



AKILLI TELEFON VERİLERİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK STRES TESPİTİ ÇALIŞMALARI ÜZERİNE BİR LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ensar Arif SAĞBAŞ^{1*}, Serdar KORUKOĞLU², Serkan BALLI¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği, Muğla Türkiye

²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İzmir Türkiye

Anahtar Kelimeler

Stres Tespiti,
Akıllı Telefon,
Makine Öğrenmesi,
Algılayıcı Verisi,
Sağlık Bilişimi.

Öz

Stres, genel olarak olumsuz etkilere sahip bir süreçtir. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek için erken tespit edilmesi önemlidir. Buna bağlı olarak stresin tespit edilmesi bir sınıflandırma problemi olarak ele alınabilir. Stres, fizyolojik ve davranışsal veriler kullanılarak tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada, sadece akıllı telefon verileri kullanılarak gerçekleştirilen stres tespiti çalışmaları ele alınmış ve stres tespitinde kullanılan veri kaynakları, veri türleri ve sınıflandırmada kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri incelenmiştir. Bu çalışmalar kendi içerisinde veri kaynaklarına göre beş başlık altında incelenmiştir. Araştırma sonucunda akıllı telefon uygulamaları, hareket algılayıcıları, arama ve mesaj atma sıklığı gibi bilgilerin stresin tespitinde önemli bir yer tuttuğu görülmüştür.

A REVIEW OF LITERATURE ON STRESS DETECTION STUDIES USING SMARTPHONE DATA AND MACHINE LEARNING METHODS

Keywords

Stress Detection,
Smartphone,
Machine Learning,
Sensor Data,
Health Informatics.

Abstract

Stress is a process that generally has negative effects. It is important to be detected early to minimize these negative effects. Accordingly, the detection of stress can be considered as a classification problem. Stress can be detected using physiological and behavioral data. In this study, stress detection studies using only smartphone data were discussed and data sources, data types, and machine learning methods using classification were examined. These studies were handled under five headings according to their data sources. As a result of the research, it has been seen that information such as smartphone applications, motion sensors, frequency of calling and texting has an important place in the detection of stress.

Alıntı / Cite

Sagbas,E.A., Korukoglu,S., Balli,S., (2021). Akıllı Telefon Verileri Ve Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Stres Tespiti Çalışmaları Üzerine Bir Literatür Araştırması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(3), 1030-1038.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E.A. Sağbaş, 0000-0002-7463-1150
S. Korukoğlu, 0000-0002-4230-8447
S. Ballı, 0000-0002-4825-139X

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	05.09.2020
Revizyon Tarihi / Revision Date	07.06.2021
Kabul Tarihi / Accepted Date	09.06.2021
Yayın Tarihi / Published Date	21.09.2021

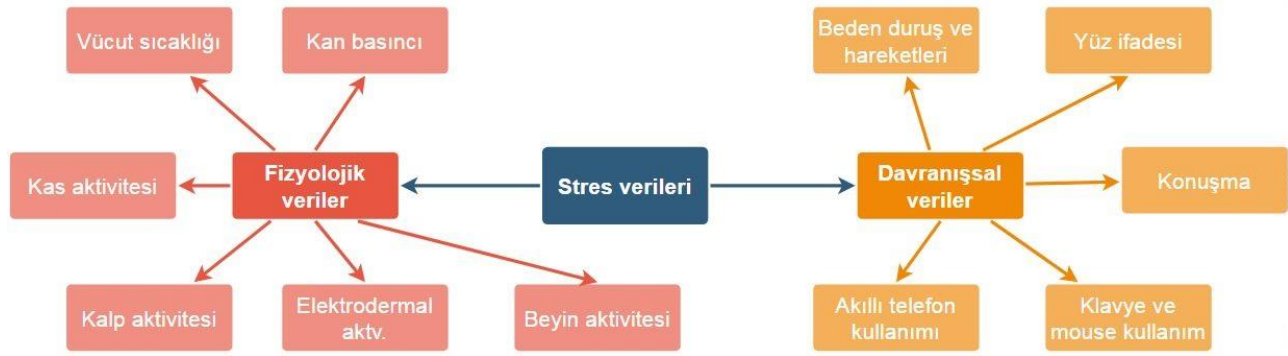
1. Giriş (Introduction)

