

Haziran'14 June'14

Sayı/Number: 7 Cilt/Volume: 4
Yıl/Year: 2014
ISSN: 1309-5501

Yayın Sahibi

TMMOB Elektrik Mühendisleri
Odası adına
Cengiz GÖLTAŞ

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Mehmet BOZKIRLIOĞLU

Yayın İdare Merkezi

İhlamur Sokak No: 10 Kat: 4
Kızılay/Ankara
Tel: (0312) 425 32 72
Faks: (0312) 417 38 18
<http://bilimseldergi.emo.org.tr>
bilimseldergi@emo.org.tr
EMO üyelerine parasız dağıtılır

Teknik Editör

E. Orhan ÖRÜCÜ

Teknik Sekreteryası

Oylum YILDIR

Yayın Türü

Yerel süreli yayın
6 ayda bir yayınlanır

Basım Adedi

5000

Basım Tarihi

Haziran 2014

Sayfa Düzeni

PLTİR

Planlama Yayıncılık Reklamcılık
Turizm İnşaat Tic. Ltd. Şti.
Yüksel Cad. No: 35/12 Yenışehir-Ankara
Tel: (0312) 432 01 83-93 Faks: (0312) 432 54 22
e-posta: plarttd@gmail.com

Baskı Yeri

MATTEK MATBAACILIK
Basım Yayın Tanıtım Tic. San. Ltd. Şti.
Ağaç İşleri San. Sif. 1354 Cad. (21.Cad.)
1362 Sok. (601 Sok). No:35 İvedik/ANKARA
Tel: (0312) 433 23 10 Pbx Faks: (0312) 434 03 56
e-posta: mattekmatbaa@yahoo.com.tr

EMO BİLİMSEL DERGİ

Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal
Mühendisliği Bilimsel Dergisi

The Journal of Electrical, Electronics, Computer and
Biomedical Engineering

YAYIN KURULU

BAŞ EDITÖR/EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. A. Hamit SERBEST
Çukurova Üniversitesi

EDİTÖRLER/EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Tayfun AKGÜL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Murat EYÜBOĞLU
Ortadoğu Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. H. Altay GÜVENİR
Bilkent Üniversitesi

Prof. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



TMMOB

Elektrik Mühendisleri Odası

UCTEA/Chamber of Electrical Engineers

EMO BİLİMSEL DERGİ

Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal
Mühendisliği Bilimsel Dergisi

The Journal of Electrical, Electronics, Computer
and Biomedical Engineering

YAYIN KURULU

BAŞ EDİTÖR/EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. A. Hamit SERBEST
Çukurova Üniversitesi

EDİTÖRLER/EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Tayfun AKGÜL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Murat EYÜBOĞLU
Ortadoğu Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. H. Altay GÜVENİR
Bilkent Üniversitesi

Prof. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

DANIŞMA KURULU

Prof.Dr. Metin AKAY	Arizona State University	Prof.Dr. Oya KALIPSIZ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Mehmet AKŞİT	Twente University	Prof.Dr. İrfan KARAGÖZ	Gazi Üniversitesi
Müjdat ALTAY	Netaş	Prof.Dr. Aydın KÖKSAL	Bilişim A.Ş.
Prof.Dr. Ayhan ALTINTAŞ	Bilkent Üniversitesi	Fikret KÜÇÜKDEVECİ	Tepa A.Ş.
Prof.Dr. Volkan ATALAY	ODTÜ	Prof.Dr. Kemal LEBLEBİCİOĞLU	ODTÜ
Serdar BOZKURT	SIEMENS	Turgay MALERİ	Gate Elektronik
Prof.Dr. Alinur BÜYÜKAKSOY	Okan Üniversitesi	Dr. Ahmet MEREV	TÜBİTAK UME
Prof.Dr. Işık ÇADIRCI	Hacettepe Üniversitesi	Prof.Dr. Banu ONARAL	Drexel Üniversitesi
Doç.Dr. Hakan ÇAĞLAR	Anel	Prof.Dr. Sermin ONAYGİL	İTÜ
Dr. Semih ÇETİN	Cybersoft	Prof.Dr. M. Bülent ÖRENCİK	İTÜ
Prof.Dr. İnci ÇİLESİZ	İTÜ	Prof.Dr. Aydoğan ÖZDEMİR	İTÜ
Bülent DAMAR	Pelka	Prof.Dr. Erdal PANAYIRCI	Kadir Has Üniversitesi
Prof.Dr. Oğuz DİKENELLİ	Ege Üniversitesi	Prof.Dr. Bülent SANKUR	Boğaziçi Üniversitesi
Doç.Dr. Ali Hikmet DOĞRU	ODTÜ	Tarkan TEKCAN	Vestel
Dr. Hakan ERDOĞMUŞ	ODTÜ	Dr. Erkan TEKMAN	
Prof.Dr. Muammer ERMİŞ	ODTÜ	Prof.Dr. Belgin TÜRKAY	İTÜ
Prof.Dr. Osman EROĞUL	ODTÜ	Ahmet Tark UZUNKAYA	Entes A.Ş.
Prof.Dr. H. Bülent ERTAN	ODTÜ	Prof.Dr. Yekta ÜLGEN	Boğaziçi Üniversitesi
Doç.Dr. H. Özcan GÜLÇÜR	Boğaziçi Üniversitesi		
Prof.Dr. Yusuf Ziya İDER	Bilkent Üniversitesi		
Prof.Dr. Yorgo İSTEFANAPULOS	Işık Üniversitesi		



İÇERİK/CONTENTS

Önsöz

A. Hamit Serbest

Bir İnsansız Suüstü Aracı için Otopilot ve GÜdüm Algoritması Tasarımı1

Design of Autopilot and Guidance Algorithms for an Unmanned Sea Surface Vehicle

Kenan Ahıska, Kemal Leblebicioğlu

Geniş Metin Koleksiyonlarından Yinelemeli Bilgi Çıkarımı9

Iterative Information Extraction from Large Text Collections

Gürkan Şahin, M. Fatih Amasyalı

Android Cihazlar ile DC Motorun Devir ve Yön Kontrolü21

DC Motor Control via Anroid Devices

Kaan Karamancı, Yalçın Albayrak, Turan Çakıl, İbrahim Eren



ÖNSÖZ

EMO Bilimsel Dergi'nin elinizde bulunan yedinci sayısını sunmanın sevincini yaşıyoruz. En az ulusal düzeyde bilimsel/teknolojik özgünlük içeren araştırmaları Türkçe yayımlayarak akademik çalışmalarını sanayiye ve sanayide yapılan çalışmalarını da akademik ortama taşıma hedefiyle yola çıkan EMO Bilimsel Dergi yedinci sayısıyla dördüncü yılına girerken bu hedefini belli bir ölçüde yerine getirmiş görünüyor.

Elektronik, bilgisayar, elektrik ve biyomedikal mühendisliği alanlarında bilimsel araştırmalar ile ilginç uygulama çalışmalarına yer veren EMO Bilimsel Dergi bu niteliği ile hem araştırmacılara hem de uygulamadaki mühendislere seslenmeyi amaçlamıştır. Dergimize üniversitelerden olduğu kadar, ARGE merkezlerinden, teknokentlerden de makale gönderilmekte, uygun bulunanlar dergimizce yayımlanmaktadır. Dergimizin yayın politikasının ve bilimsel içeriğinin belirleyen Danışma Kurulu üyelerinin akademisyenler ile sanayiciler ve ARGE çalışanları arasından oluşturulmasına özen gösterilmiştir.

Derginin izlenebilirliğini artırabilmek amacıyla her makale için kısa bir İngilizce özet yer almaktadır, bunun dışında makaleler Türkçe olarak yayımlanmaktadır. EMO Bilimsel Dergi, Türkçe yayımlanması sebebiyle benzer alanlarda Türkiye'de çıkarılan diğer dergiler arasından sıyrılarak önemli bir boşluğu tamamlayacaktır. Sanayi kuruluşlarımızın giderek daha çok ARGE bazlı çalışmalara yöneldiği dikkate alınacak olursa sanayideki araştırmacıların da ARGE çalışmalarının sonuçlarını yayımlama hakları olmalıdır. Bu yaklaşımı akademik dünyanın tekeline çıkarıp tüm araştırmacılar için bir alışkanlığa dönüşmesinde önemli katkıda bulunacağını düşünüyoruz.

EMO Bilimsel Dergi Ulusal ve Uluslararası indekslerce değerlendirme kriterleriyle uyumlu olarak; düzenli olarak yılda iki sayı yayımlanmakta, derginin yayımladığı her sayıda, kaynakları olan en az üç bilimsel makale bulunmakta, birleşik sayı yayımlanmamaktadır. Dergimizin öncelikle "Türkiye Atıf Dizini"ne ve devamında en kısa sürede uluslararası "Engineering Index" son olarak da Science Citation Index veri tabanına girmesi için gayret gösterilmektedir.

EMO Bilimsel Dergi, Yüksek Öğretim Kurulu, Üniversitelerarası Kurul, TÜBİTAK, ULAKBİM, üniversiteler ve ilgili bölümleri ile birlikte ARGE kurumlarına ve Sanayi ARGE Merkezleri'ne de gönderilmektedir.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. A. Hamit SERBEST
Yayın Kurulu Adına



Bir İnsansız Suüstü Aracı için Otopilot ve GÜdüm Algoritması Tasarımı

Design of Autopilot and Guidance Algorithms for an Unmanned Sea Surface Vehicle

Kenan Ahıska¹, Kemal Leblebiciođlu²

¹ASELSAN A.Ş. Savunma ve Sistem Teknolojileri Grubu, Ankara
kahıska@aselsan.com.tr

²Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü Orta Dođu Teknik Üniversitesi, Ankara
kleb@metu.edu.tr

Özet

Bu makalede bir insansız suüstü aracı için matematiksel model oluşturmuştur. Oluşturulan model üstünde ileri yönde hız ve sapma açısı üzerinde denetimli hareket sağlanması için doğrusal kuadratik regülatör (LQR) denetimcilerinin tasarımı yapılmış, denetimcilerin kararlılığı doğrulanmıştır. Sapma açısı ekseninde otopilot tasarlanmış, böylelikle araç dinamiğine uygun olmayan isteklerin uyumlanması sağlanmıştır. Verilen bir görevi otonom bir şekilde yerine getirirken, araç üzerinde koşacak engelden kaçma ve güdüm algoritmaları tasarlanarak tüm sistemin çeşitli çevresel etkiler altında davranışı incelenmiştir. Oluşturulan model ve denetim teknikleri, ve güdüm sistemi MATLAB ve SIMULINK ortamında benzetimlerle doğrulanmıştır; benzetim sonuçları makale içerisinde sunulmuştur. Geliştirilen çeşitli karmaşıklık seviyelerindeki denetimcilerin gerçek araçlar üzerinde doğrulanması hedeflenmektedir.

Abstract

In this article, for an unmanned sea surface vehicle, mathematical model has been developed. On the model developed, for surge speed and yaw position linear quadratic regulator (LQR) controllers have been designed and the stability of the controllers has been verified. An autopilot in yaw angle has been designed so that the references inappropriate with the vehicle dynamics have been adapted to the system. During its mission performed autonomously, obstacle avoidance and guidance algorithms for the vehicle have been designated and behaviors of the proposed methods under various environmental disturbances have been investigated. The model and controllers with guidance system have been verified in simulations in MATLAB and SIMULINK, the simulation results are provided. As a future work, the controllers with different levels of complexity presented in this article will be applied on real sea surface vehicles.

1. Giriş

İnsan sağlığının ve güvenliğinin tehlikede olduğu durumlarda, sivil ve askeri birçok görevi yerine getirmek için, insansız suüstü araçlarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Amaçlarını yerine getirirken insansız su araçları birden fazlası birlikte ve diğer deniz araçları ile eşgüdüm içinde kullanılabilirler gibi, tek başlarına da ihtiyaca göre sahada görev alabilirler.

Araçların çalışmalarında misyon gerekliliklerini ve performans isteklerini en verimli şekilde gerçekleştirebilmeleri için, matematiksel modellerinin gerçeğe en yakın şekilde elde edilmesi önemlidir. Matematiksel model üzerinde tasarlanan sapma açısı otopilot, otonom çalışma için gerekli engelden kaçma ve güdüm algoritmalarının kararlı ve çevresel etkilere karşı gürbüzlüğü sağlanmalıdır.

Bu çalışmada MATLAB ve SIMULINK ortamından matematiksel model geliştirilmiş, sapma açısı otopilotu, engelden kaçma ve güdüm algoritmaları test edilmiş, çevresel etkiler altında elde edilen benzetim sonuçları gösterilmiştir.

2. Matematiksel Modelleme

İnsansız suüstü araçlarının modellenmesinde 6 serbestlik dereceli vektörel model kullanılmaktadır [1]. Bu modele göre tanımlanan serbestlik dereceleri ve gösterimleri Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1: 6 serbestlik derecesi tanım ve gösterimleri

Serbestlik Derecesi	Hareket/Dönüş Yönü	Doğrusal/Dönme Hızları	Konum/Açı
1	x-ekseninde doğrusal hareket	u	x
2	y-ekseninde doğrusal hareket	v	y
3	z-ekseninde doğrusal hareket	w	z
4	Yunuslama (x-ekseni üzerinde dönme hareketi)	p	ϕ
5	yalpa (y-ekseni üzerinde dönme hareketi)	q	θ
6	Sapma (z-ekseni üzerinde dönme hareketi)	r	ψ

Tablo 1’de ifade edilen konum bilgileri Dünya sabitli, hız bilgileri araç sabitli uzaya göre tariflenmiştir. Dünya sabitli uzayda kuzey kutbu x-ekseni, batı y-ekseni ve deniz yüzeyinden dünyanın merkezine doğru olan yön de z-eksenidir. Araç merkezli uzayda x-ekseni geminin kıçından başına doğru, y-ekseni bu eksene dik geminin eni boyunca ve z-eksenin geminin yüzeyinden altına doğrudur. Hız bilgileri ölçümleri gemiye göre yapıldıkları için araç-sabitli uzayda tanımlanmışlardır. Hız ve konum bilgileri farklı uzaylarda tanımlandıkları için bu iki uzay arasında dönüşüme ihtiyaç vardır.

Bildirinin bundan sonraki kısımlarında, araç sabitli uzayda tanımlanan nicelikler ‘b’ indisi ile, dünya sabitli uzayda tariflenen nicelikler ise ‘e’ indisi ile gösterilmiştir.

2.1. Hareket Denklemleri

İnsansız suüstü araçlar için genel hareket denklemleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir [1, 6]:

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} = \boldsymbol{\tau}_d + \boldsymbol{\tau}_g + \boldsymbol{\tau}_t + \boldsymbol{\tau}_r + \boldsymbol{\tau}_a + \boldsymbol{\tau}_c \quad (1)$$

$$\dot{\boldsymbol{\eta}} = \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v} \quad (2)$$

Burada,

$$\mathbf{M} \triangleq \mathbf{M}_{RB} + \mathbf{M}_A \quad (3)$$

$$\mathbf{C}(\mathbf{v}) \triangleq \mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v}) + \mathbf{C}_A(\mathbf{v}) \quad (4)$$

- \mathbf{J} – Koordinat çevrim matrisini
- \mathbf{M}_{RB} – Katı cisim kütle matrisini
- \mathbf{M}_A – Eklenmiş kütle matrisini
- $\mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v})$ – Katı cisim coriolis matrisini
- $\mathbf{C}_A(\mathbf{v})$ – Eklenmiş kütle coriolis matrisini
- $\boldsymbol{\tau}_d$ – Sönümleme matrisini
- $\boldsymbol{\tau}_g$ – Yerçekimi ve kaldırma kuvveti vektörünü
- $\boldsymbol{\tau}_t$ – Pervane kuvveti matrisini
- $\boldsymbol{\tau}_r$ – Dümen kuvveti matrisini
- $\boldsymbol{\tau}_a$ – Hava sürtünmesi kuvveti matrisini
- $\boldsymbol{\tau}_c$ – Akıntı kuvveti matrisini

ifade etmektedir.

2.1.1. Katı Cisim Matrisler

\mathbf{M}_{RB} matrisi sabit, altıya altı, simetrik ve pozitif tanımlıdır ve (5) nolu denklemdeki gibi ifade edilebilir:

$$\mathbf{M}_{RB} = \begin{bmatrix} m\mathbf{I}_3 & -m\mathbf{S}(\mathbf{r}_C^b) \\ m\mathbf{S}(\mathbf{r}_C^b) & \mathbf{I}_{O_b} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Burada, \mathbf{I}_3 3x3’lük birim matrisi, \mathbf{I}_{O_b} ise araç merkezli uzayda tariflenen eylemsiz tensördür. Eğer araç merkezli uzayın merkezi ile eylemsizlik merkezi çıkışık seçilirse $\mathbf{r}_C^b = \mathbf{0}$ ve \mathbf{I}_{O_b} köşegen matrisi olur.

$\mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v})$ birden fazla gösterimi olmakla birlikte [1], $\mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v})$ çarpık simetrik olacak şekilde ifade edilebilir, yani $\mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v}) = -\mathbf{C}_{RB}^T(\mathbf{v}) \forall \mathbf{v} \in \mathbb{R}^6$. $\mathbf{C}_{RB}(\mathbf{v})$ matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir [2]:

$$\mathbf{C}_{RB} \triangleq \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -m(y_G q + z_G r) & m(y_G p + w) & m(z_G p - v) \\ m(x_G q - w) & -m(z_G r + x_G p) & m(z_G q + u) \\ m(x_G r + v) & m(y_G r - u) & -m(x_G p + y_G q) \\ m(y_G q + z_G r) & -m(x_G q - w) & -m(x_G r + v) \\ -m(y_G p + w) & m(z_G r + x_G p) & -m(y_G r - u) \\ -m(z_G p - v) & -m(z_G q + u) & m(x_G p + y_G q) \\ 0 & -I_{yz} q - I_{xz} p + I_z r & I_{yz} r + I_{xy} p - I_y q \\ I_{yz} q + I_{xz} p - I_z r & 0 & -I_{xz} r - I_{xy} q + I_x p \\ -I_{yz} r - I_{xy} p + I_y q & I_{xz} r + I_{xy} q - I_x p & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Eğer araç merkezli uzayın merkezi ile eylemsizlik merkezi çıkışık seçilirse $x_G = y_G = z_G = 0$ ve $\mathbf{I}_0 = \text{diag} \{I_x, I_y, I_z\}$ olur.

