

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

F KLAVYE İÇİN METİN ANALİZİ TABANLI
KELİME TAMAMLAMA SİSTEMİ TASARIMI

Bergen KARABULUT

AĞUSTOS 2016

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Bergen KARABULUT tarafından hazırlanan F KLAVYE İÇİN METİN ANALİZİ TABANLI KELİME TAMAMLAMA SİSTEMİ TASARIMI adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erdem Kamil YILDIRIM
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Halil Murat ÜNVER
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI _____
Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Halil Murat ÜNVER _____
Üye : Yrd. Doç. Dr. Atilla ERGÜZEN _____

17/08/2016

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

F KLAVYE İÇİN METİN ANALİZİ TABANLI KELİME TAMAMLAMA SİSTEMİ TASARIMI

KARABULUT, Bergen

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Halil Murat ÜNVER

Ağustos 2016, 70 Sayfa

Bu çalışmada; Standart Türk Klavyesi olan F klavye ile birlikte kullanılmak üzere metin analizi temelli bir kelime tamamlama sistemi geliştirilmiştir. Öncelikle mevcut sistemler incelenmiş ve gereksinimler tespit edilmiştir. Çalışmada, adliye çalışanlarının yoğun klavye kullanımından dolayı, adli metinler, geliştirilen sistemin eğitim ve test verisi olarak ele alınmıştır. Adalet Bakanlığı tarafından, zabıt kâtabi alım sınavlarında kullanılan 2014 ve 2015 yıllarına ait 160 sınav metni üzerinde metin analizi yapılmıştır. Metin analizinden elde edilen kelimelerin unigram ve bigram frekans bilgileri bir veritabanında tutulmuştur. Klavye dinlemesi ile kullanıcıyı takip eden ve kullanıcının, yazmakta olduğu kelime için veya yazdığı bir kelimedenden sonra gelecek olan kelime için 8 elemanlı bir tahmin listesi sunan kelime tamamlama sistemi geliştirilmiştir. F klavye üzerine eklenen belirli tuş kombinasyonları ile kullanıcının önerilen kelimelerden birini seçmesiyle kelimenin doğrudan yazılması sağlanmıştır. Ayrıca, kullanıcının ek metin taramaları ile veritabanını güncelleyebilmesine ve çalışma alanına uygun metin taraması yaparak kendi kelime veritabanını oluşturabilmesine imkân sağlayan bir arayüz eklenmiştir.

Bu çalışma ile kullanıcı etkileşimli ve gelişime açık bir kelime tamamlama sistemi sunulmuştur. Genel bir kelime veritabanı oluşturmak yerine, kullanıcının kişisel veya çalışma alanına ait metinleri tarayarak geliştirebileceği bir veritabanı tercih edilmiştir. Geliştirilen sistemin performansı kullanıcıya sağladığı tuşlama tasarrufu ve

parmakların aldığı yoldan sağlanan tasarruf açısından değerlendirilmiştir. Kullanılan metinler arasından rastgele seçilen 15 metin ile yapılan test işleminde ortalama %50,98 tuşlama tasarrufu ve %87,84 parmakların aldığı yoldan tasarruf sağlanmıştır. Böylece klavyede parmaklara düşen iş yükü azaltılarak yazma işlemi daha rahat hale getirilmiştir. Araştırılan, incelenen ve geliştirilen bu sistem ile yoğun klavye kullanıcılarının yazma sırasında parmaklarına düşen iş yükünün azaltılması, yazma işleminin kolaylaştırılması, fiziksel, zihinsel veya öğrenme engelli kullanıcıların daha rahat klavye kullanabilmesi ve uzun vadede görülen kas-iskelet gibi meslek hastalıklarının azaltılması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif ve Destekleyici İletişim, Kelime Tamamlama, Kelime Tahmini, Tuşlama Tasarrufu, F klavye

ABSTRACT

TEXT ANALYSIS BASED WORD COMPLETION SYSTEM DESIGN FOR F KEYBOARD

KARABULUT, Bergen

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Halil Murat ÜNVER

August 2016, 70 Pages

In this study, to be used in conjunction with F keyboard that is Standard Turkish Keyboard, a word completion system based on text analysis was developed. Firstly, available systems were investigated and needs have been determined. In the study, due to the intensive keyboard usage of court-house employees, legal texts are taken as training and test data of the developed system. Text analysis was conducted on 160 texts of the 2014 and 2015 years used in the clerk recruitment exam performed by the Ministry of Justice. Unigram and bigram frequency information of words which are obtained from text analysis kept in a database. Following user with keyboard listening and present a prediction list, which has 8 elements, for word that user's typing word or next word after user's typed word, a word completion system was developed. With selection of user with specific key combination added on F keyboard is provided directly writing to the word. In addition, an interface has been added that allows user to update database with additional text scanning and to create own database peculiar to the branch by making text scanning.

With this study, a word completion system that is user-interactive and open for improvement was presented. Instead of a general word database, a database developed by user by scanning texts peculiar to user or branch was preferred. The performance of developed system is evaluated in terms of saving keystroke and finger travel provided to the user. 50,98% of average keystroke saving and 87,84% of average

finger travel saving were provided at the test process done with 15 randomly selected texts among the all used texts. So, the writing process has been more comfortable by reducing the workload of the fingers on the keyboard. With the researched, analyzed and developed system is expected to reduce workload to fingers during the writing process of intensive keyboard users, to facilitate the writing process, to use the keyboard more comfortable of physically, mentally and visually impaired users and to reduce effect of occupational diseases such as musculoskeletal diseases that can be seen in the long term.

Key Words: Alternative and Augmentative Communication, Word Completion, Word Prediction, Keystroke Saving, F Keyboard

TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımını esirgemeyen, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Halil Murat ÖNVER 'e, tez çalışmalarım esnasında, teknik konularda yardımını gördüğüm hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Atilla ERGÖZEN 'e ve tezimi hazırlamam esnasında desteğini esirgemeyen çalışma arkadaşım Arş. Gör. Şeyma CİHAN 'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Klavye	2
1.1.1. Klavye Tarihi	2
1.1.2. Klavyede Harf Düzeni.....	4
1.1.3. QWERTY Klavye	5
1.1.4. F Klavye	8
1.2. Alternatif ve Destekleyici İletişim.....	9
1.2.1. Kelime Tamamlama	11
1.2.2. Kelime Tamamlama Kullanım Alanları.....	14
1.3. Literatür Çalışmaları.....	16
2. MATERYAL VE YÖNTEM	22
2.1. Kelime Verisi	22
2.2. Metin Seçimi	22
2.2.1. Sistem Eğitim Metinleri	23
2.2.2. Sistem Test Metinleri	23
2.3. Kelime Tahmin Yöntemleri.....	23
2.3.1. Kelime Unigram Frekansı	24
2.3.2. Kelime Bigram Frekansı	26
2.4. Klavye Seçimi	27
2.5. Kelime Tahmin Listesi Yapısı ve Tahmin Seçme Yöntemi.....	28
2.6. Programlama Dili ve Veritabanı.....	32
2.7. Klavye Dinlemesi ve İmleç Takibi.....	32

3. ARAŞTIRMA BULGULARI	35
3.1. Kelime Tamamlama Sistemi Geliştirilmesi.....	35
3.1.1. Giriş Arayüzü	35
3.1.2. Metin Analizi Arayüzü.....	36
3.1.3. Sistem Veritabanı	38
3.1.3.1. “unigram” Tablosu.....	38
3.1.3.2. “unigram_tahmin” Tablosu.....	39
3.1.3.3. “bigram” Tablosu.....	40
3.1.4. Kelime Tamamlama Arayüzü	41
3.2. Kelime Tamamlama Sistemi Test Edilmesi	42
3.2.1. Tuşlama Tasarrufu	43
3.2.2. Parmakların Klavyede Aldığı Yoldan Tasarruf	45
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	49
4.1. Sonuçlar.....	49
4.2. Katkıları ve Tartışma	50
4.3. Gelecek Çalışmalar.....	54
KAYNAKLAR	56
EKLER	66
EK 1. KULLANILAN METİNLER	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tahmin listesi öncelik sıralaması	29
2.2. Tuş kombinasyonları.....	30
2.3. Kullanılan sistem fonksiyonları	34
3.1. Tuşlama tasarrufu test sonuçları	45
3.2. Yol tasarrufu test sonuçları	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Remington firmasının 1867 Sholes - Glidden daktilosu [15]	3
1.2. Sholes 1878 daktilosu harf düzeni [6].....	5
1.3. Standart Amerikan QWERTY klavye harf düzeni.....	6
1.4. F klavye	8
1.5. WordQ 4 kelime tamamlama yazılımı kullanıcı arayüzü	16
2.1. Kelime unigram frekansı elde edilmesi	25
2.2. Unigram frekans algoritması akış diyagramı	25
2.3. Kelime bigram frekansı elde edilmesi	26
2.4. Bigram frekans algoritması akış diyagramı	27
2.5. F klavye parmak konumları	28
2.6. Kelime tahmin listesi örneği	31
3.1. Kelime tamamlama sistemi giriş arayüzü	35
3.2. Kelime tamamlama sistemi metin analizi arayüzü.....	36
3.3. “unigram” tablosu yapısı.....	38
3.4. “unigram” tablosu verileri.....	39
3.5. “unigram_tahmin” tablosu yapısı.....	40
3.6. “unigram_tahmin” tablosu verileri.....	40
3.7. “bigram” tablosu yapısı.....	41
3.8. “bigram” tablosu verileri.....	41
3.9. Kelime tamamlama arayüzü.....	42
3.10. Kelime tamamlama sistemi kullanımı.....	43
3.11. Kelime tamamlama sistemi kullanıcı arayüzü	44
3.12. Klavyede tuşlara parmak-el ataması ve her tuş için alınan yol değeri.....	46
4.1. Sistem testinde elde edilen KS değerleri.....	50
4.2. Sistem testinde elde edilen yol tasarrufu değerleri	51

KISALTMALAR DİZİNİ

WPM	Words Per Minute
ALS	Amiyotrofik Lateral Skleroz
HR	Hit Rate
KS	Keystroke Saving
ACC	Accuracy
KuC	Keystroke until Completion
KSR	Keystroke Saving Rate
KuP	Keystroke until Prediction
PDA	Personal Digital Assistant
LSA	Latent Semantic Analysis
POS	Part of Speech Tagging
API	Application Programming Interface
DLL	Dynamic Link Library

1. GİRİŞ

Yazma, konuşulan dilin görsel olarak ifade edilmesidir. Tarih boyunca insanlar bilginin saklanması, paylaşılması ve öğretilmesi gibi nedenlerle sürekli yazma eylemine ihtiyaç duymuştur. Bu ihtiyaçla birlikte, yazma araçları sürekli gelişim göstermiştir. Özellikle son yüzyılda yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak, yazma araçları da yeni bir seyir almıştır. Bilginin saklanması, paylaşılması, öğretilmesi gibi tüm ihtiyaçlar artık dijital ortamlarda gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, yazma eylemi de çoğunlukla dijital ortamlarda ve klavye vasıtasıyla yapılmaktadır.

Daktilo ile temelleri atılan klavye, bilgisayarın gelişimi ile vazgeçilmez bir aygıt olarak insan hayatına yerleşmiştir. İnsanlar vaktinin önemli bir kısmını bilgisayar ve bilgisayar teknolojilerini kullanarak geçirmekte ve hatta bu cihazlarla okul çağından bile önce tanışmaktadırlar. Bilgisayar teknolojileri kullanımında ortak olan yazma ihtiyacı nedeniyle, klavye, gelişim süreci boyunca sürekli çalışmalara konu olmuş ve klavyenin farklı tasarımları yapılmıştır. Özellikle son dönemlerde fiziksel, zihinsel veya öğrenme engeli olan kişilerin hayatını kolaylaştırmak için geliştirilen yardımcı teknoloji alanında da klavye üzerine önemli çalışmalar bulunmaktadır.

Bu gün bilgisayar ve bilgisayar teknolojileri birçok engelli insanın hayatının temel parçası haline gelmiştir [1]. Yardımcı teknoloji çalışmaları, engelli insanların bu teknolojileri daha rahat kullanımını sağlamak için yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalardan biri de klavye ile yazmayı kolaylaştırmak için geliştirilen sistemlerdir. Bunlar klavyede yazmayı kolaylaştırmak ve basılması gereken tuş sayısını en aza indirmek amacıyla tasarlanan kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemleridir.

Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemleri kullanıcının yazmak istediği kelimeyi olabildiğince erken tahmin ederek en az çabayla yazmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler başlangıçta engelli insanlara yardımcı teknoloji olarak geliştirilmiş ve bu yönde çalışmalar yapılmıştır. Ancak, günümüzde akıllı telefonların yaygın kullanımı ile birlikte bu sistemler yeni bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca makine çevirisi,

arama motoru ve kısa mesaj servisleri gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemleri üzerine çalışmalar hem yardımcı teknoloji alanında hem de yeni alanlarda devam etmektedir.

Bilişim çağının getirisi olan hızlı yazma ihtiyacı, farklı cihazlar için farklı klavye gereksinimi, ergonomik faktörlerin ele alınması, dile özgü harf düzenine ihtiyaç duyulması, klavye kaynaklı ortaya çıkabilecek sağlık problemlerinin dikkate alınması, engelli kişiler için yardımcı klavye teknolojilerine ihtiyaç duyulması gibi sebepler klavye ve kelime tamamlama üzerine çalışmaların devam etmesini gerektirmektedir.

1.1. Klavye

Klavye, üzerine harfler, rakamlar, özel karakterler ve belirli görevlere atanmış tuşların bir düzende yerleştirildiği, bilgisayar giriş birimidir.

1.1.1. Klavye Tarihi

Günümüz klavyesinin tarihi süreci, daktilonun keşfine dayanmaktadır. İlk daktilo patenti 1714 yılında İngiliz mühendis Henry Mill tarafından alınmıştır [2]. Mucit, dönemin İngiliz Kraliçesi Anne tarafından ödüllendirilmiştir [3]. Fakat günümüzde bu icatla ilgili herhangi bir kayıt bulunmamaktadır [4]. 1800'lü yıllara gelindiğinde ise daktilo çalışmaları hız kazanmıştır. Bu yüzyılda daktilo üzerine önemli çalışmalar yapılmış ve çok sayıda patent alınmıştır. Burada bu çalışmalardan öne çıkan bazılarına değinilmiştir.

Amerika'nın ilk daktilo patenti 23 Nisan 1829 yılında William Austin Burt tarafından alınmıştır. Geliştirilen bu makine "typographer" olarak adlandırılmıştır [5]. Burt' un makinesinin tek örneği 1836 yılında patent ofisinde çıkan yangında zarar görmüştür [4]. Geliştirilen ilk ticari amaçlı daktilo ise 1865 yılında Rasmus Malling-Hansen tarafından icat edilen ve "The Hansen Writing Ball" olarak adlandırılan daktilo olmuştur [6].

1800'lü yılların sonlarında Christopher Latham Sholes daktilo üzerine başarılı çalışmalara imza atmıştır. Sholes, ilk başarılı ve modern daktiloların tasarımını yapmıştır. 1867 yılında Sholes ve arkadaşları tarafından geliştirilen daktilo, 1868 yılında patenti alınmıştır [7], ilk ticari başarı elde eden daktilonun temelini oluşturmuştur. Sonraki yıllarda, bu daktilo üzerinde çalışılmış ve alfabetik sırada bulunan harfler yerine 4 sıradan oluşan günümüz QWERTY harf düzeni standardı oluşturulmuştur [8]. “Sholes-Glidden Typewriter” adı verilen daktilo, Şekil 1.1.'de verilmiştir, dönemin ünlü askeri firması “E. Remington and Sons” tarafından 1874 yılında piyasaya sürülmüştür [9-10]. Bu daktilo, ilk ticari başarı elde eden daktilo olmuştur [11]. Sholes, çalışma hayatı boyunca tasarımlarını sürekli geliştirmiş, başarılı çalışmalara imza atmış ve yaptığı çok sayıda daktilo tasarımıyla patent almıştır. [12-13]. Geliştirdiği modern ve başarılı tasarımlardan dolayı Sholes, “Daktilonun Babası” olarak anılmaktadır [14].



Şekil 1.1. Remington firmasının 1867 Sholes - Glidden daktilosu [15]

İlk taşınabilir daktilo George Canfield Blickensderfer tarafından 1892 yılında patenti alınan “Blickensderfer” olmuştur [16]. 19. yüzyılın sonlarına doğru bu çalışmaların yanı sıra elektrikli daktilo üzerine çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır. 1872 yılında Thomas A. Edison ilk elektrikli daktilonun patentini almıştır [17]. Fakat bu daktilonun kullanılabilir modeli ancak 1920’li yıllarda yapılabilmektedir. 1902 yılında Blickensderfer, elektrikli daktilo üretimi yapmış ve bu daktilo ilk ticari başarı elde eden elektrikli daktilo olmuştur [16].

20. yüzyılın ilk yarısında, IBM ve birçok firma tarafından başarılı elektrikli daktilolar üretilmiştir. Buna rağmen bu daktilolar 2. Dünya Savaşı sonrasına kadar geniş kabul görmemiştir [16]. 1946 yılında ise askeri amaçlı çalışmalar sonucu ilk bilgisayar kabul edilen ENIAC tamamlanmıştır. Ancak bu bilgisayarda veri girişi için delikli kartlar kullanılmıştır. 1948 yılında tamamlanan BINAC bilgisayar için daha farklı bir veri giriş yöntemi geliştirilmiştir. BINAC bilgisayarda veri girişi için bir elektrikli Daktilo-Klavye ünitesine yer verilmiştir [18]. Bununla birlikte bilgisayarın gelişim süreci başlamış ve günümüz bilgisayar klavyesinin temeli atılmıştır.

1950-1970 yılları arasında bilgisayar gelişimini sürdürmüştür. Bu tarihlerde daktilo kullanımı da çok yaygın hale gelmiştir. Ancak, 1980 yılı sonrasında kişisel bilgisayarların yayılmaya başlamasıyla daktilo önemini kaybetmiş ve yerini klavyeye bırakmıştır. Günümüzde ise klavye, çok yaygın kullanımıyla bilgisayar ve bilgisayar teknolojileri için büyük önem arz etmektedir.

1.1.2. Klavyede Harf Düzeni

Dünya üzerinde çok sayıda dil mevcuttur. Her dil kendine özgü harf, kelime ve gramer yapısına sahiptir. Dillerin bu özgün yapısı, klavye için tüm dünyada kullanılabilecek standart bir harf düzeni oluşturulmasını engellemektedir. Bununla birlikte farklı diller için klavye üzerinde farklı harf düzenleri gerekmektedir.

Daktilo ile başlayıp klavyeye giden tarihi süreçte, harf düzeni üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda, ele alınan dil için, o dile özgü en uygun harf düzeni aranmıştır. Farklı diller için yapılan çalışmaların yanında bir dil için farklı ölçütlerle

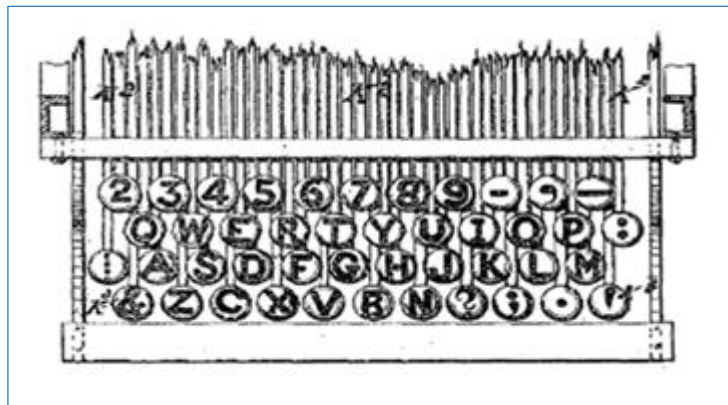
oluşturulan birden fazla harf düzeni çalışması da bulunmaktadır. Bu konuda verilebilecek en uygun örnek İngilizce klavye çalışmaları olmuştur. Dünyada çok yaygın kullanılan bir dil olan İngilizce için en uygun harf düzenini oluşturmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak, klavyede harf düzeni üzerine yapılan çalışmaların çoğunluğu teorik olarak kalırken sadece bazı klavyeler yaygın kullanıma ulaşabilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye’ de yaygın kullanımda olan QWERTY klavye ve F klavye ’ye değinilmiştir.

1.1.3. QWERTY Klavye

Standart İngilizce klavyedir. 1966 yılında Uluslararası Standart Klavye olarak kabul edilmiştir [19]. Kısaca Q klavye olarak adlandırılan QWERTY klavye adını sol üst 6 harfinden almıştır. Bu gün dünya çapında çok yaygın bir kullanıma erişmiş olan bu klavye harf düzeninin tarihi, daktilolara dayanmaktadır.

QWERTY harf düzeninin orijinal hali Sholes’in 1876 daktilosunda yer almaktadır [20]. Şekil 1.2.’de Sholes’ in 1878 yılında patentini aldığı daktiloda yer alan harf düzeni ve Şekil 1.3.’te bu gün Amerikan standart klavyesi olan QWERTY klavye harf düzeni verilmiştir. Harf konumlarına bakıldığında sadece M harfinin alt satıra indiği ve X ile C harflerinin yer değiştirdiği görülmektedir.