Stres, algılanan fiziksel veya psikolojik tehditlere verilen bedensel reaksiyonları tanımlayan bir terimdir. Bu reaksiyonlar, bazen olumlu bazen ise olumsuz sonuçlar doğurabilir (Çökük, 2018). Stres, bireyi tehlikeli durumlarda uyarmakta ve zorluklarla başa çıkmaya odaklanmaktadır. Bununla birlikte, çoğu durumda, stresin sağlığa zararlı etkileri bulunmaktadır. Örnek olarak, stresin endişe, korku ve aynı zamanda kalp ile ilgili hastalıklar, diyabet, astım ve depresyon için önde gelen risk faktörü olduğu bilinmektedir (Choi, 2012). Bu nedenle stresi erken ve doğru tespit etmek, zamanında müdahale etmek çok önemlidir.

Son yıllarda sağlık bilişimi alanında yapılan çalışmalarda, araştırmacılar bir bireyin duygusal durumu ve fiziksel sağlığı arasında önemli bir bağlantı bulunduğunu belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak stres, sınıflandırma

* İlgili yazar / Corresponding author: arifsagbas@mu.edu.tr

problemleri arasına girmiştir. Stres tespitinde kullanılan verileri Şekil 1'de gösterildiği gibi sınıflandırmak mümkündür (Can vd., 2019).



Şekil 1. Stres tespitinde kullanılan verilerin sınıflandırılması (Classification of data used in stress detection)

Stres tespiti genel olarak laboratuvar ortamında ve kısa sürelerde toplanan fizyolojik veriler ile gerçekleştirilmektedir. Elektrodermal aktivite ve kalp aktivitesi en sık kullanılan verilerdendir. Kalp hızı değişkeni ise kalp aktivitesi verilerinden hesaplanan en popüler stres algılama özelliğidir. (Alberdi vd., 2016). Maalesef, fizyolojik algılayıcılar yanlış bağlanmaya duyarlıdır (Bakker vd., 2012). Buna ek olarak, fizyolojik parametreler konuşma, kafein alımı, içme, yeme ve hareket gibi birçok günlük aktiviteden etkilenmektedir (Plarre vd., 2011; Vildjiounaite vd., 2018). Fizyolojik algılayıcıların bu dezavantajları nedeniyle araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmış ve stres tespiti için akıllı telefonlardan elde edilen davranışsal verilerden faydalanılmıştır.

Literatürde stres tespiti ile ilgili çok çeşitli çalışmalar bulunuyor olsa da, bu literatür araştırmasında sadece akıllı telefon verilerinin kullanıldığı çalışmalar ele alınmıştır. Akıllı telefonun hareket algılayıcıları, telefon kullanım desenleri (uygulama kullanımı, arama ve SMS kayıtları) ve dokunmatik ekrana uygulanan çeşitli işlemler (yazı yazma, kaydırma, dokunma) stres tespiti için kullanılmaktadır. Son zamanlarda gerçekleştirilen çalışmalarda bunlara ek olarak kişinin gün içerisinde yapmış olduğu aktivitelerin takip edilip parametre olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir.

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde geçmiş derleme çalışmaları özetlenecektir. Üçüncü bölümde akıllı telefon ile stres algılama çalışmalarında kullanılan veriler açıklanacaktır. Dördüncü bölümde araştırma yönteminden bahsedilecek, beşinci bölümde literatür incelemesine yer verilecektir. Son olarak altıncı bölümde elde edilen bulgular tartışılacaktır.

