

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAMAŞIR MAKİNASININ AKILLI KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Müh. Aylin GÜRSES

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : SİSTEM DİNAMİĞİ VE KONTROL

HAZİRAN 2006

ÇAMAŞIR MAKİNASININ AKILLI KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Müh. Aylin GÜRSES
Enstitü No: 503031602

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Ahmet KUZUCU

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Seyhan Uygur ONBAŞIOĞLU

Y.Doç.Dr. Şeniz ERTUĞRUL

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi kapsamında gerçekleştirdiğim bu çalışmanın yapılmasında beni destekleyen ve çalışma boyunca bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Kuzucu' ya ve beni yetiştiren aileme çok teşekkür ederim.

Haziran, 2006

Aylin Gürses

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
3. PARAMETRE VE DEĞİŞKEN ALGILAMA YÖNTEMLERİ	11
3.1. Yük Miktarı Algılama Yöntemleri	11
3.1.1. Atalet Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama	11
3.1.2. Çamaşırların Su Emme Miktarı Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama	13
3.1.3. Ağırlık Sensörü ile Yük Miktarı Algılama	13
3.2. Yük Cinsi Algılama Yöntemleri	16
3.3. Kir Algılama Yöntemleri	18
3.3.1. Optik Bulanıklık Ölçümü ile Kir Algılama	19
3.3.2. Yoğunluk Ölçümü ile Kir Algılama	25
3.4. Deterjan Miktarı Algılama Yöntemleri	26
3.4.1. İletkenlik Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama	26
3.4.2. pH Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama	28
3.4.3. Yüzey Gerilimi Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama	29
3.4.4. Yoğunluk Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama	31
4. SİSTEM TANITIMI VE AKILLI KONTROLÜ	32
4.1. Sistem Tanıtımı	32
4.1.1. Ön Yıkama Adımı	32
4.1.2. Ana Yıkama Adımı	43
4.1.3. Durulama Adımları	49
4.2. Sistem Simülasyonu Sonucu Yıkama Maliyeti Analizi	51
5. SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	61
EKLER	64
ÖZGEÇMİŞ	68

KISALTMALAR

GE	: General Electric
APHA	: American Public Health Association
JTU	: Jackson Turbidity Unit
LED	: Light Emitting Diod
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
FNU	: Formazin Nephelometric Unit
FAU	: Formazin Attenuation Unit
MATLAB	: Mathematics Laboratory
FIS	: Fuzzy Inference System
ISBN	: International Standard Book Number
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 : Eşdeğer çamaşır miktarları için gereken su miktarları	37
Tablo 4.2 : Eğitim verileri (Training Set) ve programdan elde edilen yapay sinir ağı çıkışları.....	38
Tablo 4.3 : Eğitim (Training Set) ve kontrol (Validation Set) verileri ve yapay sinir ağı çıkışları.....	40
Tablo 4.4 : Su sertlikleri.....	43
Tablo 4.5 : Üyelik fonksiyonlarında kullanılan kısaltmalar.....	45
Tablo 4.6 : Bulanık mantık kuralları.....	45
Tablo 4.7 : Geleneksel ve akıllı program adımları ve süreleri.....	52
Tablo 4.8 : Geleneksel ve akıllı program adımlarında kullanılan su miktarları	54
Tablo 4.9 : Geleneksel ve akıllı programda enerji tüketimi ve maliyetleri.....	54
Tablo 4.10 : Geleneksel ve akıllı programda su tüketimi ve maliyetleri.....	55
Tablo 4.11 : Geleneksel ve akıllı programda deterjan tüketimi ve maliyetleri...	55
Tablo 4.12 : Geleneksel ve akıllı programda toplam maliyetler.....	55
Tablo 4.13 : Geleneksel ve akıllı programda çeşitli yıkama senaryoları.....	56
Tablo 4.14 : Geleneksel ve akıllı çamaşır makinasında aylık ve yıllık yıkama maliyetleri	57

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Tamburlu tip çamaşır makinası	1
Şekil 3.1 : Çamaşır makinasının blok diyagramı	11
Şekil 3.2 : Çamaşır makinasındaki çamaşırın ağırlığını tespit etmekte kullanılan bir ağırlık sensörü yapısı	14
Şekil 3.3 : İndüktansın dış kuvvete göre değişimi.....	14
Şekil 3.4 : Çamaşır makinasında ağırlık sensörlerinin süspansiyon çubuklarına yerleşimi.....	15
Şekil 3.5 : Çamaşır makinasında ağırlık sensörlerinin ayaklara yerleşimi....	16
Şekil 3.6 : [9] numaralı patentte kullanılan çamaşır makinasının yapısı.....	17
Şekil 3.7 : [8] numaralı patentte anlatılan yöntemde çamaşır makinası içindeki su seviyesinin değişimi.....	18
Şekil 3.8 : Partikül boyutunun ışık dalga boyundan daha küçük (A), büyük (B) ve daha büyük (C) olması hallerinde ışık saçınımları.....	19
Şekil 3.9 : Jackson Mum Bulanıklık Ölçer (Jackson Candle Turbidimeter)..	20
Şekil 3.10 : İletilen ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü	21
Şekil 3.11 : Saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü	22
Şekil 3.12 : Hem iletilen hem saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü	22
Şekil 3.13 : Formazinin kimyasal yapısı	23
Şekil 3.14 : Yıkama boyunca kir tipine göre şeffaflığın değişimi	24
Şekil 3.15 : [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün önden ve üstten görünüşü.....	25
Şekil 3.16 : [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün çamaşır makinasındaki konumu.....	26
Şekil 3.17 : İletkenlik ölçümünün şematik gösterilişi	27
Şekil 3.18 : İletkenlik ölçümü için kullanılan iki elektrodun (A ve B) çamaşır makinasındaki yerleşimi	27
Şekil 3.19 : [20] numaralı referansta elde edilen iletkenliğin yıkama prosesi boyunca değişimi.....	28
Şekil 3.20 : Deterjan konsantrasyonu ile pH değeri arasındaki ilişki	29
Şekil 3.21 : Elektro kimyasal pH ölçüm yöntemi	29
Şekil 3.22 : Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasındaki ilişki	30
Şekil 4.1 : Ön yıkama blok diyagramı.....	33
Şekil 4.2 : Wb bulanık mantık (Fuzzy Logic) algoritması.....	33
Şekil 4.3 : Giriş (Iort) ve çıkış (Wb) üyelik fonksiyonları	34
Şekil 4.4 : MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da 3A giriş için elde edilen çıkış değeri.....	35
Şekil 4.5 : Honeywell APMS-10G Serisi optik bulanıklık sensörü ve fonksiyonel blok diyagramı	36
Şekil 4.6 : Honeywell APMS-10G Serisi optik bulanıklık sensörü bulanıklık karakteristiği	36
Şekil 4.7 : Geliştirilen İki Girişli Üç Çıkışlı Yapay Sinir Ağı.....	37
Şekil 4.8 : Geliştirilen yapay sinir ağının performansı.....	39
Şekil 4.9 : Geliştirilen yapay sinir ağının kontrol verileri performansı.....	41

Şekil 4.10	: Ön yıkama Simulink diyagramı.....	42
Şekil 4.11	: Durulama su miktarı bulanık mantık algoritması.....	43
Şekil 4.12	: Girişler (su sertliği ve deterjan konsantrasyonu) ve çıkış (durulama su miktarı) üyelik fonksiyonları	44
Şekil 4.13	: MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da su sertliği 10Fr. ve deterjan konsantrasyonu 12g/l girişleri için elde edilen çıkış değeri.....	46
Şekil 4.14	: MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da su sertliği 10Fr. ve deterjan konsantrasyonu 12g/l girişleri için elde edilen çıkış değeri.....	47
Şekil 4.15	: Ön ve ana yıkama Simulink diyagramı.....	48
Şekil 4.16	: Sistemin blok diyagramı.....	50
Şekil 4.17	: Geleneksel program yıkama sekansı.....	53
Şekil 4.18	: Akıllı program yıkama sekansı.....	53

SEMBOL LİSTESİ

T_1, T_2	: Motorun tambura uyguladığı torklar
J	: Dolu tambur atalet momenti
A_1, A_2	: Dolu tambur ivmeleri
T_s	: Dolu tambur sürtünme momenti
J_0	: Boş tambur atalet momenti
A_{01}, A_{02}	: Boş tambur ivmeleri
T_{0s}	: Boş tambur sürtünme momenti
J_n	: Normalleştirilmiş atalet momenti
G	: Kondüktans
R	: Direnç
I	: Akım
V	: Voltaj
K	: İletkenlik
D	: Elektrotlar arası mesafe
S_e	: Elektrot alanı
P_1	: Kabarcık içindeki basınç
P_2	: Kabarcık dışındaki basınç
Y	: Yüzey gerilimi
r	: Boru çapı
W_b	: Eşdeğer çamaşır miktarı
T	: Ana yıkama su sıcaklığı
N	: Ana yıkama çevrim sayısı
D	: Ana yıkama su sıcaklığı deterjan miktarı
V	: Ana yıkama su miktarı
I_{ort}	: Ortalama akım
b	: Bulanıklık
Fr	: Fransız sertliği
dH	: Alman sertliği
$V_{durulama}$: Durulama su miktarı
t	: Zaman

ÇAMAŞIR MAKİNASININ AKILLI KONTROLÜ

ÖZET

Geleneksel bir çamaşır makinasında kullanıcı, çamaşırın rengine, miktarına, cinsine, kirlilik derecesine göre parametreleri önceden belirlenmiş bir yıkama programı seçer. Yıkama ve durulama süreleri, su sıcaklığı, alınacak su miktarları, tambur hareketleri gibi parametreler önceden tasarım mühendisi tarafından tanımlanmıştır ve çamaşır makinası bu tanımlara göre yıkama işlemini gerçekleştirir. Bu durumda hem kullanıcı hatalı kararlar verebilir hem de yıkama parametreleri baştan belirlenen yıkama prosesine müdahale edilemez. Bunun sonucu olarak da gereksiz enerji tüketimi, çevre açısından olumsuz bir faktör olarak fazla su ve deterjan tüketimi, çamaşırın fazla yıpranması veya yetersiz yıkama ve durulama gerçekleşebilmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla, çamaşır makinalarını kullanıcıdan bağımsız hale getirmek için akıllı kontrollü çamaşır makinaları üzerine araştırmalar ve geliştirmeler yapılmaktadır. Akıllı kontrollü çamaşır makinasında amaçlanan makinanın yıkama prosesi için gerekli bilgileri kendi tespit etmesi ve bunlara göre en uygun yıkamayı gerçekleştirmesidir. Örneğin makina, içine konan çamaşırın cinsini, miktarını, kirliliğini tespit ederek uygun yıkama süresini, su miktarını, deterjan miktarını, su sıcaklığını kendisi belirleyebilecektir.

Bu çalışmada, çamaşır makinasının akıllı kontrollü için hangi parametre ve değişkenlerin kullanılacağı ve bunların hangi yöntemlerle ölçülebileceği araştırılmıştır. Bu parametrelerden ana yıkama parametreleri olarak ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı belirlenmiş, parametrelerin belirlenebilmesi için sistemden ölçülmesi gereken değişkenler ise bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı olarak kararlaştırılmıştır. Durulama adımı için ise deterjan konsantrasyonu ve su sertliği durulama su miktarının belirleyen değişkenler olarak belirlenmiştir. Parametreler bu şekilde belirlendikten sonra bu parametreleri kullanarak akıllı kontrol algoritmaları önerilmiş ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ise akıllı kontrollü çamaşır makinası ile geleneksel çamaşır makinası kıyaslanmıştır. Kıyaslama, öncelikle yıkama süreleri bazında gerçekleştirilmiş ve her iki tip çamaşır makinası için yıkama sekansları elde edilmiştir. Son olarak enerji tüketimleri, su tüketimleri ve deterjan tüketimleri hesaplanarak yıkama maliyetleri karşılaştırılmıştır.

INTELLIGENT CONTROL OF WASHING MACHINE

SUMMARY

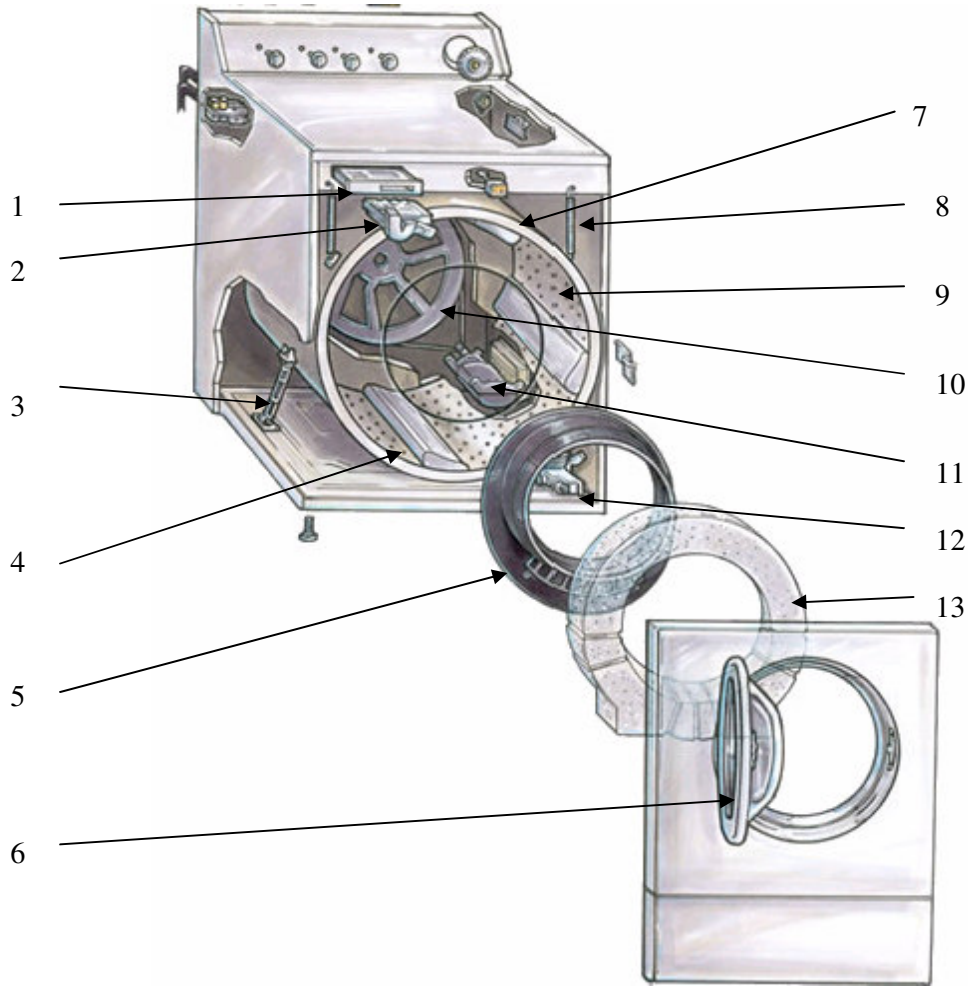
The user of a conventional washing machine selects a washing programme, which has already determined washing process parameters, due to the colour, the type, the amount and the dirtiness of the clothes. The washing programme parameters like washing and rinsing periods, water temperature, water amount and drum activity are previously determined by the design engineer and washing machine operates the programme according to these defined parameters. Under this situation, the user can make wrong decisions, and also it is impossible to interfere to the washing programme process which operates according to previously defined parameters. That may cause excess energy consumption, negative results for the environment such as excess water and detergent consumption, wearing out of the clothes and insufficient washing and rinsing. To avoid from these negativeness and make the washing machine independent from the user, research and developments on intelligent controlled washing machine are done. The aim of the intelligent controlled washing machine is realizing the most appropriate washing process by making the washing machine determine the washing process parameters itself. For example, the washing machine can determine the type, the amount and the dirtiness of the clothes inside the drum and determine the appropriate washing and rinsing periods, water amount, detergent amount and water temperature of the washing process.

In this study, the parameters and the variables that can be used for the intelligent controlled washing machine and their measurement methods has been researched. Turbidity and equivalence amount of clothes have been taken as input variables to determine the water temperature, washing period, detergent and water amount of the washing process. For rinsing, detergent concentration and hardness of water have been taken as input variables to determine water amount of the rinsing process. Then, with using these parameters, intelligent control algorithms for washing machine have been proposed and the intelligent controlled washing machine system has been simulated. Finally, the intelligent controlled washing machine has been compared with the conventional washing machine. Firstly, the comparison has been done on the washing periods and the washing sequences of these two machines have been obtained. Then, their energy, water and detergent consumptions have been calculated and the total cost of washing process of the intelligent controlled washing machine and the conventional washing machine have been compared with each other.

1. GİRİŞ

Çamaşır makinaları genel olarak tamburlu ve pervaneli olarak iki tiptir. Günümüzde yaygın olarak tamburlu tip çamaşır makinaları kullanılmaktadır.

GE firmasına ait bir tamburlu çamaşır makinası yapısı Şekil 1.1' de görülmektedir. Bu makinalarda çamaşır yatay, delikli bir tamburun içine yerleştirilir. Tamburun, kendi eksenini etrafında saat yönünde ve aksi yönde hareket etmesinin nedeni ise çamaşırların tamburun içindeki kanatlar vasıtasıyla yukarı taşınıp ardından tekrar suyun içine düşmelerini sağlamaktır. Bu hareket çitileme ile aynı etkiyi yaratır [1].



Şekil 1.1. Tamburlu tip çamaşır makinası [2]

Şekil 1.1 de görülen çamaşır makinasının temel bileşenleri şunlardır [2]:

1. Deterjan çekmecesi: İçine deterjan, beyazlatıcı ve yumuşatıcı konulur.
2. Deterjan dağıtım aparatı: Deterjan çekmecesine konulan deterjanın, beyazlatıcının ve yumuşatıcının tambur içine dağılmasını sağlar.
3. Titreşim sönümleyici: Kazana destek olur ve tambur hareketi nedeniyle oluşan titreşimleri sönümler.
4. Tambur kanadı: Çamaşırların tambur içinde yükselmesini sağlar.
5. Körük: Kazanla ön kapak arasında su izolasyonunu sağlar.
6. Ön kapak: Çamaşırlar buradan yüklenir.
7. Kazan: İçinde tamburun döndüğü, suyun tutulduğu silindirik haznedir.
8. Yay: Kazanı taşır.
9. Tambur: İçine çamaşırların konulduğu ve sağa-sola dönerek çamaşırları hareket ettiren elemandır.
10. Tahrik kasnağı: Kayış, tahrik kasnağına sarılır böylelikle motor hareketi tambura iletilir.
11. Motor: Tambur hareketini sağlar.
12. Pompa: Yıkama ve durulama sonrası suyun tahliye edilmesini sağlar.
13. Denge ağırlığı: Kazana bağlıdır ve sıkma sırasında kazanın dengede kalmasını sağlar.

Geleneksel bir çamaşır makinasında kullanıcı, çamaşırların rengine, miktarına, cinsine, kirlilik derecesine göre belli bir yıkama programı seçer. Seçilen bu programda yıkama ve durulama süreleri, su sıcaklığı, alınacak su miktarları, tambur hareketleri önceden tasarım mühendisi tarafından tanımlanmıştır ve çamaşır makinası bu tanımlara göre yıkama işlemini gerçekleştirir. Bu yapıda hem kullanıcının verebileceği hatalı kararlar hem de yıkamanın nasıl yapılacağına en başta belirlenmesi ve yıkama prosesine müdahale edilmemesi sonucu gereksiz enerji tüketimi, çevre açısından olumsuz bir faktör olarak fazla su ve deterjan tüketimi, çamaşırların fazla yıpranması veya yetersiz yıkama ve durulama gerçekleşebilmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla, çamaşır makinalarını kullanıcıdan bağımsız hale getirmek amacıyla araştırmalar ve geliştirmeler yapılmaktadır. Bu çalışmalarla amaçlanan makinanın yıkama prosesi için gerekli bilgileri kendi tespit etmesi ve bunlara göre en uygun yıkamayı gerçekleştirmesi yani

makinanın “akıllı” hale gelmesidir. Örneğin makina, içine konan çamaşırların cinsini, miktarını, kirliliğini tespit ederek uygun yıkama süresini, su miktarını, deterjan miktarını, su sıcaklığını kendisi belirleyebilecektir.

Makinanın yıkama işlemini kararlaştırabilmesi için tespit edebileceği parametreler ve bu parametrelerin yıkama prosesine etkileri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Çamaşır cinsi: Pamuklu çamaşırlar sentetik çamaşırlardan aynı kirlilik derecesi ve yıkama kalitesi için daha sıcak su, daha uzun yıkama zamanı, daha fazla mekanik hareket ve daha fazla deterjana ihtiyaç duyarlar. Ayrıca yünlü ve ipekli çamaşırlar da sentetik çamaşırlardan daha az sıcak su, daha az mekanik hareket ve daha kısa yıkama sürelerine ihtiyaç duyarlar [3].
- Çamaşır miktarı: Ana yıkama su miktarını, deterjan miktarını, tahrik gücünü, durulamada kullanılacak su miktarı ve durulama sayısını etkiler [4].
- Kir tipi: Patent araştırmalarında, kir tipinin sadece yağlı ve çamurlu olarak ayrıldığı görülmüştür. Yağlı kir tipini temizlemek için, çamurlu kir tipinden daha sıcak su daha fazla deterjan daha kuvvetli motor hareketine ihtiyaç vardır [5].
- Kir miktarı: Kullanılacak deterjan miktarı, yıkama süresi, tahrik kuvveti, su sıcaklığı gibi yıkama parametrelerini doğru orantılı olarak etkiler. Yani, kir miktarı arttıkça aynı yıkama kalitesi için çamaşırı kirden arındırmak için gereken deterjan miktarı, yıkama süresi, tahrik kuvveti ve sıcaklığı da artar.
- Ana yıkama deterjan konsantrasyonu: Durulama için alınacak su miktarı, durulama süresi ve sayısını etkiler.
- Su sertliği: Su sertliği suyun içinde çözülmüş minerallerin miktarıyla orantılıdır. Su sertliğine neden olan en önemli mineraller kalsiyum ve magnezyumdur. Bunların yanında az miktarda demir, bakır, mangan iyonları da su sertliğine neden olurlar. Yıkama esnasında sabun ile sudaki mineraller birleşerek sabun kiri oluştururlar ve bunlar kumaştaki gözeneklere yerleşerek çamaşırların sert olmasına sebep olurlar. Su sertliği arttıkça sabun kiri miktarı artar. Gözenekler arasındaki sabun kiri durulamayla giderilebildiği için sabun kiri miktarı arttıkça çamaşırı bu sabun kirinden arındırmak için daha fazla durulama gerekir.

Bir akıllı makina, ölçülen parametrelere göre uygun kararlar aldıktan sonra yıkama boyunca çeşitli ölçümler alarak gerekli müdahaleler de yapabilir. Örneğin etkinliği çok düşük bir deterjan kullanımı sonucu kirin çok yavaş söküldüğü tespit edilirse

kirin sökülmesini hızlandırmak için tamburu daha kuvvetli döndürme veya sıcaklığı arttırma veya ilave deterjan ekleme gibi kararlar verilebilir. Veya tam tersi bir şekilde çok etkili bir deterjan kullanılıyorsa ve dolayısıyla kir sökülme hızı fazla ise tambur yavaşlatılarak çamaşırların gereksiz yıpranması engellenebilir. Durulama sırasında ise bulanıklık ve iletkenlik değişimleri takip edilerek bu değerler belli bir değerden küçük oluncaya kadar durulama devam ettirilebilir.

Bu çalışmada, çamaşır makinasının akıllı kontrolü için hangi parametre ve değişkenlerin kullanılabileceği ve bunların hangi yöntemlerle ölçülebileceği araştırılmıştır. Daha sonra bu parametre ve değişkenleri kullanarak akıllı kontrol algoritmaları önerilmiş ve sistem simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına dayanarak akıllı kontrollü çamaşır makinasının getirdiği avantajları tespit edebilmek için geleneksel çamaşır makinası ile akıllı kontrollü çamaşır makinası kıyaslanmıştır. Kıyaslama, öncelikle yıkama süreleri bazında gerçekleştirilmiş ve her iki tip çamaşır makinası için yıkama sekansları elde edilmiştir. Son olarak enerji tüketimleri, su tüketimleri ve deterjan tüketimleri hesaplanarak yıkama maliyetleri kıyaslanmıştır.

