

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR TEMELLİ BİR YAPI MALZEMESİ DAYANIM TEST
CİHAZININ GELİŞTİRİLMESİ**

Şadi Fuat ÇANKAYA

**Danışman
Yrd.Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**



© 2016 [Şadi Fuat ÇANKAYA]

TEZ ONAYI

Şadi Fuat ÇANKAYA tarafından hazırlanan "**Yapı Malzemelerinin Dayanımının Ses Frekansları İle Tahmin Edilmesi** " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Yrd.Doç.Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ**

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof.Dr. Tuncay YİĞİT**

Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd.Doç.Dr. Uğur FİDAN**

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Doç.Dr. Yasin TUNCER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Şadi Fuat ÇANKAYA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. MATLAB.....	9
3.1.1. Hazır Fonksiyonlar	10
3.1.2. Simulink	10
3.2. C# Programlama Dili.....	11
3.2.1. Microsoft Visual Studio.....	11
3.3. Yapay Zeka.....	13
3.3.1. Uzman Sistemler.....	13
3.3.2. Yapay Sinir Ağları.....	13
3.3.3. Normalizasyon	14
3.4. Sezgisel Algoritmalar	14
3.5. Step Motor	15
3.6. Step Motor Sürücü	16
3.7. Arduino Mega.....	16
3.7.1. Arduino Mega Hakkında Genel Bilgiler	17
3.8. Amplifikatör.....	18
3.9. Hoparlör	19
3.10. Mikrofon	20
3.11. Mermer.....	20
3.11.1. Hakiki Mermer.....	20
3.11.2. Gözenekli Traverten.....	21
3.11.3. Oniks	22
3.11.4. Limra.....	23
3.11.5. Andezit.....	24
3.11.6. Burdur Bej	25
3.11.7. Sarı Traverten.....	25
3.11.8. Mermer(Aydın)	26
3.11.9. Normal Mermer.....	27
3.11.10. Granit(Eskişehir)	28
3.11.11. Traverten(İran).....	29
3.11.12. Bej Pembe	30
3.11.13. Antalya Bej.....	31
3.11.14. Emperador.....	32
3.12. Ultrasonik Test Cihazı.....	32
3.13. Dayanım Test Cihazı	32

3.14. Dayanımının Belirlenmesinde Kullanılacak Ses Ölçüm Kabini.....	33
3.14.1. Hareket Mekanizmasının Eklenmesi	36
3.15. Matematiksel Dönüşümler Ve Rezonans Frekansı.....	38
3.16. Ön İşlemler	39
3.16.1. Kanal Parametrelerinin Bulunması	40
3.16.2. Denetimli Öğrenme.....	41
3.16.3. En Küçük Kareler ile Destek Vektör Makineleri.....	42
3.17. Yapılan Ölçüm Denemeleri	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	46
4.1. Özniteliklerin Elde Edilmesi	47
4.2. Sistemin Tamamlanarak Ölçüme Hazır Hale Getirilmesi.....	49
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	50
KAYNAKLAR.....	51
EKLER	54
ÖZGEÇMİŞ	57



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYAR TEMELLİ BİR YAPI MALZEMESİ DAYANIM TEST CİHAZININ GELİŞTİRİLMESİ

Şadi Fuat ÇANKAYA

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ

Günümüzde yapı malzemelerinin dayanımı, ülkemiz coğrafyasının deprem bölgesi olması sebebiyle önem kazanmaktadır. Çünkü inşaa edilecek yapılarda yapı malzemesinin dayanımı yapının sağlamlığına doğrudan etki etmektedir. Fakat yapı malzemesinin dayanımı ölçülürken tahribatlı ölçüm yöntemleri tercih edilmektedir. Bunun sebebi ise tahribatlı ölçüm yöntemlerinin tahribatsızlara göre daha doğru sonuç vermesidir.

Bu çalışmada ses frekansları ile yapı malzemelerinin dayanımı tahmin edilmiştir. Ölçümler için kabin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerdeki doğruluğun artması için kabin oluşturulurken 22mm temperli cam kullanılarak ölçümler esnasında dışarıdaki gürültüyle iletişimin kesilmesi hedeflenmiştir. Bu kabin içerisinde, alınan 14 çeşit toplamda 26 farklı mermer numunesi ile ölçümler gerçekleştirilmiş ve sistem eğitilmiştir.

Ölçüm ve eğitim işlemleri tamamlanmasının ardından yeni bir mermer ile ölçüm yapıldığında sistemin hata payı %2,21, doğruluk payının ise %97,79 olduğu gözlemlenmiştir. Sistem yeni ölçülen mermerler ile kendi kendini eğitmesi amacı ile veri bankası oluşturulmuştur. Bunun sebebi ise her yeni ölçülen mermer ile hata payının düşmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: yapı malzemesi, mermer, makine öğrenmesi, yapay zeka, ses, ses dalgası, frekans.

2016, 57 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF A COMPUTER BASED BUILDING MATERIAL STRENGTH TEST DEVICE

Şadi Fuat ÇANKAYA

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Computer Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ

Nowadays, building materials strength, our country is gaining importance due to the earthquake zone of geography. Because of the structure will be built in building materials is a direct impact on the soundness of the structure strength . But the strength of the building material measuring destructive measurement methods are preferred. The reason for this is that it is more accurate than the non-destructive measurement of non-destructive method.

In this study, the sound frequencies were estimated by the resistance of the marble. Cabinet design for measurement were carried out. During the measurements using the cabin creating 22mm tempered glass aimed to cut the noise outside communication. In this cabin , received 14 types of measurements were conducted with 26 different samples of marble and the system is trained .

The margin of error measurements and training operations of the system when a new measurement performed after completion marble were observed to be 2.21% and accuracy is 97,79% . System data bank was created to educate itself with new measured marbles. The reason for this is intended to fall with each new measured marble margin of error.

Keywords: construction materials, marble, machine learning, artificial intelligence, voice, sound wave

2016, 57 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ'ye teşekkürlerimi sunarım. Tezimin her anında benden desteğini esirgemeyen ve benim için bir hocadan çok daha fazlası olan hocam, dostum ve abim sayın Yrd.Doç.Dr. Asım Sinan YÜKSEL'e özel teşekkürü borç bilirim. Numunelerin temininde ve Jeofizik Mühendisliği alanındaki bilgilerini benden esirgemeyen değerli hocalarım Yrd.Doç.Dr. Osman UYANIK'a, Okt. Olcay ÇAKMAK'a ve Arş.Gör. Nevbahar SABBAG'a teşekkürlerimi sunarım. Dayanım testleri için laboratuvar kullanımı hususunda desteğini esirgemeyen Prof.Dr. Raşit ALTINDAĞ'a ve testler gerçekleştirilirken yardımda bulunan Arş.Gör. Deniz AKBAY'a teşekkürü borç bilirim. Arkadaşım Arş.Gör. Mehmet Doğan ELBİ'ye ses ve sinyal işleme konularındaki engin bilgilerini benimle paylaştığı için teşekkürlerimi sunuyorum.

Şadi Fuat ÇANKAYA
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. MATLAB Geliştirme Ortamı	10
Şekil 3.2. Simulink ile Modellenmiş Örnek Bir Simulasyon.....	11
Şekil 3.3. Visual Studio 2010 Çalışma Ortamı.....	12
Şekil 3.4 Örnek Bir Step Motor.....	15
Şekil 3.5 Step Motor Sürücü	16
Şekil 3.6. Arduino Mega (Atmega 2560)	17
Şekil 3.7. Arduino Mega(Atmega 2560) Pin Diyagramı	18
Şekil 3.8. Amplifikatör	19
Şekil 3.9. Pioneer TS-G1021 Hoparlör	19
Şekil 3.10. Hakiki Mermer	21
Şekil 3.11. Gözenekli Traverten.....	22
Şekil 3.12. Oniks	23
Şekil 3.13. Limra.....	24
Şekil 3.14. Andezit	24
Şekil 3.15. Burdur Bej	25
Şekil 3.16. Sarı Traverten	26
Şekil 3.17. Mermer(Aydın)	27
Şekil 3.18. Normal Mermer.....	28
Şekil 3.19. Granit(Eskişehir)	29
Şekil 3.20. Traverten İran.....	30
Şekil 3.21. Bej Pembe	31
Şekil 3.22. Antalya Bej.....	32
Şekil 3.23. Emperador.....	33
Şekil 3.24. Ultrasonik Test Cihazı	34
Şekil 3.25. Dayanım Test Cihazı.....	35
Şekil 3.26. Temperli Cam İle Oluşturulmuş Ses Kabini	36
Şekil 3.27. Geçmeli Boru Üretiminin Aşamaları	36
Şekil 3.28. Step Motor Sürücüleri ve Arduino Bağlantıları.....	37
Şekil 3.29. Geliştirilen Yazılıma Ait Arayüz	38
Şekil 3.30. Yapı Malzemesinin Değişmeyen Kanal Modeli Gösterimi.....	38
Şekil 3.31. Yapı Malzemesinin gürültülü ortamda kanal modeli gösterimi..	39
Şekil 3.32. Dayanım Tahmini Yazılımı Akış Şeması	40
Şekil 3.33. Önerilen modelin Simulink Gerçeklemesi	41
Şekil 3.34. Tasarlanacak sistemin en genel yapısı.....	42
Şekil 4.1. Boş kanalın ses ölçüm sonuçları.....	46
Şekil 4.2 Özniteliklerin Elde Edilmesi İçin Kullanılan Genel Yapı.....	47
Şekil 4.3. İncelenen Mermerlerin Çıkış Spektrogramları	48
Şekil 4.4. Mermerlerin Çıkış Spektrumlarının Kırpılmış Halleri	49
Şekil 4.5. Mermerlerin Frekans-Genlik Spektrumları.....	49
Şekil 4.6. Örnek Bir Mermerin Ölçümleri Sonucu Elde Edilen Spektrumlar ve Öznitelikler	49
Şekil 4.7. Elde Edilen Deneysel Lagrange Katsayıları	50
Şekil 4.8. Eğitilen EKK-DVM Modeli.....	51
Şekil A.1. Yükleme Biçimi Ekranı	57
Şekil A.2. Sözleşme ve Onay Ekranı	57
Şekil A.3. Kullanıcı Adı ve Giriş Ekranı	58

Şekil A.4. Kurulum Tipi Seçme Ekranı	58
Şekil A.5. Kurulum Sonlandırma Ekranı	59
Şekil B.1. Kurulum İlk Ekranı.....	60
Şekil B.2. Kurulum Ekranı	60
Şekil B.3. Yüklenecek Servislerin Seçim Ekranı.....	61
Şekil B.4. Hangi Servislerin Kurulduğunu Gösteren Ekran.....	62
Şekil B.5. Kurulum Sonuçlandırma Ekranı.....	62
Şekil C.1. Ultrasonik Test Cihazı Ölçüm Hazırlığı.....	63
Şekil C.2. Ultrasonik Test Cihazı Kalibrasyon İşlemi	63
Şekil C.3. Darbe Cihazı İle Mermer Dayanım Test	64
Şekil C.4. Emperador Tipi Mermerin Dayanım Testi.....	64



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	Si Programlama Dili
Cm	Santimetre
CSS	Cascading Style Sheets
C++	Si Plus Plus Programlama Dili
C#	Si Şarp Programlama Dili
Db	Desibel
EKK-DVM	En Küçük Kareler Destek Vektör Makineleri
Hz	Hertz
IC	Entegre Devre
IDE	Integrated Development Environment
kHz	Kilohertz
LS-SVM	Least Square Support Vector Machine
MEMS	Mikro Elektro-Mekanik Sistemler
MHz	Megahertz
Mm	Milimetre
MPa	Mega Pascal
STFT	Short Time Fourier Transform
TRS	Time Reporting System
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
YSA	Yapay Sinir Ağları
XML	Extensible Markup Language
µs	Mikrosaniye

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojik şartlarında ışık ve ses gibi olguların uygulamalarda kullanımı ağırlık kazanmıştır. Ses dalgalarının çalışma ve projelerde kullanılması ağırlık kazandıkça bu görünmez olgu ile yapılan çalışmaların doğruluk oranı da artmıştır. Normal yöntemlerin elverişsiz olduğu durumlarda ses dalgaları ile zaman açısından oldukça avantaj sağlanmaktadır. Ses, canlıların yaşadığı ekolojide işitme organları ile algılayabildiği periyodik basınç değişimleridir. Diğer bir deyişle ses, hava, katı, sıvı veya gaz ortamlarda oluşan düzensizliktir. Sesin oluşumu bir maddedeki moleküllerin titreşmesi sonucuna dayanır. Ses bir enerji türü olup bu enerjinin kuvvetine gürültü denir ve Desibel(dB) ile ölçülür. Sesin duyulabilmesi yani yayılması için hava gerekli olduğundan ses atmosfer dışında yayılmaz dolayısıyla duyulamaz.

Kurra (1982) sesi iki çeşit olarak ifade etmiştir. Bunlar fiziksel ses ve fizyolojik sestir. Fiziksel ses, bir cismin ortamda oluşturduğu titreşimler sayesinde basınç değişimleridir. Fizyolojik ses ise işitme organları tarafından basınç değişmelerinin duyulması olayıdır. Bu basınç değişmelerinin oluşturduğu titreşimlerin bir saniyede tekrarlanma sayısına Hertz sayısı (Hz) denmektedir (Çepel, 1988). Ses kaynağından 1 m uzaklıktaki ses basıncı sesin gücü olarak tanımlanır. Birim alandaki sesin gücüne ses yoğunluğu bu yoğunluk düzeylerine sesin şiddeti denir (Yazgan, 1980).

Sonometre ile ses basınç şiddeti ölçülür. Birimi Desibel (dB)'dir. Desibel insan kulağının hassas olduğu düşük, orta ve yüksek frekansların vurgulandığı bir birimdir (Yücel, 1995). Desibel fiziksel bir büyüklük değildir ancak hesaplamalarda kullanılan oransal ve logaritmik bir değerdir (Çepel, 1988). Sesin insan tarafından algılanması diğer canlılara nazaran farklılık göstermektedir. Normal bir insan 16-16000 Hz arasındaki sesleri duyabilmektedir. Ancak insan kulağı orta frekanstaki sesleri (1000-4000 Hz) algılayabilir. Bu algılamaları ölçmek için bir değerlendirme eğrisi oluşturulmuş ve bu eğri uluslararası "A" harfi ile belirtildiği için birim olarak da dB (A) olarak kullanılmaktadır (Yücel, 1995).

Ses dalgaları ile tüm insanlığa faydalı bir örnek verilecek olursa, uzun dönemli çalışmalarda insanın konsantrasyonunu stabil şekilde yüksek tutması çok zordur. Bu gibi durumlarda insanlar dikkat artırıcı ilaçlar kullanmakta ve konsantrasyonlarını yüksek tutmaktadırlar. Fakat bu ilaçların bir çoğunun kafein isimli uyarıcıyı içermesinden dolayı uzun ve yüksek dozlarda kullanımı unutkanlığa sebep olabilmektedir(Valerie Lesk,2004). Ancak özel ses kayıt stüdyolarında kayıt edilmiş belirli frekanslardaki beyini uyarıcı ses parçaları sayesinde insanlar odak yeteneklerini yüksek seviyelerde tutabilmektedir. Bunun sebebi ses dalgalarının amaca göre beyini Beta, Alfa, Teta veya Delta

dalgasına sokmaktadır. Beta dalgaları bir insanın normal uyanık bilinç hali, Alfa dalgası; dinlenme modundaki insanın hali, Teta dalgası uykuya geçiş hali ve Delta dalgası ise düşsüz uyku halidir. Çalışmalar beyinin en yüksek öğrenmesinin Alfa dalgasında gerçekleştiğini ortaya koymuştur(Swami Rama ve Emler Gren,1970).