2.1.2. Eklenmiş Kütle Matrisleri

Eklenmiş kütle diye ifade edilen kuvvetler aracın etrafında onun hareketi ile hareketlenen deniz suyunun yaptığı etkidir. Bu etki eklenmiş kütle ve eklenmiş coriolis matrisleri olarak ikiye ayrılabilir. Bu matrisler enerji yaklaşımı kullanılarak (7) nolu deklemdaki gibi ifade edilebilir [1]:

$$\mathbf{M}_A \triangleq \begin{bmatrix} X_u & X_v & X_w & X_p & X_q & X_r \\ Y_u & Y_v & Y_w & Y_p & Y_q & Y_r \\ Z_u & Z_v & Z_w & Z_p & Z_q & Z_r \\ K_u & K_v & K_w & K_p & K_q & K_r \\ M_u & M_v & M_w & M_p & M_q & M_r \\ N_u & N_v & N_w & N_p & N_q & N_r \end{bmatrix} \quad (7)$$

Burada X_u hidrodinamik türevdir:

$$X_u \triangleq \frac{\partial X}{\partial \dot{u}} \quad (8)$$

$\mathbf{C}_A(\mathbf{v})$ matrisi de çarpık simetrik bir matristir:

$$\mathbf{C}_v = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -a_3 & a_2 \\ 0 & 0 & 0 & a_3 & 0 & -a_1 \\ 0 & 0 & 0 & -a_2 & a_1 & 0 \\ 0 & -a_3 & a_2 & 0 & -b_3 & b_2 \\ a_3 & 0 & -a_1 & b_3 & 0 & -b_1 \\ -a_2 & a_1 & 0 & -b_2 & b_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Burada,

$$a_1 = X_u u + X_v v + X_w w + X_p p + X_q q + X_r r \quad (10)$$

$$a_2 = X_v u + Y_v v + Y_w w + Y_p p + Y_q q + Y_r r \quad (11)$$

$$a_3 = X_w u + Y_w v + Z_w w + Z_p p + Z_q q + Z_r r \quad (12)$$

$$b_1 = X_p u + Y_p v + Z_p w + K_p p + K_q q + K_r r \quad (13)$$

$$b_2 = X_q u + Y_q v + Z_q w + K_q p + M_q q + M_r r \quad (14)$$

$$b_3 = X_r u + Y_r v + Z_r w + K_r p + M_r q + N_r r \quad (15)$$

Şeklinde ifade edilebilirler.

2.1.3. Sönüm Matrisi

Sönümle etkisi düşük hızlarda baskın etkiyen birinci dereceden kuvvetler ve yüksek hızlarda baskın etkiyen ikinci dereceden kuvvetler olarak ikiye ayrılabilir. Çalışmada kullanılan aracın xz ve yz eksenleri boyunca simetrik olduğu varsayılmıştır. Bu sebeple x- ve y- yönleri ile yunuslama ve sapma eksenleri boyunca sönümleme etkilerinin ayrık oldukları varsayılabilir [2]. Bu varsayımla sönümleme matrisi şu köşegen matrisine dönüşür:

$$\boldsymbol{\tau}_d = \mathbf{D}_{lin} + \mathbf{D}_{quad}(\mathbf{v}) \quad (16)$$

Burada,

$$\mathbf{D}_{lin} = -diag\{X_u, Y_v, Z_w, K_p, M_q, N_r\} \quad (17)$$

$$\mathbf{D}_{quad} = -diag\left\{X_{u|u}|u|, Y_{v|v}|v|, Z_{w|w}|w|, K_{p|p}|p|, M_{q|q}|q|, N_{r|r}|r|\right\} \quad (18)$$

Eksenlere özgü ikinci dereceden terimler (19) nolu denklemdeki gibi hesaplanabilir:

$$X_{u|u} = \frac{\partial X}{\partial (u|u)} = -\frac{1}{2}\rho C_d A_f \quad (19)$$

Burada ρ akışkanın özkütlesi, C_d akışkanın etki ettiği yüzeye bağlı olarak değişen sönümlenme katsayısı ve A_f sönümlenme kuvvetinin etki ettiği kesit alanıdır.

2.1.4. Yerçekimi ve Kaldırma Kuvvet Vektörü

(1) numaralı denklemle ifade edilen hidrodinamik modeldeki denklemin sağ tarafında yer alan ikinci terim yerçekimi ve kaldırma kuvveti vektörüdür. Aracın sadece belli bir kısmı akışkan içinde olduğu için, yerçekimi ve kaldırma kuvvetlerinin etki merkezleri birbirinden ayrıdır. Bu merkezlerin arasındaki mesafe enine ve boyuna olmak üzere sırasıyla \mathbf{GM}_T ve \mathbf{GM}_L şeklinde ifade edilebilir.

Araca etkileyen bu kuvvetler sadece kütle ve ilgili kuvvet kolunun çarpılmasıyla değil, o yöndeki hızlardan gelen sönümlenme etkileriyle birlikte değerlendirilmelidir [6]. Böylelikle:

$$\boldsymbol{\tau}_g = [0 \ 0 \ g_1 \ g_2 \ g_3 \ 0]^T \quad (20)$$

Burada:

$$g_1 = -m \ 9.81 \ z - \mu \ l \ w \ i \ w \quad (21)$$

$$g_2 = -\mathbf{GM}_T \ m \ 9.81 \ \phi - \mu \ l \ w \ i \ p \ \mathbf{GM}_T \quad (22)$$

$$g_3 = -\mathbf{GM}_L \ m \ 9.81 \ \theta - \mu \ l \ w \ i \ q \ \mathbf{GM}_L \quad (23)$$

Yukarıdaki denklemlerde w aracın eni, l aracın boyu ve ilgili eksendenki sönümlenme katsayısıdır.

2.1.5. Pervane Kuvveti Matrisi

Hidrodinamik modeldeki bir diğer kuvvet pervanesinin aracın hareketine etkilediği kuvvettir. Pervane denetim sistemindeki iki çalıştıricıdan birincisidir ve esas olarak ileri yönlü hareketi yapar. Pervanesinin etkisi şöyle ifade edebiliriz [3]:

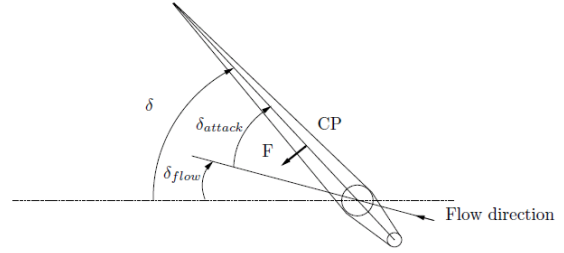
$$\boldsymbol{\tau}_t = \begin{bmatrix} C_{pu}\rho n^2 D_p^4 K_t \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ C_{pq}\rho n^2 D_p^5 K_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad (24)$$

(24) numaralı denklemde ρ akışkanın özkütlesini, D_p pervanesinin çapını, K_t pervane sabitini, C_{pu} pervane azalım katsayısını ve C_{pq} pervane yalpa katsayısını ifade eder.

2.1.6. Dömen Kuvveti Matrisi

Hidrodinamik modeldeki bir diğer kuvvet dömenin aracın hareketine etkilediği kuvvettir. Dömen denetim sistemindeki iki çalıştıricıdan ikincisidir ve dönüş hareketi yapılmasını sağlayarak sapma yönünde hareketi gerçekler.

Dömenin eksini incelemek için Şekil 1'de verilen yapısını incelemek gerekir.



Şekil 1: Dömen yapısı

Dömenin etkilediği kuvvet merkez noktasından ve dömen yüzeyine diktir. Dömenin hareket yönünde akıntıdan arındırılmış açısı, dönebileceği en yüksek açiya kadar ve o açı değerinden sonra aşağıdaki gibidir [4]:

$$\mathbf{F} = \begin{cases} 1/2\rho C_F A_r V_{av}^2 \sin\left(\frac{\pi}{2\frac{\delta_{attack}}{\delta_{stall}}}\right) & \text{if } |\delta_{attack}| < \delta_{stall} \\ 1/2\rho C_F A_r V_{av}^2 \text{sgn}(\delta_{attack}) & \text{else} \end{cases} \quad (25)$$

$$\mathbf{X}_{rudder} = -\mathbf{F}(u, V_{av}, v, r, \delta) \sin(\delta)$$

$$\mathbf{Y}_{rudder} = \mathbf{F}(u, V_{av}, v, r, \delta) \cos(\delta)$$

$$\mathbf{Z}_{rudder} = 0$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K}_{rudder} \mathbf{M}_{rudder} \mathbf{N}_{rudder} \end{bmatrix}^T = (\mathbf{CP} - \mathbf{CG})x[\mathbf{X}_{rudder} \mathbf{Y}_{rudder} \mathbf{Z}_{rudder}]^T \quad (26)$$

Yukarıdaki denklemlerde C_F yüzeye bağlı suyun sönümlenme katsayısı A_r dömenin hareketine dik kesit alanı, V_{av}^2 pervane etkisi eklenmiş dömenin gördüğü akış hızı, δ_{attack} akıntıdan arınmış dömenin açısı, δ_{stall} dömenin en yüksek dönebileceği açı, \mathbf{CP} dömenin merkez noktası ve \mathbf{CG} aracın eylemsizlik merkezidir.

2.1.7. Hava Sürtünmesi Kuvveti Matrisi

Su-üstü aracın bir kısmı hava ile temas halinde olduğu için, hareketi boyunca bu bölgeden hem rüzgarın hızına hem de teknenin hızına bağlı olarak kesit alanı ile oranlı kuvvet etkimektedir:

$$\boldsymbol{\tau}_a = \begin{bmatrix} C_{ax} A_x (u + V_{ax})^2 \\ C_{ay} A_y (v + V_{ay})^2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

2.1.8. Akıntı Kuvveti Matrisi

Hidrodinamik modeldeki son etmen akıntının araç üzerinde yaptığı etkidir. Bu etki çok çeşitli parçalardan oluşur:

$$\boldsymbol{\tau}_c = (\mathbf{M}_{FK} \dot{\mathbf{V}}_c) + (\mathbf{M}_A \dot{\mathbf{V}}_c + \mathbf{D}_p(\mathbf{V}_c)\mathbf{V}_c) + ((\mathbf{D}_s(\mathbf{V}_c) + \mathbf{D}_w(\mathbf{V}_c) + \mathbf{D}_m(\mathbf{V}_c))\mathbf{V}_c) \quad (28)$$

Bu denklemde ilk terim Froude-Kriloff terimi, ikinci terim saptırma kuvvetleri ve üçüncü terimde akışkanlık kuvvetleridir. Bu etkenlerden en baskın olanı ilkidir [5].

3. Denetim Modeli Tasarımı

Denetim modeli tasarımında ileri yönde hız ve sapma açısı yönünde pozisyon denetimi yapacak doğrusal kuadreatik regülatör (LQR) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem doğrusal sistemlerde tanımlı olduğu için önce doğrusal olmayan matematiksel modelin doğrusallaştırılması gerekmektedir.

3.1. Doğrusallaştırma

Modelin (1) ve (2) deki tanımları şöyle ifade etmek istiyoruz:

$$\begin{bmatrix} \dot{\eta} \\ \dot{v} \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} \eta \\ v \end{bmatrix} + \mathbf{B} \mathbf{u} \quad (29)$$

Modelin genel denklemini:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \quad (30)$$

Şeklinde ifade edersek ve bir x_0, u_0 noktası etrafında doğrusallaştırma yapılırsa:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}|_{x_0} + \Delta \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{f}(\mathbf{x}_0, \mathbf{u}_0) + \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u})}{\partial \mathbf{x}}|_{x_0, u_0} \Delta \mathbf{x} \\ &+ \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u})}{\partial \mathbf{u}}|_{x_0, u_0} \Delta \mathbf{u} \end{aligned} \quad (31)$$

Elde edilen denklemde son ifade (32)deki gibi olur:

$$\Delta \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_0, \mathbf{u}_0) + \mathbf{A}' \Delta \mathbf{x} + \mathbf{B} \Delta \mathbf{u} \quad (32)$$

(29) numaralı denkleme ulaşmak için yeni durum vektörünün boyutu artırılır:

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{\mathbf{x}} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}' & 0 \\ \mathbf{f}(\mathbf{x}_0, \mathbf{u}_0) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{x} \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ 0 \end{bmatrix} \Delta \mathbf{u} \quad (33)$$

Böylelikle doğrusallaştırılmış durum uzay gösterimi elde edilir.

3.2. Denetimci Tasarımı

LQR denetimcisi sadece kontrol edilebilir durum-uzay gösterimleri için tanımlanmaktadır. Bu sebeple önce mevcut durum-uzaygösteriminin kontrol edilebilir altuzayını tespiti gerekmektedir. (33) nolu denklemde ifadesini bulduğu haliyle doğrusallaştırılmış matematiksel modelin durum-uzay gösteriminde durum vektörünün boyu 13'tür.

Bir durum vektörü kontrolabilite matrisinin bağımsız sütunlarından ve kontrolabilite matrisini tekil yapmayacak rastgele diğer sütunlardan oluşan bir şekilde ifade edilebilir. Bu ifade ile bir durum vektörü kontrol edilebilir ve kontrol edilemez alt uzaylarına ayrılır. Bu durumda:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_c \\ \mathbf{x}_{uc} \end{bmatrix} = \mathbf{P} \mathbf{x} \quad (34)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}}_c \\ \dot{\mathbf{x}}_{uc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_c & \mathbf{A}_{12} \\ 0 & \mathbf{A}_{uc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_c \\ \mathbf{x}_{uc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B}_c \\ 0 \end{bmatrix} \mathbf{u} \quad (35)$$

$$\mathbf{y} = [\mathbf{C}_c \quad \mathbf{C}_{uc}] \begin{bmatrix} \mathbf{x}_c \\ \mathbf{x}_{uc} \end{bmatrix} + \mathbf{D} \mathbf{u}$$

Durum vektörünün boyu n, kontrol edilebilir modlarının boyu ise k olursa \mathbf{A}_c k-ya-k, \mathbf{A}_{uc} (n-k)-ya-(n-k), \mathbf{B}_c k-ya-2, 2 tane çalıştırıcı için, \mathbf{C}_c matrisi ise 2-ye-k boyutlarındadır. Yapılan çal-

ışmalarda matematiksel model için kontrol edilebilir alt uzayın boyu 6 bulunmuştur.

Doğrusallaştırma birçok noktada yapılmakla birlikte her noktada yapılamaz. Ara değerler için doğrusallaştırılmış çalışma noktaları için belirlenen parametreler arasında enterpolasyon yapılmıştır. Bu çalışmada 0.5m/s'den 5m/s'ye 0.5m/s aralıklı 10 hız değeri ve -180 dereceden, 180 dereceye, 20 derece aralıklı 19 sapma açısı için toplam 190 noktada doğrusallaştırma yapılmıştır. Herhangi bir noktada ise o noktanın doğrusallaştırma noktalarına uzaklıklarına orantılı enterpolasyon yapılmıştır.

Değişik doğrusallaştırma noktaları üzerinde denetimciler çalıştırılmıştır. Belirlenen bir noktada denetimci ile matematiksel modelin çalıştırıldığı blok arasına bekleme süreleri girilmiştir. Bekleme süreleri artırılarak sistemin kararlılığını yitirdiği noktalar gözlemlenmiştir. Her doğrusallaştırma noktasında benzer işlemler yapılmış ve bekleme süresi olarak 0.69sn yani 1.44Hz belirlenmiştir. Örnekleme zamanı olarak bu bekleme süresinin 10 katından daha az bir süre seçilmiştir ve denetimci 16Hz ile koşulmuştur.

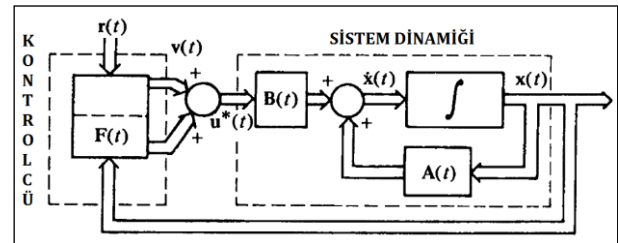
3.3. LQR Denetimcisi

Doğrusal model ve minimize edilen maliyet fonksiyonu (36) nolu denklemdeki gibi ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t) \quad (36) \\ \mathbf{J}(\mathbf{u}) &= \frac{1}{2} [(\mathbf{x}(t_f) - \mathbf{r}(t_f))]^T \mathbf{H} [(\mathbf{x}(t_f) - \mathbf{r}(t_f)) + \\ &\int_{t_0}^{t_f} \left[\frac{1}{2} [(\mathbf{x}(t) - \mathbf{r}(t))]^T \mathbf{Q} [(\mathbf{x}(t) - \mathbf{r}(t)) \right. \\ &\left. + \frac{1}{2} \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{u}(t) \right] dt \end{aligned} \quad (37)$$

Bu denklemde \mathbf{Q} matrisi simetrik pozitif yarı tanımlı bir matristir. Bu matrisin, referans sinyalinin izlemesini istediğimin kontrol edilebilir altuzaydaki elemanlarına cezalandırmanın büyük yapılması gerekmektedir.

(37) numaralı denklemde \mathbf{R} is kontrol sinyallerinin uygulanabilirliğinin maliyetini gösteren simetrik pozitif tanımlı bir matristir.



Şekil 2: LQR Denetim Modeli

Kontrol edilebilir alt uzayın bulunmasında kullanılan \mathbf{P} matrisi aynı \mathbf{A} matrisine uygulandığı gibi \mathbf{Q} matrisine de uygulanarak denetimci tasarımına kontrol edilebilir alt uzayda devam edilir.

Bu performans indeksinin aşağıdaki Riccati diferansiyel denklemlerini çözerek minimize edilebileceği gösterilmiştir [5]:

$$\begin{aligned} \dot{K}(t) &= -K(t)A(t) - A^T(t)K(t) - Q(t) \\ &\quad + K(t)B(t)R^{-1}(t)B^T(t)K(t) \end{aligned} \quad (38)$$

$$\dot{s}(t) = -[A^T(t) - K(t)B(t)R^{-1}(t)B^T(t)]s(t) + Q(t)r(t) \quad (39)$$

Bu durumda sisteme uygulanan optimum girdi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$u^*(t) = -R^{-1}(t)B^T(t)K(t)x(t) - R^{-1}(t)B^T(t)s(t) \quad (40)$$

Riccati denklemleri son zaman sınır değerinden başlanarak basamak basamak çözülür:

$$\begin{aligned} K(t_f) &= H \\ s(t_f) &= -H \end{aligned} \quad (41)$$

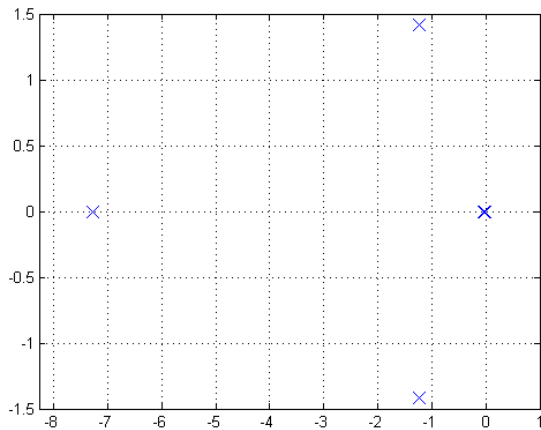
Zamana bağlı değişmeyen sistemlerde (38) ve (39) numaralı denklemlerin sol kısımları 0 kabul edilerek doğrudan K matrisi bulunabilir. Kısa zaman aralıkları için s matrisi için $-K$ alınabilir.