Tezin bölümleri şu şekilde özetlenebilir: Tezin ikinci bölümünde, literatürdeki yük miktarı, yük cinsi, kir, deterjan algılama çalışmaları ve akıllı kontrol uygulamalarına yer verilmiş, yapılan patent araştırması sonucu en önemli görülen patentler kısaca burada özetlenmiştir. Tezin üçüncü bölümünde ise parametrelerle ilgili çeşitli ölçme yöntemleri kısaca tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde sistem tanıtımı, önerilen akıllı kontrol algoritmaları, simülasyon sonuçları yer almaktadır. Beşinci ve son bölümde ise sonuçlar tartışılmış, çalışmaların bundan sonra nasıl yönlendirileceği ile ilgili öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, çamaşır makinasında akıllı kontrol için kullanılabilir parametre ve değişkenler olan yük miktarı, yük cinsi, kir, deterjan algılama yöntemleri ve çamaşır makinasında akıllı kontrol uygulamaları üzerine yapılan çalışmalardan bazı örnekler kısaca özetlenmiştir. Endüstride gelişmekte olan bir sektöre ait olan ve yoğun rekabet alanında yer alan bu çalışmalar, daha çok patent olarak karşımıza çıktığı için bu bölümde ağırlıklı olarak patent araştırmalarına yer verilmiştir.

Badami ve arkadaşlarının [6], çamaşır makinasında yük miktarı algılama üzerine geliştirdikleri yöntemde, çamaşır makinası tamburunun ivmelenmesinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle içine çamaşır yerleştirilen tamburun ivmelenmesi ölçülmekte ve buradan tambur atalet momenti hesaplanmaktadır. Hesaplanan tambur atalet momenti yardımıyla da tamburun içindeki çamaşır miktarı kestirilmektedir. Tambur atalet momenti; motorun uyguladığı torka, oluşan ivmeye ve sürtünme kaynaklı atalet momentine göre değişir. Badami ve arkadaşlarının geliştirdiği yöntemde tambura iki farklı tork uygulanır. Her iki tork için elde edilen denklemler birbirlerinden çıkarılır. Bu işlemde, sürtünme atalet momentleri aynı kabul edilirse iki sürtünme atalet momenti birbirini götürür. Sonuç olarak elde edilen fark denkleminde tambur atalet momenti çekildiğinde, tambur atalet momentinin motor tarafından uygulanan tork ve oluşan ivme farklarına bağlı olduğu görülmektedir. Tork ölçümü pahalı bir yöntem olduğu için Badami ve arkadaşları, boş tamburun ve içine çamaşır yerleştirilmiş tamburun atalet momentlerini karşılaştırma yoluna gitmişlerdir. Bunun için aynı torklarla önce içi boş tamburun atalet momenti bulunmuştur ki bu da motor tarafından uygulanan tork ve oluşan ivme farklarına bağlıdır. Daha sonra tambur dolu iken de aynı torklarla dolu tamburun atalet momenti bulunmuştur. Her iki tambur atalet momenti birbirine oranlandığında, normalleştirilmiş tambur atalet momenti ifadesine ulaşılır ve normalleştirilmiş tambur atalet momentinin sadece oluşan ivme farklarının oranına bağlı olduğu görülür. Belli aralıklarla hız ölçülerek ivme ve normalleştirilmiş tambur atalet momenti hesaplanabilir. Böylece tork ölçmeden normalleştirilmiş tambur atalet momenti tespit edilir ve hangi yüke ne kadar atalet momenti bilgisinden yararlanarak da tambur içindeki çamaşır miktarı kestirilir [6].

Yük miktarı algılama üzerine diğer bir çalışma da Yoshida ve arkadaşları [7] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, çamaşır miktarının belirlenebilmesi için bir ağırlık sensörü geliştirilmiştir. Ağırlık sensörü, ferromanyetik bir gövde ve bu gövde zerine sarılı bobinden oluşmaktadır. Ferromanyetik elemanın sıkışıp genişlemesiyle değişen manyetik karakteristiği, bobinin indüktansının değişmesine neden olur. Bu değişimin tespit edilmesi için bir LC osilatör devresi kurulur. Bu devre sayesinde indüktanstaki değişim, devrenin osilasyon sinyal frekansındaki değişim olarak görülür ve frekanstaki değişim yardımıyla çamaşır makinasındaki çamaşır miktarı kestirilebilir. Yoshida ve arkadaşları, çamaşır miktarının ferromanyetik elemanı sıkıştırmasını sağlamak amacıyla, geliştirdikleri ağırlık sensörünün çamaşır makinasında kazanı taşıyan çubuklarda veya çamaşır makinasının altındaki ayaklarda kullanılması önermektedirler [7].

Ishibashi ve Hasegawa'nın [5] üstten doldurmalı pervaneli tip çamaşır makinası üzerine yapmış olduğu çalışma, çamaşır makinası için geliştirdikleri bir kontrol yapısı üzerinedir. Bu çalışmada ayrıca, geliştirilen kontrol yapısında kullanılan çeşitli parametrelerin ölçüm yöntemleri de önerilmektedir. Bunlardan biri de çamaşır miktarını ölçmek için önerdikleri kapasitif sensör yapısıdır. Bu kapasitif sensör ile motora giden akımın faz farkı ölçülür. Faz farkı motor gücüyle ters orantılı, motor gücü ise çamaşır hacmiyle doğru orantılıdır. Yani, çamaşır hacmi arttıkça motor gücü artmakta, motor gücü arttıkça da motora giden akımın faz farkı azalmaktadır. Böylece, ölçülen faz farkından yararlanarak çamaşır hacmi kestirilebilmektedir [5].

Aisa [8] yaptığı çalışmada, çamaşırın su emme hızlarına göre hem yük miktarının hem yük cinsinin kestirilebileceği bir yöntem ileri sürmektedir. Bu yöntemde, çamaşır makinasına önce belli bir süre boyunca su aldırılır. Daha sonra tambur hareketiyle bu suyun çamaşır tarafından emilmesi sağlanır. Bunun sonucunda tambur içindeki su seviyesi düşer. Tekrar çamaşır makinasına belli bir seviyeye kadar su aldırılır ve tambur içindeki su seviyesi bu belirlenen seviyeye ulaşıncaya kadar geçen süre kaydedilir. Aisa, bu süre ile makinaya ilk su alma süresinin oranının çamaşırın su emme hızları ile orantılı olduğu ve buradan çamaşır cinsinin kestirilebileceği ileri sürmektedir. Yük cinsi belirlendikten sonra, yük miktarının tespit edilebilmesi için tekrar tambur hareketiyle çamaşırın suyu emmesi ve tambur içindeki su seviyesinin düşmesi sağlanır. Daha sonra çamaşır makinasına üçüncü kez su aldırılır. Su yine bir önceki belirlenen seviyeye kadar aldırılır ve yine bu seviyeye ulaşıncaya kadar geçen süre kaydedilir. Araştırmacı, bu ölçülen son su alma için geçen süreden de cinsi tespit edilen çamaşırın miktarının kestirilebileceği ileri sürmektedir [8].

Ishibashi ve Hasegawa [5] yaptıkları çalışmada ayrıca çamaşırların tipinin de kestirilebileceğini ileri sürmektedirler. Burada kastedilen çamaşır tipleri; çamaşırların yumuşak (yünlü vb.), normal (pamuklu vb.) ve sert (keten vb.) özellikte olmalarıdır. Bu çalışmada, üstten doldurmalı pervaneli tip çamaşır makinasında, pervanenin sağa sola hareketindeki motor devir sayısının çamaşırların tipine göre değişmesinden yararlanılmıştır. Motor devrindeki bu değişimlerin bir mikrobilgisayar vasıtasıyla algılanabileceği ve böylece çamaşır tipinin kestirilebileceği iddia edilmektedir [5].

Bir diğer çalışmada Civanelli [9], yük cinsinin belirlenmesi için çamaşırların emdikleri su miktarından yararlanılabileceğini ileri sürmüştür. Civanelli tarafından önerilen yöntemde, öncelikle çamaşırların ağırlığı herhangi bir yöntemle tespit edilir. Daha sonra çamaşır makinasına belli bir miktar su aldırılır, tambur hareketiyle çamaşırların suyu emmesi sağlanır. Bir sonraki adımda, tambur sıkıyaya yakın bir hızla döndürülürken su tahliye edilir ve tahliye edilen su miktarı ölçülür. Tahliye edilen su miktarını ölçmek için tahliye hattına bir sayaç takılabilir veya suyun tahliye edilmesi için geçen süre ölçülerek bu miktar belirlenebilir. Çamaşır makinasına aldırılan su miktarından tahliye edilen su miktarı çıkarılarak çamaşırların üzerinde kalan yani çamaşırların emdiği su miktarı elde edilir. Bu su miktarından da çamaşır tipi kestirilir [9].

Çamaşır makinasında kir algılama çalışmaları genellikle yıkama suyunun bulanıklığının optik bir yöntemle ölçülmesine dayanmaktadır. Bu sayede yıkama suyunun bulanıklığından çamaşırların kirliliği kestirilebilir. Erickson ve arkadaşları [10] yıkama suyunun bulanıklığını tespit etmek için bir sensör platformu geliştirmişlerdir. Bu platformun üzerinde bir ışık kaynağı ve iki tane algılayıcı, biri tam ışık kaynağının karşısına diğer ise ışık kaynağı ile 90° lik açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Böylece ilk algılayıcı iletilen ışık yoğunluğunu algılamak için diğer algılayıcı ise ortamdaki partiküllere çarpıp saçılan ışık yoğunluğunu algılamaktadır. Bu tür bir sensör platformu hem çamaşır makinalarında hem de bulaşık makinalarında kullanılabilecektir. Platformun üzerine optik bulanıklık ölçüm elemanlarının yanı sıra suyun elektrik iletkenliği ölçümü için elektrotlar ve sıcaklık ölçümü için bir termistör de yerleştirilmiştir [10].

Leipertz ve Will [11] tarafından yapılan çalışmada da bir optik bulanıklık sensörü geliştirilmiştir. Bu yapıda ışık gönderici ve ışık alıcı cihazlar yıkama ortamından uzağa, çamaşır makinası kazanına yerleştirilmiştir. Bunun nedeni, elektronik elemanları sıcaklık, kimyasal etki gibi zararlı koşullardan uzaklaştırmaktır. Bu sensörde, ışık gönderici eleman tarafından üretilen ışık bir borunun içine

yerleştirilmiş fiber optik kablo vasıtasıyla çamaşır makinası kazanının içine gönderilir. Yıkama ortamından geçen ışık yine bir boru içindeki fiber optik kablo vasıtasıyla algılayıcı elemana gönderilerek yıkama ortamının kirliliği tespit edilir [11].

Ono [12] yapmış olduğu çalışmada bulaşık makinası için bir sensör uygulaması önermiştir. Ancak bu çalışmaya, önemi ve çamaşır makinasına uygulanabilirliği nedeniyle burada yer verilmiştir. Ono tarafından geliştirilen sensör ortamdaki kir partiküllerinin boyutunu tespit ederek kirlilik tipini kestirebilmektedir. Yapıda iki tane ışık kaynağı ve bir tane algılayıcı bulunmaktadır. Işıklardan biri uzun dalga boylu (örneğin kırmızı) diğeri de kısa dalga boylu (örneğin yeşil) ışık göndermektedir. Kir parçalarının boyları büyük ise kırmızı ışığın algılanma miktarı küçük, kir parçalarının boyları küçük ise kırmızı ışığın algılanma miktarı büyüktür. Kısa dalga boylu ışık durumunda ise tam tersi söz konusudur. Böylece iki farklı dalga boylu ışığın algılanma miktarları karşılaştırılarak ortamdaki partiküllerin yemek artıklarından oluşan büyük partiküller mi yoksa küçük yağ partikülleri mi olduğu tespit edilebilir [12].

Stephens ve Watt [13] yaptıkları çalışmada, çamaşır makinasında kir algılama için suyun yoğunluk ve/veya viskozitesini ölçen bir sensör yapısı geliştirmişlerdir. Araştırmacıların geliştirdiği sensör yapısında birbirinden üzerinde piezoelektrik transducerlar bulunan diyaframla ayrılmış iki bölme bulunmaktadır. Transducerlardan bir tanesine alternatif gerilim uygulanır, bunun sonucu diyafram bükülür ve bu diyaframa bağlı iki çubuk birbirlerine yaklaşır uzaklaşarak titreşim oluştururlar. Diğer transducer da oluşan bu titreşimi algılar. Çubuklar incelenmek istenen sıvının içine yerleştirilmelidir. Böylece, sıvının viskozitesindeki ve/veya yoğunluğundaki değişime bağlı olarak yapının rezonans frekansı ve rezonans bant genişliği değişir. Su kirlendikçe yoğunluğu ve viskozitesi de değişebileceğinden geliştirilen sensör yapısı ile kirlilik kestirilebilir [13].

Çamaşır makinasında akıllı kontrol için kullanılacak diğer bir parametre de deterjan miktarıdır. Deterjan miktarı algılama ile ilgili yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntem, suyun elektrik iletkenliğinin ölçümüdür. Suyun elektrik iletkenliğinin ölçümü ilgili bir çalışma daha önce de bahsedildiği gibi Erickson ve arkadaşları [10] tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, geliştirdikleri sensör platformuna kir algılama için kullanılacak optik elemanların yanı sıra suyun elektrik iletkenliğini algılamak üzere iki tane yan yana duran elektrot yerleştirmişlerdir. Bu elektrotlara gerilim uygulanarak akım ölçülür ve suyun elektrik iletkenliği tespit edilir. Sudaki deterjan konsantrasyonuna bağlı olarak iletkenlik de değiştiğinden iletkenlik ölçümü ile ortamdaki deterjan miktarı tespit edilebilmektedir [10].

Ishibashi ve Hasegawa [5] ise yaptıkları çalışmada deterjan miktarının optik ölçümle tespit edilebileceğini belirtmektedirler. Bunun için deterjan ve su tambura alındıktan sonra tambur hareketi yardımıyla deterjanın suda çözünmesi sağlanır. Araştırmacılar, deterjanın suyu bulanıklaştıracağı için bir ışık kaynağı ve tam karşısında yer alan bir algılayıcı ile suyun bulanıklığındaki değişim algılanarak ortamdaki deterjan miktarının tespit edileceği iddia etmektedir [5].

Çamaşır makinasında yük miktarı, yük cinsi, kir ve deterjan algılama üzerine yapılan çalışmaların bazıları özetlendikten sonra çamaşır makinası için geliştirilen akıllı kontrol uygulamalarından bazı örnekler de bu bölümde özetlenmiştir.

Çamaşır makinasında akıllı kontrol yöntemlerinden biri daha önce de bahsedildiği gibi Ishibashi ve Hasegawa [5] tarafından önerilmiştir. Bu çalışmada, çamaşır makinasına dolan sıcak suyun sıcaklığı bir termistör ile, çamaşır hacmi bir kapasitif sensör ile, çamaşır tipi bir devir sensörü ile, kir derecesi, kir tipi, deterjan hacmi ve deterjan tipi bir optik sensör ile belli bir yıkama süresince toplanan verilere göre ölçülmektedir. Bu ölçümler önerilen yapay sinir ağı giriş değerleri olarak kullanılmaktadır. Bu yapay sinir ağı 7 girişli, 2 çıkışlı, üç katmanlı ve toplam 14 nörondan oluşmaktadır. Bu kontrol yapısı üstten doldurmalı pervaneli tip çamaşır makinası için önerilmektedir. Yapay sinir ağının çıkışları ise yıkama süresi ve pervane ile suyu çalkalama şiddetidir. Yapay sinir ağına giriş değişkenlerinin ölçüldüğü süre boyunca suyun şeffaflığındaki değişim belli aralıklarla ölçülür ve bu değerlerle bir ikinci yapay sinir ağı kullanılarak yıkama sonunda olması beklenen suyun şeffaflık değeri tespit edilir. Birinci yapay sinir ağının verdiği yıkama süresi ve suyu çalkalama şiddeti değerleri ile yıkama tamamlanır, Daha sonra optik sensör ile suyun şeffaflığı ölçülür. Ölçülen bu şeffaflığın, ikinci yapay sinir ağı tarafından hesaplanan olması gereken şeffaflık değerinden daha yüksek olması yıkamanın yetersiz olduğunun, daha düşük olması ise aşırı olduğunun göstergesidir. Yetersiz yıkamanın tercih edilmemesi gibi aşırı yıkama da çamaşırın zarar görmesine neden olabileceği için istenmeyen bir durumdur. Bu iki durumun gerçekleşmesinin nedeni ise birinci ağın hesapladığı yıkama parametreleri değerlerinin yeteri kadar doğru olmamasıdır, yani yapay sinir ağının ağırlıkları tam olarak uygun değildir. Bu durumu gidermek için ikinci ağdan elde edilen olması gereken şeffaflık değeri ile ölçülen gerçek şeffaflık değeri arasındaki fark minimum olacak şekilde birinci ağın ağırlıkları değiştirilir. Böylece sonraki yıkamalarda daha iyi performans elde edilebilecektir. Bu sayede kendi kendini geliştirebilen bir çamaşır makinası elde edilmiş olur. Araştırmacılar tarafından önerilen akıllı kontrol yapısıyla ayrıca çamaşır makinası, birinci durulama sonunda suyun şeffaflık değerini ölçmekte ve bu değer

bir referans şeffaflık değerinden az veya çok olmasına göre bir sonraki durulama süresini hesaplamaktadır [5].

Kiuchi ve arkadaşları [14] ise çamaşır makinası için bir bulanık mantık kontrol yapısı önermişlerdir. Bu yapıda önce, suyun şeffaflığındaki değişimin doymaya ulaşması için geçen süre ile bu andaki şeffaflık değeri ölçülür ve bu ölçümler bir bulanık mantık uygulamasında kullanılarak yıkama süresi tespit edilir. Daha sonra ölçülen bu şeffaflık değeri ve ölçülen çamaşır miktarına göre durulama şiddeti belirlenir. Önerilen bu yapıda bulanık mantık ile verilen kararların yanı sıra kullanıcının kararları da dikkate alınmaktadır. Kullanıcı, makina üzerindeki bir mönü aracılığıyla yıkama uzunluğunu ve durulama şiddetini belirleyen yıkama programını seçmektedir. Bu girişlere göre bulanık mantık kontrolörde kullanılacak kural tabloları değişmektedir. Örneğin kullanıcı "standart" yıkama programını seçmiş olsun. Buna göre bulanık mantık kural tablosundan bir kural şu şekildedir: "Eğer doymaya ulaşma süresi kısa ise ve doyma anındaki şeffaflık derecesi yüksek ise o zaman yıkama süresini 3 dakika yap". Fakat eğer kullanıcı "uzun" yıkama programını seçmiş ise o zaman kural şu şekilde olacaktır: "Eğer doymaya ulaşma süresi kısa ve doyma anındaki şeffaflık derecesi yüksek ise o zaman yıkama süresini 7 dakika yap". Durulama şiddetinin hesaplanması için önerilen kural tablosundan örnekler ise şu şekildedir: "Eğer çamaşır miktarı az ise ve şeffaflık derecesi yüksek ise o zaman iki kere 1 dakikalık durulama yap". "Eğer çamaşır miktarı az ise ve şeffaflık değeri düşük ise o zaman önce 1.5 dakikalık bir durulama yap ardından 2 dakikalık bir durulama yap". Durulama şiddetinin hesaplanması için önerilen kural tablosu da kullanıcının daha önce seçtiği "az", "standart", "fazla" gibi durulama şiddeti seçeneklerine göre değişecektir [14].

3. PARAMETRE VE DEĞİŞKEN ALGILAMA YÖNTEMLERİ

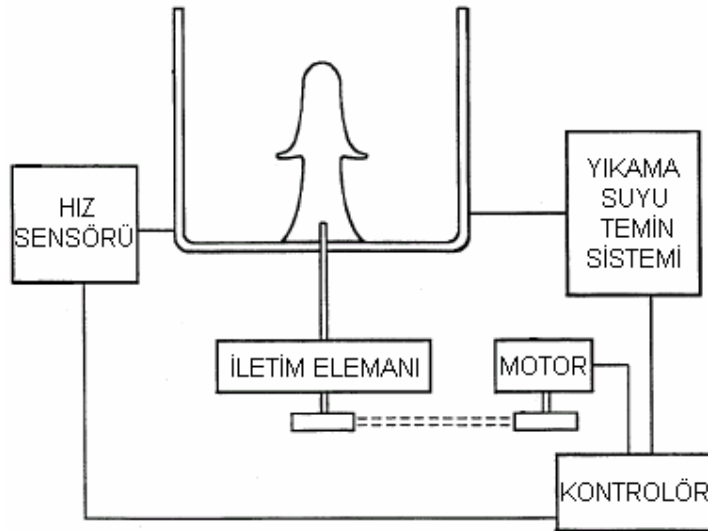
3.1 Yük Miktarı Algılama Yöntemleri

Literatürde karşılaşılan en yaygın çamaşır miktarı algılama yöntemleri, çamaşırların ataletinin ölçümü, çamaşırların su emme miktarlarının ölçümü, yük sensörü kullanımıdır.

3.1.1 Atalet Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama

[6] numaralı kaynakta anlatılan bu yöntemde, tamburun ivmelenmesi ölçülür ve buradan tambur atalet momenti hesaplanarak tambur içindeki çamaşır ağırlığı tespit edilir.

Patentte anlatılan çamaşır makinasının blok diyagramı aşağıdaki şekildedir:



Şekil 3.1. Çamaşır makinasının blok diyagramı [6]

Bu çamaşır makinasının motoru T_1 ve T_2 gibi iki farklı tork üretmektedir. İçinde çamaşır olan tambura motor tarafından önce T_1 torku uygulanarak tamburun ivmelenmesi sağlanır. Belli bir zaman aralığında hız sensörü ile hız ölçümleri alınarak ivme tespit edilir. Daha sonra tambur T_2 torkuyla döndürülür ve tekrar ivme ölçülür. Aşağıda, uygulanan tork ve ivmeler arasındaki ilişkiler görülmektedir.

$$T_1 = J.A_1 + T_s \quad (3.1)$$

$$T_2 = J.A_2 + T_s \quad (3.2)$$

Burada; T_1 (Nm) ve T_2 (Nm) motorun tambura uyguladığı torklar, J (kgm^2) içinde çamaşır olan tamburun atalet momenti, A_1 (rad/s^2) ve A_2 (rad/s^2) motorun uyguladığı torklar sonucu oluşan ivmeler, T_s (Nm) ise sürtünme momentidir. Burada her iki durumda da sürtünmeden dolayı oluşan moment eşit kabul edilmiştir. Bu durumda denklem (3.1) ile (3.2) birbirinden çıkarılırsa sürtünmeden kaynaklanan moment terimi birbirini götürür ve denklem (3.3) elde edilir.

$$T_1 - T_2 = J.(A_1 - A_2) \quad (3.3)$$

Bu ifadeden tambur atalet momenti şu şekilde elde edilir:

$$J = \frac{T_1 - T_2}{A_1 - A_2} = \frac{\Delta T}{\Delta A} \quad (3.4)$$

Normalleştirilmiş atalet momentini tespit etmek için tamburun boş olduğu durumdaki ataletin bilinmesi gerekmektedir. Bu değer makina üretildikten sonra bir kere belirlenir ve makinanın kontrolörüne yüklenir. Boş haldeki atalet momentini tespit etmek için yukarıda anlatıldığı gibi tambur önce T_1 torkuyla daha sonra T_2 torkuyla döndürülerek ivmeler ölçülür. Denklemler şu şekilde ifade edilir:

$$T_1 = J_0.A_{01} + T_{0s} \quad (3.5)$$

$$T_2 = J_0.A_{02} + T_{0s} \quad (3.6)$$

Burada; T_1 (Nm) ve T_2 (Nm) motorun tambura uyguladığı torklar, J_0 (kgm^2) içi boş tamburun atalet momenti, A_{01} (rad/s^2) ve A_{02} (rad/s^2) motorun uyguladığı torklar sonucu oluşan ivmeler, T_{0s} (Nm) ise içi boş tamburun sürtünme momentidir. Burada her iki durumda da sürtünmeden dolayı oluşan moment yine eşit kabul edilip denklem (3.5) ile (3.6) birbirinden çıkarılırsa sürtünmeden kaynaklanan moment terimi birbirini götürür ve denklem (3.7) elde edilir.

$$T_1 - T_2 = J_0.(A_{01} - A_{02}) \quad (3.7)$$

Bu ifadeden içi boş tamburun atalet momenti şu şekilde elde edilir:

$$J_0 = \frac{T_1 - T_2}{A_{01} - A_{02}} = \frac{\Delta T}{\Delta A_0} \quad (3.8)$$

Denklem (3.4) ile (3.8) birbirine bölünmesiyle normalleştirilmiş atalet momenti ifadesi elde edilir:

$$J_n = \frac{J}{J_0} = \frac{\Delta A_0}{\Delta A} \quad (3.9)$$

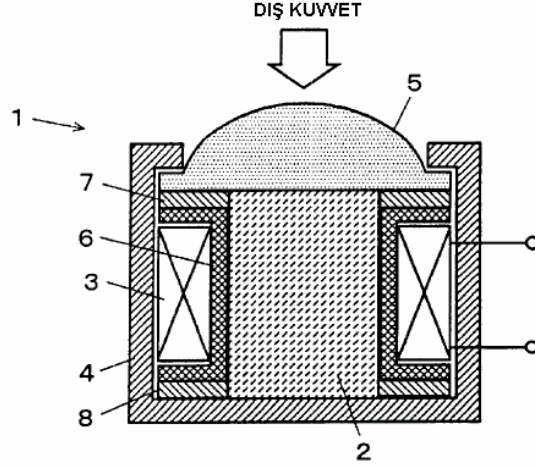
Denklem (3.9)' da görüldüğü gibi normalleştirilmiş atalet momentini bulmak için ölçülmesi pahalı ve karmaşık olan torklar değerlerinin bilinmesine gerek yoktur. Bu yöntem ile önce, çeşitli ağırlıktaki çamaşırlara karşılık gelen normalleştirilmiş ataletler tespit edilir. Böylece yıkama sırasında elde edilen normalleştirilmiş atalet momentinin ne kadar çamaşır miktarından kaynaklandığı başka bir deyişle çamaşır makinasındaki çamaşır miktarı bu veriler kullanılarak tespit edilir [6].