2. Geçmiş Derleme Çalışmaları (Related Survey Studies)

Stres tespiti, güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır. Kullanılan veri kaynağından kullanım yerlerine kadar çeşitli şekillerde farklılaşan bu çalışma alanı hakkında derleme çalışmaları yapılmıştır. Stres tespiti alanında bulunan literatür araştırması çalışmaları bu başlık altında kronolojik sırayla özetlenmiştir.

Sharma ve Gedeon (2012) stresi ölçmek ve stresi modelleme tekniklerini araştırmak için kullanılan algılayıcıları incelemişlerdir. Stres seviyelerini düzenli olarak izlemek isteyen bireyler tarafından kullanılacak günlük aktiviteleri engellemeyen algılayıcılar (örneğin araç sürücüler, stresle bağlantılı hastalıkları olan hastalar) araştırmanın odak noktasıdır. Garje vd. (2016) bugün gençler arasında popüler bir mikroblog sitesi olan Twitter verileri ile stres tanımlama ve tahmin tekniklerini uygulayan çalışmaların analitik bir incelemesini sunmaktadır. Bu konu, birçok kişi tarafından sosyal medyanın olumsuz yan etkisiyle başa çıkmak için araştırılmaktadır. Bu çalışmanın araştırması, konu üzerinde gösterilen çabayı, çeşitli analiz tekniklerini ve olası çözümleri netleştirmektedir. Bu literatür araştırması, bu alandaki çalışmanın bir bölümünü incelemektedir. Greene vd. (2016) özellikle duygusal hesaplama için yaygın olarak kullanılan teknolojiyi kullanarak psikofizyolojik stresin fizyolojik ve fiziksel ölçümlerine odaklanmıştır. Önce psikofizyolojik stresin bazı geçmişini ve bunun insan vücudu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Tartışma, stresin fizyolojik ve fiziksel ölçülerini ve bu ölçümleri yapmak için kullanılan teknolojiyi keşfederek devam etmektedir. Ek olarak, araştırma ve iş dünyasında kullanılan mevcut ürünlerin değerlendirilmesini ve karşılaştırılmasını içermektedir. Thapliyal vd. (2017) stresi tespit etmek ve yönetmek için tüketicilere sunulan cihazlardan bazılarını genel bir bakış sağlamışlardır. Çalışmada, ya şu anda piyasada ya da halka açıklanmak üzere olan cihazlar ele alınmıştır. Bu inceleme, cihazların kendileri üzerinde herhangi bir analiz sağlama amacı taşımamaktadır. Bu nedenle, her bir üreticinin ilgili stres algılama ve yönetim özelliklerini uygulamada ne kadar etkili olduğu tartışılmamıştır. Rastgoo vd. (2018) sürücü stres seviyelerini tespit etmek için en yaygın kullanılan veriler ve ardından sık ve yüksek performans gösteren seçilmiş öznitelikleri analiz etmişlerdir. Bu inceleme aynı zamanda sürücü stres tespit sistemlerinin uygulanmasını engelleyen temel