İçinde bulunduğumuz çağda hayatımızın hemen her alanına girmiş olan teknolojik cihazlar sadece donanım birimlerinden oluşmaz. Donanım birimlerine akıllı bir şekilde istenilen işleri yaptıracak olan bir de yazılıma ihtiyaç vardır. Akıllı olan her donanım aygıtında, donanımı yönlendiren ve donanımın beyni hükmünde olan bir yazılım mutlaka vardır. Donanımın yazılım ile birleşerek akıllı bir makine haline getirilmesi sonucu elde edilen sistem gömülü sistemler olarak adlandırılmaktadır. Gömülü sistemler çoğunlukla tek bir işi yapmak için tasarlanmış akıllı cihazlardır. Gömülü sistemler basit bir anahtar kontrol devresi olabileceği gibi çok büyük fabrikanın tüm işlemlerini kontrol eden karmaşık yapılarda da olabilir (Şenel,2013).

Türkiye'nin jeolojik özellikleri ve depremselliği nedeniyle toplu yaşam alanlarında ve kırsallarda pek çok yıkıcı deprem olmaktadır. Bu depremler büyük can ve mal kayıplarına neden olmaktadır dolayısıyla ülkemizin ekonomik yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda göstermektedir ki yapılaşmanın niteliğine gerekli ve yeterli özen sağlanamamıştır. Yapı malzemelerinin niteliğinin belirlenmesinde tahribatsız/hasarsız deney yöntemleri; malzeme özellikleri, bir malzemede var olabilen süreksizlik türleri ve yerleri hakkında bilgi edilmesini sağlar. Bu deneyler malzemenin performansı yada güvenilirliğini değerlendirmede kullanılmaktadır. Ancak endüstride bu deney ölçümlerinin geçerli olabilmesi için standartların oluşturulmasına bağlıdır. Standartlar; sonuçların karşılaştırılmasında, ölçüm aletlerinin kalibrasyonunda, uniform tekrarlanabilir sonuçların güvenceye alınmasının belirlenmesine yardımcı olmak için kullanılmaktadır.(Ferhat vd., 2012).

Zeki yazılımlar zeki olmayan yazılımlara göre kullanıcıları tekrarlı veya gereksiz işleri yapmak durumundan kurtarmaktadırlar. Zeka'nın sözlük anlamı ise, düşünme, akıl yürütme, algılama, kavrama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tümüdür. Yapay zeka ise, insan üretimi olup zekaya sahip olmayan sistemlerin insanoğlu tarafından verilen zekadır. Yapay zeka sistemlerin öğrenebilmesi ve tecrübelerine dayanarak davranışlarını değiştirebilmesini mümkün kılmaktadır. Öğrenebilen sistemler ve robotlar giderek yaygınlaşmaktadır. Makinelerin öğrenmesini sağlayan ve yaygın olarak kullanılan en güçlü yöntem ise yapay sinir ağlarıdır.

Bu tez çalışmasında mermerlerin ses dalgalarıyla dayanımının tahmin edilmesi gerçekleştirilmiştir. Ses dalgalarının kaybının engellemesi için bir kabin tasarlanmıştır. Kabin tasarlanırken temperli cam kullanılmış ölçüm yapılacak

lokasyon için özel demir döküm torna aracılığıyla üretilmiştir. Cihaz üretiminden sonra on saniye boyunca 1kHz-20kHz frekansları taranarak mermerin yapay zeka ile 128 adet özneteliği çıkartılmış daha sonra pundit cihazı ile ölçülen hız değerleri öznetelik olarak eklenmiştir. Son olarak ölçülen farklı numunelerden elde edilen ölçüm sonuçları eğitim setine sokulmuş ve cihazın kendi kendine ölçülmesi sağlanmıştır.

Bu tezin birinci bölümünde ses dalgaları, yapay zeka ve yapı malzemelerinin dayanımının ölçülmesinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde dayanım tespiti, ses dalgaları ve yapay zeka ile çalışmamızla alakalı şu ana kadar yapılan çalışmalar sunulmuştur. Bu tezin üçüncü bölümünde kullanılan materyal ve yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde tezin gerçekleştirildikten sonra elde edilen sonuçlar ve doğruluk oranı ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ceylanoğlu ve G6rg6l6 (2001), çalışmalarında, aşındırma deney y6ntemleri ve y6zey kalitesinin belirlenmesi konuları ile ilgili literat6r araştırması yapılmış ve mermer birimleri için laboratuvar y6zey aşındırma deney sistemini oluşturmuşlardır. Daha sonra yedi değişik mermer biriminin bazı malzeme 6zelliklerini belirlemişler ve laboratuvar y6zey aşındırma deneyini gerçekleştirmişlerdir. Mermer malzeme 6zellikleri ile y6zey aşındırma deney sonuçları arasında oldukça y6ksek korelasyonlu ilişkiler elde etmişlerdir.

Hakan ve Sedat (2013), çalışmalarında, mermer 6retim atığı olarak ortaya çıkan iri parçalı mermer atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu amaçla mermer atıkları ve beton da kullanılan kırmataş agregaları 6zerinde agrega deneyleri yapılmıştır. Daha sonra mermer atığı agregası ve kırmataş agregasından beton 6retimi yapılmıştır. Her iki agregadan elde edilen beton numuneleri 6zerinde yapılan basınc dayanımı, Schmitd y6zey sertliği ve ultrasonik ses geçirgenliği mukayese edilmiştir. Sonuc olarak da mermer atıklı betonların değerlerinin kontrol grubuna çok yakın olduğu g6r6lm6řt6r ve parça mermer atıklarının beton agregası olarak kullanılması uygun olacağı d6ř6n6lm6řt6r.

Aybars ve Ahmet (2006), çalışmalarında, yapay zeka ve yapay sinir ağları kısaca tanıtılmış ve yapay zekanın internet 6zerindeki uygulama alanları 6zerinde durmuşlardır. Yapay sinir ağları içeren programları geliştirmek için kullanılan API'ler hakkında bilgiler verilmiştir. Bu teknikler kullanılarak web sayfalarını sınıflandırmayı amaçlayan bir araç geliştirilmiştir.

Turan vd.(2011), çalışmalarında, d6rt farklı oranda cam lif ilave edilerek elde edilen 300 ve 350 dozlu betonlara filler malzeme ile hacimce %25 ,%50 ,%75 ve %100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave etmişlerdir. Elde edilen numunelerin ultrases geçiş hızları, porozite değerleri, basınc dayanımları ve yarmada çekme dayanımları belirlenmiştir. Yapay sinir ağına girdi seti olarak dozaj, agrega miktarı, lif oranı, mermer tozu oranı, porozite, ultrases geçiş hızı ve basınc dayanımları değerleri seçilerek yarmada çekme dayanımları tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen YSA modeli ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Emine vd. (2010), çalışmalarında, kızıl 6tesi ısıl g6r6nt6lemenin arazi ortamın da kullanımını geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmanın amacı birçok katmandan oluşan tarihi taş duvarlardaki sorunların yapıya zarar vermeden ayrıntılı biçimde incelenmesini sağlamaktır. Bu amaçla, yapısal çatlaklar, nem problemleri ve malzeme bozulmazları gibi 6nemli problemleri olan Cenabı Ahmet Paşa Camisi(16.yy ANKARA), kızıl 6tesi ısıl g6r6nt6leme ve ultrasonik

muayene yöntemlerinden oluşan tahribatsız bir arazi çalışmasıyla incelenmiştir. Duvar yüzeyleri ve bu duvarlarda mevcut olan çatlaklar, bozulmalar, peş peşe çekilen ısı görüntüleriyle analiz edilmiştir. Ortamın ısınması ve soğuması ile birlikte yüzey sıcaklıklarındaki değişimler zamana bağlı olarak takip edilmiştir. Sonuç olarak farklı derinliklerdeki çatlakların, ısınma ve soğuma koşullarıyla dengeye gelme hızları arasındaki farklılıklar bulunmuş, kızıl ötesi ısı görüntüleme ile farklı derinliklerdeki çatlakların ayırt edilebileceği anlaşılmıştır.

Harun ve Ahmet (2011), çalışmalarında, mineral katkı olarak Elazığ yöresine ait vişne çürüğü mermer tozu, agrega olarak pomza taşı kullanılarak elde edilen taşıyıcı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliğini araştırmışlardır. Deneylerde kullanılan vişne çürüğü mermer tozu, çimento ağırlığının %0, %10 ve %20'si oranında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında maksimum tane çapı 16 mm olan pomza taşı kullanılmıştır. Basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri için 150×150×150 mm ölçülerindeki küp malzemeler hazırlanmıştır. Numunelere 7, 14, 28 ve 90 gün 20 derecede standart su kürü uygulanmıştır. Numunelerin basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve ultrasonik ses geçirgenlik hızları ölçülmüştür. Sonuç olarak %10 mermer tozu katkılı beton numuneler 28. gün sonunda kontrol betonuna göre daha iyi dayanım özelliği göstermeye başlamıştır. %20 mermer tozu katkılı hafif betonun basınç dayanımı değerleri kontrol betonuna göre daha düşük dayanım özelliği göstermiştir.

Özlem (2005), çalışmalarında, bir ses girdi cihazı ile alınan konuşmayı metine çevirmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda konuşmacının söylediği belirli Türkçe kelimeler analiz edilerek metne çevrilip; konuşmacı bağımlı, fonem-tabanlı, ayrışık bir ses tanıma sistemi geliştirmek istemiştir.

Hüseyin vd.(2001), çalışmalarında, iki doğal yapı taşından farklı boyutlarda kübik şekilli numuneler hazırlanıp test edilerek numune boyutunun tek eksenli basınç dayanımına etkisini araştırmışlardır. Her bir yapı taşının dayanımı NX standardında (54mm çaplı) silindirik numuneler hazırlanıp test edilerek ayrıca belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, numune boyutundaki artış ile yapıtaşlarının basınç dayanımının önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda tek eksenli basınç dayanımının boyut ile değişimini gösteren eşitlikler geliştirilmiştir. Ayrıca kübik şekilli numuneler ile NX standardındaki silindirik numunelerin basınç dayanımları karşılaştırılarak numune şeklinin tek eksenli basınç dayanımına incelenmiştir.

İpek vd. çalışmalarında, Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak konuşmacı kimliğinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Kişilerin farklı ses karakteristiklerine sahip olması ve bu özelliklerin matematiksel işlemlerle ortaya çıkarılması sayesinde ses tanıma sistemleri günlük hayatta sıkça kullanılmaya başlanmıştır.

Burada ses karakteristiklerinin ortaya çıkarılması ve Yapay Sinir Ağları ile konuşmacının belirlenmesi üzerinde durulmuştur. 7 kişiden alınan ses örnekleri bir dizi matematiksel işlemlerden geçirilerek her örneğe ait 260 tane cepstral katsayı hesaplanmış ve bunlardan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra Matlab programında yazılan Yapay Sinir Ağları, oluşturulan veri tabanına göre eğitilip test edilmişlerdir.

Akash vd. çalışmalarında, kaynak yetmezliği veya bölüm kaybını izlemek için çelik yapıların kritik yerlerinde çatlak yayılmalarını Ultrasonik muayene yöntemleri ile araştırmışlardır. Ultrasonik muayene yöntemleri yetenekli bir teknisyen gerektirir. Tercih edilen bir teknoloji sinyal geçmişi açısından yararlanılarak on-chip sinyal işleme kapasitesine sahip uzaktan boynuzsuz kalıcı kritik bir konumda monte edilmiş bir MEMS cihazı elde edilebilir. Biz ilk mikro dönüştürücüler için geometri, sinyal seviyelerini, kusur lokalizasyonu ve elektromekanik tasarım konularına ilişkin soruları gözden geçirdik. Çip, 85 mikron kadar bir çapa ve 3,5 MHz yakınındaki yüksüz bir doğal frekansı 180 polisilikon diyafram içeren 23 sensör elemanları vardır. Bu kapasitans-gerilim ölçümleri ve giriş ölçümleri de dahil olmak üzere karakterizasyon çalışmaları hakkında rapor verir.

Marisa ve Stefan (2012), çalışmalarında, taş heykelleri korumak için görsel denetim yanında fizik-mekanik parametrelere dayalı planlama gerektiğini incelemişlerdir. Ultrasonik darbe hızı yöntem ile tahribatsız, ucuz ve güvenilir bir sonuç elde edilebilir. Ultrasonik darbe hızı vasıtasıyla Münih (Almanya) da çeşitli mermer heykeller araştırılmış ve heykellerin tarihi 19.yy ortalarından 20.yy başına kadar olduğu sonucuna varılmıştır. Amaç ise mermer çürümesini değerlendirmek ve bazı özel durumlarda konsolidasyon tedavilerinin dayanıklılığını araştırmaktır.

Sarpün vd. (2009), çalışmalarında, ultrasonik hız ölçüm yöntemleri ile mermer örnekleri ve CaO değerleri oranına göre analiz etmişlerdir. Elastik modüllü mermer örneklerinde ultrasonik dalga hızı yayılımı uzunlamasına ve enine değerlendirilmiştir. Çizginin korelasyon faktörü yaklaşık 0,9 olduğu ve ayrıca uzunlamasına bir hız çapraz bir hıza göre daha doğrusallık gösterdiği gözlenmiştir. Bu yöntem antik Yunan zamanlardan beri, heykel ve mermer dekorasyonu için kullanılabilir hale gelmiştir. Sonuç olarak da elastik modüllü örnek CaO oranına doğrusal bir bağımlılığına sahip olduğunu gözlenmiştir.

Nweke (2013), çalışmasında, bir güneş enerjisi ile çalışan çok sesli ultrasonik kemirgen kovucu tasarlamak istemiştir. Tasarlanacak kemirgen kovucu tamamen zararsız olup tuzak ve kimyasal (poison) geleneksel yöntemlerin kullanılması ile karakterize edilmiştir. Entegre Devre (IC) zamanlayıcı osilatör frekansları üretmek için kararsız multivibrator modunda

bağlanmış ve sinyal 35 KHz, 38 KHz, 40 KHz ve 50 KHz frekanslarda ultrason yayan bir piezo kullanarak sese dönüştürülmüştür. Bir kaydıran yazmaç otomatik olarak oluşturulan belirli frekans saati tarafından belirli zaman aralığında gerekli kararsız multivibratör devresine gerilimi Vcc kaydırma tasarımı ile kurulmuştur. Güç kaynağı olarak elektrik erişilebilirliğinin olmadığı çiftlik ve bahçelerde güneş enerjisi cihazı başarıyla hayata geçmiş ve kullanımı etkinleşmiştir.

Adamu Murtala (2013), çalışmasında, Ultrasonik hareket algılayıcı cihazlar ilgi (izlenen alan) bir alana ultrasonik ses enerjisi yansıtmak ve yansıyan enerjiyi değişik bir desen ile tepkisini çekmek istemiştir. Sistem yansıtılan enerjinin hareket veya değişikliği tespit etmek için bir frekans kaymasına dayanan bir teknik kullanılmıştır. Bu sistemde, ultrasonik ses enerjisi normal olarak iletim cihazından aktarılır. İletilen ses tipi onun orta ve dalgalı hareket olarak algılanır. Dalga çevreden geri yansır ve cihaz korumalı bir ortamda bir perde özelliğini uygular. Bu sistemde, dalga deseni artırılması ve hareket algılandığında alarm sinyali geri daha çabuk ve rahatsız edici bir şekilde yansır. Bu çalışmanın amacı, düşük maliyetli ve taşınabilir hareket detektörü aracılığıyla hareket hissedilebilir bir devre tasarımına bağlı açma kapama tuşları başka devreyi tetiklemek için kullanılacak bir devre tasarımı yapmaktır. Genellikle, tasarım kapalı bir alanda hareket eden bir nesneyi algılamak için kullanılır. Bu çalışmada, bir verici dönüştürücü 40kHz frekansında bir sinyal üretir ve sinyal herhangi bir hareketli nesne tarafından engellendiğinde, bir zamanlama devresi üzerinden bir zil tetiklenir. Tasarım sonrası sistem test edilmiş ve şartnamelere uygun olarak çalıştığı tespit edilmiştir.