3.1.2 Çamaşırların Su Emme Miktarı Ölçümü ile Yük Miktarı Algılama

Çamaşır ağırlığının belirlenmesi için kullanılan diğer bir yöntem ise çamaşırların emdiği su miktarlarından yararlanmaktır. Az çamaşır az su, çok çamaşır ise çok su emeceği için emilen su miktarlarından çamaşır ağırlığına dair bir bilgi elde edilebilir. Bu yöntemde, yük cinsi bilinen çamaşırın miktarı tespit edilmektedir. Bunun için tambura su alınır ve tambur hareketiyle çamaşırların suyu emmesi ve tambur içindeki su seviyesinin düşmesi sağlanır. Daha sonra çamaşır makinasına belirlenen seviyeye kadar su aldırılır ve bu seviyeye ulaşıncaya kadar geçen süre kaydedilir. Bu ölçülen su alma için geçen süreden cinsi tespit edilen çamaşırın miktarı kestirilebilir [7]. Aynı patentte çamaşır cinsi üzerine de çalışmalar yer almaktadır ve bu çalışmalar ayrıntılı olarak Bölüm 3.2' de anlatılmaktadır.

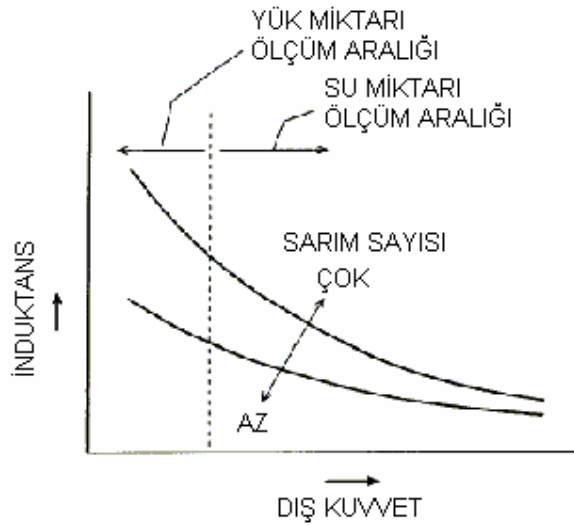
3.1.3 Ağırlık Sensörü ile Yük Miktarı Algılama

Çamaşır ağırlığının belirlenmesi için kullanılan diğer bir yöntem ise ağırlık sensörü kullanımınıdır. Patentte, ağırlık sensörünün çamaşır makinasında kazanı taşıyan süspansiyon çubuklarında veya çamaşır makinasının altındaki ayaklarda kullanılması önerilmektedir [7]. Şekil 3.2'de bir ağırlık sensörü yapısı görülmektedir.



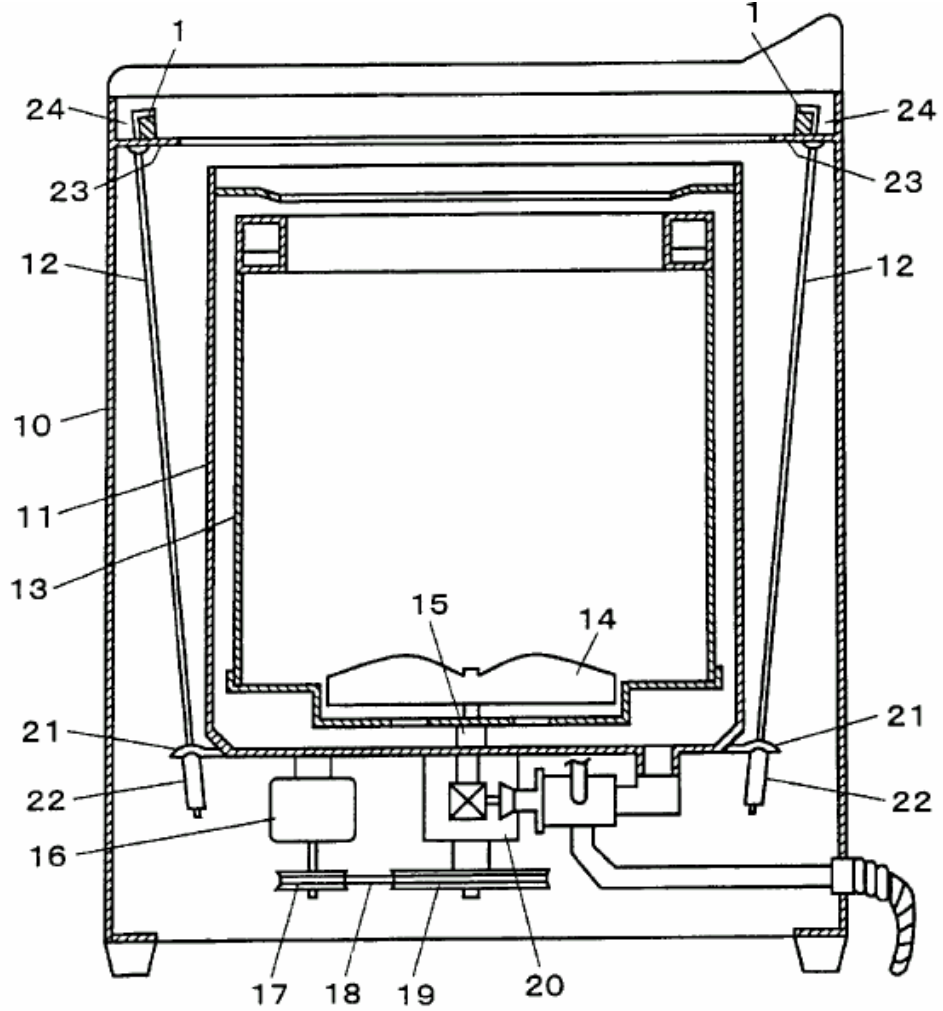
Şekil 3.2. Çamaşır makinasındaki çamaşırın ağırlığını tespit etmekte kullanılan bir ağırlık sensörü yapısı [7]

Şekil 3.2' de görülen sensör genel olarak ferromanyetik bir gövde ve bu gövde üzerine sarılı bobinden oluşur. 2 numara ile gösterilen ferromanyetik elemandır. Buna 6 numara ile gösterilen bir makara takılmış buna da 3 numara ile gösterilen bobin sarılmıştır. 7 ve 8 numaralar elastik kauçuk halkalardır. Ferromanyetik elemanın sıkışıp genişlemesiyle değişen manyetik karakteristiği, bobinin indüktansının değişmesine neden olur. Bu değişimin tespit edilmesi için bir LC osilatör devresi kurulur. Bu devre sayesinde indüktanstaki değişim, devrenin osilasyon sinyal frekansındaki değişim olarak görülür ve frekanstaki değişim yardımıyla çamaşır makinasındaki çamaşır miktarı kestirilebilir. Şekil 3.3' de indüktansın dış kuvvete göre değişimi [7].



Şekil 3.3. İndüktansın dış kuvvete göre değişimi [7]

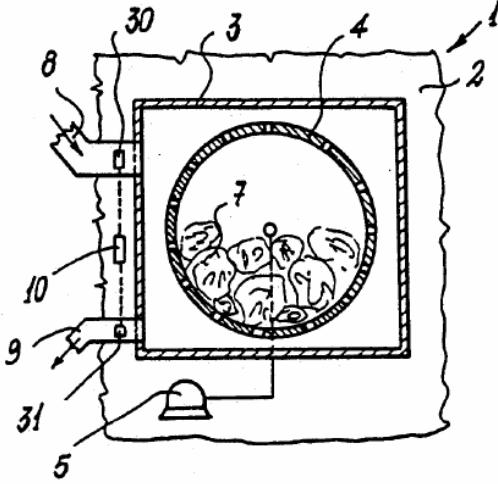
Şekil 3.4' de ise ağırlık sensörünün çamaşır makinasında yerleştirildiği yer görülmektedir.



Şekil 3.4. Çamaşır makinasında ağırlık sensörlerinin süspansiyon çubuklarına yerleşimi [7]

Şekil 3.4' de 12 numara ile gösterilen süspansiyon çubuğudur. Çubuk 22 numara ile gösterilen süspansiyon yayına bağlanmıştır. Süspansiyon yayı da 21 numaralı çıkıntı ile kazana bağlıdır. Kazan ve tahrik elemanları 4 tane süspansiyon çubuğu vasıtasıyla asılı durumdadır. Kazandaki titreşimler yaylar vasıtasıyla sönümlenir. Ağırlık sensörleri ise süspansiyon çubuklarının üst ucunda 1 numara ile gösterilen yerdedirler. Kazana çamaşır konması ile ağırlık sensörlerine kuvvet uygulanmaya başlar. Ağırlık sensörlerinin yerleştirilebileceği diğer bir yer ise Şekil 3.5' de gösterildiği gibi çamaşır makinasının ayaklarıdır.

[9] numaralı patentte, çamaşırların emdikleri su miktarından faydalanarak yk cinsi kestirilmektedir. Şekil 3.6' da bu çalışmada kullanılan çamaşır makinasının yapısı görülmektedir.

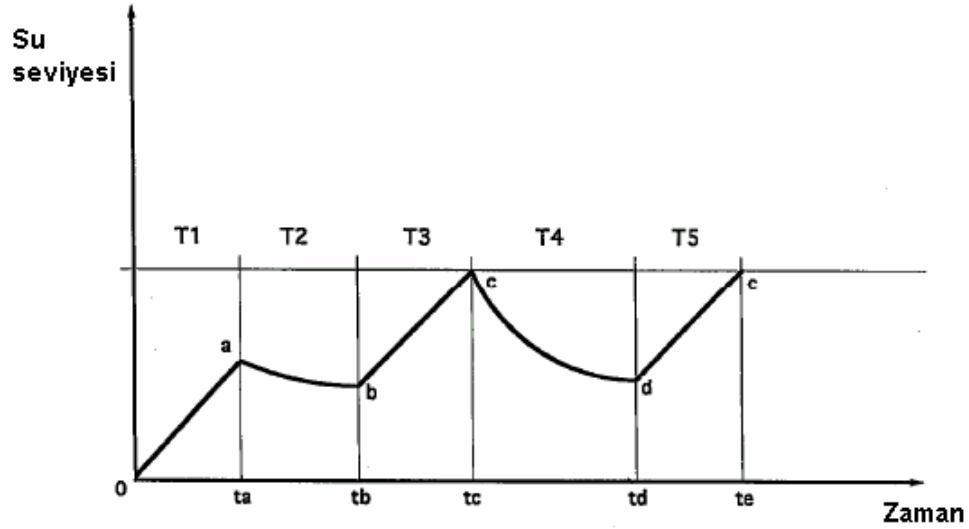


Şekil 3.6. [9] numaralı patentte kullanılan çamaşır makinasının yapısı

Burada 30 numara ile 8 numaralı su giriş hattına takılan sayaç, 31 numara ile 9 numaralı tahliye hattına takılan sayaç, 10 numara ile ise bu iki sayaç arasındaki mikroişlemci gösterilmektedir.

Bu yöntemde öncelikle çamaşırların ağırlığı herhangi bir yöntemle tespit edilir. Daha sonra çamaşır makinasına belli bir miktar su aldırılır, tambur hareketiyle çamaşırların suyu emmesi sağlanır. Bir sonraki adımda, tambur sıkıyaya yakın bir hızla döndürülürken su tahliye edilir ve tahliye edilen su miktarı ölçülür. Tahliye edilen su miktarını ölçmek için tahliye hattına bir sayaç takılabilir veya suyun tahliye edilmesi için geçen süre ölçülürken bu miktar belirlenebilir. Çamaşır makinasına aldırılan su miktarından tahliye edilen su miktarı çıkarılarak çamaşırların üzerinde kalan yani çamaşırların emdiği su miktarı elde edilir. Bu su miktarından da çamaşır tipi kestirilir [9].

[8] numaralı patentte ise çamaşırların su emme hızlarına göre çamaşır cinsinin tespit edilebileceği ileri sürülmektedir. Bu yöntem Şekil 3.7 vasıtasıyla açıklanmaktadır.



Şekil 3.7. [8] numaralı patentte anlatılan yöntemde çamaşır makinası içindeki su seviyesinin değişimi

Bu yöntemde, çamaşır makinasına önce belli bir T_1 süresi boyunca su aldırılır. Bu sırada tambur hareketsizdir. Daha sonra bir T_2 süresi boyunca tambur hareketi yaptırılarak bu suyun çamaşır tarafından emilmesi sağlanır. Bunun sonucunda tambur içindeki su seviyesi düşer. Bundan sonra makinaya "c" ile gösterilen seviyeye kadar su aldırılır. Bu sırada tambur hareketsizdir. Su alımı için geçen T_3 süresi kaydedilir. Patentte T_3 / T_1 oranının çamaşırın su emme hızları ile orantılı olduğu ve buradan çamaşır cinsinin kestirilebileceği ileri sürülmektedir. Sonra tekrar T_4 süresi boyunca tambur hareketi sağlanarak çamaşırın suyu emmesi ve tambur içindeki su seviyesinin düşmesi sağlanır. T_4 süresi o şekilde seçilir ki emilen su miktarı hem çamaşır cinsinin hem de çamaşır miktarının bir orantısı olsun. Daha sonra "c" seviyesine kadar su aldırılır ve bunun için geçen süre T_5 kaydedilir. Patentte, çamaşır cinsi önceden tespit edildiği için T_5 ve T_3 / T_1 değerlerinden çamaşır miktarının da tespit edilebileceği ileri sürülmüştür [8].

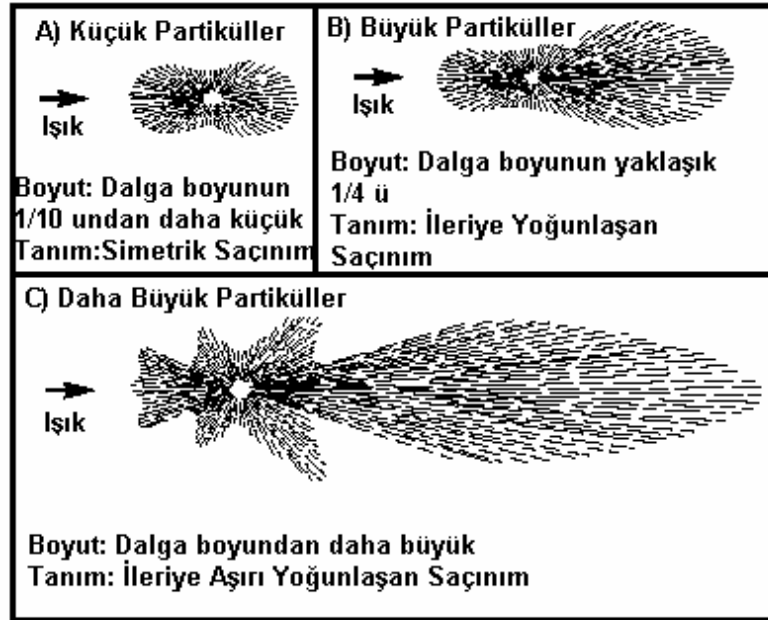
3.3 Kir Algılama Yöntemleri

Literatürde çamaşırın kirliliğinin algılanmasında karşılaşılan en yaygın yöntem optik algılayıcıların kullanılmasıdır. Diğer bir yöntem ise sıvının viskozitesinin ve/veya yoğunluğunun ölçerek kirliliğin saptanmasıdır.

3.3.1 Optik Bulanıklık Ölçümü ile Kir Algılama

Amerikan Ulusal Sağlık Birliği (APHA: American Public Health Association) tarafından bulanıklık, ışığın saçılması ve sönümlenmesine sebep olan optik özellik olarak tanımlanmaktadır. Işığın saçılmasının nedeni ise sudaki partiküllerdir. Yani, suyun bulanıklığı, sudaki partiküller nedeniyle ışığın saçılması olarak da tanımlanabilir.

Saf suda bile gönderilen ışık su molekülleri tarafından saçılırlar, yani hiç bir sıvı sıfır bulanıklık derecesine sahip değildir. Bir sıvının bulanıklığı içindeki partiküllerin biçimine, boyutuna ve yoğunluğuna bağlıdır. Bulanıklığı etkileyen diğer bir değişken ise gönderilen ışığın dalga boyudur. Partikül üzerine gönderilen ışık partiküle çarptığında, partikül bu ışık enerjisini depolar ve bir ışık kaynağı gibi depoladığı ışığı yayar. Partikülden saçılan ışığın dağılımı, partikül boyutunun gelen ışığın dalga boyuna oranına bağlıdır. Gelen ışığın dalga boyuna göre partikül boyu arttıkça ışığın saçılımı ileri yöne yoğunlaşmaya başlar. Örneğin küçük partiküller kısa dalga boylu ışıkları (mavi gibi) daha yoğun saçarlarken uzun dalga boylu (kırmızı gibi) ışıkları daha az saçarlar. Aynı şekilde büyük partiküller uzun dalga boylu ışıkları kısa dalga boylu ışıklara göre daha kuvvetli saçarlar. Örnek olarak, Şekil 3.8' de partikül boyutunun ışık dalga boyundan daha küçük, büyük ve daha büyük olması hallerinde ışık saçınımları gösterilmektedir [16].

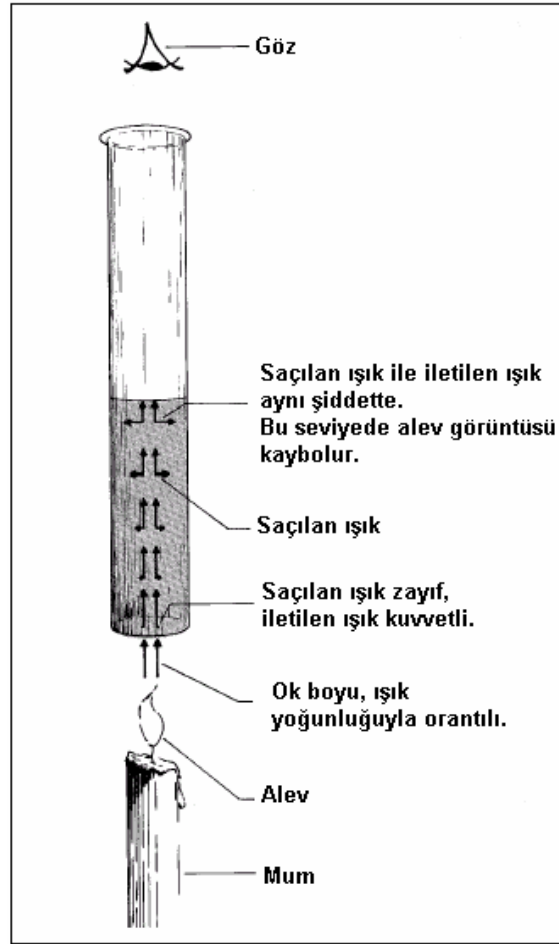


Şekil 3.8. Partikül boyutunun ışık dalga boyundan daha küçük (A), büyük (B) ve daha büyük (C) olması hallerinde ışık saçınımları [16]

Partikül büyüklüğü kadar partikülün rengi ve sıvının rengi de ışığın saçınımında etkilidir. Renk pigmentleri, görülr spektrumun belli aralıklarında ışık enerjisini sönümler, iletilen ışığın ve saçılan ışığın karakterini değiştirir.

Işığın saçınımını etkileyen diğer bir faktör ise ortamdaki partikül yoğunluğudur. Partikül yoğunluğu arttıkça ışık saçınımı da artar. Partikül yoğunluğu belli bir değerin üstüne çıktığında ise saçılan ışık diğer partiküllere çarpacağından ışık sönümlenmeye başlar. Eğer partikül yoğunluğu bu eşik değerine ulaşırsa yansıyan ve iletilen ışığın algılanabilirliği birden azalır. Bu değer, ölçülebilecek en büyük bulanıklık değeridir.

Bulanıklık için geliştirilen ilk standart birim JTU' dur. 1 JTU, 1 litre saf suda 1 miligram diatomidin neden olduğu bulanıklık değeridir. Bulanıklık ölçmek için geliştirilen ilk düzenek ise Jackson Mum Bulanıklık Ölçerdir (Jackson Candle Turbidimeter) ve yapısı Şekil 3.9' da görülmektedir [16].

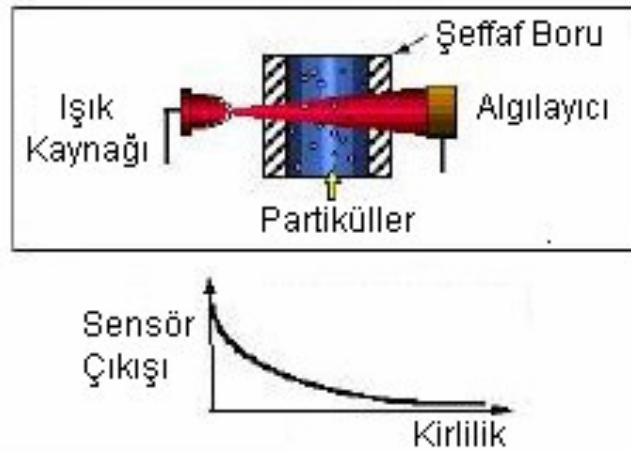


Şekil 3.9. Jackson Mum Bulanıklık Ölçer (Jackson Candle Turbidimeter) [16]

Jackson Mum Bulanıklık Ölçerin kalibrasyonu için Farklı JTU değerlerinde numuneler hazırlanır. Belli bir bulanıklıktaki numune şişeye azar azar ilave edilir. Şişede sıvı seviyesi belli bir değere gelince şişenin üstünden bakıldığında şişenin altındaki mum alevi artık görünmez, yüzeyde homojen dağılmış bir parlaklık görülür. Bu andaki seviye değeri kaydedilir. Daha sonra farklı bulanıklık değerlerine sahip numunelerle aynı işlem tekrarlanır ve her bir bulanıklık için karşılık gelen seviyeler kaydedilir. Tüm bu bulanıklık değerlerine karşılık gelen seviyelerle bir tablo oluşturulur. Böylece, Jackson Mum Bulanıklık Ölçer kalibre edilmiş olur. Daha sonra, bir sıvının bulanıklığı ölçülmek istendiğinde, bu sıvı yüzeyde homojen bir parlaklık görülünceye kadar şişeye dökülür ve bu durumdaki sıvı seviyesinden önceden hazırlanan tablo yardımıyla bu sıvının bulanıklığı JTU cinsinden tespit edilir [16].

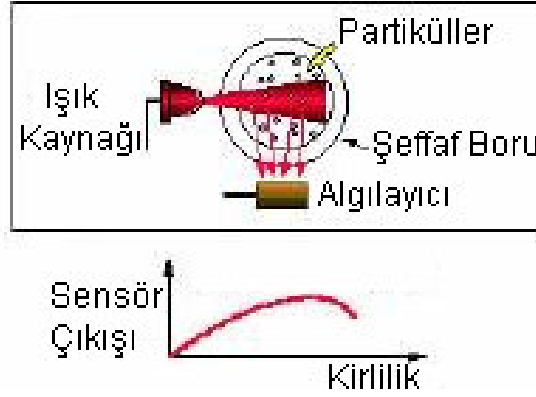
Jackson Mum Bulanıklık Ölçer düzeneğinin bazı kısıtları vardır. Bu düzeneğe ile 25 JTU' dan daha az bulanıklık değerine sahip sıvılar ölçülememektedir. Ayrıca seviye tespiti kişiye bağlı yani nesnel değildir. Bunlara ek olarak, bu düzenekte kullanılan ışık uzun dalga boylu mum ışığıdır (sarı-kırmızı), yani küçük partiküller bu dalga boyundaki ışığı etkin olarak saçamazlar. Bu durum da, bu düzeneğin çok ince partiküllü süspansiyonlara karşı hassas olmadığını göstermektedir [16].