metodolojik sorunları ve boşlukları tartışmakta ve gelecekteki araştırma yönlerine ilişkin öngörü sunmaktadır. Can vd. (2019) akıllı telefon ve giyilebilir cihazların kullanıldığı günlük hayatta stres tespiti ile ilgili son çalışmaları incelemişlerdir. Çalışmalar kullanılan fizyolojik modaliteye ve ofis, kampüs, araba gibi hedeflenen ortama ve sınırsız günlük yaşam koşullarına göre bölerek ele alınmıştır. Ayrıca gelecek vaat eden teknikleri, hafifletme yöntemleri ve araştırma zorlukları tartışılmıştır. Giannakakis vd. (2019) psikolojik stresin biyolojik sinyaller aracılığıyla ölçülen insan vücudu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Literatürde kullanılan çok sayıda biyosinyal ve stresin çoklu bedensel tepkilere etkisi araştırılmıştır. Stres tespitinde mevcut bilgi durumu boyunca biyosinyal veri özelliklerinin verimliliği, sağlamlığı ve tutarlılığına vurgu yapılmaktadır. Aynı zamanda, doğru stres bağıntılarının türetilmesi için çok modlu biyosinyal analizi ve modelleme yöntemleri de araştırılmıştır. Bu araştırma, stres koşulları sırasında ortaya çıkan biyosinyal kalıpları hakkında kapsamlı bir inceleme ve stresin daha verimli tespitine yönelik güvenilir pratik kılavuzlar sağlamayı amaçlamaktadır. Panure and Sonawani (2019) farklı algılayıcı türleri ve kullanımlarını açıklamışlardır. Ek olarak bu çalışmada, stresi tespit etmede daha fazla doğruluk elde etmek için kullanılan çeşitli algoritmalar listelenmektedir. Buna bağlı olarak, otomatik stres tespiti üzerinde çalışacak diğer araştırmacılar için yararlı olacağı düşünülmektedir. Çalışmanın birincil amacı, bu alandaki çeşitli çalışmaları gözden geçirmek ve stres tespiti alanında yapılan önceki araştırmaların önemli noktalarını özetlemektir. Panicker ve Gayathri (2019) zihinsel stres algılama sistemlerinin fizyolojik veri toplama, makine öğreniminin duygu algılama sistemleri ve stres algılama sistemlerinde rolü, çeşitli değerlendirme ölçütleri, zorluklar ve uygulamalar yönleri hakkında kapsamlı bir araştırma sunmaktadır. Popüler öznitelik seçim yöntemlerine genel bir bakış da sunulmaktadır. İnsanların biyolojik özellikleri ile duyguları ve zihinsel stres arasındaki bağlantıların araştırılması önemli bir katkıdır. Bu alandaki sayısız araştırma boşluğu vurgulanarak gelecekteki araştırmalar için yol göstermektedir.

3. Akıllı Telefon ile Stres Algılama Verileri (Stress Perception Data by Smartphone)

Akıllı cihazlar, insanların güncel hayatta sürekli yanlarında taşıdıkları, haberleşmenin imkânının yanında sahip olduğu algılayıcılar ve yüksek hesaplama gücü sayesinde kullanıcı hakkında bilgi sağlayan cihazlardır. Bunların başında ise akıllı telefonlar gelmektedir (Sağbaş vd., 2016). Bu yüksek hesap gücü ve algılayıcılar sayesinde stresin tespiti de mümkün olmaktadır. Stres tespitinde kullanılan akıllı telefon verileri alt başlıklarda açıklanmaktadır.

3.1. Algılayıcılar (Sensors)

- ❖ **İvmeölçer algılayıcısı:** Bu algılayıcı akıllı telefona x, y ve z ekseninde uygulanan ivmeyi bildirmektedir (Ballı ve Sağbaş, 2017). Özellikle aktivite takibinde kullanılan bu algılayıcı stres tespitinde de Sysoev vd. (2015), Wang vd. (2014), Muaremi vd. (2013), Gjoreski vd. (2015), Garcia-Ceja vd. (2016), Sano ve Picard (2013), Kim ve Choi (2012) ve Sağbaş vd. (2020) gibi çalışmalarda kullanılmıştır.
- ❖ **Jiroskop algılayıcısı:** Bu algılayıcı cihazın üç eksenin etrafında dönem açısını rad/sn cinsinden ifade etmektedir (Ballı ve Sağbaş, 2018). Sysoev vd. (2015), Kim ve Choi (2012) ve Sağbaş vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarında jiroskop algılayıcısından faydalanılmıştır.
- ❖ **Işık:** Ortamın ışık bilgisi, uyku zamanlarının tespitinde kullanılmaktadır. Wang vd. (2014), Gjoreski vd. (2015), Sysoev vd. (2015) ve Lee vd. (2012) çalışmalarında ortam ışığından faydalanmışlardır.
- ❖ **GPS:** GPS algılayıcısı konum, yükseklik ve hız gibi bilgiler sunmaktadır (Sağbaş ve Ballı, 2015). Wang vd. (2014) ve Gjoreski vd. (2015) çalışmalarında bu algılayıcıdan faydalanılmıştır.
- ❖ **Ses:** Bireyin uyku durumu ve sosyal etkileşimi hakkında çıkarımlarda bulunmak mümkündür. Lu vd. (2012) akıllı telefonlar kullanarak insan sesinden gelen stresi göze çarpmadan tanımak için StressSense'i önermişlerdir. Wang vd. (2014) de çalışmasında ses verilerinden faydalanmışlardır.
- ❖ **Bluetooth:** Aktif bluetooth cihazlarının miktarı tespit edilerek sosyal etkileşim hakkında bir sonuç çıkarmak mümkündür. Bogomolov vd. (2014), ve Wang vd. (2014) bluetooth algılayıcısından faydalanmışlardır.
- ❖ **WiFi:** Akıllı telefon kullanıcısının mevcut konumu, bu konumda geçirdiği süre gibi bilgilerin edinilmesinde kullanılmaktadır (Gjoreski vd., 2015).

