gibidir.

Tezin daha önceki bölümlerinde açıklanmakta olan geleneksel üretim yöntemlerindeki adımlar Markobot’un çalışma algoritmasının oluşumunda büyük rol oynamaktadır. Bu adımlar karşılıklı olarak incelendiğinde (Şekil 4.2), iki süreç arasındaki benzerlik açığa çıkmaktadır. Bu benzerliğin altında yatan temel etken geleneksel yöntem ile yapılan üretime aşına çalışanların yeni oluşturulacak çalışma ortamında sorun yaşamadan geçiş sürecini tamamlaması olarak ortaya konmaktadır. Markobot’un tasarım sürecinde geleneksel yöntemlerde yaşanan sorunlar ele alınmaktadır. Bunun yanı sıra var olan yöntemlerin izlediği yolun doğru yanları da dikkate alınmaktadır. Tablo 9’den da görülebileceği üzere robotik ve otomasyonun entegre edilmesi kullanılan yöntemlerin güçlendirilerek yeniden yorumlanmasını amaçlamaktadır.

MARKOBOT	GELENEKSEL YÖNTEM
- Çizimin hazır hale getirilmesi. - Bilgisayar ara yüzü üzerinde çizimin çalıştırılması. - Çizim ile üretim yapılacak alan arasında referans noktalarının belirlenmesi. - Belirlenen referans noktalar arasından başlangıç noktası seçilmesi. - Bilgisayar yardımı ile var olan çizimin sayısal koordinatlara dönüştürülmesi. - Elde edilen sayısal koordinat verilerinin robota aktarılması. - Markobot’un sensörler yardımıyla başlangıç noktasını bulması. - Markobot’un başlangıç noktasından itibaren koordinatlar arasında çizime başlaması. - Çizim işlemi bitiminde kontrol yapılması.	- Çizimin hazır hale getirilmesi. - Hazırlanan çizimin fiziksel olarak çıktısının alınması - Çıktı alınan çizim üzerinden ölçü kontrolü yapılması. - Çizim ile üretim yapılacak alan arasında referans noktalarının belirlenmesi. - Belirlenen referans noktalar arasından başlangıç noktası seçilmesi. - Başlangıç noktasının doğruluğunun kontrol edilmesi ve lazer işaretleyici ile belirlenmesi. - Çalışan usta ve çırak yardımıyla başlangıç noktasından itibaren ölçüler, lazer işaretleyici ve çırpı ipi yardımıyla çizime başlanması. - Ölçülerin doğruluğunu sağlamak amacıyla belirli aşamalarda kontrol yapılması. - Çizim işlemi bitiminde kontrol yapılması.

Şekil 4.1 : Markobot ve geleneksel yöntemlerin karşılaştırılması.



Şekil 4.2 : Markobot'un çalışma algoritması.

4.2.2 Çalışma prensibi ve alt sistemler

Markobot çalışma prensibi açısından en basit tarifiyle çizim yapabilen robot olarak özetlenebilmektedir. Robot mekanik, kontrol ve iletişim sistemlerini içerisinde barındıran bir sistemden oluşmaktadır. Bu sistemler ayrıca kullanıcı ile etkileşim halinde olabilmek üzere bir de bilgisayar arayüzü ile desteklenmektedir.

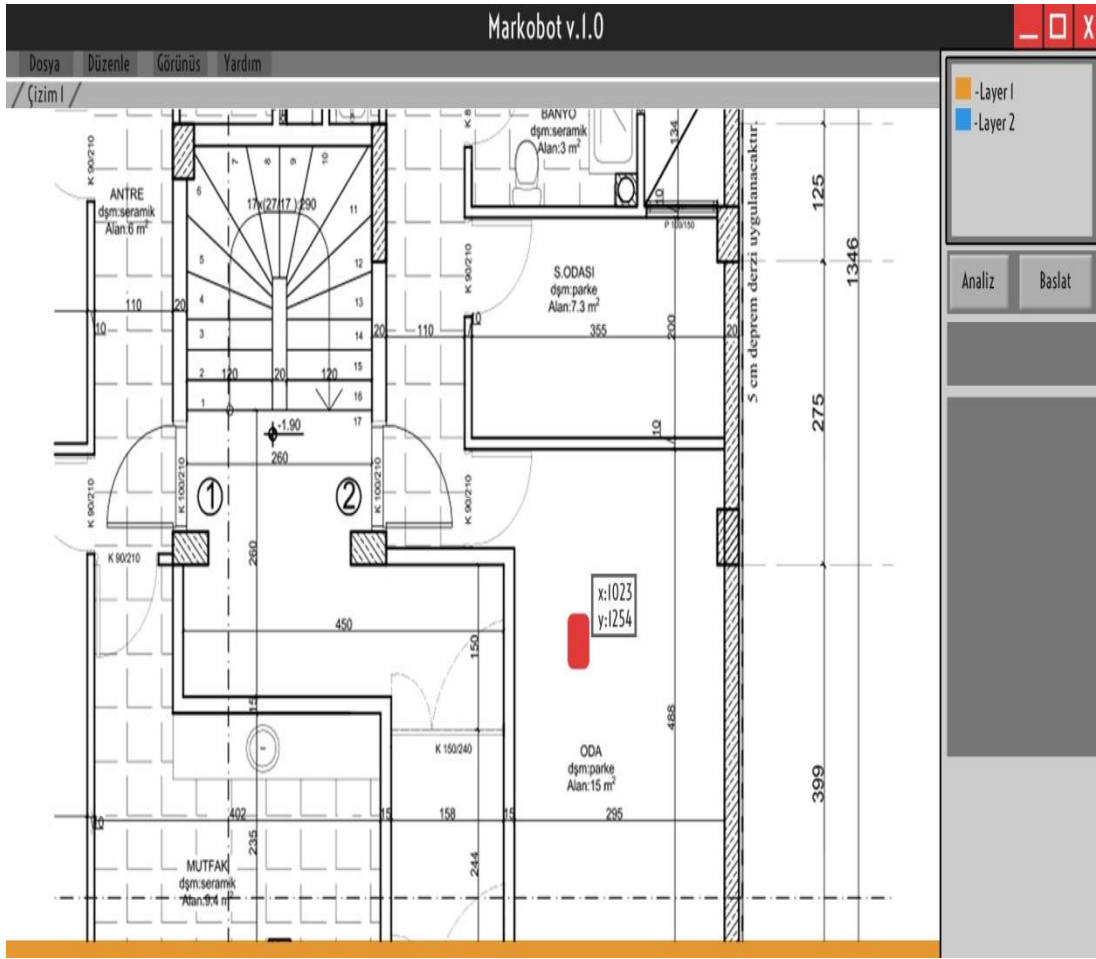
Tüm sistemlerin uyum içerisinde çalışabilmesi adına algoritmanın adımları tek tek incelenerek, bu adımlar için gerekli olan sistemler detaylandırılmıştır. Teknik incelemelerin detayları yalnızca kullanılması planlanan düzeyde verilmektedir. Bunun dışında kalan teknik incelemeler tez kapsamında yapılmamaktadır.

4.2.2.1 Çizimin markobot bilgisayar arayüzü üzerinde temsili

Günümüzde kullanılan teknolojiler yardımıyla yapı sektöründeki tasarımlar dijital ortamlarda tasarlanmaktadır. Bu sayede el yordamıyla yapılan tasarımlara göre daha hızlı, daha doğru ve daha ekonomik bir çalışma ortamı sunulmaktadır. Dijital tasarım günümüzde tüm yapı sektörünün ihtiyacı haline gelmektedir. Şantiye sahasında üretimi yapılacak tasarımların da dijital ortamda tasarlanmış olması, Markobot'un çalışma prensibine güçlü bir dayanak oluşturmaktadır.

Markobot yalnızca dijital ortamda temsili olan bir tasarımı markalayabilmektedir. Çalışma sistemi olarak sayısal koordinat verilerini kullanıyor olması bu sonucu getirmektedir. Bu durum beraberinde dijital bir kullanıcı arayüzü ihtiyacını da ortaya çıkarmaktadır. Markobot dijital ortamda var olan tasarım temsili analiz ederek sayısal veriye dönüştürmektedir. Bu aşamayı ise bu arayüz üzerinden gerçekleştirmektedir. Yaptığı analizlerin yanı sıra kullanıcı ile etkileşim halinde olabilmesi için bir bilgisayar arayüzü tasarlanmaktadır (Şekil 4.3).

Markobot sisteminin bilgisayar üzerindeki temsili olan arayüz, sistemin çalışması için gerekli olan bir program olarak tasarlanmaktadır. Programın bilgisayar üzerinde kurulumu sonrasında kullanıcı ile iletişime geçen robot, aynı zamanda ilk aşama olarak veri analizini de bu program üzerinden yapmaktadır. Sayısal temsil yöntemlerinden biri olan .dxf formatı ile kaydedilen tasarımlar bu program üzerinde çalıştırılabilmektedir. Çizimin çalıştırılması ile birlikte çizgiler ve noktaların tüm sayısal verileri analiz edilmektedir. Bunun sonrasında ise bu veriler robota aktarılacaktır.



Şekil 4.3 : Markobot bilgisayar arayüzü örneği.

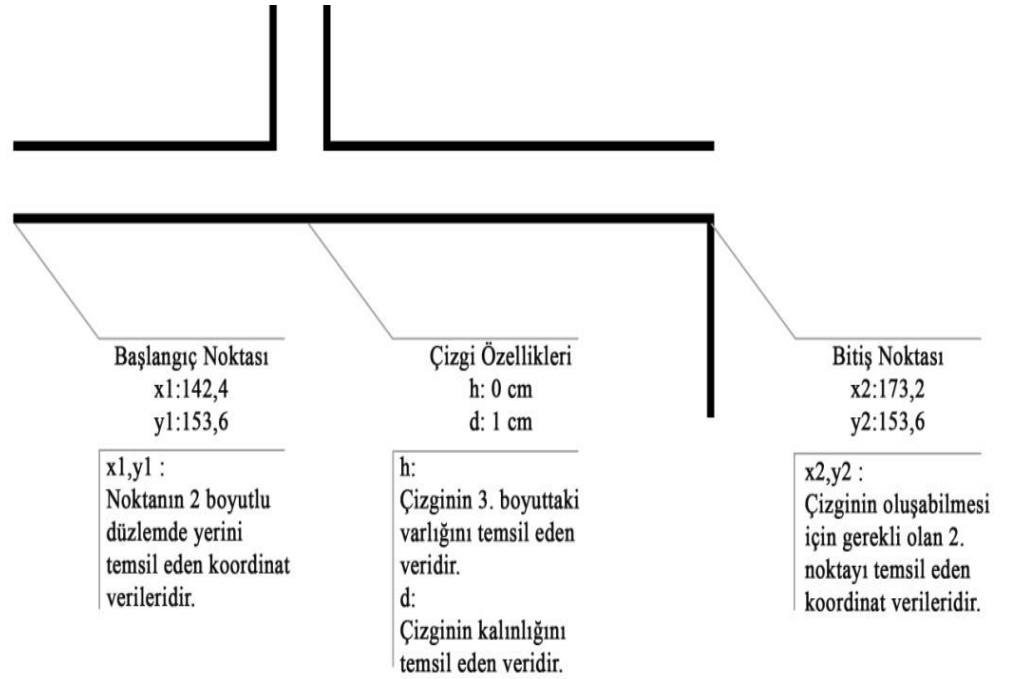
Bilgisayar arayüzü kullanıcı dostu bir yapıda olması için geliştirilmektedir. Bu nedenle arayüz üzerinde yeterli sadelikte ve sayıda komutların bulunması tasarım hedeflerinin önceliğindedir. Bunun yanı sıra sistemin sağlıklı çalıştığının kontrol edilebilmesi de bu arayüz üzerinden sağlanmaktadır. Robotun anlık konumu ve durumu bu ekran üzerinden öğrenilebilmektedir. Bilgilerin anlık olarak kontrolü üretimin doğruluğunu ve kalitesini arttırmaktadır.