Bunun üzerine, daha hassas ölçümler için yöntemde geliştirmeler yapılmıştır. Mum ışığı yerine LED gibi ışık kaynakları kullanılmaya başlanmış, insan gözlemci yerine fotoelektrik algılayıcılar yerleştirilerek bulanıklık ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Şekil 3.10' da bu tip optik bulanıklık ölçüm yapısı ve kirliliğe bağlı olarak sensör çıkışının değişimi görülmektedir [17].



Şekil 3.10. İletilen ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [17]

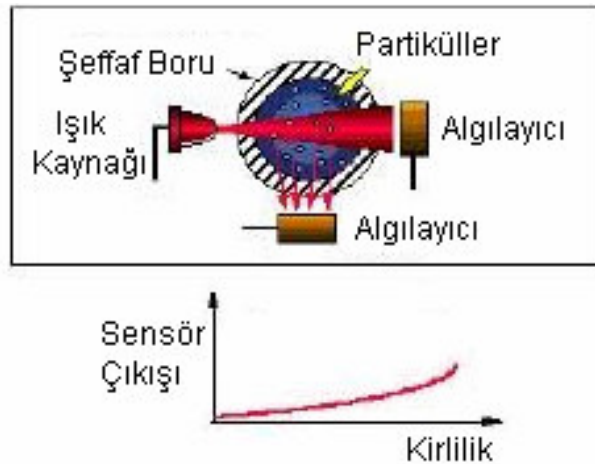
Bir başka yöntemde de algılayıcı ışık kaynağına belli bir açı ile yerleştirilerek saçılan ışığın algılanması amaçlanmıştır. Bir çok modern düzenekte algılayıcı 90° ye yerleştirilmiştir. Bu şekilde saçılan ışık hassas olarak algılanabilmektedir. Saçılan ışığı algılayan bu cihazlar nephelometre veya nephelometrik bulanıklık ölçer olarak adlandırılırlar. Şekil 3.11' de bu tip optik bulanıklık ölçüm yapısı ve kirliliğe bağlı olarak sensör çıkışının değişimi görülmektedir [17].



Şekil 3.11. Saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [17]

Şekil 3.11' de gösterilen sensörler, düşük bulanıklık değerlerinde yüksek hassasiyete sahiptir. Ancak çok yüksek bulanıklık değerlerinde ışığın bir çok partiküle çarpması sonucu ışık sönümlenir ve sensör çıkışı düşmeye başlar.

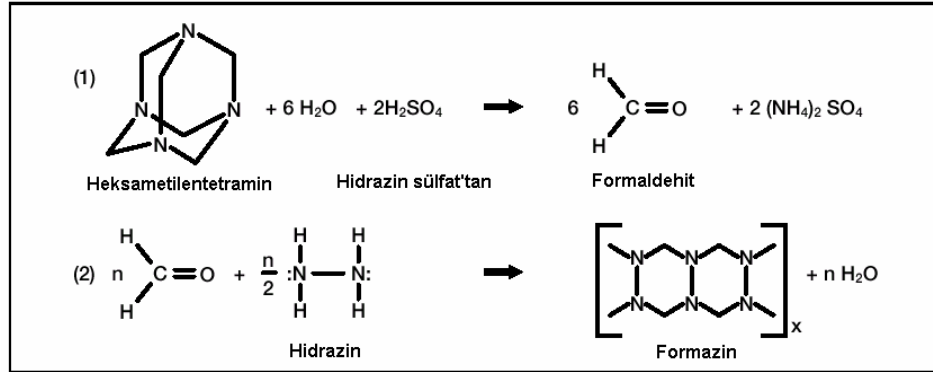
Daha gelişmiş bir düzenekte ise iki tane algılayıcı kullanılmıştır. Bunlardan biri iletilen ışığı algılarken diğeri de saçılan ışığı algılar. Sensör çıkışı algılayıcının çıkışlarının birbirine oranlanması ile elde edilir. Bu tip optik bulanıklık ölçüm yapısının şekli ve kirliliğe bağlı olarak sensör çıkışının değişimi Şekil 3.12' de görülmektedir [17].



Şekil 3.12. Hem iletilen hem saçılan ışığı algılayan optik bulanıklık sensörü [17]

Şekil 3.12' de gösterilen sensör düzeneği, daha fazla elemana sahip olduğundan diğer iki sensör yapısından daha pahalıdır ancak en iyi performansa sahiptir. Hem ileten sensörün yüksek bulanıklık değerleri algılama özelliğine hem de yansıtıcı sensörün düşük bulanıklık değerlerindeki yüksek hassasiyet özelliklerine sahiptir. Sensör çıkışı iki algılayıcının çıkışlarının oranlanması ile bulunduğu için sıcaklıktan, kaynak yoğunluğundaki değişimlerden veya optik elemanlar üzerinde oluşabilecek kirlilikten kaynaklanan hatalı okumalar giderilmiş olur çünkü her iki algılayıcıdan okunan değerler bu etkilerden benzer şekilde etkilenirler [18].

Optik ölçüm yapılarındaki bu gelişimler yanında yeni standart bulanıklık sıvıları da geliştirilmiştir. Jackson Mum Bulanıklık Ölçerinin kalibrasyonu için hazırlanan çözeltide sabun kili, porselenlik kil gibi doğada bulunan malzemeler kullanılmaktaydı. Bu da formülasyonda tutarlılığı güçleştirmekteydi. Bunun üzerine 1926 yılında formazin adı verilen yeni bir bulanıklık standardı geliştirilmiştir. Bu, belli oranlarda hidrazin sulfat ($N_2H_6SO_4$) ve hexamethylenetetramine ($C_6H_{12}N_4$) adlı iki kimyasalın karıştırılması ile oluşturulmaktadır. Şekil 3.13' de formazinin kimyasal yapısı görülmektedir.



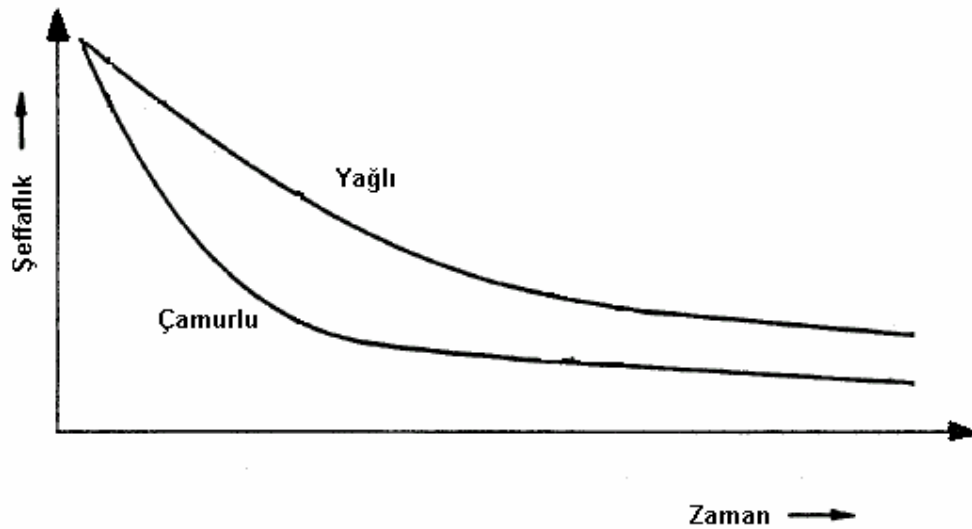
Şekil 3.13. Formazinin kimyasal yapısı [16]

Formazinin bulanıklık standardı olarak çeşitli avantajları vardır. Analiz edilmiş ham maddelerden tekrar tekrar hazırlanabilir, fiziksel karakteristikleri saçılan ışığın ölçülmesine dayanan cihazların kalibrasyonuna uygundur. Çok farklı biçim ve büyüklükte partiküller içerir. 0.1 mikrondan daha küçük partiküller olduğu gibi 10 mikrondan daha büyük partiküller de içerir. Bu geniş aralıktaki partikül boyu ve biçimleri ile çeşitli bulanıklıktaki sıvıları başarılı bir şekilde temsil eder. Formazinin saçılan ışığın algılanmasına dayanan yöntemlerde kullanılması durumunda NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ya da FNU (Formazin Nephelometric Unit) birimleri kullanılmaktadır. FAU (Formazin Attenuation Unit) ise iletilen ışığın ölçülmesi ile bulanıklık tespiti yöntemlerinde kullanılan birimdir [16].

Optik bulanıklık sensörlerinde çok çeşitli ışık kaynakları kullanılabilmektedir. Bunlardan biri tungsten filaman lambadır. Bunlar geniş spektral çıkışa sahiptir, sağlam, ucuz ve güvenilirdir. Lamba çıkışları 1600 K, 2000 K, 2400 K gibi lambanın renk sıcaklığı ile belirtilir. Bir akkor lambanın renk sıcaklığı dolayısıyla spektral çıkışı lambanın çalışma voltajının bir fonksiyonudur. Kararlı bir akkor lamba çıkışı için çok iyi ayarlı güç ünitesine ihtiyaç vardır. Bir başka kullanılan ışık kaynağı da LED' dir. Bunlar tek renkli ya da dar bant aralığında çalışan kaynaklardır. Akkor lambalara göre daha verimli ve güç ihtiyaçları da daha azdır. En çok kullanılan bu iki tip ışık kaynağının yanında daha ender olarak lazerler, cıvalı lambalar ve çeşitli lambafiltre kombinasyonları da kullanılmaktadır [16].

Algılayıcı olarak en çok fotoçoğullayıcı tüp (photomultiplier tube), vakum fotodiyot, silikon fotodiyot, kadmiyum sülfid fotoiletken kullanılır. Fotoçoğullayıcılar için iyi bir kararlılık isteniyorsa iyi ayarlanmış yüksek voltaj güç ünitesine ihtiyaç vardır. Vakum fotodiyotların spektral cevapları genellikle fotoçoğullayıcılara yakındır ve onlardan biraz daha karardır. Fakat bunların karakteristikleri çevre koşullarından özellikle nemden etkilenmektedir [16].

Optik bulanıklık sensörleriyle ortamdaki kirlilik derecesinin algılanması yanında kir tipinin belirlendiği çalışmalarla da karşılaşmıştır. [5] numaralı referansta yapılan ayırım kirliliğin yağlı mı çamurlu mu olduğu şeklindedir. Patente göre, yağlı ve çamurlu kirlilik durumlarında yıkama boyunca suyun şeffaflığının değişimi Şekil 3.14' de görülmektedir.

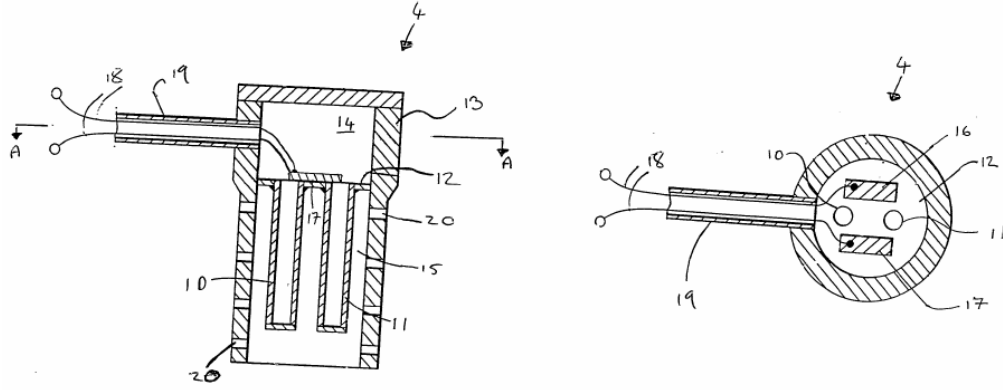


Şekil 3.14. Yıkama boyunca kir tipine göre şeffaflığın değişimi [5]

Şekil 3.14' de görüldüğü gibi çamurlu kirliliğin sökülmesi daha hızlı olacağı için şeffaflık daha hızlı değişirken yağlı kirlilik durumunda daha kademeli kir sökülmesi gerçekleşir. Bu şekilde belli bir zaman aralığında şeffaflık sinyalinin değişiminden kir tipinin kestirilebileceği belirtilmektedir [5].

3.3.2 Yoğunluk Ölçümü ile Kir Algılama

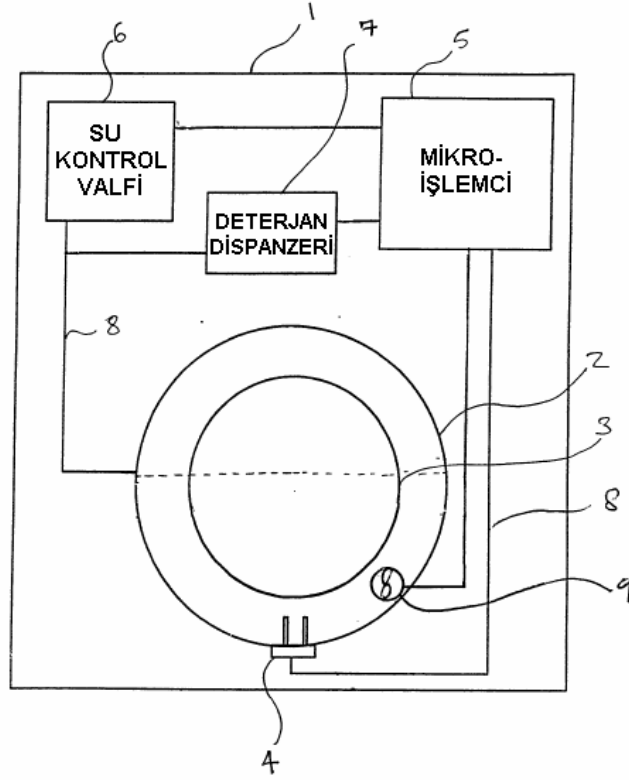
Çamaşır kirliliğinin belirlenmesi için kullanılan diğer bir yöntem ise yoğunluk ölçümüdür. Yıkama suyunun kirlenmesi sonucu suyun yoğunluğu da değişir. Yoğunluktaki bu değişim bir yoğunluk sensörü ile ölçülerek kirlilik miktarı tespit edilebilir. [13] numaralı referansta bu amaç için dizayn edilmiş bir viskozite/yoğunluk sensöründen bahsedilmektedir. Yoğunluk sensörünün yapısı Şekil 3.15' de görülmektedir.



Şekil 3.15. [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün önden ve üstten görünüşü

Şekil 3.15' de görülen sensör yapısında birbirinden diyaframla (12) ayrılmış iki bölme bulunmaktadır. Diyaframın üzerinde 16 ve 17 ile gösterilmiş piezoelektrik transducerlar bulunmaktadır. Transducerlardan bir tanesine alternatif gerilim uygulanır, bunun sonucu diyafram bükülür, 10 ve 11 numara ile gösterilen çubuklar birbirlerine yaklaşırlar ve uzaklaşırlar. Bu şekilde bir titreşim gerçekleşir. Diğer transducer da titreşimi algılar. Çubukların bulunduğu bölme 20 numara ile gösterilen deliklerden sıvı giriş ve çıkışı gerçekleşir. Sıvının viskozitesindeki ve/veya yoğunluğundaki değişime bağlı olarak yapının rezonans frekansı ve rezonans bant genişliği değişir [13].

Yoğunluk sensörünün çamaşır makinasına yerleştirildiği yer ise Şekil 3.16' da görülmektedir.



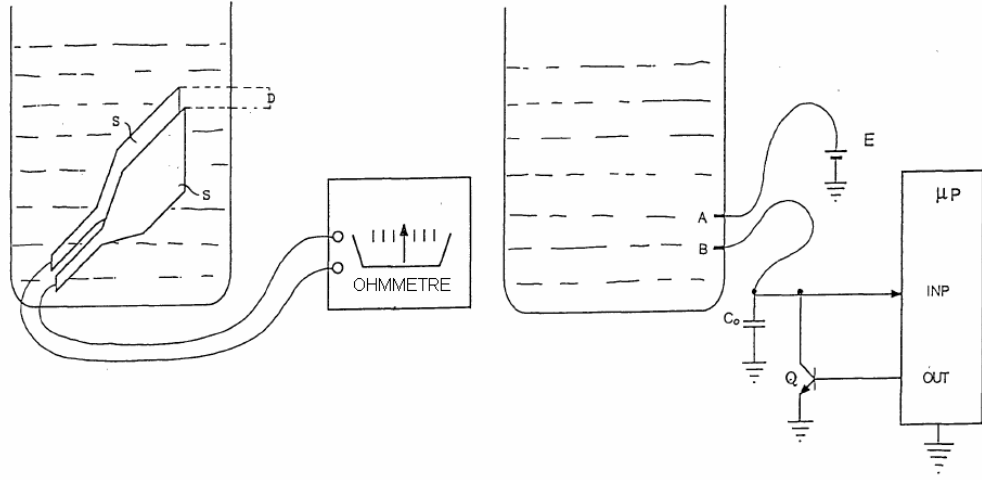
Şekil 3.16. [13] numaralı referansta bahsedilen sensörün çamaşır makinasındaki konumu

3.4 Deterjan Miktarı Algılama Yöntemleri

Literatürde deterjan miktarı algılama en çok suyun elektrik iletkenliğinin ölçümü ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında pH ölçümü, yüzey gerilimi, yoğunluk ölçümü, bulanıklık ölçümü/optik ölçüm gibi yöntemlerin de deterjan miktarı algılamada kullanıldığı görülmüştür.

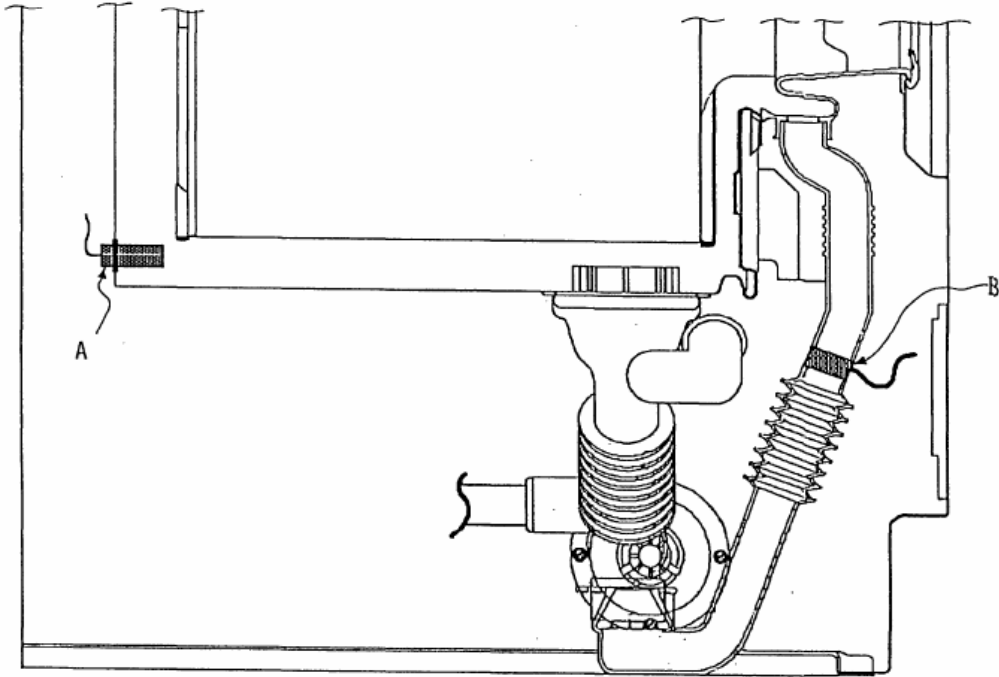
3.4.1 İletkenlik Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama

Ortamdaki deterjan konsantrasyonunun suyun elektrik iletkenliğinden tespiti en çok karşılaşılan yöntemdir. Bir sıvının elektrik iletkenliği o sıvının elektrik akımını iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Sıvılarda elektrik akımı ortamdaki iyonlar tarafından taşınırlar. Suya deterjan eklendiğinde artan iyon sayısı nedeniyle iletkenlik önemli ölçüde artar. İletkenliğin tespiti için sıvıya iki elektrot daldırılır, bu elektrotlara gerilim uygulanarak direnç ölçülür. Şekil 3.17' de şematik olarak iletkenlik ölçümü görülmektedir [19].



Şekil 3.17. İletkenlik ölçümünün şematik gösterilişi [19]

Şekil 3.18' de ise [19] numaralı patent çalışmasında iletkenlik ölçümü için çamaşır makinasına yerleştirilen iki elektrotun pozisyonları görülmektedir. A ve B olarak gösterilen bu elektrotun çamaşır makinası içindeki yerleşimleri deneysel olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.18. İletkenlik ölçümü için kullanılan iki elektrotun (A ve B) çamaşır makinasındaki yerleşimi [19]

Sıvının elektrik iletkenliği yeteneğinin bir ölçüsü olarak kondüktans tanımlanır. Birimi siemens dir. İfadesi şu şekildedir:

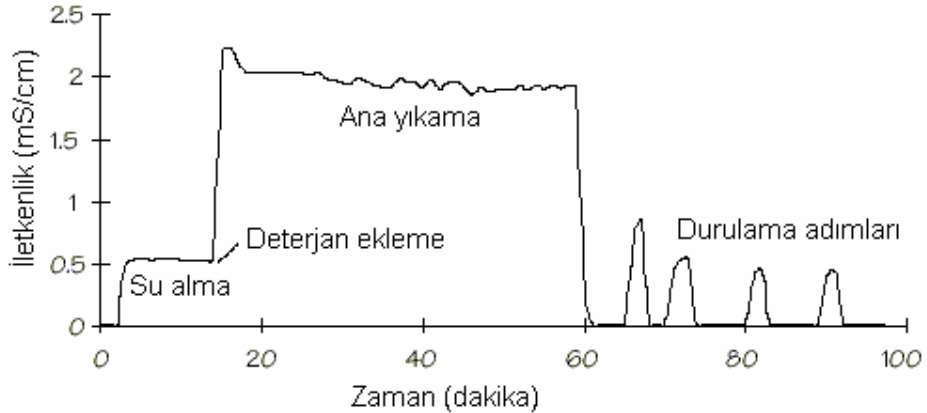
$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{V} \quad (3.10)$$

Burada G kondüktans (S-siemens), R direnç (Ohm), Y uygulanan voltaj (Volt), I oluşan akımdır (Amper). Buradan,

$$K = G \cdot \frac{D}{S_e} \quad (3.11)$$

ifadesine geçilir. Burada, K iletkenlik (S/cm), şekil 3.17' de görüldüğü gibi D elektrotlar arasındaki mesafe (cm), Se elektrotların alanıdır (cm²).

Langereis [20] yıkama prosesini görüntülemek için entegre sensör sistemi üzerine yaptığı çalışmada iletkenlik değerinin yıkama boyunca değişimini şekil 3.19' da gösterildiği gibi elde etmiştir.

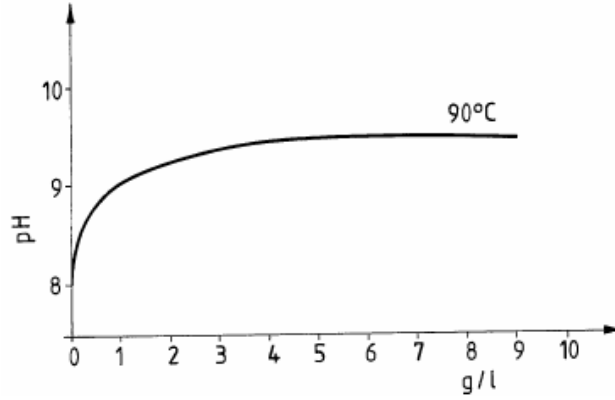


Şekil 3.19. [20] numaralı referansta elde edilen iletkenliğin yıkama süreci boyunca değişimi

3.4.2 pH Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama

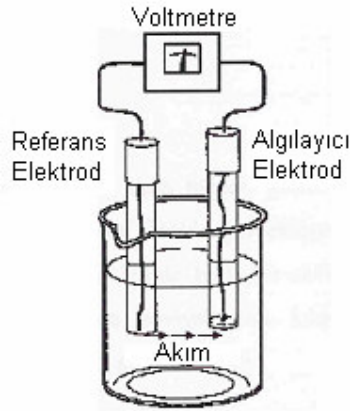
pH asiditenin ya da alkalitenin bir ölçüsüdür. Sıvıdaki Hidrojen iyonu (H⁺) sayısı arttıkça sıvının asitliği de artar. Bir sıvının pH' ı 0 ile 14 arasındaki rakamlarla ifade edilir. 0 çok asidik bir sıvıyı, 14 de çok bazik bir sıvıyı temsil eder. pH' ı 7 olan bir sıvı nötrdür.