3.2. Akıllı Telefondan Elde Edilen İçerik Bilgileri (Content Information Obtained From Smartphone)

- ❖ **Ekran açma kapama sıklığı:** Bireyin ekran açma kapama sıklığı Sysoev vd. (2015) tarafından öznitelik olarak kullanılmıştır.
- ❖ **Arama ve mesajlaşma kayıtları:** Gelen ve giden çağrı ve SMS sayıları, sıklığı ve süresi kişinin duygusal değişimi hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu bilgiler, Muaremi vd. (2013), Gjoreski vd. (2015) ve Bogomolov vd. (2014) tarafından yapılan çalışmalarda kişilerin stresini tespit etmede değerlendirilmiştir.
- ❖ **Batarya:** Gün içerisinde telefonun pil yüzdesi değişimi ve şarj etme sıklığı bireyin sosyal durumunu hakkında bilgiler vermektedir. Muaremi vd. (2015) gerçekleştirdiği çalışmada batarya bilgilerinden yararlanmıştı.

- ❖ **Adres defteri ve takvim:** Bu uygulamalardan elde edilen etkinlik sayısı ve etkinliklerde geçen süreler stres tespitinde değişken olarak kullanılabilir. Muaremi vd. (2015) adres defteri ve takvim uygulamasından elde ettiği verileri değişken olarak kullanmıştır.
- ❖ **Uygulama kullanımı:** Akıllı telefon uygulamaları çeşitli kategorilere ayrılmaktadır. Bu uygulamaların kullanım sıklıkları ve geçirilen süreler kişinin duygusal durumu hakkında bilgi vermektedir (Ferdous vd. 2015; Vildjiounaite vd, 2018).
- ❖ **Hava durumu bilgisi:** Akıllı telefonların sahip oldukları konum algılayıcıları cihazın mevcut konumunu tespit edebilmekte, hava durumu uygulamaları ise mevcut konumun sıcaklık, rüzgâr yönü ve hızı, basınç gibi hava durumu bilgilerini sağlayabilmektedir. Bu bilgiler Bogomolov vd. (2014) ve Lee vd. (2012) tarafından değişken olarak kullanılmıştır.

3.3. Ekran dokunma özellikleri (Touch Screen Features)

Yazma hızı, metin girişi, ekrana dokunma, kaydırma ve ekrana basma süresi gibi değerlerin kişinin stres seviyesi ile olan bağlantısı Ciman vd. (2015), Lee vd. (2012) ve Gao vd. (2012) gibi çalışmalarda incelenmiştir. Bunlara ek olarak yazma hızı, silme sayıları, ekrana basma süresi ve basıncı gibi verileri Ghosh vd. (2017,2019) ve Sağbaş vd. (2020) gibi çalışmalarda kullanılmıştır.