4.2.2.2 Çizimin analizi ve sayısal koordinat verisine dönüştürülmesi

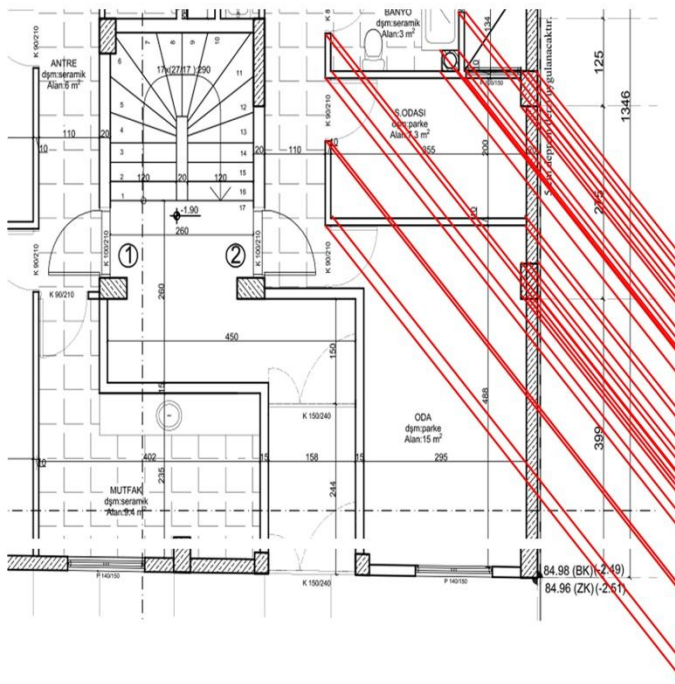
Dijital tasarımın en büyük avantajlarından biri de tasarımı oluşturan verilerin sayısal olarak temsil edilmesi olarak görülmektedir. Bu sayede tasarım yalnızca bir çizgi yada görsel eleman olmaktan öteye geçerek, sayısal dünyada değiştirilebilir, kontrollenebilir ve aktarılabilir bir veri haline dönüşmektedir.

Markobot sistemi dahilinde çizimlerin sayısal veri özellikleri kullanılmaktadır (Şekil 4.4). Tasarımları oluşturan çizgi ve noktaların her birinin lokasyon, uzunluk ve kalınlık gibi verilere sahip olması robotun tasarımı algılamasını ve işlemlerini sağlamaktadır. Yapılacak analiz bu adımların gerçekleştirilmesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Bilgisayar arayüzü tarafından sağlanacak analiz işleminde öncelikle her bir çizgi ayrıştırılmaktadır. Daha sonra tüm çizgilerin başlangıç ve bitiş noktaları çizimin içerisinde var olan verilerden elde edilmektedir. Herhangi bir sorun yaşamamak adına çizimde bulunan tüm nokta ve çizgilerin 3.boyutta var olup olmadığı denetlenmektedir. Daha sonra tüm koordinatlar listelenmektedir. Robotun optimum düzeyde çalışması adına birbirini takip edecek çizgilerin yani aynı noktaları kullanan çizgilerin art arda gelmesi sağlanmaktadır (Şekil 4.5). Ayrıca robotun çizim yapmaması gereken koordinat aralıklarını belirleyebilmek adına her iki koordinat arasına dolu yada boş olarak veri yüklenmektedir. Bu sayede robot çizim yapmadan geçeceği alanları algılayabilmektedir.



Şekil 4.4 : Çizgilerin sahip olduğu sayısal veriler.



Çizimin Açıldığı Arayüz Üzerinden
Analiz Yapılması

Tüm x ve y koordinatlarının
listelenmesi.

x,y ; -105.9747/-20.9852
 x,y ; -107.9747/-13.1102
 x,y ; -105.9747/-15.7352
 x,y ; -107.9747/-15.7352

X veya Y Koordinatı Aynı Görülen
Noktaların Bağlanması

$x1,y1$; -107.9747/-13.1102
 $x2,y2$; -107.9747/-15.7352
 $x3,y3$; -105.9747/-15.7352
 $x4,y4$; -105.9747/-20.9852

Koordinatlar Arası Dolu-Boş Sisteminin
Oluşturulması

$x1,y1$ - $x2,y2$: Dolu
 $x8,y8$ - $x13,y13$: Boş
 ...
 ...

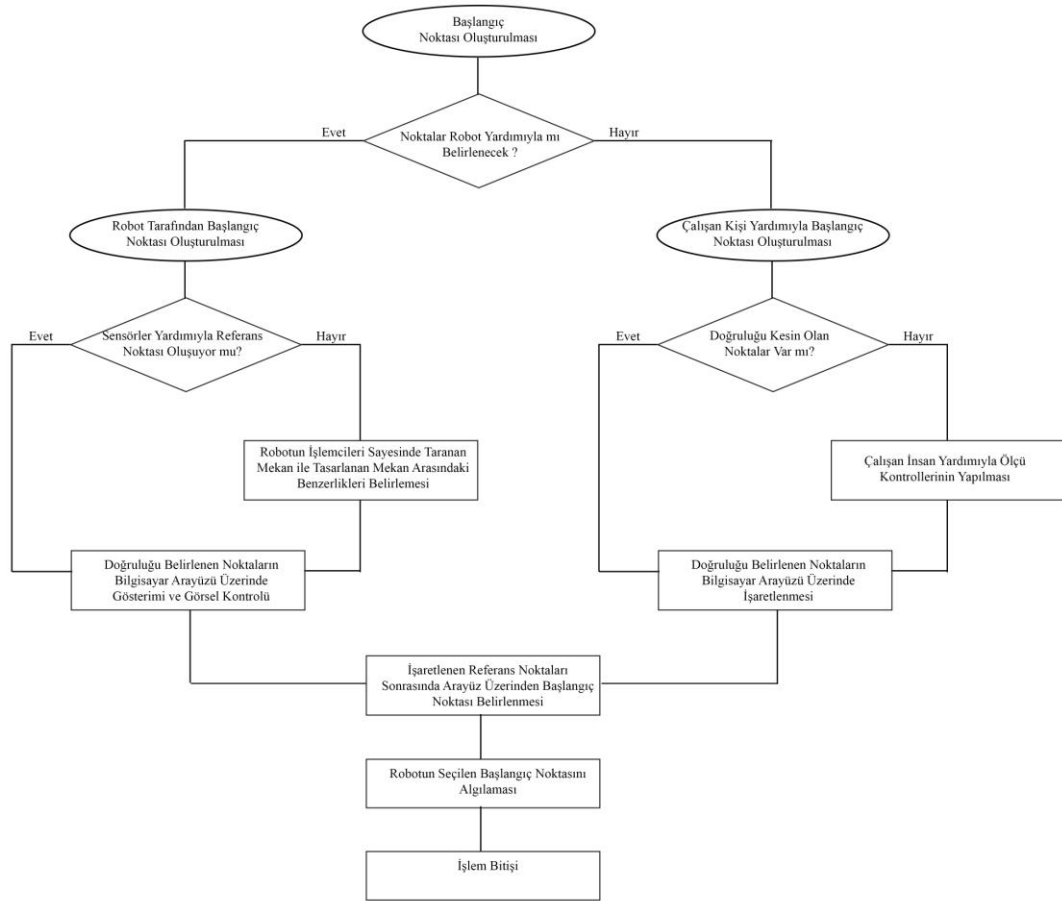
Şekil 4.5 : Çizgilerin analiz aşaması.

Analiz aşaması tamamı ile bilgisayar arayüzü üzerinde gerçekleşmektedir. Süreç çizimin boyutlarına bağlı olarak değişmekle birlikte geleneksel yöntemlere nazaran çok kısa sürelerde tamamlanmaktadır.

4.2.2.3 Başlangıç noktası ve referans noktalarının belirlenmesi

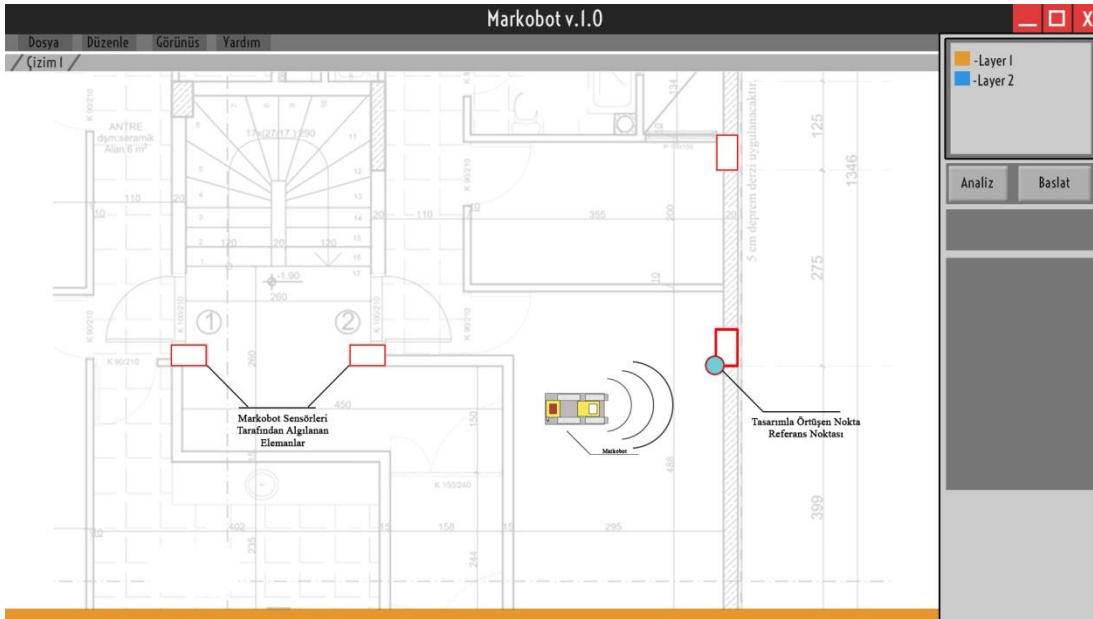
Üretimin başlayabilmesi için öncelikle başlangıç noktası belirlenmektedir. Noktanın belirlenebilmesi ise doğru noktanın bulunması ile başlamaktadır. Tasarlanan üretim ile yapı sahası arasında oluşabilecek farklar noktanın belirlenmesinin önemini arttırmaktadır. Aynı zamanda doğru noktanın belirlenmesi bu farklar neticesinde zorlaşmaktadır.

Bu doğrultuda geleneksel yöntemler çerçevesinde çalışan insanlar yardımıyla kontrol edilecek ölçüler ile referans noktaları belirlenebilmektedir. Belirlenen noktaların bilgisayar arayüzünde işaretlenmesi ve kontrolü sonrasında bu veriler robota aktarılmaktadır. Çizim üzerinde seçilecek başlangıç noktasının koordinatları robot tarafından analiz edilerek başlangıç noktasının koordinatları oluşturulmaktadır. Koordinatların robotun oluşturduğu düzlem ile ilişkileri de robot tarafından belirlenerek başlangıç noktasından çizim başlayabilmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Başlangıç noktasının belirlenmesi.

Noktanın belirlenmesini sağlayan bir diğer yöntem ise, konum sensörleri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sensörler bir çok farklı amaç için üretilmiş modeller barındırmaktadır (Borenstein vd., 1996). Markobot sisteminde kullanılacak sensör ise Map-Based Positioning yani harita tabanlı konumlanma metodu kapsamında ele alınmaktadır. Bu yöntem dahilinde robot öncelikle var olduğu ortamı tarayarak kendisine bir harita çıkarmaktadır. Daha sonra ise çıkardığı harita ile dijital ortamda hafızasında bulunan haritayı üst üste örtüştürmektedir. Bu işlem sonrasında çıkacak kesişim noktaları sayesinde referans noktalarını oluşturmaktadır (Şekil 4.7). Konumun belirlenmesi için gerekli olan matematiksel hesaplamalar ve yöntemler başlıca bir araştırma konusu olarak görülmektedir. Bu sebeple bu araştırma yerine kullanımda olan örnek sistemlerden biri referans alınmaktadır.