Suya deterjan eklenmesiyle suyun pH değeri artar. Şekil 3.20' de deterjan konsantrasyonu ile pH değerinin 90 °C sıcaklıktaki değişimi görülmektedir.



Şekil 3.20. Deterjan konsantrasyonu ile pH değeri arasındaki ilişki [21]

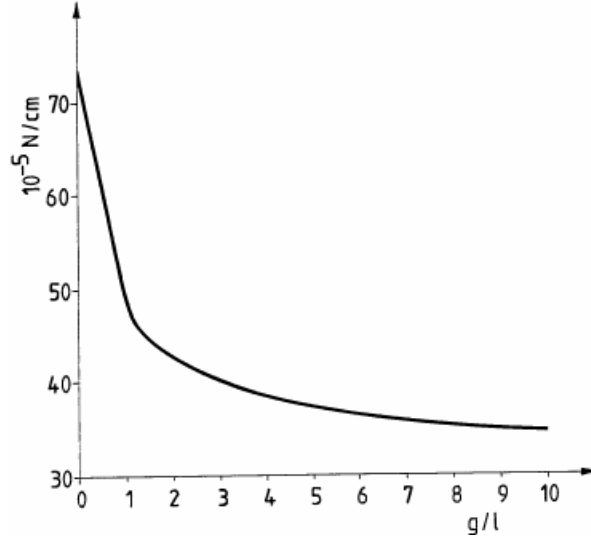
Şekil 3.21' de bir elektro kimyasal ölçüm yönteminin temel yapısı görülmektedir. Elektrodlar arasından akım geçer ve sıvının Hidrojen iyonu konsantrasyonuna bağlı olarak ölçülen Voltaj değeri değişir.



Şekil 3.21. Elektro kimyasal pH ölçüm yöntemi [15]

3.4.3 Yüzey Gerilimi Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama

Deterjan algılamada karşılaşılan mevcut yöntemlerden biri de sıvının yüzey geriliminin ölçülmesidir. Deterjanın görevlerinden biri suyun yüzey gerilimini düşürmek böylece suyun çamaşırları ıslatmasını yani çamaşırlara nüfuz etmesini sağlamaktır. Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasında Şekil 3.22' de olduğu gibi bir ilişki vardır.



Şekil 3.22. Deterjan konsantrasyonu ile yüzey gerilimi arasındaki ilişki [21]

Şekil 3.22' de yatay eksen deterjan konsantrasyonu dikey eksen ise yüzey gerilimidir. Yüzey gerilimi, yüzey alanında bir birim değişiklik yapmak için gereken enerji olarak tanımlanır. Boyutu,

$$\frac{N.m}{m^2} = \frac{N}{m} \text{ dir.}$$

Bir sıvının içindeki moleküller birbirlerine eşit kuvvetler uygularlar ve dengededirler. Sıvının yüzeyindeki moleküllere sadece aşağıya doğru bir kuvvet uygulanır. Bu, sıvının yüzey gerilimini oluşturur. Yüzey gerilimi yüzey alanını minimum yapmaya çalışır. Bu nedenle örneğin yağmur damlaları yuvarlaktır veya masaya dökülen su tamamen yayılmaz, toplu halde durur.

Laboratuvar koşullarında bir sıvının yüzey geriliminin ölçülmesi için çok çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, burada, çamaşır makinasında karşılaşılan yöntem olan kabarcık basıncı metodu üzerinde durulacaktır. Kabarcık basıncı metodunda sıvıya kılcal bir boru içinden gaz akışı olur.

Borunun ucunda oluşan hava kabarcığı yarım küre olduğunda kabarcık içindeki basınç maksimumdur. Bu anda ölçülen basınç değerinden sıvının yüzey gerilimine aşağıdaki formülle geçilir.

$$P_1 = P_2 + \frac{2\gamma}{R} \quad (3.12)$$

Burada P_1 kabarcık içindeki basınç (Pa), P_2 kabarcık dışındaki su basıncı (Pa), γ yüzey gerilimi (N/m), r boru çapı (m) dır. Formülün çıkarımı şu şekildedir:

Yarıçapı r olan bir kabarcıkta iç basınç ile dış basınç arasındaki fark kabarcığı büyötmeye çalışırken yüzey gerilimi de büyömeye karşıt bir güç oluşturur. Buna göre:

Yüzey geriliminin yaptığı iş = Basıncın yaptığı iş

$$\gamma \cdot \delta A = (P_1 - P_2) \cdot A \cdot \delta r \quad (3.13)$$

$$A = 4\pi r^2 \quad (3.14)$$

$$\gamma \cdot 8\pi \cdot r \cdot \delta r = (P_1 - P_2) \cdot 4\pi r^2 \cdot \delta r \quad (3.15)$$

Buradan;

$$\frac{2\gamma}{r} = P_1 - P_2 \quad (3.16)$$

bulunur.

3.4.4 Yoğunluk Ölçümü ile Deterjan Miktarı Algılama

Daha önce kir algılama bölümünde bahsedilen ve Şekil 3.15 ile Şekil 3.16' da sensör yapısı ve sensörün makinadaki yeri görülen yoğunluk sensörünün deterjan algılamada da kullanılabileceği belirtilmiştir. Buna göre deterjan dozajlaması sırasında sensör çıkışına bakılır. Deterjana bağlı olarak suyun yoğunluğu değişir ve istenilen bir yoğunluk değerine ulaşıldığında dozajlama durdurulur. Ayrıca durulama suyu deterjan miktarının tespitinde de sensörün kullanılabileceği belirtilmiştir [13].

Bu yöntemler yanında optik ölçüm yöntemiyle suyun bulanıklığının ölçülmesine dayanan deterjan algılama çalışmalarıyla da karşılaşılmıştır. Suda çözünen deterjan miktarı arttıkça suyun bulanıklığı da buna bağlı olarak artmaktadır [5].

4. SİSTEM TANITIMI VE AKILLI KONTROLÜ

Bu bölümde, çamaşır makinasının akıllı kontrollü için literatürde karşılaşılan parametre ve değişkenlerden hangilerinin sistemde kullanılacağına karar verildikten sonra önerilen akıllı kontrollü çamaşır makinası sistemi tanıtılmıştır. Bu sistem için geliştirilen akıllı kontrol algoritmaları, simülasyon sonuçları ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

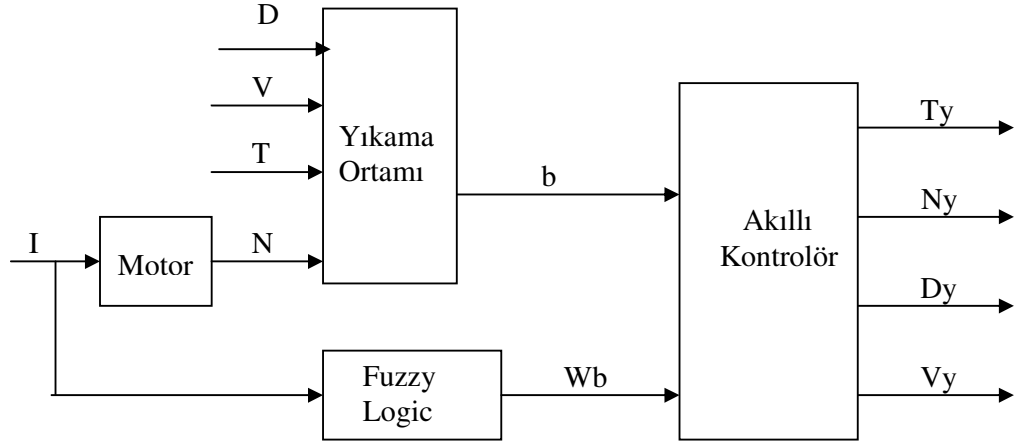
4.1 Sistem Tanıtımı

Ana yıkama parametreleri olarak ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı seçilmiştir. Bu parametrelerin belirlenebilmesi için sistemden ölçülmesi gereken değişkenler ise bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı olarak kararlaştırılmıştır. Yani önerilen akıllı kontrol algoritmasının girişleri bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı, çıkışları ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı olarak belirlenmiştir.

Durulama adımı için ise durulama su miktarının tespit edilmesi gerekmektedir. Deterjan konsantrasyonu ve su sertliği durulama su miktarının belirleyen değişkenler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, çamaşır makinasının durulama sırasında bulanıklık ve iletkenlik ölçümü ile kaç durulama yapılacağına karar verebilmesi düşünülmüştür.

4.1.1 Ön Yıkama Adımı

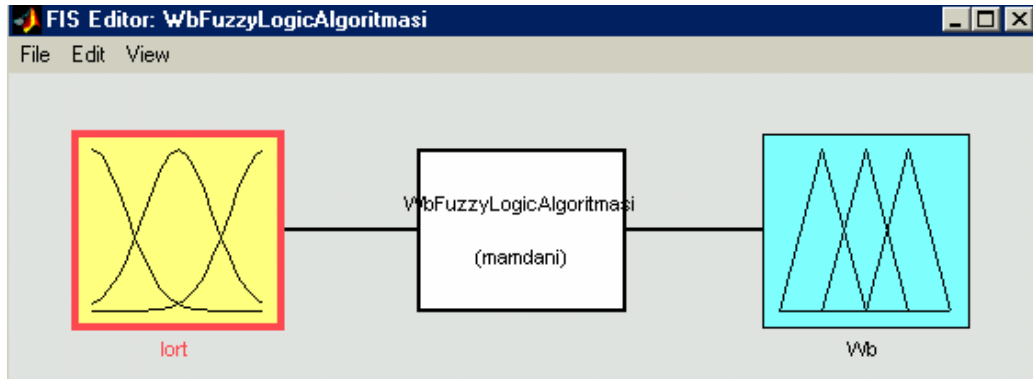
Akıllı kontrol algoritmasının girişini oluşturan değişkenlerin ölçülebilmesi için ön yıkama adımından yararlanılmıştır. Ön yıkama parametreleri ise önceden tanımlanmış ve değişmez değerlerdir. Yani ön yıkama kullanılacak deterjan miktarı, ön yıkama su miktarı, çevrim sayısı ve ön yıkama su sıcaklığı sisteme önceden tanımlanmış sabit değerlerdir. Ön yıkama adımı sonunda sistemden bulanıklık (b) ve eşdeğer çamaşır miktarı (W_b) belirlenmektedir ve bu değişkenler kullanılarak akıllı kontrolör vasıtasıyla ana yıkama su sıcaklığı (T), çevrim sayısı (N), deterjan miktarı (D) ve su miktarı (V) belirlenebilmektedir. Şekil 4.1 de ön yıkama adımının blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ön yıkama blok diyagramı

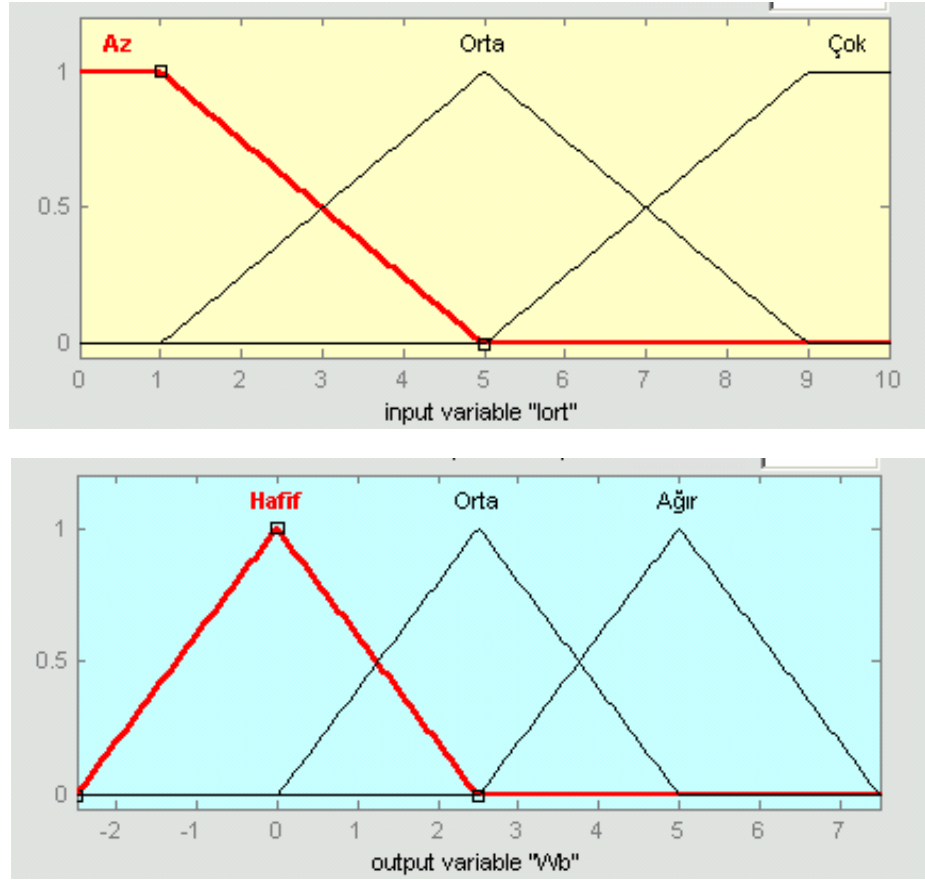
Burada, çamaşır miktarı ve cinsi ayrı ayrı tespit edilmeyip bunlar yerine eşdeğer çamaşır miktarı tespit edilmesi önerilmiştir. Eşdeğer çamaşır miktarının (W_b) tespit edilebilmesi için de motorun ön yıkama sırasında belirlenen çevrim sayısını sağlamak için çektiği ortalama akım miktarından yararlanılmış ve basit bir Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) algoritması geliştirilerek W_b belirlenmiştir.

W_b (eşdeğer çamaşır miktarı) nin tespit edilebilmesi için MATLAB FIS Editor programı ile geliştirilen Bulanık Mantık algoritması Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Geliştirilen Bulanık Mantık algoritmasının giriş değişkeni ortalama akım (I_{ort}), çıkış değişkeni ise eşdeğer çamaşır miktarıdır (W_b).



Şekil 4.2. W_b bulanık mantık (Fuzzy Logic) algoritması

MATLAB FIS Editor: Membership Function Editor programı ile öncelikle giriş ve çıkış değişkenleri için üyelik fonksiyonları (Membership Functions) tanımlanmıştır. Şekil 4.3' de giriş değişkeni Iort (ortalama akım) ve çıkış değişkeni Wb (eşdeğer çamaşır miktarı) için tanımlanan üyelik fonksiyonları gösterilmiştir. Burada, motorun çektiği maksimum akım miktarı piyasada mevcut bir çamaşır makinasının çektiği maksimum akım miktarı olan 10A olarak alınmıştır. Maksimum çamaşır miktarı olarak ise yine mevcut bir çamaşır makinasının alabileceği maksimum çamaşır miktarı olan 5kg. alınmıştır.

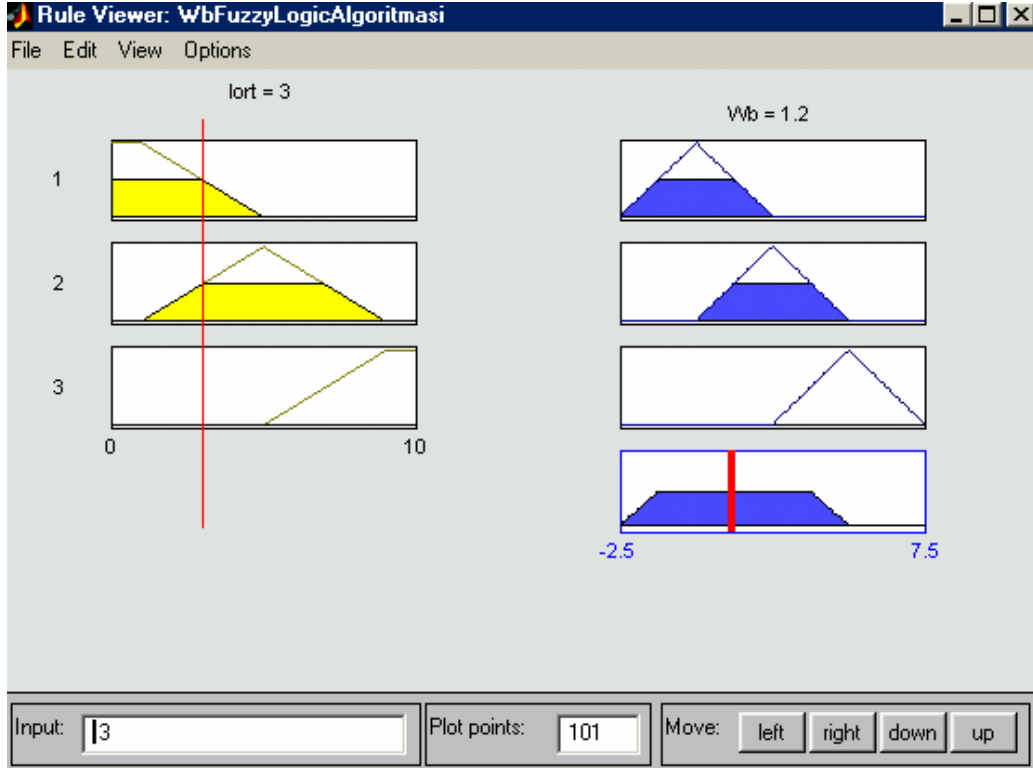


Şekil 4.3. Giriş (Iort) ve çıkış (Wb) üyelik fonksiyonları

Daha sonra bu giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi belirleyen kurallar tanımlanmıştır. Geliştirilen Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) algoritması kuralları aşağıdaki şekildedir.

- Eğer Iort Az ise O zaman Wb Hafiftir.
- Eğer Iort Orta ise O zaman Wb Ortadır.
- Eğer Iort Çok ise O zaman Wb Ağırdir.

Geliştirilen bu algoritmanın verilen bir giriş değeri için hangi çıkış değerini verdiğini, hangi kuralların kullanıldığını görebilmek için MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer programından yararlanılmıştır. Örneğin, motor ortalama 3A akım çektiğinde, çamaşır makinasında bulunan eşdeğer çamaşır miktarının 1.2kg. olduğu elde edilir. Şekil 4.4' de MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer programında 3A giriş için elde edilen 1.2 kg. eşdeğer çamaşır miktarı ve kullanılan kurallar görülmektedir.

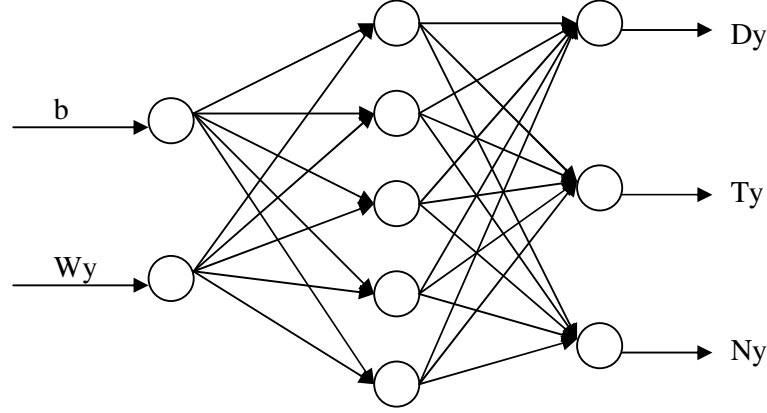


Şekil 4.4. MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da 3A giriş için elde edilen çıkış değeri

Burada, verilen giriş için 1. ve 2. kurallar kullanılarak çıkış değerinin elde edildiği, 3. kuralın kullanılmadığı görülmektedir.

Ön yıkama adımından elde edilen diğer değişken ise bulanıklık (b) ' tır. Bulanıklık değerinin ise çamaşır makinasına monte edilen bir optik bulanıklık sensörü vasıtasıyla ölçülmesi kararlaştırılmıştır. Bunun için Honeywell APMS-10GRCF optik bulanıklık sensörü seçilmiştir. Bu sensör ile ayrıca iletkenlik ve sıcaklık da ölçülebilmektedir. Şekil 4.5' de seçilen bulanıklık sensörünün resmi ve fonksiyonel blok diyagramı gösterilmiştir [22].

Ana yıkama için gerekli parametrelerin belirlenmesini sağlayan akıllı kontrolörün giriş değerleri belirlendikten sonra akıllı kontrol algoritması geliştirilmiştir. Burada çok girişli ve çok çıkışlı bir belirleme söz konusu olduğu ve giriş-çıkışlar arasında bir matematik model kurulamayacağı için akıllı kontrolör yapısı olarak yapay sinir ağı (Neural Network) kullanımı önerilmektedir. Şekil 4.7' de iki girişli (bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı) üç çıkışlı (ana yıkama deterjan miktarı, su sıcaklığı, çevrim sayısı) yapay sinir ağının yapısı görülmektedir.



Şekil 4.7. Geliştirilen iki girişli üç çıkışlı yapay sinir ağı

Görüldüğü gibi ana yıkamada alınacak su miktarı yapay sinir ağı ile belirlenmemiştir. Ana yıkama su miktarı eşdeğer çamaşır miktarına göre belirlenmiştir. Bunun için de kaç kg. pamuklu ve sentetik çamaşırın ne kadar su miktarına ihtiyacı olduğundan faydalanılarak kaç kg. eşdeğer çamaşır miktarı için ne kadar su miktarının gerektiği elde edilmiştir. Tablo 4.1' de eşdeğer çamaşır miktarları için gereken su miktarları gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Eşdeğer çamaşır miktarları için gereken su miktarları

Eşdeğer Çamaşır Miktarı (kg)	Gereken Su (litre)
1	8
2	11
3	14
4	17
5	20

Tablo 4.1' de belirtilen eşdeğer çamaşır miktarı (Wb) ve su miktarı (V) değerleri arasında

$$V=3Wb+5 \quad (4.1)$$

şeklinde bir bağıntı vardır.

Şekil 4.7' te gösterilen yapay sinir ağını eğitmek için eğitim verileri oluşturulmuş ve bu veriler ile MATLAB de yazılan program yardımıyla yapay sinir ağı geliştirilmiştir. Yazılan MATLAB M_File programı Ek-A' da verilmiştir.