Şekil 1.2. Sholes 1878 daktilosu harf düzeni [6]

~	!	@	#	\$	%	^	&	*	()	-	+	←	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	=	←	Backspace	
Tab	Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	{	}		
↔											[]	\	
Caps Lock	A	S	D	F	G	H	J	K	L	:	"	↵	Enter	
↑										:	"	↵		
Shift	Z	X	C	V	B	N	M	<	>	?	Shift	↵		
↵								,	.	/	↵			
Ctrl	Win Key	Alt									Alt	Win Key	Menu	Ctrl

Şekil 1.3. Standart Amerikan QWERTY klavye harf düzeni

Yüzyılı aşır bu güne ulaşan ve çok yaygın kullanıma erişen bu klavye düzeninin nasıl oluşturulduğu ile ilgili net bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak konu ile ilgili çeşitli rivayetler bulunmaktadır. Bunlardan en bilineni sıkışma problemi. Daktiloda, tuşlara hızlı basmaktan kaynaklanan mekanik bir sıkışma problemi bulunmaktadır. Sholes, bu problemi çözmek için İngilterede çok kullanılan harfleri parmakların zor erişebileceği yerlere konumlandırmıştır. Bu şekilde QWERTY olarak adlandırılan bu harf düzeni oluşturulmuştur. Diğer bir rivayet ise; “typewriting” kelimesinin hızlı yazılmasını sağlayacak şekilde harflerin yerleştirildiğidir. Bu sayede, ürünün satışı sırasında bu kelime hatasız yazılabilecek ve ürün tanıtımı yapılacaktır. Kaynaklarda bu rivayetler dışında, QWERTY harf düzeninin oluşturulması ile ilgili herhangi bir bilimsel çalışma bilgisine rastlanmamıştır.

QWERTY harf düzeninin nasıl oluşturulduğunun bilinmemesi, herhangi bir bilimsel çalışmaya dayanmaması ve yavaş yazmaya sebep olduğunun düşünülmesi ilerleyen yıllarda İngilizce için optimum harf düzeninin oluşturulmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmasına neden olmuştur. Bu alanda yapılan çalışmalar günümüze kadar uzanmaktadır.

Harf düzeni çalışmaları, daktiloların kullanıldığı dönemde başlamıştır. Özellikle QWERTY harf düzenini iyileştirmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu amaçla ilk çalışmalar, 1909 ve 1944 yılları arasında yapılmıştır. Bunlardan bazıları Rowell [20], Banaji [21], Heidner [22], Nelson [23], Meher [24], Wolcott [25], Hall [26], Hoke [27], Ward [28] ve Solon [29] tarafından yapılan çalışmalardır. Çalışmalarda,

genellikle sık kullanılan harfler parmakların kolay erişebileceği noktalara yerleştirilerek yeni tasarımlar sunulmuştur.

İlk çalışmalar arasında bulunan ve 1932 yılında Dvorak ve Dealey tarafından geliştirilen Dvorak harf düzeni en bilinen çalışmalardandır. Dvorak ve Dealey yoğun bir çalışma sonucu harflerin sıklıklarını ve ardışık gelme durumlarını analiz ederek İngilizce için yeni bir harf düzeni oluşturmuşlardır [30]. Geliştiren harf düzeni QWERTY ile kıyaslandığında elde edilen sonuçlardan bazıları şunlardır:

- Öğrenilme süresi %50 daha azdır,
- Ortalama %30 daha hızlı yazılır ve
- Klavyede parmakların bir günde aldığı yolu 20 milden 1 mile düşürür [19].

Sonraki yıllarda da çalışmalar devam etmiştir. 1944-1992 yılları arasında farklı yaklaşımlar kullanılarak optimum klavye düzenleri önerilmiştir. Bu tarihlerde yapılan çalışmalardan bazıları Griffith [31], Maxwell [32], Martin [33], Ferguson ve Duncan [34], Malt [35], Rose [36] ve Rader [37] tarafından yapılmıştır.

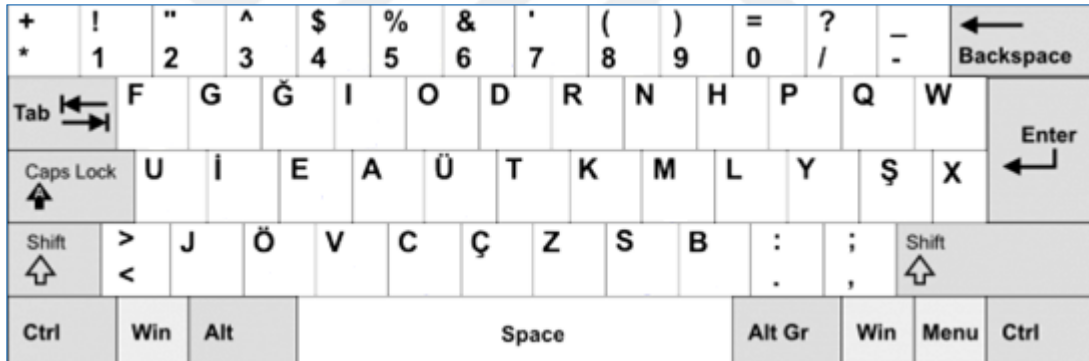
1992'den günümüze konuyla ilgili çalışmalar devam etmiştir. Özellikle son dönemlerde yapay zeka teknikleri, optimizasyon algoritmaları veya ergonomik ölçütlerin dikkate alındığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu tarihlerde yapılan çalışmalardan bazıları Matias[38], Harbaugh [39], Eggers [40], Raynal ve Nadine [41], Keinonen vd. [42] ve Ünver ve Karabulut [43] tarafından yapılmıştır.

Her ne kadar alanda sayısız çalışma yapılmış olsa da bu gün özellikle İngilizce konuşulan ülkelerde QWERTY klavye hâkimiyeti devam etmektedir. Çalışmaların çoğu teoride kalmış ve kullanıma geçememiştir. Bazı ülkelerde ise QWERTY klavye türevleri kullanılmaktadır. QWERTY üzerinde sadece birkaç harf değişikliği yapılmıştır. Bunlar Almanca konuşulan ülkelerde kullanılan QWERTZ klavye ve Fransızca konuşulan ülkelerde kullanılan AZERTY klavyedir. Ancak kendi diline özgü klavyesini geliştiren ve kullanan ülkeler de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Türkçe, Arapça, Japonca ve Çince için geliştirilen ve kullanımda olan klavyelerdir.

1.1.4. F Klavye

F klavye, Türkçeye özgü geliştirilmiş olan standart Türk klavyesidir. Prof. Dr. İhsan Sıtkı Yener, 1940'lı yıllarda dile özgü harf düzeninin gerekliliğini tespit etmiş ve daktilolarda kullanılmak üzere Türkçeye özgü harf düzeni oluşturma çalışmalarına başlamıştır [44]. Ancak 1955 yılında Yener'in çalışmaları resmi kurumlarca desteklenmiştir. Yabancı uzmanlarında yer aldığı bir komisyon kurularak resmi çalışmalar başlatılmıştır.

Yener öncülüğündeki komisyon tarafından, bilimsel çalışmalarla desteklenmiş olan, F klavye harf düzeni oluşturulmuştur (Şekil 1.4.). Çalışmada, Türk Dil Kurumunun desteği ile yaklaşık 30.000 Türkçe söz ele alınmıştır. Bu 30.000 söz içerisinde harflerin geçme sıklıkları çıkarılmış ve harfler buna uygun olarak klavyede konumlandırılmıştır.



Şekil 1.4. F klavye

Yener'in uzun yıllar süren çalışmalarının ürünü olan ve on parmak yöntemi ile Türkçe için ideal klavye olarak belirtilen F klavye, 20 Ekim 1955'te "Bakanlıklar Arası Standardizasyon Komitesi" tarafından "Standart Türk Klavyesi" olarak kabul edilmiştir [45].

F klavye ile 1957 ve 1995 yılları arasında dünya çapında yapılan hızlı yazma yarışmalarında çok sayıda rekor kırılmış ve önemli başarılar elde edilmiştir [46]. Bu başarılar, dile özgü klavye tasarımının gerekliliği ve başarısını göstermiştir. Ancak günümüzde Türkiye'de resmi kurumlarca F klavye kullanımı teşvik edilmesine

rağmen teknolojik ürünlerde QWERTY klavyenin yer alması ve QWERTY klavye alışkanlığının oluşması, F klavye kullanımının yaygınlaşmasını engellemektedir.

1.2. Alternatif ve Destekleyici İletişim

Yardımcı teknoloji (AT, Assistive Technology), teknolojinin fiziksel, zihinsel veya öğrenme engelli kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmasıdır. Yardımcı teknoloji aktivitelerinden biri iletişimdir. Konuşma veya hareket zorluğu yaşayan insanlar iletişim aracı olarak bilgisayar kullanabilirler. Ancak motor becerileri yetersiz olan veya kas-iskelet problemi olan kişiler, disleksi hastaları, kısmi felçliler vb. hastalıklara sahip olan kişiler standart klavyeleri veya bilgisayar giriş birimlerini kullanmakta sıkıntı yaşayabilir. Bu sıkıntıları azaltmak amacıyla alternatif ve destekleyici iletişim araçları kullanılmaktadır.

Alternatif ve destekleyici iletişim, toplum ile iletişimde problem yaşayan veya hiç iletişim kuramayacak durumda olan engelli kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilen alternatif yöntemlerdir. Bu yöntemler, kişilerin iletişimini artırmayı ve harcadıkları çabayı en aza indirmeyi hedeflemektedir. Yardımcı bilgisayar teknolojileri de alternatif ve destekleyici iletişimin uygulamaları arasında yer almaktadır.

Yardımcı bilgisayar teknolojileri kişilerin engel durumuna göre değişmektedir. Görme engelli kişiler için konuştuklarını algılayıp yazan bir yardımcı teknoloji gerekirken, el-kol uzuvlarında problem olan kişiler için bilgisayarda yazmayı kolaylaştıracak bir yardımcı teknoloji gerekebilmektedir. Bu alanda engelli kişilerin bilgisayar kullanımına yönelik yardımcı teknoloji üzerine yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarını aşağıda değinilmektedir.

- ❖ Ward ve MacKay [47], yaptıkları çalışmada, bilgisayar giriş birimleri olan klavye ve fareyi kullanamayan kişiler için bilgi iletme aracı olarak bakış yönünü kullanmışlardır. Çalışmada, tersine aritmetik kodlama (inverse arithmetic coding) tabanlı ve bakış yönüne (gaze direction) dayalı bir metot sunmuşlardır. Metodun iki yenilikle fayda sağladığı belirtilmiştir. Birincisi, yazma işi göz kapasitesi ile

eşleştirilmiştir. İkincisi, yazmayı kolaylaştırmak için eklenen kelime tahmininde bir dil modeli kullanılmıştır. Yöntemin ekran klavyesi kullanımından daha hızlı ve daha doğru olduğu belirtilmiştir.

- ❖ Wobbrock vd. [48], akülü sandalyelerde kullanılmak üzere iki adet yazma aracı sunmuşlardır. Birincisi joysticks ve ikincisi touchpad yardımıyla metin girişidir. Bu araçlarda C++ programlama dili ile yazılmış olan EdgeWrite yazılımı kullanılmıştır.
- ❖ Wobbrock ve Brad [49], motor becerileri yetersiz olan kişiler için trackball ile kullanılan yeni bir metin girme yöntemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem fiziksel engelli bir kişide denenmiş ve 8.oturumda %0 hata oranı ile katılımcının dakikada yazdığı kelime (WPM, Words Per Minute) 7.11' e ulaşmıştır.
- ❖ Song [50], yardımcı teknoloji olarak fare ve klavye yerine kullanılan joysticks üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerini kullanarak, joysticks kullanırken yapılan hareketi azaltmak hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, normal seçimli klavyelere kıyasla kelime tahmini ile %30 daha hızlı ve %50 daha az hareketle metinlerin yazılabildiği görülmüştür.
- ❖ Lancioni vd. [51], Amiyotrofik Lateral Skleroz (ALS) hastası olan bir kişide kafa hareketiyle aktifleşen mikro anahtar (mikroswitch) yerine ağız basıncı ile mikro anahtar kullanımının ve mesaj girişinde özel bir kelime tahmin fonksiyonu kullanımının faydasını değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak ağız mikro anahtarı ile kişi yazmada daha hızlı olmuştur. Benzer şekilde kelime tahmin programının kullanımını da kişinin daha hızlı yazmasını sağlamıştır.

Belirtilen bu çalışmalar, kişilerin engel durumuna göre özelleşen ve bilgisayar kontrolü veya bilgisayara metin girişini kolaylaştırmayı hedefleyen sistemlerdir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri de kelime tamamlamadır. Kelime tamamlama bazen kelime tahmini olarak da adlandırılan bir alternatif ve destekleyici iletişim tekniğidir [52]. Kelime tamamlama, kullanıcının basması gereken tuş sayısını

azaltması yönüyle yazmada güçlük yaşayan kişiler için yardımcı teknoloji kapsamına girmektedir.

1.2.1. Kelime Tamamlama

Kelime tamamlama, kullanıcının tuşlamaya başladığı kelimeyi olabildiğince doğru şekilde tahmin ederek kelimenin doğrudan yazılmasını sağlama işidir. Kullanıcı kelimenin ilk hafini tuşladığında veya hiç tuşlamadan ekranda tahmin edilen kelimeler listelenir. Kullanıcı tuşlamaya devam ettikçe kelime önerileri tuşlanan harflere bağlı olarak değişir. Eğer doğru kelime bulunursa kullanıcı kelimenin kalan harflerini tuşlamadan belirlenen bir tuş veya fare yardımıyla öneriler arasından kelimeyi seçer ve kelime tamamlanır. Bu şekilde parmakların daha az tuşlama yapmasıyla kelimelerin yazılması sağlanır. Aksi halde kullanıcı istediği kelime önerilene kadar tuşlamaya devam eder ve yazmak istediği kelime bulunamazsa tüm kelimeyi kendi yazarak tamamlar [53-54].

Kelime tamamlama bir çeşit kelime tahmin işi olarak belirtilmiştir. Kelime tahmini, kullanıcının bastığı tuşlara karşılık olarak ilgili kelimelerin önerilmesidir [55]. Literatürde kelime tahmini ve tamamlama işlemlerini barındıran sistemler sadece “kelime tamamlama” veya sadece “kelime tahmini” olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada ise geliştirilen sistem, kelime tamamlama olarak adlandırılmıştır.

Kelime Tamamlama Performans Ölçümü: Geliştirilen kelime tamamlama veya kelime tahmin sistemleri değerlendirilirken farklı ölçütler kullanılmıştır. Bu ölçütler; isabet oranı (HR, Hit Rate), tuşlama tasarrufu (KS, Keystroke Saving), doğruluk (Acc, Accuracy) ve tamamlamaya kadar tuşlama (KuC, Keystroke Until Completion) olarak belirtilmiştir [54].

- **İsabet Oranı**

İsabet oranı, yazılmak istenen kelimelerin kaç kere tahmin listesinde bulunduğu oranıdır. Kelime tamamlama için yüksek bir isabet oranı iyi bir performansı ifade etmektedir. Bu oran, Eşitlik 1.1 yardımıyla hesaplanmaktadır [56].

$$isabet\ oranı = \frac{tahmin\ edilen\ kelime\ sayısı}{yazılan\ toplam\ kelime\ sayısı} \quad (1.1)$$

- **Tuşlama Tasarrufu**

Kullanıcının kelime tamamlama veya kelime tahmini ile tuş basımından elde ettiği tasarruf oranıdır. Tuşlama tasarruf oranı Eşitlik 1.2 yardımıyla hesaplanmaktadır [57].

$$ksr_n = \left[1 - \frac{k_p}{k_a} \right] \times 100 \quad (1.2)$$

Formülde kullanılan terimler:

ksr : Tuşlama Tasarruf Oranı (Keystroke Saving Rate)

n : Tahmin Listesi Uzunluğu

k_p : Metindeki Toplam Karakter Sayısı

k_a : Kelime Tamamlama ile Basılan Toplam Karakter Sayısı

Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin performans değerlendirilmesinde temel değerlendirme ölçütü olarak KS kullanılmaktadır [58]. Özellikle alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak kelime tamamlama kullanımında kullanıcının harcadığı çaba en aza indirilmeye çalışılmaktadır. KS oranı ne kadar yüksekse kullanıcının harcayacağı çaba o kadar az olacaktır. Bu sebeple yapılan çalışmalarda, bu oranın artırılması hedeflenmiştir.

- **Doğruluk-Accuracy**

Kullanıcı kelimeyi yazmayı tamamlamadan yani kelimenin son karakteri yazmadan önce başarılı şekilde tamamlanan kelimelerin oranıdır.

- **Tamamlamaya Kadar Tuşlama**

Her bir kelime için, kelime, tahmin listesinde görülmeden önce basılan ortalama tuş sayısıdır. Kelime tahmini için tahmine kadar tuşlama (KuP, Keystroke until p-Prediction) olarak adlandırılmış olan bu ölçüt Eşitlik 1.3 yardımıyla hesaplanmaktadır [52].

$$Tahmine\ Kadar\ Tuşlama = \frac{\sum_{w_i \in T} K_{tuşlanan}(w_i)}{Sayı(T)} \quad (1.3)$$

Formülde kullanılan terimler:

W_i	: i. kelime (i = 1, 2, 3, ... n)
T	: Tahmin Kullanılarak Yazılan Metin
$Sayı(T)$: T Metnindeki Toplam Kelime Sayısı
$K_{tuşlanan}(W_i)$: i. Kelime Tahmin Listesinde Görülmesinden Önce Basılması Gereken Tuş Sayısı

Yapılan çalışmalarda, geliştirilen kelime tamamlama veya tahmin sistemleri genellikle yukarıda belirtilen bu 4 ölçüt ile test edilmiştir. Ancak bunların dışında, gerçek kişilerin kelime tamamlama veya kelime tahmin araçlarını kullanmasını sağlayarak bu sistemlerin verimliliğini test eden çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Anson vd. [59], Tam ve Wells [60], Hunnicutt ve Johan [61] ve Handley-More vd. [62] tarafından yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan bazılarına değinilmiştir.

- ❖ Anson vd. [59], yaptıkları çalışmada ekran klavyelerinde kelime tamamlama ve kelime tahmini kullanımının yazma hızına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, 20-38 yaş aralığında, 5 kadın ve 5 erkek katılımcı ile bir test yapılmıştır. Test çalışmalarında, katılımlardan 7 tanesi kelime tahmini kullanarak en hızlı yazma hızına ulaşırken, 2 tanesi kelime tamamlama ile en hızlı yazma hızına ulaşmıştır. Sadece bir katılımcı, her iki metotla da bir hız artışı elde edememiştir. Sonuç olarak, çalışma ile kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin ekran klavyeleri ile kullanımlarında hız artışı sağladığı tespit edilmiştir.

- ❖ Tam ve Wells [60], cep bilgisayarında (PDA, Personal Digital Assistant) kelime tahmin listesi kullanımının faydalarını değerlendirmişlerdir. Cep bilgisayarlarında kelime tahmin aracı olarak WordQ yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada, test işlemleri için 11-14 yaş aralığında 21 katılımcı yer almıştır. Sonuçta, cep bilgisayarında kelime tahmin listesi kullanımı ile olumlu sonuçlar elde edileceği belirtilmiştir.
- ❖ Handley-More vd. [61], öğrenme ve yazma problemleri olan kişilerde kelime tahmin içeren veya içermeyen kelime işlemcilerini kullanan ergoterapinin, yazılı iletişim becerisine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak, kelime tahmin kullanıldığında öğrenme yetersizliği ve yazma problemleri olan bazı çocukların yazılı ödevlerinin okunurluğu ve imlasında gelişme olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmada, her bireyin bireysel değerlendirilmesi ve bireye uygun teknolojik destek sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Bu çalışmalar, özellikle alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin faydasını göstermektedir.