Şekil 4.7 : Referans noktalarının robot tarafından belirlenmesi.

Robot oluşturduğu referans noktaları bilgisini bilgisayar ara yüzüne aktarmaktadır. Bu sayede referans noktalarının kontrolü yapılmaktadır. Seçilen başlangıç noktasının çizim üzerinde işaretlenmesi sayesinde robot bu noktanın koordinatlarını algılamaktadır. Koordinatlar sayesinde başlangıç noktasının doğru yerini bularak üretime başlamaktadır.

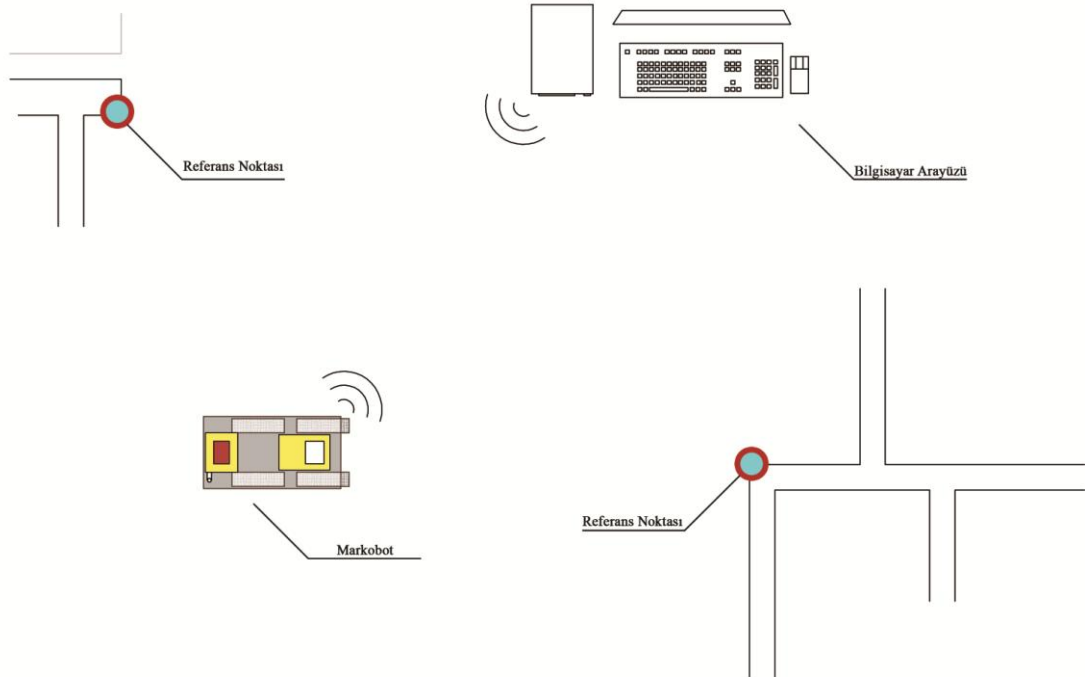
Harita tabanlı konumlanma yöntemi dışında kullanılabilecek bir çok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin doğruluğu ve uygunluğu ise ancak bir takım testler sonucu ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle seçilen sistemin doğruluğu yalnızca öngörülere dayandırılmaktadır. Olası negatif sonuçlar ışığında yeni sistemler denenerek uygun sistemin bulunacağı öngörülmektedir.

4.2.2.4 Analizi yapılan verilerin robota aktarımı ve iletişim sistemleri

Dijital ortamda yapılan analizler sonucu sayısal koordinat verileri ortaya çıkmaktadır. Bu verilerin şantiye sahasında birer çizgi olarak yerini alması için ise, robota aktarılması ve robot tarafından işlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle bilgisayar arayüzü ile robot arasındaki bağlantı büyük önem taşımaktadır. Verilerin doğru ve hızlı bir şekilde aktarılması sistemin üretkenliğini pozitif yönde etkilemektedir.

Haberleşme ve iletişim sistemleri son yıllarda büyük bir ivme kazanarak gelişmiş ve gelişmeye devam edecek bir disiplin olarak görülmektedir. Markobot bünyesinde ise bu sistemlerden biri olan kablosuz iletişim sistemleri kullanılacaktır.

Kablosuz iletişim, fiziksel bir iletim yöntemi olmadan yani kablosuz olarak verilerin aktarılmasını sağlayan sistem olarak açıklanmaktadır (Şekil 4.8). Kablosuz olarak birden fazla cihazın veri alışverişinde bulunduğu tüm sistemler bu başlık altında yer almaktadır.



Şekil 4.8 : Kablosuz iletişim diyagramı.

Markobot temel amacıyla bir yerden bağımsız hareket edebilen bir sistem olmak üzere tasarlanmaktadır. Bağımsız yapı robota her yapı üretim sahasında ve farklı üretim koşullarında sorunsuz üretim imkanı sunmaktadır. Bu nedenle robotun üretimini yapacağı verilerin aktarımı bu şekilde gerçekleştirmesi planlanmaktadır.

Markobot üzerinde kullanılacak kablosuz iletişim sistemi seçiminde bir takım kıstaslar ortaya çıkmaktadır. Robotun çalışma sahası göz önünde bulundurulduğunda, öncelikli sahip olması gereken özelliğin yüksek menzil olduğu görülmektedir. Sahanın büyüklüğü robotun çalışma koşullarını etkilemektedir. Büyük ölçeklerde yapılacak üretimlerde iletişimin sorunsuz ve hızlı bir biçimde devamlılık göstermesi gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmayı sağlayacak iletişim sistemleri var olan sistemler arasında bulunabilmektedir.

Markobot bünyesinde kullanılacak iletişim sisteminin sahip olması gereken bir diğer özellik ise hızlı iletişim sağlanması olarak görülmektedir. Verinin aktarımının anlık ve sürekli olarak sağlanması Markobot sisteminin öngörülen şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

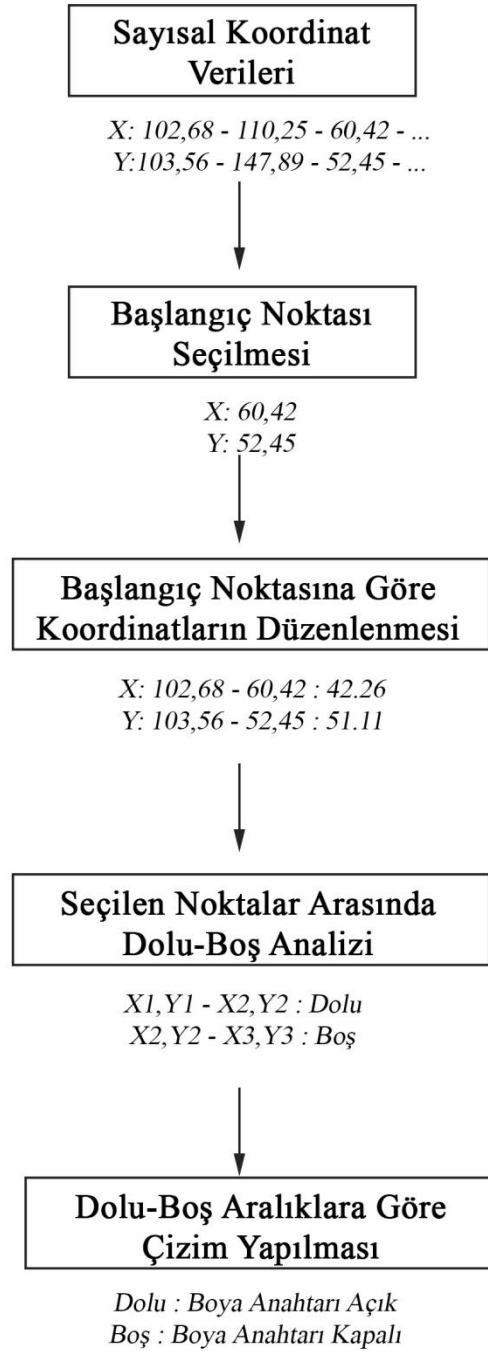
Kablosuz iletişim teknolojileri arasında aranılan özelliklere uygun olacak bir çok farklı sistem bulunabilmektedir. Tasarlanacak ilk modelde kullanılması planlanan sistemin yaklaşık olarak 100 metre çapındaki bir alanda faaliyet gösterebilmesi planlanmaktadır. Bunun yanı sıra iletişim hızının ve doğruluğunun sağlanması basit seçimlerle sağlanabilmektedir. Bu nedenle kullanımda var olan sistemlerden seçim yapılması planlanmaktadır.

4.2.2.5 Markalama aşaması ve elektronik sistemler

Bilgisayar arayüzünde analiz edilen ve kablosuz iletişim sistemi ile robota aktarılan verilerin algılanması ve işlenmesi Markobot sisteminin elektronik altyapısını oluşturmaktadır. Bu kapsamda değerlendirilecek olan sistemler verinin ürüne dönüştürülmesi sürecindeki en önemli aşamayı oluşturmaktadır.

Sistemin çizimi tanımlaması ve analizi bilgisayar arayüzü üzerinde gerçekleşmektedir. Analiz sonucu sayısal verilerin aktarılması ise kablosuz iletişim sayesinde gerçekleşmektedir. Ancak tüm bu verilerin robot üzerinde algılanabilmesi ve dönüştürülmesi için bir takım elektrik ve elektronik sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Robotik ve otomasyon sistemlerinin temelini oluşturan devreler ise bu sistemler içerisinde yer almaktadır. Mekanik sistemler sayesinde çizime dönüştürülecek veriler bu devreler sayesinde saklanmakta ve işlenmektedir.

Robot sayısal olarak aldığı koordinat verilerinin arasında işaretleme elemanı yardımıyla çizimi işlemektedir. Çizim işlemi basit bir anlatım ile Şekil 4.9'da anlatılmaktadır.



Şekil 4.9 : Çizim aşaması çalışma prensibi.

İşaretleme yapabilmesi için robotun öncelikle sayısal verileri algılaması ve işlemesi gerekmektedir. Sayısal koordinat verilerinin robota aktarılmasından sonra başlangıç noktasına göre bu verileri yeniden değerlendirmesi ise elektronik sistemler sayesinde olmaktadır. Elektrik ve elektronik sistemleri ve bunların yanı sıra kontrol ve

otomasyon sistemleri yapılacak olan işlemlerin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bunu sağlayabilmek için ise bir takım farklı sistem parçalarına ihtiyaç duymaktadır.

Mikro Denetleyici (Microcontroller)

Mikro denetleyiciler, içerisinde veriyi işlemeyi sağlayan bir mikro işlemci, bu mikro işlemciye veriyi ulaştırmayı ve işlenen verinin çıktısını sağlayan bağlantı elemanları ve veri hafızalarını bir arada bulunduran kompakt sistemlerdir. Kısaca açıklandığında, bir bilgisayarın tek bir entegre devre üzerinden üretilmiş hali olarak adlandırılmaktadır. Tek başlarına çalışabildikleri gibi donanımı oluşturan diğer elektronik devrelerle irtibat kurabilir, uygulamanın gerektirdiği fonksiyonları gerçekleştirebilmektedirler (MEB, 2013).

Markobot sistemi içerisinde robota aktarılan verinin işlenmesi ve diğer sistem elemanlarını kontrol ederek üretimin oluşturulması bir mikro denetleyici sayesinde gerçekleştirilmektedir. Mikro denetleyici robota aktarılan koordinat verilerinin işlenmesini ve üretimin ilerlemesini sağlayan temel etmen olarak bulunmaktadır. Koordinat verilerinin başlangıç noktasına göre yeniden düzenlenmesi, çizim yapılacak aralıkların belirlenmesi, robot bünyesinde bulunan motorların hareketinin sağlanması ve işaretleme ünitesinin çalışması gibi robotun tüm işlemlerini gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda verilecek komutların merkezi olarak görev almaktadır. Kısacası tüm işlemlerin merkezinde bulunan sistem mikro denetleyici olarak görülmektedir.