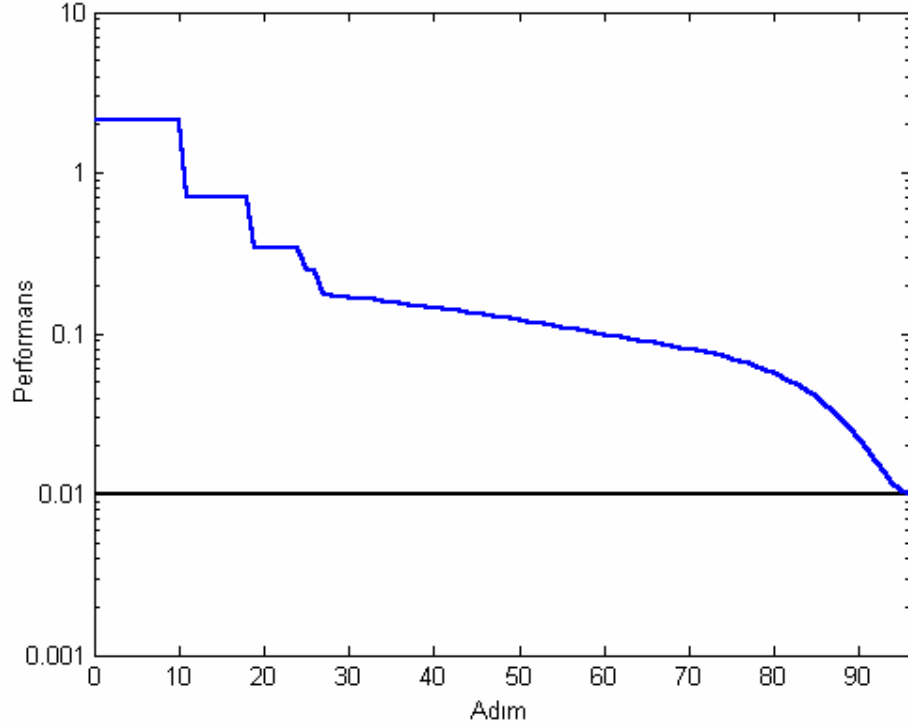
Yapay sinir ağını eğitmek için kullanılan eğitim verileri ve yazılan MATLAB programı ile elde edilen yapay sinir ağı çıktıları ise Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Eğitim verileri (Training Set) ve programdan elde edilen yapay sinir ağı çıktıları

GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR				YAPAY SİNİR AĞI ÇIKIŞLARI		
Wb	b	T	N	D	V	T	N	D
1	0.2	30	1500	140	8	34	1640	161
1	0.5	30	1750	140	8	35	1692	165
1	1	40	1750	160	8	37	1777	170
1	1.5	40	2000	180	8	38	1863	175
1	2	50	2000	200	8	40	1949	180
1	2.5	60	2000	200	8	41	2034	185
2	0.5	30	1750	160	11	38	1844	174
2	1	40	1750	180	11	39	1930	179
2	1.5	40	2000	200	11	41	2015	184
2	2	50	2250	200	11	43	2100	190
2	3	50	2500	220	11	46	2272	200
2	5	60	2750	240	11	53	2614	220
3	0.8	30	2000	180	14	42	2048	185
3	1.5	40	2250	200	14	44	2168	193
3	2	40	2500	200	14	46	2253	198
3	3	50	2500	220	14	49	2424	209
3	5	60	2750	220	14	55	2767	230
3	7	70	3000	240	14	62	3109	250
4	1	40	2000	200	17	45	2235	197
4	2	50	2250	200	17	49	2406	207
4	3	50	2500	220	17	52	2577	217
4	5	50	2750	240	17	58	2919	238
4	7	60	3000	260	17	65	3261	259
4	8	70	3000	280	17	68	3432	270
5	1.5	40	2500	200	20	50	2473	210
5	3	50	2750	220	20	55	2730	226
5	4	60	3000	220	20	58	2900	237
5	5	60	3250	240	20	61	3071	247
5	7	70	3500	260	20	68	3414	268
5	8	70	4000	280	20	71	3585	279

Örneğin; eşdeğer çamaşır miktarı 3kg. ve sensörden ölçülen bulanıklık değeri 5 iken istenen çıkış değerleri; sıcaklık 60°C, devir 2750 ve deterjan miktarı 220gr.dır. Geliştirilen yapay sinir ağının çıkışları ise; sıcaklık 55°C, devir 2767 ve deterjan miktarı 230gr. olarak elde edilmektedir.

Geliştirilen yapay sinir ağının performansı Şekil 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.8. Geliştirilen yapay sinir ağının performansı

Şekil 4.8' de görülmektedir ki geliştirilen yapay sinir ağı yaklaşık 96 adım sonunda eğitim verilerine yakınsamaktadır.

Yapay sinir ağlarında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta "yapay sinir ağının eğitilmek için kullanılan verileri ezberlediği mi yoksa bu veriler arasındaki ilişkiyi öğrendiği mi" dir. Yapay sinir ağından beklenen bu veriler arasındaki ilişkiyi öğrenmesidir. Böylece bu veriler dışında giriş değerleri için de uygun çıkış değerlerini verebilecektir. Yapay sinir ağının, eğitilmek için kullanılan verileri ezberlediği durumda ise yapay sinir ağı sadece bu verilerde yer alan giriş değerleri için uygun çıkış değerlerini verebilecek, diğer değerler için verdiği çıkış değerleri olması gereken çıkış değerlerinden farklı olacaktır.

Bu yüzden geliştirilen yapay sinir ağının verileri ezberlediğinin veya öğrendiğinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla eğitim (training set) ve kontrol (validation set) verilerinden oluşan ikinci bir veri kümesi oluşturulmuştur. Böylece

eğitim verileriyle geliştirilen yapay sinir ağının başka girişlere yani kontrol verilerinin giriş değerlerine karşılık verdiği çıkış değerleri elde edilmiş ve bu değerler kontrol verilerindeki çıkış değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yazılan MATLAB M_File programı Ek-B' de verilmiştir.

Hazırlanan eğitim ve kontrol verileri ve yazılan MATLAB programı ile elde edilen yapay sinir ağı ıkışları Tablo 4.3' de verilmiştir.

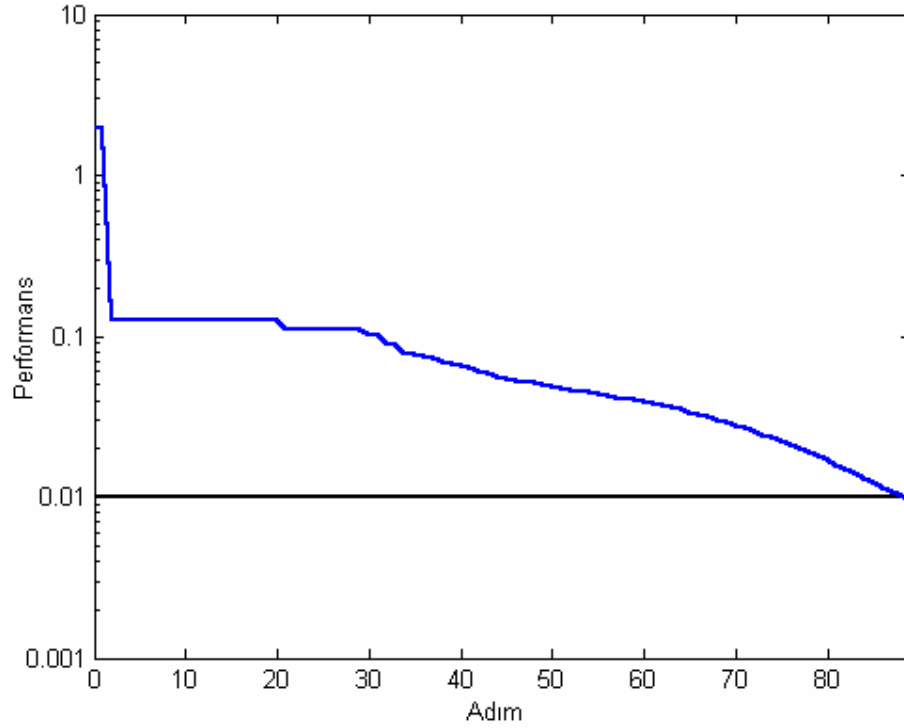
Tablo 4.3. Eğitim (Training Set) ve kontrol (Validation Set) verileri ve yapay sinir ağı ıkışları

EĞİTİM VERİLERİ								
GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR				YAPAY SİNİR AĞI ÇIKIŞLARI		
Wb	b	T	N	D	V	T	N	D
1	0.2	30	1500	140	8	31	1627	161
1	1	40	1750	160	8	34	1768	170
1	2	50	2000	200	8	38	1945	182
2	0.5	30	1750	160	11	35	1826	171
2	1.5	40	2000	200	11	39	2003	183
2	3	50	2500	220	11	44	2268	200
3	0.8	30	2000	180	14	40	2026	181
3	2	40	2500	200	14	44	2238	195
3	5	60	2750	220	14	54	2769	230
4	1	40	2000	200	17	43	2208	190
4	3	50	2500	220	17	50	2562	214
4	7	60	3000	260	17	65	3269	259
5	1.5	40	2500	200	20	48	2443	203
5	4	60	3000	220	20	57	2885	231
5	7	70	3500	260	20	68	3416	266

KONTROL VERİLERİ								
GİRİŞLER		ÇIKIŞLAR				YAPAY SİNİR AĞI ÇIKIŞLARI		
Wb	b	T	N	D	V	T	N	D
1	0.5	30	1750	140	8	33	1680	165
1	1.5	40	2000	180	8	37	1857	176
1	2.5	60	2000	200	8	40	2033	187
2	1	40	1750	180	11	38	1915	178
2	2	50	2250	200	11	41	2092	189
2	5	60	2750	240	11	51	2622	221
3	1.5	40	2250	200	14	42	2150	190
3	3	50	2500	220	14	47	2414	207
3	7	70	3000	240	14	61	3122	250
4	2	50	2250	200	17	47	2385	203
4	5	50	2750	240	17	57	2915	236
4	8	70	3000	280	17	68	3446	268
5	3	50	2750	220	20	53	2708	221
5	5	60	3250	240	20	60	3062	243
5	8	70	4000	280	20	70	3592	275

Kontrol verilerine karşılık elde edilen yapay sinir ağı çıkışına bir örnek verilecek olursa; eşdeğer çamaşır miktarı 5kg. ve sensörden ölçülen bulanıklık değeri 3 iken istenen çıkış değerleri; sıcaklık 50°C, devir 2750 ve deterjan miktarı 220gr.dır. Geliştirilen yapay sinir ağının çıkışları ise; sıcaklık 53°C, devir 2708 ve deterjan miktarı 221gr. olarak elde edilmektedir.

Geliştirilen yapay sinir ağının kontrol verileri performansı Şekil 4.9' da verilmiştir.



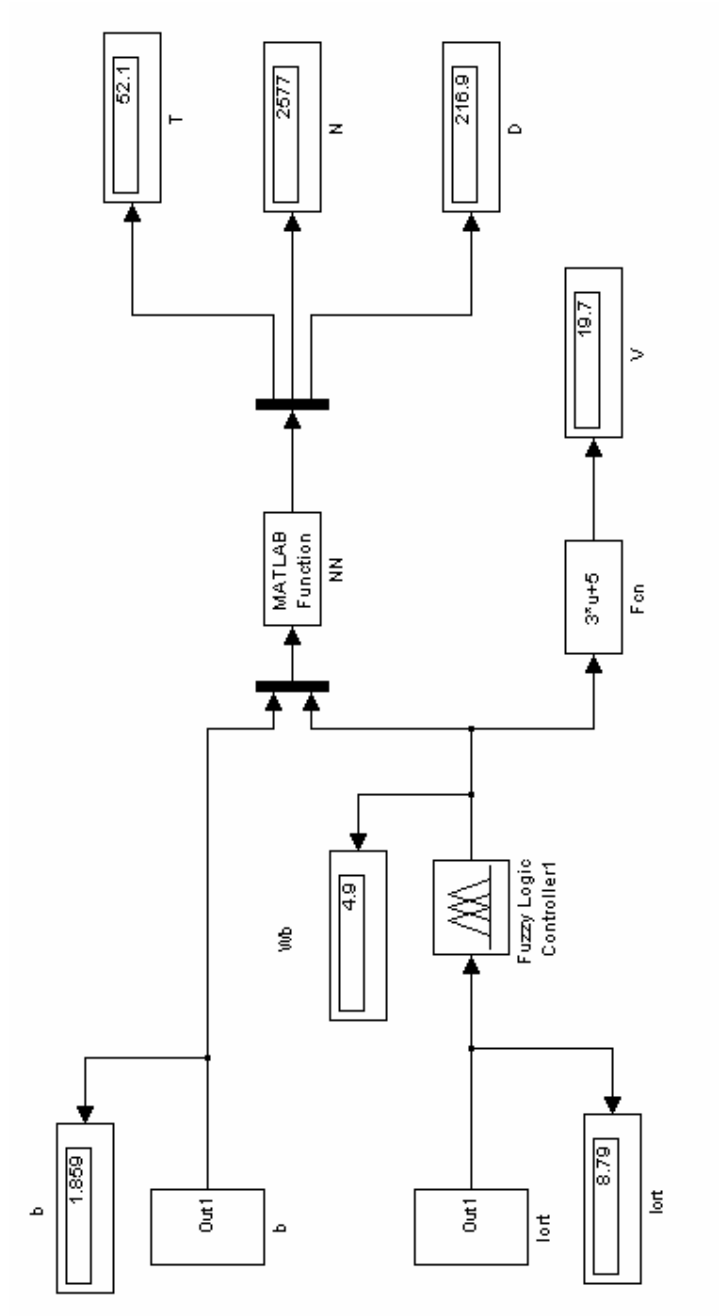
Şekil 4.9. Geliştirilen yapay sinir ağının kontrol verileri performansı

Şekil 4.9' da görülmektedir ki geliştirilen yapay sinir ağı yaklaşık 89 adım sonunda kontrol verilerine yakınsamaktadır.

Yapılan bu kontrol sonucu yapay sinir ağının verilen verileri ezberlemediği öğrenildiği açıkça görülmektedir. Bu sonuç göstermektedir ki çamaşır makinasının ana yıkama parametrelerinin belirlenmesi için uygun bir yapay sinir ağı geliştirilmiştir.

Ayrıca, eğitim verileri kullanıcının çamaşır makinasını kullandığı aralıkta artacağı için bu kullanım aralığında yapay sinir ağının performansı artacaktır.

Geliştirilen yapay sinir ağı ve Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) algoritmaları MATLAB Simulink' te tanımlanmış, rastgele (random) verilen girişler ile sistem simüle edilmiş ve ana yıkama parametreleri elde edilmiştir. Şekil 4.10' da sistemin ön yıkama Simulink diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Ön Yıkama Simulink Diyagramı

Böylece ön yıkama adımı tamamlanmış olup ana yıkama adımına geçilebilir.

4.1.2 Ana Yıkama Adımı

Ana yıkama adımında ise bir sonraki adım olan durulama adımı için belirlenmesi gereken durulama su miktarı tespit edilmiştir. Deterjan konsantrasyonu ve su sertliği durulama su miktarının belirleyen değişkenler olarak belirlenmiştir.

Deterjan konsantrasyonu, ana yıkamadaki deterjan konsantrasyonudur ve ana yıkama deterjan miktarının ana yıkama su miktarına bölünmesiyle elde edilir.

Su sertliği ise sertlik ölçer vasıtasıyla tespit edilebilir. Su sertlik değerleri Tablo 4.4' de gösterilmiştir [23]. Tabloda gösterilen sertlik değerleri Fransız sertliği (Fr) birimindedir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$Fr = 10 \text{ mg / lt } CaCO_3 \quad (4.2)$$

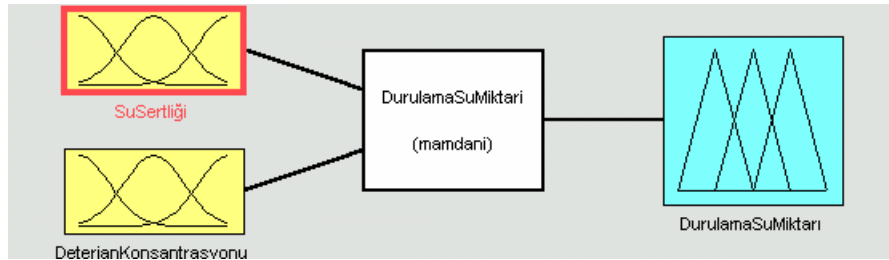
Su sertlikleri ayrıca Alman serliği (dH) olarak da belirtilebilir. Alman sertliği ile Fransız serliği arasındaki ilişki aşağıda belirtilen denklemle ifade edilebilir.

$$1 \text{ dH} = 1.78 \text{ Fr} \quad (4.3)$$

Tablo 4.4. Su sertlikleri [23]

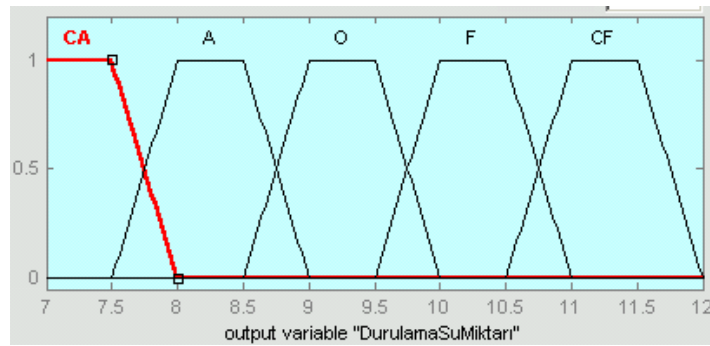
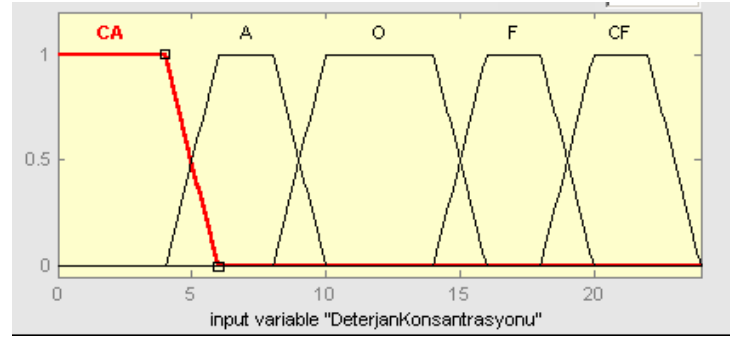
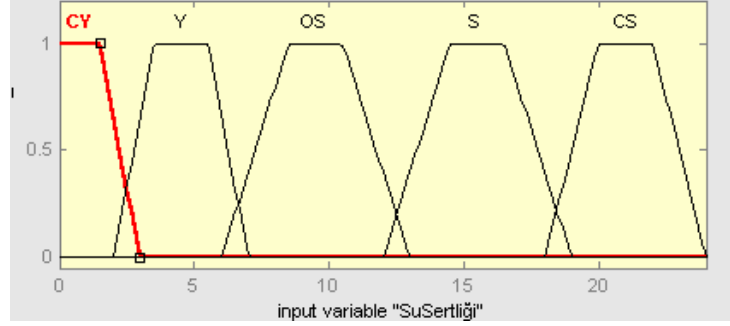
Sertlik Tanımı	Sertlik Değeri (Fr)
Çok Yumuşak	0-2
Yumuşak	2-6
Orta Sert	6-12
Sert	12-18
Çok Sert	>18

Durulama su miktarının tespit edilebilmesi için MATLAB FIS Editor programı ile geliştirilen Bulanık Mantık algoritması Şekil 4.11' de gösterilmiştir. Geliştirilen Bulanık Mantık algoritmasının giriş değişkenleri deterjan konsantrasyonu ve su sertliği, çıkış değişkeni ise durulama su miktarıdır.



Şekil 4.11. Durulama su miktarı bulanık mantık algoritması

MATLAB FIS Editor: Membership Function Editor programı ile öncelikle giriş ve çıkış değişkenleri için üyelik fonksiyonları (Membership Functions) tanımlanmıştır. Şekil 4.12' de giriş değişkenleri su sertliği, deterjan miktarı ve çıkış değişkeni durulama su miktarı için tanımlanan üyelik fonksiyonları gösterilmiştir. Su sertliği için üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde Tablo 4.4' den yararlanılmıştır. Deterjan konsantrasyonunun maksimum ve minimum değerleri ise ana yıkama parametrelerinden elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Girişler (su sertliği ve deterjan konsantrasyonu) ve çıkış (durulama su miktarı) üyelik fonksiyonları

Üyelik fonksiyonlarında kullanılan kısaltmaların açılımları Tablo 4.5' de verilmiştir.

Tablo 4.5. Üyelik fonksiyonlarında kullanılan kısaltmalar

ÇY: Çok Yumuşak	ÇA: Çok Az
Y: Yumuşak	A: Az
OS: Orta Sert	O: Orta
S: Sert	F: Fazla
ÇS: Çok Sert	ÇF: Çok Fazla

Daha sonra bu girişler ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi belirleyen kurallar tanımlanmıştır. Geliştirilen Bulanık Mantık algoritması kuralları Tablo 4.6' da verilmiştir.

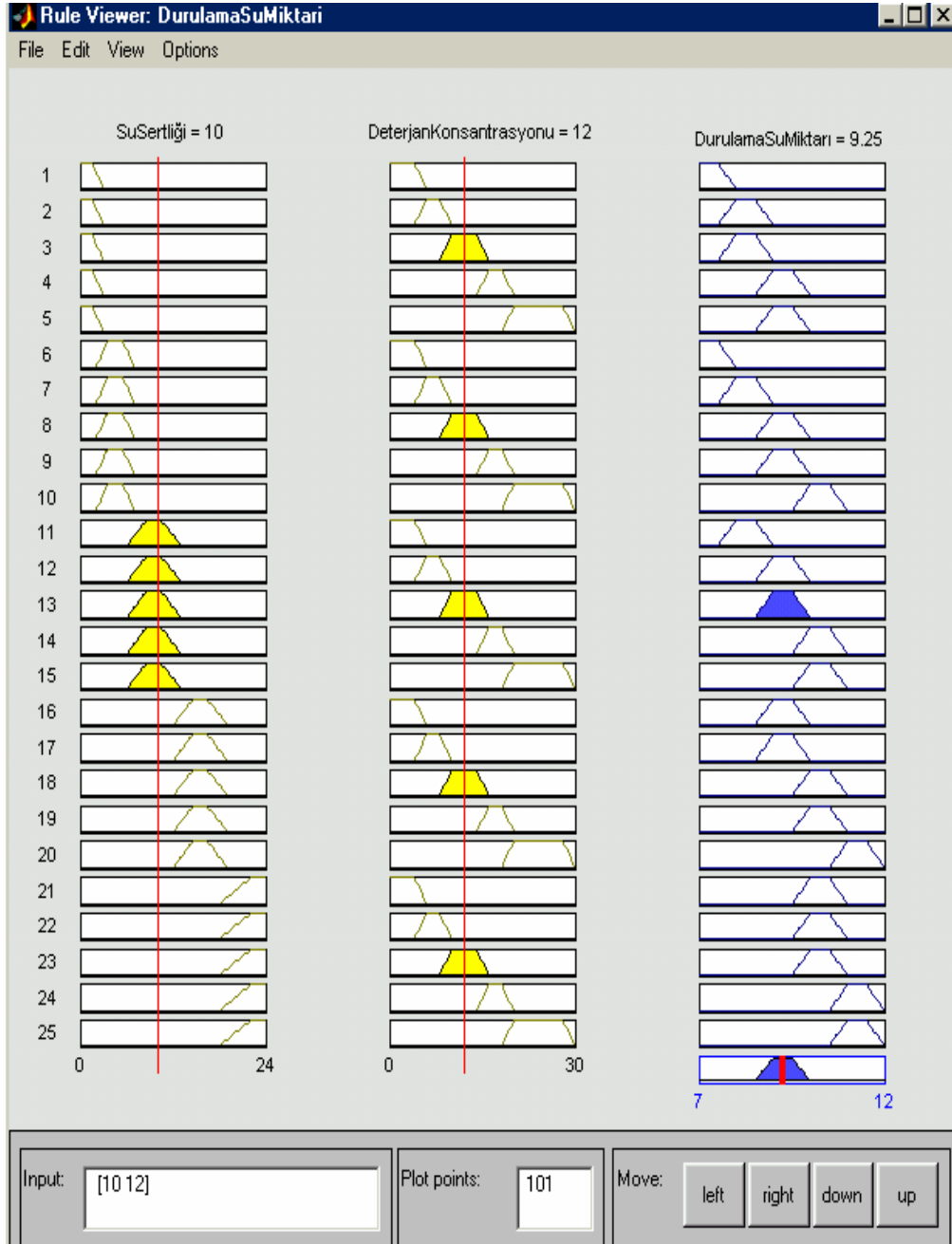
Tablo 4.6. Bulanık mantık kuralları

	SU SERLİĞİ					
DETERJAN KONSANTRASYONU	SU MİKTARI	ÇY	Y	OS	S	ÇS
	ÇA	ÇA	ÇA	A	O	F
	A	A	A	O	O	F
	O	A	O	O	F	F
	F	O	O	F	F	ÇF
	ÇF	O	F	F	ÇF	ÇF

Geliştirilen bu algoritmanın verilen giriş değerleri için hangi çıkış değerini verdiğini, hangi kuralların kullanıldığını görebilmek için MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer programından yararlanılmıştır. Birkaç örnek verilecek olursa;

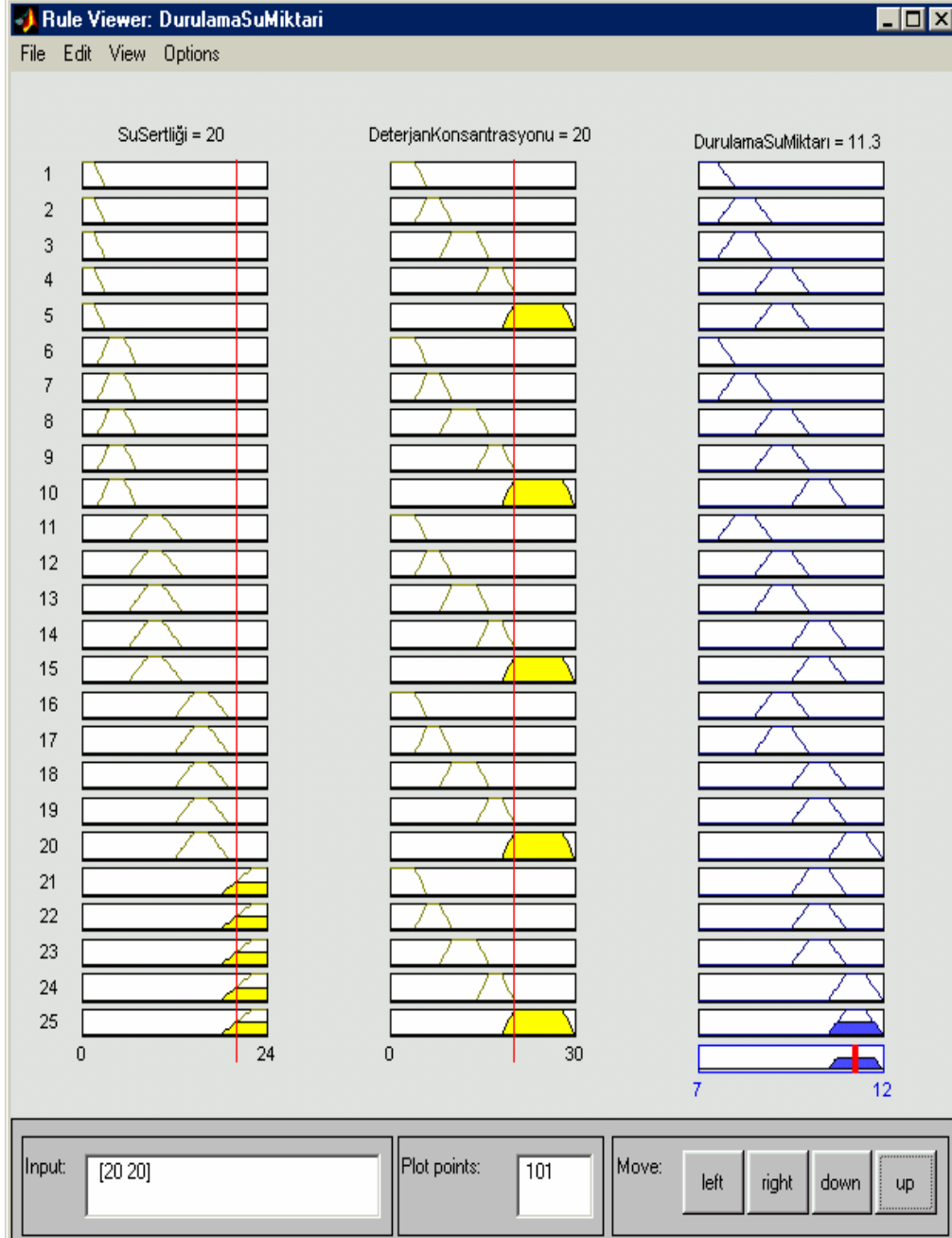
- Su sertliği 10Fr., deterjan konsantrasyonu 12g/l ise durulama için gereken su miktarı 9.25l olarak elde edilir.
- Su sertliği 20Fr., deterjan konsantrasyonu 20g/l ise durulama için gereken su miktarı 11.3l olarak elde edilir.