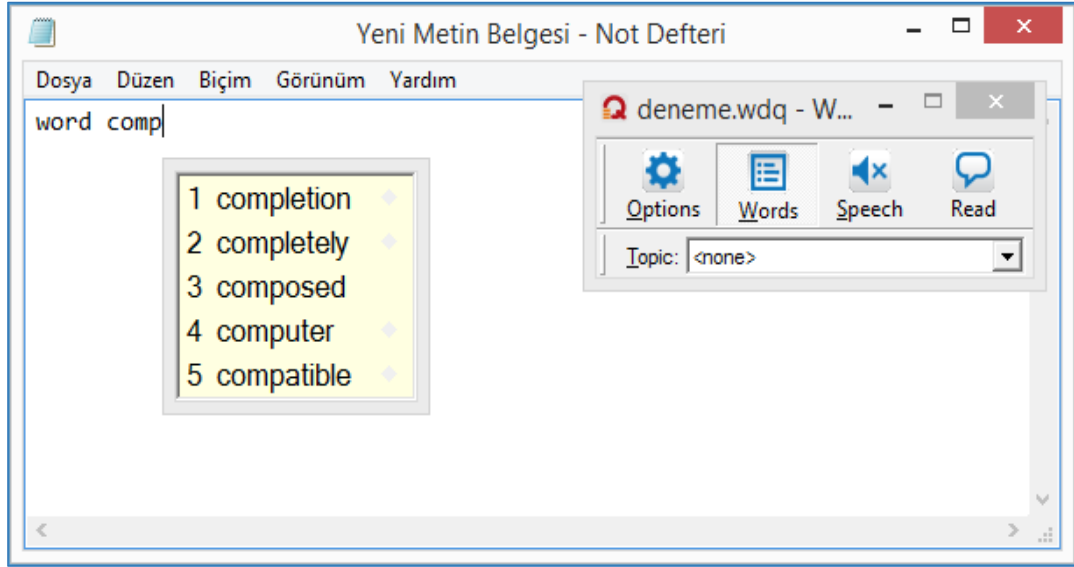
1.2.2. Kelime Tamamlama Kullanım Alanları

Kelime tamamlama üzerine yapılan basit yöntemlere dayalı ilk çalışmalar 1980'li yıllarda başlamıştır [54]. Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemleri temel olarak fiziksel engelli kişilerin yazma hızını artırmak için geliştirilmiştir [60]. Bu sebeple, 1980 ile 2000 yılları arasında yapılan çalışmalarda kelime tamamlama, çoğunlukla bir alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak ele alınmıştır. 2000'li yıllardan itibaren ise mobil cihazlarda kullanımıyla yeni bir alanda yer almaya başlamıştır. Bu günkü konumuyla kelime tamamlama farklı alanlarda yer almaktadır. Kelime tamamlama, alternatif ve destekleyici iletişim sistemleri, cep telefonları, arama motorları ve kısa mesaj servisleri için önem arz etmektedir [55]. Literatürde bulunan çalışmaları göz önünde bulundurarak kelime tamamlamanın kullanım alanları olarak şunlar sıralanabilir:

- Alternatif ve Destekleyici İletişim
- Cep Telefonu
- Kısa Mesaj Servisi
- Makine Çevirisi
- Cep Bilgisayarı
- Ekran Klavyesi
- Kişisel Bilgisayar

Tüm bu alanlarda önemli çalışmalar yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Foster vd. [62], makine çevirisi için yeni bir yaklaşım sunmuşlar ve bu yaklaşımın uygunluğunu belirlemek için otomatik kelime tamamlama sistemi kullanılmışlardır. Van Den Bosh ve Bogers [63], kelime tamamlama sisteminin mobil cihazlarda kullanımı üzerine çalışma yapmışlardır. Karunarathne vd. [64], Sinala dili için mobil kısa mesajlarda kullanılmak üzere bir cümle tahmin sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yaklaşım ile tahmin kullanılmadan mesaj yazımına kıyasla yazma süresi kısaltılmıştır. Darragh vd. [65], kelime tahmini ile kullanıcının yazma hızını artırmak ve iletişimi kolaylaştırmak için etkileşimli klavye çalışması yapmışlardır. Bununla birlikte, kelime tamamlama veya kelime tahmin sistemlerinin farklı aygıtlarda kullanımı üzerine çok sayıda patent çalışması da bulunmaktadır [66-71].

Kelime tamamlama sistemleri, sağladığı tuşlama tasarrufu ile fiziksel engelli kişiler ve öğrenme veya diğer zihinsel problemi olan kişiler için yardımcı araç olarak ilkokullar ve sağlık merkezlerinde kullanılmaktadır. Bu alanda yapılmış ticari yazılımlar bulunmakta ve yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan öne çıkan bazı yazılımlar WordQ [72] ve Co:Writer [73] adı verilen paket programlardır. Şekil 1.5.'te WordQ 4 deneme sürümüne ait kullanıcı arayüzü verilmiştir.



Şekil 1.5. WordQ 4 kelime tamamlama yazılımı kullanıcı arayüzü

1.3. Literatür Çalışmaları

Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemleri üzerine yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Burada, yapılan çalışmalardan bazılarını ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Farklı bir kelime tahmin çeşidi olan kısaltma-genişletme yöntemi üzerine çalışmalar bulunmaktadır [74-76].

- ❖ Moulton vd. [74], alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak kullanılmak üzere bir otomatik kısaltma genişletme sistemi geliştirmiş ve test etmişlerdir. Geliştirilen sistem, kullanıcının oluşturduğu kısaltmaları otomatik olarak alıp, sezgisel kurallar ve istatistiksel bir dil modeli kullanarak aday kelimeleri kullanıcı seçimine sunmaktadır. Sistem, %91,9 oranla doğru genişletme yapmakta ve kullanıcıya sunduğu 5 elemanlı aday listesi ile %14,8 tuşlama tasarrufu sağlamaktadır.
- ❖ Willis vd. [76], motor becerileri gelişmemiş kullanıcılar için kısaltılarak girilen ifadeleri otomatik olarak genişleterek cümleye dönüştüren bir sistem prototipi sunmuşlardır. Çalışmada, kullanıcının kendinden oluşturduğu kısaltmalara aday

genişletmeler öneren bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, zamanın %77'sinde doğru kelimeyi üst 5 aday arasına yerleştirebilmektedir.

Diğer çalışmalar, genellikle tahmin listesinin oluşturulması için kullanılan metotlar yönünden ayrılmaktadır. Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin performansını daha iyi hale getirebilmek ve daha uygun öneriler sunabilmek için istatistiksel n-gram dil modelleri, sözdizimsel analiz ve anlamsal analiz gibi farklı metotların kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Aşağıda bu çalışmalardan bazılarına yer verilmiştir.

- ❖ Hunnicutt [77], kelime tahmininde girdi ve çıktı alternatifleri üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada temel bir tahmin programı geliştirilmiştir. Tahminlerin oluşturulmasında kelime frekansı, kelimenin son kullanımı ve seçeneğe bağlı olarak basit ifade yapılarının gramer bilgisinden faydalanılmıştır.
- ❖ Palazuelos-Cagigas vd. [78], motor becerisi yetersiz olan kişiler için kelime işlemcilerde kullanılan adaptif ve adaptif olmayan kelime tahmin sistemlerini kıyaslamışlardır. Çalışmada, İspanyolca kelime tahmin sistemleri için kelime tahmin metotlarının performans ve kalite gelişimi üzerinde durulmuştur. Kullanılan metotlar anlatılmış, tuşlama tasarruf oranı gibi ölçüm parametreleri ile elde edilen sonuçlar ve her prosedürün olasılıkları verilmiş ve kullandıkları kaynakların önemi açısından kıyaslanmıştır. Adaptif tahmin prosedürlerinin sadece gramer bilgisi veya sadece ihtimal bilgisine dayalı yöntemlerden daha iyi olduğu belirtilmiştir.
- ❖ Palazuelos vd. [79], İspanyolca için hem istatistiksel kurallar hem de gramer kurallarını uygulayan kelime tahmin sistemi üzerine çalışma yapılmışlardır. Geliştirilen tahminci, sadece bir anahtar ile yazabilecek durumda olan motor becerileri yetersiz kişilerin yazma oranını artırmak için birkaç yazılım uygulaması içermektedir. Sonuç olarak, kullanılan sistemde kelime tahmininin yer alması ile bu kişilerin yazma oranının 2-3 wpm değerinden 8-10 wpm değerine kadar artırabileceği saptanmıştır.

- ❖ Garay-Vitoria ve Gonzalez-Abascal [80], cümlenin sözdizilim analizine dayalı kelime tahmini üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada geliştirilen metot, kullanıcının sözlüğüne göre kendini adapte edebilme özelliğine sahiptir. Kelime tahmini için önerilen bu yöntem ile özellikle kullanılan sözdizilim analizinden dolayı sadece istatistiksel olan yöntemlerden daha iyi sonuç elde edilmiştir.
- ❖ Hunnicutt ve Carlberger [81], İsveç dili için gramer olarak daha uygun kelimeler önererek kullanıcıya daha az zihinsel yük oluşturan ve KS açısından önceki tahmincilerden iyi olan bir kelime tahmin sistemi geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada, kelime tahmini için Markov modelleri ve sezgisel yaklaşımlar kullanılmıştır. Geliştirilen programın testlerinde %46 KS değeri elde edilmiştir.
- ❖ Fazly ve Hirst [82], kelime tamamlama sisteminde sözdizilim kurallarını dikkate alan bir çalışma yapmışlardır. Kelime tamamlamada önerilen kelimelerin sözdizilimsel olarak daha uygun olmasını sağlamak için sözdizilim bilgisi ile n-gram yöntemini kombine eden iki algoritma sunulmuş ve test edilmiştir. Geliştirilen algoritmalarından biri ile KS açısından temel algoritmalara kıyasla gelişme elde etmişlerdir.
- ❖ Al-Mubaid [83], çalışmasında kelime tahmin problemi için yeni bir yaklaşım sunmuştur. Çalışmada, verilen cümle bağlamına uygun kelimeyi tahmin etmek için bir veri madenciliği aracı kullanılmıştır. Yaklaşımın, benzer metotlara kıyasla daha az eğitim metni gerektirdiği ve tahminleri %93 doğruluk oranıyla ürettiği saptanmıştır.
- ❖ Li ve Hirst [53], kelime tamamlama üzerine dikkat çeken çalışmalardan birini yapmışlardır. Çalışmada, fiziksel engelli kişiler için kullanılan kelime tamamlamaya semantik bilginin katkısı araştırılmıştır. Sadece n-gram kullanımı yerine, anlamsal olarak daha uygun kelimeler tahmin etmek için n-gram istatistikleri ile semantik bilgiyi kombine eden bir yaklaşım sunulmuştur. Geliştirilen metot, sadece n-gram veya sadece sözdizilimsel analiz yöntemi kullanan kelime tamamlama sistemleri ile kıyaslanmış ve önemli performans elde

edildiği görülmüştür. Sistem ile tuşlama tasarrufunda %14.63 'e kadar artış sağlanmıştır.

- ❖ Trnka vd. [84], kelime tahminlerini iyileştirmek için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, bir dil modeli ile konuşma temasını adapte eden iki metod geliştirilmiştir. Geliştirilen metotlar kelime tahminine uygulanmış ve trigram üzerinde belirgin bir gelişme sağlanmıştır. Geliştirilen kelime tahmininde tema modelleme (topic modeling) kullanımı ile her bir kelime için basılması gereken tuş sayısı ortalama 2,5 'e düşürülmüştür.
- ❖ Miller ve Wolf [85], kelime tamamlama sisteminde saklı anlam analizi (LSA, Latent Semantic Analysis) yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmada, tuşlanan kelimenin anlamsal içeriğini modellemek için LSA kullanılarak dil bağımsız bir kelime tamamlama algoritması geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritma ile %56 tuşlama tasarrufu ve %42 isabet oranı değerlerine ulaşılmıştır.
- ❖ Al-Mubaid [86], kelime tahmini için bağlam özellikleri ve makine öğrenmesi tabanlı yeni bir yaklaşım sunmuştur. Çeşitli özellik-çıkarma metotları ile yüksek ayırt edici özellikler çıkarılmış ve bunlarla kelime tahmincisi eğitilerek problem bir öğrenme-sınıflandırma işine dönüştürülmüştür. Test edilen sistem ile benzer çalışmalara kıyasla önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bazı testlerde doğru tahmin oranı %91 değerine ulaşmıştır.
- ❖ Wandmacher ve Antonie [57], kelimeler arasındaki uzak mesafe anlamsal ilişkileri sağlayan saklı anlam analizi yönteminin tahmin yeteneğinden faydalanmak istemişlerdir. Çalışmada, LSA tabanlı bilgi ile standart bir dil modelini bütünleştiren birkaç metod sunulmuş ve bu metotlar değerlendirilmiştir. Geliştirilen tüm metotlar ile 4-gram tabanlı temel yöntemlere kıyasla önemli gelişmeler elde edilmiştir.
- ❖ MacKenzie ve Zhang [87], göz ile yazmada kelime tahmininin kullanıldığı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, kelime tahmin ve harf tahmini olmak üzere iki yazma tekniği ve bir sabitleme algoritması sunulmuştur. Harf tahmini işleminde,

kelime tahminine benzer şekilde muhtemel 3 harf belirlenip ekran klavyesinde görüntülenmiştir. Sonuçta, harf tahminin kelime tahmini kadar iyi hatta bazı durumlarda daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

- ❖ Van Den Bosh ve Bogers [63], mobil cihazlarda kelime tamamlama üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 2 tane kelime tamamlama algoritması geliştirilmiştir. Birinci algoritma, sabit sayıda son tuşlanan karakter bilgisini almakta ve bir karakter belleğinde tutmaktadır. Bu algoritma ile KS açısından iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, algoritma fazla hafıza gerektirmektedir. İkinci algoritma ise önceki kelime bilgisini tutmaktadır. Bu algoritmada bir frekans eşiği ile daha az hafıza tutması için ayarlama yapılabilmektedir. Bu algoritma temel sistemlere kıyaslandığında bir mertebe yavaş kalsa da sistemin KS oranı yüksektir.
- ❖ HaCohen-Kerner ve Greenfield [55], İbrani dilinde temel kelime tamamlama ve tahmin işlemlerinde tuşlama tasarrufunu geliştirmek için çalışma yapmışlardır. Önerilen modelde 177M kelime, morfolojik analiz, çeşitli n-gram modelleri ve diğer araçlar kullanılmıştır. Çalışmada, İbranice ve diğer diller için yapılan kelime tahmin sistemlerine göre daha yüksek tuşlama tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca çalışmada iki önemli sonuç elde edilmiştir. Birincisi, çalışılan dil verisi ne kadar büyük olursa tahminler o kadar iyi olmaktadır. İkincisi, dil modeli sadece bir dil verisine (corpus) dayanıyorsa morfolojik analiz faydalı olmaktadır.
- ❖ Wiegand ve Patel [88], kelime tahmini için “sem-grams” olarak adlandırdıkları semantik gram kullanan ve mesaj bileşenleri arasında ilişkisel bilgi sağlayan yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Geliştirilen sem-gram algoritmaları, n-gram tabanlı algoritmalarla kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sem-gram ile dar bir tahmin kapsamı olmasına rağmen doğru kelime tahminleri elde edilmiştir.

Bunların yanı sıra kullandıkları dil verisi yönünden ayrılan çalışmalarda vardır. Genellikle sistemin geliştirildiği dile ait sözlük bilgisi kullanılırken bazı çalışmalar farklı verileri ele almıştır. Buna örnek olarak aşağıda Stoop ve Van Den Bosch[89] tarafından yapılan çalışmaya değinilmiştir.

- ❖ Stoop ve Van Den Bosch [89], “Soothsayer” adı verilen bir kelime tahmin sistemi üzerine çalışma yapmışlardır. Sistemde, bilgi kaynağı olarak kişinin kendine özgü ve ayırt edici dil kullanımının (idiolect) yanı sıra sosyal gruplar içi dil kullanımından (sociolect) faydalanmışlardır. Çalışmada veri toplama ve test işlemleri için sosyal medya aracı olan Twitter kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bir dizi Soothsayer kullanıcılarında %50’ den daha fazla tuşlama tasarrufu sağlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı; metin bilgisi ve dile özgü klavyenin avantajlarını kullanan yeni bir kelime tamamlama sistemi geliştirilmesidir. Çalışmada mevcut sistemler incelenmiş ve gereksinimler tespit edilmiştir. Kişilerin çalışma alanlarına uygun metinleri kullanarak kendi kelime veritabanını oluşturup kelime tamamlamada kullanabilmeleri hedeflenmiştir. Dile özgü klavye kullanımının avantajından da yararlanmak için çalışmada Standart Türk Klavyesi olan F klavye temel alınmıştır. Sonuç olarak; F klavye ile birlikte kullanılmak üzere metin analizine dayalı bir kelime tamamlama sistemi geliştirilerek kelime tamamlamanın uygulanabilir olduğu alanlarda kullanılabilecek bir yardımcı yazma aracı geliştirilmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada öngörülen kelime tamamlama sisteminin geliştirilmesi için gerekli yöntem ve araçlar, araştırılmış ve tespit edilmiştir. Bu bölümde, sistem geliştirilirken kullanılan yöntem ve araçlara detaylı olarak yer verilmiştir.

2.1. Kelime Verisi

Kelime tamamlama sisteminde, kullanıcıya aday kelimelerin bulunduğu bir tahmin listesi sunulmaktadır. Sistemin kullanımı esnasında, tahmin listesinin oluşturulabilmesi için önceden kelime verilerinin hazırlanmış olması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle bu amaçla dile ait sözlük verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise kelime verisi oluşturmak için metinler kullanılmıştır.

Günlük hayatta veya iş hayatında yazılmış olan metinler genellikle kişiye veya çalışılan alana özgü kelimeleri barındırmaktadır. Bu kelimeler, sözlük kelimelerine kıyasla daha dar bir çerçevede ve genellikle benzer kelimelerdir. Bu sebeple kelime tahmin listesi için gerekli kelime verilerinin oluşturulmasında, sözlük verilerinden ziyade, kişisel veya çalışma alanına ait metinlerden elde edilecek kelime bilgilerinin kullanımının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte çalışmada, kelime verilerinin oluşturulması için hazır metinlerin kullanımı esas alınmıştır.

2.2. Metin Seçimi

Geliştirilen kelime tamamlama sisteminde, kelime verileri, kullanıcıya veya çalışma alanına ait metinlerden elde edilmektedir. Çalışmada, metinlerden kelime verileri elde etme işlemini gerçekleştiren bir arayüz geliştirilmiştir. Sistemin bireysel kullanımında kişisel metinler veya genel kullanımında çalışma alanına özgü metinler bu arayüz kullanılarak analiz edilmekte ve kelime veritabanı oluşturulmaktadır. Ancak, geliştirilen sistemi test edebilmek için bir çalışma alanı belirlenmiş ve o alana ait metinler kullanılmıştır.

Çalışma alanı belirlenirken, yoğun klavye kullanımının olduğu ve sürekli benzer kelimelerle metinlerin yazıldığı adliyeler dikkat çekmiştir. Bu alanda kelime tamamlama sistemi kullanımına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple çalışma alanı olarak adliyeler ele alınmıştır. Geliştirilen sistemine veri sağlamak için bu alana ait metinler kullanılmış ve yine sistem bu metinler ile test edilmiştir.

2.2.1. Sistem Eğitim Metinleri

Bu çalışmada geliştirilen sistem, tahmin listesi için gerekli bilgiyi metinler üzerinden analiz işlemiyle elde etmekte ve bu bilgileri bir veritabanında tutmaktadır. Sistem geliştirildikten sonra, gerekli kelime verisinin elde edilmesi için adli metinlerden yararlanılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Adalet Bakanlığı'nın zabıt kâtabi alım sınavında kullandığı 2014 yılına ait 80 metin [90] ve 2015 yılına ait 80 metin [91] kullanılmıştır. Belirtilen bu toplam 160 metin üzerinde metin analizi yapılarak sistem için gerekli kelime bilgisi elde edilmiş ve veritabanına aktarılmıştır.

2.2.2. Sistem Test Metinleri

Sistemi test edebilmek için, geliştirilen kelime tamamlama kullanılarak yazma işlemi yapılmalıdır. Bu işlem için sistemin kelime bilgisinin oluşturulmasında kullanılan 160 metin arasından rastgele 15 metin seçilmiştir. Seçilen bu metinler kelime tamamlama sistemi ile yazılarak sistem, belirlenen ölçütler ile test edilmiştir. Test işleminde kullanılan bu metinlerden bazıları EK 1'de verilmiştir.

2.3. Kelime Tahmin Yöntemleri

Metin madenciliği olarak da adlandırılan metin analizi, metinlerden yüksek kalitede bilginin çıkarılmasıdır [92]. Büyük orandaki metinlerden bilgilerin çıkarılması ve analiz işlemlerinin gerçekleştirilmesi için metin madenciliği teknikleri geliştirilmiştir [93]. Metinlerin barındırdığı bilgiler bu teknikler kullanılarak elde edilmektedir. Bu çalışmada metin analizi olarak adlandırılan işlemde, hazır metinlerden kelime bilgisinin elde edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kelime tamamlama sistemlerinde kullanıcıya sunulan tahmin listesinin oluşturulmasında farklı metotlar kullanılmıştır. Özellikle sistemin sağlayacağı tuşlama tasarrufunu artırmak ve daha doğru tahminler sunabilmek için değişik yöntemler denenmiştir. Literatür çalışmalarında kullanılan yöntemlerden bazıları:

- İstatistiksel N-gram Dil Modelleri,
- Sözdizimsel Analiz (POS, Part-of-Speech Tagging),
- Semantik Bilgi (Semantic Knowledge),
- Saklı Anlam Analizi ve
- Kelime Frekans Bilgisi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada basit bir yöntem olan kelime frekans bilgisinden yararlanılmıştır. Bu bilgi metinlerden elde edilmiştir. Çalışmada kullanıcının kişisel veya çalışma alanına özgü metinleri kullanması esas alınmıştır. Bu şekilde, elde edilen kelimelerin anlamsal bilgiyi sağlayacağı düşünülmüştür. Bu sebeple tahmin listesi oluşturulmasında karmaşık bir model kullanımı yerine daha basit bir yöntem tercih edilmiştir.