Mikro denetleyici devreler üzerlerinde barındırdıkları analog veya dijital çevirici gibi entegre devreler sayesinde bir çok farklı kaynaktan veri alabilmekte ve işleyebilmektedirler. Fiziksel boyutlar olarak küçük hacimler kaplamaları ve maliyet açısından kompakt bir yapı olması sebebiyle avantajlı imkanlar sunması mikro denetleyicilerin kullanım pazarını arttırmaktadır (MEB, 2013).

Hız/Hızlanma Sensörü

Markobot çizim yapabilen bir robot olarak temelde harekete dayalı bir sistem ile çalışmaktadır. Bu hareket koordinatlar arasında robotun işaretleme yapmasını temsil etmektedir. Hareketi temel prensipleri konum, hız ve zaman olarak önümüze çıkmaktadır. Konum verisini doğrulayan sensör ile birlikte geriye hız ve zaman kalmaktadır. Sistemin doğruluğunu da bu denklem içerisindeki hız sensörü sağlamaktadır.

Markalama amacıyla üretilmesi planlanan sistemin üretim aşamasının temeli çizim yapmasından geçmektedir. Çizimin yapılması için ise noktalar arasında hareket etmesi gerekmektedir. Bağımsız yapısı sebebiyle markobot motorlar ve bu motorlara bağlı tekerlekler ile ilerlemektedir. Motorların çalışmasını kontrol eden sistem daha önce de bahsedilen mikro denetleyiciler olarak görülmektedir. Ancak motorların hızının ayarlanması vektörel olarak bir denklem ile çözümlenmektedir. Bu denklemin sonucu gerekli komutları kontrol eden sistem ise hız sensörüdür.

Robotun özel kullanımlar dahilinde çalışmasını sağlayan en büyük etken düşük hata payı ve hassas çizim özelliği olarak görülmektedir. Bu sebeple hız sensörü büyük rol oynamaktadır. Robotun çizgiler dahilinde artan hızını ve köşe noktalarında hassasiyetin önem kazanması sonucu düşen hızı bu sensör sağlamaktadır. Çoğunlukla aynı amaca hizmet sensörlerden hassasiyet düzeyi yüksek olan bir model uygun görülmektedir. Sistem içerisindeki yerini ise mikro denetleyici ile bağlantılı olarak yürütmektedir.

Sensörler ve denetleyiciler bir çok farklı şekilde kullanılabilir. Tüm sensörleri bir arada bulundurabilen kompakt yapılar olduğu gibi ekleme yöntemiyle bir çok özelliğin sensörler sayesinde robotlara entegre edildiği görülmektedir. Markobot sistemi yalnızca tek bir amaç için ve başlangıç modeli olarak bahsedilen sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Ancak bu çeşitliliğin artırılmasını üretim aşamasında bir çok gelişmelere imkan tanıyacağı öngörülmektedir.

4.3 Markobot Ürünün Fiziksel Özellikleri ve Mekanik Sistemi

Markobot modeli elektriksel devreler ve dijital bağlantılar dışında fiziksel yapısı açısından da önemli bir model olarak görülmektedir. Sistem dijital olarak tamamlanmış olsa dahi fiziksel yetersizlikler bir robotun çalışmasını engelleyebilmektedir. Bu nedenle robotun tasarımı bir çok farklı etken göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Ayrıca mekanik parçalar da bu özellikleri tamamlayacak şekilde seçilmektedir.

4.3.1 Servo motor

Mekanik sistemler kendisine hareket yetisini kazandıran bir motora ihtiyaç duymaktadır. Bir çok farklı motor türü bulunmaktadır. Her motor sistemi kendi kontrol devresi ile birlikte kullanılmaktadır. Markobot bünyesinde ise robotik

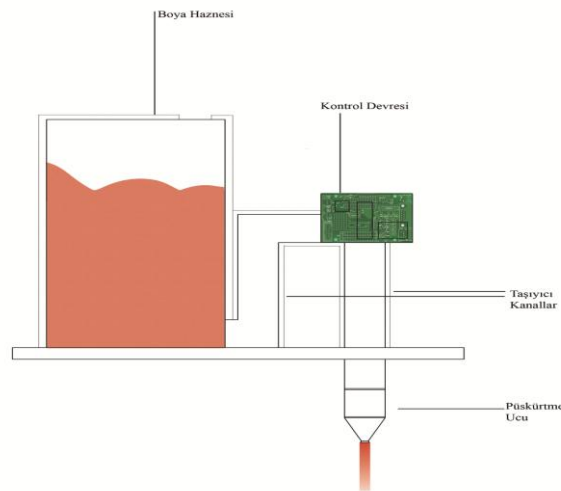
sistemlerde kullanımı daha uygun olarak görülen servo motor kullanılacaktır. Servo motor hızlanma, ivme ve açısal pozisyonları doğru bir şekilde kontrol eden döner hareket verici olarak tanımlanmaktadır (Sawicz, D., 2015). Markobot modelinin harekete geçmesini sağlayan temel modül olarak devreye dahil edilmektedir. Servo motorlar mikro denetleyiciler ile birlikte kullanımı gelişen sistemler olarak görülmektedir.

Robotun hareketini sağlayan ve aynı zamanda kontrollü bir düzen içerisinde kullanımı kolaylaştıran servo motorlar sayesinde, robot istenilen doğrultuda ve hızda çalışabilme becerisi kazanmaktadır. Hız/hızlanma sensörü ile birlikte kullanımı robotun üretimdeki doğruluk payını arttırmaktadır.

4.3.2 İşaretleme Ünitesi

Markobot sisteminin temel amacı tasarlanmış bir çizimi yere işlemek olarak adlandırılmaktadır. Çizimin fiziksel ortamda oluşması için ise bir işaretleme sistemine ihtiyaç duymaktadır. İşaretleme sistemi var olan mekanik bir boyama parçasının ya da lazer işaretleyicinin entegre edilmesi yerine özel olarak tasarlanmış mekanik bir düzenek ile sağlanacaktır.

İşaretleme ünitesinin basit bir anlatımla istenilen aralıklarda - iki nokta arasında çizgi çizilmesi- açılıp kapanabilecek bir boya püskürtücüden ve bunun kontrol elemanlarından oluşturulması öngörülmektedir (Şekil 4.10). Sistemin çalışma prensibi bir anahtar düğmesinin aç-kapa mantığından yola çıkılarak oluşturulmaktadır.

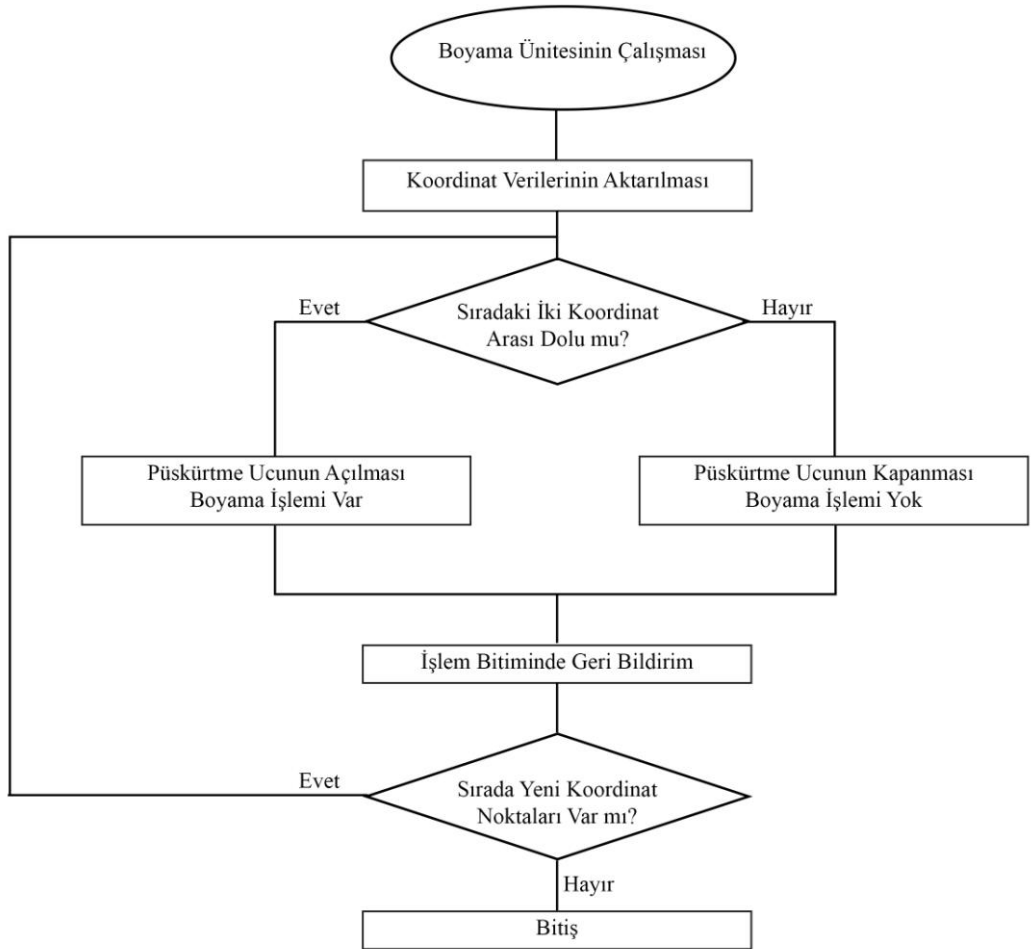


Şekil 4.10 : Boya püskürtme sistemi.

Mikro denetleyiciler ile belirlenen aralıklarda hareket eden robot, gerekli görülen aralıklarda işaretleme işlemini gerçekleştirebilmek için denetleyiciden aldığı aç kapa komutunu kullanmaktadır. Komut ile birlikte püskürtme sistemi harekete geçmekte ve çizim sahada yerini almaktadır (Şekil 4.11).

İşaretleme sistemi ihtiyaç duyulan bir sistem olmasının yanında boya malzemesi değişkenlik gösterebilmektedir. Boya olarak kullanılabilecek malzemelerin yanında toz püskürtme yöntemi ile de çizim işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Malzeme seçimi kullanım amacına göre değişmektedir. Zemin üzerinde kalıcı olmayan çizimler için toz malzeme kullanımının faydalı olacağı öngörülmektedir.

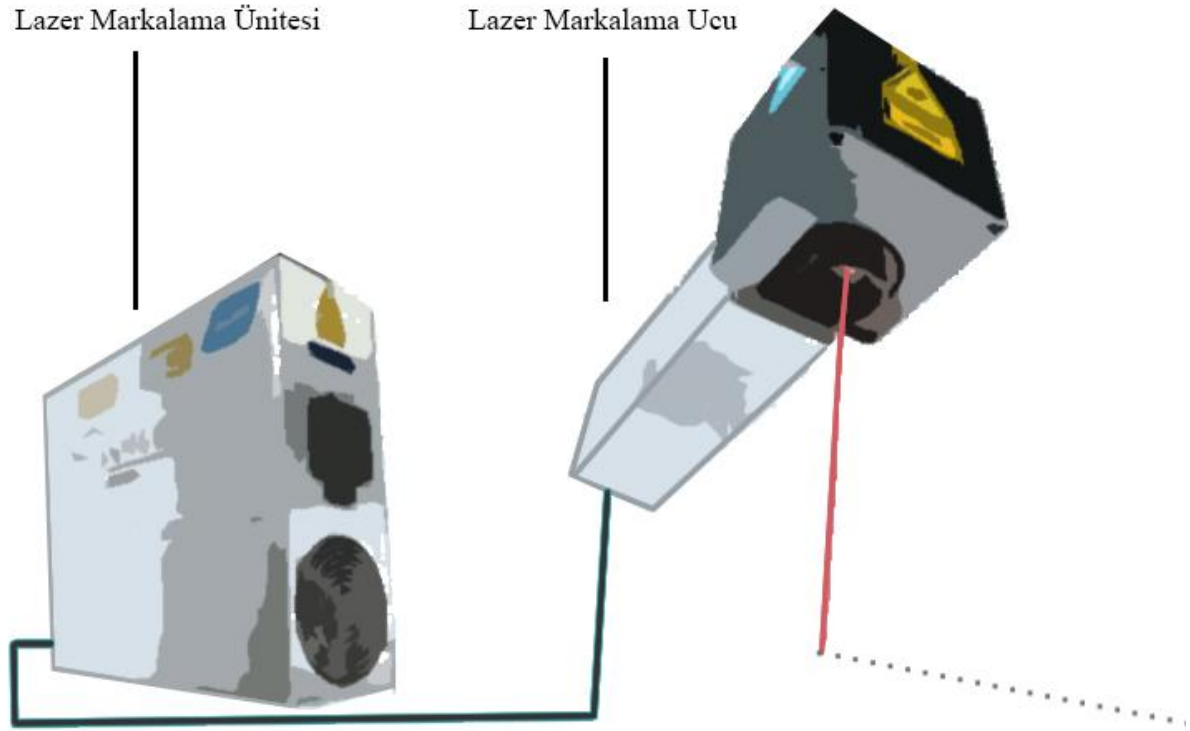
Sistemde görüldüğü üzere boyama sistemi basit elektronik ve mekanik parçalardan oluşmaktadır. Kontrol devresi olarak adlandırılan birim yalnızca mikro denetleyiciden gelen aç-kapa komutunu algılamaktadır. Duruma göre püskürtme ucunun açık ya da kapalı konumda olmasını denetlemekte ve geri bildirmektedir.