3.4. Gerçek Referans Değer (Ground truth)

Günlük yaşamda ve laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen çalışmalar arasındaki en önemli farklılıklardan biri katılımcıların koşullarının toplanması gereğidir. Laboratuvar ortamındaki katılımcıların durumu deney basamaklarının önceden belirlenmiş olmasından dolayı bilinmektedir. Fakat gündelik hayatta veri toplama, bir kişinin stres seviyesinin artıp artmadığı önceden bilinmemektedir. Bu temel gerçeği öğrenmenin tek yolu katılımcılara sormaktır. Bu amaçla geliştirilmiş anketler (NASA-TLX, Stres Öz Değerlendirme Ölçeği, STAI, Algılanan Stres Ölçeği, Öz Değerlendirme Modeli ve Olumlu ve Olumsuz Etki Takvimi anketleri) gün içerisinde belirlenen zaman aralıklarında katılımcıya sunulmaktadır. Anketler aracılığı ile elde edilen gerçek referans değerler bir takım problemleri yanında getirebilmektedir. Puanlar öznel ve kişiden kişiye değişebilmektedir. Algılanan ve fizyolojik stres arasındaki farktan dolayı bir kişinin gerçek stres durumunu göstermeyebilir (Can vd., 2019).

4. Metodoloji (Methodology)

Çalışma kapsamında özellikle akıllı telefonlardan elde edilen verilerin kullanıldığı makaleler incelenmiştir. Bu kapsamda 19 çalışmanın 16'sı sınıflandırma geri kalan 3'ü ise veriler ile stres arasındaki ilişkinin incelenmesi şeklindedir. Akıllı telefona ek olarak kullanılan giyilebilir cihazlar ile gerçekleştirilen stres tespiti çalışmaları kapsam dışında tutulmuştur. Sınıflandırma çalışmaları ele alınırken aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Sınıf sayısı
- Kullanılan veri türleri (Algılayıcı, İçerik, Ekran dokunma vs.)
- Çalışmada aktivite tespiti olup olmadığı
- Başarı metriği
- Başarı değeri
- Kullanılan makine öğrenmesi yöntemi

İncelenen çalışmalar 3. bölümde açıklanan verilere göre toplamda 5 başlık altında özetlenecektir. Bunlar; sadece algılayıcı verileri ile stres tespiti, sadece içerik bilgileri ile stres tespiti, algılayıcı verileri ve içerik bilgilerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar, ekrana dokunma özellikleri ile stres tespiti ve son olarak algılayıcı verileri ve ekrana dokunma özelliklerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar olarak sıralanmıştır.

5. İnceleme (Review)

5.1. Sadece Algılayıcı Verileri Kullanılarak Stres Tespiti (Stress Detection Using Only Sensor Data)

Lu vd. (2012) ses sinyallerini kullanarak stresi tespit etmişlerdir. Gauss Karışım Modelleri (Gaussian Mixture Models – GMMs) yöntemi ile %81 doğruluk oranı yakalanmıştır. Gerçek referans değer için Galvanik Deri Tepkisi (Galvanic Skin Response – GSR) algılayıcısı kullanılmıştır. Veriler 10 kadın, 4 erkek olmak üzere 14 katılımcıdan toplanmıştır.

Wang vd. (2014) ivmeölçer, ses, ışık, GPS ve bluetooth algılayıcılarını kullanarak aktivite, uyku, sosyallik ve konumun kişinin stres seviyesi arasındaki bağlantıyı incelemişlerdir. Veriler 10 kadın, 38 erkek katılımcıdan

sağlanmıştır ve Ekolojik Anlık Değerlendirme (Ecological Momentary Assessment – EMA) kullanılmıştır. Veri kümesine <http://studentlife.cs.dartmouth.edu> adresi üzerinden ulaşılabilir.