Çalışmada metin analizi olarak adlandırılan işlemde, metinlerde bulunan kelime bilgisi çıkarılmaktadır. Çıkarılan bu kelime bilgisi, kullanıcının ekleyeceği tüm metinler için kelimelerin unigram ve bigram frekanslarını içermektedir. Tahminler, elde edilen bu unigram ve bigram frekans değerlerine göre listelenmektedir.

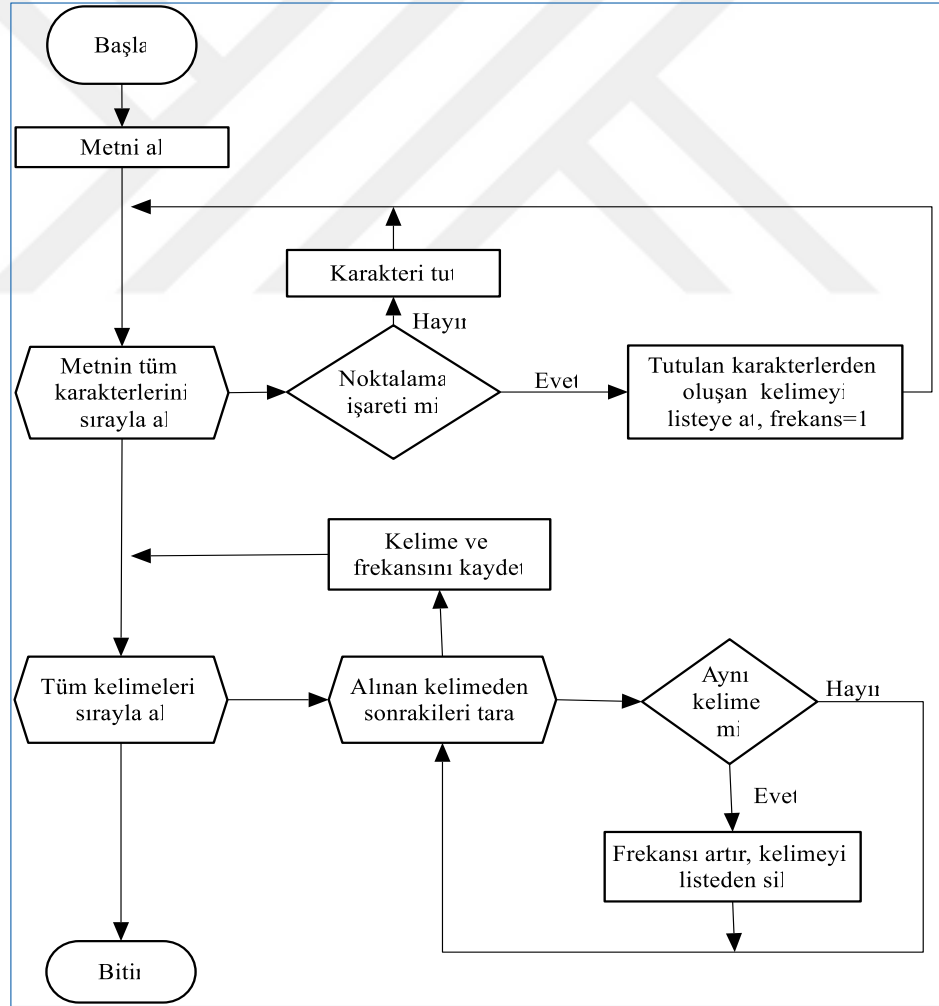
2.3.1. Kelime Unigram Frekansı

Kelime unigram frekansı, kelimenin tekil olarak tüm metinler içinde kullanılma sayısıdır. Çalışmada, metinlerden elde edilen unigram frekans değerleri kullanılmıştır. Kullanıcının yazmakta olduğu kelimenin tamamlanması için listelenen tahminler, kelimelerin unigram frekans değeri ile belirlenmiştir. Şekil 2.1.'de verildiği üzere her bir metin başından sonuna taratılarak kelimelere ayrılmış ve çıkarılan her bir kelime metinde kullanım frekansı ile birlikte tutulmuştur. Sistemin geliştirilmesi esnasında bu işlemi gerçekleştirmek için Şekil 2.2.'te akış diyagramı verilen algoritma kodlanarak kullanılmıştır.

Sosyal, kültürel, teknolojik ve ekonomik alanda meydana gelen gelişmeler ve yüzyılın yeni değerleri karşısında Avrupa Birliğine giden bu süreçte hukuk ve adalet reformu kaçınılmaz olmuş, başta temel kanunlarımız olmak üzere tüm mevzuatımızın Avrupa Birliğine uyumunun sağlanması zorunlu hale gelmiş, bu konudaki değişiklik çalışmaları sürat ve kararlılıkla sürdürülerek büyük ölçüde tamamlanmıştır.

Kelime	Frekans
sosyal	1
kültürel	1
teknolojik	1
ve	4
⋮	⋮

Şekil 2.1. Kelime unigram frekansı elde edilmesi

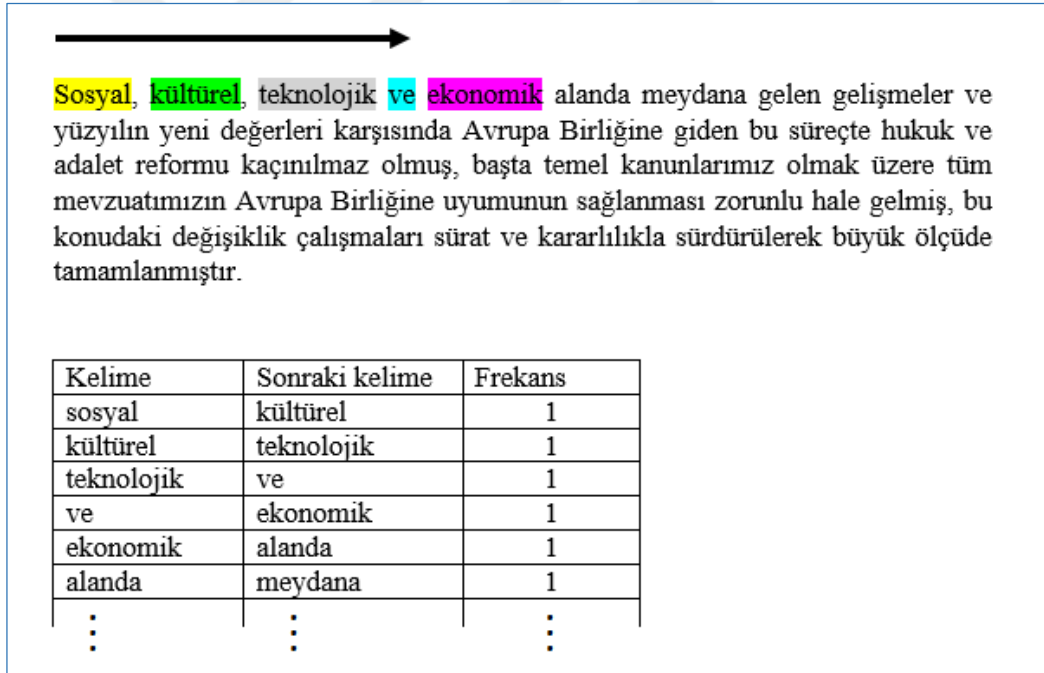


Şekil 2.2. Unigram frekans algoritması akış diyagramı

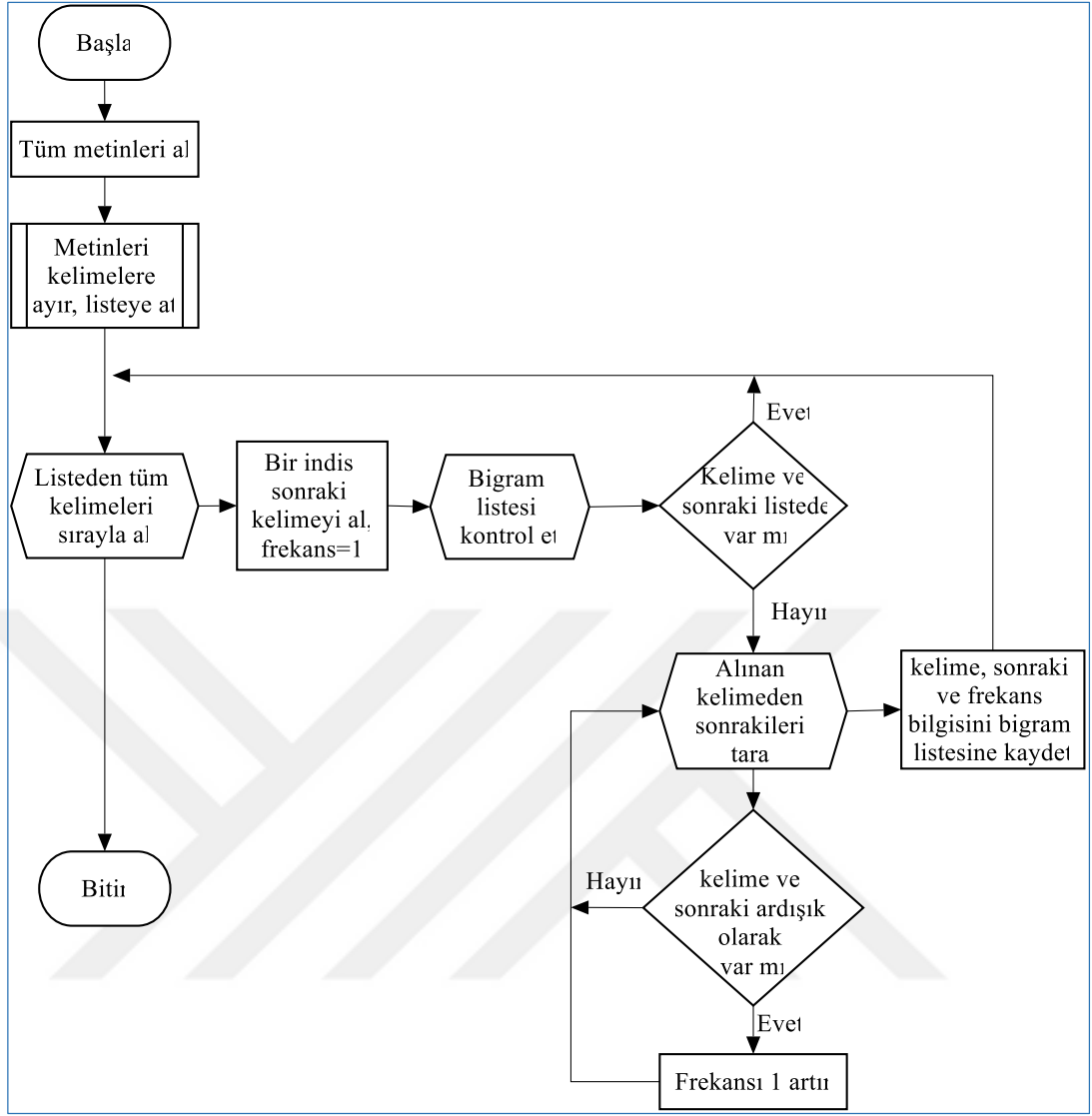
2.3.2. Kelime Bigram Frekansı

Kelime bigram frekansı, kelime ikililerinin metin içinde kullanım sayısıdır. Yani her kelime için ilgili kelimedenden sonra gelen kelimelerin, ilgili kelime ile birlikte kullanılma sayısıdır. Çalışmada, kullanılan tüm metinlerdeki her bir kelime için bigram frekansları çıkarılmıştır. Geliştirilen sistemde, kullanıcının yazdığı kelimedenden sonra gelecek olan kelimenin tahmininde, bu değerlerden faydalanılmaktadır.

Şekil 2.3.'de görüldüğü gibi metinler başından sonuna taratılarak kelimelerin kendinden sonra gelen kelime ile birlikte kullanılma frekansları elde edilmiştir. Bu işlem için bir algoritma geliştirilmiş ve sistemde kodlanarak kullanılmıştır. Şekil 2.4.'te kelimelerin bigram frekans bilgisinin elde edilmesinde kullanılan algoritmanın akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.3. Kelime bigram frekansı elde edilmesi



Şekil 2.4. Bigram frekans algoritması akış diyagramı

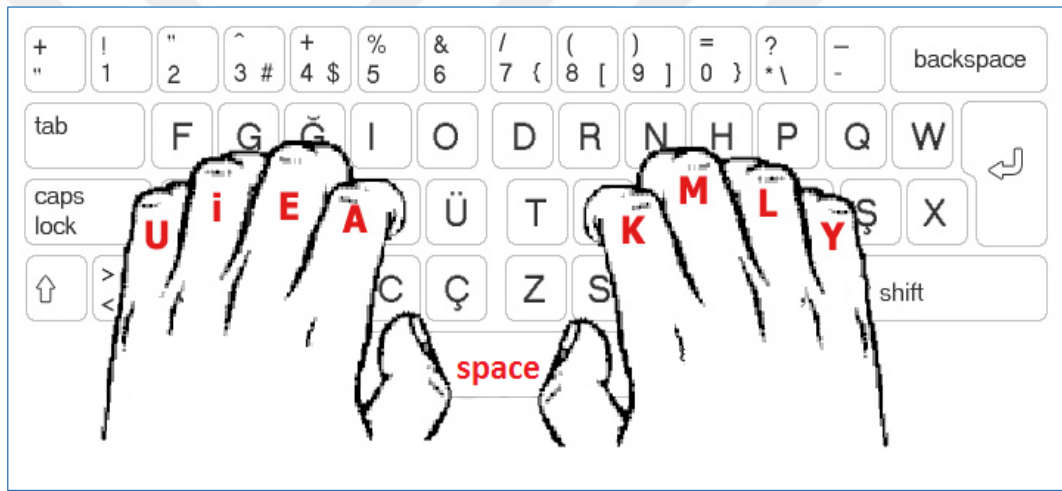
2.4. Klavye Seçimi

Geliştirilen kelime tamamlama sistemi, bir klavye ile adapte kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Burada geliştirilen sistem, Türkçe metinler üzerinden analiz yapmakta ve Türkçe kelime tahminleri sunmaktadır. Sistem, Türkçeye uygun olarak geliştirildiği için sistemin adapte edileceği klavye olarak, Türkçeye özgü tasarlanmış ve Türkçe yazı yazmaya uygun olan F klavye seçilmiştir. Bölüm 1’ de F klavye hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.5. Kelime Tahmin Listesi Yapısı ve Tahmin Seçme Yöntemi

Kelime tamamlama sisteminde, kullanıcıya bir kelime tahmin listesi sunulmaktadır. Bu liste, kullanıcının tuşlamaya başladığı harflere göre dinamik olarak değişmekte ve kullanıcının tuşladığı harflerle devam eden aday kelimeleri barındırmaktadır. Kullanıcı bir kelimeyi tamamladığında ise tahmin listesi yazılmış olan kelimedenden sonra gelebilecek olan aday kelimeleri içermektedir.

Bu çalışmada, kelime tahmin listesi, F klavye kullanımına göre oluşturulmuştur. F klavye kullanıcıları, parmaklarını, klavyede yer alan U, İ, E, A, K, M, L, Y harf tuşlarına ve space tuşuna konumlandırmaktadırlar.



Şekil 2.5. F klavye parmak konumları

Şekil 2.5.'te görülen bu konum bilgisi kullanılarak geliştirilen sistemde kullanıcıya, parmakların konumlandığı 8 harf tuşuna karşılık gelen, 8 kelime tahmini sunulmaktadır. Tahmin listesinde sunulan kelimeler, yazılmakta olan kelimenin tahmini esnasında unigram frekansı en yüksek olan 8 kelimedenden oluşurken yazılmış bir kelimedenden sonraki kelimenin tahmininde bigram frekansı en yüksek olan 8 kelimedenden oluşmaktadır.

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ ve $F_i = i$. tahminin frekans değeri olmak üzere;

$F_1 \geq F_2 \geq F_3 \geq F_4 \geq F_5 \geq F_6 \geq F_7 \geq F_8$ olacak şekilde arama kriterine uygun en yüksek frekanslı 8 kelime veritabanından alınır. Bu kelimeler, klavyede harf tuşlarına atanan öncelik değerlerine göre ekranda yatay olarak sıralanır. Öncelik değerleri parmakların klavyede aktif kullanılabilme durumlarına göre belirlenmiştir. Bununla birlikte öncelik değerleri belirlenirken sağ elini daha aktif kullanan kişiler temel alınmıştır. Örneğin, tahmin listesi için ele alınacak olan 8 kelimedeki frekansı en yüksek olan kelime, en aktif kullanılabilen ve en yüksek öncelik atanan sağ elin işaret parmağına gelecek şekilde konumlandırılmıştır.

Çizelge 2.1.'de belirtilen öncelik değerleri, kullanılan harf tuşları ile birlikte verilmiştir. Burada en yüksek frekansa sahip kelime tahmini K harf tuşuna denk gelirken en düşük frekansa sahip kelime tahmini U harf tuşuna denk gelmektedir.

Çizelge 2.1. Tahmin listesi öncelik sıralaması

Harf Tuşu	i. tahmin (Frekans _i – F _i)	Öncelik Sırası
K	1.tahmin (F ₁)	1
M	2.tahmin (F ₂)	2
A	3.tahmin (F ₃)	3
E	4.tahmin (F ₄)	4
L	5.tahmin (F ₅)	5
Y	6.tahmin (F ₆)	6
İ	7.tahmin (F ₇)	7
U	8.tahmin (F ₈)	8

Kelime tamamlama sisteminde, tahmin listesinde sunulan kelimelerden birinin doğrudan yazılmasını sağlamak için istenen kelimenin seçilmesi işlemi gerekmektedir. Mevcut çalışmalarda, tahmin listesinden kelime seçimi işlemi için kullanılan yöntemlerden bazıları;

- Tab tuşu ile Enter tuşu,
- Yön tuşları (Aşağı yön tuşu ve Yukarı yön tuşu) ile Enter tuşu,

- Sayı Tuşları (1, 2, 3, 4, 5),
- Fonksiyon Tuşları (F1, F2, F3, F4, F5)ve
- Fare kullanımıyla seçim yöntemidir.

Bu çalışmada ise mevcut çalışmalardan farklı bir yöntem benimsenmiş ve F klavye kullanımına uygun bir yöntem ele alınmıştır. Kullanıcının tahmin listesinden kelime seçme işlemi için Çizelge 2.1.'de belirtilen ve tahminleri temsil eden U, İ, E, A, K, M, L ve Y harf tuşları ile space tuşunun birlikte kullanımını gerektiren ikili tuş kombinasyonları geliştirilmiştir. Bu kombinasyonlar kullanılarak, ilgili harf tuşuna atanan tahminin seçilerek doğrudan yazılması sağlanmaktadır.

Çizelge 2.2. Tuş kombinasyonları

Tahmin (Frekans-F_i)	Tuş Kombinasyonu
1.tahmin (F_1)	Space + K
2.tahmin (F_2)	Space + M
3.tahmin (F_3)	Space + A
4.tahmin (F_4)	Space + E
5.tahmin (F_5)	Space + L
6.tahmin (F_6)	Space + Y
7.tahmin (F_7)	Space + İ
8.tahmin (F_8)	Space + U

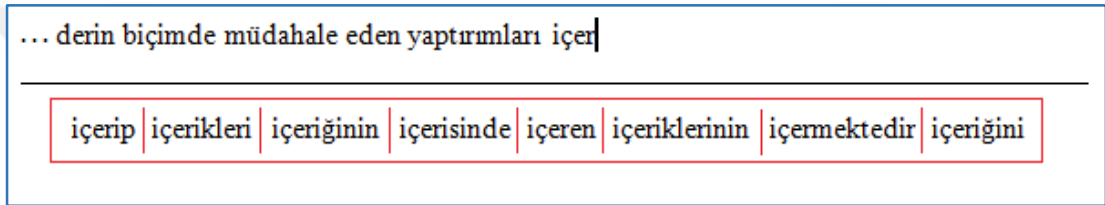
Kullanıcı harf tuşuna karşılık gelen tahmini seçebilmek için yine o harf tuşu ile space tuşuna birlikte basar. Çizelge 2.2.'de tahminler ve basılması gereken tuş kombinasyonları verilmiştir. Buna göre kelime tamamlama sistemi kullanıcısı seçim işleminde;

1. tahmin için Space tuşu ile K harf tuşu,
2. tahmin için Space tuşu ile M harf tuşu,
3. tahmin için Space tuşu ile A harf tuşu,
4. tahmin için Space tuşu ile E harf tuşu,
5. tahmin için Space tuşu ile L harf tuşu,

6. tahmin için Space tuşu ile Y harf tuşu,
7. tahmin için Space tuşu ile İ harf tuşu ve
8. tahmin için Space tuşu ile U harf tuşuna birlikte basmalıdır.

Sonuç olarak, kullanıcı ekranda 8 harf tuşuna karşılık gelen 8 tahmini görür ve bu tahminlerden seçim yapmak için space tuşu ile tahmini temsil eden harf tuşuna birlikte basar. Bu şekilde ilgili tahminin doğrudan yazılması sağlanır.