Şekil 4.13' de MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer programında yukarıdaki ilk örnekteki girişler (Su sertliği 10Fr., deterjan konsantrasyonu 12g/l) için elde edilen çıkış değeri (durulama su miktarı 9.25l) ve kullanılan kurallar görülmektedir.



Şekil 4.13. MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da su sertliği 10Fr. ve deterjan konsantrasyonu 12g/l girişleri için elde edilen çıkış değeri

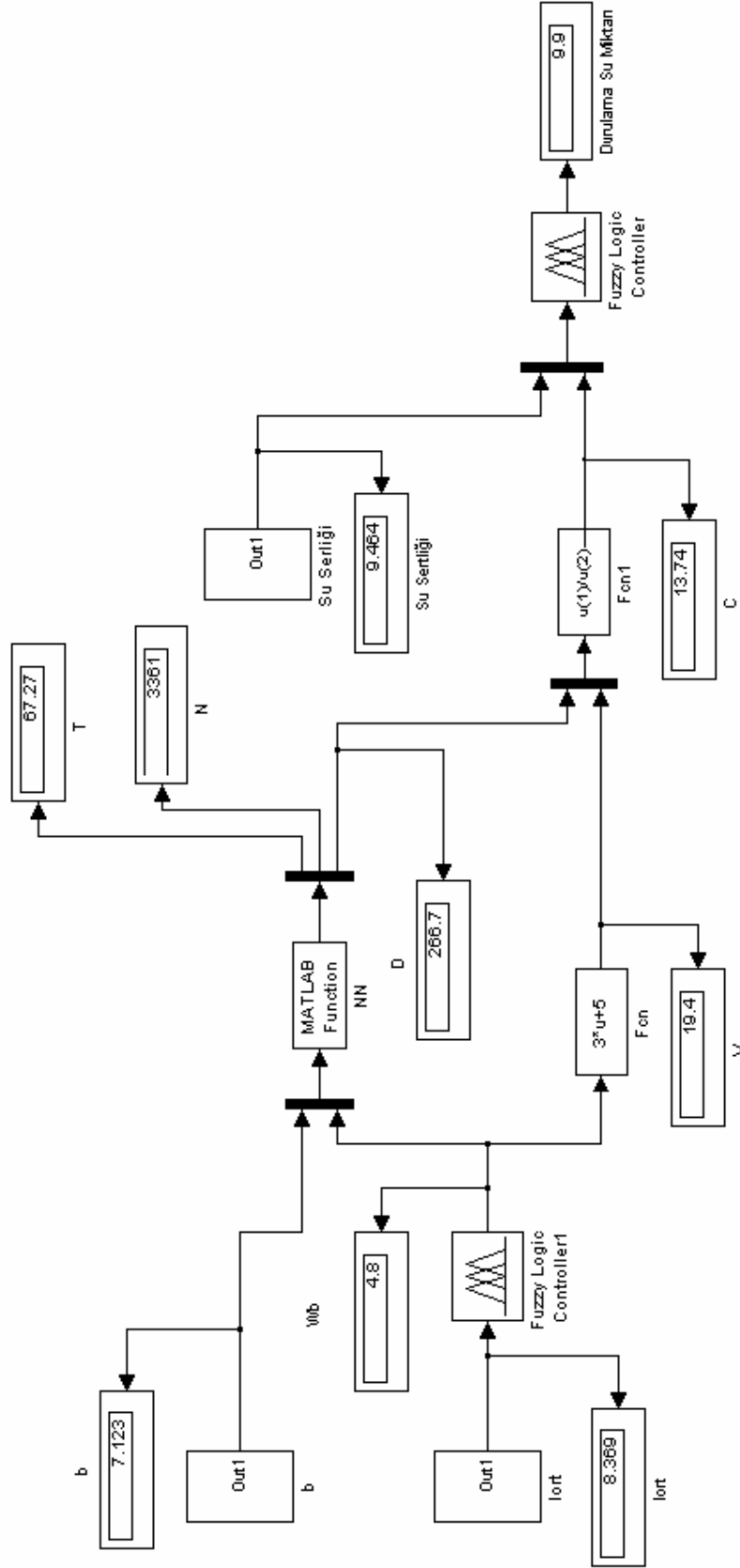
Şekil 4.14' de ise ikinci örnekteki girişler (Su sertliği 20Fr., deterjan konsantrasyonu 20g/l) için elde edilen çıkış değeri (durulama su miktarı 11.3l) ve kullanılan kurallar görülmektedir.



Şekil 4.14. MATLAB FIS Editor: Rule Wiewer' da su sertliği 10Fr. ve deterjan konsantrasyonu 12g/l girişleri için elde edilen çıkış değeri

Geliştirilen durulama su miktarı Bulanık Mantık algoritması MATLAB Simulink' te tanımlanan sisteme ilave edilmiş ve sistem tekrar simüle edilmiştir. Şekil 4.15' de sistemin ön ve ana yıkama Simulink diyagramı gösterilmiştir.

Böylece ana yıkama adımıında durulama adımı için gereken su miktarı belirlenmiştir.



Şekil 4.15 Ön ve Ana Yıkama Simulink Diyagramı

4.1.3 Durulama Adımları

Ana yıkama adımının ardından yıkama adımlarına geçilir. Ana yıkama esnasında belirlenen su miktarı ile durulama adımları gerçekleştirilir. Bu çalışmada, durulama süresi ve devir sayıları makinaya önceden tanımlanmış sabit değerler olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, belirlenen durulama su miktarı da tüm durulama adımlarında aynı miktar olarak alınmıştır.

Çamaşır makinasının en az 2 en çok 3 durulama adımı yapmasına karar verilmiştir. 3. durulama adımının yapılıp yapılmayacağına karar vermek için 1. ve 2. durulama adımlarındaki iletkenlik değerlerinden yararlanılmıştır. İletkenlik değeri ile ortamdaki deterjan miktarını kestirilebilmektedir. Böylece deterjan miktarındaki azalmadan yararlanarak 3. durulama adımının gerekliliği tespit edilmiştir.

İletkenlik değeri % 60 ve üzerinde azalıyorsa durulama bitirilip sıkma adımına geçilmiştir. Aksi halde 3. durulama adımı gerçekleştirilip ardından sıkma adımına geçilmiştir.

Sistem simülasyonunda iletkenlik değerinin elde edilmesi için [15] numaralı referanstan esinlenerek oluşturulmuş aşağıdaki bağıntıdan yararlanılmıştır.

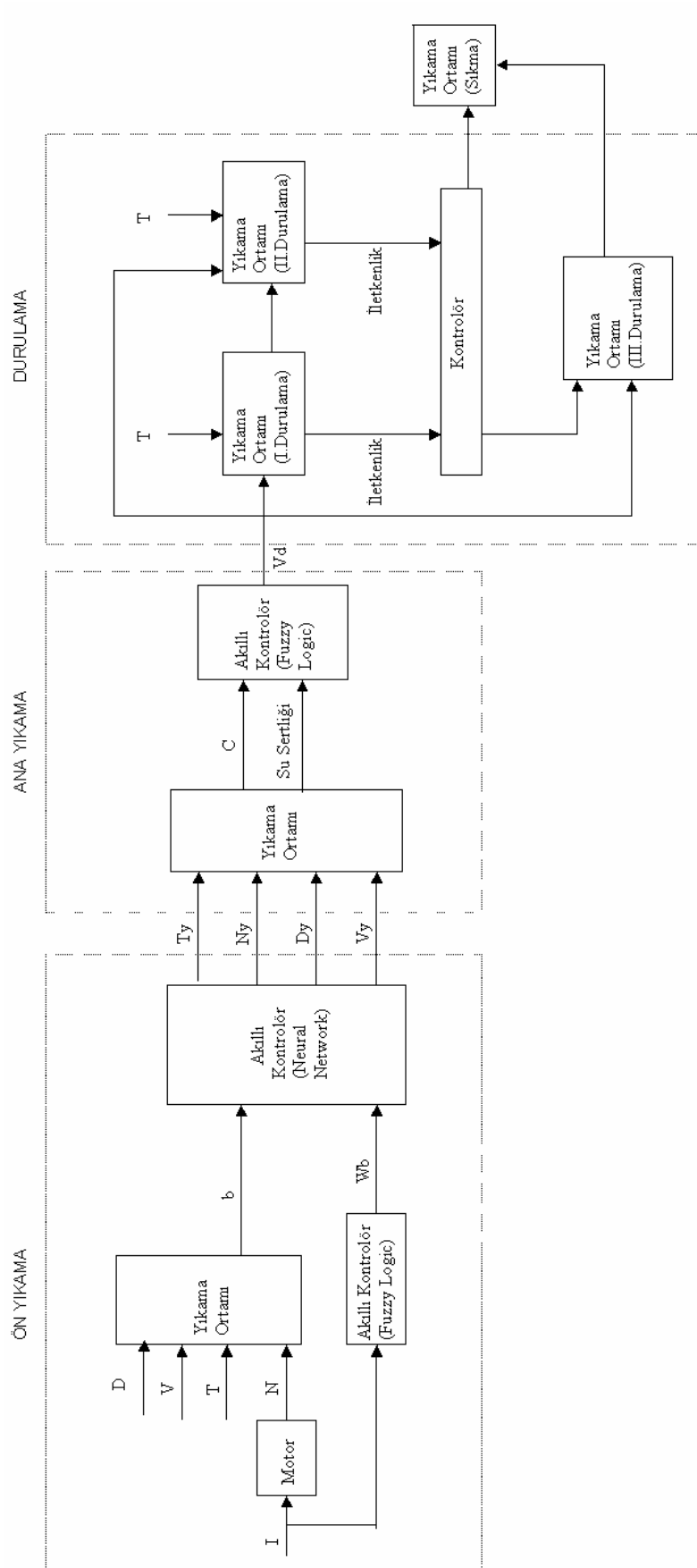
$$\text{İletkenlik} = 25 + \text{Su Sıcaklığı} + 30 \times \text{Deterjan Konsantrasyonu} \quad (4.4)$$

Burada deterjan konsantrasyonu; durulama adımındaki deterjan miktarının durulama adımındaki su miktarına bölünmesiyle elde edilir.

İletkenliğin belirlenmesi için yapılan kabuller;

- 1. ve 2. durulama adımlarına geçmeden önce su boşaltma sırasında bir önceki adımdaki deterjan miktarının %60 ila %80 inin sistemden atıldığı kabul edilmiş ve simülasyonda 1. ve 2. durulama adımlarının deterjan miktarları belirlenirken bu aralık arasındaki değer rastgele (random) olarak sisteme beslenmiştir.
- Durulama adımlarının su sıcaklığının 5°C ile 15°C arasında değiştiği kabul edilmiş ve simülasyonda su sıcaklığı belirlenirken bu aralık arasındaki değer rastgele (random) olarak sisteme beslenmiştir.

Durulama adımları da simülasyon blok diyagramına ilave edilerek sistemin ön yıkama, ana yıkama ve durulama adımlarının tümü simüle edilmiştir. Şekil 4.16' da sistemin komple blok diyagramı gösterilmiştir. Sistemin komple Simulink diyagramı ise Ek-C' de verilmiştir.



Şekil 4.16 Sistemin Blok Diyagramı

4.2 Sistem Simülasyonu Sonucu Yıkama Maliyeti Analizi

Bu bölümde, akıllı kontrollü çamaşır makinasıyla elde edilen yıkama maliyeti avantajı hesaplanmıştır. Bunun için akıllı kontrollü çamaşır makinası sistemi simüle edilmiştir. Diğer taraftan simülasyonda kullanılan aynı giriş değişkenleri için geleneksel çamaşır makinasında üreticilerin kullanıcıya hangi yıkama programını önerdikleri ve bu yıkama programının parametreleri araştırılmıştır. Daha sonra geleneksel çamaşır makinası ile akıllı kontrollü çamaşır makinası yıkama maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır.

Akıllı kontrollü çamaşır makinasında ön yıkama parametreleri (su miktarı 10l, su sıcaklığı 15°C, deterjan miktarı 100gr, süre 5dk) ve sıkma parametreleri (süre 10dk) geleneksel çamaşır makinasıyla aynı kabul edilmiştir. Ana yıkama su sıcaklığı (T), çevrim sayısı (N), deterjan miktarı (D) ve su miktarı (V) gibi ana yıkama parametrelerinin belirlenmesi için ise ön yıkama adımından yararlanılmıştır. Ayrıca, şebeke su sıcaklığı 15°C ve şebeke su sertliği orta sert yani 6Fr. olarak kabul edilmiştir.

Karşılaştırma, öncelikle çok kirli çamaşır ve makinanın alabileceği maksimum çamaşır miktarı için yapılmıştır. Bu duruma karşılık gelen ve simülasyon için kullanılan giriş değerleri aşağıdaki şekildedir:

$$b=7$$

$$Wb=5 \text{ kg}$$

Bu değerler için sistemden elde edilen yıkama parametreleri aşağıda verilmiştir.

Ana yıkama için,

$$V=20 \text{ litre}$$

$$T=60 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$N=3360 \text{ devir}$$

$$D=270 \text{ gr}$$

$$V_{\text{durulama}}=9.25 \text{ litre (x2 durulama)}$$

Aynı giriş değerleri için üreticinin kullanıcıya önerdiği programın parametreleri ise şu şekildedir:

Ana yıkama için,

$$V=19 \text{ litre}$$

T=60 °C

t=80 dk

D=300 gr.

V_{durulama}=10 litre (x3 durulama)

Çamaşır makinasının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Yıkama/durulama devri: 50 devir/dk

Sıkma devri: 800 devir/dk

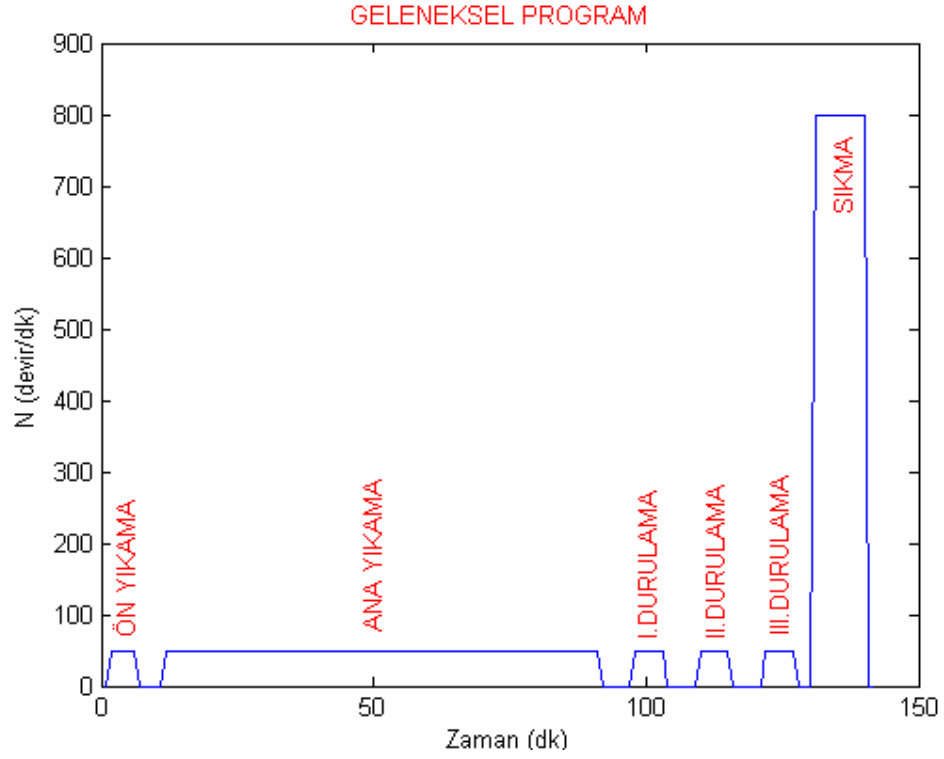
Buradan akıllı kontrollü çamaşır makinasının yukarıda belirlenen program için ana yıkama süresi 67 dk elde edilir.

Tablo 4.7' de geleneksel ile akıllı kontrollü çamaşır makinası programlarındaki adımlar ve süreleri verilmiştir.

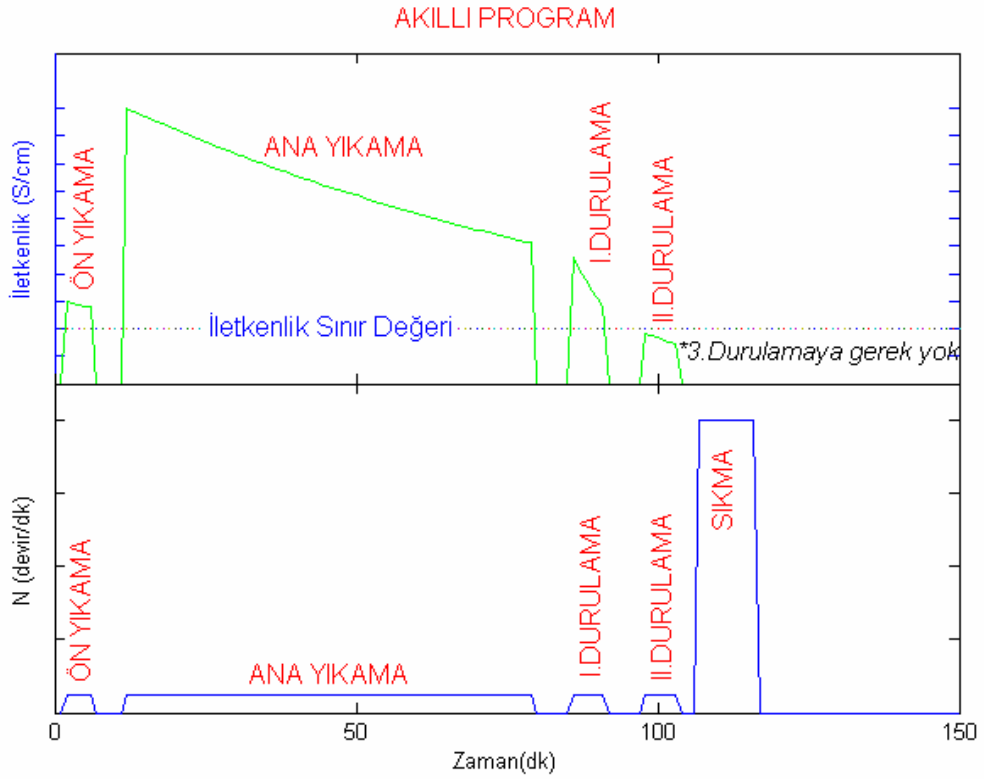
Tablo 4.7. Geleneksel ve akıllı program adımları ve süreleri

ADIM	GELENEKSEL PROGRAM			AKILLI PROGRAM		
	Başlangıç	Bitiş	Süre (dk)	Başlangıç	Bitiş	Süre (dk)
Su alma	0	1	1	0	1	1
Ön Yıkama	1	6	5	1	6	5
Su boşaltma	6	10	4	6	10	4
Su alma	10	11	1	10	11	1
Ana yıkama	11	91	80	11	78	67
Su boşaltma	91	96	5	78	83	5
Su alma	96	97	1	83	84	1
I.Durulama	97	103	6	84	90	6
Su boşaltma	103	108	5	90	95	5
Su alma	108	109	1	95	96	1
II.Durulama	109	115	6	96	102	6
Su boşaltma	115	120	5	102	105	3
Su alma	120	121	1	-	-	-
III.Durulama	121	127	6	-	-	-
Su boşaltma	127	130	3	-	-	-
Sıkma	130	140	10	105	115	10
TOPLAM			140			115

Tablo 4.7' den yararlanarak geleneksel ve akıllı yıkama programları motor devir sayılarının zamanla değişimi yani yıkama işlem adımları elde edilebilir. Bunun için motorun yıkama devri 50 devir/dk, sıkma devri ise 800 devir/dk alınmıştır. Şekil 4.17' de geleneksel program yıkama işlem adımı, Şekil 4.18' de ise akıllı program yıkama işlem adımı görülmektedir.



Şekil 4.17. Geleneksel program yıkama işlem adımı



Şekil 4.18. Akıllı program yıkama işlem adımı

Geleneksel ve akıllı programlarda kullanılan su miktarları da farklılık göstermektedir. Tablo 4.8’ de geleneksel ile akıllı kontrollü çamaşır makinası programlarındaki adımlarda kullanılan su miktarları gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Geleneksel ve akıllı program adımlarında kullanılan su miktarları

Adım	Su Miktarı (litre)	
	Geleneksel Program	Akıllı Program
Ön Yıkama	10	10
Ana Yıkama	19	20
I.Durulama	10	9.25
II.Durulama	10	9.25
III.Durulama	10	0
TOPLAM	59	48.5

Geleneksel program ile akıllı program parametreleri arasındaki diğer bir fark ise kullanılan deterjan miktarlarıdır. Elde edilen değerler şu şekildedir;

$$D_{\text{geleneksel}}=400 \text{ gr}$$

$$D_{\text{akıllı}}=370 \text{ gr}$$

Yukarıda belirlenen yıkama sekansları, kullanılan su miktarları ve deterjan miktarları kullanılarak geleneksel ve akıllı programda harcanan enerji, su ve deterjan maliyetleri elde edilebilir.

Tablo 4.9’ da program başına harcanan yıkama, ısıtma ve toplam elektrik enerjisi miktarları ve maliyetleri kıyaslanmıştır.

Tablo 4.9. Geleneksel ve akıllı programda enerji tüketimi ve maliyetleri

	GELENEKSEL PROGRAM	AKILLI PROGRAM
Yıkama Enerjisi/Yıkama(kWh)	1.14	0.95
Isıtma Enerjisi/Yıkama(kWh)	1	1.05
Toplam Enerji/Yıkama(kWh)	2.14	2
Maliyet/Yıkama (YKr)	4.66	4.36

Burada, elektrik enerjisinin birim fiyatı 2.179 YKr/kWh olarak alınmıştır [24]. Tablo 4.9’ da görülmektedir ki akıllı program ile yaklaşık %6.5 maliyet avantajı sağlanmıştır.