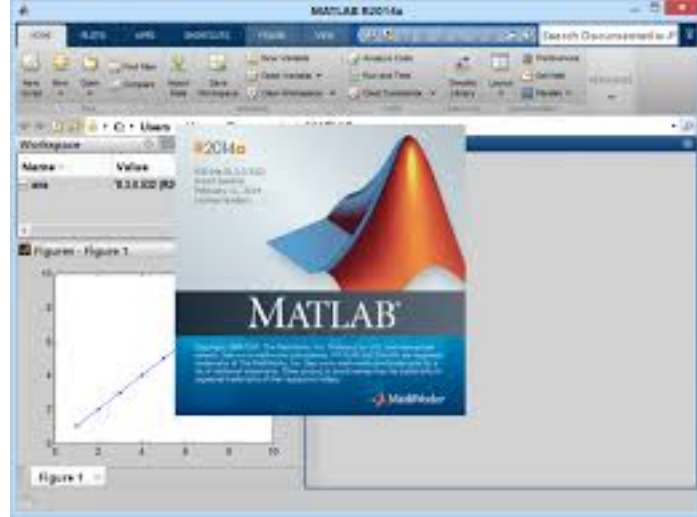
Halit vd. çalışmalarında, yapay sinir ağları ve tanıma sistemlerini incelemişlerdir. İnsanoğlu, mağara duvarlarına hayvan figürleri çizerek başladığı veri işleme sürecine artık insan gözüyle görülemeyecek küçüklükteki chip lerle devam etmektedir. Bu gelişimin 4000 yıl gibi geniş bir süreye yayılmış olmasına rağmen gerçek gelişim son 50 yılda gerçekleşmiştir. Bu gelişim sürecinde artık kendi zekasıyla yetinmeyen insan oğlu makineler de zeka verme uğraşı içindedir; artık amaç daha zeki, insan davranışlarını örnekleyebilen ve karar verebilen makineler üretmektir. Bu noktada karşımıza yapay zeka kavramı çıkmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Numunelerin dayanımının ses dalgaları ile tespiti için ilk olarak kabin tasarımı yapılmıştır. Gerekli donanım teçhizatı sağlanıp birbirleri ile ilişkilendirildikten sonra ses frekansları ile deneyler için MATLAB ile uygun ortamın modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme MATLAB Simulink ile sağlanmıştır. Numunelerin ölçümünün tamamlasından ardından ölçüm sonuçlarından öznitelikler çıkartılmıştır. 128 adet öznitelik çıkarıldıktan sonra bu değerler normalize edilmiştir. Sonrasında pundit cihazı ile numune içerisinden ses geçiş hızları tekrar ölçülmüş ve ait olan numuneye 129. Öznitelik olarak eklenmiştir. Son olarak numuneler dayanım cihazında tek eksenli basınç metodu ile kaç mPA basınca dayandığı tespit edilerek ölçüm işlemleri tamamlanmıştır. Elde edilen veriler iki farklı metod kullanılarak eğitime sokulmuştur.

3.1. MATLAB

MATLAB (matrix laboratory), çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil programlama dilidir. Yüksek performanslı ve teknik bir programlama dili olan MATLAB, MathWorks tarafından geliştirilmektedir. MATLAB kullanıcıya, matris işleme, fonksiyon ve veri çizme, algoritma uygulama, kullanıcı arayüzü oluşturma, C, C++, Java, ve Fortran gibi diğer dillerde yazılmış programlarla arabağlama imkanı tanır. MATLAB, yaygın olarak akademik ve araştırma kurumlarında ve endüstriyel işletmelerde tercih edilmektedir. EK A'da MATLAB yazılımının Windows ortamına kurulması işlemi basamaklar halinde verilmiş, Şekil 3.1.'de ise MATLAB Geliştirme Ortamı'na ait bir görüntü verilmiştir.



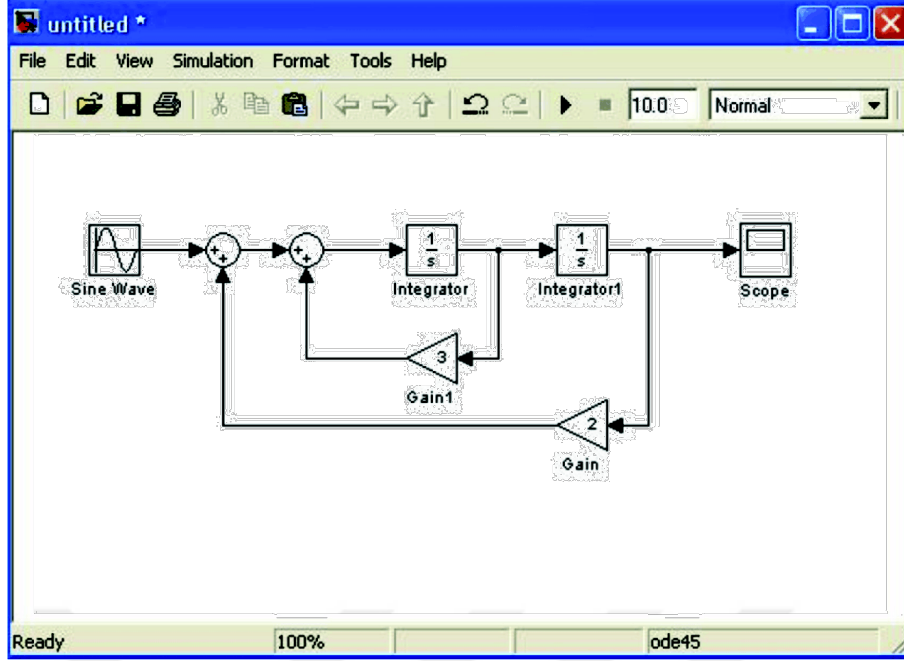
Şekil 3.1. MATLAB Geliştirme Ortamı

3.1.1. Hazır Fonksiyonlar

MATLAB'ın içinde barındırdığı bir çok teknik probleme çözüm olan geniş bir fonksiyon kütüphanesi vardır. Örneğin maksimum değeri bulan ve ortalama hesaplayan iki program ele alınırsa; diğer programlama dillerinde genellikle for ve while döngüleri ile mümkün olabilmektedir. Fakat MATLAB'ın kendi içinde hazır olarak bulundurduğu max(maksimum) ve mean(ortalama) komutları uzun kod satırlarını ortadan kaldırarak kullanıcıya zaman ve kolaylık kazandırmaktadır.

3.1.2. Simulink

Simulink, MATLAB ile birlikte çalışan bir simülasyon ortamıdır. Sürekli zamanlı veya ayrık zamanlı sistemleri yada her ikisini de barındıran hibrit sistemleri desteklemektedir. İçinde birçok alt sistemi blok olarak barındırmaktadır. Bu durum birçok sistemi bir-kaç dakikada sürükle-bırak yöntemi ile kurarak simüle edilebilir hale getirmektedir. Değişik durumlardaki cevabı test edilebilmektedir. Simulink kullanıcılara geniş yelpazede bir blok kütüphanesi sunmaktadır. Bu zengin kütüphanede değişik durumlardaki cevapların testini mümkün hale getirmektedir. Şekil 3.2.'de Simulink ile modellenmiş örnek bir simülasyon verilmiştir.



Şekil 3.2. Simulink ile Modellenmiş Örnek Bir Simulasyon

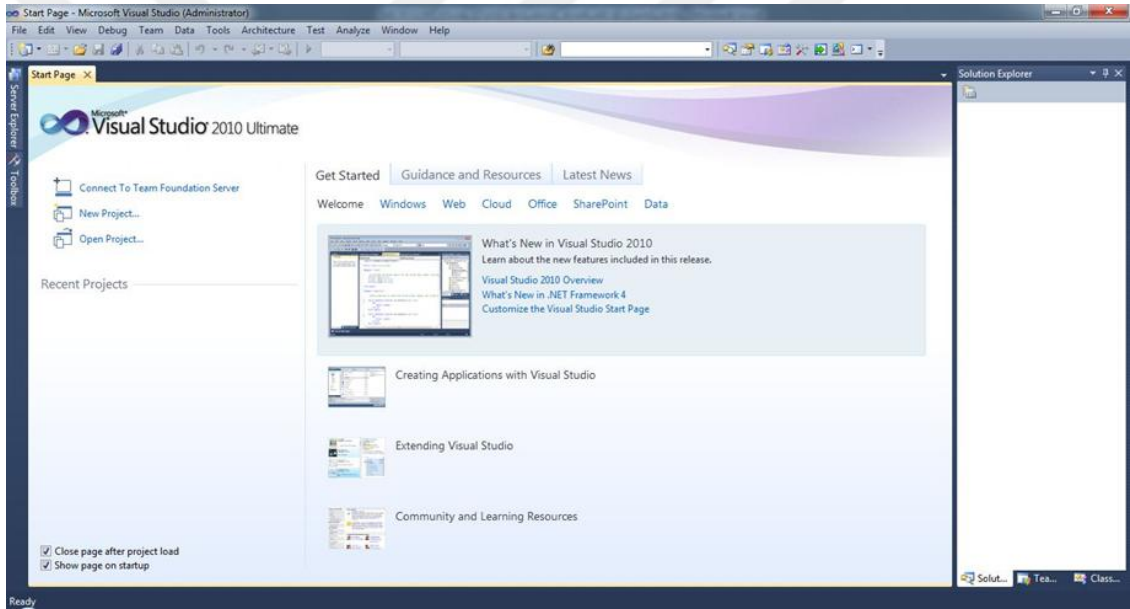
3.2. C# Programlama Dili

C# Programlama Dili, Microsoft'un geliştirmiş olduğu programlama dilidir ve aynı zamanda Microsoft tarafından geliştirilmiş .NET Teknolojisi için geliştirilmiş dillerden biridir. C# hem makine diline hem de insan algısına eşit seviyede olması sebebiyle .NET orta seviyeli programlama dillerinden olması kabul görmüştür. Ayrıca nesneye yönelik programlama kavramının gelişmesine katkıda bulunan en aktif programlama dillerinden biridir.

3.2.1. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio, Microsoft tarafından geliştirilen bir tümleşik geliştirme ortamıdır (IDE). Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework ve Microsoft Silverlight tarafından desteklenen tüm platformlar için yönetilen kod ile birlikte yerel kod ve Windows Forms uygulamaları, web siteleri, web uygulamaları ve web servisleri ile birlikte konsol ve grafiksel kullanıcı arayüzü uygulamaları geliştirmek için kullanılır(Ferat,2013).

Visual Studio, herhangi bir diğerk IDE gibi, sözdizimi vurgulama ve kod tamamlama destekleyen sadece değişkenler, fonksiyonlar ve yöntemler değil, aynı zamanda döngüler ve sorgular gibi dil yapıları için IntelliSense kullanan bir kod editörü içerir. IntelliSense, web site ve uygulamaları geliştirirken dahil edilen diller ile beraber XML, CSS ve JavaScript desteklemektedir. Otomatik tamamlama önerileri, modsuz bir liste kutusu içerisinde, kod editörü üzerinde açılır (Ayaner,2016). Visual Studio arka plan derleme özelliği de içerir ve kod yazılırken, sözdizimi ve derleme hataları hakkında geri bildirim sağlayabilmek için Visual Studio arka planda derleme yapar. Şekil 3.3.'de Visual Studio Geliştirme ortamına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.3. Visual Studio 2010 Çalışma Ortamı

3.3. Yapay Zeka

Yapay zekâ, bilimsel adıyla mantıksal analiz robotu; bir bilgisayarın, sistemin veya bilgisayar kontrolündeki bir robotun çeşitli faaliyetleri zeki canlılara benzer şekilde yerine getirme kabiliyeti (Britannica,2016). Yapay zekâ, insanın düşünme yetisini ve yöntemlerini analiz etmeye yönelik bir yöntemdir.

3.3.1. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, spesifik bir alanda, gerçek verilerden derlenen bilgiler ile kendini geliştirebilme yeteneği de olan yazılımlardır. Tasarlanan her uzman sistem öğrenme yetisine sahip olmayabilir fakat her uzman sistem elindeki veriler ile gerçek problemler karşısında insan ile aynı sonuca ulaşmalıdır. Uzman sistemler yöneylemsel araştırma, sistem teorisi, uygulamalı matematik, iş süreçleri ve bilim yönetimi konularıyla ilişkilidir.

3.3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin bilgileri işleme tekniğini baz alınarak geliştirilmiş bir teknolojidir. YSA'lar ile biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilir. Bu sistemde sinir hücreleri nöronlar içerir ve bu nöronlar özel olarak bağlanarak ağ oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve bilgiler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaktadırlar. Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik bağlantıların sağlanmasıyla gerçekleşmektedir. Sistem yeni veriler ile tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır. Bu süreç devam ettikçe yeni bağlantılar oluşur ve öğrenme gerçekleşir. YSA'lar, birçok işlem biriminden oluşan matematiksel sistemler bütünüdür. Bu sistemin barındırdığı bir işlem birimi, aslında transfer fonksiyonu olan bir denklemdir. Bu fonksiyon, diğer nöronlardan sinyalleri alır, ilişki kurar, dönüştürür ve bir sonuç elde eder.

Çoğu YSA'da, benzer nitelikteki nöronları gruplar halinde tutarlar ve transfer fonksiyonları senkron olarak çalıştırılırlar. Tüm ağlar, veri alıp veren nöronlara sahiptirler. YSA'larda fonksiyonun temel yapısını nöronların büyüklüğü ve işlem elemanlarının işleyiş biçimi belirler. (Ercan,2006).

3.3.3. Normalizasyon

Yapay sinir ağlarında, ağ giriş ve çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak yapay sinir ağına sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilebilir. Ağ giriş-işlem fonksiyonları, ağ kullanımını daha iyi bir forma dönüştürür. Normalleştirme işlemi ham verilere uygulanarak ve bu verilerin eğitim için uygun veri setinin hazırlanmasına etkisi vardır. Yapay sinir ağların eğitimi, ham veri setine normalizasyon yöntemi uygulanmadan çok yavaş olabilir. Normalleştirme işlemlerinde farklı teknikler kullanılabilir. Literatürde birçok veri normalizasyon çeşidi vardır. Bunlar; Min kuralı, Max kuralı, Medyan, Sigmoid ve Z-Score gibi kurallar olarak sıralanabilir (Jayalakshmi,2011).

3.4. Sezgisel Algoritmalar

Bilgisayar alanında, buluşsal(heuristic) ya da sezgisel bir problem çözme yöntemidir. Bu çözme yönteminde sonucun doğruluğunun kanıtlanabilir olup olmadığının önemi yoktur ancak genelde iyiye yakın çözüm yolları elde edilir. Sezgisel algoritmalar ise geçiş süresinde daha verimli hale gelebilmek için en iyi çözümü aramaktan vazgeçerek çözüm zamanını azaltan algoritmalarlardır. Sezgisel algoritmalar ile en iyi sonucun bulunacağı garanti edilemez ancak tolerans gösterilebilir bir süre içerisinde bir çözüm elde edecekleri garanti edilebilir. Genellikle en iyiye yakın olan çözüm yoluna hızlı ve kolay bir şekilde ulaşırlar.

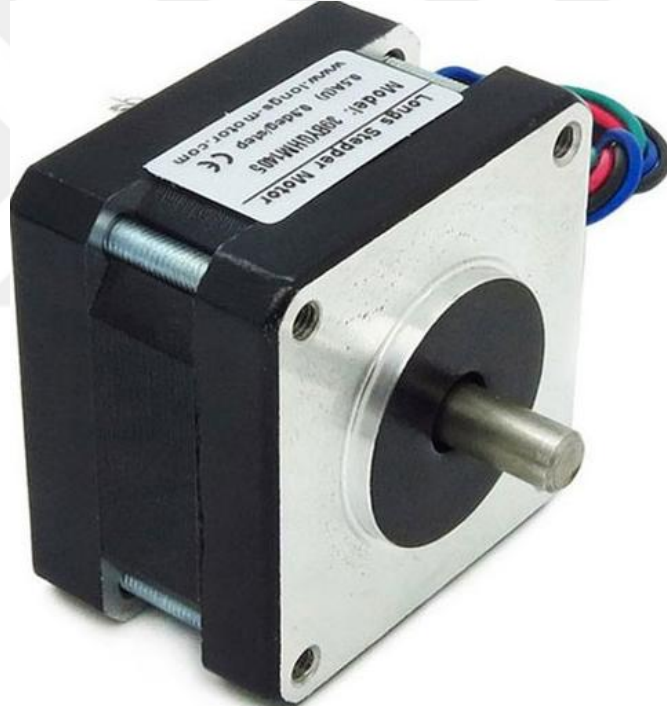
Sezgisel arama algoritmalarına örnek olarak

- A* araması (A star)
- Demet araması (Beam search)
- Tırmanış Araması (Hill climbing)
- En iyi öncelikli arama (Best first search)
- Açgözlü en iyi öncelikli arama (Greedy best first search)

Heuristic diğer bir anlamıyla; bir düğümden (node) başka bir düğüme olan en kısa yolun maliyetini hesaplayan fonksiyonlar olarak bilinir. Bilgisayar bilimlerinde en kısa yol bulmak için kullanılan algoritmalarından birisidir (Harunaygun,2016).