3.4. Kapalı Döngü LQR Denetimcisinin Özdeğerleri

Tasarlanan LQR denetimcisinin performansını ölçmek için kapalı döngü sistemin özdeğerlerinin yerlerine bakılabilir.

Durum vektörünün tamamı kontrol edilebilir alt uzayın bir parçası olmadığı için, kontrol edilemeyen modlarının öz değerlerinin sistemin kendisi tarafından kararlı olarak tutulduğunun teyit edilmesi gerekmektedir. Hidrodinamik model içerisinde barındırdığı yerçekimi ve kaldırma kuvveti etkileri dolayısıyla kararlılık gösterir. Bu durum kararlı bir çalışma noktası etrafında küçük salınımlar olduğu bir durumda, sistemin özdeğerlerinin bakılmasıyla teyit edilmiştir.

Kontrol edilebilir alt uzayda ise kararlılığı sistemin doğası değil denetimcinin performansı sağlayabilir.



Şekil 3: LQR denetimcisinin kapalı döngü özdeğerleri

Şekil 3'te belirtilen özdeğerlerin, $-1.2368 + 1.4174i$, $-1.2368 - 1.4174i$, -0.0446 , -0.0050 , -7.2701 ve -0.0071 noktalarında bulunduğu gözlemlenebilir. Kontrol edilebilir altuzayın boyu 6 olduğu için özdeğerlerin sayısı da 6'dır. Özdeğerlerin negatif gerçel kısımlara sahip olduğu ve kararlılığı sağladığı açıktır.

3.5. Sapma Açısı Eksenli Otopilot Tasarımı

LQR denetimcisinin amacı, sapma açısı ve ileri yönlü sürat isteklerine, belirtilen maliyet fonksiyonunu en aza indirecek kontrol sinyalleri uygulayarak ulaşmaktır. Ancak aracın her türlü sapma açısı ve sürat isteklerine aynı anda ayak uydurması mümkün olmayabilir. Belli açıları belir bir hızın üzerinde dönme çalışmak, aracın savrulmasına sebep olabilir.

Bu sorunu çözmek için her sapma açısı için en fazla hangi hızda dönebileceğini önceden benzetim sonuçları ile tespit edilmiştir. Geliştirilen algoritma, araç eğer sapma açısı isteğinde savrulmaya sebep olabilecek bir hızdaysa önce hızı düşürmekte sonra isteği uygulayarak dönüşü sağlamaktadır. Algoritmanın akış şeması aşağıda belirtilmiştir.

4. Güdüm Algoritmaları ve Sonuçlar

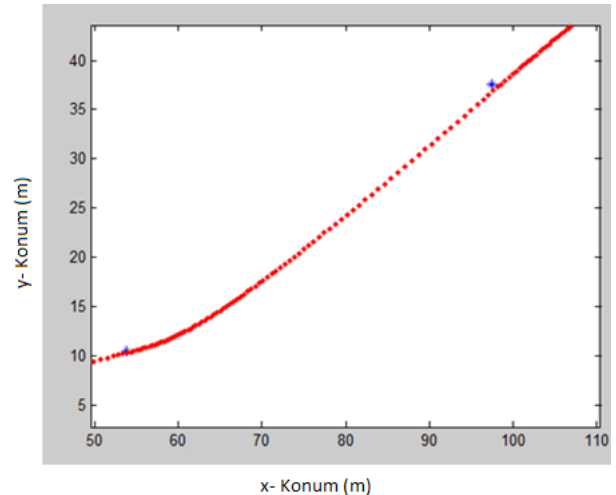
4.1. Tek Nokta Güdüm Algoritması

Bu algoritma, başka bir üst denetimci tarafından, mevcut bulunan bir noktadan, hedef olarak gösterilen bir diğer noktaya götürmek için sapma açısı eksenli otopilotuna referans sinyali üretmek için kullanılır. İki nokta arasındaki sefer, bulunan noktada, hedef noktaya göre referansların aşağıdaki denklemlere göre üretilmesiyle başlar.

$$u = \frac{|P_{2,x} - P_{1,x}|^2 + |P_{2,y} - P_{1,y}|^2}{(|P_{2,x} - P_{1,x}| + |P_{2,y} - P_{1,y}|)^2} \quad (42)$$

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{P_{2,y} - P_{1,y}}{P_{2,x} - P_{1,x}}\right) \quad (43)$$

Referans işaretleri belirlendikten sonra, mevcut ileri hız ve sapma açısının referanslara uygunluğu test edilir. Eğer sapma açısı belirli bir aralıkla isteklere uygunsa, yeni referans girilmez, hız isteği olarak mevcut hızın 0.2 kadar fazlası uygulanır, aksi halde sapma açısı isteği düzeltilmesi yapılır ve hız sabit tutulur. Böylelikle, sapma açısı sabitlendikten sonra araç, hızlanarak hedefe doğru yönelmektedir. Şekil 4'te algoritmanın çalışması gösterilmiştir.

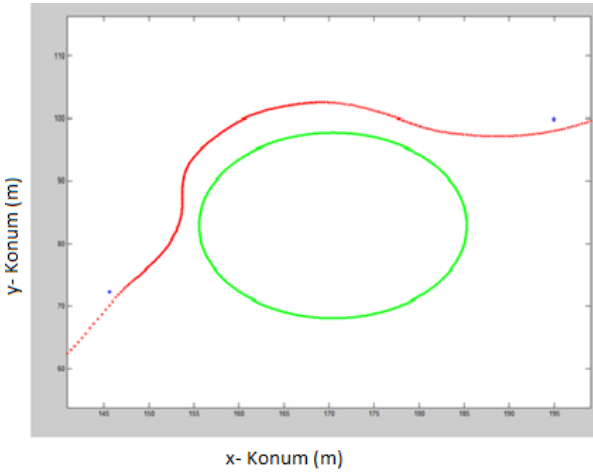


Şekil 4: Tek nokta güdüm algoritması sonuçları

4.2. Engelden Kaçma Algoritması

Çalışmada gerçek zamanlı bir engelden kaçma algoritması geliştirilmiştir. Engelden kaçma ile ilgili denetimci, güdüm algoritmasının altında, sapma açısı otopilotu ile aynı örnekleme zamanında çalıştırılmıştır. Suüstü araç üzerinden $-90/+90$ derece aralıkta 45° er derece algı açıları olan 4 adet sensörün var olduğu, bu sensörlerden, algı alanı içerisinde engelin var olup olmadığına dair sinyallerin alındığı kabul edilmiştir. Bu sistemde sensörlerin ortak alanlarında iki sensörden de sinyal alınabileceği varsayılmıştır.

Alogirtmanın temel amacı, tek nokta güdüm denetimi altında hareket ederken, eğer karşına engel çıkmışsa, engelin etrafından dolanarak, tekrar hedef noktasını görene veya istere yaklaşıp kadar, aracı kendi denetiminde tutmaktır. Engel yokken algoritma kullanım dışıdır. Engelle karşılaşıldığında, ileri yöndeki hız 0.4 katına düşürülür, ilgili yönde 9 derecelik dönüş yapılır. Bu değerler, sensörün algo derinliğine göre seçilmiştir. Engel engel görüşten çıkmışsa 10 derece engele doğru yönelim yapılır. Böylelikle engel yeniden görüşe alınır ve ondan kaçılır. Bu algoritma ile hedef nokta engelin gerisinde kalmayınca dek engelin etrafından dönüşü sağlar. Sonuçlar aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.



Şekil 5: Engelden kaçma algoritması sonuçları

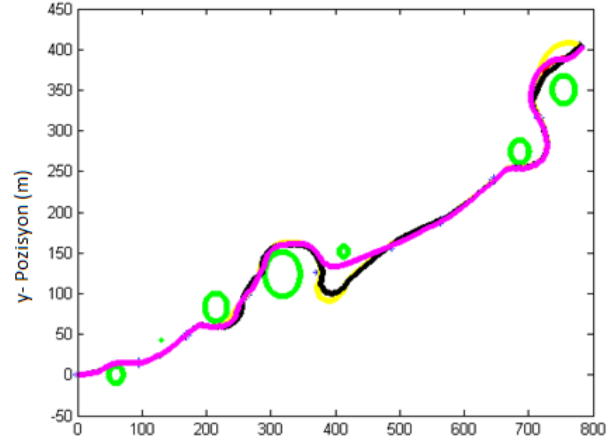
4.3. Sonraki Nokta Belirleme Algoritması

Bu algoritma, tek nokta güdüm algoritmasına gideceği noktaları belirleyen algoritmadır. Sıralı izlenmesi gereken, kullanıcı tarafından girilmiş bir hedef noktası dizisi için, güdüm algoritması, engellerden kaçarken veya çevresel etkilerin altında rotasından sapabilir. Bu durumda, sonraki nokta belirleme algoritması devreye girerek, kaçırılan nokta yerine hangi hedef noktasına ulaşabileceğini tayin eder. Algoritma tüm hedef noktaları ile mevur ileri hız ve sapma açısını dikkate alarak normalize edilmiştir maliyetler üzerinde optimizasyon yapar.

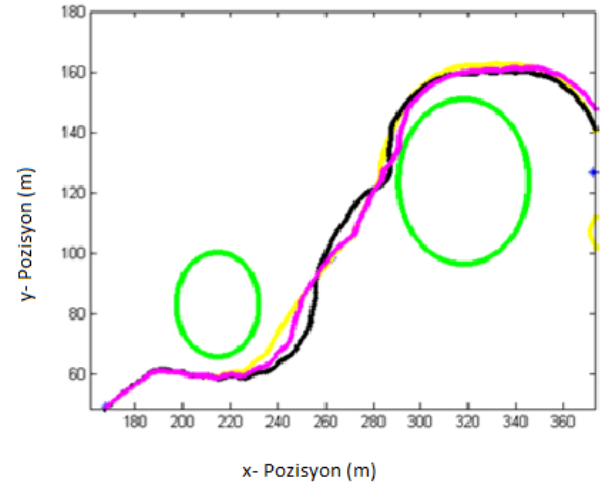
4.4. Çevresel Etkiler ve Sonuçlar

Simülasyonlar çeşitli çevresel rahatsızlık sinyalleri altında test edilmiştir. Şekil 6, 7 ve 8'de mavi noktalar hedef noktaları, yeşil çemberler engelleri, kırmızı çizgiler rahatsızlık mevcut

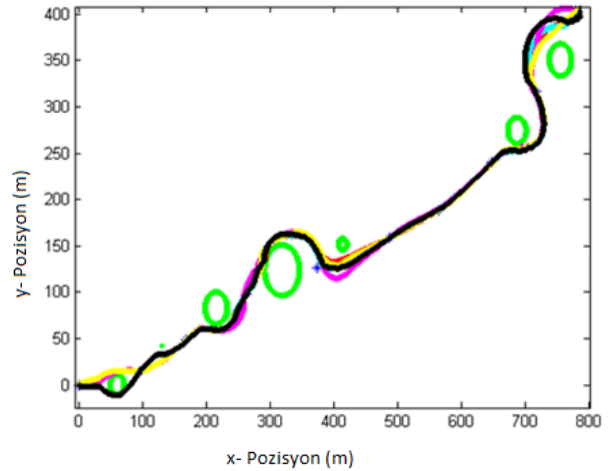
değilkenki güdüm sonuçları, turkuaz, mor, sarı ve siyah çizgiler için sırasıyla +x, -x, +y, and -y yönlerinde rahatsızlık varsa gerçekleşen güdüm sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 6: Sonuçlar, rahatsızlık: 5.56m/s rüzgar



Şekil 7: Şekil 6'ya yakınlaşmış bakış



Şekil 8: Sonuçlar, rahatsızlık: 0.25m/s akıntı

4.5. Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada bir insansız suüstü aracı için matematiksel model geliştirilmiş, ileri hız ve sapma açısı üzerinde kuadratik regülatör tasarımı yapılmış, denetimcilerin kararlılığı doğrulanmıştır. Sapma açısı üzerinde otopilot tasarlanmış ve engelden kaçma, gúdüm algoritmaları geliştirilerek çevresel faktörler altında model ve denetimcilerin başarısı benzetimlerle test edilmiştir.

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında, simülasyon sonuçları deneysel uygulamalarla doğrulanacaktır. Ayrıca birden fazla suüstü araç için görev planlaması çalışılacaktır.

5. Kaynakça

- [1] T. I. Fossen, *Guidance and Control of Ocean Vehicles*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 1994.
- [2] Fossen, T. I., *Marine Control Systems Guidance, Navigation, and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles*, 2002.
- [3] Andrew Wilford Browning, *A Mathematical Model to Simulate Small Boat Behaviour*, UK, 1990.
- [4] Tristan Perez ve Mogens Blakce, "Mathematical Ship modeling for Control Applications", Technical Report, Denmark, 2002.
- [5] P.Krishnamurthy, F.Khorrami ve S.Fujikawa, "A Modeling Framework for Six Degree-of-Freedom Control of Unmanned Sea Surface Vehicles", Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, Seville, Spain, s.2676-2681, 2006.
- [6] K.Ahıska, *Control and Guidance of an Unmanned Sea Surface Vehicle*, MSc Thesis, Electrical and Electronics Engineering Department, Middle East Technical University, Turkey, 2012.

**Kenan Ahıska**

Kenan Ahıska, 2010 yılında ODTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden kontrol ve bilgisayar alanlarında çalışarak mezun olmuş, aynı bölümde kontrol alanında 2012 yılında yüksek lisansını tamamlamıştır. Prof. Dr. M. Kemal Leblebicioğlu danışmanlığında insansız suüstü araçları için kontrol ve güdüm çalışmalarını içeren bir yüksek lisans tezi yapmıştır. İlgili alanları, araçların matematiksel modellemeleri, insansız suüstü araçları, elektrikli araçlar, servo tasarımları, doğrusal olmayan denetleçler ve optimal denetleç tasarımlarıdır. Halen ODTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde doktora çalışmalarına devam etmekte olup, elektrikli araçların optimal denetimi üzerinde Prof. Dr. M. Kemal Leblebicioğlu ve Prof. Dr. M. Kemal Özgören danışmanlığında tez çalışmalarını yürütmektedir. 2010 yılından itibaren, servo denetleç tasarımı üzerinde, yazılım ve sayısal donanım tasarımcısı olarak ASELSAN'da çalışmaktadır.

**Kemal Leblebicioğlu**

Kemal Leblebicioğlu, 1979 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden lisans, 1982 yılında aynı üniversitenin Matematik Bölümü'nden yüksek lisans ve 1988 yılında doktora derecelerini almıştır. 1999 yılından beri Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde Profesör olarak görev yapmaktadır.

Geniş Metin Koleksiyonlarından Yinelemeli Bilgi Çıkarımı

Iterative Information Extraction from Large Text Collections

Gürkan Şahin¹, M. Fatih Amasyalı¹

¹Elektrik Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Yıldız Teknik Üniversitesi

gurkan.sahin@hotmail.com, mfatih@ce.yildiz.edu.tr,

Özet

Geniş metinlerden bilgi çıkarımı konusunda çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de şablonlar yöntemidir. Bu çalışmada şablonlar yöntemini kullanarak aralarında belli anlamsal ilişki bulunan ikililerin elde edilmesini sağlayan otomatik bir sistem geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında morfolojik olarak çözümlenmiş ve çözümlenmemiş veri setleri üzerinde ayrı ayrı çalışılmıştır. Morfolojik olarak çözümlenmiş veri setinden daha iyi yapıda şablonlar elde edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda sürekli artan sayıda şablon kullanıldığı taktirde üretilen ikililerin doğruluklarının azaldığı görülmüştür. Sabit sayıda daha güvenilir şablonlardan büyüyen veri seti üzerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Dil İşleme, Bilgi Çıkarımı, Şablonlar Yöntemi, Morfolojik Analiz, Anlamsal İlişki

Abstract

There are various methods about information extraction from large texts. One of them is method of templates. We developed an automatic system that aims to produce pairs which have semantic relation between them using templates. We worked with morphological resolved and unresolved datasets. We obtained better templates from morphological resolved dataset. In our experiments, we observed that if too many templates were used for producing pairs, accuracy of produced pairs decreased. Also, we obtain better results for fixed and more reliable templates with using growing datasets.

Keywords: Natural Language Processing, Information Extraction, Templates Method, Morphological Analysis, Semantic Relation

1. Giriş

Bilgi çıkarımı, bir bilgi kaynağı içerisinde çeşitli doğal dil işleme algoritmaları kullanılarak istenilen türdeki bilgilerin çıkarılması işlemidir. Bilgi kaynağı olarak hazır metin kütüphaneleri kullanılabileceği gibi web sayfalarının içerikleri de kullanılabilir. Buradaki amaç sisteme dışarıdan insan müdahalesini en aza indirerek yüksek başarımlı bilgi çıkarabilen bir sistem gerçekleştirmektir.

WordNet [1] aralarında çeşitli türden ilişkilerin bulunduğu kelimelerden oluşan bir yapıdır. Günümüzde doğal dil işleme projelerinde WordNet'in kullanımı büyük bir önem teşkil etmektedir. Bu nedenle WordNet'in otomatik olarak oluşturulması fikri doğmuştur. Literatürde WordNet'in oluşturulmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar ve yöntemler bulunmaktadır. Türkçe WordNet'in otomatik olarak oluşturulması amacıyla Balkanet projesi başlatılmış, bu proje sonucunda 11.628 eş küme ve bunlar arası 17.550 ilişki içeren bir anlamsal veritabanı oluşturulmuştur [2].

Geniş metinlerden bilgi çıkarımı konusunda çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Şablonlar yöntemi ve öğelerine ayrılmış metinlerin kullanılması bu yöntemlere örnek olarak verilebilir [3].