Aynı şekilde, Tablo 4.8 yardımıyla program başına su sarfiyatları ve maliyetleri hesaplanmış ve Tablo 4.10’ da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Geleneksel ve akıllı programda su tüketimi ve maliyetleri

	GELENEKSEL PROGRAM	AKILLI PROGRAM
Su Tüketimi/Yıkama (litre)	59	48.5
Maliyet/Yıkama (YKr)	8.85	7.27

Hesaplamalarda suyun litre fiyatı 0.15 YKr olarak alınmıştır [25]. Akıllı program ile su tüketimindeki azalma sayesinde yaklaşık %18 maliyet avantajı sağlandığı bu hesaplamalar sonucu görülmüştür.

Geleneksel ve akıllı programda kullanılan deterjan miktarları ve maliyetleri ise Tablo 4.11' de verilmiştir.

Tablo 4.11. Geleneksel ve akıllı programda deterjan tüketimi ve maliyetleri

	GELENEKSEL PROGRAM	AKILLI PROGRAM
Deterjan Tüketimi/Yıkama (gr)	400	370
Maliyet/Yıkama (YKr)	80	74

Deterjan maliyetlerinin hesaplanmasında, deterjanın fiyatı ortalama 200 YKr/kg olarak alınmıştır. Akıllı program uygulaması ile deterjan maliyetlerinde de yaklaşık %8 maliyet avantajı sağlanmıştır.

Tablo 4.12' de yıkama başına toplam maliyetler verilmiştir.

Tablo 4.12. Geleneksel ve akıllı programda toplam maliyetler (YKr)

MALİYET/YIKAMA (YKr)	GELENEKSEL PROGRAM	AKILLI PROGRAM
Toplam Elektrik Enerjisi	4.66	4.36
Su Tüketimi	8.85	7.27
Deterjan	80.00	74.00
TOPLAM	93.51	85.63

Sonuç olarak görülmektedir ki, belirlenen yıkama senaryosunda, akıllı kontrollü bir çamaşır makinasıyla geleneksel çamaşır makinasına göre yıkama maliyeti açısından yaklaşık %8.5 avantaj sağlanmıştır.

Daha sonra, farklı yıkama senaryoları için de aynı çalışmalar yapılmış ve yıkama maliyetleri hesaplanarak akıllı çamaşır makinası ile geleneksel çamaşır makinası yıkama maliyetleri kıyaslanmıştır. Tablo 4.13' de yapılan tüm senaryolar için elde edilen değerler verilmiştir.

Tablo 4.13. Geleneksel ve akıllı programda çeşitli yıkama senaryoları

	Yıkama Senaryosu	Program	Yıkama Enerjisi (kWh)	Isıtma Enerjisi (kWh)	Toplam Enerji (kWh)	Enerji Maliyeti (YKr)	Su Miktarı (litre)	Su Maliyeti (YKr)	Deterjan Miktarı (gram)	Deterjan Maliyeti (YKr)	Toplam Maliyet (YKr)	Toplam Ekonomi %
A	Çok Kirli. Çok Çamaşır (b=7 ; Wb=5kg)	Akıllı	0.95	1.05	2.00	4.36	48.50	7.28	370.00	74.00	85.63	8.43
		Geleneksel	1.14	1.00	2.14	4.66	59.00	8.85	400.00	80.00	93.51	
B	Çok Kirli. Az Çamaşır (b=7 ; Wb=2kg)	Akıllı	0.85	0.51	1.36	2.96	41.50	6.23	330.00	66.00	75.19	9.97
		Geleneksel	1.14	1.00	2.14	4.66	59.00	8.85	350.00	70.00	83.51	
C	Orta Kirli. Az Çamaşır (b=5 ; Wb=2kg)	Akıllı	0.75	0.45	1.20	2.61	41.20	6.18	300.00	60.00	68.79	12.08
		Geleneksel	0.90	1.05	1.95	4.25	60.00	9.00	325.00	65.00	78.25	
D	Az Kirli. Az Çamaşır (b=2 ; Wb=2kg)	Akıllı	0.67	0.32	0.99	2.16	39.50	5.93	270.00	54.00	62.08	13.78
		Geleneksel	0.80	0.58	1.38	3.01	60.00	9.00	300.00	60.00	72.01	
E	Orta Kirli. Orta Miktarda Çamaşır (b=4 ; Wb=3kg)	Akıllı	0.78	0.57	1.35	2.94	42.50	6.38	300.00	60.00	69.32	16.74
		Geleneksel	0.90	1.05	1.95	4.25	60.00	9.00	350.00	70.00	83.25	
F	Az Kirli. Orta Miktarda Çamaşır (b=2 ; Wb=4 kg)	Akıllı	0.75	0.59	1.34	2.92	42.50	6.38	300.00	60.00	69.29	10.47
		Geleneksel	1.08	0.55	1.63	3.55	59.00	8.85	325.00	65.00	77.40	
G	Az Kirli. Çok Çamaşır (b=2 ; Wb=5kg)	Akıllı	0.78	0.70	1.48	3.22	48.50	7.28	320.00	64.00	74.50	9.59
		Geleneksel	1.08	0.55	1.63	3.55	59.00	8.85	350.00	70.00	82.40	

Kullanıcının ayda 4 defa çok kirli çok çamaşır (Senaryo A), 2' şer defa da diğer senaryolarda (B-G) çamaşır yıkadığı kabul edilirse, geleneksel ve akıllı çamaşır makinası için aylık ve yıllık yıkama maliyetleri Tablo 4.14' de verilmiştir.

Tablo 4.14. Geleneksel ve akıllı çamaşır makinasında aylık ve yıllık yıkama maliyetleri

	Program	Yıkama Enerjisi (kWh)	Isıtma Enerjisi (kWh)	Toplam Enerji (kWh)	Enerji Maliyeti (YTL)	Su Miktarı (litre)	Su Maliyeti (YTL)	Deterjan Miktarı (gram)	Deterjan Maliyeti (YTL)	Toplam Maliyet (YTL)
Aylık	Akıllı	12,96	10,48	23,44	0,51	705,4	1,06	5120	10,24	11,81
	Geleneksel	16,36	13,56	29,92	0,65	950	1,43	5600	11,20	13,28
Yıllık	Akıllı	155,52	125,76	281,28	6,13	8464,8	12,70	61440	122,88	141,71
	Geleneksel	196,32	162,72	359,04	7,82	11400	17,10	67200	134,40	159,32
Yıllık Ekonomi		40,8	36,96	77,76	1,69	2935,2	4,40	5760	11,52	17,62
		20,8%	22,7%	21,7%	21,7%	25,7%	25,7%	8,6%	8,6%	11,1%

Sonuç olarak görülmektedir ki; akıllı çamaşır makinası ile geleneksel çamaşır makinasına göre enerji tüketiminde yaklaşık %22, su tüketiminde yaklaşık %26, deterjan tüketiminde yaklaşık %9 ve toplam yıkama maliyetinde yaklaşık %11 azalma sağlanmıştır.

Ayrıca, geliştirilen akıllı çamaşır makinasında yapay sinir ağı eğitim verileri kullanıcının çamaşır makinasını kullandığı aralıkta artacağı için bu kullanım aralığında yapay sinir ağının performansı artacaktır. Bunun sonucu olarak da hem enerji tüketiminde, hem su tüketiminde, hem de deterjan tüketimindeki azalma artacak sistemin getirdiği maliyet avantajı artacaktır.

5. SONUÇLAR

Çamaşır makinaları, genel olarak da beyaz eşya sektörü, gerek aile ekonomisi gerekse konfor ve pazarlama öğeleri açısından güncel akıllı kontrol yöntem ve uygulamaları için önemli ve cazip bir alandır.

Bu çalışmada amaçlanan, çamaşır makinalarını kullanıcıdan bağımsız hale getirmek için akıllı kontrol algoritmaları geliştirmektir. Akıllı kontrol algoritmasının geliştirilebilmesi için bu uygulamada kullanılabilecek parametreler ve değişkenlerin bilinmesi gereklidir. Bu nedenle öncelikle bu parametre ve değişkenlerin neler olabileceği, nasıl ölçülebileceği ve nasıl uygulanabileceği araştırılmış ve incelenmiştir. Ana yıkama parametreleri olarak ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı belirlenmiş, parametrelerin belirlenebilmesi için sistemden ölçülmesi gereken değişkenler ise bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı olarak kararlaştırılmıştır. Durulama adımı için ise deterjan konsantrasyonu ve su sertliği durulama su miktarının belirleyen değişkenler olarak belirlenmiştir. Parametreler bu şekilde belirlendikten sonra bu parametreleri kullanarak akıllı kontrol algoritmaları önerilmiş ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır.

Öncelikle, ön yıkama adımında, eşdeğer çamaşır miktarının tespit edilebilmesi için motorun çektiği akımdan yararlanarak bir bulanık kontrol algoritması önerilmiştir.

Daha sonra, ana yıkama parametrelerinin (ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı) belirlenmesi için bir yapay sinir ağı tasarlanmıştır. Burada akıllı kontrol algoritması olarak yapay sinir ağının önerilmesinin nedeni, sistemde çok girişli ve çok çıkışlı bir belirlemenin olması ve giriş-çıkışlar arasında bir matematik model kurulamayacak olmasıdır.

Durulama adımı için durulama su miktarı belirlenmesinde ise ana yıkama deterjan konsantrasyonu ve su sertliğinden yararlanılarak bir bulanık kontrol algoritması önerilmiştir. Ayrıca bu aşama, makinanın 3.durulama adımının yapıp yapılmayacağına karar verebilmesi için 1. ve 2.durulama adımlarının iletkenliklerinden yararlanılmıştır. İletkenlik değeri % 60 ve üzerinde azalıyorsa 3.durulamayı yapmadan sıkma adımına geçilmesi kararlaştırılmıştır.

Akıllı kontrollü çamaşır makinasının çalışma prensibi kısaca şöyle özetlenebilir:

- Ön Yıkama: Çamaşır makinasına geleneksel çamaşır makinasıyla aynı sürede ön yıkama yaptırılır. Ön yıkama sırasında motorun çektiği ortalama akım vasıtasıyla tambur içindeki eşdeğer çamaşır miktarı kestirilir. Aynı zamanda, yıkama suyunun bulanıklığı da optik sensör vasıtasıyla tespit edilir. Belirlenen bulanıklık ve eşdeğer çamaşır miktarı değerleri kullanılarak ana yıkama su sıcaklığı, çevrim sayısı, deterjan miktarı ve su miktarı tespit edilir ve ön yıkama sonlandırılır.
- Ana Yıkama: Ön yıkamada belirlenen ana yıkama parametreleri ile ana yıkama gerçekleştirilir. Ana yıkama sırasında sudaki deterjan konsantrasyonu ve su sertliği tespit edilir. Bu değerler vasıtasıyla durulama su miktarı kestirilir ve ana yıkama sonlandırılır.
- Durulama: Ana yıkama sırasında belirlenen su miktarı ile 1.durulama adımına başlatılır. 1.durulama adımı sırasında suyun iletkenliği tespit edilir ve 2.durulama adımına geçilir. Aynı şekilde 2.durulama adımı sırasında da suyun iletkenliği tespit edilir. Tespit edilen bu iki iletkenlik arasındaki değişime bakılarak 3.durulama adımının yapılıp yapılmayacağına karar verilir. Eğer 3.durulama adımı yapılacaksa 3.durulama adımı gerçekleştirilir, ardından sıkma adımına geçilir. Aksi halde, 3.durulama yapmadan sıkma adımına geçilir. Sıkma adımı sonunda program sonlandırılır.

Bu çalışmalardan sonra, akıllı kontrollü çamaşır makinasının getirdiği avantajları tespit edebilmek için akıllı kontrollü çamaşır makinası ile geleneksel çamaşır makinası kıyaslanmıştır. Kıyaslama, öncelikle yıkama süreleri bazında gerçekleştirilmiş ve her iki tip çamaşır makinası için yıkama sekansları elde edilmiştir. Son olarak enerji tüketimleri, su tüketimleri ve deterjan tüketimleri hesaplanarak yıkama maliyetleri kıyaslanmış ve görülmüştür ki önerilen akıllı kontrol algoritmalarıyla geleneksel çamaşır makinasına göre enerji tüketiminde yaklaşık %22, su tüketiminde yaklaşık %26, deterjan tüketiminde yaklaşık %9 ve toplam yıkama maliyetinde yaklaşık %11 azalma sağlanmıştır.

Ayrıca, geliştirilen akıllı çamaşır makinasında yapay sinir ağı eğitim verileri kullanıcının çamaşır makinasını kullandığı aralıkta artacağı için bu kullanım aralığında yapay sinir ağının performansı artacaktır. Bunun sonucu olarak da hem enerji tüketiminde, hem su tüketiminde, hem de deterjan tüketimindeki azalma artacak sistemin getirdiği maliyet avantajı artacaktır.

Yüksek Lisans Tezi kapsamında yapılan bu çalışmanın devamında yapılabilecekler şu şekilde özetlenebilir:

1. Bu çalışmada, iletkenlik değişimi sistemden ölçülmeyip geçerli bir yaklaşımla belirlenmiştir. Gerçek sistem üzerinde deneysel çalışmalar yapılarak bu değişim tam olarak tespit edilebilir, elde edilen değerlerle 2. durulama adımına bile gerek olup olmadığı değerlendirilebilir.
2. Ana yıkama sırasında da yıkama parametreleri ölçülerek ana yıkama prosesine müdahale edilebilir. Bu ölçümlerin sisteme geri beslenebilmesi için gerekli kontrol çevrimleri üzerine çalışılmalıdır.
3. Çamaşırların su emme karakteristiklerinden yararlanarak sıkma adımının süresi veya devir sayısının tespiti için de bir akıllı kontrol algoritması geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **RepairClinic**, How Washing Machine Works,
http://www.repairclinic.com/0088_11_3.asp (Erişim tarihi, 3.5.2004)
- [2] **RepairClinic**, Washing Machine Front Load GE Style, Detailed Appliance Illustration, http://www.repairclinic.com/0100_25.asp (Erişim tarihi, 3.5.2004)
- [3] **Brown, W.**, 1955, The Principles of Laundering. Heywood, London
- [4] **Badami, V. V. and Chbat, N. W.**, 1998. Home appliances get smart, *IEEE Spectrum*, August, 36-43.
- [5] **Ishibashi, O. and Hasegawa, H.**, 1993. Neurocontrol for washing machines, *United States Patent*, No: 5241845 dated 7.9.1993.
- [6] **Badami, V. V., Dausch, M. E., Whipple, W., Hornung, R. E. and Dickerson, D. R. Jr.**, 1996. Enerjy efficient washer with inertia based method for determining load, *United States Patent*, No: 5577283 dated 26.11.1996.
- [7] **Yoshida, S., Yoshizaki, K., Kuraseko, T., Yoshida, Y., Kakutani, K., Kishimoto, K., Aoki, H. and Hiyamizu, K.**, 2002. Washing machine or an apparatus having a rotatable container, *United States Patent*, No: 6460381 dated 8.10.2002.
- [8] **Aisa, V.**, 1997. Method for determining quantity and/or type of fabric introduced in a laundry washing mashine, *European Patent*, No: 0787848 dated 6.8.1997.
- [9] **Civanelli, C. and Paganini, R.**, 1993. Device for determining the type of constituent fabric of a load or clothes to be washed in a washing mashine or the like, *United States Patent*, No: 5259217 dated 9.11.1993.

- [10] **Erickson, T. K., O'Brien, G. R. and Reeve, I. F.**, 1997. Apparatus for monitoring and controlling the operation of a machine for washing articles, *United States Patent*, No: 5603233 dated 18.2.1997.
- [11] **Leipertz, A. und Will, S.**, 1998. Optischer sensor, *Europäische Patent*, No: 0823628 daiert 11.2.1998.
- [12] **Ono, S.**, 1992. Automatic washing apparatus, *United States Patent*, No: 5172572 dated 11.12.1992.
- [13] **Stephens, P. E. and Watts, P. M.**, 1994. Cleaning process controlled in accordance with the density and/or viscosity of the cleaning fluid, *United Kingdom Patent*, No: 2272454 dated 18.5.1994.
- [14] **Kiuchi, M., Nakamura, T., Tamae, S. and Sakita, Y.**, 1993. Control device for washing mashine, *United States Patent*, No: 5235827 dated 17.8.1993.
- [15] **Dinçmen, E.**, 2003. Çamaşır makinalarının akıllı kontrolü için gerekli parametre ve değişkenlerin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] **Hach**, Turbidity Science, Tecnicl Information Series Booklet No: 11, <http://ecommerce.hach.com/stores/hach/pdfs/literature/L7061.pdf> (Erişim tarihi, 4.5.2004)
- [17] **Honeywell**, Turbidity Sensing as a Building Block for Smart Appliances, Presentation, <http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/turbidity/turbidity.stm> (Erişim tarihi, 4.5.2004)
- [18] **Erickson, T.**, 1997. Turbidity sensing as a building block for smart appliances, *IEEE Industry Applications Magazine*, May/June, 31-36.
- [19] **Lattanzi, G., Mariotti, C., Aisa, V. and Bongini, D.**, 1994. Device for measuring the water resistivity in a washing machine, *European Patent*, No: 0582329 dated 9.2.1994.
- [20] **Langereis, G. R.**, 1999. An integrated sensor system for monitoring washing processes, ISBN 90 - 365 - 1272 – 7.

- [21] **Büttner, U., Jostan, J., Knoll, A. and Marten, A.**, 1981. Method of controlling the operation of an automatic washing machine, *United Kingdom Patent*, No: 2052251 dated 28.1.1981.
- [22] **Honeywell**, Interactive Catalog Replaces Catalog Pages, <http://catalog.sensing.honeywell.com/> (Erişim tarihi, 4.5.2004)
- [23] **Rotatek**, Su Arıtma Sistemleri, <http://www.rotatek.com.tr/fqa.htm> (Erişim tarihi, 7.12.2005)
- [24] **TEDAŞ**, 2006 Tedaş Tarife, http://www.tedas.gov.tr/tarifeler_xls/2006_trf/2006_tedas_tarife.xls (Erişim tarihi, 1.5.2006)
- [25] **İSKİ**, Su Satıő Tarifeleri, <http://www.iski.gov.tr/> (Erişim tarihi, 1.5.2006)

EKLER

	<u>Sayfa No</u>
Ek-A : Sadece Eğitim Verileri ile Hazırlanan MATLAB M_File Programı.	65
Ek-B : Eğitim ve Kontrol Verileri ile Hazırlanan MATLAB M_File Programı.....	66
Ek-C : Sistemin Simulink Diyagramı.....	67

Ek-A Sadece Eğitim Verileri ile Hazırlanan MATLAB M_File Programı

```
% Create a training set

p={[1;0.2] [1;0.5] [1;1] [1;1.5] [1;2] [1;2.5] [2;0.5] [2;1] [2;1.5] [2;2] [2;3] [2;5] [3;0.8]
[3;1.5] [3;2] [3;3] [3;5] [3;7] [4;1] [4;2] [4;3] [4;5] [4;7] [4;8] [5;1.5] [5;3] [5;4] [5;5] [5;7]
[5;8]}

T={[30;1500;140] [30;1750;140] [40;1750;160] [40;2000;180] [50;2000;200]
[60;2000;200] [30;1750;160] [40;1750;180] [40;2000;200] [50;2250;200]
[50;2500;220] [60;2750;240] [30;2000;180] [40;2250;200] [40;2500;200]
[50;2500;220] [60;2750;220] [70;3000;240] [40;2000;200] [50;2250;200]
[50;2500;220] [50;2750;240] [60;3000;260] [70;3000;280] [40;2500;200]
[50;2750;220] [60;3000;220] [60;3250;240] [70;3500;260] [70;4000;280] }

% Configure NN

net.numInputs = 1;

net.numLayers = 3;

net=newff([1 5;0.2 7], [2 5 3],{'purelin','purelin','purelin'},'traingdx');

net.trainParam.epochs=100;

net.trainParam.goal=0.01;

% Initialize the NN

net=init(net);

[net,tr]=train(net,p,T);

% Simulate the NN for training set

NN_out=sim(net,p);

celldisp(NN_out)
```

Ek-B Eğitim ve Kontrol Verileri ile Hazırlanan MATLAB M_File Programı

```
% Create a training set

p={{[1;0.2] [1;1] [1;2] [2;0.5] [2;1.5] [2;3] [3;0.8] [3;2] [3;5] [4;1] [4;3] [4;7] [5;1.5] [5;4]
[5;7]}}

T={{[30;1500;140] [40;1750;160] [50;2000;200] [30;1750;160] [40;2000;200]
[50;2500;220] [30;2000;180] [40;2500;200] [60;2750;220] [40;2000;200]
[50;2500;220] [60;3000;260] [40;2500;200] [60;3000;220] [70;3500;260]}}

% Create validation set

VP={{[1;0.5] [1;1.5] [1;2.5] [2;1] [2;2] [2;5] [3;1.5] [3;3] [3;7] [4;2] [4;5] [4;8] [5;3] [5;5]
[5;8]}}

VT={{[30;1750;140] [40;2000;180] [60;2000;200] [40;1750;180] [50;2250;200]
[60;2750;240] [40;2250;200] [50;2500;220] [70;3000;240] [50;2250;200]
[50;2750;240] [70;3000;280] [50;2750;220] [60;3250;240] [70;4000;280] }}

% Configure NN

net.numInputs = 1;

net.numLayers = 3;

net=newff([1 5;0.2 7], [2 5 3],{'purelin','purelin','purelin'},'traingdx');

net.trainParam.epochs=100;

net.trainParam.goal=0.01;

% Initialize the NN

net=init(net);

[net,tr]=train(net,p,T);

% Simulate the NN for training set

NN_out=sim(net,p);

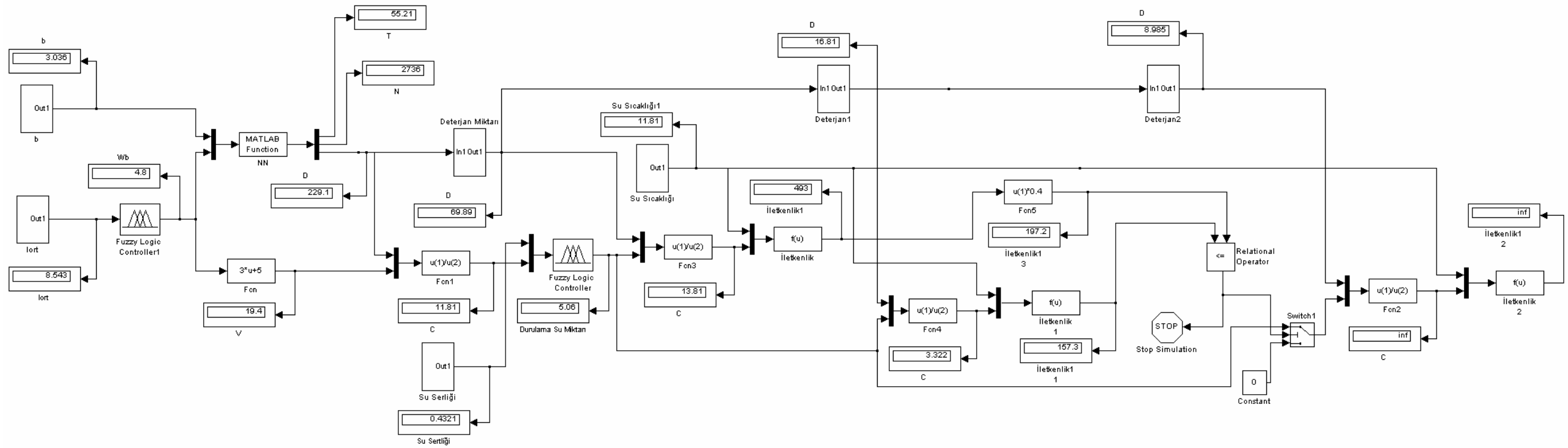
celldisp(NN_out)

% Simulate the NN validation set

NN_val=sim(net,VP);

celldisp(NN_val)
```

Ek-C



Sistemin Simulink Diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Eskişehir' de doğdu. Lise eğitimini Bahçelievler Adnan Menderes Anadolu Lisesi' nde tamamladı. 1998 yılında girdiği İ.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümünden 2003 yılında mezun oldu ve aynı yıl İ.T.Ü. Makina Mühendisliği Sistem Dinamiği ve Kontrol programında yüksek lisans eğitimine başladı. 2004 yılında Proje Stajyeri olarak çalışmaya başladığı Beko Elektronik A.Ş' de Mekanik Tasarım Mühendisi olarak görev yapmakta ve eğitimini sürdürmektedir.