3.5. Step Motor

Step motorlar diğer adıyla adım motorları, açısız konumunu adım adım değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülebilen motorlardır. Step motorun hareketini sağlamak için uygulanan adımlar motor sargılarına uygun sinyaller göndermekten ibarettir. Bu uygulanan adımların açısı motor yapısına bağlı olarak 1.8 °, 7.5 °, 18 °, 45 °, 90°, veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir (Kenjo,1984). Step motorların çalışmasına örnek olarak; 300 adımlık bir step motor, bir turda 300 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı $360/300 = 1,2$ derecedir. Bu işlem sonucunda çıkan değer, step motorun hassasiyetini gösterir. Şekil 3.4.'de örnek bir step motor görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.4. Örnek Bir Step Motor

3.6. Step Motor Sürücü

Step motorları talep edilen hızda ve yönde çalıştırmak için ilgili motorun sargılarına belli sıralarda pulsler uygulanmalıdır. Step motorun ne kadar adım atacağı ise uygulanan pulsere bağlıdır. Bu pulsler uygulanacağında basit bir

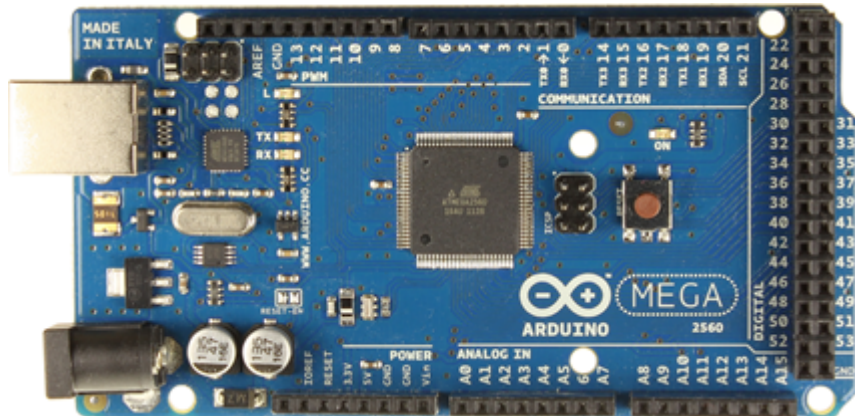
anahtarlama sistemi ile yapılabileceği gibi, bu işlemi yapan kartlara ise sürücü devresi veya kontrolör denir. Bu sürücü devreleri sayesinde step motorların istenilen hız, hassasiyet ve yönde çalıştırmak mümkündür. Şekil 3.5.'de hazır bir sürücü devresi görüntüsü paylaşılmıştır.



Şekil 3.5. Step Motor Sürücü

3.7. Arduino Mega

Arduino Atmega 2560 tabanlı bir mikrokontrolördür. Kart üzerinde mikrodenetleyicinin çalışması için gerekli olan her şey bulunmaktadır. Kolayca USB (Universal Serial Bus) kablosu üzerinden bilgisayara bağlanabilir, adaptör veya pil ile çalıştırılabilir. Şekil 3.6. Arduino Mega'ya ait bir resmi göstermektedir.



Şekil 3.6. Arduino Mega (Atmega 2560)

3.8. Amplifikatör

Ses sistemlerinde ses gücünü ve kalitesini artırmak amaçlandığında yükselteç devreleri kullanılır. Kaynaktan çıkan ses sinyallerini güçlendirerek hoparlörlere gönderir. Amplifikatör içindeki entegre ve bu tür yarı iletken maddeler kasa üzerine yüzeyleri temas edecek şekilde montajlanmaktadır. Bunun sebebi ise aşırı ısınmaya karşı bir önlemdir. Ancak fan barındıran modeller de bulunmakta ve amplifikatörün soğumasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan amplifikatör 6 adet mikrofon, 5 adet Line TRS, 1 adet Enstruman TRS ve 1 adet USB Memory Stick girişlerine sahiptir ve 40hm/100V çıkışa sahiptir. Şekil 3.8.'de tez çalışmasında kullanılan amplifikatöre ait bir görüntü paylaşılmıştır.



Şekil 3.8. Amplifikatör

3.9. Hoparlör

Elektrik akımı değişimlerini ses titreşimlerine çevirmek için kullanılan aygıttır. Hoparlörün yapısında bir diyafram ve bunun merkezinde güçlü bir manyetik alan içinde dönen küçük bir bobin bulunur. Bobinden alternatif akım geçmesiyle beraber diyaframın aynı frekansta titreşmesini ve böylece ses dalgaları yaymasını sağlar. Bu çalışmada Pioneer firmasının üretmiş olduğu TS-G1021 kodlu 10cm çapındaki hoparlör kullanılmıştır. Bu çalışmada yüksek frekanslarda çalışılmasından dolayı bu hoparlör seçilmiştir ve hoparlörün tepki verdiği frekans aralıkları 45 - 26000 Hz'dir. Şekil 3.9.'da bu çalışmada kullanılan hoparlöre ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.9. Pioneer TS-G1021 Hoparlör

3.10. Mikrofon

Mikrofon, kendi bünyesine gelen ses dalgalarını elektriksel titreşimlere çeviren bir cihazdır. Mikrofon ses dalgalarına göre sinyal gerilimi verdiği için hoparlörü tamamlayan bir unsurdur. Mikrofonlar sinyal üretirken fiziksel prensiplere göre çeşitlilik göstermektedirler. Bunlara örnek olarak bağlantı direncinin değişimi, piezo elektrik, elektromanyetik ve manyetostriksiyon olarak gösterilebilir. Bütün mikrofonlar ses dalgalarına tepki gösteren çeşitli şekillerde yapılmış diyafram ya da benzeri bir elemana sahiptir. Mikrofona gelen ses dalgaları diyaframa çarpar ve ses basıncındaki değişikliklere göre diyafram içe veya dışa doğru hareket ederek mekanik titreşim yapar. Bu titreşimler sonucunda mikrofonun çıkış uçlarında bir gerilim meydana gelir (İstanbulfelsefe,2016).

3.11. Mermer

Mermer, metamorfizma olayı sonucunda kalker ve dolomitik kalkerlerin yeniden kristalleşmesiyle meydana gelmiş bileşim olmakla beraber %90-98'i Kalsiyum karbonat'dan oluşmaktadır. Düşük oranda Magnezyum karbonat içermektedir. Kalsiyum karbonat'dan oluşan mermer türlerinde ilk göz önünde bulundurulmuş mineral "Kalsit"tir. Aynı zamanda az miktarda silis, silika, feldspat, demiroksit, mika, florin ve organik maddeler bulunabilir. Renkleri beyaz ve grimsidir olabilir ancak yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimsi, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler. Endüstriyel anlamda "mermer"; kesilip parlatılabilen her cins taş mermer olarak kabul edilmektedir. Taşın cinsi ve içeriği ne olursa olsun büyük ebatla blok elde edilebilme, kesilme ve cilalanma gibi özellikler göstermesi, o taşın mermer olarak kabul edilmesine kafi gelmektedir. Bunlardan granit, diyabaz, löslü siyenit, fanolit ve serpantinler gibi magmadan türeyen kayalar da bu suretle mermer tanımının içine girmektedir (Mustafa,2012).

3.11.1. Hakiki Mermer

Sıcaklık ve basıncın yüksek olduğu durumlarda kalkerlerin yeniden kristalleşmesi sonucunda meydana gelmiş birleşimdir. Bu değişim meydana gelirken dokusal olarak değişimler görülür. Bu mermerlerin renkleri genellikle beyazdır. Boyutları çok önemli bir özelliktir ve bu mermerler ilk olarak boyutlarıyla değerlendirilir. Yüksek oranda kalsiyum karbonat içermektedir. Düşük oranda magnezyum karbonat içermektedir. Şekil 3.10.'da ölçümlerde kullanılan iki adet hakiki mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.10. Hakiki Mermer

3.11.2. Gözenekli Traverten

Gözenekli travertenler suyun derinliğine, ısınma hızına, buharlaşmanın ve karbondioksitin kaybına bağlı olarak oluşmaktadır. Gözenekleri çok büyüktür. Süngerimsi görünümündedir. Oksidasyonun fazla olmasına bağlı olarak renkleri kahverengidir. Şekil 3.11.'de ölçümlerde kullanılan iki adet gözenekli traverten numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.11. Gözenekli Traverten

3.11.3. Oniks

Kalsiyum karbonat içeren suda sıcaklığın çok düşük olması sonucunda çökelmenin oluşmasıyla meydana gelen kayalardır. Oniks mermerlerini oluşturan suların içeriğinde daha fazla madeni tuz bulunmaktadır. Farklı renklerde birçok katmana sahiptir. Oniks katmanlarının renkleri oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Oniksler içerdikleri renk katmanlarına göre çeşitlenmektedir. Şekil 3.12.'de ölçümlerde kullanılan iki adet oniks numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.12. Oniks

3.11.4. Limra

Kireç taşının biraz daha mermer-kireç taşı arasındaki bir sertliğe gelmiş şeklidir. Açık krem renklidir. Çok daha homojen bir taştır. İşlenmesi kolaydır. Estetiğinin yanı sıra yalıtım özelliği de bulunmaktadır. Diğer bilinen mermerlere göre üç kat daha iyi ısı yalıtımını sağlamaktadır. Limraların yumuşak ve süngerimsi yapısı darbelere ve hava şartlarına dayanıklılığını düşürmektedir. Şekil 3.13.'de ölçümlerde kullanılan iki adet limra numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.13. Limra

3.11.5. Andezit

Renkleri koyudur. Volkanik yüzey kayalardandır. Andezit kayaları, okyanus tektonik plakalarının üst üste gelme alanlarında kıta kenarları boyunca bulunmaktadır. Kalsiyum içerikli kayalara göre daha dayanıklıdır ve magmatik kayalara göre de daha kolay işlenebilmektedirler. Ankara'nın Gölbaşı Bölgesi'nde çok fazla miktarda bulunduğu için Türkiye'de Ankara Taşı olarak bilinmektedir. Şekil 3.14.'de ölçümlerde kullanılan iki adet andezit numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.14. Andezit

3.11.6. Burdur Bej

Burdur bej mermer çok sert bir yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı suyu emmez ve yüzyıllar boyunca aşınma göstermez. Renkleri beyazdır. Bir çok beyaz renkli mermer veya granit kullanıma başlandıktan sonra güneş ışınlarına maruz kalarak ya estetik görünümünü kaybettiği ya da matlaştığı gözlemlenirken Burdur Bej Mermer doğal yapısı gereği olarak güneş ışınlarını absorbe ederek gözleri yormayan bir yansıtma yapar. Şekil 3.15.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Burdur Bej mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.15. Burdur Bej

3.11.7. Sarı Traverten

Sarı travertenler Karabük ilinin Eskipazar yöresindeki taş ocaklarından çıkan bir mermer türüdür. Bu bölgedeki sarı travertenler, morfolojik görünümleri itibariyle sırt tipi travertenler olarak sınıflandırılabilir. Sarı travertenlerin içerisindeki demir miktarı sarı travertenlerin rengini belirlemekteki en önemli unsur olarak bilinmektedir. Travertenin içerisindeki organik madde miktarı su sıcaklığının artmasıyla azalma göstermektedir. Sarı travertenler diğer travertenler gibi çürüme yapmaz. Bakteri barındırmayan ve yosun tutmayan bu traverten zaman geçtikçe kemikleşir. Döşeme, kaplama gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Şekil 3.16.'de ölçümlerde kullanılan iki adet sarı traverten mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.16. Sarı Traverten

3.11.8. Mermer(Aydın)

Aydın bölgesinden çıkarılan mermerler ince kristalli ve beyaz renge sahiptirler. Çok eski çağlardan bu yana heykeltçilik ve mimari gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Burada çıkarılan mermer M.Ö. 5. Yüzyılda Afrodisias Antik Kenti'nde o dönemin ilk Heykeltıraş Okulu'nun burada kurulmasının asıl sebebi olmuştur. Bu okul en önemli turizm merkezlerinden biridir. Dünyanın dört bir yanından binlerce turist dünya harikası bu yeri görmek için ziyaret etmekte ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadırlar. Şekil 3.17.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Mermer (Aydın) mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.17. Mermer(Aydın)

3.11.9. Normal Mermer

Dolomit, konglomera gibi türleri vardır. Dolomitler bileşiminde $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ olan ve karbon bileşiği bir çift olan kalsitten ayrı özellikteki bir mineraldir. Dolomit kireç taşlarından CaO yerine bir miktar veya tamamen MgO 'nun gelmesi ile oluşmaktadır. Bileşimi açısından kireç taşlarıyla ilişkili olup düzeyde daima kireç taşları ile geçişlidir. Bünyesindeki kalsit ve dolomit oranlarına göre bazı araştırmacılar dolomiti sınıflandırmışlardır. Konglomera ise kum ve çakılların basınç etkisiyle zamanla sertleşmesi sonucu oluşan kütlelerdir. Doğal çimento ve çakıl bileşimlerinin yanında çakılların boyutları arasındaki ilişkiye göre isimlendirilebilir. Şekil 3.18.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Mermer(Aydın) mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.18. Normal Mermer

3.11.10. Granit (Eskişehir)

Eskişehir'in güneydoğusundaki Sivrihisar bölgesi civarında bulunan granit feldispat ve amfiboldan ibarettir. Bu bölgedeki granit taneli dokuludur ve batıya doğru bu dokusal özelliği değişmektedir. Kuvars çok az miktardadır ve varlığı mikroskopla belirlenebilmektedir. İri taneli ortoz kristallerinde karlspat yapışıklılığı gözle görülebilmektedir. Bu granitin rengi beyaz ve gri renkli, amfibollu bir granittir. Şekil 3.19.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Granit(Eskişehir) mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.19. Granit(Eskişehir)

3.11.11.Traverten (İran)

Kırmızı traverten olarakta bilinen bu traverten çeşidi diğer travertenler gibi fazla bilinmemekte ve rezervi sınırlı olması sebebiyle üretimi kısıtlıdır. Son yıllarda farklı kırmızı traverten çeşitlerine yapılan yatırımlar ve yeni ocakların faaliyete geçmesi ile üretimle birlikte talepte artmaktadır. Plaka, fayans gibi ürünlerde mat görünüm elde etmek için bu traverten çeşidi kullanılmaktadır. Şekil 3.20.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Granit (Eskişehir) mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.20. Traverten İran

3.11.12. Bej Pembe

Bu mermer çeşidi kullanım şekline göre parlatılarak kullanılmaktadırlar. Suyu emme oranı düşüktür. Görünümü itibariyle estetik amaçlı olarak görsel mimari yerlerde kullanılmaktadırlar. Oldukça serttirler. Darbelere karşı dayanıklıdırlar. Eğilme direnci yüksektir. Nem oranları düşüktür. Şekil 3.21.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Granit (Eskişehir) mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.21. Bej Pembe

3.11.13. Antalya Bej

Bu mermer çeşidi renk olarak homojen ve rezerv sıkıntısı bulunmamaktadır. Basamak, döşeme, kaplama, gibi alanlarda kullanılmaktadır. Şekil 3.22.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Antalya Bej mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.22. Antalya Bej