Bu çalışmada aralarında çeşitli türden anlamsal ilişkilerin bulunduğu ikililerin geniş metin koleksiyonları içerisinde otomatik olarak çıkarılmasını sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Şablon bilgisi kullanılarak geniş metin koleksiyonları içerisinde yinelemeli bilgi çıkarımı yapılması amaçlanmıştır. 2. bölümde yöntemin ayrıntıları verilmiş ve sınırları incelenmiştir. 3. bölümde literatürdeki benzer çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, 4. bölümde kullanılan veri kümeleri anlatılmıştır. 5. bölümde deneysel sonuçlar verilmiş, son bölümde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

2. Şablonlar Yöntemi

Bu çalışmada “şablon”, aralarında anlamsal bir ilişki olan iki kelime arasında kalan, kelime ya da kelime grupları anlamında kullanılmıştır. Örneğin; elma-meyve kelimelerini üst sınıf ilişkisine (Is-A) sahip bir ikili olarak ele alalım. Burada elma varlığı, meyve ise varlığa ait üst sınıfı temsil etmektedir. Bu ikili arasında geçebilecek kelimeler ise bu ilişkiye ait şablondur. Örneğin; “... elma ve benzeri meyveler ...” cümlesindeki elma ve meyve kelimeleri arasında kalan ‘ve benzeri’ kelime grubu üst sınıf ilişkisine sahip bir şablondur. Yaygın olarak kullanılan bir başka anlamsal ilişki ise aynı üst sınıfa ait ikililerden oluşan ilişki (kardeş ilişki) türüdür. Örneğin; köpek-kedi ikilisinde hem köpek hem de kedi varlıkları hayvan üst sınıfına aittir. “... köpek ya da kedi ...” cümlesindeki köpek ve kedi kelimeleri arasında kalan ‘ya da’ kelime grubu kardeş ilişkiye ait şablondur.

Çalışma kapsamında yaygın olarak kullanılan, kolaylıkla ayırt edilebilecek şablonların üretilebileceği anlamsal ilişkiler kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi üst sınıf ilişkisi diğeri ise aynı üst sınıfa ait olan ikililerin oluşturduğu ilişkidir.

İlk önce her iki ilişki türü için doğruluğundan emin olduğumuz ikililer (pozitif ikililer) belirlenmiştir. Bu işlem bir kez yapılmıştır. Daha sonra bu ilişki türüne sahip olmayan ikililer (negatif ikililer) belirlenmiştir. Pozitif ve negatif ikilileri belirlemedeki amaç pozitif ikililer için bulunan şablonların negatif ikililer için bulunan şablonlardan farklı olmasının sağlanmasıdır. Yani pozitif ikililer için bulunan bir şablon negatif ikililer için de bulunmuşsa aslında bu şablonun hiçbir önemi yoktur ve yeni ikililerin üretilmesinde kullanılmamalıdır.

Üzerinde çalıştığımız veri seti çok büyük olduğundan özellikle arama işlemlerinin hızlı bir şekilde yapılabilmesi için Apache Lucene [4, 5] kütüphanesi kullanılmıştır. Hazırladığımız pozitif ve negatif ikililer, üzerinde çalışacağımız veri setimizde Lucene ile aratılarak bu ikililerin birlikte geçtikleri cümleler bulunmuştur. Daha sonra bu cümleler içinde ikililerin arasında kalan kelime ya da kelime grupları (en fazla 2 kelime) bulunarak şablon olarak kaydedilmiştir. Pozitif ve negatif ikililere ait şablonlar bulunmuş ve ortak bulunan şablonlar pozitif şablonlardan çıkartılmıştır. Böylece sadece pozitif ikililere ait olan şablonlar elde edilmiştir.

Şablonlar bulunduktan sonra bu şablonlara ait ikili frekans değerleri hesaplanmıştır. Buradaki ikili frekans değeri ilgili şablonun başlangıç ikililerinden kaç tanesi için bulunduğunu gösteren bir sayı değeridir. Bir şablonun ikili frekans değeri ne kadar yüksek ise o şablonun daha fazla ikili için bulunduğu anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle bir şablonun ikili frekans değeri ne kadar yüksek ise o şablon o kadar güvenilir denebilir.

3. Benzer Çalışmalar

Literatürde şablon bilgisini kullanarak bilgi çıkarımının yapıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Marti A. Hearst 1998 yılında yaptığı çalışmasında WordNet ilişkilerinin belirlenmesinde şablon bilgisini kullanmıştır [6]. Benzer şekilde 1998 yılında Brin, şablonlar yöntemini kullanarak kitap-yazar ikililerini bulan bir çalışma yapmıştır [7]. Güncel ve en popüler çalışmaya örnek olarak ise NELL [8] verilebilir. NELL Ocak 2010 yılında geliştirilen ve web sayfaları içerisinde yinelemeli bilgi çıkarımı yapmayı hedefleyen bir sistemdir. NELL'in geliştirilmesinin amacı web sayfaları üzerinde sürekli çalışan, yeni bilgiler öğrenen ve geçmişte öğrendiği bilgileri gelecekte yeni bilgiler üretmede kullanan bir sistem gerçekleştirmektir [9]. Bu sistemin en belirgin özelliği bilgi çıkarımında şablon bilgisini kullanması ve çok büyük miktardaki bir veri kümesi üzerinde çalışmasıdır. Bu sistemde ilk olarak doğruluğundan emin olunan ikililerden şablonlar üretilmektedir. Daha sonra ise üretilen bu şablonlar kullanılarak aynı anlamsal ilişkiyi sağlayan yeni ikililer üretilmektedir. Üretilen bu yeni ikililer tekrar sisteme giriş bilgileri olarak verilmekte, ikililerden şablonlar ve şablonlardan da yeni ikililer üretilmektedir. Sonuçta

bu sistem sayesinde web sayfaları üzerinden yinelemeli bir şekilde bilgi çıkarımı yapılmaktadır.

4. Kullanılan Veri Kümeleri

Bilindiği üzere bilgi çıkarımı işlemi için büyük çapta veri setine ihtiyaç vardır. Gerçekleştirdiğimiz sistemde kendi oluşturduğumuz metin kütüphaneleri kullanılmıştır. Bu kısımda bilgi çıkarımında kullandığımız veri setinin nasıl elde edildiği üzerinde durulmuştur.

Veri kütüphanelerimizin oluşturulması için farklı birçok kaynak kullanılmıştır. Elimizde bulunan bazı hazır metin dosyalarının yanı sıra bilim teknik dergisinin 45 yıllık arşivindeki pdf dosyalarından ve bilim teknik çocuk dergisinin pdf dosyalarından da çeşitli metinler elde edilmiştir. Pdf dosyalarından metin bilgilerini elde etmek için Apache Tika [10] kütüphanesi kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen bu düzensiz yapıdaki metinler '.', '!', '?' gibi noktalama karakterlerinden bölünerek cümleler elde edilmiştir. Elde edilen bu cümleler her satıra bir cümle gelecek şekilde veri kütüphanelerimize kaydedilmiştir.

Sonuç olarak çeşitli kaynaklardan elde edilmiş yaklaşık 3.5 milyon adet cümleden oluşan 4 adet veri seti elde edilmiştir. En büyük çaptaki 'A' veri setimiz çoğunluğu haber metinleri [11] olan cümleleri içermektedir. Bu veri setimiz iyi yapıda bulunan cümlelerden oluşmaktadır. 'B' veri setimiz bilim teknik dergisinin 45 yıllık arşivinden oluşan pdf dosyalarından elde ettiğimiz cümlelerden oluşmaktadır. 'C' veri setimiz hikâye ve roman gibi kitap içeriklerinden oluşan ve genel olarak iyi yapıdaki cümlelerden oluşmaktadır. 'D' veri setimiz ise bilim teknik çocuk dergisi pdf dosyalarından elde ettiğimiz cümlelerden oluşmaktadır. 'B' ve 'D' veri setlerimiz pdf dosyalarından elde edildikleri için diğer veri setlerine göre biraz daha kötü yapıdadır ve yanlış, hatalı kelimeler içermektedir. Bu veri setleri içerisinde bulunan cümle sayıları bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Veri seti içerikleri ve cümle sayıları

Veri Seti ID	Veri seti adı	İçeriği	İçerdiği cümle sayısı
A	Sentences.txt	Haber metinleri	2.090.162
B	Bilim teknik dergisi.txt	Bilimsel metinler	701.523
C	Kitap.txt	Hikâye, roman vb. kitap metinleri	518.414
D	Bilim teknik çocuk dergisi.txt	Bilimsel metinler	181.285

Üst sınıf ilişkisi için şablonlar üretilmesi amacıyla kullanılan 100 adet pozitif başlangıç ikililerinden bir kısmı Tablo 2'de verilmiştir. Üst sınıf ilişkisi için şablonlar üretilirken negatif başlangıç ikilileri olarak Tablo 3'deki kardeş ilişkisine ait ikililer kullanılmıştır.

Tablo 2: Üst sınıf (Is-A) ilişkisi için şablon üretmede kullanılan pozitif başlangıç ikililerinden örnekler

dolar para	türkiye devlet	boya malzeme	güneş yıldız
amerika batı	protein bileşen	ekmek besin	kanser hastalık
iran ülke	amca akraba	bakan siyasi	çatlak hasar
esnaf meslek	bütçe kaynak	kapkaç suç	salon yer
taş madde	tüfek silah	incir meyve	bez malzeme
kan doku	ehliyet belge	antibiyotik ilaç	ilaç ürün

Kardeş ilişkisi için şablonlar üretilmesi amacıyla kullanılan 100 adet pozitif başlangıç ikililerinden bir kısmı Tablo 3’de verilmiştir. Kardeş ilişkisi için şablonlar üretilirken, negatif başlangıç ikilileri olarak Tablo 2’deki üst sınıf ilişkisine ait ikililer kullanılmıştır.

Tablo 3: Kardeş ilişkisi için şablon üretmede kullanılan pozitif başlangıç ikililerinden örnekler

mavi siyah	yaprak meyve	kart nakit	eksik yanlış
kandil meşale	otel pansiyon	metal plastik	emekli ssk
basit karmaşık	kestane erguvan	meyve et	anne baba
sıvı gaz	bitki hayvan	sağ sol	çocuk arkadaş
kovuk mağara	tuz şeker	bitki hayvan	kardeş arkadaş
büyük küçül	ses video	kitap kalem	amir patron

Tablo 2 ve 3’deki ikililerin tamamı Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir.

5. Deneysel Sonuçlar

Bu kısımda morfolojik olarak çözümlenmiş ve çözümlenmemiş olan veri setleri üzerinde ayrı ayrı çalışılmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir.

5.1. Morfolojik Olarak Çözümlenmemiş Veri Seti İle Çalışma

Bu bölümde morfolojik [12] olarak çözümlenmemiş (eklerine ayrışmamış kelimelerden oluşan) olan veri setimizden şablonların üretilmesi ve üretilen şablonlardan yeni ikililerin bulunması anlatılmış, çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

Eklerine ayrışmamış kelimelerden oluşan veri seti üzerinde bilgi çıkarımı yapmanın bazı olumsuz yönleri bulunmaktadır. Veri setimiz içinde aradığımız bir kelime kök haliyle bulunabilirken ekleriyle birlikte alındığında bulunamayabilmektedir. Örneğin; “... elmaların ve benzeri meyvelerin ...” cümlesinin veri setimizde olduğunu düşünecek olursak ve başlangıç ikililerimizden bir tanesi olarak elma-meyve ikilisini sisteme verirsek elma ve meyve kelimeleri kök halleriyle bu cümlede bulunamayacağı için ‘ve benzeri’ şablonu da üretilmeyecektir. Oysa elma-elmaların ya da meyve-meyvelerin kelimeleri aynı nesneyi ifade etmektedir.

Bu kapsamda öncelikle pozitif başlangıç ikililerinden şablonlar elde edilmiş sonra bu şablonlardan yeni ikililer üretilmiştir. Bunun için elde edilen şablonlar morfolojik olarak çözümlenmemiş veri setimiz içerisinde aratılarak geçtiği cümleler belirlenmiştir. Daha sonra şablonların geçtiği bu cümlelerde şablonun sağında

ve solunda kalan kelimeler ilgili ilişkiyi sağladıkları varsayılarak yeni ikili olarak kaydedilmiştir. Sonuçta pozitif ikililerden elde edilen şablonlar kullanılarak aynı ilişki türünü sağladığı düşünülen birçok yeni ikili üretilmiştir. Daha sonra üretilen bu yeni ikililerin şablon frekans değerleri hesaplanmıştır.

Şablon frekans değeri, ilgili ikilinin üretilen şablonlardan kaç tanesinde geçtiğini gösteren bir sayı değeridir. Bir ikilinin şablon frekans değeri ne kadar yüksek ise o ikilinin daha fazla şablon için bulunduğu anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle bir ikilinin şablon frekans değeri ne kadar yüksek ise o ikili o kadar güvenilir denebilir.

Yeni ikililer üretildikten sonra, bu ikililer de sisteme pozitif ikililer olarak negatif ikililerle birlikte verilmiş, bunlardan yeni şablonlar üretilmiş, üretilen şablonlardan gerekli elemeler yapılmış ve kalan şablonlardan yeni ikililer bulunmuştur. Böylece yinelemeli bir şekilde her iki ilişki türüne ait anlamsal ikililer otomatik olarak üretilmiş ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Bu işlem yapılırken veri setimizin tümü (A+B+C+D) kullanılmıştır.

Üst sınıf ilişkisi için başlangıç ikililerinden üretilen şablonlar, bu şablonların ikili frekans değerleri ve bu şablonların başlangıç ikililerinden hangileri için bulunduğu bilgileri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Üst sınıf (Is-A) ilişkisi için bulunan şablonlar

Şablon	Şablonun ikili frekansı	Şablonun geçtiği başlangıç ikilileri
ve diğer	14	[esnaf-meslek], [kan-doku], [pasaport-kimlik], [işkence-kötü], [gayrimenkul-mal], [silah-malzeme], [benzin-enerji], [baklava-tatlı], ...
ve benzeri	11	[tatlı-gıda],[klor-kimyasal], [otomobil-araç], [karides-kabuklu], [faks-iletişim], [süt-ürün], [portakal-narenciye], [kiraz-meyve], ...
gibi bir	2	[ehliyet-belge], [çöl-yer]
benzeri	2	[klor-kimyasal], [güneş-yıldız]
ve çeşitli	1	[polis-güvenlik]
gibi doğal	1	[sel-afet]
dışındaki	1	[silah-malzeme]
gibi çeşitli	1	[klor-kimyasal]
ve değerli	1	[çanta-eşya]
veya diğer	1	[kuş-hayvan]
gibi çok	1	[kaya-sert]
dışında diğer	1	[istanbul-il]

Tablo 4’te verilen şablonların kullanılmasıyla üretilen yeni ikililerden bazıları, bu ikililerin şablon frekansı değerleri ve hangi şablonlar için bulunduğu bilgileri Tablo 5’de verilmiştir. Bilindiği gibi morfolojik analizi yapılmamış veri seti üzerinde çalıştığımız için üretilen ikililer ekli halleriyle elde edilmiştir. Bu ikililerin ekleri parantez içinde belirtilmiştir. “*” sembolü bu ikilinin sisteme başlangıç olarak verdiğimiz ikililerden bir tane-

si olduğunu, başında sembol bulunmayan ikililer ise başlangıç ikililerinden farklı olarak üretilen ikilileri temsil etmektedir.

Tablo 5: Üst sınıf (Is-A) ilişkisi için üretilen ikililer

Üretilen ikili	İkilinin şablon frekansı	İkilinin geçtiği şablonlar
*dolar-para	2	[ve diğer], [gibi bir]
çay-sıcak	2	[ve diğer], [ve benzeri]
tavuk-kanatlı	2	[ve diğer], [ve benzeri]
*pasaport-kimlik	2	[ve diğer], [gibi bir]
türkiye-ülke(ler)	1	[ve diğer], [ve benzeri]
güve(ler)-böcek(leri)	1	[ve benzeri]
vatoz(u)-balık (ları)	1	[ve diğer]
kükürt-kokulu	1	[ve diğer]
nane-baharat(lar)	1	[ve diğer]
kurtçuk-omurgasız(larla)	1	[ve diğer]
böcek(lerle)-küçük	1	[ve diğer]
tüsiad-kuruluş(lar)	1	[ve diğer]
tıp-alan(lar)	1	[ve diğer]
bakan(ı)-yetkili(lerle)	1	[ve diğer]
abla(sı)-akraba(lar)	1	[ve diğer]
dede(m)-akraba(larımız)	1	[ve diğer]
kitap(lara)-belge(ler)	1	[ve diğer]
kılıç(lar)-silah(lar)	1	[ve diğer]
paşa-yetkili(ler)	1	[ve diğer]
ayasofya-cami(ler)	1	[ve diğer]
üniversite(ler)-kurum(lara)	1	[ve diğer]

Kardeş ikililer için başlangıç ikililerinden üretilen şablonlar, bu şablonların ikili frekans değerleri ve bu şablonların başlangıç ikililerinden hangileri için bulunduğu bilgileri Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Kardeş ilişkisi için bulunan şablonlar

Şablon	Şablonun ikili frekansı	Şablonun geçtiği başlangıç ikilileri
ya da	43	[basit-karmaşık], [sıvı-gaz], [balık-balina], [kız-erkek], ...
hem de	8	[kız-erkek], [petrol-gaz], [özel-kamu], [sağ-sol], ...
ne de	6	[kuş-böcek], [kadın-erkek], [eksik-yanlış], [iyi-kötü], ...
değil	5	[iki-üç], [su-hava], [ekmek-meyve], [türk-ermen], [sağ-sol]
ve bir	3	[kız-erkek], [bilgisayar-telefon], [kadın-erkek]
ile bir	2	[kız-erkek], [kadın-erkek]
yerine	2	[iki-üç], [kadın-erkek]
bir de	2	[kadın-erkek], [iyi-kötü]

Tablo 6’da verilen şablonların kullanılmasıyla üretilen yeni ikililerden bazıları, bu ikililerin şablon frekansı değerleri ve hangi şablonlar için bulunduğu bilgileri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Kardeş ilişkisi için üretilen ikili bilgileri

Üretilen ikili	İkilinin şablon frekansı	İkilinin geçtiği şablonlar
*kadın-erkek	6	[ya da], [hem de], [ne de], [ve bir], [ile bir], [bir de]
büyük-küçük	5	[ya da], [hem de], [ne de], [ve bir], [bir de]
yerli-yabancı	4	[ya da], [hem de], [ne de], [bir de]
gece-gündüz	4	[ya da], [hem de], [ne de], [ve bir]
sözlü-yazılı	3	[ya da], [hem de], [ne de]
kadın-çocuk	3	[ya da], [ve bir], [ile bir]
uzun-kısa	3	[ya da], [hem de], [ne de]
iktidar-muhalefet	3	[ya da], [hem de], [ne de]
ulusal-uluslararası	3	[ya da], [hem de], [ne de]
sivil-askeri	3	[ya da], [hem de], [ve bir]
sıcak-soğuk	3	[ya da], [hem de], [ne de]
*sünni-şii	3	[ya da], [hem de], [ne de]
erkek-dişi	3	[ya da], [hem de], [ve bir]
siyasi-ekonomik	3	[ya da], [hem de], [ne de]
dost-düşman	3	[ya da], [hem de], [ne de]
bireysel-kurumsal	3	[ya da], [hem de], [bir de]
türk-yunan	3	[ya da], [hem de], [ne de]
beraberlik-galibiyet	3	[ya da], [ve bir], [bir de]
bakan-başbakan	3	[ya da], [ve bir], [bir de]
altın-gümüş	2	[ya da], [ve bir]
sürücü-yolcu	2	[ya da], [ve bir]

Yapılan bu işlemler sonucunda üretilen ikililerin ekli yapıda olduğu görülmüştür. Bu durum yeni şablonlar ve ikililer üretme-de verimli bir yöntem olmadığından veri setindeki kelimelerin eklerine ayrıştırılarak üzerinde işlem yapılması ve elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılarak bir sonuç çıkartılması amaçlanmıştır.