Şekil 4.11 : Boya püskürtme sistemi çalışma prensibi.

İşaretleme sisteminin kalıcı çözümler sunabilmesi için ise boyama ünitesi yerine lazer işaretleyici sistemlerin kullanılması öngörülmektedir. Boyama işleminin doğruluğu kontrol edilebilir olmakla birlikte kalıcılığı değişken olmaktadır. Bu durum şantiye şartlarında oluşabilecek değişimler sonucunda işlemin tekrarlanması anlamına gelmektedir. Bu nedenle boya püskürtücü ucun yerine entegre edilebilecek lazer işaretleme sistemi ile aynı çalışma prensibi doğrultusunda üretim yapılacağı öngörülmektedir.

İşaretleme için sunulan iki farklı sistem de kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle seçimin kullanım amacına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Seçimin kritik olmasının yanı sıra iki farklı sistem de demonte edilebilir şekilde tasarlanmaktadır. Bu sayede kullanım amacı değişmesi durumunda parçanın değişmesi mümkün kılınmaktadır.

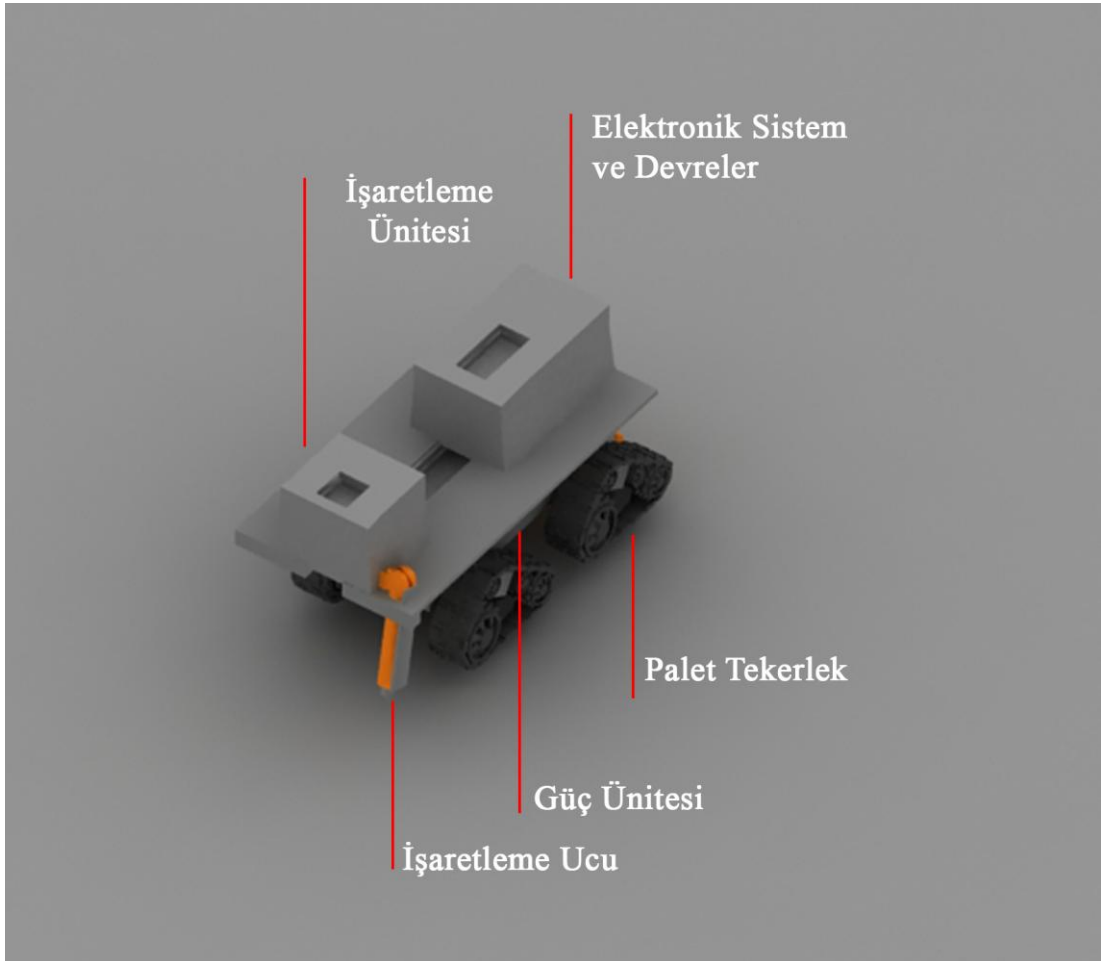


Şekil 4.12 : Lazer Uçlu İşaretleme sistemi.

4.3.3 Fiziksel yapı-kabuk yapısı

Markobot sistemi sahada üretim yapabilen bir robot olarak tasarlanmaktadır. Bu doğrultuda devrelerin ve sistemlerin bir arada bulunması ve korunması gerekmektedir. Robot üzerinde bulunacak tüm sistemlere koruma ve destek görevi sağlamak amacıyla bir kabuk üretimi öngörülmektedir (Şekil 4.12).

Kabuk yapısının tasarlanması aşamasında kullanılacak sistemlerin yerleşimi öncelikli olarak ele alınmaktadır. Boya sisteminin robotun arkasında ve köşede yer almasının kullanım açısından kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir. Diğer devre ve sistemlerin ise ön bölümdeki koruyucu alanda yer alması birlikte çalışma konusunda avantaj sağlamaktadır. Robotun hareketini sağlayacak motor sistemleri ve sistemlerin bağlı olduğu tekerleklerin seçimi ise son tasarım hedefidir. Tekerleklerin palet şeklinde seçilmesi şantiyede karşılaşılabilecek zemin şartlarına karşı alınmış bir önlem olarak ön plana çıkmaktadır. Zeminin kirli veya bozuk yapıda olması karşısında palet tekerleklerin daha verimli olacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.13 : Markobot fiziksel yapısı.

Robotun kablosuz olarak çalışabilme yeteneğine sahip olabilmesi için şarj edilebilir güç kaynağı kullanımı öngörülmektedir. Güç kaynağının robotun alt bölümünde bulunması planlanmaktadır. Tekerleklerin arasında kalacak alanda kullanımı ile müdahale edilmesi kolay bir hazne yaratılmaktadır.

4.3.4 Güç Ünitesi

Markobot sistemi kablosuz ve bağımsız çalışabilme yapısından ötürü bir güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle şarj edilebilir bir güç kaynağının robota entegre edilmesi gerekmektedir. Günümüzde birden fazla şarj edilebilir güç ünitesi çeşidi bulunmaktadır. Her ünite kendi yapısı sayesinde farklı imkanlar tanımaktadır. Daha uzun ömürlü ve güvenli bir şekilde kullanım sunan güç ünitesi olarak Lityum-İyon pillerin robot için uygun olduğu görülmektedir. Tekrar şarj edilebilen/ ikincil (Lityum-İyon (Li-iyon)) pillerin elektronik ve elektrikli taşınabilir cihazların güç ihtiyacını üstün özellikleri sayesinde karşıladığı görülmektedir (Hackney ve Kumar., 2010). Robotun ihtiyacı olacak güç ancak öngörülere dayanmaktadır. Bu sebeple kullanılacak güç kaynağı yapılacak araştırmalar ile belirlenecektir.

4.3.5 Tüm alt sistemlerin birlikte çalışması ve markobot ürünü

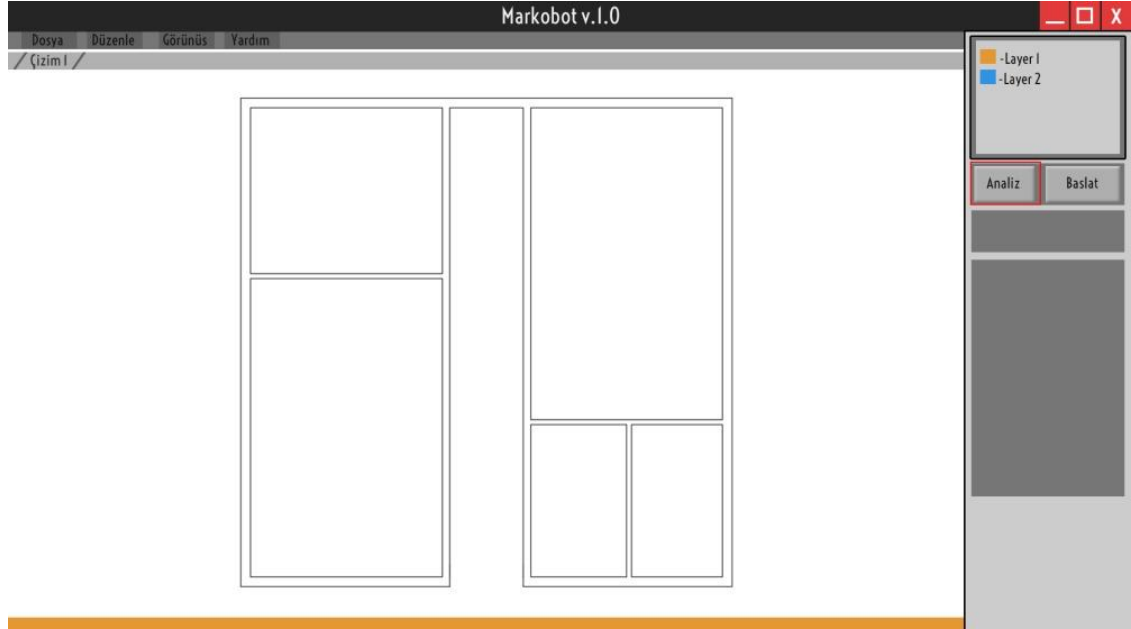
Markobot sistemi tüm alt sistemleri ve çalışma algoritması dahilinde bir bütün olarak çalışmaktadır. Tüm devre ve fiziksel parçaların uyum içerisinde çalışması sistemin hedeflenen üretimi yapmasını sağlamaktadır.

Algoritma ve çalışma sistemi birlikte ele alınarak bir simülasyon tasarlanmaktadır. Bu simülasyona göre ilk adımda 100 m²'lik bir alanda toplam uzunluğu 70 metrelik duvar üretiminin ön hazırlığı/markalama işlemi ele alınacaktır. Bu üretimin Markobot sistemi ile yapılması durumunda ulaşılabilecek sonuçlar öngörülmektedir.

Daha önce yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkan adımların uygulama aşamasında görülecek uygulamaları ise bazı başlıklar altında toplanmaktadır.

- **Çizimin Arayüz Üzerinde Çalıştırılması:** Dxf formatında kaydedilmiş dijital tasarım Markobot arayüzü üzerinde açılmaktadır.