Örnek: Şekil 2.6.'da kelime tahmin listesi oluşturulması ve bu listeden kelime seçimine örnek verilmiştir.



Şekil 2.6. Kelime tahmin listesi örneği

Yukarıda yazılmakta olan kelime için 8 kelime tahmini kullanıcıya sunulmuştur. Bu kelimelerin frekans sıralaması;

$$\rightarrow F_{içeren} \geq F_{içeriklerinin} \geq F_{içerisinde} \geq F_{içeriğinin} \geq F_{içermektedir} \geq F_{içeriğini} \geq F_{içerikleri} \geq F_{içerip} \text{ şeklindedir.}$$

Listelenen bu kelimelerden her birinin seçilebilmesi için kullanıcının basması gereken tuş kombinasyonları aşağıda belirtilen şekildedir.

“içeren”	→ Space + K
“içeriklerinin”	→ Space + M
“içerisinde”	→ Space + A
“içeriğinin”	→ Space + E
“içermektedir”	→ Space + L
“içeriğini”	→ Space + Y
“içerikleri”	→ Space + İ

“içerip” → Space + U

2.6. Programlama Dili ve Veritabanı

Bu çalışmada anlatılan kelime tamamlama sistemini geliştirmek için bir uygulama geliştirme platformu, programlama dili ve veritabanı belirlenmiştir. Bu aşamada, görsel programlamaya uygun bir platform ve hızlı veri erişimini sağlayacak bir veritabanı seçilmeye çalışılmıştır.

Sistem, Visual Studio 2013 Ultimate uygulama geliştirme platformunda geliştirilmiştir. Sistem kodlaması ise belirtilen platformda nesne yönelimli bir dil olan ve masaüstü ve web uygulamalarında kullanılan C# programlama dili ile yapılmıştır. Kelime tamamlama sistemi görsel bir arayüz gerektirdiği için çalışma belirtilen platformda form uygulaması olarak geliştirilmiştir.

Veritabanı, bilgileri saklanmayı ve gerektiği durumlarda kullanmayı sağlamaktadır. Bu çalışmada kelime tamamlama sistemi verilerinin saklanması ve sistem çalışırken kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada, MySql veritabanından yararlanılmıştır.

2.7. Klavye Dinlemesi ve İmleç Takibi

Kelime tamamlama sisteminde kelime tahmin listesi, kullanıcının bastığı harfler dikkate oluşturulmaktadır. Bu sebeple geliştirilen sistemde kullanıcının bastığı tuş bilgisini elde etmek gerekmektedir. Bununla birlikte, sistemde kullanıcıya sunulan kelime listesi imlecin bulunduğu noktaya göre konumlanacaktır. Bu sebeple imleç bilgisine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma Windows işletim sisteminde çalışan bir platformda geliştirileceği için klavye dinleme ve imleç takibi için bu işletim sisteminde bulunan sistem fonksiyonlarından faydalanılmıştır.

Sistem fonksiyonları, işletim sistemlerinin kullandığı ve aynı zamanda program geliştiricilerinde erişip kullanabileceği fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar, Windows ortamında Uygulama Programlama Arayüzü (API, Application Programming Interface) olarak adlandırılmaktadır. Windows API fonksiyonları, Dinamik Bağlantı Kütüphanesi (DLL, Dynamic Link Library) denilen “.dll” uzantılı dosyalar içerisinde tutulmakta ve sistemle birlikte bilgisayara yüklenmektedir. Bu dosyalar, çalışmaya hazır sistem fonksiyonlarını barındırmaktadır.

Windows API fonksiyonları 3 gruba ayrılmaktadır.

- **Kernel API:** Fonksiyonlar, kernel32.dll dosyası içerisinde tutulmaktadır. Sistemde alt seviyeli çalışmalarla ilgili sistem fonksiyonları bulunmaktadır.
- **User API:** Fonksiyonlar, user32.dll dosyası içerisinde tutulmaktadır. Programcının doğrudan çalıştığı konularla ilgili sistem fonksiyonları bulunmaktadır.
- **Graphics API:** Fonksiyonlar, gdi32.dll dosyası içerisinde yer almaktadır. Grafik çizimleriyle ilgili tüm sistem fonksiyonları bu dosya içerisinde bulunmaktadır.

Geliştirilen uygulamada hem klavye dinleme işlemi için hem de imleç takibi için API fonksiyonları kullanılmıştır. Çizelge 2.3.'te geliştirilen programa dâhil edilen dll dosyaları ve bu dosyalardan kullanılan API fonksiyonları verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kullanılan sistem fonksiyonları

DLL Dosyası	API fonksiyonu
user.dll	<ul style="list-style-type: none">• SetWindowsHookEx• UnhookWindowsHookEx• CallNextHookEx• GetWindowThreadProcessId• GetGUIThreadInfo• GetForegroundWindow• ClientToScreen
kernel.dll	<ul style="list-style-type: none">• LoadLibrary

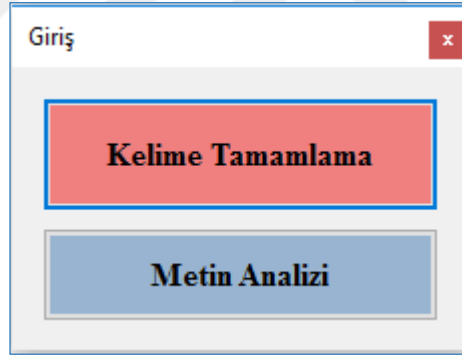
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, Bölüm 2 'de detaylı olarak anlatılan materyal ve yöntemler kullanılarak bir kelime tamamlama sistemi geliştirilmiştir. Bu bölümde, geliştirilen sistemin arayüzleri ve gerçek veri ile kullanımından bahsedilmiştir. Bununla birlikte sistemin test edilmesi ve testlerden elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

3.1. Kelime Tamamlama Sistemi Geliştirilmesi

3.1.1. Giriş Arayüzü

Geliştirilen sistem bir giriş arayüzüne sahiptir (Şekil3.1.). Burada kullanıcıya yapılacak işlemler için seçenekler sunulmuştur. Kullanıcı, ilk olarak bu arayüz ile karşılaşmakta ve yapacağı işlemi seçebilmektedir.



Şekil 3.1. Kelime tamamlama sistemi giriş arayüzü

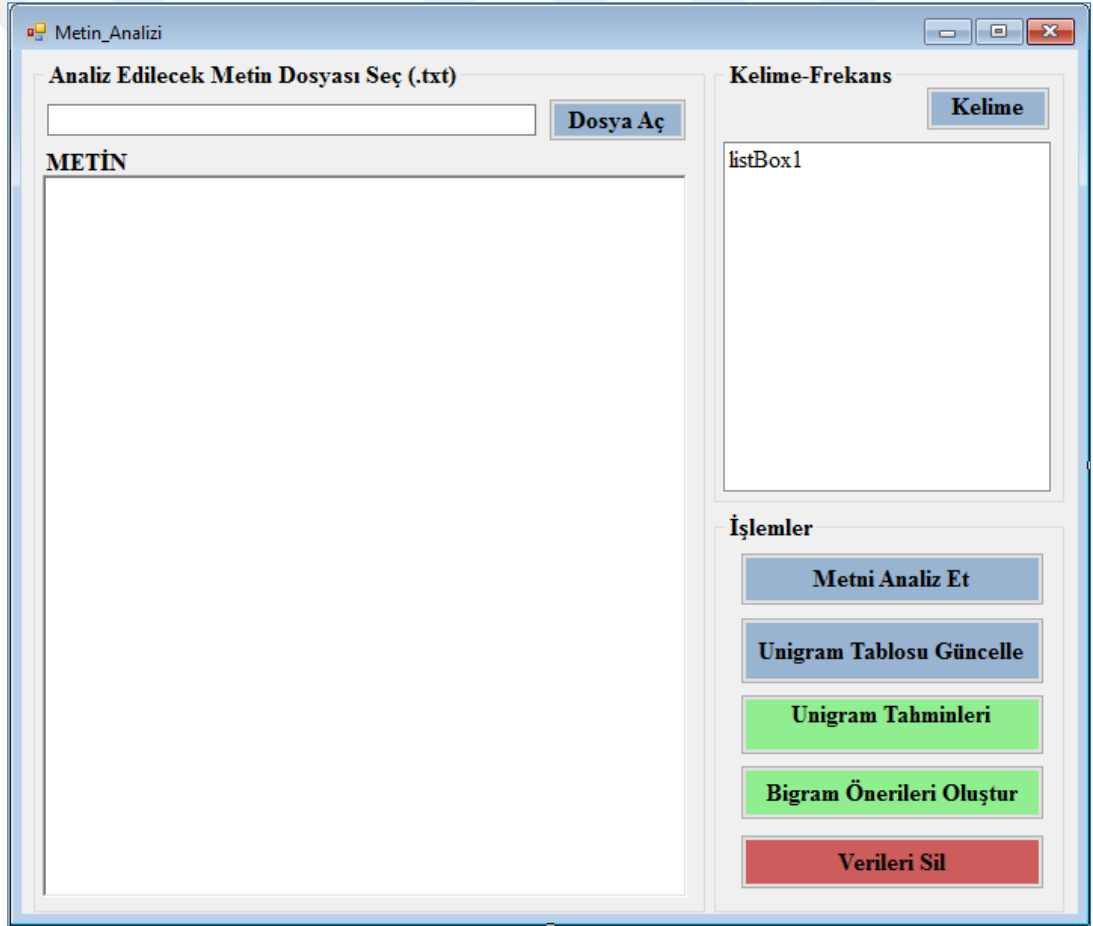
Giriş arayüzünde bulunan butonlar ve görevleri:

- **Kelime Tamamlama:** Kullanıcı, bu buton ile Kelime Tamamlama arayüzüne ulaşır kelime tamamlama işlemini başlatabilir.
- **Metin Analizi:** Kullanıcı bu buton ile Metin Analizi arayüzüne erişebilmektedir. Kullanıcı, kendi metinlerini taramak istediğinde buradan analiz kısmına ulaşabilir.

3.1.2. Metin Analizi Arayüzü

Kullanıcının metin analizi yapmasına olanak sağlayan bu arayüz ile kullanıcının yapabileceği işlemler şunlardır:

- İsteddiği metni analiz edip kelime ve frekans bilgisini elde edebilir.
- Metin analizinden elde edilen kelimelerden istediğini silebilir.
- Metin analizinden elde ettiği kelimelerle mevcut veritabanı tablolarını güncelleyebilir.
- Mevcut veritabanındaki tüm kelime bilgilerini silebilir.



Şekil 3.2. Kelime tamamlama sistemi metin analizi arayüzü

Bu arayüzde (Şekil 3.2.) bulunan butonlar ve görevleri:

- **Dosya Aç:** Bu buton ile kullanıcı, bilgisayarındaki herhangi bir konumdan kullanmak istediği metnin bulunduğu “.txt” uzantılı dosyayı seçebilir. Bu işlem yapıldığında seçilen dosyada yer alan metin, arayüzde yer alan metin kutusunda görüntülenir.
- **Metni Analiz Et:** Bu buton ile kullanıcının seçtiği metin analiz edilir ve metne ait kelime ve frekans bilgileri arayüzde listelenir.
- **Kelime Sil:** Bu buton ile kullanıcı, analiz ettiği metinden elde edilerek oluşturulan kelime-frekans listesinden istediği kelimeyi seçerek silebilir. Böylece kullanıcının sildiği kelimeler veritabanında tutulmayacak ve tahmin listesinde önerilmeyecektir.
- **Unigram Tablosu Güncelle:** Bu buton ile kullanıcı, metin analizinden elde ettiği kelime-frekans bilgisini kullanarak veritabanında yer alan unigram tablosunun güncellenmesini sağlayabilir. Bu işlem, her metin analizi işleminden sonra tekrarlanarak tablo bilgilerinin güncellenmesi sağlanır.
- **Unigram Tahminleri Oluştur:** Bu buton, tüm metinler analiz edilip unigram tablosuna gerekli kelime bilgisi yüklendikten sonra kullanılır. Veritabanında bulunan unigram tablosunda tutulan kelime ve frekans bilgileri kullanılarak, kullanıcıya sunulacak olan tahminler oluşturulur ve veritabanında unigram_tahmin tablosunda tutulur. Bu tablonun oluşturulma amacı, kullanıcıya sunulacak olan tahminleri hazır hale getirerek sistemin kullanımı esnasında arama işleminin hızlı olmasını sağlamaktır.
- **Bigram Önerileri Oluştur:** Bu buton ile kullanıcının yüklediği tüm metinler için kelimelerin bigram frekans bilgileri çıkarılır. Elde edilen bu frekans bilgileri veritabanında bulunan bigram tablosunda tutulur.

Yukarıda verilen butonlar sırayla uygulandığında metin analizi tamamlanır ve kelime tamamlama sistemi için gerekli kelime verileri oluşturulur. Bu aşamadan sonra kullanıcı kelime tamamlama sistemini kullanabilir.

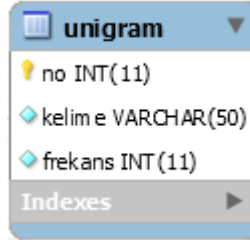
- **Kelime Verilerini Sil:** Kullanıcı bu buton ile veritabanındaki tüm kelime bilgilerini silebilir. Bu buton, kullanıcının farklı metinler ile veritabanını baştan oluşturabilmesine olanak sağlamak amacıyla yerleştirilmiştir.

3.1.3. Sistem Veritabanı

Geliştirilen sistemde metinlerden elde edilecek olan kelime verilerini tutabilmek için “**kelimedb**” adı verilen bir veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veritabanında “**unigram**” , “**unigram_tahmin**” ve “**bigram**” olmak üzere üç adet tablo bulunmaktadır.

3.1.3.1. “unigram” Tablosu

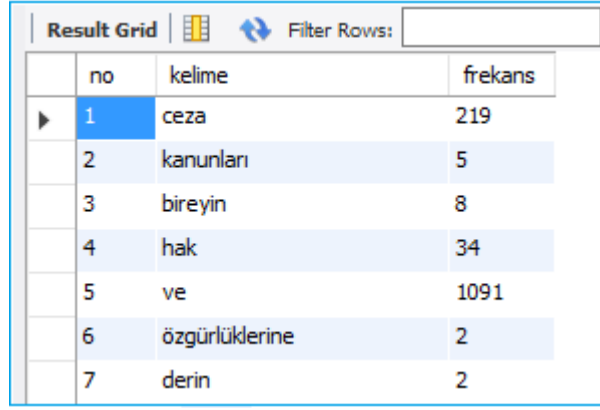
Bu tabloda, metin analizlerinden elde edilen kelimeler ve bu kelimelere ait frekans bilgileri tutulmaktadır. Kullanıcı, yeteri kadar metin analizi yapıp unigram_tahmin tablosunu oluşturmak istediğinde bu tablodaki veriler kullanılarak tahminler oluşturulacaktır.



unigram	
no	INT(11)
kelime	VARCHAR(50)
frekans	INT(11)

Indexes ▶

Şekil 3.3. “unigram” tablosu yapısı



no	kelime	frekans
1	ceza	219
2	kanunları	5
3	bireyin	8
4	hak	34
5	ve	1091
6	özgürlüklerine	2
7	derin	2

Şekil 3.4. “unigram” tablosu verileri

Şekil 3.3.’ te sistemde kullanılan unigram tablosunun yapısı verilmiştir. Geliştirilen kelime tamamlama sisteminin testinde 160 metin analiz edilmiştir. Bu işlem sonucunda unigram tablosunda yaklaşık 8.000 kelime kaydı oluşmuştur. Şekil 3.4. ’de unigram tablosunun test verileri ile yüklenmiş hali verilmiştir.

3.1.3.2. “unigram_tahmin” Tablosu

Bu tabloda, unigram tablosu kullanılarak oluşturulan tahminler tutulmuştur. Tablo, kullanıcının tuşlamaya başladığı kelimeyi tamamlamak için listelenecek olan 8 adet kelime tahminini içermektedir.

Unigram tablosunda yer alan her bir kelime ilk harfinden itibaren ele alınmış ve her durumda gelebilecek 8 tahmin oluşturularak bu tabloya kaydedilmiştir. Bu sayede, kullanıcının her bir tuş basımına karşılık olarak gelebilecek tahminler, unigram tablosundan frekans ve kelime bazlı aranmak yerine doğrudan bu tablo kullanılarak elde edilmektedir. Bu tablonun kullanılmasıyla, kullanıcının tuşlaması esnasında yapılan arama işlemi hızlandırılmıştır. Şekil 3.5.’de unigram_tahmin tablosunun yapısı verilmiştir.

no	onek	kelime	frekans
INT(11)	VARCHAR(50)	VARCHAR(50)	INT(11)

Şekil 3.5. “unigram_tahmin” tablosu yapısı

Geliştirilen kelime tamamlama sisteminin testinde, unigram tablosunda yer alan yaklaşık 8.000 kelime bilgisi kullanılarak yaklaşık 47.000 kelime tahmini kaydı oluşmuştur. Şekil 3.6.’da unigram_tahmin tablosunun test verileriyle yüklenmiş hali verilmiştir.

no	onek	kelime	frekans
3277	b	bir	1021
3278	b	bu	817
3279	b	belli	63
3280	b	birinci	62
3281	b	buna	59
3282	b	bakımından	56
3283	b	belge	56
3284	b	belirtilen	54
3285	ba	bakımından	56

Şekil 3.6. “unigram_tahmin” tablosu verileri

3.1.3.3. “bigram” Tablosu

Kullanıcı bir kelimeyi tuşlamayı tamamladığında, sonraki kelimeyi yazmaya başlamadan bu kelime için tahminler listelenecektir. Bunun için kelimelerin bigram frekans bilgileri kullanılmıştır. Kullanıcının yükleyeceği tüm metinlerden elde edilen bigram bilgileri bigram tablosunda tutulmaktadır. Şekil 3.7.’de kullanılan bigram tablosunun yapısı verilmiştir.

Column Name	Data Type
id	INT(11)
kelime	VARCHAR(50)
o1	VARCHAR(50)
o2	VARCHAR(50)
o3	VARCHAR(50)
o4	VARCHAR(50)
o5	VARCHAR(50)
o6	VARCHAR(50)
o7	VARCHAR(50)
o8	VARCHAR(50)

Şekil 3.7. “bigram” tablosu yapısı

Geliştirilen kelime tamamlama sisteminin testinde, kullanılan 160 metin için bigram tablosunda yaklaşık 8.000 kayıt oluşmuştur. Şekil 3.8.’de bigram tablosunun test verileriyle yüklenmiş hali verilmiştir.

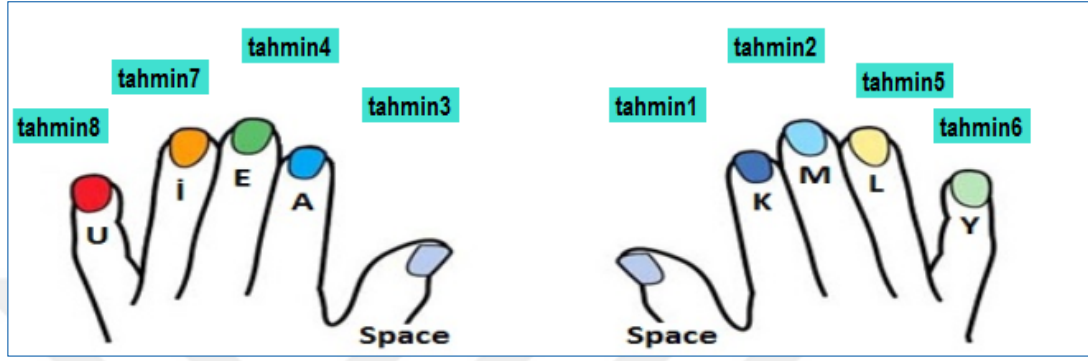
id	kelime	o1	o2	o3	o4	o5	o6	o7	o8
1	ceza	infaz	işleri	muhakemesi	sorumluluğunun	kanununun	hukuku	kanununda	cumhuriyet
2	kanunları	bireyin	yoluyla	dar	soruşturma	yorumlayarak	**	**	**
3	bireyin	bununla	hak	sahip	adalet	maddi	daha	**	**
4	hak	ve	yoksunluklarının	yoksunluğu	kazandığından	özgürlüklerini	yoksunluğunun	veya	olan
5	ve	bu	tutukuların	savunma	gözetim	iflas	yayın	ceza	özen
6	özgürlüklerine	derin	sağlanan	**	**	**	**	**	**
7	derin	biçimde	etkiler	**	**	**	**	**	**
8	biçimde	kaleme	uygulanmasının	ve	gösterilmiştir	müdahale	sınırlandırmışlar	ceza	gösterilebilmesi

Şekil 3.8. “bigram” tablosu verileri

3.1.4. Kelime Tamamlama Arayüzü

Bu arayüzde, kullanıcının klavye ile yazmaya başlamasıyla kelime tahminleri listelenmektedir. Kullanıcı tuşlara bastığında, sistem, klavye dinlemesi ile kullanıcının tuşladığı harf bilgilerini alıp bu harflere göre her defasında unigram_tahmin tablosundan frekansı en yüksek 8 tahmini olarak kullanıcıya sunmaktadır. Kullanıcı bir kelime yazdığında ise bu kelimedenden sonra gelecek olan kelime için bigram tablosundan frekansı en yüksek 8 tahmini olarak kullanıcıya sunmaktadır. Bu arayüzde

tahminler Şekil 3.9.'da görüldüğü gibi yatay olarak ve parmakların konumuna göre sıralanmaktadır. Bölüm 2' de anlatıldığı üzere tahminler frekanslarına ve parmakların konumuna göre belirlenen sırayla görüntülenmektedir. En yüksek frekanslı tahmin, “tahmin1” olarak belirtilen konumda görüntülenirken en düşük frekansa sahip tahmin, “tahmin8” olarak belirtilen konumda görüntülenmektedir.