5.2. Morfolojik Olarak Çözümlemiş Veri Seti İle Çalışma

Veri setimiz içerisindeki kelimelerin morfolojik olarak çözümlemesi için Zemberek 2 kütüphanesi kullanılmıştır. Zemberek, açık kaynak kodlu Türkçe Doğal dil işleme kütüphanesidir [13]. Tamamen Java ile geliştirilen kütüphane, yazım denetimi, hatalı kelimeler için öneri, heceleme, çözümleme gibi çeşitli işlemlere sahiptir. Zemberek’in yapabildiği işlemleri gösteren demo uygulamaya <http://zemberek-web.appspot.com/> adresinden erişilebilir. Proje kapsamında kelimelerin morfolojik olarak çözümlemesi için Zemberek 2’nin “Çözümle” fonksiyonu kullanılarak kelimeler eklerine ayrıştırılmıştır.

Zemberek kelime çözümleme işlemini gerçekleştirirken birden fazla sonuç döndürebilmektedir. Bu sonuçlar genel olarak kelimenin kullanımı itibariyle doğruluğu yüksek olan çözümlemelerden doğruluğu düşük olan çözümlemeye doğru sıralanmaktadır. Bu kapsamda bir kelime için birden fazla çözümleme olması durumunda bunlardan ilk olan çözümleme kullanılmıştır.

Zemberek çözümleme işlemini gerçekleştirirken kelimenin bütün eklerini (yapım ekleri ve çekim ekleri) ayrıştırmaktadır. Bilindiği üzere çekim ekleri eklendikleri kelimelerin anlamlarında bir değişiklik meydana getirmezken yapım ekleri eklendikleri kelimelerin anlamlarında ve hatta türlerinde (isim, sıfat, fiil vb...) bile değişiklikler meydana getirebilmektedir. Bu nedenle yapım ekleri büyük önem arz etmektedir ve kelimenin kökünden ayrıştırılmaması gerekmektedir. Çalışmada istenilen, kelimenin anlam ve tür bakımından hiçbir değişikliğe uğramaması için sadece çekim eklerinin ayrıştırılması yapım eklerine dokunulmamıştır. Bu problemin düzeltilmesi için Türkçede sık kullanılan yapım ekleri ve bu eklerin eklendiği kelimenin türünde değişiklik yapıp yapmadığı (fiilden sıfat: yap-yap[an], isimden isim: kitap-kitap[çı], ...) belirlenmiştir. Daha sonra çözümlenmiş kelimenin eklerinden bir tanesi bizim belirlediğimiz sık kullanılan yapım eklerinden bir tanesi ise bu yapım eki ya da ekleri kelimenin köküne eklenmiştir. Yapılan bu işlem sayesinde sık kullanılan yapım eklerinin kelimedenden ayrıştırılması durumunun önüne geçilmiş ve veri setimizde sadece çekim ekleri ayrılmış olan kelimeler elde edilmiştir. Ayrıca yapılan bu ekleme işlemleri sonucunda gövde haline gelen kelimenin tür bilgisi de eklenen yapım eklerinin yapısı göz önüne alınarak güncellenmiştir. Proje kapsamında belirlediğimiz Türkçede en çok kullanılan yapım eklerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

-ISIM_BULUNMA_LIK -ISIM_ANDIRMA_IMSI
 -ISIM_BULUNMA_LI -FIIL_TANIMLAMA_ICI
 -ISIM_YOKLUK_SIZ -ISIM_KUCULTME_CIK
 -ISIM_ILGI_CI -SAYI_SIRA_INCI

Eklerine ayrılmış kelimelerden oluşan veri seti üzerinde çalışmak sayesinde daha önce bahsettiğimiz kelimenin eklerinden kaynaklanan problemler aşılmaktadır. Örneğin; "... elmaların ve benzeri meyvelerin ..." cümlesi morfolojik olarak çözümlendikten sonra "... elma +isim+ ISIM_COGUL_LER + ISIM_TAMLAMA_IN ve+isim benzer+isim+ ISIM_TAMLAMA_I meyve+isim+ ISIM_COGUL_LER + ISIM_TAMLAMA_IN ..." şekline gelmektedir. Böylece başlangıçta verilen elma-meyve ikilisi kolaylıkla veri seti içinde bulunacak ve şablon bilgisi olarak da "ISIM_COGUL_LER+ISIM_TAMLAMA_IN ve+isim benzer+isim+ISIM_TAMLAMA_I" elde edilmiş olacaktır.

Ancak morfolojik olarak çözümlemenin bazı olumsuz yanları da bulunmaktadır. Üzerinde çalıştığımız veri setinin bir kısmı pdf dosyalarından elde edilen verilerden oluşmaktadır. Pdf dosyalarından bilgi çekerken verilerin düzensiz bir yapıda elde edildiği görülmüştür. Bu veri setindeki kelimeler Zemberek ile

çözümlemlenirken önce kelimenin doğru yazılıp yazılmadığı kontrol edilmektedir. Eğer kelime yanlış yazılmışsa yani anlamsız bir kelime ise Zemberek bu kelimeyi çözümleyememektedir. Dolayısıyla veri setimiz içindeki yanlış kelimeler elenmektedir. Yanlış ve anlamsız kelimelerden kurtulmak bir avantaj gibi görünse de aslında değildir. Çözümlemeyip atılan bu yanlış veya hatalı kelimeler nedeniyle cümlelerin anlam yapıları bozulmaktadır. Bu da doğru şablon elde edilecekken yanlış bir şablonun elde edilmesine ya da doğru ikililer üretilirken yanlış ikililerin üretilmesine neden olmaktadır.

Zemberek ile çözümleme yaptıktan sonra cümle sayılarında azalma olmuştur. Bilindiği gibi yabancı kelimeler ve pdf dosyalarından elde edilen bazı yanlış, bozuk kelimeler Zemberek tarafından çözümlenememektedir. Bu nedenle bazı cümlelerin içerdikleri kelime sayıları azalmaktadır. Bu cümlelerden de 3 kelimedenden az kelime içerenler işimize yaramadığı için (min. cümle uzunluğu = [kelime+şablon+kelime]) veri seti içerisinden atılmıştır. Veri setimiz içerisinde Zemberek tarafından çözümlenip çözümlenemeyen kelime sayıları ve oranları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Zemberek ile çözümlenen ve çözümlenemeyen kelime sayıları ve oranları

Veri seti ID	Başlangıçtaki cümle sayısı	Çözümlendikten sonraki cümle sayısı	Çözümlenen kelime sayısı	Çözümlenemeyen kelime sayısı	Çözümlenen kelime oranı (%)
A	2.090.162	2.037.827	27.578.775	3.106.492	% 89
B	701.523	644.100	9.177.010	2.169.712	% 80
C	518.414	499.799	4.833.143	449.871	% 91
D	181.285	173.412	1.902.072	396.916	% 82

Bu kapsamda öncelikle pozitif başlangıç ikililerinden şablonlar elde edilmiş sonra bu şablonlardan yeni ikililer üretilmiştir. Bunun için elde edilen şablonlar çözümlenmiş kelimelerden oluşan veri setimiz içerisinde aratılarak geçtiği cümleler belirlenmiştir. Daha sonra şablonların geçtiği bu cümlelerde şablonun sağında ve solunda kalan kelimeler ilgili ilişkiyi sağladıkları varsayılarak yeni ikili olarak kaydedilmiştir. Bu işlem yapılırken, her iki kelimenin tür bilgilerinin isim-isim, isim-sıfat, sıfat-sıfat, fiil-fiil, zaman-zaman gibi aynı türde olanları alınmıştır. Örneğin sistem "masa" ve "mavi" kelimelerini ikili olarak bulursa, bu kelimelerin türleri aynı olmadığından bulunan ikililer listesinden silinmektedir. Böylece anlamsız ikililerinin üretilmesi ve ileride bu anlamsız ikililerden anlamsız şablonların üretilmesi engellenmeye çalışılmıştır. Sonrasında üretilen yeni ikililerin şablon frekans değerleri hesaplanmıştır. Yeni ikililer üretildikten sonra bunlar sisteme pozitif ikililer olarak negatif ikililerle birlikte verilmiş, bunlardan tekrar şablonlar üretilmiş, şablonlardan da ikililer üretilerek yinelemeli bir şekilde bilgi çıkarımı yapılmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir. Bu işlem yapılırken veri setimizin tümü (A+B+C+D) kullanılmıştır.

Üst sınıf ilişkisi için başlangıç ikililerinden üretilen şablonlar, bu şablonların ikili frekans değerleri ve bu şablonların başlangıç ikililerinden hangileri için bulunduğu bilgileri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Is-A ilişkisi için şablon bilgileri

Şablon	Şablonun ikili frekansı	Şablonun geçtiği başlangıç ikilileri
isim_çoğul_ler+ isim_belirtme_1 ve+isim diğer+isim	5	[rapor-belge], [fotoğraf-veri], [protein-bileşen], [amca-akraba], [kaya-sert]
gibi+edat bir+sayı	5	[ehliyet-belge], [çöl-yer], [güneş-yıldız], [kanser-hastalık], [dünya-gezegen]
isim_tamlama_in ve+isim diğer+isim	4	[rapor-belge], [polis-güvenlik], [kumar-kötü], [dünya-gezegen]
gibi+edat küçük+isim	4	[köpek-hayvan], [hamsi-balık], [kuş-hayvan], [dünya-gezegen]
gibi+edat bazı+sıfat	4	[iran-ülke], [kan-doku], [köpek-hayvan], [kanser-hastalık]
gibi+edat çeşitli+isim	3	[iran-ülke], [klor-kimyasal], [kobalt-metal]
isim_tamlama_1 ve+isim benzer+isim+ isim_tamlama_1	3	[senet-belge], [spor-faaliyet], [bez-malzeme]
gibi+edat büyük+sıfat	2	[istanbul-il], [kamyon-araç]
isim_yonelme_e yakın+fiil ol+fiil+ fiil_donusum_en	2	[istanbul-il], [güneş-yıldız]
isim_çoğul_ler ve+isim benzer+isim+ isim_tamlama_1	2	[ceket-eşya], [banka-kurum]
isim_çoğul_ler ve+isim diğer+isim	2	[banka-işveren], [kuş-hayvan]
isim_çoğul_ler gibi+edat birçok+isim	2	[antibiyotik-ilaç], [kuş-hayvan]
isim_çoğul_ler veya+isim diğer+isim	2	[sel-felaket], [robot-mekanik]
isim_tamlama_in ve+isim öteki+isim	2	[güneş-yıldız], [dünya-gezegen]
isim_yonelme_e ve+isim diğer+isim	2	[güneş-yıldız], [kanser-hastalık]
isim_tamlama_1 ve+isim gibi+edat	2	[çanta-eşya], [banka-kurum]

Tablo 9'da verilen şablonların kullanılmasıyla üretilen yeni ikililerden bazıları, bu ikililerin şablon frekansı değerleri ve hangi şablonlar için bulunduğu bilgileri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Is-A ilişkisi için üretilen ikili bilgileri

Üretilen ikili	İkilinin şablon frekansı	İkilinin geçtiği şablonlar
*güneş-yıldız	3	[gibi+edat bir+sayı], [isim_yonelme_e yakın+fiil ol+fiil+fiil_donusum_en], [isim_yonelme_e ve+isim diğer+isim]
*kuş-hayvan	3	[gibi+edat küçük+isim], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+ isim], [isim_çoğul_ler gibi+edat birçok+ isim]
protein-molekül	2	[isim_çoğul_ler+isim belirtme_1 ve+isim diğer+isim], [gibi+edat büyük+sıfat]
hormon-molekül	2	[isim_tamlama_in ve+isim diğer+isim], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+isim]
böcek-omurgasız	2	[isim_çoğul_ler+isim belirtme_1 ve+isim diğer+isim], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+isim]
satranç-spor	2	[gibi+edat bir+sayı], [gibi+edat bazı+sıfat]
kimya-bilim	2	[gibi+edat bir+sayı], [gibi+edat çeşitli+isim]
tavşan-hayvan	2	[gibi+edat küçük+isim], [gibi+edat bazı+sıfat]
sincap-hayvan	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+isim]
güve-böcek	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+ isim]
kızamık-hastalık	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [gibi+edat çeşitli+isim]
*kanser-hastalık	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [isim_yonelme_e ve+isim diğer+ isim]
grip-hastalık	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [isim_tamlama_1 ve+isim benzer+ isim+isim_tamlama_1]
gasp-suç	2	[gibi+edat bazı+sıfat], [gibi+edat çeşitli+isim]
akciğer-organ	2	[gibi+edat çeşitli+isim], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+ isim]
toplantı-etkinlik	2	[gibi+edat çeşitli+isim], [isim_çoğul_ler gibi+edat birçok+ isim]
eşya-mal	2	[gibi+edat çeşitli+isim], [isim_çoğul_ler gibi+edat birçok+ isim]
deprem-felaket	2	[gibi+edat büyük+sıfat], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+ isim]
hücre-yapı	2	[gibi+edat büyük+sıfat], [isim_çoğul_ler ve+isim diğer+ isim]
deprem-afet	2	[gibi+edat büyük+sıfat], [isim_yonelme_e ve+isim diğer+ isim]
*banka-kurum	2	[isim_çoğul_ler ve+isim benzer+ isim+isim_tamlama_1], [isim_tamlama_1 ve+isim gibi+ edat]

İkili üretimde kullanılan pozitif ve negatif ikili sayıları, pozitif ikililerden üretilen şablon sayıları, bu şablonlardan ikili üretmek için kullanılan şablonların sayıları (en az 2 ikili için bulunan şablonlar) ve üretilen ikili sayıları hakkında bilgiler Tablo 11’de verilmiştir. Ayrıca üretilen ikililer şablon frekansı değerlerine göre incelenmiş ve doğruluk oranları hesaplanarak Tablo 12’de gösterilmiştir. Bu işlem üretilen çıkış ikililerinin tekrar sisteme giriş ikilileri olarak verilmesi suretiyle 3 iterasyon boyunca devam ettirilmiştir. Üretilen ikililerden şablon frekansına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmış ilk 200 tanesi incelenerek bir doğruluk oranı çıkartılmıştır.

Tablo 11: Is-A ilişkisi için iterasyona göre sonuçlar

İterasyon no	Pozitif ikili sayısı	Negatif ikili sayısı	Üretilen şablon sayısı	Kullanılan şablon sayısı	Üretilen ikili sayısı
1	100	100	739	17	3.771
2	132	100	1.359	38	7.909
3	429	100	4.823	138	33.400

Tablo 12: IS-A ilişkisi için şablon frekansına göre sonuçlar

Şablon frekansı >X olan ikililer	İkili sayısı	İkililerin doğruluk oranı
1. İterasyon		
X=1	38	% 68
X=2	3	% 100
X=3	1	% 100
X=4	1	% 100
X=5	0	—
2. İterasyon		
X=1	338	% 30
X=2	34	% 70
X=3	12	% 91
X=4	5	% 100
X=5	2	% 100
3. İterasyon		
X=1	5.026	% 25
X=2	969	% 25
X=3	294	% 25
X=4	136	% 30
X=5	61	% 33

Aynı üst sınıfa ait kardeş ikililer için başlangıç ikililerinden üretilen şablonlar, bu şablonların ikili frekans değerleri ve bu şablonların başlangıç ikililerinden hangileri için bulunduğu bilgileri Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13: Kardeş ilişkisi için şablon bilgileri

Şablon	Şablonun ikili frekansı	Şablonun geçtiği başlangıç ikilileri
ya+isim da+isim	56	[balık-balina], [kız-erkek], [kedi-köpek], [kalp-böbrek], [ağaç-çalı], [kuş-böcek], [otel-pansiyon], ...
isim_tamlama_1 ya+isim da+isim	6	[kedi-köpek], [televizyon-radyo], [telefon-radyo] [anne-baba], [kart-nakit], [tedavi-aşı]
isim_çoğul_ler ya+ isim da+isim	5	[orangutan-papağan], [bitki hayvan], [harabe-eski], [türk-ermeni], [il-ilçe]
mı+SORU yoksa+isim	4	[sıvı-gaz], [sağ-sol], [kadın erkek], [iyi-kötü]
bir+sayı de+fiil	4	[sağ-sol], [kadın-erkek], [anne-baba], [iyi-kötü]
değil+isim de+fiil	3	[basit-karmaşık], [tek-çok], [iki-üç]
isim_çoğul_ler+ isim_kalma_de hem+isim de+fiil	3	[kız-erkek], [bitki-hayvan], [kadın-erkek]
isim_cıkma_den ya+isim da+isim	3	[plastik-kil], [anne-baba], [kardeş-akraba]
isim_yonelme_e mi+SORU yoksa+isim	2	[mavi-yeşil], [iyi-kötü]
isim_tamlama_1 ne+isim de+fiil	2	[televizyon-radyo], [kadın-erkek]
fiil_yetersizlik_e ya+isim da+isim	2	[kız-erkek], [sağ-sol]

Tablo 13’de verilen şablonların kullanılmasıyla üretilen yeni ikililerden bazıları, bu ikililerin şablon frekansı değerleri ve hangi şablonlar için bulunduğu bilgileri Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14: Kardeş ilişkisi için üretilen ikili bilgileri

Üretilen ikili	İkilinin şablon frekansı	İkilinin geçtiği şablonlar
*kadın-erkek	14	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [isim_yonelme_e ya+isim da+isim], ...
hayvan-insan	11	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], [isim_tamlama_1 ya+isim da+ isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...
yukarı-aşağı	8	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], [isim_yonelme_e ya+isim da+ isim], [isim_tamlama_1n ya+isim da+ isim], ...
atom-molekül	7	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+ isim], [isim_yonelme_e ya+isim da+ isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...