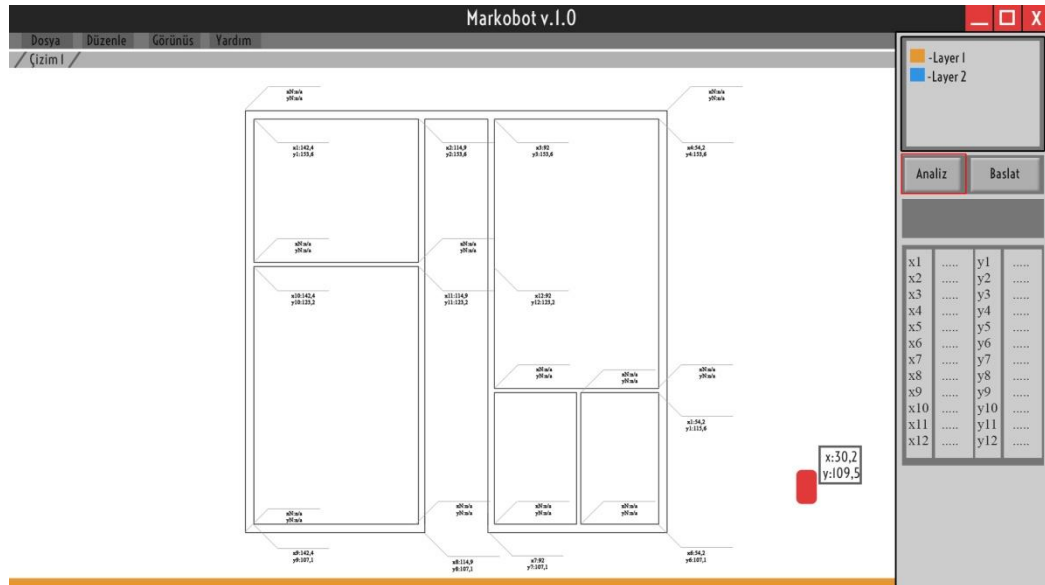
Süre: 2 dakika



Şekil 4.14 : Tasarımın arayüz üzerinde temsili

- **Çizimin Koordinat Verileri Analizi:** Markobot bilgisayar arayüzü üzerinden yapılacak işlem süresince tüm çizgilerin ve köşe noktalarının koordinat verileri analiz edilmektedir (Şekil 4.14).

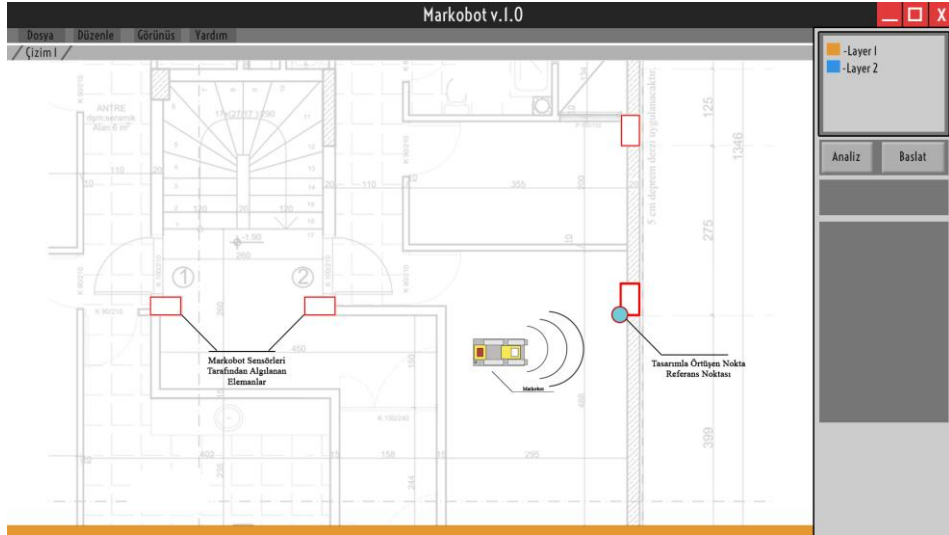
Süre: 10 dakika



Şekil 4.15 : Sayısal analiz aşaması

- **Başlangıç Noktasının Belirlenmesi:** Başlangıç noktası daha önce belirlenen yöntemler dahilinde seçilmektedir. Bu örnek üzerinde ise robotun kendi sistemleri dahilinde noktayı bulacağı öngörülmüştür.

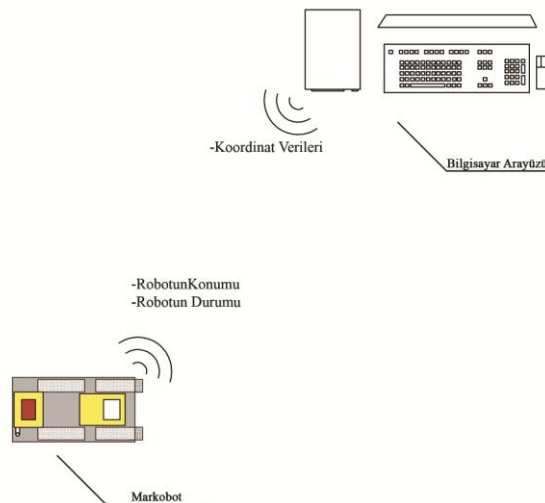
Süre: 15 dakika



Şekil 4.16 : Referans noktalarının belirlenmesi

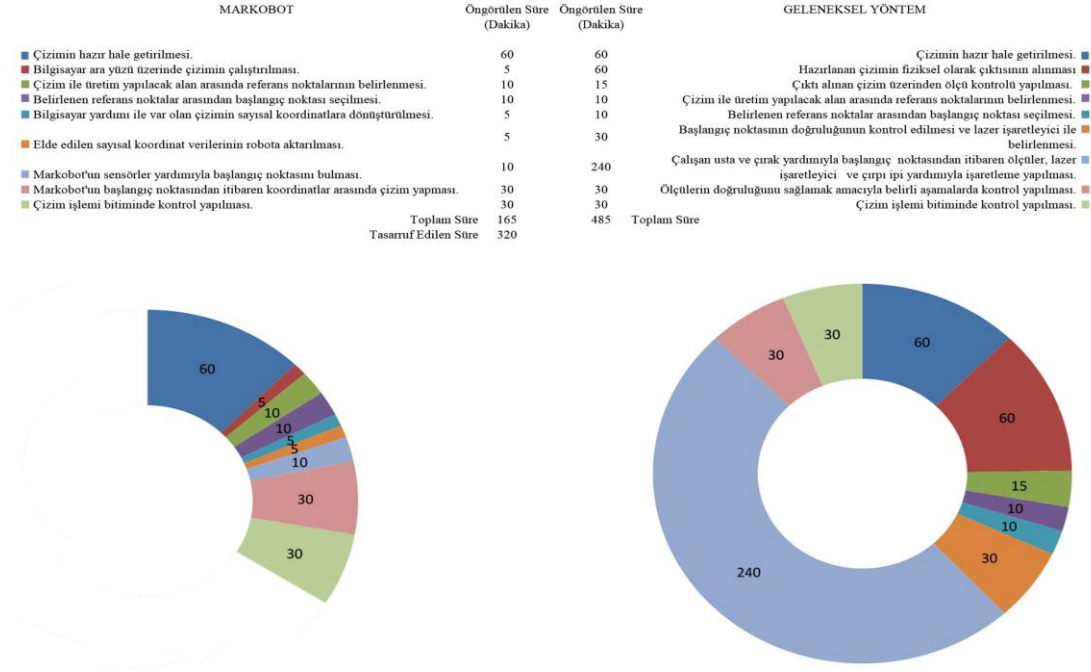
- **Koordinat Verilerinin Markobot'a Aktarılması:** Kablosuz iletişim sistemleri sayesinde veriler robota aktarılmaktadır. Ayrıca geri besleme işlemi ile robotun durumu ve yeri ile ilgili veriler arayüze aktarılmaktadır (Şekil 4.15).

Süre: Sürekli / Anlık

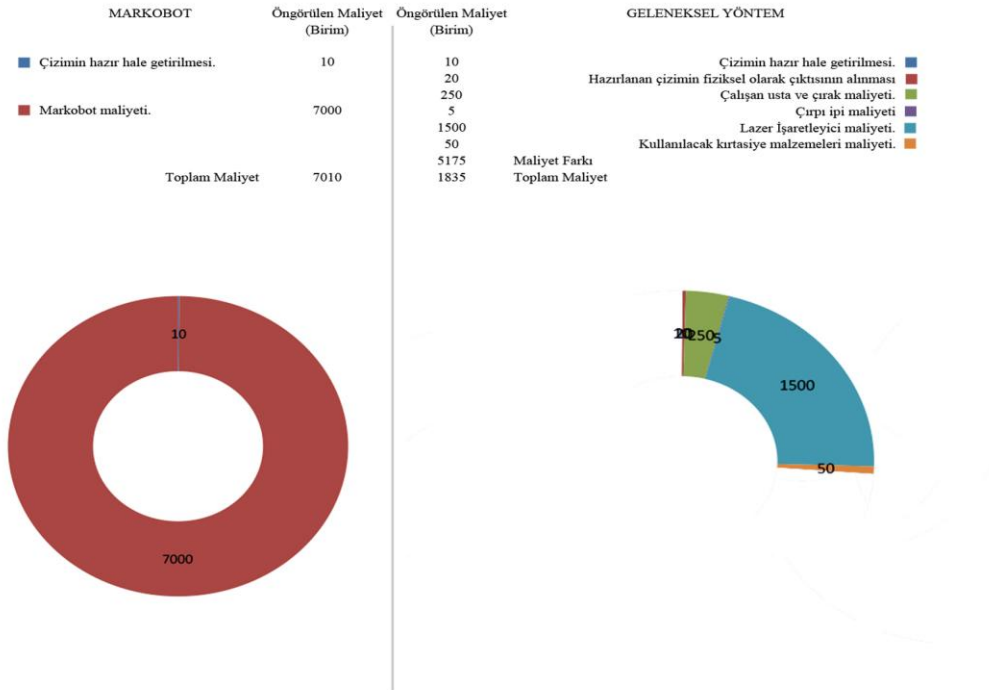


Şekil 4.17 : Kablosuz iletişim sistemi

Toplam süre olarak bakıldığında Markobot sisteminin avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.19 : Geleneksel yöntemler ile markobot sisteminin süre açısından kıyaslanması



Şekil 4.20 : Geleneksel yöntemler ile markobot sisteminin maliyet açısından kıyaslanması

Maliyet açısından karşılaştırma yapıldığında Markobot sistemi dezavantajlı konumda görülmektedir. Markobot yatırım maliyeti açısından geleneksel yöntemlere göre ekstra bir yük yaratmaktadır. Ancak geleneksel yapım yöntemleri dahilinde yapılacak üretimler her yeni üretimde yeniden maliyet hesabı gerektirmektedir. Markobot bunun aksine sabit yatırım maliyeti ile uzun ömürlü kullanım sunmaktadır. Tek bir iş ele alındığında dezavantajlı konumda olan markobot, büyük ölçekli ve/veya tekrarlanan üretimlerde avantajlı konuma geçmektedir. Uzun süreçte ele alındığında ise mali anlamda büyük tasarruflar sağlayabilmektedir.

Ayrıca özel üretimler gerektiren tasarımlarda oluşacak mali yüklerin aksine Markobot sistemi ekstra bir yatırıma gerek duymaksızın üretim imkanı sunmaktadır. Bu durum maliyet açısından Markobot'u daha da avantajlı hale getirmektedir.

4.4 Markobot'un Potansiyel Kullanımları ve Geliştirmeleri

Her teknoloji ürünüde görülebileceği üzere geliştirme ve ilerleme her geçen gün artmaktadır. Bu doğrultuda Markobot ürününün de gelişimi ve kullanım alanlarındaki değişimleri öngörülmeye çalışılmaktadır. Teknolojik gelişmelerin sağlayacağı faydaların yanı sıra kullanım alanlarındaki farklılıklara da potansiyel gözüyle bakılmaktadır. Tasarım amacı yalnızca bir işi üstlenmek gibi görünse de, ürün itibarıyla yalnızca bir amaca hizmet etmekten daha fazla potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

4.4.1 Markobot'un şantiye dışında kullanım önerileri

Markalama konusu Markobot modelinin ana hedefi olarak görülse de markobot farklı amaçlar için de kullanılabilir bir robot olarak tasarlanmaktadır. Dijital düzlemi fiziksel düzlemde oluşturabilme özelliğiyle markobot, yer belirleme aracı olarak da kullanılabilir.