Şekil 3.9. Kelime tamamlama arayüzü

Burada kullanıcı, listede belirtilen kelimelerden birini seçmek istediğinde, şekilde parmak üzerine yazılarak vurgulanan ilgili kelimenin denk geldiği harf tuşu ile space tuşuna birlikte basmalıdır. Örneğin; kullanıcı tahmin1 konumunda bulunan kelimeyi seçebilmek için space ve K tuşlarına veya tahmin8 konumundaki kelimeyi seçebilmek için space ve U tuşlarına birlikte basmalıdır. Bahsedilen bu tuş kombinasyonları Bölüm 2' de detaylı olarak anlatılmıştır.

Kelime tamamlama arayüzünde imleç takibi de yapılmaktadır. Kullanıcı yazarken, arayüz imleçle birlikte hareket etmektedir. Bu şekilde arayüz, kullanıcının baktığı noktaya göre konumlanmakta ve görüş açısı içinde kalmaktadır. Bu da kullanıcının tahminleri daha rahat görebilmesini sağlamaktadır.

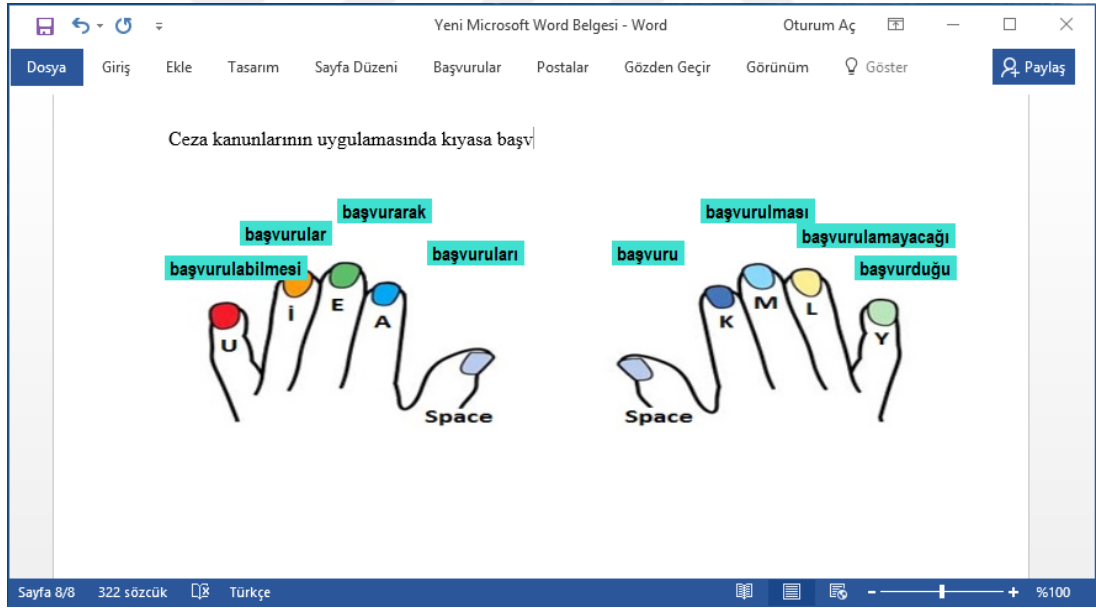
3.2. Kelime Tamamlama Sistemi Test Edilmesi

Geliştirilen sistemin test işlemleri için Bölüm 2' de belirtilen 160 adet metin, metin analizi arayüzü kullanılarak analiz edilmiştir. Bu şekilde veritabanında tutulacak ve tahmin listesinin oluşturulmasında kullanılacak olan unigram_tahmin ve bigram tabloları için gerekli veri elde edilmiştir. Sistem için gerekli verinin sağlanmasından

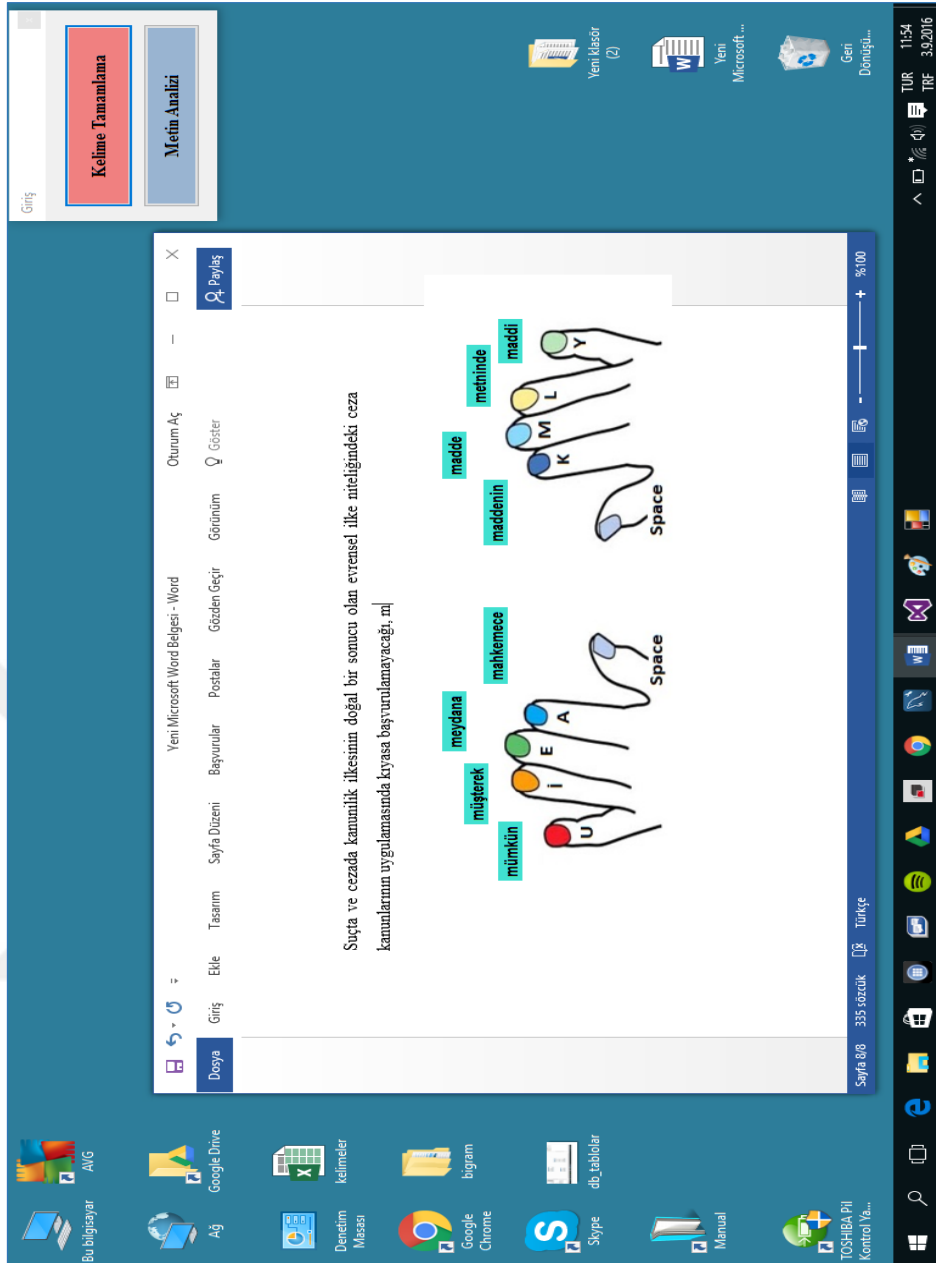
sonra sistem, kelime tamamlama aracı olarak kullanıma hazır hale gelmiştir. Kullanılabilir durumda olan bu sistem, tuşlama tasarrufu ve parmakların klavyede aldığı yoldan tasarruf açısından test edilmiştir.

3.2.1. Tuşlama Tasarrufu

Geliştirilen sistem, tuşlama tasarrufu adı verilen ve kullanıcının metni normal yazarken basması gereken tuş sayısına göre kelime tamamlama kullanımı ile yüzde kaç daha az tuşa basıldığını yani tuş basımından ne kadar tasarruf sağladığını ölçen parametre kullanılarak test edilmiştir. Çalışmada geliştirilen kelime tamamlama sisteminin sağladığı tuşlama tasarrufunu ölçebilmek için sistemin eğitiminde kullanılan 160 metin arasından rastgele 15 metin seçilmiştir. Seçilen metinler, Microsoft Word kelime işlem programında ve geliştirilen kelime tamamlama sistemi kullanılarak yazılmıştır (Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.).



Şekil 3.10. Kelime tamamlama sistemi kullanımı



Şekil 3.11. Kelime tamamlama sistemi kullanıcı arayüzü

Test metinleri için tuşlama tasarruf oranı Eşitlik 1.1. yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en fazla %57,08 ve en az %42,86 oranında tuşlama tasarrufu sağlandığı görülmektedir. Genele bakıldığında, 15 metin için ortalama %51,37 oranında tuşlama tasarrufu sağlanmıştır. Bu da tuş basımının neredeyse yarı yarıya azaltılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 3.1. Tuşlama tasarrufu test sonuçları

Metin Numarası	Toplam Karakter Sayısı	Kelime Tamamlama ile Basılan Tuş Sayısı	% Tuşlama Tasarrufu (KS)
1	2326	1041	55,25
2	1546	755	51,16
3	1466	706	51,84
4	1552	838	46,01
5	2887	1239	57,08
6	1540	880	42,86
7	1927	872	54,75
8	2695	1369	49,20
9	2386	1123	52,93
10	2781	1202	56,78
11	2094	972	53,58
12	2555	1326	48,10
13	2501	1312	47,54
14	2893	1509	47,84
15	2721	1206	55,68
Ortalama Tuşlama Tasarrufu			51,37

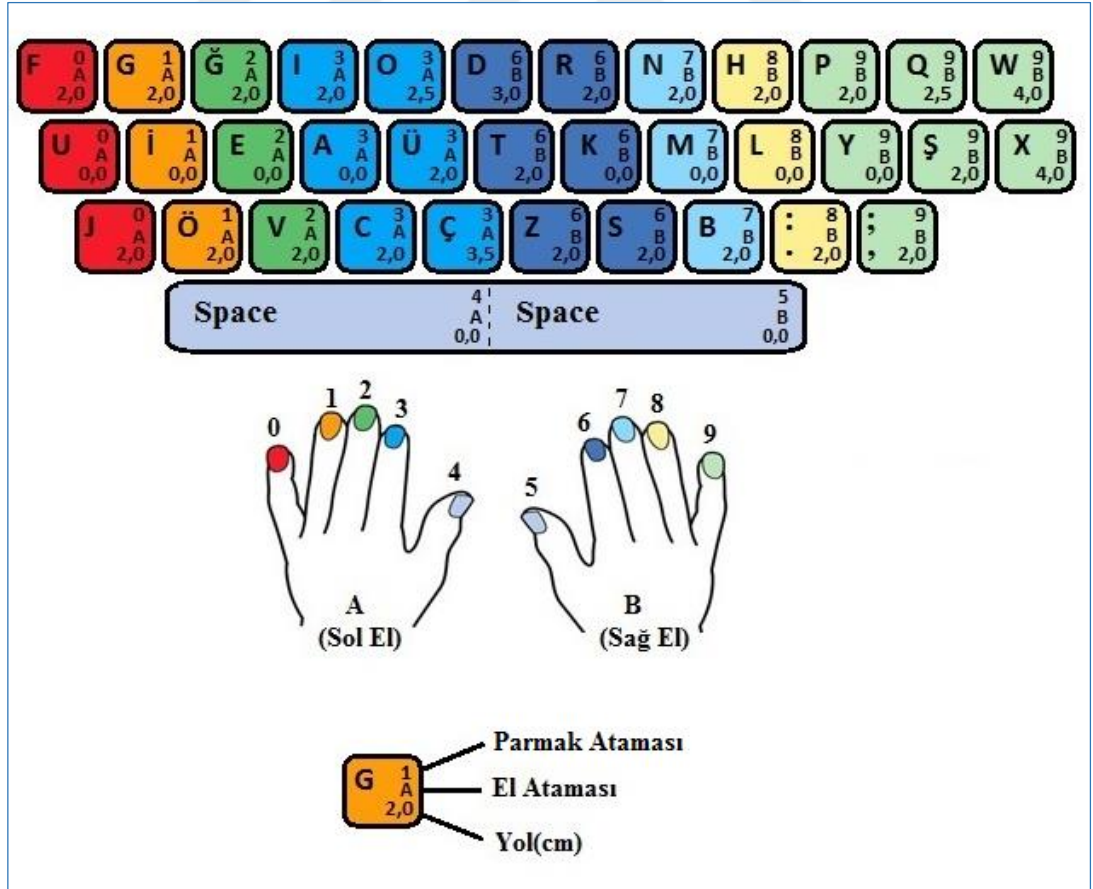
3.2.2. Parmakların Klavyede Aldığı Yoldan Tasarruf

Parmaklar, klavye ile yazma esnasında belirli bir yol kat etmektedir. Bu çalışmada, parmakların klavyede alacağı yoldan elde edilecek kazanç yol tasarrufu olarak adlandırmıştır. Yol tasarrufu, genellikle klavyede tuş düzeni oluşturma çalışmalarında dikkate alınırken kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin bu noktadaki katkısına değinen çalışmalara rastlanmamıştır. Kelime tamamlama sistemi, sağladığı tuşlama tasarrufu ile birlikte kullanıcının parmaklarının klavye üzerinde aldığı yolu da azaltmaktadır. Yani yol tasarrufu sağlamaktadır. Bu sebeple geliştirilen sistem, sağladığı yol tasarrufu açısından da test edilmiştir.

Yol tasarrufu hesabı için öncelikle bazı ölçümler yapılmış, ön koşullar belirlenmiş ve bunlara göre klavyede alınan yol hesaplanmıştır.

Yol tasarrufu hesabı için belirlenen koşullar şunlardır:

- Hesaplama on parmak klavye kullanımı temel alınmıştır.
- Klavyede parmakların başlangıç ve durma konumları olarak sabit nokta olarak adlandırılan orta sırada yer alan U, İ, E, A, K, M, L, Y harf tuşları ve alt sırada yer alan space tuşu belirlenmiş ve bu tuşlara basmak için parmakların aldığı yol sıfır kabul edilmiştir. Klavye kullanıcısı, parmaklarını bu tuşlara yerleştirmekte ve diğer tuşlara bu noktadan parmakların hareketiyle erişmektedir (Şekil 2.5.).
- Klavyedeki tuşlar için sabit noktadan ilgili parmak ile hedef tuşa basmak için alınacak yol santimetre cinsinden tuş merkezleri dikkate alınarak ölçülmüştür. Şekil 3.12.'de her bir tuş için atanan el, parmak ve tuşlamak için gereken yol bilgisi verilmiştir. Bu bilgi dikkate alınarak kelimeler için yol hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.12. Klavyede tuşlara parmak-el ataması ve her tuş için alınan yol değeri

- Sistem kelime yazımında tasarruf sağladığı için hesaplama sadece metinlerdeki kelimeler için yapılmış ve noktalama işaretleri dikkate alınmamıştır.
- Metinlerdeki tüm harfler, küçük harf olarak ele alınmış ve buna göre yol hesabı yapılmıştır.
- Geliştirilen kelime tamamlama sisteminde tahmin seçme işlemi için kullanılan tuş kombinasyonları yol değeri sıfır kabul edilen sabit nokta tuşlarından oluşmaktadır. Bu sebeple tahmin listesinden kelime seçimi işleminde de alınan yol sıfır olmaktadır.

Belirtilen bu koşullar dikkate alınarak tuşlama tasarrufu hesabında kullanılan 15 metin için yol tasarrufu hesabı yapılmıştır. Metinlerin normal yazımı ve kelime tamamlama kullanılarak yazımı için aynı koşullar altında alınan yol hesaplanmıştır. Metinlerin normal yazımına kıyasla kelime tamamlama kullanılarak elde edilen yol tasarrufu yüzdeler olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde kelime tamamlama kullanımı ile en az % 82,15 ve en fazla % 93,37 oranında yol tasarrufu elde edildiği görülmektedir. Genel olarak, 15 metin için ortalama % 87,84 oranında yol tasarrufu sağlanmıştır. Bu sonuçlara göre kelime tamamlama ile parmakların klavyede aldığı yolun büyük oranda azaltıldığı görülmektedir.

Çizelge 3.2. Yol tasarrufu test sonuçları

Metin Numarası	Metnin Normal Yazımında Alınan Yol (cm)	Kelime Tamamlama ile Alınan Yol (cm)	% Yol Tasarrufu
1	2015,0	148,5	92,63
2	1313,0	219,5	83,28
3	1232,0	109,5	91,11
4	1272,0	227,0	82,15
5	2491,0	188,5	92,43
6	1330,5	234,0	82,41
7	1725,5	192,0	88,87
8	2354,5	355,0	84,92
9	2116,6	230,5	89,11
10	2459,5	163,0	93,37
11	1745,5	163,5	90,63
12	2341,0	349,0	85,09
13	2011,5	290,0	85,58
14	2466,0	401,5	83,72
15	2329,0	179,5	92,29
Ortalama yol tasarrufu			87,84

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Sonuçlar

Bu tezin amacı, hem alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak fiziksel, zihinsel veya öğrenme engelli hem de normal klavye kullanıcıları için Türkçe yazı yazmaya uygun, metin bilgisinden faydalanan ve dile özgü klavye olan F klavye ile birlikte çalışan bir kelime tamamlama sistemi geliştirilmesidir. Belirtilen bu amaca uygun kelime tamamlama sisteminin geliştirilmesi için çalışma yapılmıştır.

Öncelikle sisteme veri sağlayacak metinler seçilmiştir. Yoğun klavye kullanımı nedeniyle metin seçiminde, adliyeler dikkate alınmıştır. Sistemin eğitim ve testi için kullanılmak üzere bu alanda kullanılan bazı metinler temin edilmiştir.

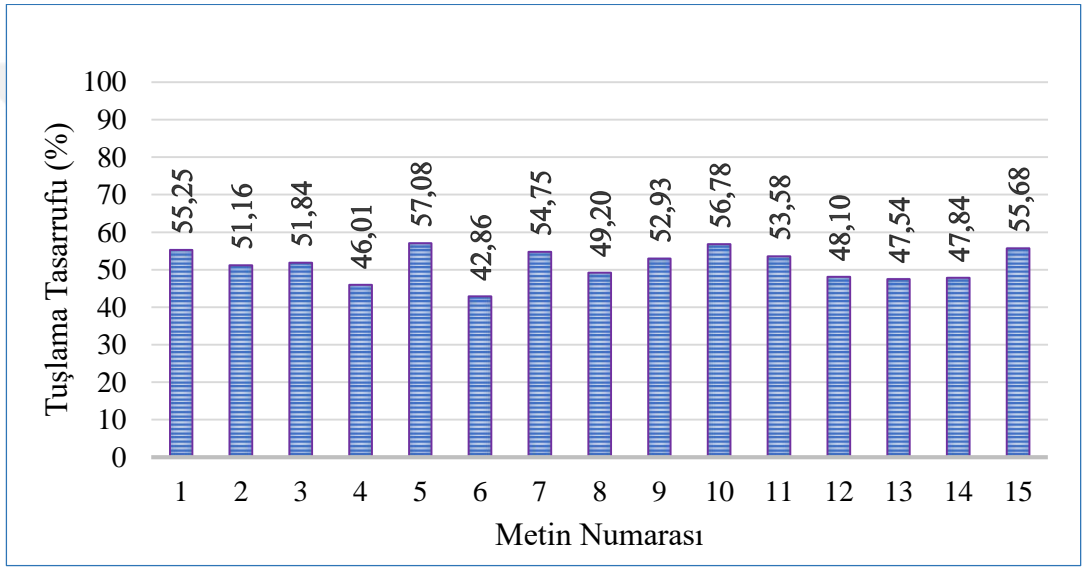
Geliştirilen sistemde tahminlerin oluşturulmasında metot olarak, metinlerdeki kelimelerin unigram ve bigram frekans değerlerinin kullanımı temel alınmıştır. Seçilecek metinlerden bu değerleri elde etmek için öncelikle bir metin analizi arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen arayüz ile seçilen test metinleri analiz edilmiş ve kelime tamamlama için gerekli kelime bilgileri elde edilmiştir. Bu kelime bilgileri bir veritabanında tutulmuştur.