*sıvı-gaz	6	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], [isim_çoğul_ler+isim_tamlama_in ya+ isim da+isim], ...
robot-insan	6	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...
yıldız-gezegen	6	[ya+isim da+isim], [ne+isim de+fiil], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...
kasaba-köy	5	[ya+isim da+isim], [isim_yonelme_e ya+isim da+ isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...
deniz-okyanus	5	[ya+isim da+isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], [isim_tamlama_in ya+isim da+isim], ...
çocuk-yetişkin	5	[ya+isim da+isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], [isim_tamlama_in ya+isim da+isim], ...
kara-deniz	5	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [mı+SORU yoksa+isim], ...
iktidar-muhalefet	4	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], ...
demir-tahta	4	[ya+isim da+isim], [isim_yonelme_e ya+isim da+isim], [isim_tamlama_in ya+isim da+isim], ...
mercek-ayna	4	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], ...
hasta-doktor	4	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [ne+isim de+fiil], ...
balkon-pencere	3	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [isim_kalma_de ya+isim da+isim]
cumhurbaşkanı-başbakan	3	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [mı+SORU yoksa+isim]
motor-piston	3	[ya+isim da+isim], [isim_çoğul_ler ya+isim da+isim], [isim_çoğul_ler+isim_belirtme_1 ya+ isim da+isim]
lise-üniversite	3	[ya+isim da+isim], [hem+isim de+fiil], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim]
dümbün-teleskop	3	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [isim_tamlama_in ya+isim da+isim]
vakıf-dernek	3	[ya+isim da+isim], [isim_tamlama_1 ya+isim da+isim], [isim_yonelme_e ya+isim da+isim]

İkili üretilen kullanılan pozitif ve negatif ikili sayıları, pozitif ikililerden üretilen şablon sayıları, bu şablonlardan ikili üretmek için kullanılan şablonların sayıları (en az 2 ikili için bulunan şablonlar) ve üretilen ikili sayıları hakkında bilgiler Tablo

15'de verilmiştir. Ayrıca üretilen ikililer şablon frekansı değerlerine göre incelenmiş ve doğruluk oranları hesaplanarak Tablo 16'da gösterilmiştir. Bu işlemler üretilen çıkış ikililerinin tekrar sisteme giriş ikilileri olarak verilmesi suretiyle 3 iterasyon boyunca devam ettirilmiştir. Şablon frekansına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmış ikililerden ilk 200 tanesi incelenerek bir doğruluk oranı çıkartılmıştır.

Tablo 15: Kardeş ilişkisi için iterasyona göre sonuçlar

Pozitif ikili sayısı	Negatif ikili sayısı	Üretilen şablon sayısı	Kullanılan şablon sayısı	Üretilen ikili sayısı
100	100	1.059	37	9.492
161	100	3.492	97	20.601
224	100	11.443	173	32.350

Tablo 16: Kardeş ilişkisi için şablon frekansına göre sonuçlar

Şablon frekansı >X olan ikililer	İkili sayısı	İkililerin doğruluk oranı
1. Iterasyon		
X=1	434	% 59
X=2	73	% 80
X=3	25	% 92
X=4	12	% 100
X=5	9	% 100
2. Iterasyon		
X=1	1.637	% 55
X=2	293	% 55
X=3	114	% 62
X=4	54	% 75
X=5	32	% 81
3. Iterasyon		
X=1	6.272	% 45
X=2	1.357	% 45
X=3	544	% 45
X=4	302	% 45
X=5	171	% 50

Yapılan bu işlemler sonucunda iterasyon sayısı arttıkça üretilen ikililerin doğruluklarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin şablon sayısının sürekli artmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Herhangi bir anlamsal ilişki için elde edilebilecek şablon sayısı belli bir sayıdadır. Yani çok sayıda şablon üretilmesi bunların her birinin iyi şablonlar olduğu anlamına gelmemektedir. Bu nedenle iyi yapıda şablonları elde ettikten sonra şablon sayısını daha arttırmadan mevcut şablonları kullanmak daha iyi sonuçlar üretebilir. Ayrıca bu işlemler sonucunda ikililerin şablon frekansı değeri arttıkça yani ikilinin geçtiği şablonların sayısı arttıkça bu ikililerin doğruluğunda

artma olduğu ancak üretilen ikili sayısının az olduğu görülmüştür. Aynı şekilde ikililerin şablon frekansı değeri azaldıkça yani ikilin geçtiği şablon sayısı azaldıkça da bu ikililerin doğruluğunda azalma olduğu ancak üretilen ikili sayısının daha fazla olduğu görülmüştür.

5.3. Sabit Sayıda Şablonlar İle Büyüyen Veri Seti Üzerinde Çalışma

Bu bölümde şablon sayısının sürekli artması yerine belli bir değerde sabitlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar gözlemlenmiştir. Yeni ikililer üretmek için kullanılan bu şablonlar tüm veri setinin kullanılmasıyla 1.iterasyon sonunda elde edilen, ikili frekansı 1'den büyük olan şablonlardır. Üst sınıf ilişkisi için şablon sayısı 17, aynı üst sınıfa ait kardeş ilişkisi için ise bu şablon sayısı 37 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu az sayıdaki iyi şablonlar yeni ikililer üretmek amacıyla kullanılmıştır. Bu işlem yapılırken öncekinin aksine veri setinin tamamı kullanılmamış, veri seti parça parça kullanılmıştır. Bunun yapılmasındaki amaç iyi yapıda bulunan sabit sayıdaki şablonlar ile büyüyen veri seti üzerinde çalışmanın etkilerini gözlemleyebilmek ve hangi tür veri setinde nasıl sonuçlar elde edildiği görebilmektir. Şablon frekansına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmış ikililerden ilk 200 tanesi incelenerek bir doğruluk oranı çıkartılmıştır. Her iki ilişki türü için morfolojik olarak çözümlenmiş büyüyen veri seti üzerinde elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17: Sabit şablon sayısı ile büyüyen veri seti için sonuçlar

Kullanılan veri setleri ID	İçerdiği cümle sayısı	Üretilen ikili sayısı	İkili doğruluk (%)	10 ⁵ *Üretilen ilişki sayısı / cümle sayısı oranı
Üst sınıf ilişkisi için sonuçlar				
A	2.037.827	1.183	% 43	6
B	644.100	917	% 43	14
C	499.799	289	% 20	6
D	173.412	210	% 38	12
C+D	673.211	498	% 40	7
B+C+D	1.317.311	1.402	% 49	11
A+B+C+D	3.355.138	2.565	% 50	8
Kardeş ilişkisi için sonuçlar				
A	2.037.827	4.064	% 46	20
B	644.100	3.452	% 44	54
C	499.799	1.415	% 40	28
D	173.412	825	% 47	48
C+D	673.211	2.229	% 49	33
B+C+D	1.317.311	5.575	% 55	42
A+B+C+D	3.355.138	9.492	% 57	28

Sınırlı sayıda ve daha güvenilir şablonlar kullanılarak elde edilen ikililerin sayısının az fakat doğruluk oranlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca sınırlı sayıdaki iyi şablonları kullanarak büyüyen veri seti üzerinde çalışırken üretilen ikililerin doğruluklarında artma olduğu gözlemlenmiştir.

Yukarıda verilen tablo incelendiğinde üst sınıf ilişkisi için 'A' ve 'B' veri setlerinden elde edilen ikililer için yaklaşık olarak %43 ile en yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir. Yine 'D' veri setinin tek başına kullanılmasıyla %38, 'B' veri setinin tek başına kullanılmasıyla ise %20 başarı oranı elde edilmiştir. Buradan hareketle üst sınıf ilişkisi için haber metinlerinden oluşan 'A' ve bilimsel içeriklerden oluşan 'B' veri setlerinin daha iyi içerikler olduğu görülmüştür. Aynı şekilde bilimsel içerikli cümlelerden oluşan 'D' veri setinden de yine 'A' ve 'B' veri setlerine yakın bir değer elde edilmiştir. En düşük doğruluk oranı ise hikâye, roman vb. cümlelerin bulunduğu 'C' veri setinden elde edilmiş, bu içeriğin üst sınıf ilişkisi için iyi bir veri seti olmadığı görülmüştür.

Aynı üst sınıfa ait kardeş ilişkisi için en yüksek başarı oranı %47 ile bilimsel içerikli cümlelerden oluşan 'D' veri setinden elde edilmiştir. 'A' ve 'B' veri setlerinden de yine buna yakın değerler elde edilmiştir. 'C' veri setinden ise %40 ile en düşük başarı oranı elde edilmiştir. Bu ilişki türü için de haber ve bilimsel içeriklerden oluşan veri setlerinin uygun ikililerin bulunmasında daha verimli oldukları görülmüştür.

Üretilen ikili sayılarının veri kümelerindeki cümle oranlarına bakıldığında (son sütun) en üretken veri kümelerinin bilimsel içeriğe sahip 'B' ve 'D' oldukları görülmüştür.

6. Sonuç

Bu çalışmada aralarında belli bir anlamsal ilişki bulunan ikililerin geniş metin koleksiyonları içerisinde yinelemeli bir şekilde çıkartılmasını sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmamızın katkıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Yinelemeli bilgi çıkarımı için Türkçede ilk çalışma yapılmıştır.
- Bilgi çıkarımında kullanılan metin kaynakların türlerinin sistemin verimliliğine ve doğruluğuna etkileri incelenmiştir. Bilimsel metinlerin, haber ve edebiyat metinlerine göre daha doğru ve verimli sonuçlar ürettiği görülmüştür.
- Önce şablonların bulunması, ardından bu şablonlara uygun yeni ikililerin bulunması, bu ikililerin başlangıç ikililerine dahil edilerek bu sürece devam edilmesinin, bulunan şablon sayısını ve ikili sayısını çok fazla arttırdığı ancak, doğruluk oranlarını düşürdüğü görülmüştür. Bu sonuç, literatürdeki sonuçlarla uyumludur.
- Bu probleme çözüm olarak az sayıda ve güvenilir şablonlar kullanılarak kaynak boyutunun ve çeşitliliğinin artırılması önerilmiş ve bu sayede hem bulunan ikili sayısının hem de doğruluk oranının arttığı gözlemlenmiştir. Veri boyutu arttığında bulunan ikili sayısının artması beklenen bir sonuçtur. Ancak doğruluk oranının da artışı çalışmamızın literatüre katkısıdır.

Çalışmamızın başarısını iki yönden değerlendirmek gerekir. İlki sistemin verimliliği diğer bir ifadeyle kullandığı verilerin boyutuna göre üretebildiği ikililerin oranıdır. Sistemimizin verimliliği bu alandaki en bilinen ve en gelişmiş sistem olan NELL ile karşılaştırılmıştır. NELL'in veri kaynağı 500 milyon web sitesidir. Bir web sitesinin yaklaşık 500 kelime içermektedir [14]. Buna göre NELL'in veri kaynağında yaklaşık $500 \cdot 500 \cdot 10^6 = 25 \cdot 10^{10}$ kelime bulunmaktadır. NELL 2010 yılında aldığı ilk 63 günde 242 bin, günümüze kadar geçen 858 günde yaklaşık 2.5 milyon ikili bulmuştur. Veri kaynağındaki kelime sayısı ile bulunan ikili sayısı oranlanırsa $(25 \cdot 10^{10}) / (25 \cdot 10^5) = 10^5$ bulunur. Diğer bir ifadeyle veri kaynağındaki her 100 bin kelime için 1 adet ikili bulmuştur. Bizim sistemimiz (yaklaşık 45 milyon kelimedenden 2500 üst sınıf, 9500 kardeş toplamda 12 bin ikili bulunmuştur) için aynı oran hesaplanırsa $(45 \cdot 10^6) / (12 \cdot 10^3) =$ yaklaşık $4 \cdot 10^3$ bulunur. Diğer bir ifadeyle veri kaynağındaki her 4000 kelime için 1 ikili bulmuştur. NELL'in ve bizim sistemimiz için hesaplanan iki oran karşılaştırıldığında sistemimizin verimliliğinin NELL'den yüksek olduğu açıktır. Bu farklılık üzerinde çalışılan metin kütüphanelerinin türü ile açıklanabilir. Tablo 17'de göstermiş olduğumuz üzere farklı türdeki veri kaynaklarının verimlilikleri birbirinden farklıdır. Buna göre NELL'in üzerinde çalıştığı rastgele seçilmiş Web sayfalarının verimliliği bizim veri kaynaklarımızın verimliliğinden daha düşüktür.

Sistemin başarısını değerlendirmek için kullandığımız diğer kriter ikililerin doğruluk oranıdır. Karşılaştırma için yine NELL kullanılmıştır. Yayınlanan çalışmalara göre NELL'in ikilileri %74 oranında doğruluğa sahiptir. Ancak bu oran NELL'in çalıştığı 123 adet ilişki türünün ortalamasıdır. Her bir ilişki türü için değerler ayrı ayrı verilmemiştir. Bizim sistemimiz sadece 2 ilişki türü için çalıştırılmıştır. Elde edilen en iyi doğruluk oranları üst sınıf ilişkisi için %50, kardeş ilişkisi içinse %57'dir. Doğruluk oranındaki bu farkın temel sebebi sistemin kavramların tek kelimedenden oluştuğu varsayımdır. Sistemin yanlış olarak bulduğu ikililerde bu sorun açıkça görülmektedir. Örneğin sistem, "hemşireler ve diğer sağlık çalışanları" ifadesinden "Xler ve diğer Y" şablonuna göre "sağlık" ve "hemşire" arasında üst kavram ilişkisi bulmaktadır. Eğer önce kelime öbekleri bulunsaydı ilişki "sağlık çalışanı" ve "hemşire" arasında bulunabilecektir. Buna çözüm için, şablonlar bulunmadan önce metinler üzerinde varlık isim tanımlama çalıştırıp (name entity recognition), tek bir kavramı ifade eden kelime öbeklerini (Taksim Meydanı, İstiklal Caddesi, Ege Bölgesi vb.) belirlemek gerekmektedir.

Mevcut çalışma kapsamında ayırt edici şablonlar elde edilebilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan iki anlamsal ilişki kullanılmış ve mevcut örnekler bu anlamsal ilişkiler üzerinden verilmiştir. Verilen bu iki örnek anlamsal ilişki haricinde de herhangi bir anlamsal ilişki için (zıt anlam, eş anlam vb...) bu çalışmalar kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Yapılması gereken sadece istenilen anlamsal ilişkiyi sağlayan pozitif ve negatif başlangıç ikililerinin belirlenmesi ve bunların sisteme giriş olarak verilmesidir.

Gelecek çalışma olarak, sistemin bulduğu ilklileri arttırmak için web sayfaları üzerinde sürekli büyüyen bir veri kaynağıyla çalışılması amaçlanmaktadır. Şablon sayısının sürekli artması yerine yine belli bir değerde sabitlenmesi ve bu şablonların kullanılması düşünülmektedir. Ayrıca tek kelime yerine kelime gruplarından (isim, sıfat tamlaması vb...) oluşan ikililerin de bulunması ve farklı ilişki türleri için de ikililerin çıkarılması amaçlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Miller, G. A., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D. and Miller, K., "Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database", 1993.
- [2] Automatic Extraction of Semantic Relationships Using Turkish Dictionary Definitions", Emre Yazıcı, M. Fatih Amasyalı, EMO Bilimsel Dergi, Vol. 1, No. 1, pp. 1-13, 2011
- [3] Amasyalı M. F., "Türkçe Wordnet'in Otomatik Olarak Oluşturulması", SIU 2005, 2005.
- [4] <http://lucene.apache.org/core/>
- [5] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Lucene>
- [6] Hearst, M., "Automated Discovery of WordNet Relations," in WordNet: An Electronic Lexical Database, Christiane Fellbaum (ed.), MIT Press, 1998.
- [7] <http://maya.cs.depaul.edu/~classes/etc584/papers/brin.pdf>
- [8] <http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/>
- [9] Andrew Carlson¹, Justin Betteridge¹, Bryan Kisiel¹, Burr Settles¹, Estevam R. Hruschka Jr.², and Tom M. Mitchell, "Toward an Architecture for Never-Ending Language Learning"
- [10] <http://tika.apache.org/>
- [11] <http://www.kemik.yildiz.edu.tr/?id=28>
- [12] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Morfoloji>
- [13] http://tr.wikipedia.org/wiki/Zemberek_%28yaz%C4%B1%C4%B1m%29
- [14] Levering, R., ve M. Cutler, "The Portrait of a Common HTML Web Page.", DocEng 2006, pp.198-204, 2006

Ek 1: Üst sınıf (Is-A) ilişkisi için şablon üretmede kullanılan pozitif başlangıç ikilileri

dolar para	türkiye devlet	boya malzeme	güneş yıldız
amerika batı	protein bileşen	ekmek besin	kanser hastalık
iran ülke	amca akraba	bakan siyasi	çatlak hasar
esnaf meslek	bütçe kaynak	kapkaç suç	salon yer
taş madde	tüfek silah	incir meyve	bez malzeme
kan doku	ehliyet belge	antibiyotik ilaç	ilaç ürün
pasaport kimlik	sel afet	sel felaket	çanta eşya
saldırı suç	sandalye mobilya	benzin enerji	süt ürün
gıda ihtiyaç	otobüs araç	plastik malzeme	banka kurum
dershane kurs	tatlı gıda	karides kabuklu	kafeterya yer
rapor belge	çavdar tahıl	bit küçük	tavuk hayvan
polis güvenlik	jimnastik spor	aspirin ilaç	portakal narenciye
muayene işlem	battaniye malzeme	faks iletişim	fon bütçe
köpek hayvan	çöl yer	plastik madde	kiraz meyve
işkence kötü	salon mekan	hamsi balık	kurt vahşi
silah alet	silah malzeme	naftalin madde	robot mekanik
banka işveren	yelken spor	baklava tatlı	kuş hayvan
gayrimenkul mal	yoğurt madde	petrol sıvı	peynir ürün
ilaç tıbbi	klor kimyasal	laboratuvar ortam	nane baharat
fotokopi belge	kumar kötü	brokoli yeşil	kaya sert
fotoğraf veri	kamyonet araç	kamyon araç	psikoloji bilim
taş nesne	ceket eşya	kobalt metal	meyve besin
istanbul il	senet belge	parazit canlı	bakır maden
sorgu işlem	spor faaliyet	jeoloji alan	su madde
rehberlik hizmet	otomobil araç	tank araç	dünya gezegen

Ek 2: Kardeş ilişkisi için şablon üretmede kullanılan pozitif başlangıç ikilileri

mavi siyah	yaprak meyve	görüntü fotoğraf	eksik yanlış
kandil meşale	otel pansiyon	metal plastik	emekli ssk
basit karmaşık	orangutan papağan	meyve et	anne baba
sıvı gaz	bitki hayvan	sağ sol	çocuk arkadaş
kovuk mağara	tuz şeker	bitki hayvan	kardeş arkadaş
büyük küçük	ses video	kitap kalem	amir patron
balık balina	yürü koş	kalem kağıt	kart nakit
sperm kromozom	cam tavan	masa sandalye	sünni şii
kız erkek	kestane erguvan	televizyon radyo	ordu emniyet
kedi köpek	televizyon bilgisayar	otobüs taksi	türk ermeni
televizyon radyo	petrol gaz	bilgisayar telefon	yerli ithal
hücre kan	ev otel	telefon radyo	enerjik yorgun
mavi yeşil	kum çakıl	rüya düş	spor tiyatro
bisküvi meyve	ayna gözlük	kadın erkek	bal pekmez
tek çok	su hava	amca dayı	mülk toprak
iki üç	kaçak kayıp	fizik kimya	mart nisan
kalp böbrek	plastik cam	ekmek su	kardeş akraba
pembe mor	saz bambu	ekmek meyve	tedavi aşı
plastik kil	kum çamur	aslan kaplan	üniversite hastane
ağaç çalı	akşam sabah	aslan kartal	fazla eksik
mürekkep boya	harabe eski	asker polis	silah bomba
çadır sığınak	müze tarihi	polis memur	kişi grup
dip yüzey	özel kamu	vatan yurt	il ilçe
bal şeker	kimyasal nükleer	ömür yaşam	iyi kötü
kuş böcek	deterjan sabun	cep çanta	can mal

**Gürkan Şahin**

Gürkan Şahin, 2013 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini bitirmiştir. Halen aynı bölümde yüksek lisans çalışmalarını sürdürmektedir. 2015 yılından beri YTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Doğal dil işleme ilgi alanlarındandır.