Büyük ölçekli alanlarda, örneğin otopark alanlarının yerlerinin belirlenmesi ve işaretlenmesi işi gibi işlerde kullanılabilmesi öngörülmektedir. İşaretleme işlemi ile yere uygulanan bu uygulamada doğruluk ve kontrol çalışan kişiler tarafından sağlanmaktadır. Ancak yüksek düzeyde doğruluk gerektiren üretimlerde bu durum sorunlara yol açabilmektedir. Bunun yanında özel olarak belirlenen alanların(özel otopark ayrımları) bulunması ve işaretlenmesi de bir sorun olarak görülmektedir. Markobot bağımsız çalışma prensibi sayesinde bu soruna bir çözüm

üretebilmektedir. Dijital ortamda tasarlanan planları, haberleşme sistemlerinin izin verdiği büyüklükteki çaplarda yere işleyebileceği öngörülmektedir. Tasarlanan ürünlerdeki haberleşme çapı geliştirilebilir durumdadır ve bu sayede alanların büyüklüğü sorun olmaktan çıkmaktadır.

Üretimi tamamlanmış alanlarda yer belirlenmesi örneği de gelecekte olası kullanımlarına örnek teşkil etmektedir. Örnek olarak üretimi tamamlanmış bir alanda, yapı alt katmanlarından (strüktürel, mekanik tesisat vb.) herhangi bir elemanın yerinin belirlenmesi sorunu ele alındığında, Markobot'un dijital tasarım aşamasındaki ölçüler yardımıyla bu noktayı belirleyebileceği görülmektedir. Bu noktanın işaretlenmesi ile yapılacak bakım, onarım yada tadilat işlemleri doğru ve kolaylıkla yapılabileceği öngörülmektedir.

Markobot yapı sektörü dışındaki alanlarda da kullanılabilmektedir. Yapısı gereği bağımsız bir çizim aracı olan Markobot, işaretleme, baskı veya kalıp çizimlerinde de kullanılabilecek fiziksel özelliklere sahip olmaktadır. Bu sayede günümüzde kullanılan belirli ölçüde imalata izin veren teçhizatlar yerine daha büyük çaplarda üretimlere imkan tanımaktadır.

Aynı zamanda Markobot yapı sektöründe tasarlanan ve imalat aşamasında büyük sorunlar yaratan amorf formların üretim sürecine de büyük katkılar sağlamaktadır. Basit geometri ile çözümlenemeyen tasarımların üretimi, geleneksel yöntemler kullanıldığında uzun sürelerde ve büyük maliyetler sonucunda oluşturulabilmektedir.

Markobot'un bağımsız yapısı sayesinde bu formlar şantiye sahasında kısa sürelerde ve ekstra maliyet olmadan çözülebilmektedir.

4.4.2 Markobot'un potansiyel geliştirmeleri

Markobot yalnızca bir çizim aracı olarak tasarlanan bir model olarak görülmektedir. Kullandığı robotik ve mekanik sistemler bu düzeydeki bir ihtiyaca karşılık verecek şekilde tasarlanmaktadır. Ancak gelişen teknoloji ve kullanım alanları ile Markobot büyük potansiyele sahip bir model olmaktadır.

Mekanik ve elektronik sistemlerin geliştirilmesi robotun üretim amacına katkı sağlayacağı gibi yeni çalışma alanları da yaratabilmektedir. Tez kapsamında üretilmesi amaçlanan robotun düzlemsel yani iki boyutlu çalışma ortamı gelişime ve değişime açık bir özellik olarak görülmektedir. Yapılması öngörülen geliştirmeler ile

yalnızca döşeme üzerinde değil, duvar, tavan ve tüm bunların ayrımı olmaksızın yapılacağı üretimlerde kullanılabilecek bir sistem haline gelmesi Markobot'un çalışma alanlarını büyük ölçüde arttırmaktadır.

4.4.2.1 Mekanik aksamın geliştirilmesi

Markobot mekanik özellikleri açısından sahada kullanılan cihazlar ile karşılaştırıldığında ortalama boyutlara sahip bir cihaz olarak tasarlanmaktadır. Bu durum Markobot'un kullanım alanlarını daraltmaktadır. Farklı yüzeylerde çalışma olanaklarının azlığı, kullanım alanları açısından dezavantaj olarak görülmektedir. Ancak bu sistemlerin geliştirilmesi ve bunun sonucunda büyütülmesi ile birlikte, Markobot farklı zemin koşullarına uyum sağlayabilecek hale gelebilmektedir. Bu sayede yalnızca tamamlanmış döşeme yüzeylerinde değil, arazi şartlarında da işaretleme ve çizim yapma özellikleri kazanabileceği öngörülmektedir. Bu sayede şantiye sahasının ilk adımı olarak arazinin düzenlenmesi ve üretilecek yapının yerinin belirlenmesi işlerinde de kullanılabileceği öngörülmektedir.

Markobot'un tasarlanan çalışma yüzeyi 2 boyutlu yatay düzlemler olarak ortaya çıkmaktadır. Mekanik geliştirmeler ile Markobot 3D duvar yüzeylerinde ve tavan, çatı gibi ters yatay düzlemlerde de çalışma imkanı yakalamayı hedeflemektedir. Bu gelişim Markobot'un çalışma sahasını geliştirmekte ve büyütmektedir. İşaretleme aracının robotun hareketlerinden bağımsız olarak tasarlanması Markobot'un düzlem fark etmeksizin çalışmasını sağlayabilmektedir. Örneğin işaretleme ucu yerine geliştirilebilecek mekanik bir kol yardımıyla tüm yüzeylerde üretim yapabilecek bir robota dönüşmektedir. Bu sayede kullanım alanları genişlemekte ve potansiyelini daha da arttırmaktadır. Aynı zamanda robotun fiziksel özelliklerinin gelişmesi ile kol sayısı birden fazla olabilmektedir. Bu durum üretim sürecini daha da hızlandırmakta ve farklı üretimleri de desteklemektedir.

Çizim amacıyla tasarlanmış olan robot, bu anlamda da gelecekte farklı kullanımlar potansiyelini taşımaktadır. Örneğin, işaretleme aksamının yerine geliştirilebilecek kesme, delme, doldurma vb. gibi fonksiyonlar robotun farklı amaçlar için de kullanılmasını sağlayabilmektedir. Kesme fonksiyonunu ele aldığımızda günümüzde kullanılan CNC makinelerinin yerini alabileceği öngörülmektedir. Var olan teknolojiler ve günlük kullanım amaçlarıyla tasarlanan CNC makineleri örnekleri belirli bir ölçü sınırlaması içerisinde çalışmaktadır. Bu nedenle büyük ölçekli

üretimler yüksek maliyetler ve uzun süreler sonucunda oluşturulabilmektedir. Markobot'un geliştirilmesi öngörülen kesme fonksiyonlu modeli ile bu sorunun ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

4.4.2.2 Dijital Sistemlerin Geliştirilmesi

Markobot'un bilgisayar/kullanıcı arayüzü, diğer dijital tasarım programları ile üretilmiş dosyaların analizi ve bunun robot sisteminin diline çevirmesi şeklinde çalışmaktadır. Ancak öngörülen geliştirmelerde özel olarak tasarlanmış bir programdan bağımsız, tasarım ofislerinde sıklıkla kullanılan programların içine entegre edilmiş bir sistem yardımıyla bu sistemin çalışabileceği öngörülmektedir. Bu sayede tasarım süreci ile ürün arasında geçecek bir adımın daha ortadan kaldırılması planlanmaktadır.

Markobot'un tez kapsamında yapılan tasarım öngörüsü yalnızca başlangıç modelini üretmek üzerine kurulmaktadır. İlk model için tasarlanan dijital tasarım verileri yalnızca düzlemsel tasarımları kapsamaktadır. Ayrıca CAD arayüzlerinden beslenen bir model olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte tasarım arayüzleri de değişmektedir. BIM destekli tasarım programları sayesinde bilgi taşıyan tasarım elemanları üretilabilmektedir. Bu sayede tasarım ürünü yalnızca bir çizimi değil bir çok veriyi de barındırmaktadır. Bu durumda örnek olarak alınan bir çizginin yalnızca koordinat verisi değil bununla birlikte rengi, kalınlığı veya bağlantılı olduğu tasarım elemanları da Markobot tarafından algılanabilmektedir. Bu sayede Markobot yalnızca çizgiyi yere işaretlemekten ibaret bir robot olmaktan çıkacak ve akıllı bir tasarım destekçisi olacaktır. Bu sayede diğer üretimler ile ilişki kurabilecek ve bu ilişkilerin doğuracağı bilgileri sahaya yansıtabilecektir.

4.4.2.3 Elektronik Sistemlerin Geliştirilmesi

Önerilen model yalnızca bir sistem değil, nihayetinde elde edilen bir robotu da kapsamaktadır. Bu bağlamda robotun geliştirilebilir ve güçlendirilebilir olduğu da görülmektedir. En önemli geliştirmelerden biri de elektronik sistemin geliştirilmesi olarak görülmektedir. Gün geçtikçe artan teknolojik imkanlar ve yeni buluşlar robotun ileride daha sağlıklı çalışmasının yanı sıra yeni özellikler eklenmesini de olanaklı hale getirmektedir.

Markobot çalışma algoritmasında bir referans noktasına ihtiyaç duymaktadır. Bunun sebebi başlangıç noktasının bulunmasıdır. Yön bulma ve lokasyon tespiti

sistemlerinin sensörler yardımıyla geliştirilmesi ile birlikte referans noktası ihtiyacının ortadan kaldırılabileceği düşünülmektedir.

Sensörlerin bir diğer katkısı da robotun bulunduğu mekanı tanıması ve anlamlandırması olarak görülmektedir. Bu sistemlerin geliştirilmesi ile birlikte üretimin yapılacağı alanın taranması, bunun sonucunda yapılacak üretimin çalışılacak alanla bağının kurulması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Yapılabilecek geliştirmeler sayesinde uygulamanın alanla olan ölçü farkları, uyumsuzluklar ve yeniden ölçeklendirme gibi imkanlar sunacağı ön görülmektedir.

4.5 Markobot'un Dezavantajları ve Olası Sorunlar

Markobot sistemi geleneksel yöntemler ile yapılan üretilere getireceği olumlu katkılar yanında öngörülen bazı sorunları da beraberinde getirmektedir.

4.5.1 Fiziksel yapısı nedeniyle karşılaşılabilecek sorunlar

Yapı üretim sahası bir çok farklı üretimin yapıldığı sahalar olarak görülmektedir. Tüm üretimler belirli aşamalarda fiziksel olarak kirlilik yaratmaktadır. Bu kirlilik üretim yapılacak zeminde bozulmalara yol açmaktadır. Bu durumda Markobot'un üretim yapması ise zorlaşmaktadır. Robotun fiziksel yapısı nedeniyle çalışma zeminin belirli düzeyde temiz ve engelsiz olması gerekmektedir. Geliştirmesi amaçlanan model ancak 2-3 cm çapındaki küçük olarak adlandırılabilir yapı elemanı parçaları üzerinde çalışabilmektedir. Sahada olabilecek engeller karşısında ise üretim durmaktadır. Bu durum robotun engeller karşısında duraklaması ve sinyal göndermesi yöntemiyle çözümlendirilmektedir. Karşılaşılabilecek sorunlarda insan yardımıyla sahanın temizlenmesi yada robot önündeki engellerin kaldırılması ile bu sorunun giderilebileceği öngörülmektedir. Sahanın üretim öncesinde temizlenmesi de bu soruna karşı bir önlem olarak görülmektedir.