3.11.14. Emperador

Açık ve koyu renkli olarak farklılık göstermektedir. İç ve dış mekan yer döşemeleri ve duvar kaplamaları, basamak, banyo ve mutfak tezgahları, süpürgelik, denizlik, eşik gibi yerlerde oldukça fazla kullanılır. Baasınca karşı oldukça dayanıklıdır. Cila alma özelliği oldukça iyidir. Sert bir mermer çeşididir. Sağlam bir yapıya sahiptir. İşlenebilirlik ve görünüş açısından oldukça kullanışlıdır. Şekil 3.23.'de ölçümlerde kullanılan iki adet Emperador mermer numunesine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.23. Emperador

3.12. Ultrasonik Test Cihazı

Yapı malzemelerinin denetlenmesi ve değerlendirilmesi için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de ultrasonik test cihazı ile değerlendirme yöntemidir. Ultrasonik test cihazı, alıcı ve verici arasında oluşturulan ultrasonik ses dalgalarının yapı malzemesi içerisindeki geçiş süresinin belirlenmesi esasına dayanır. Bu hasarsız yöntem, çok sayıda nokta üzerinden okuma yapılabilmesi, zamandan tasarruf sağlanması ve taşıyıcı elemanlara zarar vermemesi açısından tercih edilir (Atacanute,2016). Ultrasonik Test Cihazı, yapı malzemeleri numuneleri üzerinde çatlak-boşluk veya olası diğer kusurları tespit etmek amaçlı kullanılabilceği gibi kalite kontrol amaçlı da kullanılabilir. Tamamen portatif ve taşınabilir, hasarsız test yapabilmekte, dik çatlakların derinliğini hesaplayabilmektedir. Ölçüm Aralığı 0,1 – 9999 μ s arasındadır ve ölçüm hassasiyeti 0,1 μ s'dir, metrik ve inç olarak ölçüm yapabilmektedir, 500 okumayı hafızasında saklayabilmektedir. Komple iki adet 55 kHz transdüktörü, bir adet kalibrasyon çubuğu (51 μ s), iki adet 3.7 metre kablosu ve ultrasonik jeli kullanılmaktadır. Şekil 3.24.'de bu çalışmada kullanılan test cihazına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.24. Ultrasonik Test Cihazı

3.13. Dayanım Test Cihazı

Yapı malzemelerinin dayanımları nokta yükleme deney düzeneği sayesinde silindirik, dikdörtgen veya kare numuneler üzerinde veya arazide düzensiz blok numuneler kullanılarak belirlenebilmektedir. Dayanım test cihazlarında tek eksenli basınç deneyi yönteminde numune iki plaka arasında yerleştirilir ve hidrolik olarak uygulanan yük üst kısımdaki plakayı kaldırır. Üst kısım ise çerçeveye sabitlenmiştir. Bu çerçeve düzensiz numunelerin yerleştirilebileceği şekilde tasarlanmıştır. Uygulanan yük cihaz üzerinde anlık olarak görülebilmektedir ve ayrıca yükleme hızı cihaz üzerinden ayarlanabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan dayanım test cihazına ait bir görüntü Şekil 3.25.'de verilmiştir.



Şekil 3.25. Dayanım Test Cihazı

3.14. Yapı Malzemelerinin Dayanımının Belirlenmesinde Kullanılacak Ses Ölçüm Kabini

Denemelerin yapılması kapsamında ses frekansı üretim alt yapısında ses kayıplarının mümkün olduğu kadar az olması için zemini galvaniz sac, etrafı 22 mm temperli camdan ses ölçüm kabini oluşturuldu. Şekil 3.26.'de temperli camdan ses ölçüm kabini gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Temperli Cam İle Oluşturulmuş Ses Kabini

Her ebattaki yapı malzemelerinin ses kaybı olmadan ölçümü için demir borular tornalanarak birbirine geçmeli şekilde ses iletimi deneyleri yapıldı. Şekil 3.27.'de geçmeli boru üretim aşamalarındaki resimler gösterilmiştir.

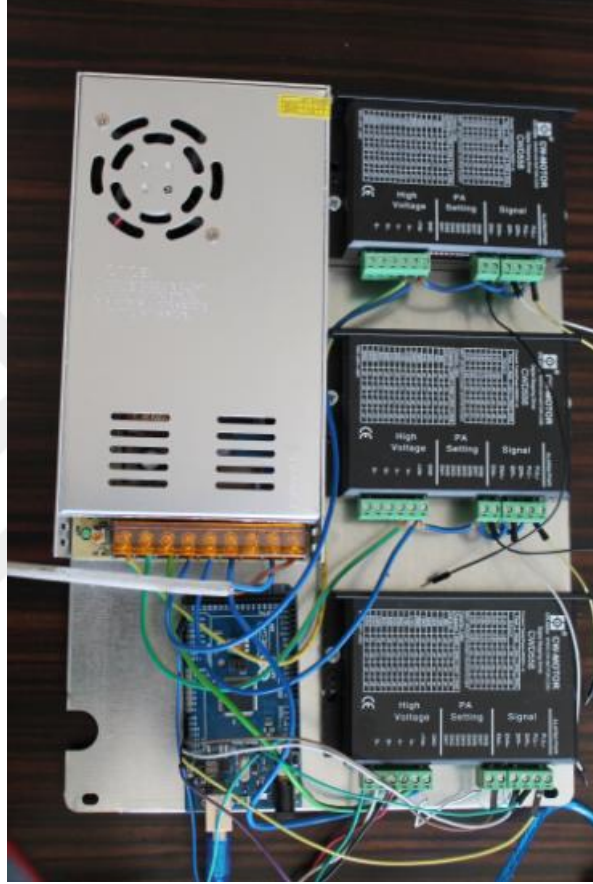


Şekil 3.27. Geçmeli Boru Üretim Aşamaları

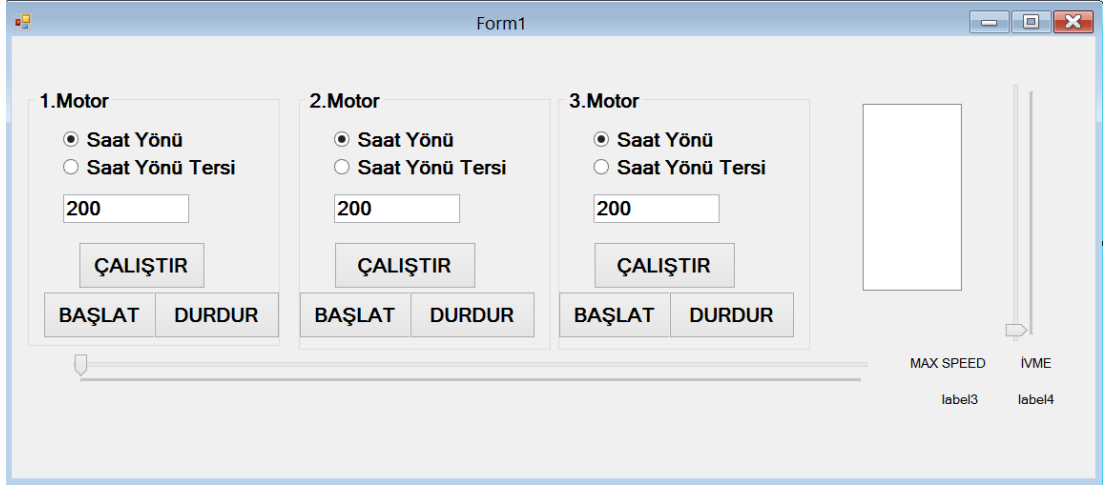
3.14.1. Hareket Mekanizmasının Kabine Eklenmesi

Geçmeli boruların birbirlerine bağlanması ile bu boruların hareket etmesi için torna ile borulara dişler yapıldı. Bu dişler yapılırken step motorlara uygun boyutta olmasına dikkat edildi. Ayrıca bu sistemde kullanılan boruların ağırlığının fazla olmasından dolayı step motorlar 8,5 Newton güçte seçildi. Step motor ve geçmeli boruların birleşmesinin ardından motorları sürmek için Arduino Mega ile uyumlu step motor sürücüler sisteme dâhil edildi. Step motor, sürücü ve Arduino bağlantıları sağlandıktan sonra C# programlama dilinde bu

motorların istenilen adımda ve ivmede hareketi için yeni bir yazılım geliştirildi. Bu geliştirilen yazılımda her motoru ayrı ayrı kontrol edebilmek için ayrı formlar oluşturuldu. Ayrıca adım girişi sağlanarak kullanıcının girdiği adım değeri kadar step motorun sürülmesi ve değer bittiğinde otomatik durması sağlanmıştır. Şekil 3.28.'de step motor sürücülerin ve Arduino bağlantısına ait bir resim, Şekil 3.29.'da ise geliştirilen yazılıma ait arayüzün bir görüntüsü verilmiştir.



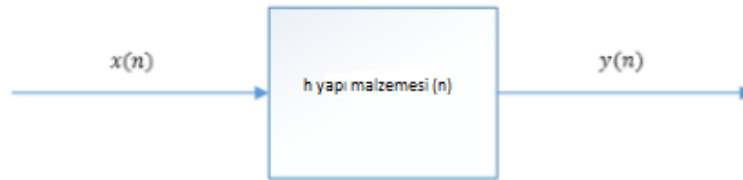
Şekil 3.28. Step Motor Sürücülerini ve Arduino Bağlantıları



Şekil 3.29. Geliştirilen Yazılıma Ait Arayüz

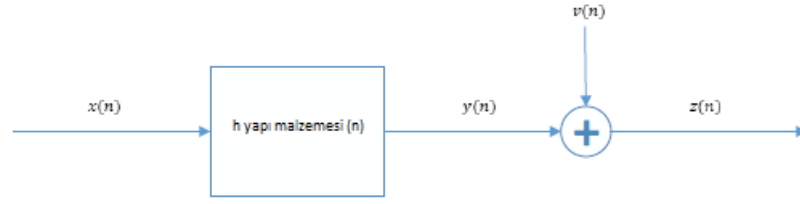
3.15. Matematiksel Dönüşümler Ve Rezonans Frekansı

Yapı malzemesinin dayanımının tahmin edilmesi için cihazı tasarımı safhasında yöntem olarak, yapı malzemesinin bir tarafından üretilen sesin, diğer taraftan alınması ile dayanım hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmaktadır. Bilindiği üzere her maddenin kendine özgü bir doğal frekansı vardır ve maddeler doğal frekanslarına eşit bir frekansla uyarıldıklarında rezonans durumuna geçerler (Katsuhiko,2003). Bu sayede farklı frekanslardaki ses dalgalarının ilgili maddeyi uyarması ile doğal frekanslar elde edilebilmektedir. Fakat yapı malzemelerinin iç yapısı; hava boşlukları ve çatlaklar sebebiyle oldukça heterojen olabilmektedir ve iç yapıyı oluşturan farklılıkların her biri kendine özgü bir doğal frekansa sahiptir. Böylelikle farklı frekansların tek tek denenmesi ile tek bir rezonans durumu elde edilmesi mümkün gözükmemektedir. Bu sebeple yapı malzemesi, ses dalgaları için tek giriş tek çıkış (SISO) bir kanal olarak kabul edilerek doğrusal ve zamanla değişmeyen (LTI) bir sistem olarak modellenenbilir (Şekil 3.30) (Luis,2015).



Şekil 3.30. Yapı Malzemesinin Doğrusal-Zamanla Değişmeyen Kanal Modeli Gösterimi

Yapı malzemesi içerisinde geçen ses dalgaları; yansıma, emilim, zayıflama, saçılım, kırılma gibi kanal etkilerine maruz kalacaktır (Davide,2003). Şekil 3.30'da verilen kanal modeli tüm bu etkileri içerecek şekilde tasarlanmalıdır. Buna ek olarak tasarlanacak cihaz, kullanılabileceği yerlerin yapısı sebebiyle, akustik, kalabalık ve ısı etkileri sebebiyle birçok gürültüye maruz kalacaktır. Mekanik olarak bu gürültülerin azaltılması sağlanabilmekte fakat sistemin tamamen izolasyonu mümkün olmamaktadır (Benard,2001). Bu sebeple kanal modeli Şekil 3.31'deki hale gelmektedir.

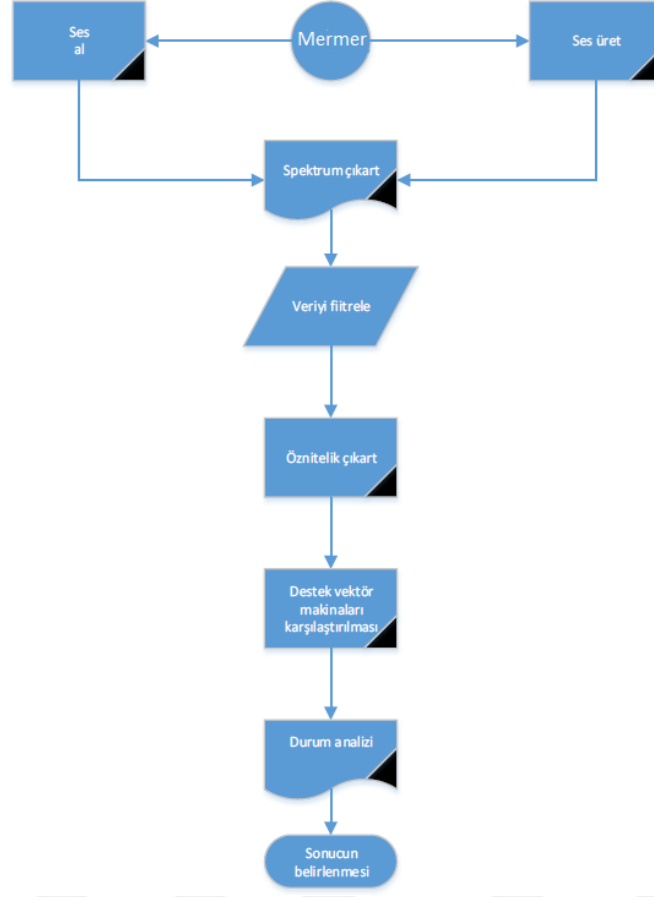


Şekil 3.31. Yapı Malzemesinin gürültülü ortamda kanal modeli gösterimi

3.16. Ön İşlemler

Dış ortamdan ve ısı etkilerinden kaynaklanan gürültüler rastgele süreçlere örnektir. Bu gürültülerin mekanik olarak etkisi azaltılacak olmasına rağmen $z(n)$ işaretinden istatistiksel ve uyarlamalı süzgeç yapılarıyla da ayrıştırılması gerekmektedir. Tasarlanacak cihazın yapı malzemesi ölçümlerine başlamadan kısa bir süre ortamdaki ses girişimlerini kaydederek, ortam gürültüsünün istatistiksel momentlerini kaydetmesi gereksiniminde olduğu tespit edilmiştir.

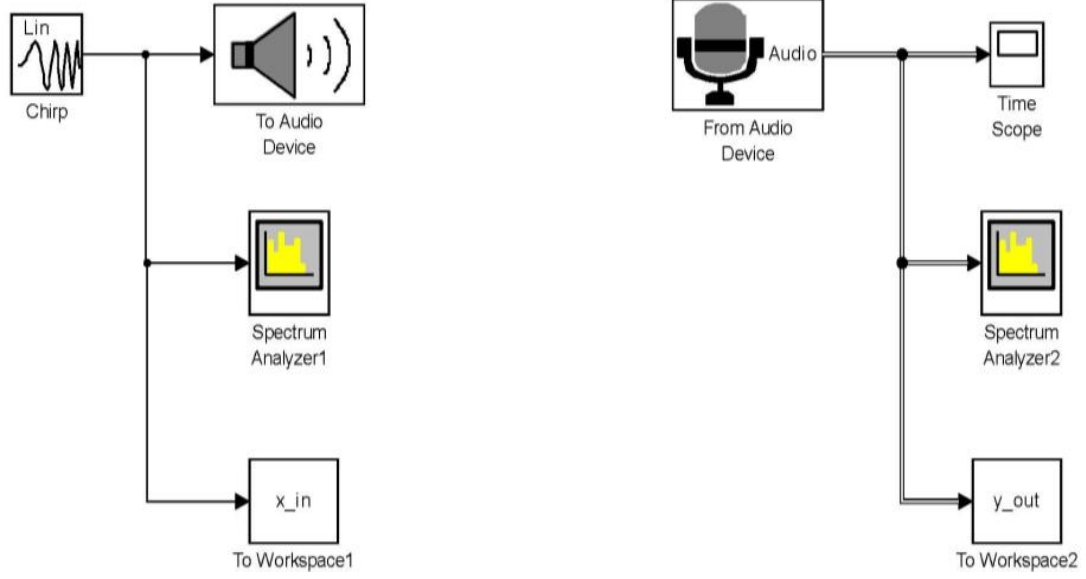
Kanal modeli parametrelerinin belirlendiği yapı malzemelerinin, dayanım seviyelerinin darbe cihazında tespit edilmesi ile denetimli öğrenme yöntemleri için eğitim veri setleri oluşturulmuştur. Kullanılacak öğrenme modeli parametreleri, yeni ölçülecek bir yapı malzemesinin dayanımının kestirilmesi için cihaz belleğine yüklenmiştir. Şekil 3.32.'de dayanım tahmini için hazırlanan yazılım akış şeması verilmiştir.