**Mehmet Fatih Amasyalı**

Mehmet Fatih Amasyalı, 2003 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nden lisans derecesini almıştır. 2008 yılında aynı üniversiteden doktora derecesini almıştır. 2009 yılından beri Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır. İlgili alanları arasında makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve otonom robotlar yer almaktadır.

Android Cihazlar ile DC Motorun Devir ve Yön Kontrolü

DC Motor Control via Anroid Devices

Kaan Karamancı¹, Yalçın Albayrak¹, Turan Çakıl¹, İbrahim Eren¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi

kaankaramanci@hotmail.com, yalbayrak@akdeniz.edu.tr, turan_cakil23@hotmail.com, eren.ibrahim13@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, Android işletim sistemine sahip cihazların (mobil, tablet vb.) bluetooth 2.0 haberleşme teknolojisi özelliği ile DC motorların devir ve yön kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu kontrol kablosuz haberleşme olarak yapılmaktadır. Kablosuz haberleşme RF (Radyo Frekansı) haberleşme yardımıyla da gerçekleştirilebilirdi ancak Android cihazların günümüzde çok yaygın olarak kullanılması bu çalışmamıza yön vermiştir. Bluetooth haberleşmenin dezavantajı ise RF haberleşme kadar uzak mesafeleri desteklememesidir. RF haberleşmenin dezavantajı da güvenlik yönünden sıkıntılı olmasıdır. Bunu şöyle açıklayabiliriz; Android cihaz ile sistem arasında bluetooth bağlantısı kurmak için eşleştirme şifresi adını verdiğimiz şifrenin kullanıcı tarafından bilinmesi gereklidir. Kullanıcı eğer bu şifreyi bilmez ise sistemi kontrol edemez. RF haberleşmede bu durum sıkıntı oluşturabilir ve sistemi kullanıcıdan başka kişilerde kontrol edebilir. Çalışmalarımız sonucunda Android cihazların bluetooth bağlantısı özelliği ile DC motorun devir ve yön kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Abstract

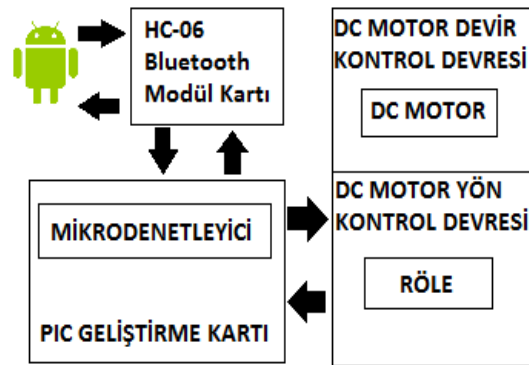
In this study, the control of turns and direction of DC motors was performed with the feature of bluetooth 2.0 communication technology in the devices with the Android operating system (e.g. mobiles and tablets). This control is carried out as wireless communication. Wireless communication could have also been performed by means of RF (Radiofrequency) communication; however, the very common use of Android devices today directed this study of ours. The disadvantage of bluetooth communication is its failure to support as far distances as those of RF communication, whereas the disadvantage of RF communication is that it is troublesome in terms of security. We can elucidate this in the following way: to make a bluetooth connection between an Android device and the system, the cipher we call "the matching cipher" should be known by the user. If the user does not know this cipher, he/she cannot control the system. In RF communication, this may cause trouble and people other than the user may also control the system. As a result of our studies, the control of turns and direction of the DC motor was successfully performed with the feature of bluetooth connection in Android devices.

1. Giriş

Günümüzde mobil cihazların ve teknolojilerin gelişmesiyle her alanda kullanılabilir hale gelmiştir. Bu tür teknolojilerin üzerinde mobil işletim sistemlerin (Android, İOS, Windows Mobile, vb.) var olması programlanabilir bir yapı sunmaktadır. Bu da mobil cihazlarımızı daha fonksiyonel hale getirmektedir. Ayrıca bünyesinde çok farklı donanımları (Sensörler: İvme, Jiroskop, Yerçekimi vb., İletişim donanımları: Wlan, 3G, Bluetooth) bulunduklarından dolayı daha etkin kullanım alanları sunmaktadır. Kablosuz teknolojileri (Wlan, 3G, Bluetooth) sayesinde etrafındaki diğer cihazlarla çok kolay etkileşime girebilirler. Böylelikle etrafımızdaki cihazlar yönetilebilir duruma gelmektedir. Biz çalışmamızda IDC (International Data Corporation) World Wide Phone Tracker verilerine göre mobil işletim sistemlerin %78,6'sına hakim olan Android üzerinde geliştirdik [1]. Amacımız etrafımızdaki cihazı kontrol etmek olduğundan Bluetooth haberleşme teknolojisini tercih ettik. Bu çalışmada kendi belirlediğimiz bir şifre üzerinden 10 metre mesafedeki DC motoru kontrol etmeyi amaçladık.

2. Yapılış Süreci

Sistemimiz, kontrol görevini üstlenen PIC16F877A mikrodenetleyicisi, haberleşme görevini üstlenen HC-06 bluetooth modül kartı ve motorumuzun yön ve devir kontrolünü gerçekleştiren iki sürücü devresinden oluşmaktadır. Sistem ile tek bir motorun devir ve yön kontrolü gerçekleştirilmektedir. Şekil 1'de sistemimizin blok diyagramı gösterilmektedir.

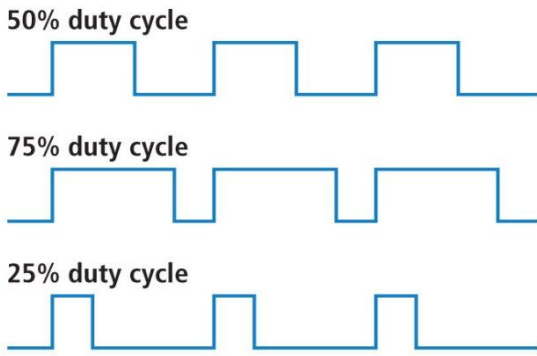


Şekil 1: Android cihaz ile DC motor kontrol sistemi blok diyagramı

Mikrodenetleyici ile Android cihaz bluetooth modül kartı aracılığıyla haberleşmektedir. Android cihaza yazılan arayüz uygulaması sayesinde motor kontrolü için gerekli olan bilgi Android cihazdan bluetooth modül kartına gönderilmektedir. Bluetooth modül kartı ise bu veriyi mikro denetleyici ile uygun devre bağlantıları yapılmak suretiyle gönderir. Mikrodenetleyici, gelen bilgiyi yazılımsal olarak değerlendirerek sürücü devrelerine lojik veriler gönderir. Blok diyagramda sürücü devreleri motorun dönüş yönünü kontrol eden ve motorun devrini kontrol eden iki ayrı ünite olarak gösterilmektedir.

2.1 Mikrodenetleyici ve Bluetooth Haberleşme Devresi

Mikrodenetleyici yazılım dili olarak Assembly dili kullanılmıştır. Kullanılan Assembly dili ile mikrodenetleyici donanımı üzerinde tam hâkimiyet sağlanmakta ve kodlar daha verimli bir şekilde çalışmaktadır. Sistemimizin kontrol görevini üstlenen PIC16F877A mikrodenetleyicisi çeşitli donanım birimlerinden oluşmaktadır. Biz bu donanım birimlerinden CCP (Capture/Compare/PWM (Pulse Width Modulation)-Yakalama/Karşılaştırma/Darbe Genişliği Modülasyon Tekniği) donanım birimi ve USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter-Evrensel Senkron/Asenkron Alıcı/Verici) donanım birimini kullanarak yazılımı tamamlamış olduk. DC motorlarda mikrodenetleyiciden yollanan PWM sinyalinin Duty Cycle (İş Süresi) değerine bağlı olarak motorun devri ayarlanabilir [2, 3]. Şekil 2’de çeşitli Duty Cycle değerlerine sahip PWM sinyallerinin grafiği gösterilmiştir.

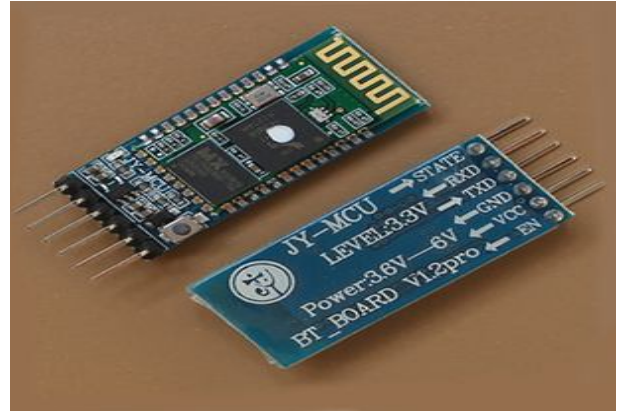


Şekil 2: Duty Cycle değerlerine göre PWM sinyalleri

Duty Cycle değerinin ayarlanması yazılımsal olarak sağlanmaktadır. Bu ayarlama için mikrodenetleyicinin CCP donanım birimi PWM modunda kullanıldı. Bu birim bize 10-bit çözünürlükte PWM sinyali üretir [4, 5]. 10-bit çözünürlük bir periyodu $2^{10}=1024$ eşit parçaya bölerek darbe süresini yazılımsal olarak daha hassas bir şekilde ayarlamamıza imkân sağlar. Bu üretilen PWM sinyali devir kontrolünü gerçekleştiren sürücü devresine gönderilir.

Bluetooth modülü ve PIC USART donanım birimi haberleşme protokolü olarak RS-232 seri haberleşme protokolünü kullan-

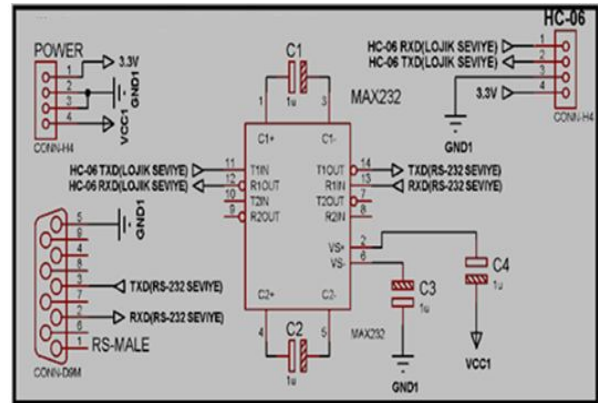
maktadır. Bu sayede modül ve PIC arasında uyumlu bir iletişim gerçekleşmektedir. Bunun dışında seri iletişim asenkron modda yapılmaktadır. İletimin eş zamansız (asynchronous) olması nedeniyle gönderici ve alıcının koordine olması gerekmez. Gönderen birim belirli bir formatta hazırlanan veriyi hatta aktarır. Alıcı ise devamlı olarak hattı dinlemektedir, verinin gelişini bildiren işareti aldıktan sonra gelen veriyi toplar ve karakterleri oluşturur [4]. Bluetooth modülü olarak HC-06 bluetooth-serial modül kartı kullanılmıştır. Şekil 3’de kart gösterilmiştir.



Şekil 3: HC-06 bluetooth-serial modül kartı ve pin konfigürasyonu

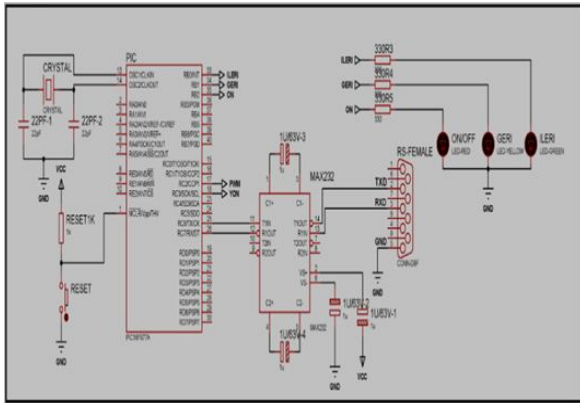
Bluetooth 2.0’ı destekleyen bu kart, 2.4 GHz frekansında haberleşme yapılmasına imkan sağlayıp açık alanda yaklaşık 10 metrelik bir haberleşme mesafesine sahiptir. Bluetooth modülünün eşleştirme şifresi, görünür durumdaki ismi vb. ayarlar AT komutları adı verilen komutlar sayesinde değiştirilebilir. Önemli bir ayrıntı olarak besleme gerilimi 3.3V olmalıdır. Bu değer üstü modüle zarar verebilir [6].

Şekil 4’de bluetooth modülü için gerekli olan ISIS şematik çizimi verilmiştir.



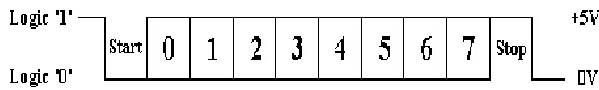
Şekil 4: Bluetooth haberleşme devresi şematik çizimi

Şekil 5’de PIC mikrodenetleyicisi ve seri haberleşme için gerekli olan ISIS şematik çizimi verilmiştir.



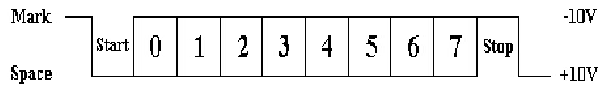
Şekil 5: PIC mikrodenetleyicisi ve seri haberleşme devresi şematik çizimi

İki şematik çizimde de dikkat edilirse MAX-232 entegresi kullanılmıştır. TTL seviyede çalışan bir cihazın RS-232 portuna bağlanmasında ilk adım 0-5 Volt gerilim değerlerinin RS-232 seviyesine dönüştürülmesi olacaktır. Çok yaygın olarak kullanılan RS-232 seviye dönüştürücüsü olan MAX-232 entegresi çok kanallı sürücü entegresi olup, tek bir 5 Volt kaynak ile +10/-10 Volt gerilim değerlerini üretebilmektedir. MAX-232 entegresi tiplerine göre harici olarak bağlanması gereken elektrolitik kondansatöre gereksinim duyar [3]. Şekil 6'da PIC tarafından gönderilen ya da alınan işaretlerin lojik seviyeleri görülmektedir [4].



Şekil 6: PIC tarafından gönderilen/alınan işaretlerin voltaj seviyesi

Şekil 7'de ise PIC mikrodenetleyiciden gelen lojik seviyelerin MAX-232 entegresi ile RS-232 standardına dönüştürüldüğü görülmektedir [4].

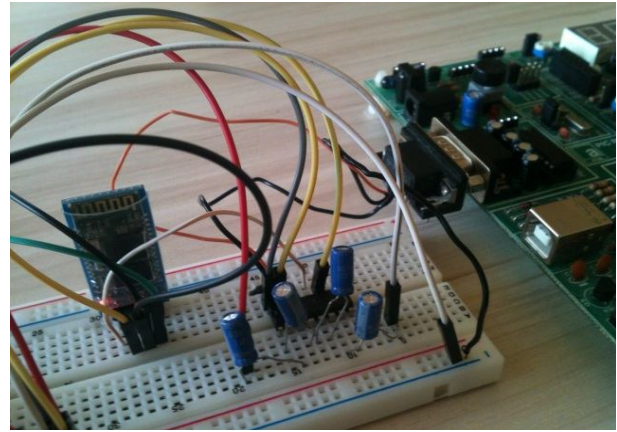


Şekil 7: RS-232 seri port'undan gönderilen/alınan işaretlerin voltaj seviyesi

PIC mikrodenetleyicisi ve HC-06 bluetooth modülü arasında iletişim kurabilmek için her iki devrede de MAX-232 entegresi kullanılmalıdır. Şekil 8'de seri portlar (male-erkek, female-dişi), HC-06 bluetooth modül kartı, MAX-232 entegreleri ve ona bağlı olan elektrolitik kondansatörler gösterilmektedir.

Şekil 5'de üç tane led bulunmaktadır. Bu led'ler motorun açık/kapalı durumda olduğunu ve ileri (saat yönünde) veya geri (saat yönünün tersi) yönünde döndüğü hakkında kullanıcıya bilgi verir. PIC mikrodenetleyicisi aynı zamanda motorun hangi yönde döndüğü bilgisini HC-06 bluetooth modül kartı aracılığıyla

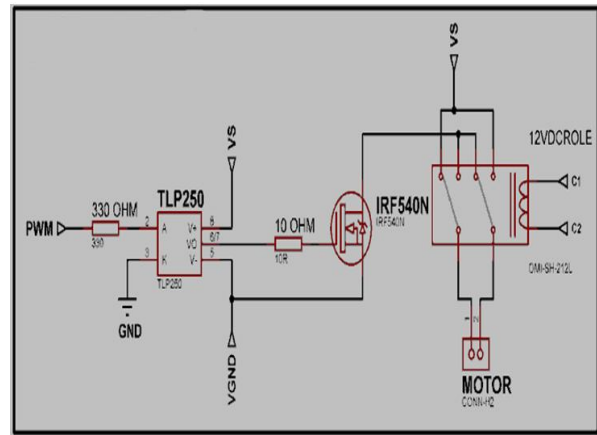
Android cihaza gönderir. Android cihazda gelen bu veriyi yazılan arayüz uygulaması sayesinde ekranda gösterir. Sonuç olarak çift yönlü iletişim yapılmaktadır; Android cihazdan PIC'e ve PIC'den Android cihaza bilgi gönderilmektedir.



Şekil 8: Bluetooth haberleşme devresi

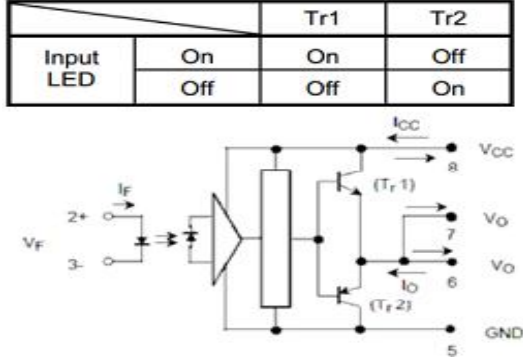
2.2 Motor Devir Kontrol Devresi

Şekil 9'da sistemimizde kullanılan motor devir kontrol devresinin ISIS şematik çizimi verilmiştir.