Garcia-Ceja vd. (2016) sadece ivmeölçer verilerinde faydalanarak 30 katılımcının davranışsal bilgileri ile 3 stres seviyesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Naive Bayes yöntemi ile %71'lik bir başarı yakalanmıştır. Tablo 1'de bu bölümde ele alınan çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 1. Sadece algılayıcı verileri ile gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarının karşılaştırılması (Comparison of stress detection studies performed with only sensor data)

Yazar	Yıl	# Sınıf	Algılayıcılar	Aktivite tespiti	Başarı metriği	Başarı değeri	Yöntem
Lu vd.	2012	2	Ses	Hayır	Doğruluk oranı	%81	GMMs
Wang vd.	2014	4	GPS, Bluetooth, İvmeölçer, Işık, Ses	Evet	Korelasyon incelenmiştir.		
Garcia-Ceja vd.	2016	3	İvmeölçer	Evet	Doğruluk oranı	%71	Naive Bayes

5.2. Sadece İçerik Bilgileri Kullanılarak Stres Tespiti (Stress Detection Using Only Content Information)

Vildjiounaite vd. (2018) akıllı telefon uygulamalarını kategoriler altında inceleyerek 7 seviyeli stres tespiti gerçekleştirmiştir. 9 erkek, 47 kadın katılımcı ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda Gizli Markov Modeli (Hidden Markov Model – HMM) ile %70'lik başarı sağlanmıştır.

Ferdous vd. (2015) 5 farklı stres seviyesini tahminlemek için akıllı telefon uygulama kullanım bilgilerini incelemiştir. Destek Vektör Makineleri (DVM) ile %75 sınıflandırma doğruluğu ve %85.7 kesinlik (precision) değeri yakalanmıştır. Tablo 2'de bu bölümde ele alınan çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 2. Sadece içerik bilgileri ile gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarının karşılaştırılması (Comparison of stress detection studies performed with only content information)

Yazar	Yıl	# Sınıf	Veri kaynağı	Aktivite tespiti	Başarı metriği	Başarı değeri	Yöntem
Vildjiounaite vd.	2018	7	Uygulama kullanımı	Hayır	Doğruluk oranı	%70	HMM
Ferdous vd.	2015	5	Uygulama kullanımı	Hayır	Doğruluk oranı	%75	DVM

5.3. Algılayıcı Verileri ve İçerik Bilgileri Birlikte Kullanılarak Stres Tespiti (Stress Detection Using Sensor Data and Content Information Together)

Stütz vd. (2015) 12 kadın ve 3 erkek olmak üzere 18 katılımcıdan arama ve SMS kayıtları, ışık, ses, ekran açma kapama, cihaz yeniden başlatma, ağ trafiği ve uygulama kullanım bilgileri toplamıştır. Ek olarak kişilerin aktiviteleri de takip edilmiştir. Stres seviyelerinin belirlenmesinde Kişisel Stres Ölçeği (Personal Stress Scale - PSS) kullanılmıştır. Elde edilen veriler ile stres seviyeleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Muaremi vd. (2013) 3 sınıflı stres tespiti için 35 katılımcıdan ses, ivmeölçer, GPS ve sosyal etkileşim verileri toplamıştır. İvmeölçer ve GPS verileri aktivite takibi için kullanılmıştır. Sosyal etkileşimi belirlemek için ise batarya, adres defteri, takvim ve arama kayıtlarından faydalanılmıştır. Gerçek referans değer için ise PANAS anketi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda Multinomial Lojistik Regresyon (MLR) yöntemi ile %61'lik başarı yakalanmıştır.

Bauer ve Lokowicz (2012) 7 adet katılımcıdan topladıkları arama ve SMS kayıtları, GPS, WiFi ve Bluetooth verileri ile stres arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Veriler sınav zamanı ve sınav zamanı olmayan olarak ayırarak 2 sınıf oluşturulmuştur.