Geleneksel yöntemler dahilinde yapılan üretimler de temiz bir sahada yapılmaktadır. Ancak robotun geliştirilme amaçlarının temelinde yer alan insan faktörünü ortadan kaldırma hedefi bu sorun karşısında çözüm üretememektedir.

Sahnın temizliğinin yanı sıra üretim yapılacak alanda var olan eğim üretimin doğruluğunu etkilemektedir. Markobot %7 düzeyindeki eğimlere kadar çalışmasını sağlıklı bir şekilde yürütmektedir. Ancak üretim alanının eğiminin belirtilen

düzeyden fazla olması üretimin durmasına yol açmaktadır. Bu durum bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

4.5.2 Maliyetle ilgili sorunlar

Markobot sisteminin, geleneksel üretim yönleri ile maliyet açısından karşılaştırması yapıldığında ortaya çıkan sonuçlar irdelenmiştir. Ancak Markobot sürekli olarak kullanımı dahilinde maliyet açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Kısa süreli ve sınırlı sayıdaki üretimler karşısında ise geleneksel yöntemler ile yapılacak üretimlerin daha karlı olduğu görülmektedir.

Ayrıca önerilen sistemin temelini bir robot olması ilerleyen süreçlerde bakım ve onarım maliyetleri de getirmektedir. Mekanik yapısı nedeniyle oluşabilecek sorunlar maliyet açısından ekstra getiriler sunmaktadır. Bu nedenle maliyet konusu sorun olarak ortaya çıkabilmektedir.

4.5.3 Yetkin kullanıcı eksikliği ile ilgili sorunlar

Markobot sistemi ve bilgisayar arayüzü kullanıcılar ile etkileşim içerisinde olmak üzere tasarlanmasına rağmen kullanacak kişinin sistemi tanınması gerekmektedir. Bilgisayar programının kullanımı ve ortaya çıkabilecek sorunlara karşı alınacak önlemler ancak yetkin kişiler tarafından sağlanabilmektedir. Bu durum kullanıcı eğitimini gerektirmektedir. Yapılacak üretime getirilecek yeni sistemin ilk aşamada kullanıcısız kalması negatif yönde etkileri de beraberinde getirmektedir. Ancak kullanıcıların eğitilmesi ile bu durumun üstesinden gelineceği öngörülmektedir. Bilgisayar arayüzünün kullanıcı ile ilişkisinin kolaylaştırılması amacıyla tasarlanması ve kısa süreli eğitim sonrasında robotun sisteminin anlaşılabilmesi bu konuda ortaya çıkacak sorunların çözümü olarak görülmektedir.

4.6 Bölüm Sonucu

Markobot çalışma prensibi, avantajları ve dezavantajları bütünüyle ele alındığında kullanımda avantaj sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca kullanım alanında öncü bir model olması sebebiyle yeni robotik cihazların gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda geliştirilebilecek robotların şantiye kapsamında çalışma ortamlarını değiştireceği ve geliştireceği öngörülmektedir. Şantiye sahasının gelişimi şüphesiz üretim kalitesinin gelişmesine de katkı sağlayacaktır.

SONUÇ

Bu tez kapsamında bölme duvar sistemleri ve bu sistemler ile ilişkili üretimlerin öncesindeki markalama aşaması ve bu sürecin yaşadığı sorunlar incelenmiştir. Sorunlar karşısında çözüm üretmek adına robotik ve otomasyon sistemlerinin kullanımı ile geliştirilecek bir model sunulmuştur. Bu modele tezin başlığında da görüldüğü üzere Markobot ismi verilmiştir.

Markalama sürecinde yaşanan sorunlar çoğunlukla geleneksel yöntemlerin getirileri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Çalışan insan kontrolünde yönetilen bu uygulama sonucu üretim doğruluğu, kalitesi, süresi, maliyeti gibi bir çok konuda ortaya çıkan ve çıkabilecek sorunlar ele alınmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkan sorunların çoğunlukla insan kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda sorunların çözümü insandan bağımsız sistemlerde araştırılmıştır.

Robotik ve otomasyon sistemlerinin çalışma prensipleri, sağladıkları faydalar ve üretim süreçleri araştırılmıştır. Araştırmalar kapsamında üretilmesi hedeflenen sistemde kullanımı gereken sistem parçaları örnekler üzerinden incelenmiştir. Bu doğrultuda hedeflenen sistemin fiziksel çizim yapabilen bir robot olması kararına varılmıştır. Markobot'un sahip olması gereken özellikler ise örnekler üzerinden değerlendirilmiştir.

Markobot'un öncelikle dijital tasarım sürecinden beslenmesi öngörülmüştür. Dijital tasarım arayüzlerinden verilerin analiz edilmesi ve aktarılması ilk hedef olarak ortaya konmuştur. Analiz adımının sağlanabilmesi sistemin bir bilgisayar arayüzüne ihtiyaç duyduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda bir bilgisayar arayüzü tasarlanması planlanmıştır. Arayüzün yalnızca analiz adımını değil ayrıca bilgisayar sistemlerinden faydalanarak veri transferi için gerekli olan iletişim sistemlerini de sağladığı görülmüştür. Bu sayede veriler Markobot'a aktarılacaktır. Markobot'un bağımsız olarak çalışması durumunda daha verimli olarak kullanılacağına düşünülmesi kablosuz iletişim sistemleri kullanımına yöneltmiştir.

Aktarılan verilerin öncelikle Markobot üzerinde işlenebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle robotun bileşenleri oluşturulurken öncelikle sayısal veriyi işleyebilen mikrodenetleyici sistemleri ele alınmıştır. Bu sisteme bağlı olacak diğer sistem ve devrelere göre seçim yapılmıştır. İşlenen verilerin harekete dönüştürülmesi için gerekli olan işlemler mikrodenetleyici üzerinde gelişmektedir.

İşlenen veri sonrasında mikrodenetleyici kontrolünde motorlar ve işaretleme sistemi tasarlanmıştır. Hareket komutunun istenilen hassasiyette ve doğrulukta sağlanabilmesi için servo motorlar seçilmiştir. Boya püskürtme sistemi ve/veya lazer işaretleme sistemi ise özel üretime ihtiyaç duyacak bir sistemdir. Bu nedenle özel olarak üretilecek bir sistem tasarlanmıştır.

Tasarım ürünü 2boyutlu ya da 3boyutlu olarak Markobot sistemine aktarılabilir. Her ihtiyaca cevap verebilmesi açısından CAD, BIM vb. programlar ile birlikte kullanımlar öngörülmüştür. Tasarımların özellikle BIM sistemleri üzerinden üretilmesine yoğunlaşıldığı günümüzde, bir çok bilgiyi bir arada barındıran bu tür modeller Markobot'un olanaklarını ve potansiyelini de geliştirmektedir.

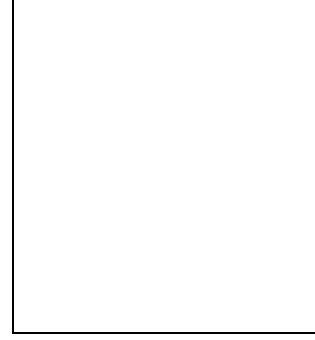
Tüm bu sistemler dahilinde fiziksel yapı-kabuk tasarlanmıştır. Kabuk yapı devrelerin ve sistemlerin korunması yanında sağlıklı çalışabilmeleri için gerekli olan fiziksel ortamı sağlamaktadır. Tüm bu araştırmalar ve kullanımlar hedeflenen ve öngörülen sonuçlardır.

KAYNAKLAR

- Balkan, E. A.** (2005). Mimari Tasarımda Konsept, Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Bechthold, M., Kane, A., King, J., Michalatos, P.** (2012), Robotic tile placement: Tools, techniques, and feasibility, *Gerontechnology*, Vol.11, No.2 :360 doi: <http://dx.doi.org/10.4017/gt.2012.11.02.498.00>
- Borenstein, J., Everett, H.R., Feng, L., Wehe, D.** (1996), Mobile Robot Positioning & Sensors and Techniques, *Journal of Robotic Systems*, Special Issue on Mobile Robots. Vol. 14, Sf. 231-249.
- Ching, F., Adams, C.** (2001). Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yem Yayınevi, İstanbul.
- Elattar, S. M. S.** (2008), Automotion and Robotics in Construction: Opportunities and Challenges, *Emirates Journal for Engineering Reserarch*, Vol.13 No.2, sf. 21-26.
- Howe, A. S.** (2000), Designing for automated construction, *Automation in Construction* Vol.9, Sf. 259-276.
- Maas, G. J.** (2011), Sector competitiveness studies –Sustainable competitiveness of the construction sector, ECORYS SCS Group, the Netherlands. Draft Final Report.
- Maas, G. J. ve van Gassel, F. J. M.** (2005), The influence of automation and robotics on the performance construction, *Automation in Construction* Vol.14, Sf. 435-441.
- Obayashi, S.** (1999), *Construction Robot System Catalogue in Japan*, Council for Construction Robot Research, Japon Robot Association.
- Robots and Automated Machines in Construction**, (1998) International Association for Automation and Robotics in Construction, Building Research Establishment Ltd., Watford, U.K.
- Sawicz, D.** (2015), Hobby Servo Fundamentals, Princeton University.
- Sey, Y., Orhon, Aral, N., Cansun, M.O., Özüekren, A.S., Giritli, H., Sözen, Z. ve Çıracı, M.** (1986/1987), Çağdaş Yapım Sistemleri, Ders Notları, İTÜ, Gemi İnşaat Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L.** (2004). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Mart Matbaacılık, İstanbul.
- Van Gassel, Mass F.J.** (2010), Robotizing housing and design, *Gerontechnology*, Vol. 9, No. 2, p. 74-75
- Yaman, H.** (2009), “2. Ders - Yapı Üretim Süreci”, <http://web.itu.edu.tr/~yamanhak/ders/yye/yye.html>

- Yoshida, T., Ueno, T., Nonaka, M., Yamazaki, S.** (1984), Development of Spray Robot for Fireproof Cover Work, *Proceedings of the 1st IAARC*, Pittsburgh, USA, Sf. 69-96.
- Nagata, M., Baba, N., Tachikawa, H., Shimizu, I., Aoki, T.,** (2002), Steel Frame Welding Robot Systems and Their Application at the Construction Site, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol.12, Issue 1, sf.15-30,doi: 10.1111/0885-9507.00043
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı,** (2013), Denizcilik Ders Notları, Mikrodenetleyici 1. Adres:http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mikrodenetleyici%201.pdf
- Url-1 Markalama Nedir?** <<http://www.lazermak.com.tr/s/markalama-nedir-10/>>, Erişim Tarihi: 13.04.2015
- Url-2 Mekanik Tesisat Projesi**< <http://www.idarehukuku.net/sozluk/terim/Mekanik-tesisat-projesi.html> >, Erişim Tarihi: 22.04.2015
- Url-2 Mekanik Tesisat Projesi**< <http://www.idarehukuku.net/sozluk/terim/Mekanik-tesisat-projesi.html> >, Erişim Tarihi: 22.04.2015
- Url-3 Robotik**
<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/robotics#m_engb0714530>, Erişim Tarihi: 22.04.2015
- Url-4 Building Automation** <<https://www.isa.org/technical-topics/building-automation/>>, Erişim Tarihi: 10.03.2015

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Barış Ateş
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul, 1989
E-Posta : barisatess@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM :

ATU Duty Free - 08.2014 - 03.2015 - İstanbul - Türkiye - Tam Zamanlı.
3Adam Mimarlık - 10.2013 - 01.2014 - İstanbul- Türkiye - Tam Zamanlı.
Ateş İnşaat - 05.2013 - 10.2013 - İstanbul- Türkiye - Tam Zamanlı.
CCA İnşaat - 08.2012 - 05.2013 - İstanbul- Türkiye - Tam Zamanlı.

ÖDÜLLER:

3. Ödül , Multi-Konfor Binalar Öğrenci Yarışması 2014: Yarının Okulu – Gaziantep –F. Menderes ile birlikte .