Şekil 9: Motor devir kontrol devresi şematik çizimi

Yükümüz olan 12 Volt DC motoru sürmek için bir anahtarlama elemanı olan IRF540N mosfeti kullanıldı. Bu mosfet drain-source arası 100 Volt bir gerilime ve 33 Amper drain akımına dayanabilmektedir. Mosfet anahtarlama için minimum 10 Volt gate gerilimine ihtiyaç duyar. Bu gerilimde Rds direnci en küçüktür. Mikrodenetleyiciden alınan PWM çıkışının değeri 0 Volt ile 5 Volt arasında değerler aldığından bu gerilimle mosfeti anahtarlama elemanı olarak kullanmak mümkün değildir. Bu gerilimin yükseltilip mosfet'in gate bacağına uygulanması gerekir. Bunu ise bir mosfeti sürücü entegresi olan TLP250 optocoupler-optokuplör aracılığıyla yaparız. Motor beslemesi olan 12 Volt'u aynı zamanda TLP250 beslemesi olarak kullanıldı. Şekil 10'da TLP250'nin doğruluk tablosu ve iç yapısı gösterilmektedir.

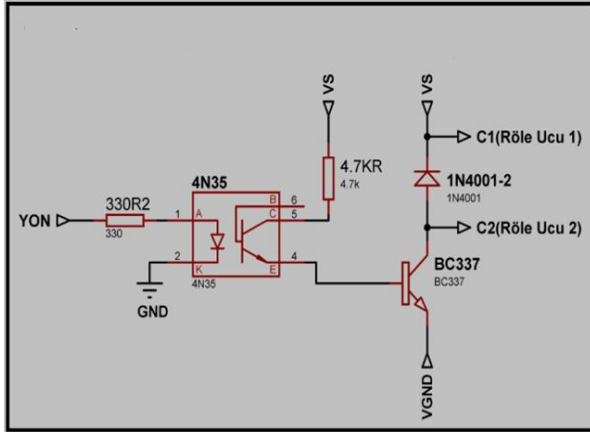


Şekil 10: TLP250 optokuplör çalışma tablosu ve pin konfigürasyonu

TLP250'nin iç yapısında bulunan led'in akımı I_f olarak isimlendirilir ve değeri en fazla 20 mA olmalıdır. Daha yüksek akım değerleri led'in yanmasına ve entegrenin çalışmamasına neden olacaktır.

2.3 Motor Yön Kontrol Devresi

Şekil 11'de sistemimizde kullanılan motor yön kontrol devresinin ISIS şematik çizimi verilmiştir.



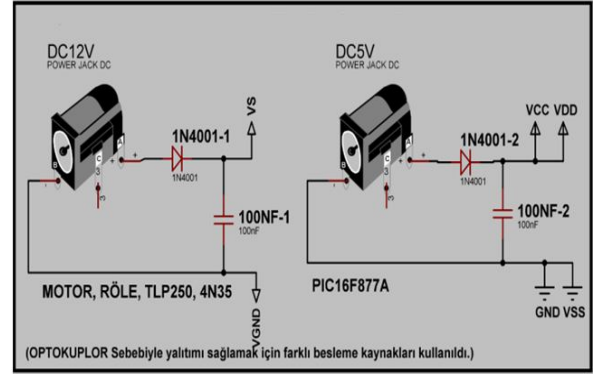
Şekil 11: Motor yön kontrol devresi şematik çizimi

Yön kontrolünü sağlayan sürücü devresinin yükü olan 12 Volt DC çift kontak röleyi sürmek için BC337 BJT transistör kullanılmıştır. BC337'nin satürasyona girebilmesi gerekli base akımı, BC337'yi süren 4N35 optokuplör tarafından sağlanmaktadır. Şematik çizimde 4N35'in girişi YON olarak adlandırdık ve bu giriş PIC mikrodenetleyicisi tarafından lojik 1 veya lojik 0 gönderilmektedir. Gelen lojik değere göre rölenin kontakları çekmektedir. Bu sayede motorun yönü değiştirilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus eğer motorun dönme yönü değiştirilecekse YON girişine lojik bilgiyi göndermeden önce motorun hızı sıfıra çekilir ve tam sıfır olduğunda YON ucuna lojik bilgi gönderilir, gelen lojik bilgi sonucunda röle kontaklarını çekerek motor tekrar eski devrine kavuşturulur. Bu işlem yazılımsal olarak PIC mikrodenetleyicisi tarafından gerçekleştirilmektedir. YON girişinden lojik 1 uygulandığında led diyot aktif olur ve 4N35 içindeki BJT transistör satürasyona girer,

bu durum BC337 NPN transistöründe satürasyona girmesine neden olur. BC337'nin satürasyona girmesi ile röle uçlarına 12V DC etki ederek rölenin kontaklarını çekmesine sebep olur. Tam tersi durumda ise BC337 kesime girer yani kapanır. Bu durumda röle ters yönde kontaklarını çeker. 4N35'in iç yapısında bulunan led'in akımı aynı TLP250 sürücü entegresinde olduğu gibi değeri en fazla 20 mA olmalıdır.

2.4 Besleme Şemaları

Sistemin mikrodenetleyicili kısmı ile yük kısmı birbirinden optik izolatörler (optokuplör) vasıtasıyla yalıtılmıştır. Bu sayede yük kısmında oluşabilecek herhangi bir arızadan mikrodenetleyicimiz ve çevre donanımlarımız hiçbir zarar görmez. Yük kısmı ile mikrodenetleyici kısmı arasında elektriksel bağlantı olmadığı için mikrodenetleyici beslemesi ile motor (yük) beslemesi ayrı olarak verilmektedir [8]. Şekil 12'de sistemin besleme şeması verilmektedir.



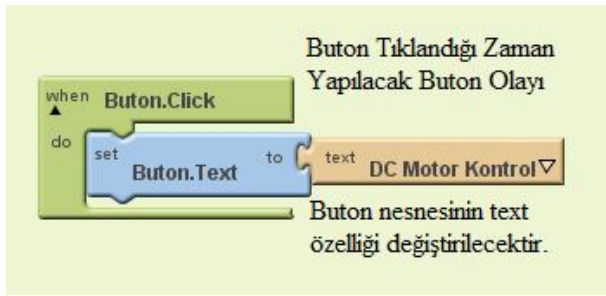
Şekil 12: Besleme devrelerinin şematik çizimi

Bunun dışında Bluetooth haberleşme devresinin de besleme gerilimi ayrı verilmelidir. Bu devre tek bir kaynaktan beslenerek bir 3.3 Volt gerilim regülatörü ile HC-06 blue-tooth modül kartı beslemesi verilebilir.

2.5 Android Bluetooth Haberleşme Uygulaması

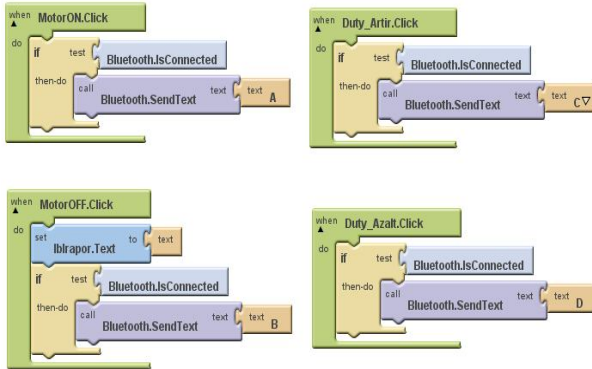
Android uygulaması MIT üniversitesi ve Google şirketi işbirliği ile geliştirilen MIT App Inventor programı aracılığıyla yapılmıştır. Bu program Android programlama konusunda yeterli bilgisi olmayan kullanıcılarda dahil olmak üzere, sürükle ve bırak yöntemiyle kolayca Android uygulamaları geliştirmesini mümkün kılan bir programdır. Uygulama geliştirecek kişinin yapması gereken tek şey problem ile ilgili algoritmasını belirlemektir. Bu durum MIT App Inventor programının kullanılmasına neden olmuştur.

İlk olarak ekran görsel olarak ayarlanmaktadır yani buton, etiket vb. nesnelerin ekrandaki yerleşimi, isimleri, renkleri vb. özellikleri ayarlanmakta ardından bu nesnelerin yapacakları görevler bloklar halinde tanımlanmaktadır. Örneğin bir butona basınca üstündeki yazının değişmesini istiyorsak Şekil 13'de görülen blok oluşturulmalıdır [10, 11].



Şekil 13: Temel bir android uygulaması bloğu

En son olarak program bize uygulamayı vermektedir. Kendi uygulamamız toplam on altı bloktan oluşmaktadır. Bu on altı blok içinde önemli olanlar; bluetooth aktifliğini kontrol etme bloğu, bluetooth bağlantısı kurma bloğu, bağlantının devamlılığını kontrol eden blok, bluetooth bağlantısını sonlandırma bloğu, arayüze eklenen motor kontrol butonlarına tıklandığında gerçekleşecek olay blokları (bu bloklarda bluetooth bağlantısı aracılığı ile bluetooth modülüne oradan da PIC mikrodenetleyicisine veri gönderilmektedir). Android cihaza gelebilecek verilerin okunduğu blok ve sesle komut verme özelliğini sağlayan bloktur. Sesle komut verme özelliği kullanılmak istenirse arayüze eklenen “Sesle Komut Ver” isimli butona tıklanarak Android cihazın konuşma tanıma işlemi başlar. Eğer alınan konuşma “sıfır” ise motor çalışır, “bir” ise motor durur. Şekil 14’de uygulamamızdan birkaç örnek blok gösterilmiştir.



Şekil 14: Motor kontrolünü gerçekleştiren bloklar

Şekil 15’de motor kontrolüne ait butonlar gösterilmektedir. Bu butonlardan herhangi birine basıldığında gönderilecek karakterler belirtilmektedir. MotorON isimli butona basıldığında bluetooth modülüne “A” karakteri gitmektedir. Bu karakter bluetooth modülünden seri portlar aracılığıyla PIC mikrodenetleyicisine gitmektedir. PIC kendisine gelen bu karakterin “A” olduğunu yazılımsal olarak anlayarak gerekli işlemi yerine getirir yani motoru çalıştırır.

Şekil 15’de android cep telefonuna yazdığımız bluetooth haberleşme uygulamasının giriş ekranı gösterilmektedir. Giriş ekranında bluetooth modülü ile bağlantı kurma ve sonlandırma butonları, bağlantı durumu hakkında bilgi veren etiket ve DC motor kontrol fonksiyonlarının bulunduğu ikincil ekrana geçiş için gerekli buton bulunmaktadır.



Şekil 15: Uygulamamızın giriş ekranı

Şekil 16’da uygulamanın ikincil ekranıdır. Bu ekranda DC motorun kontrolü için gerekli butonlar, motorun dönüş yönü hakkında bilgi veren etiket ve sesli komut verme özelliğini sağlayan butondan oluşmaktadır. Motorun dönüş yönü hakkında bilgi veren etiket yazısı PIC mikrodenetleyiciden gelen bilgiye göre değişmektedir.



Şekil 16: Motor kontrolünü gerçekleştiren butonların bulunduğu ikincil ekran

3. Sonuç

MIT App Inventor programı ile uygulama geliştirilirken bloklar kullanıldığından yeterince esnek değildir. Her istenilen olay bloklar ile gerçekleştirilememektedir. Kod yazılımı ile geliştirilen uygulamalarda ise esneklik faktörü yazılımcı tarafından belirlenir ancak önceden android programlama ile uğraşmayan kişiler için kod yazmak ve uygulama geliştirmek zor olmaktadır.

Bu çalışmada mobil cihazlarla etrafımızdaki cihazlarla hızlı bir şekilde bağlanıp, cihazların kontrol ve ayarlamalarının yapılabileceği sunulmuştur. Etrafımızdaki cihazların üzerlerinde bir kontrol ünitesi olmadan daha hızlı ve mobil olarak kontrol etmemizi sağlamaktadır. Bu sistemin endüstriyel uygulaması olduğu gibi, akıllı ev ve seralarda kullanıma özelliğine sahiptir.

4. Kaynaklar

- [1] <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24676414>
- [2] Özel, E., “PWM Yöntemi ile DC Motorun PC Üzerinden Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı, Van, 2009.
- [3] Aydoğmuş, Ö., “PIC Mikrodenetleyici Yardımı ile DC Motorun Hız Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ, 2006.
- [4] Akar, F., Yağımlı, M., (2007), “PIC16F877A Proje Tasarımı”, Beta Yayıncılık, İstanbul, pp. 425-430, 468-503.
- [5] Şahin, H., Dayanık, A., Altınbaş, C., (2006), “PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A”, Altaş Yayıncılık, İstanbul, pp. 195-199, 248-267.
- [6] <http://mcuoneclipse.com/2013/06/19/using-the-hc-06-bluetooth-module/>
- [7] Hart, D.W., (2011), “Power Electronics”, The McGraw-Hill Companies, New York, pp. 431-436.
- [8] Güngör, Y., “İnternet ve GPRS Tabanlı SCADA Sistemi ile DC Motorun Hız ve Moment Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2010.
- [9] CAI, J., WU, J., WU, M., HUO., M., (2011), “A Bluetooth Toy Car Control Realization by Android Equipment”, International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE), December 16-18 - Changchun, China.
- [10] Wolber, D., Abelson, H., Spertus, E., Looney, L., (2011), “App Inventor: Create Your Own Android Apps”, O'REILLY Media, Sebastapol.
- [11] <http://appinventor.mit.edu/explore/>



Kaan Karamancı

Kaan Karamancı, 1993 yılında Antalya’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2011 yılında Antalya Akdeniz Lisesi’nden mezun oldu ve Akdeniz Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’ne giriş yaptı. Şu an 4. sınıf öğrencisidir. 2013 yılında ilk stajını Akdeniz Üniversitesi Hastanesi Biyomedikal Birimi’nde yaptı. Daha sonra ikinci stajını da 2014 yılında AVEST Elektronik Ltd. Şirketi’nde tamamladı.



Yalçın Albayrak

Yalçın Albayrak, 1976 yılında Berlin’de doğmuştur. Lisans ve Yüksek Lisans derecelerini 2003 ve 2007 yılında Berlin Teknik Üniversitesi’nde Bilişim Mühendisliği Bölümü’nden almıştır. Siemens ve Avitech firmalarından çalışmıştır. 2008 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Biomedikal, mobil ve gömülü sistemler üzerine araştırmalar yapmaktadır.



Turan Çakıl

Turan Çakıl, 1991 yılında Elazığ’da doğdu. İlk ve orta eğitimine 1996 yılında Namık Kemal İlköğretim Okulu’nda başladı. 2009 yılında Fen Lisesi’nden mezun oldu. 2010 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Şu an 4. sınıf öğrencisidir. 2013 yaz dönemi stajını TEİAŞ 13. İletim Tesis İşletme Müdürlüğü’nde yaptı. 2014 yaz dönemi stajını DHMİ Elazığ Havalimanı Teknik Hizmetler Müdürlüğü’nde yaptı.



İbrahim Eren

İbrahim Eren, 1991 yılında Gaziantep’te doğdu. İlk ve orta öğretimini Gaziantep’te tamamladı. İlköğretimini Düztepe İlköğretim Okulu’nda, orta öğretimini ise Şehit Şahin Lisesi’nde okudu. 2011 yılında girdiği üniversite sınavını kazanıp şu an Akdeniz Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. sınıf öğrencisidir. 2013 yılında Türk Telekom’da ilk stajını yaptı.



TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası
EMO BİLİMSEL HAKEMLİ DERGİ YAZIM KURALLARI YÖNERGESİ

“EMO Bilimsel Hakemli Dergi”, özgün bilimsel araştırmalar ile ilginç uygulama çalışmalarına yer veren ve bu niteliği ile hem araştırmacılara hem de uygulamadaki mühendislere seslenmeyi amaçlayan hakemli bir dergidir. İlgili alanı Elektrik Mühendisleri Odası’na kayıtlı tüm mühendislik disiplinleridir. Yayın dili Türkçe olup, dergide yayınlanacak makaleler ve kısa bildirimler ile ilgili yazım kuralları aşağıda verilmektedir.

Makalelerin basıma hazır tam metni, pdf dosyası olarak <http://edergiportal.emomerkez.net/sayilar> adresindeki derginin **Makale Yönetim Sistemi** üzerinden iletilmelidir. Makale dosyaları, ilk yazarın soyadına göre adlandırılmalı, aynı yazara ilişkin birden fazla bildiri iletilmesi durumunda verilen ada ek olarak numaralandırma da yapılmalıdır.

Bilgisayar ortamında iletilmeyen makalelerin hakemlere gönderilmesi ve değerlendirilmesi olanağı bulunmamaktadır.

Makale yazım kuralları:

- Makale sayfaları, A4 (210 mm x 297 mm) kağıt boyutunda hazırlanmalıdır.
- Sayfa kenar boşlukları:
İlk sayfa için
üst = 3 cm, alt = 3,7 cm, sol = 2 cm, sağ = 2 cm
diğer sayfalar için
üst = 2,5 cm, alt = 3,7 cm, sol = 2 cm, sağ = 2 cm.
- Makale herbiri 80 mm genişliğinde iki sütun halinde yazılmalıdır. Sütunlar arasında 10 mm aralık bırakılmalıdır.
- Makale, Times New Roman yazı tipi ile tek satır aralıklı, iki yana dayalı hizalı olarak yazılmalıdır.
- Makale başlığında, bildiri adı, yazar adları, yazarların çalıştıkları kurumların adları ve e-posta adresleri yer almalıdır.
- Başlıktan sonra dört satır boşluk bırakılarak yazılacak Türkçe özet ve İngilizce özet (abstract) kısımları en az 100, en çok 150 kelimedenden oluşmalıdır.
- Bölüm başlıkları, numaralandırılmalı, yalnızca baş harfleri büyük harflerle yazılmalı ve sütuna ortalanmalıdır.
- **Makalede kullanılacak yazı tipi boyut ve biçimleri:**

Başlık	14 Kalın Yalnızca baş harfleri büyük
Yazar adları	12 <i>İtalik</i>
Kurum adları	12
Özetler	9 <i>İtalik</i>
Alt ve üst simgeler	7
Başlıklar	11 Kalın
Metin	9

- Makale değerlendirme sonuçları, sisteme yüklendikten en geç 2 ay sonra e-posta ile yazarlara bildirilecektir. Aksi belirtilmedikçe yazışmalarda birinci yazarın adresi kullanılacaktır.

Tüm yazışmalar ve ilişkiler <http://bilimseldergi.emo.org.tr> web sayfasında açılacak olan alanda elektronik ortamda yapılacaktır.

Bu yazım kuralları, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu ile EMO Bilimsel Hakemli Dergi’nin yayın kurulunca yürütülür.