Kullanıcının klavyedeki tuşlamasına bağlı olarak veritabanından ilgili kelimeleri alıp tahmin listesi olarak kullanıcıya sunan bir kelime tamamlama arayüzü geliştirilmiştir. Kullanıcının sunulan bu tahminlerden seçim yapabilmesi için F klavyeye özgü ikili tuş kombinasyonları belirlenmiştir. Son olarak metin analizi ve kelime tamamlama arayüzlerine tek bir girişten erişim için giriş arayüzü oluşturulmuştur.

Gerekli arayüzler geliştirildikten sonra sistem test işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin testi için literatürde benzer sistemlerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan KS değerlendirme ölçütü kullanılmıştır.

4.2. Katkılar ve Tartışma

Tuşlama Tasarrufu (KS) Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinin temel amacı kullanıcının yazarken harcadığı çabayı azaltarak yazma işini kolaylaştırmaktır. Bu sebeple, geliştirilen sistemler genellikle kullanıcıya sağladığı tuşlama tasarrufu dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Literatürde bu değeri maksimize etmeye yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen kelime tamamlama sistemi de KS açısından değerlendirilmiş ve Şekil 4.1.'de verilen grafik değerleri elde edilmiştir.

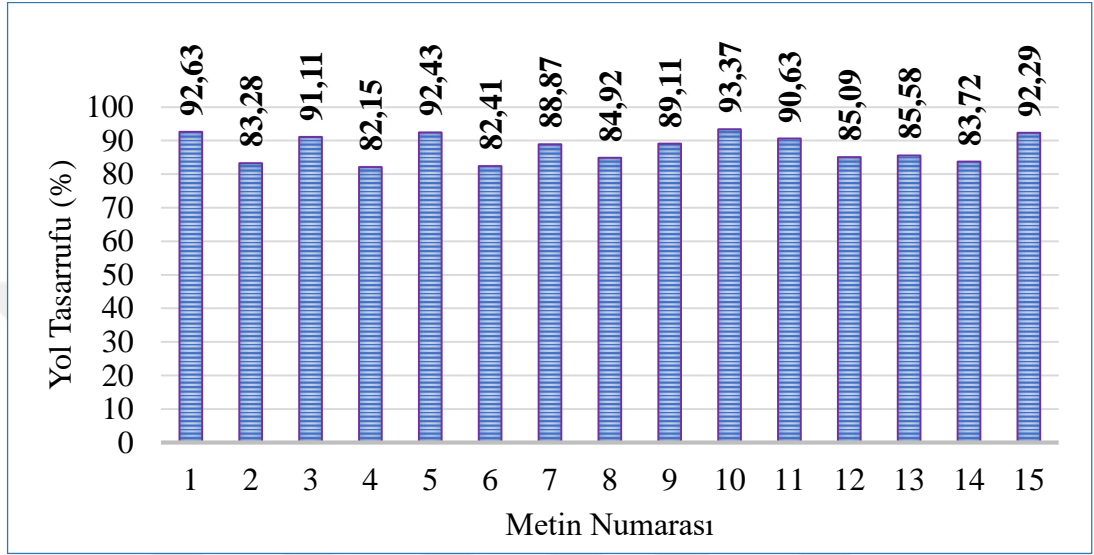


Şekil 4.1. Sistem testinde elde edilen KS değerleri

Elde edilen KS değerlerine bakıldığında yaklaşık **%50** oranında tuşlama tasarrufu sağlanabildiği görülmüştür. Bu oran, kullanıcının parmaklarına düşen iş yükünün neredeyse yarı yarıya azaltılabileceği anlamına gelmektedir. Mevcut çalışmalar dikkate alındığında, geliştirilen sistemin az veri kullanarak KS açısından önemli bir değer elde ettiği görülmektedir.

Yol Tasarrufu Klavye ile yazma esnasında parmaklar belli bir yol kat etmektedir. Kelime tamamlama sistemleri tuş basımını azaltırken aynı zamanda parmakların aldığı yolu azaltmakta ve böylece yol tasarrufu sağlamaktadır. Mevcut kelime tamamlama ve kelime tahmin çalışmalarında parmakların aldığı yoldan sağlanan tasarruf açısından

bir değerlendirmeye rastlanmamıştır. Ancak yoğun klavye kullanıcılarında oluşabilecek kas-iskelet rahatsızlıkları düşünöldüğünde parmakların iş yükünün azaltılması da önem taşımaktadır. Bu çalışmada geliştirilen kelime tamamlama sistemi kullanıcıya sağladığı yol tasarrufu açısından değerlendirilmiş ve Şekil 4.2.' de grafikte bulunan sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Sistem testinde elde edilen yol tasarrufu değerleri

Elde edilen sonuçlarda yaklaşık %87 oranında yol tasarrufu elde edilebileceği görölmektedir. Bu sonuç parmakların tuşlama işlemi için klavye üzerinde aldığı yolun yani parmaklara düşen iş yükünün çok büyük oranda azaltılabileceğini göstermektedir.

Dile Özgü Klavye Kullanımı Bölüm1 de detaylı olarak anlatıldığı üzere optimum klavye düzeni oluşturma üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların amacı genellikle kullanıcının kendi dilinde yazı yazarken parmaklarını daha verimli kullanması, parmakların iş yükünün azaltılması ve kullanıcıya daha rahat bir yazma eyleminin sağlanmasıdır. Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinde, her ne kadar tuşlama tasarrufu sağlanarak kullanıcının harcadığı çaba azaltılıyor olsa da yapılmış çalışmalarda klavye düzenine veya parmakların yazarken klavyedeki hareketlerine dikkat edilmediği görölmüştür. Bu çalışmada, dile özgü klavye kullanımına yer verilerek bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, dile

özgü klavye kullanımının kelime tamamlama sistemlerinin sağlayacağı yararı artıracağı düşünülmüştür.

Geliştirilen sistem Türkçe kullanıma uygun olarak tasarlandığı için çalışmada Türkçeye özgü geliştirilmiş olan F klavye kullanılmıştır. Sistemde, parmakların F klavye üzerinde konumlandığı noktalar dikkate alınarak kelime tahmin seçimleri için kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu şekilde, dile özgü klavye kullanımı ile kelime tamamlama sisteminin faydasının artırılacağı ve kullanıcıya daha verimli ve kullanışlı bir sistem sağlanacağı öngörülmektedir.

Tahmin Listesi Eleman Sayısı Kelime tamamlama işinde, kullanıcıya aday kelimelerin bulunduğu bir tahmin listesi sunulmaktadır. Mevcut çalışmalara bakıldığında, tahmin listesinin genellikle 5 elemanlı olduğu görülmüştür. Geliştirilen sistemde ise, F klavye kullanımında orta sıradaki harflere denk gelen 8 parmak dikkate alınmış ve bu parmakları temsil eden 8 elemanlı bir tahmin listesi sunulmuştur.

Bazı çalışmalarda, tahmin listesinde sunulan tahmin sayısının fazla olmasının, kullanıcının daha geniş alana bakmasını gerektirerek harcanacak olan zihinsel çabayı artırabileceği belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada, kullanıcının tuşlamasına bağlı olarak frekansı yüksek kelimeler işaret parmaklarına doğru yani tahmin listesinin ortasına doğru kaymaktadır. Bu da kelimenin, kullanıcının görüş alanına girmesini sağlamaktadır. Kullanıcı, 8 elemanlı tahmin listesinin tamamına bakmadığında bile tuşlanmakta olan kelime, tuşlamaya bağlı olarak orta noktaya doğru kaymaktadır. Ayrıca sisteme eklenen imleç takibi özelliği ile tahmin listesi imlecin konumuna göre ilerlemekte ve her durumda kullanıcının görüş alanında bulunmaktadır. Bu şekilde tahmin listesinin eleman sayısının fazla olmasının oluşturabileceği problemler ortadan kaldırılmıştır.

Tahmin Listesi Kelime Seçimi Kelime tahmin ve tamamlama sistemlerinde, yazılmak istenen kelime tahmin listesinde görüldüğünde, bu kelimenin doğrudan yazılmasını sağlamak için bir seçim işlemi gerekmektedir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, bu işlem için genellikle yön tuşları (aşağı yön tuşu, yukarı yön tuşu), numara tuşları (1, 2, 3, 4, 5) veya fonksiyon tuşları (F1, F2, F3, F4, F5) kullanıldığı

görülmüştür. Yön tuşları ile seçim yapılması, kullanıcının yazma işlemini bırakıp tahminler arasında yön tuşları ile dolaşıp seçim yapmasını gerektirmektedir. Bu da kullanıcının hem zaman kaybetmesine hem de dikkatinin metinden uzaklaşmasına neden olabilecektir. Numara tuşları veya fonksiyon tuşları ile seçim yapılması ise kullanıcının yazarken kullanılan harf tuşlarından uzaklaşarak tuşlama yapılmasına ve ayrıca bu tuşların kendi görevlerinin engellenmesine neden olmaktadır. Çalışmada, bu problemler dikkate alınarak yeni bir seçim yöntemi belirlenmiştir.

Geliştirilen sistemde, F klavye kullanıcılarının parmaklarını yerleştirdiği, klavyenin orta sırasında yer alan, 8 harf tuşunu dikkate alan bir seçim yöntemi kullanılmıştır. Bölüm2 de detaylı olarak anlatılan bu yöntemde kullanıcının, seçim işlemini daha kolay yapabilmesi için harf tuşları ile space tuşunun ikili tuş kombinasyonları oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar ile kullanıcı, klavyede yazarken parmaklarını harflerden uzaklaştırmadan ve dikkatini tuş arama ile dağıtmadan seçim işlemini yapabilecektir. Ayrıca belirlenen bu tuş kombinasyonları özellikle normal kullanıcılar için zamanla öğrenilebilir niteliktedir. Kullanıcı bir süre sonra klavyeye bakmadan kolaylıkla seçim işlemini yapabilecektir. Bu şekilde sistem önemli bir kullanım kolaylığı sağlayacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen sistemde tahmin listesi elamanları, yatay olarak sıralanmaktadır. Bu yatay sıralama oluşturulurken aktif parmakların kullanım durumları dikkate alınmıştır. Daha aktif kullanılabilen parmaklara daha yüksek frekanslı kelime denk gelecek şekilde kelimeler listelenmektedir. Böylece frekansı yüksek kelime daha rahat kullanılan parmak ile eşleştirilmiştir. Bu şekilde tahmin listesinden kelime seçim işlemini daha rahat yapılabilmesi beklenmektedir.

Metin Bilgisi Kullanımı Kelime tamamlama sistemlerinde, kelime tahminlerini oluşturabilmek için sistemin kullanıldığı dile ait kelime verileri gereklidir. Yapılan çalışmalarda genellikle doğrudan dile ait sözlükler kullanılmıştır. Bunun dışında metin bilgilerinden veya Twitter gibi sosyal medya verilerinden yararlanan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmada metin bilgisinden yararlanılması esas alınmıştır.

Çalışma hayatında yoğun bir şekilde klavye kullanılmakta ve sürekli çalışılan alana özgü benzer metinler yazmaktadır. Kişilerin normal hayatta kullandıkları kelimeler de, sözlük kelimeleriyle kıyaslandığında daha dar bir çerçevede ve genellikle benzer kelimelerdir. Bu durumda, kullanılacak olan kelime tamamlama sisteminin genel sözlükler yerine yazılan metinlerden elde edilecek olan anlamlı kelime bilgilerini kullanmasının daha uygun bir yaklaşım olacağı düşünülmüş ve çalışmada metinlerden faydalanılmıştır. Metinlerden kelime bilgileri elde edilerek sistem için gerekli kelime verisi sağlanmıştır. Bu şekilde daha az ve daha anlamlı kelime verisi ile verimli bir kelime tamamlama sistemi geliştirileceği öngörülmektedir.

Türkçe sondan eklemeli bir dildir ve metinlerde kelimeler genellikle aldıkları ekleriyle birlikte bulunmaktadır. Kelime tamamlama sisteminde amaç olabildiğince tuşlama tasarrufu sağlamaktır. Bu sebeple metinlerden çıkarılan kelimeler ekleriyle birlikte tutulmuştur. Bunun sistemin sağlayacağı tuşlama tasarrufunu artırması beklenmektedir.

Kelime Tahmin Yöntemi Kelime tamamlama ve kelime tahmin sistemlerinde kullanıcıya sunulacak olan kelime tahminlerinin oluşturulması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları kelime frekansı, anlamsal analiz, istatistiksel n-gram dil modelleri ve saklı anlam analizi yöntemidir. Bu çalışmada, tahminlerin belirlenmesi için basit bir yöntem olan kelimelerin metinlerdeki unigram ve bigram frekansları kullanılmıştır. Çalışmada alana veya kişiye özgü metinlerin gerekli anlamsal bilgiyi taşıdığı düşünülmüş ve bu sebeple karmaşık yöntemlerden kaçınılmıştır. Sonuçta, geliştirilen sistem ile kayda değer bir tuşlama tasarruf oranı elde edilmiştir. Bu oran belirtilen yaklaşımın uygunluğunu doğrular niteliktedir.

4.3. Gelecek Çalışmalar

Paket Program Bu çalışmada geliştirilen kelime tamamlama sistemi, bir taslak halindedir ve gelişime açıktır. Geliştirilen sistemin, kodlaması üzerinde çalışılarak sistem paket program haline getirilebilir. Ayrıca çalışmada, öngörülen sistemin uygulanabilirliğini göstermek için bazı metinler seçilmiş ve bu metinler ile sistem test edilmiştir. Gerçek kullanımlar için çalışma alanına veya kişiye özgü uygun metinler

ile sistem eğitilmelidir. Bu şekilde sistem, alana özgü veya kişisel kullanıma uygun hale gelecektir.

Dinamik Sistem Geliştirilen sistem, sadece seçilen metinlerden elde edilen bilgilerden yararlanmaktadır. Bunun yanı sıra kullanıcının, kelime tamamlama sistemini kullanırken yazdıklarından da bilgi faydalanabilir. Böylece sisteme kullanıcı etkileşimli ve dinamik bir yapı kazandırılabilir.

Gerçek Kullanıcılar Geliştirilen bu sistemin, hem alternatif ve destekleyici iletişim aracı olarak hem de normal kullanıcılar için yazmayı kolaylaştırıcı bir araç olarak fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Sistemin KS açısından faydası verilmiştir. Ancak bu sonuç, sistemin kullanıcı tarafından kabul göreceğini veya öngörülen faydalara ulaşabileceğini göstermemektedir. Bu noktada gerçek kullanıcılar ile sistemin test edilmesi ve bu kullanıcılardan alınan görüşlerle sistemin yapılandırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Demasco, Patrick W., Kathleen F. McCoy., Generating text from compressed input: An intelligent interface for people with severe motor impairments. *Communications of the ACM*. 35 (5): 68-78, 1992.
- [2] Cothran, A., Mason, G. E., The typewriter: time-tested tool for teaching reading and writing. *The Elementary School Journal*. 78 (3): 171-173, 1978.
- [3] Clevenger, E., The Genesis of the Typewriter. *The Journal of Business Education*. 17 (8): 23-24, 1942.
- [4] Anonim, The history of IBM electric typewriters. https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/modelb/modelb_history.html (Erişim Tarihi: 27.01.2016)
- [5] Roberts, D., The American Typewriter in Retrospect. *The Journal of Business Education*, 48 (4): 167-168, 1973.
- [6] Webster, M., definitions-TYPEWRITER report a problem. <http://dictionary.sensagent.com/TYPEWRITER/en-en/> (Erişim Tarihi: 19.01.2016)
- [7] Sholes, C. L., Improvement in type-writing machines. U.S. Patent No. 79.868, 1868.
- [8] David, P. A., Clio and the Economics of QWERTY. *The American economic review*. 75 (2): 332-337, 1985.
- [9] BecMng W. A., *Century of the Typewriter*, St. Martin's Press, New York, 1974.
- [10] Adler, M. H., *The Writing Machine—A History of the Typewriter*, George Allen and Unwid, Ltd., London, 1973

- [11] Anonim, The Interesting History of Evolution of Typewriters (Photo Gallery).
<http://www.technocrazed.com/the-interesting-history-of-evolution-of-typewriters-photo-gallery> (Erişim Tarihi: 25.03.2016)
- [12] Sholes, C. L., Improvement in type-writing machines. U.S. Patent No. 207.559, 1878.
- [13] Sholes, C. L., Type-writing machine. U.S. Patent No. 568.630, 1896.
- [14] Pinard, M. C., Christopher Latham Sholes, The Typewriter, and Women's Economic Emancipation: A Reading of an Image. *Reader*, 23 (22), 1990.
- [15] Anonim, Computer Keyboard,
<http://historycomputer.com/ModernComputer/Basis/keyboard.html> (Erişim Tarihi: 25.03.2016)
- [16] Daniels, M., The ingenious pen: American writing implements from the eighteenth century to the twentieth. *The American Archivist*, 43 (3): 312-324, 1980.
- [17] Morgan, R. B., Keyboards for homes. U.S. Patent No. 4.927.279, 1990.
- [18] Rosch, W. L., The Winn L. Rosch Hardware Bible. Que Publishing. 2003.
- [19] Noyes, J., QWERTY-the immortal keyboard. *Computing & Control Engineering Journal*. 9 (3): 117-122, 1998.
- [20] Rowell, Sidney W., Type-writer keyboard. U.S. Patent No. 943.466, 1909.
- [21] Banaji, F. M. M., Keyboard for typewriters. Specification of letters patent. US Patent No. 1.336.122, 1920.
- [22] Heidner, F., Type-writing machine. U.S. Patent No. 1.138.474, 1915.

- [23] Nelson, W.W., The improvements in connection with keyboards for typewriters. British Patent No. 155.446, 1920.
- [24] Meher, M. B. F., Keyboard for typewriters. U.S. Patent No. 1.336.122, 1920.
- [25] Wolcott, C. Keyboard. U.S. Patent No. 1.342.244, 1920.
- [26] Hall, E. C., Typewriter keyboard. U.S. Patent No. 1.468.566, 1923.
- [27] Hoke, R. E., Typewriter-keyboard arrangement. U.S. Patent No. 1.506.426, 1924.
- [28] Ward, J. L., A study of typewriter keyboards. Educational Research Bulletin. 243-246, 1936.
- [29] Solon P. O., Keyboard for typewriters or the like. U.S. Patent No. 2.369.807, 1945.
- [30] August, D., Dealey, W. L., Typewriter keyboard. U.S. Patent No. 2.040.248, 1936.
- [31] Griffith, R. T., The minimotion typewriter keyboard. Journal of the Franklin Institute. 248 (5): 399-436, 1949.
- [32] Maxwell, W. C. "The rhythmic keyboard." The Journal of Business Education. 27 (8): 327-330, 1952.
- [33] Martin, A., A new keyboard layout. Applied ergonomics 3 (1): 48-51, 1972.
- [34] Ferguson, D., Duncan, J. (1974). Keyboard design and operating posture. Ergonomics. 17 (6): 731-744, 1974.

- [35] Malt, Lillian G., Keyboard design in the electronic era. Printing Industry Research Association, Symposium Paper. (6), 1977.
- [36] Rose, M., Death of the QWERTY keyboard, Design World. (8): 36-43, 1985.
- [37] Rader, F., Ergonomic keypads for desktop and armrest applications. U.S. Patent No. 5.122.786, 1992.
- [38] Matias, E., "One handed-keyboard. U.S. Patent No. 5.288.158, 1994.
- [39] Harbaugh, G. B., Computer keyboard layout. U.S. Patent No. 5.584.588, 1996.
- [40] Eggers, J., Feillet, D., Kehl, S., Wagner, M. O., Yannou, B., Optimization of the keyboard arrangement problem using an ant colony algorithm. European Journal of Operational Research. 148 (3): 672-686, 2003.
- [41] Raynal, M. ve Nadine V., Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. CHI'05 extended abstracts on Human factors in computing systems. ACM, April 2005, s. 1729-1732, 2005.
- [42] Keinonen, T., Wikberg, H., Silfverberg, M., Keyboard arrangement. U.S. Patent No. 7.048.456, 2006.
- [43] Ünver, H. M., Karabulut, B., Keyboard Design Approach Based on Word Analysis for the Right-Handed. The IRES 21st International Conference, Aralık 2015, Amsterdam-Netherland, 2015.
- [44] Milli Eğitim Bakanlığı, Hızlı Yazma, http://kozanhem.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/01/11/113116/dosyalar/2012_12/05104825_hzlyazadaletmegep.pdf (Erişim Tarihi: 06. 09. 2015)

- [45] Anonim, F klavyenin Mücadelesi, http://www.emo.org.tr/ekler/b3bff7384cfaa94_ek.pdf?dergi=483 (Erişim Tarihi: 10.04.2016)
- [46] Anonim, İhsan Sıtkı Yener, <https://www.msxlabs.org/forum/bilim-tr/276542-ihsan-sitki-yener.html> (Erişim Tarihi: 10.04.2016)
- [47] Ward, D. J., MacKay, D. J., Fast hands-free writing by gaze direction. *Nature*, 428 (6900): 838, 2002.
- [48] Wobbrock, J. O., Myers, B. A., Aung, H. H., LoPresti, E. F., Text entry from power wheelchairs: EdgeWrite for joysticks and touchpads. In *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, October 2004, ACM, s. 110-117, 2004.
- [49] Wobbrock, J., Myers, B., Trackball text entry for people with motor impairments. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, April 2006, ACM, s. 479-488, 2006.
- [50] Song, Y. C., Joystick text entry with word prediction for people with motor impairments. *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. ACM, New York, s. 321-322, 2010.
- [51] Lancioni, G. E., Singh, N. N., O'Reilly, M. F., Green, V. A., Ferlisi, G., Ferrarese, G., Oliva, D., A man with amyotrophic lateral sclerosis uses a mouth pressure microswitch to operate a text messaging system with a word prediction function. *Developmental neurorehabilitation*. 16 (5): 315-320, 2013.
- [52] J. Li, Modelling semantic knowledge for a word completion task. PhD Thesis. University of Toronto, Canada, 2006.