Şekil 3.32. Dayanım Tahmini Yazılımı Akış Şeması

3.16.1. Kanal Parametrelerinin Bulunması

Kanal içerisindeki heterojen yapı, kanalın birden fazla doğal frekansın oluşmasına sebep olacaktır. Bu frekansların belirlenmesi için öncelikli yöntem, mekanik sistemin sınırları içerisindeki tüm giriş frekanslarını üreterek, çıkışta her bir frekansa etkiyen genlik kaybı ve fazı hesaplamaktır (Bernard,2003). Bu yöntemin MATLAB-Simulink ile gerçek zamanlı sonuçlarını elde eden model Şekil 3.33.'de verilmektedir (Poularikas, vd. ,2010).

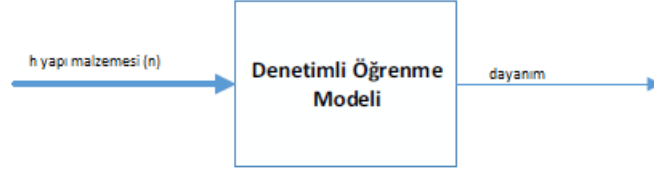


Şekil 3.33. Önerilen modelin Simulink Gerçeklemesi

Bilindiği üzere işaretlerin zaman bölgesindeki uzunluğu ile frekans bölgesindeki band genişlikleri ters orantılıdır yani tek bir frekans üzerinde genlik üreten bir işaret, zaman bölgesinde sonsuz uzunlukludur. Tersisi durumda tüm frekanslarda etkin olan bir işaret ise, zaman bölgesinde anlık bir tepki fonksiyonuna karşı düşmektedir. Kanal modelinde verilen $y(n)$ işareti girişin darbe fonksiyonu olması durumunda darbe cevabına dönüşecektir. Böylelikle model zaman bölgesinde direk olarak elde edilebilir. Fourier Dönüşümü veya Z Dönüşü ile kanal modeli sonlu darbe cevabına sahip (FIR) bir yapıda elde edilecektir (Bernard,2003). Bu yöntem oldukça basit ve hızlıdır. Fakat gürültü etkisi sonuçları direk olarak etkileyecektir. Bu sebeple gürültünün yeterince süzölemeyeceği ortamlarda bu yöntemin kullanılması sonuçlarda çok ciddi sapmalara yol açacaktır.

3.16.2. Denetimli Öğrenme

Ses dalgaları sayesinde kanal karakteristikleri belirlenecek olan yapı malzemelerinin dayanım seviyeleri darbe cihazında test edilmesi suretiyle belirlenerek eğitim veri seti oluşturulmuş ve denetimli öğrenme yöntemleri ile Şekil 3.34.'de verilen çok giriş tek çıkış genel model oluşturulmuştur (Ethem,2010).



Şekil 3.34. Tasarlanacak sistemin en genel yapısı

3.16.3 En Küçük Kareler ile Destek Vektör Makineleri

Yapılan çalışmada öğrenilecek olan S elemanlı veri kümesi $\{\underline{Y}^k, r^k\}_{k=1}^S$ olarak ifade edilmektedir. Bu ifadede r^k değeri denklem 1’de belirtildiği üzere, k. Örnek mermerin C hipotezinde olup olmadığını gösteren bir değerdir. Eğer C hipotezi dayanımı yüksek mermerlerin olduğu kümeyi ifade ediyorsa r^k değerinin “1” olması k. örnek mermerin dayanımının yüksek, “-1” olması ise k. örnek mermerin dayanımının düşük olduğunu göstermektedir. Burada sınıflandırıcının temel amacı, C hipotezinin bilinen elemanlarından faydalanarak en iyi sınırlarını belirleyebilmektir.

$$\begin{aligned} \underline{Y}^k \in C &\Rightarrow r^k = 1 \\ \underline{Y}^k \notin C &\Rightarrow r^k = -1 \end{aligned} \quad (1)$$

Destek Vektör Makineleri (SVM)’nin temel yaklaşımı, C hipotezinin denklem 2’de belirtilen biçimde bir doğru ile ifade edilmesini sağlamaktır. Bu doğrunun pozitif ve negatif örneklere olan toplam uzaklığının maksimum olmasını sağlanacak W ağırlık katsayılarının hesaplanması, Karesel Programlama (QP) veya En Küçük Kareler Yaklaşımı (LS) ile çözülebilecek bir optimizasyon problemidir. Genellikle hipotezin doğrusal olmaması sebebiyle, SVM modeline denklem 3’de belirtildiği gibi çekirdek fonksiyonları eklenir. Bu fonksiyonlar iki nokta arasındaki mesafeyi farklı boyutlarda ölçmek için tasarlanmaktadır.

$$\begin{aligned} r^k(W^T \underline{Y}^k + w_0) &\geq +1 \\ r^k(W^T \varphi(\underline{Y}^k) + w_0) &\geq +1 \end{aligned} \quad (2)(3)$$

Çalışmalarda, çok fazla örneğimiz olmaması ve işlemsel karmaşıklıktan kaçma arzusu sebebiyle, SVM modelinin çözümü için LS yöntemi kullanılmıştır. Suykens ve Vandewalle’in 1998 yılında literatüre kazandırdığı LS-SVM, optimizasyon problemini denklem 4’deki şekilde ifade etmektedir. Bu denklemde ν modelin tolerans terimini, e_k ise k. örneğin hatasını göstermektedir.

$$\min \left\{ \frac{1}{2} \|\underline{W}\|^2 + \gamma \frac{1}{2} \sum_{k=1}^S e_k^2 \right\}$$

$$r^k (\underline{W}^T \varphi(\underline{\tilde{Y}}^k) + w_0) = 1 - e_k \quad (4)$$

Denklem 4'ün çözümü için Lagrange açılımı denklem 5'deki gibi elde edilir ve denklem 6 kullanılarak, ikincil uzayda Kuhn-Tucker şartları elde edilir.

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \|\underline{W}\|^2 + \gamma \frac{1}{2} \sum_{k=1}^S e_k^2 - \sum_{k=1}^S \alpha_k (r^k (\underline{W}^T \varphi(\underline{\tilde{Y}}^k) + w_0) - 1 + e_k)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \underline{W}} = 0 \implies \underline{W} = \sum_{k=1}^S \alpha_k r^k \varphi(\underline{\tilde{Y}}^k)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial w_0} = 0 \implies \sum_{k=1}^S \alpha_k r^k = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial e_k} = 0 \implies \alpha_k = \gamma e_k, k = 1, \dots, S$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \alpha_k} = 0 \implies r^k (\underline{W}^T \varphi(\underline{\tilde{Y}}^k) + w_0) - 1 + e_k = 0, k = 1, \dots, S \quad (5)(6)$$

Dual uzaydaki Lagrange katsayılarının hesaplanması denklem 7'deki Karush Kuhn Tucker (KKT) denklem sisteminin çözülmesiyle mümkün olmaktadır. Burada belirtilen Ω_{ki} değişkeni denklem 8'de verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\begin{bmatrix} 0 & | & \underline{r}^T \\ \underline{r} & | & \underline{\Omega} + I/\gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_0 \\ \underline{\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \underline{1} \end{bmatrix}$$

$$\Omega_{ki} = r^k r^i K(\underline{\tilde{Y}}^k, \underline{\tilde{Y}}^i) \quad (7)(8)$$

Yapılan çalışmada kullanılan çekirdek fonksiyonu denklem 9'da verilen Gaussian çekirdek fonksiyonudur. Denklem 7 ile $\underline{\alpha}$ ve w_0 katsayılarının hesaplanması sonucu LS-SVM modeli tamamlanır ve model bu model vasıtasıyla denklem 10 kullanılarak yeni gelen bir mermerin \mathcal{C} sınıfına ait olup olmadığı kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

$$K(\underline{\tilde{Y}}^k, \underline{\tilde{Y}}^i) = e^{-\left(\frac{\|\underline{\tilde{Y}}^k - \underline{\tilde{Y}}^i\|^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (9)$$

$$\bar{r} = \text{sign} \left[\sum_{k=1}^S \alpha_k r^k K(\underline{\tilde{Y}}^k, \underline{\tilde{Y}}) + w_0 \right] \quad (10)$$

3.17. Yapılan Ölçüm Denemeleri

Oluşturulan model, 100 Hz ile 25 KHz arasında doğrusal olarak artan frekanslarda chirp işareti üreterek yapı malzemesinin bir noktasından ses olarak çıkışa vermekte ve eş zamanlı olarak yapı malzemesinin diğer ucundaki kayıt cihazından sesi geri almaktadır. Bu süreç 15 saniye sürecek şekilde tasarlanmıştır ve örnekleme frekansı 50 KHz'dir. Yapı malzemesinin kanalının hangi frekansları geçirdiğini ve hangi frekansları bastırdığını net olarak gözlemleyebilmek için eşzamanlı olarak kaydedilen giriş-çıkış işaretlerine Ayrık Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (Discrete Short Time Fourier Transform) uygulanmış ve zaman-frekans grafikleri elde edilmiştir. Ayrık Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü için seçilen ω pencereleme fonksiyonu ise Blackman Penceresidir.

$$STFT\{x[n]\} = X(m, n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]\omega[n - m]e^{-j\omega n} \quad (11)$$

$$\omega[n] = 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right), \begin{cases} 0 \leq n \leq \frac{N}{2} - 1, N \text{ çift ise} \\ 0 \leq n \leq \frac{N+1}{2} - 1, N \text{ tek ise} \end{cases} \quad (12)$$

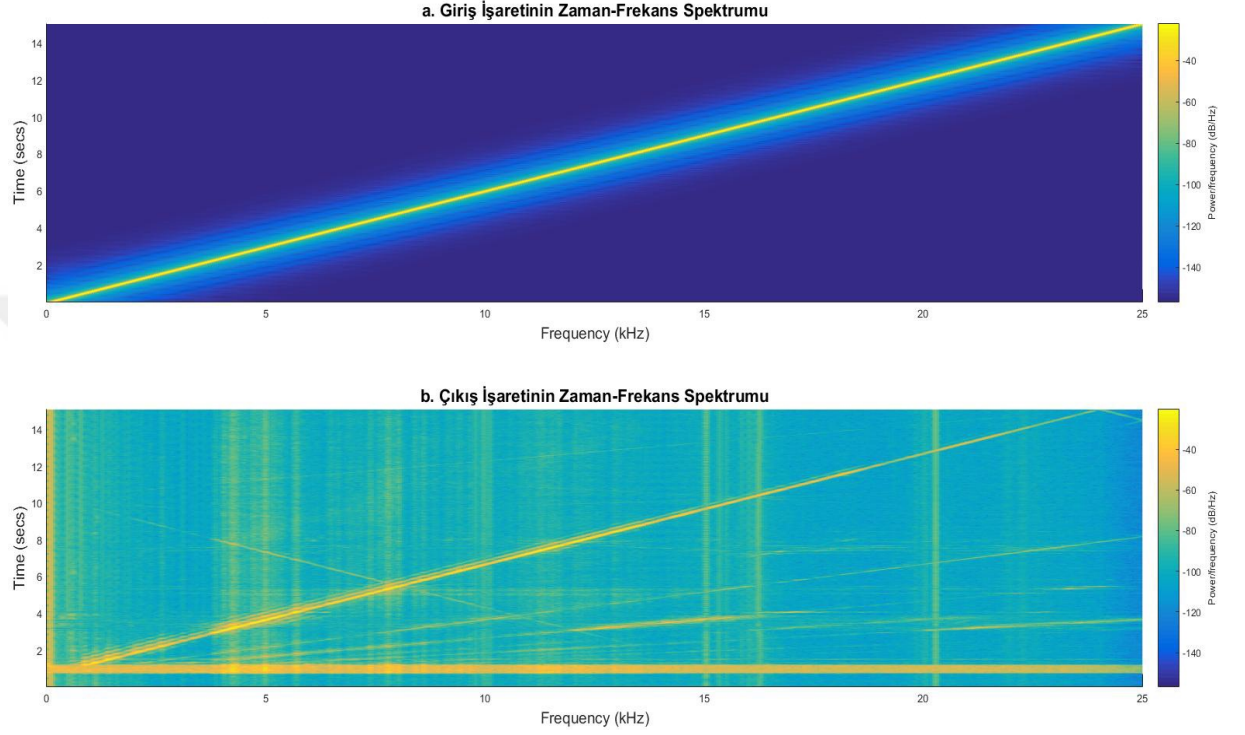
Yapılan çalışmada, gürültülü ortamlarda her çeşit mermerden 2 adet olmak üzere toplamda 28 adet mermer ile ölçümler tamamlanmıştır. Alınan ölçümlerin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümleri (STFT) ile zaman frekans spektrumları elde edilmiş ve bu spektrum üzerinde yansıma ve dış seslerden oluşan gürültülerin azaltılması için zaman-frekans bölgesinde kırıpma işlemi uygulanmıştır. Ardından maksimum hesaplama işlemiyle her bir frekans üzerinde mermerin etkisi belirlenmeye çalışılmış ve bu etkiler öznitelik olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi için, ölçümlerin özniteliklerden fazla olması sebebiyle, destek vektör makineleri (SVM) kullanılmıştır. Yapılan deneylerle gürültülü ortamlarda ölçümleri yapılan 14 farklı türden 28 adet mermerin tamamı, yapılan çalışmalarda en iyi öğrenmenin sağlanabilmesi için eğitim verisi olarak kullanılmıştır. Bu örneklerin % 80'i eğitim, % 20'si doğrulama olarak rasgele ayrıldığında % 100 başarı sağlanmıştır. Yeni mermerler ile test edilmesi için, cihazda oluşturulan SVM modeli, verilerin tamamı eğitim verisi olarak kullanılarak oluşturulmuştur. Her bir mermer ölçümünden frekans bölgesi 128 parçaya ayrılarak STFT kullanılmıştır. Böylece her bir mermer için 128 öznitelik değeri elde edilmiştir. 129. Öznitelik olarak ultrasonik test cihazıyla mermerler 55kHz ile ölçülmüştür. Bu ölçümün sebebi ölçülen numunelerin içerisinden geçen ses dalgasının ne kadar sürede geçtiğinin ölçülmesi ihtiyacıdır. Çünkü ses

mermerin içinden ne kadar hızlı geçtiyse mermer o kadar sağlam olmaktadır. Bunun sebebi mermerin içinde herhangi bir kırık, çatlak vb. bir durum olduğunda ses geçiş suresi artar ve dolayısıyla mermerin dayanımı azalır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan bu çalışmada ilk olarak ölçüm için hazırlanan bu mekanizma, herhangi bir yapı malzemesi olmadan test edilmiştir. Bu şekilde kanalın oluşturduğu ses yansımaları ve gecikmeleri Şekil 4.1.'de verilmiştir. Ayrıca yapılan çeşitli ölçümlere ilişkin resimler EK A'da paylaşılmıştır.

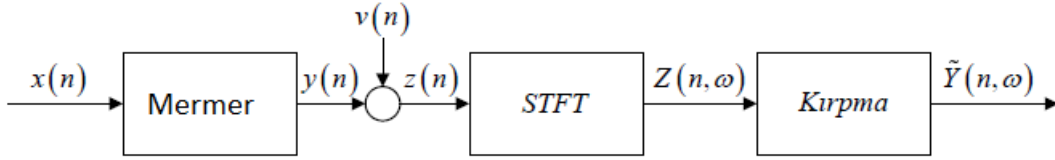


Şekil 4.1. Boş kanalın ses ölçüm sonuçları

Mekanik sistemdeki ses yükseltici, MATLAB Simulink modelinin başlangıcında temel kodların devreye girmesindeki gecikme sebebiyle ilk 1.2 saniyede sisteme yoğun bir gürültü basmaktadır. Bu gürültü bütün frekans bandını kaplamaktadır. Şekilden görüldüğü üzere, 1.2 saniye sonunda üretilen işaretin frekansı 2 KHz iken, alınan işaretin frekansı 800 Hz civarındadır. Üretilen işaretin 800 Hz olduğu zaman ise 0.43 saniyedir. Bu durumda giriş ile çıkış arasında 0.73 saniyelik bir gecikme meydana gelmiş demektir. Bu gecikme, Simulink modelinin ses üretici donanımına anlamlı bilgi göndermesi ve mikrofondan geri aldığı sesi kodlayarak Simulink'e geri çağırması arasında geçen toplam süredir. Kanal uzunluğunun gecikmeye ciddi bir etkisi olmayacaktır. Şekil 4.1'de gözlemlendiği üzere kanal içerisindeki yansımadan kaynaklanan harmonikler, üretilen işaretin frekans doğrusundan daha düşük eğimlerle doğruyu takip etmektedir. Birçok frekans noktasında ortaya çıkan ve tüm zamanı tarayan dikey çizgiler ise mekanik, donanımsal sistemden ve ortamdan kaynaklanan gürültüler olarak yorumlanmıştır.

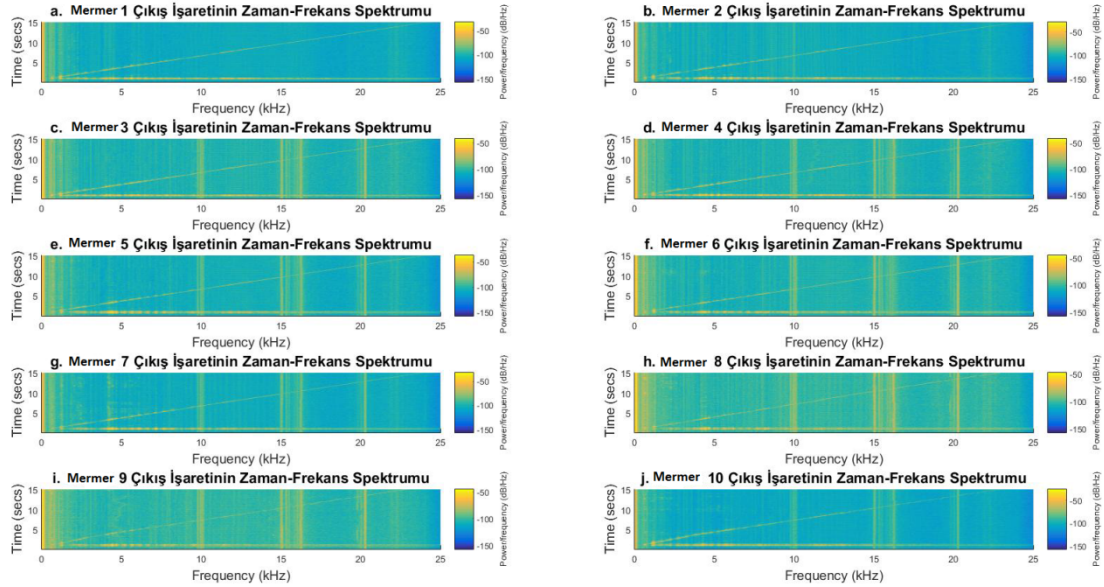
4.1. Özniteliklerin Elde Edilmesi

Ses mermer içerisinden geçtikten sonra mikrofon yardımı ile tekrar kaydedilen, frekansı doğrusal olarak artan sinüs işaretinin Blackman penceresi ile ayrık STFT'si hesaplanmıştır. Bu sayede frekans bölgesinde 100 Hz ile 25 KHz arasında zaman-frekans spektrumu elde edilmiştir. Bu spektrum üzerinde giriş işaretinin zaman-frekans spektrumunda var olmayan etkiler yankı ve gürültü olarak kabul edilerek kırpılmıştır. Akabinde her bir frekans için zaman-frekans spektrumu değerlerinin maksimumları alınarak öznitelik vektörü elde edilmiştir. Kırpılmış zaman-frekans spektrumu $Y(n, \omega)$ 'nin elde edilmesinde izlenen adımlar Şekil 4.2.'de verilmektedir.

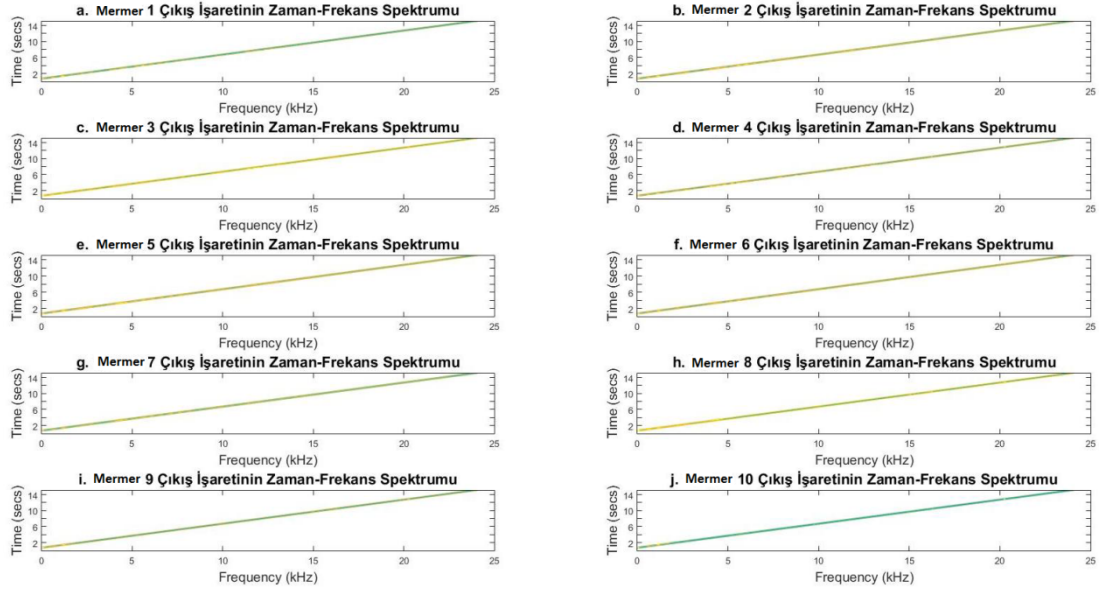


Şekil 4.2 Özniteliklerin Elde Edilmesi İçin Kullanılan Genel Yapı

İlk incelemeler 10 adet farklı mermer üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.3'de bu mermerlerin girişine Şekil 4.2'de zaman-frekans spektrumu verilen işaretin uygulanması sonucu, çıkıştan alınan işaretlerin spektrumları verilmektedir.



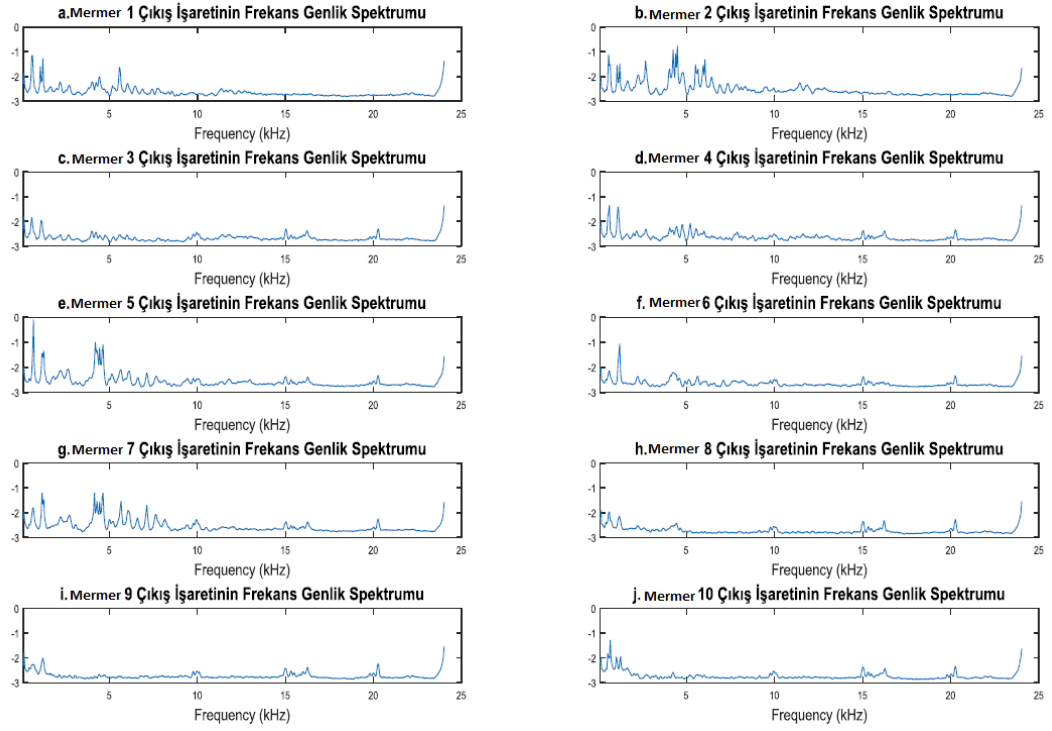
Şekil 4.3. İncelenen Mermerlerin Çıkış Spektrumları



Şekil 4.4. Mermerlerin Çıkış Spektrumlarının Kırılmış Halleri

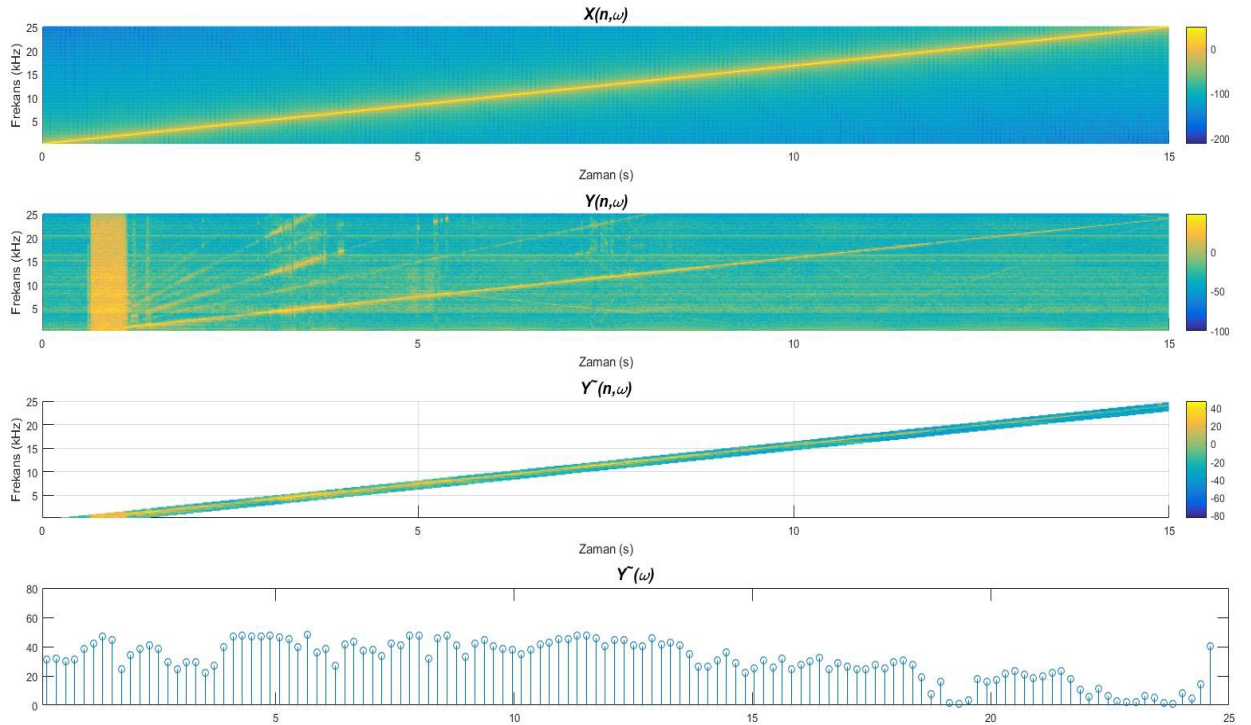
Kanalın boş olduğu durumdaki ölçümlerden elde edilen deneysel sonuçlara göre mermerlerden alınan sonuçların ilgili frekansları kırılmıştır. Bu kırılma işlemi sonucunda mermerlerin çıkışlarından sadece girişte uygulanan frekansların genlik değerleri alınacak, spektrumdaki gürültüye karşı düşen frekanslar söndürülecektir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'de verilmektedir. Sonuçlar göstermektedir ki mermerin iç yapısındaki heterojen yapılar bazı frekansların zamanda gecikmesine yol açarak çıkışın doğrusallığını bozmaktadır. Mermerlerin ölçümlerden sonra darbe test cihazında dayanımları belirlenerek görülmüştür ki mermer 9 ve mermer 8 dayanımı en yüksek mermerlerdir. Spektrumlarının kırılmış versiyonlarında görüldüğü üzere bu mermerlerin spektrumlarında neredeyse hiçbir frekansta kayma yaşanmamıştır.

Mermerlerin incelenmesi ile ortaya çıkan sonuçlardan biri de mermer 4'ün dayanımının düşük olmasıdır. Mermer 9 ve Mermer 8'in en yüksek dayanımlılar arasında, mermer 4'un düşük dayanımlı, diğerlerininse dayanımının makul seviyede olduğu bilgisi üzerinden skaler bir karşılaştırma yapabilmek için spektrumların kırılmış kısımlarında dikey bir toplama işlemi ile bir tür genlik-frekans spektrumu elde edilmiştir. Bu spektrum logaritmik sonuçları her bir mermer için Şekil 4.5.'de verilmektedir.