- [53] Li, J., Graeme, H., Semantic knowledge in word completion. Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. ACM, October 2005, Baltimore-USA, s. 121-128, 2005.
- [54] Fazly, A., Graeme, H., Testing the efficacy of part-of-speech information in word completion. Proceedings of the 2003 EACL Workshop on Language Modelling for Text Entry Methods. Association for Computational Linguistics, April 2003, Budapest-Hungary, s. 9-16, 2003.
- [55] HaCohen-Kerner, Y., Greenfield, I., Basic word completion and prediction for Hebrew. In String Processing and Information Retrieval. Springer Berlin Heidelberg. October 2012, s. 237-244, 2012.
- [56] Garay-Vitoria, N., Abascal, J., Text prediction systems: a survey. Universal Access in the Information Society. 4 (3): 188-203, 2006.
- [57] Wandmacher, T., Antoine, J. Y., Methods to integrate a language model with semantic information for a word prediction component. Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning (EMNLP-CoNLL). June 2007, Prague- Czech Republic, s. 506-513, 2007.
- [58] K. Trnka, Word prediction techniques for user adaptation and sparse data mitigation. PhD Thesis. University of Delaware, USA, 2010.
- [59] Anson, D., Moist, P., Przywara, M., Wells, H., Saylor, H., Maxime, H., The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assistive technology. 18 (2): 146-154, 2006.
- [60] Tam, C., Wells, D., Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. Assistive technology. 21 (3): 105-114, 2009.

- [61] Handley-More, D., Deitz, J., Billingsley, F. F., Coggins, T. E., Facilitating written work using computer word processing and word prediction. *American Journal of Occupational Therapy*. 57 (2): 139-151, 2003.
- [62] Foster, G., Isabelle, P., Plamondon, P., Word completion: A first step toward target-text mediated IMT. In *Proceedings of the 16th conference on Computational linguistics*, August 1996, Copenhagen-Denmark, s. 394-399, 1996.
- [63] van den Bosch, A., Bogers, T., Efficient context-sensitive word completion for mobile devices. In *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, September 2008, Amsterdam- The Netherlands, s. 465-470, 2008.
- [64] Karunaratne, M. S., Nanayakkara, L. D. J. F., Ponnampereuma, K., Sentence prediction on SMS in Sinhala language. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 3 (12): 392, 2013.
- [65] Darragh, J. J., Witten, I. H., James, M. L., The reactive keyboard: A predictive typing aid. *Computer*. 23 (11): 41-49, 1990.
- [66] Chronqvist, Fredrik A., Electronic device with text prediction function and method. U.S. Patent No. 12/363.799, 2010.
- [67] Unruh, E., Text entry with word prediction, completion, or correction supplemented by search of shared corpus. U.S. Patent No. 12/943.856, 2010
- [68] Thorn, O. K., Word prediction. U.S. Patent No. 7.698.326, 2010.
- [69] Bower, J., Furuuchi, K., Liu, S., Morimoto, K., Robbins, D., Laughlin, C., Davis, P., Context based word prediction. U.S. Patent No. 7.912.700, 2011.
- [70] Miller, J. W., Word prediction system. U.S. Patent No. 5.805.911, 1998.

- [71] Tocci, M., Predictive word completion. U.S. Patent No. 13/162.319, 2012.
- [72] WordQ, <http://www.goqsoftware.com/wordQ.php> (Erişim Tarihi: 12.02.2016)
- [73] Co:Writer, <http://donjohnston.com/cowriter/> (Erişim Tarihi: 12.02.2016)
- [74] Moulton, Bryan J., Gregory W. Leshner, D. Jeffery Higginbotham. A system for automatic abbreviation expansion. In Proceedings of the Resna 22nd Annual Conference, June 1999, Long Beach-California, s.55-57, 1999.
- [75] Willis, T., Pain, H., Trewin, S., Clark, S., Informing flexible abbreviation expansion for users with motor disabilities. In Computers Helping People with Special Needs, July 2002, Springer Berlin Heidelberg, s. 251-258, 2002.
- [76] Willis, T., Pain, H., Trewin, S., A probabilistic flexible abbreviation expansion system for users with motor disabilities. In Proceedings of the 2005 international conference on Accessible Design in the Digital World. August 2005, Dundee-Scotland, s. 4-4, 2005.
- [77] Hunnicutt, S., Input and output alternatives in word prediction. STL/QPRS2.3, s. 15-29, 1987.
- [78] Palazuelos-Cagigas, S. E., Godino-Llorente J. I., Aguilera-Navarro S., Comparison between adaptive and nonadaptive word prediction methods in a word processor for motorically handicapped non vocal users. Proceedings of AAATE Conference, Thessaloniki-Greece, s.158-162, 1997.
- [79] Palazuelos, S. E., Aguilera, S., Rodrigo, J., Godino-Llorente, J. I., Grammatical and statistical word prediction system for Spanish integrated in an aid for people with disabilities. In ICSLP, Sydney-Australia, 1998.
- [80] Garay-Vitoria, N., Gonzalez-Abascal, J., Intelligent word-prediction to enhance text input rate (a syntactic analysis-based word-prediction aid for people with

severe motor and speech disability). In Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces, January 1997, New York-USA, s. 241-244, 1997.

- [81] Hunnicutt, S., Johan C., Improving word prediction using Markov models and heuristic methods. *Augmentative and Alternative Communication*. 17 (4): 255-264, 2001.
- [82] A. Fazly, The use of syntax in word completion utilities. MSc Thesis, University of Toronto, Canada, 2002.
- [83] Al-Mubaid, H., Context-based word prediction and classification. Proceedings of the 18th International Conference on Computers and their Applications CATA'2003. March 2003, Hawaii-USA, s. 384-388, 2003.
- [84] Trnka, K., Yarrington, D., McCoy, K., Pennington, C., Topic modelling in fringe word prediction for AAC. In Proceedings of the 11th international conference on intelligent user interfaces. January 2006, Sydney-Australia, s. 276-278, 2006
- [85] Miller, T., Wolf, E., Word completion with latent semantic analysis. In *Pattern Recognition, 2006. ICPR 2006. 18th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE, August 2006, Hong Kong-China, s. 1252-1255, 2006.
- [86] Al-Mubaid, H., A Learning-Classification Based Approach for Word Prediction. *Int. Arab J. Inf. Technol.* 4 (3): 264-271, 2007.
- [87] MacKenzie, I. S., Zhang, X., Eye typing using word and letter prediction and a fixation algorithm. In Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications, March 2008, Savannah-Georgia, s. 55-58, 2008.
- [88] Wiegand, K., Patel, R. (2012, June). Non-syntactic word prediction for AAC. In Proceedings of the Third Workshop on Speech and Language Processing for

Assistive Technologies. Association for Computational Linguistics, June 2012, Montreal-Canada, s. 28-36, 2012.

- [89] Stoop, W., van den Bosch, A. P. J., Using idiolects and sociolects to improve word prediction. Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics, April 2014, Gothenburg-Sweden, s. 318-327, 2014.
- [90] Adalet Bakanlığı, Zabıt Kâtipliği Uygulama Sınavı Metinlerine İlişkin Duyuru, <http://www.pgm.adalet.gov.tr/duyuru/2014/eylul/zbt.htm> (Erişim Tarihi: 20.07.2015)
- [91] Adalet Bakanlığı, Zabıt Kâtipliği Uygulama Sınavı Metinlerine İlişkin Duyuru, <http://www.pgm.adalet.gov.tr/duyuru/2015/subat/metin.htm> (Erişim Tarihi: 20.07.2015)
- [92] Anonim, Text Mining, https://en.wikipedia.org/wiki/Text_mining (Erişim Tarihi: 18.04.2016)
- [93] Nasukawa, T., Nagano, T., Text analysis and knowledge mining system. IBM systems journal. 40 (4): 967-984, 2001.

EKLER

EK 1. KULLANILAN METİNLER

1. Metin

Kast, kişi ile işlediği suçun maddi unsurları arasındaki psikolojik bağı ifade etmektedir. Suçun kanuni tanımındaki maddî unsurların bilerek ve istenerek gerçekleştirilmesi, kastın varlığı için zorunludur. Suç tanımında yer almakla birlikte, fiilin ifade ettiği haksızlık üzerinde etkili olmayan koşulların gerçekleştiğinin bilinip bilinmemesi, kastın varlığı açısından önem taşımamaktadır. Örneğin objektif cezalandırılabilme koşulunun arandığı suçlarda bu koşulun veya şahsi cezasızlık sebebinin fail tarafından bilinmesi gerekmez.

Madde metninde doğrudan kasttan ayrı olarak olası kast da tanımlanmıştır. Olası kast durumunda suçun kanuni tanımında yer alan unsurlardan birinin somut olayda gerçekleşebileceği öngörülmesine rağmen, kişi fiili işlemektedir. Diğer bir deyişle, fail unsurların meydana gelmesini kabullenmektedir. Mevzuatımıza giren yeni bir kavram olan olası kastla ilgili uygulamadan bazı örnekler vermek yararlı olacaktır.

Yolda seyreden bir otobüs sürücüsü, trafik lambasının kendisine kırmızı yanmasına rağmen, kavşakta durmadan geçmek isterken kendilerine yeşil ışık yanan kavşaktan geçmekte olan yayalara çarpar ve bunlardan bir veya birkaçının ölümüne veya yaralanmasına neden olur. Trafik lambası kendisine kırmızı yanan sürücü, yaya geçidinden her an birilerinin geçtiğini görmüş olmasına rağmen kavşakta durmamış ve yoluna devam etmiştir. Bu durumda otobüs sürücüsü, meydana gelen ölüm veya yaralama neticelerinin gerçekleşebileceğini öngörerek, bunları kabullenmiştir.

Düğün evinde törene katılanların tabancaları ile odanın tavanına doğru ardı ardına ateş ettikleri sırada, bir kişinin aldığı alkolün de etkisi ile elinin seyrini kaybetmesi sonucu, yere paralel olarak yaptığı atışlardan bir tanesinden çıkan kurşun, törene katılanlardan birinin alınına isabet ederek ölümüne neden olur. Bu örnek olayda kişi yaptığı atışlardan çıkan kurşunların orada bulunan herhangi birine isabet edebileceğini öngörmüş; fakat buna rağmen silahıyla atışa devam etmiştir. Burada da fail silahıyla ateş ederken ortaya çıkacak yaralama veya ölüm neticelerini kabullenmiştir.

Verilen bu örneklerde kişinin olası kastla hareket ettiğinin kabulü gerekir. Suçun olası kastla işlenmesi durumunda temel cezada indirim yapılması öngörülmüştür.

Kasten işlenebilen suçlar, ilke olarak hem doğrudan hem de olası kastla işlenebilir. Ancak, kanundaki tanımında bilerek ifadesine yer verilmiş olan suçlar sadece doğrudan kastla işlenebilir. Örneğin iftira suçunda, failin suçsuz olduğunu bilerek kişiye suç isnat etmesi gerektiğinden, bu suç ancak doğrudan kastla işlenebilir.

2. Metin

Sosyal, kültürel, teknolojik ve ekonomik alanda meydana gelen gelişmeler ve yüzyılın yeni değerleri karşısında Avrupa Birliğine giden bu süreçte hukuk ve adalet reformu kaçınılmaz olmuş, başta temel kanunlarımız olmak üzere tüm mevzuatımızın Avrupa Birliğine uyumunun sağlanması zorunlu hale gelmiş, bu konudaki değişiklik çalışmaları sürat ve kararlılıkla sürdürülerek büyük ölçüde tamamlanmıştır.

Bu kapsamlı değişiklikler karşısında Bakanlığımızca çeşitli tarihlerde çıkarılan genelgelerin büyük bir kısmının güncelliğini yitirdiği, aynı konuda onlarca genelge olduğu, zaman zaman bu genelgelere ulaşmakta dahi zorluk çekildiği ve bunların beklenen faydayı sağlamaktan giderek uzaklaştığı bilinmektedir. Bu durumun yargı hizmetini doğrudan sunan, ağır iş yükü altında büyük bir özveri ile çalışan hakim ve Cumhuriyet savcılarımız ile diğer yargı personeline ek yük getirdiği bilinen bir gerçektir.

Bu gerçekler dikkate alınarak Bakanlığımız tarafından çeşitli tarihlerde çıkarılan genelgelerin güncelliğini sağlamak, uygulama kabiliyetini kaybedenleri ayıklamak, benzer konuları düzenleyen genelgeleri birleştirmek, aykırılıkları gidermek, dilini sadeleştirmek ve uygulama birliğini sağlamak amacıyla bugüne kadar yayımlanan tüm genelgelerin yürürlükten kaldırılarak güncelleştirilmesi yoluna gidilmiştir.

Bu itibarla, Bakanlığımız tarafından daha önce yayımlanan tüm genelgeler yürürlükten kaldırılmıştır.

Yeni yayımlanacak olan genelgelerin tüm camiaya yararlı olması temennisiyle, bilgi edinilmesini ve gereğinin buna göre ifasını rica ederim.

3. Metin

Suçta ve cezada kanunilik ilkesinin doğal bir sonucu olan evrensel ilke niteliğindeki ceza kanunlarının uygulanmasında kıyasa başvurulamayacağı, maddenin üçüncü fıkrasında açıkça düzenlenmiştir. Böylece ceza kanunlarının bireye güvence sağlama işlevinin bir gereği daha yerine getirilmiş olmaktadır. Yeni tarihli ceza kanunlarında da kıyas yasağına ilişkin olarak açık hükümlere yer verilmektedir. Örneğin yeni Fransız Ceza Kanununda bu husus ceza kanunları dar yorumlanır biçiminde ifade edilmiştir. Kıyas yasağıyla getirilen güvencenin tam anlamıyla uygulanabilmesini mümkün kılmak amacıyla, kıyasa yol açacak şekilde yapılacak geniş yoruma da başvurulamayacağı açıkça ifade edilmiştir. Ancak bu hükümlerle ceza hukukunda genişletici yorum tümüyle yasaklanmamakta, sadece bu yorum biçiminin kıyasa yol açacak şekilde uygulanmasının önüne geçilmek istenmektedir.

Suç işlenmesiyle bozulan toplum düzeninde adaletin sağlanması için suç işleyen kimseye uygulanacak ceza hukuku yaptırımlarının haklı ve ölçülü olması gerekir. Çünkü ancak haklı ve suçun ağırlığıyla orantılı bir yaptırım ile suç işleyen kişinin bu fiilinden pişmanlık duyması sağlanabilir ve yeniden topluma kazandırılması söz konusu olabilir. Yine bireylerin hukuka olan güvenlerinin pekişmesi ve cezanın caydırıcılık etkisinin doğru biçimde gösterilebilmesi için de ceza hukukunun temel ilkelerinden olan orantılılık ilkesine uymak gerekir. Madde ile bu hususa ceza kanununda açıkça yer verilerek, ceza kanununun adaletçi bir karaktere sahip olduğu da vurgulanmak istenmiştir.

Geçmişte ve günümüzde, insanın ırk, din, düşünce veya cinsiyeti nedeniyle uğradığı haksız muamelelerin önlenmesi, insanlık camiasının temel uğraşlarından biridir. Ceza hukuku araçlarıyla yapılan ayrımcılık ise insana yönelik yapılan en zalimane uygulamalardan biridir. Özellikle totaliter rejimlerdeki ayrımcılığın ortaya çıkardığı felaketler insanlık tarihinde unutulamayacak acı izler bırakmıştır. İşte bu nedenlerle ki insan haklarıyla ilgili uluslararası sözleşmelerde ve Anayasamızda ifade edilen eşitlik ilkesine yer verilerek, ceza kanununun insancıl niteliğe sahip olduğuna da işaret edilmektedir. Ceza kanunlarının düzenlenmesinde ve uygulanmasında bireyler arasında herhangi bir sebeple ayırım yapılmamasının ifade edilmesi, aynı zamanda

hukuk devletinin özünü oluşturan insan onurunun korunmasının ceza kanununda da temel değer olarak benimsenmesi anlamına gelmektedir.

4. Metin

Mahkemece, Belediye Gelirleri Kanunu ve diğer kanunlarla belediyeye verilmekte olan payların, vergi ve resim hükmünde olduğu, bu payların 6183 sayılı Kanun hükümlerine göre tahsili gereken borçlar dışında haczedilmesinin mümkün olmadığı, dava konusu takip alacağının 6183 sayılı Kanun kapsamında bulunmadığı gerekçesi ile belediye başkanlığı yönünden şikayetin kabulüne, diğer şikayetçi büyükşehir belediye başkanlığı yönünden ise şikayet isteminin husumet yokluğu nedeniyle reddine karar verilmiştir.

Direnme yoluyla Hukuk Genel Kurulu önüne gelen uyuşmazlık, toplanan delillerin haciz konulan alacağın niteliğinin belirlenmesine elverişli olup olmadığı noktasında toplanmaktadır. Öncelikle uyuşmazlığın çözümüne etkili yasal düzenlemelerin irdelenmesinde yarar vardır.

Belediye Kanununa göre belediyenin proje karşılığı borçlanma yoluyla elde ettiği gelirleri, şartlı bağışlar ve kamu hizmetlerinde fiilen kullanılan malları ile belediye tarafından tahsil edilen vergi, resim ve harç gelirleri haczedilemez.

Somut olaya ilişkin yapılan değerlendirmede, alacaklı vekili tarafından borçlu belediye başkanlığı hakkında ilamlı icra takibi başlatılmış olduğu, icra dosyasında davacı belediye başkanlığının büyükşehir belediye başkanlığı nezdinde doğmuş ve doğacak hak ve alacaklarının haczi için büyükşehir belediye başkanlığına haciz ihbarnamesi gönderildiği anlaşılmıştır. Düzenlenen ihbarname üzerine belediye başkanlığının, ilgili büyükşehir belediye başkanlığı nezdindeki eğlence vergisi alacağı üzerine haciz konulmuştur.

Mahkemece, üzerine haciz konulan alacak vergi alacağı olduğu ve bu alacağın haczedilmesinin mümkün olmadığı gerekçesi ile ilgili belediye başkanlığının şikayetinin kabulüne karar verilmiştir.

5. Metin

Alacaklı tarafından bonoya dayalı olarak kambiyo senetlerine mahsus haciz yolu ile başlatılan takipte, icra kefilî icra mahkemesine başvurarak, asıl borçlu olan oğlunun hapisten kurtulacağı vaadiyle kendisine icra kefaleti, icra emri tebligatı, emekli maaşının hacedilmesine ilişkin muvafakat yazısı ve icra emrine itiraz hakkından feragat ettiği hususunda belgeler imzalatıldığını ileri sürerek tüm bu işlemlerin iptali ile emekli maaşına konulan haczin kaldırılmasını ve yapılan kesintilerin iadesini talep etmiş, mahkemece şikayetin reddine karar verilmiştir.

Türk Borçlar Kanununa göre kefalet sözleşmesi, yazılı şekilde yapılmadıkça ve kefilin sorumlu olacağı azami miktar ile kefalet tarihi belirtilmedikçe geçerli olmaz. Kefilin, sorumlu olduğu azami miktarı, kefalet tarihini ve müteselsil kefil olması durumunda, bu sıfatla veya bu anlama gelen herhangi bir ifadeyle yükümlülük altına girdiğini kefalet sözleşmesinde kendi el yazısı ile belirtmesi şarttır.

Şikayetçi, icra kefilliğinin iptali isteminde bulunmuş ise de, bu hususun incelenmesinin genel mahkemede yargılamayı gerektirdiği ve dar yetkili icra mahkemesinde dinlenemeyeceği açık olmakla birlikte, somut olayda icra kefalet tutanağında, kefalet tarihinin kefilin kendi el yazısı ile yazılmadığı görülmekte olup, bu haliyle kefalet tutanağının kefaletin şeklini düzenleyen Türk Borçlar Kanunu uyarınca belirtilen şartlarda düzenlenmediği anlaşılmaktadır.

Hal böyle olunca, mahkemece, icra emrinin iptaline ve icra emrinin iptaliyle şikayetçi hakkındaki takip kesinleşmemiş olacağından emekli maaşına konulan haczin de kaldırılmasına karar verilmesi gerekirken yazılı şekilde şikayetin reddi yönünde hüküm tesisi isabetsizdir.