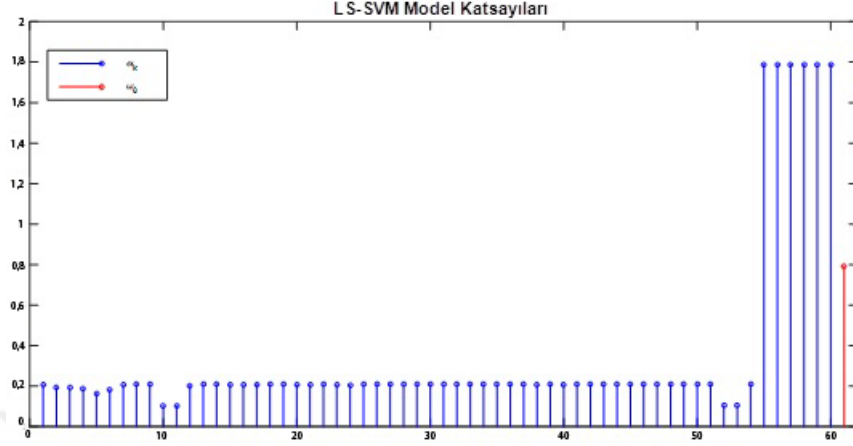
Şekil 4.5. Mermerlerin Frekans-Genlik Spektrumları

Örnek bir mermer için, Şekil 4.2.'deki algoritmanın adımlarında elde edilen sonuçlar ve öznitelikleri Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4.6. Örnek Bir Mermerin Ölçümleri Sonucu Elde Edilen Spektrumlar ve Öznitelikler

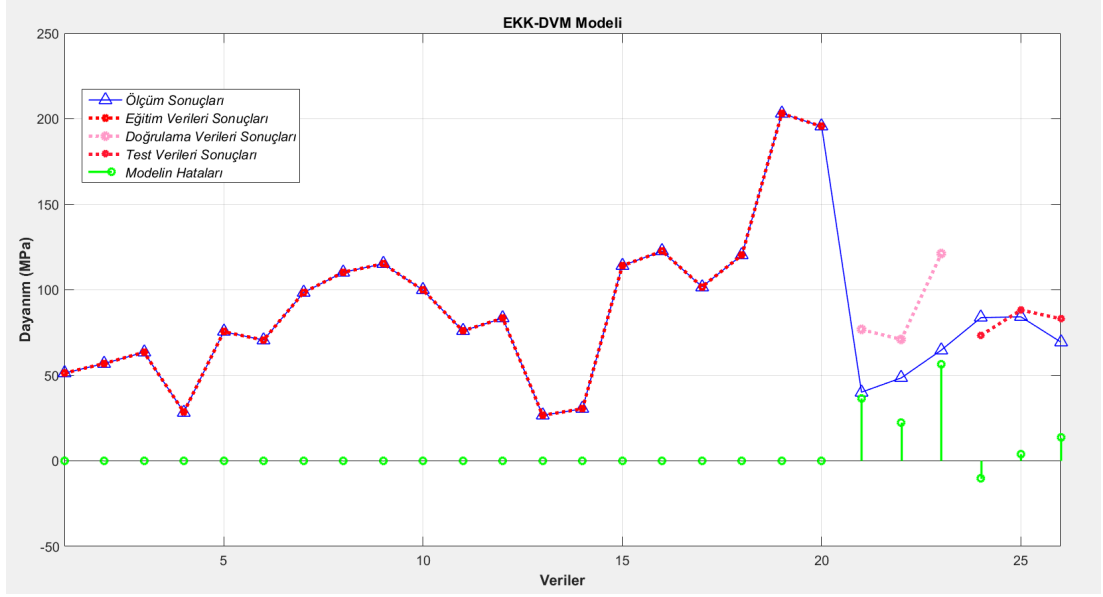
En iyi öğrenme için gerekli LS-SVM çözümündeki ve Gaussian çekirdek fonksiyonundaki sabitleri, parçacık sürü optimizasyonu adında bir sezgisel yöntemle hesaplanmıştır. Model için elde edilen adet değeri ve bias değeri, Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Elde Edilen Deneysel Lagrange Katsayıları

4.2 Sistemin Tamamlanarak Ölçüme Hazır Hale Getirilmesi

Bu tez çalışmasındaki amaç mermerlerin tahrip edilmeden dayanımlarını kestirilebilmesi olduğu için EKK-DVM modelini eğitmek için bir veri bankası hazırlanmıştır. Bu veri bankasında mermerlerin 128 adet belirli frekansta geçirgenliklerini ve pundit ile yarattıkları ses gecikmesini öznitelik olarak ölçülmüştür. Ardından bu özniteliklerle oluşturulan veri bankasının ilk 20 kümesini ile EKK-DVM modelinin katsayılarını hesaplanmıştır, yani model eğitilmiştir. Akabinde bu eğitimin başarısını doğrulamak ve test etmek amacıyla 3 adet doğrulama 3 adet de test verisi üzerine model uygulamaya konulmuştur. Çıkan sonuçlar Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.8'den de anlaşılacağı üzere sistem mermerlerin gerçek dayanım değerlerine yaklaşık sonuçlar üretmektedir.



Şekil 4.8. Eğitilen EKK-DVM Modeli

Şekil 4.8 baz alınacak olursa örneğin doğrulama verileri içinde modelin ürettiği değerlerin enerjisinin gerçek değerlerin enerjisine oranı $((Y_{va}'*Y_{va})/(R_{va}'*R_{va}))$ formülü uygulandığında 3,14 olarak bulunmaktadır. Modelin test değerlerinin enerjisinin gerçek test değerlerine enerjisine oranı ise $((Y_{te}'*Y_{te})/(R_{te}'*R_{te}))$ formülü uygulandığında 1,06'dır. Tüm bu veriler göz önünde bulunularak, hatanın enerjisini gerçek çıktıların enerjisine oranı $((e'*e)/(R'*R))*100$ formülü uygulandığında ise %2,2127 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak tasarlanan sistem 26 adet mermerin ölçümünden sağlanan veriler ile eğitildiğinde doğruluk payı %97,7973, yanılma payı ise %21,2127 olarak bulunmuştur. Bu demektir ki model eğitim verilerine bire bir uyum sağlayacak şekilde eğitildiğinde doğrulama verilerinde düşük doğruluğa sahip olmasına rağmen test verilerinde yüksek bir başarımla elde etmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Ses dalgaları ve ultrasonik test cihazı yardımıyla mermerlerin dayanımının tahmin edilebilmesi için bir sistem gerçekleştirilmiştir. Bu sistem mermere ses dalgaları göndererek dayanımını tahmin etmektedir. Bu tahmini kendi içerisinde barındırdığı veri bankası vasıtasıyla yapmaktadır. Tahminin hatalı olma oranı %2,2127 olarak bulunmuştur.

Sistem tasarlanırken karşılaşılan zorluklara bakılacak olunursa en büyük engellerden biri üzerinde çalışılan bilgisayarların ses kartının yetersiz gelmesidir. Bunun sebebi ise ölçüm yapılırken yüksek frekanslara çıkılmak istenmesindedir. Herhangi bir dizüstü bilgisayarın üzerinde bulundurduğu kart ile ancak 20kHz'e kadar çıkılabilmektedir. Ancak harici bir ses kartı ile bu frekans 60kHz'lere kadar çıkabilmektedir. Başka bir zorluk ise aynı türden mermerin farklı numunelerinde stabil sonuçlar alınamamasıdır. Bunun sebebi ise mermerin kendi yerinde ilk numunesi alınırken zarar görmesi ve dolayısıyla içinde küçük çatlaklar içerdiği için dayanımı kendi türüne oranla bi hayli farklı çıkmaktadır. Bu durum genellikle jeofizik mühendislerinin kullandığı pundit cihazları ile aşılmıştır. Bu cihaz sesin mermerin içinden geçtiği hıza göre mikrosaniye cinsinden bir değer vermesinden dolayı en küçük çatlak hakkında bile bir yorum getirmeye olanak sağlamaktadır.

Tasarlanan bu sistem çok büyük adetlerde mermer ölçümleri ile eğitildiğinde hata payının %0-1 arasına düşmesi mümkün gözükmemektedir. Ayrıca sistem yeteri kadar eğitildiği takdirde ultrasonik test cihazından bağımsız şekilde ölçüm yapabilecek dolayısıyla tahribatlı dayanım test cihazlarına güçlü bir tahribatsız ölçüm yöntemi olarak rakip olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Atacanute.com, (2016). Ultrasonik Test Cihazı. Erişim Tarihi : 26.04.2015.
<http://www.atacanute.com/2014/06/ultrasonik-test-cihaz.html>
- Ayaner.com, (2016). Ultrasonik Test Cihazı. Erişim Tarihi : 20.03.2016.
<http://ayener.com/index.html>
- Aydın, Ö., (2005). Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Akevren, S. (2011). NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION OF STONE MASONRY HISTORIC STRUCTURES-QUANTITATIVE IR THERMOGRAPHY AND ULTRASONIC TESTING ,M.S. thesis, Middle East Technical University
- A. Jain , I. J. Oppenheim, D. W. Greve,(2003) "MEMS ultrasonic transducers for the testing of solids", IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., vol. 50, no. 3, pp. 305-311.
- Biçer, P., Koçak, O. (2012). LED'li Aydınlatmaya Sahip Ultrasonik Kavitrone Cihazı Tasarımı ve İmalatı(709-712). ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu,Bursa.
- Bernard Sklar, (2001). "Digital Communications: Fundamentals and Applications", Prentice Hall.
- Ceylan, H., Mança, S. (2013), Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi, SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, Sayı: 2 , ss:21-25, Isparta
- Ceylanoğlu, A.,Görgülü K., (2001). Bazı Mermer Birimlerinin Malzeme ve Yüzey Aşındırma Özelliklerinin ve Aralarındaki İlişkilerin Belirlenmesi(239-246). Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Sivas.
- Encyclopedia Britannica, (2016). Artificial Intelligence. Erişim Tarihi : 01.05.2016.<http://global.britannica.com/technology/artificial-intelligence>
- Ergezer, H.,Dikmen, M.,Özdemir, E. Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri, Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Ethem Alpaydın, (2010). "Introduction to Machine Learning", The MIT Press.
- Ferat, A., (2013). Hastane Otomasyon Projesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Goldstein, W.M., Hogarth, R. (Eds.), 1997. Research on Judgement and Decision Making. Cambridge University Press, 245p. Cambridge.

- Harunaygun.blogspot.com.tr, (2015). Android. Erişim Tarihi : 25.12.2015.
<http://harunaygun.blogspot.com.tr/2015/05/sezgiselalgoritmalar.html>
- Istanbulfelsefe.org, (2016). Erişim Tarihi : 26.04.2015.
<http://mbu.istanbulfelsefe.org/book/export/html/12>
- İ. Barş, M. Erdamar, E. Sümer, H. Erdem, (2002), "Ses İşaretlerinin Yapay Sinir Ağlar ile Tanınması ve Kontrol İşlemleri için Kullanılması", URSI-TURKEY'2002, İstanbul.
- Jayalakshmi, T. , A. Santhakumaran (2011). "Statistical Normalization and Back Propagation for Classification", International Journal of Computer Theory and Engineering, 3(1), pp. 1793-8201.
- Katsuhiko Ogata, (2003). "System Dynamics", Prentice Hall.
- Kenjo T., (1984). "Stepping Motors and Their Microprocessor Controls", Calerendon Press.
- Luis F. Chaparro, (2015). "Signals and Systems Using MATLAB", Academic Press.
- M. Pamplona, S. Simon,(2012), Long-term condition survey by ultrasonic velocity testing of outdoor marbles sculptures, in Proceedings of 12th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, pp:22-26, USA
- Meier, T., Auras, M., Bilgili, F., Christen, S., Cristiano, L., Krompholz, R., ... & Rose, D. (2013, April). Ultrasonic Surface Measurements for the investigation of superficial alteration of natural stones. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 15, p. 11370).
- Nweke, F. U., (2015), Design, Construction and Characterization of a Solar-Powered Multi-tone Ultrasonic Rodent Repeller, International Journal of Science and Research (IJSR) Volume 4 Issue 2 pp:144-147
- Onur A., Bakraç S., Karakus D., (2012) Ultrasonic waves in mining application. In: Waves U (ed) Santos. A., InTech, pp. 189-210,Croatia
- Özçep F., Karabulut S., Özgüven B., Sanlı O., (2012). Tahribatsız Test Yöntemleri ve Ultrasonik Hız Ölçümleri. Jeofizik Bülten, 11-24.
- Poularikas, Alexander D., vd., (2010). "Transforms and applications handbook" CRC press.
- Rocchesso, D., (2003). "Introduction to Sound Processing", Department of Information, University of Verona, Verona, Italy.

- Sarpun, I.H., Özkan, V., Tuncel, S., (2009), Ultrasonic determination of elastic modulus of marbles relation with porosity and CaO%. In: The 10th of Slovenian Society for Nondestructive Testing, Ljubljana, Slovenia
- Say, Ö., (2002). Kalp Seslerinin Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, İstanbul.
- Tanyıldızı, H., & Coşkun, A. (2011), Elazığ yöresi vişne mermer tozu katkılı hafif betonun basınç ve ultrasonik ses geçirgenliği özelliğinin araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 27(2): 150-154 ,Kayseri.
- Uğur, A., Kınacı, A.C. 2006. "Yapay Zekâ Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması," XI. Türkiye'de İnternet Konferansı, Ankara.
- Yavuz, H., Varol, D.(2001), Mermer ve Travertenin Tek Eksenli Basınç Dayanımının Belirlenmesinde Boyut ve Şekil Etkisi. Türkiye III. Mermer Sempozyumu(MERSEM '2001) Bildiriler Kitabı, Afyon
- Yıldız, T., Yıldız, S., Keleştemur, O., Demirel, B., & Bölükbaş, Y. (2011). Yapay Sinir Ağları İle Atık Mermer Tozu Ve Cam Lif Katkılı Betonların Yarmada Çekme Dayanımlarının Tahmini, e-Journal of New World Sciences Academy 2011, Volume: 6, Number: 4,pp:1499-1508.
- Zungeru ,A.M., (2013). Design and Development of An Ultrasonic Motion Detector, International Journal of Security, Privacy and Trust Management (IJSPTM), vol. 2(1), pp. 1-13, Malezya

EKLER

EK A Ölçümlere İlişkin Resimler



EK A ÖLÇÜMLERE İLİŞKİN RESİMLER



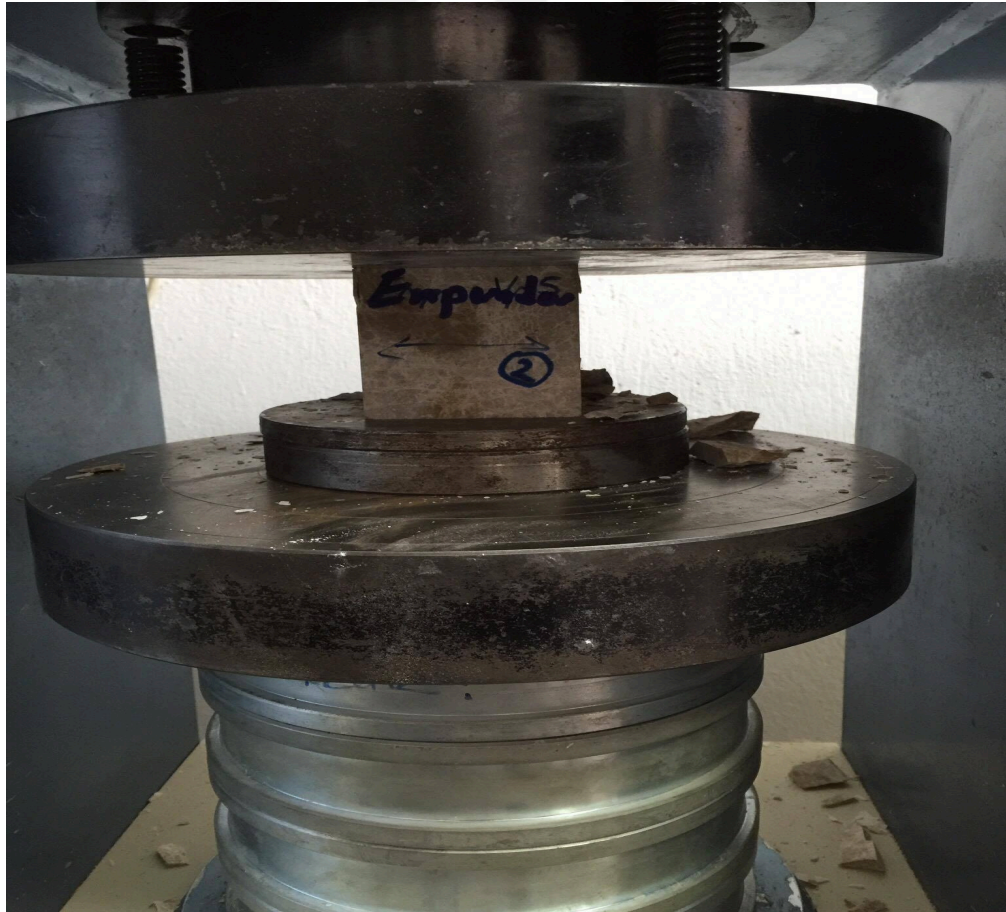
Şekil A.1. Ultrasonik Test Cihazı Ölçüm Hazırlığı



Şekil A.2. Ultrasonik Test Cihazı Kalibrasyon İşlemi



Şekil A.3. Darbe Cihazı İle Mermer Dayanım Testi



Şekil A.4. Emperador Tipi Mermerin Dayanım Testi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şadi Fuat ÇANKAYA

Doğum Yeri ve Yılı : Burdur, 1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : sadicankaya@sdu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Burdur Anadolu Teknik Lisesi, 2008

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Öğretmenliği, 2013