Sysoev vd. (2015) sadece akıllı telefonda elde ettikleri bağlamsal ve davranışsal verileri incelemişlerdir. Ses, ışık, ivmeölçer, jiroskop, ekran açma kapama verileri 7 farklı stres seviyesinin tespiti için kullanılmıştır. Algılayıcı verileri kullanılarak kişinin aktivite türü sınıflandırılmış ve stres sınıflandırmasında faydalanılmıştır. Simple Lojistik yöntemi ile %77.5 sınıflandırma doğruluğu yakalanmıştır. Yedi ölçekli bir anket Nasa-TLX'e dayalı olarak stres seviyesinin mevcut öz değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Gjoreski vd. (2015) ivmeölçer, GPS, WiFi, ses, ışık ve arama kayıtlarını kullanarak 3 sınıflı stres tespiti gerçekleştirmiştir. İvmeölçer algılayıcı ile kullanıcının aktivite türü tespit edilmiştir. Rastgele Orman yöntemi kullanılarak %60'ın üzerinde ortalama sınıflandırma doğruluğu yakalanmıştır. Gerçek referans değer olarak, stres seviyesi anketinden faydalanılmıştır. Çalışma toplamda 48 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir.

Bogomolov vd. (2014) 2 sınıflı stres tespiti için arama ve SMS kayıtları, hava durumu bilgisi ve bluetooth bilgilerini kullanmıştır. 117 katılımcı ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda %72.28'lik bir başarı Rastgele Orman yöntemi ile elde edilmiştir. Tablo 3'te bu bölümde ele alınan çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 3. Algılayıcı verileri ve içerik bilgileri birlikte kullanılarak gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarının karşılaştırılması (Comparison of stress detection studies performed using sensor data and content information together)

Yazar	Yıl	# Sınıf	Veri kaynağı	Aktivite tespiti	Başarı metriği	Başarı değeri	Yöntem
Stütz vd.	2015	2	SMS kayıtları, Işık, Ses, Ekran açma kapama, Yeniden başlatma, Uygulama kullanımı, Ağ trafiği	Evet			Korelasyon incelenmiştir.
Muaremi vd.	2013	3	Ses, İvmeölçer, GPS, Batarya, Arama kayıtları, Adres defteri, Takvim	Evet	Doğruluk oranı	%61	MLR
Bauer ve Lokowicz	2012	2	GPS, WiFi, Arama ve SMS kayıtları	Hayır			Korelasyon incelenmiştir.
Sysoev vd.	2015	2	Ses, Jiroskop, İvmeölçer, Işık, Ekran açma kapama	Evet	Doğruluk oranı	%77.5	Simple Lojistik
Gjoreski vd.	2015	3	İvmeölçer, Ses, GPS, WiFi, Işık, Arama kayıtları	Evet	Doğruluk oranı	>%60	Rastgele Orman
Bogomolov vd.	2014	2	Bluetooth, Hava durumu, Arama ve SMS kayıtları	Hayır	Doğruluk oranı	%72.28	Rastgele Orman

5.4. Sadece Ekran Dokunma Özellikleri Kullanılarak Stres Tespiti (Stress Detection Using Only Touch Screen Features)

Ciman vd. (2015) akıllı telefon ekranından metin girişi, kaydırma hareketleri gibi etkileşimleri inceleyerek kişinin stresli durumda olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Verileri 7 erkek, 6 kadın toplamda 13 gönüllüden Deneyim Örneklem Yöntemi (Experience Sampling Method - ESM) ile toplamışlardır. Karar Ağacı yöntemi ile en yüksek %92 F-ölçütü değeri yakalanmıştır.

Ghosh vd. (2017) yazma hızı, hatalı yazma ve özel karakter kullanımı gibi yazma karakteristiğini üzgün, mutlu, stresli ve rahatlamış olmak üzere 4 duyguyu tespit etmek amacı ile incelemiştir. 22 katılımcı ile gerçekleştirilen çalışmada veriler Deneyim Örneklem Yöntemi ile toplanmıştır. Rastgele Orman yöntemi ile %84 ortalama doğruluk oranı elde edilmiştir.

Gao vd. (2012) 4 farklı duygu durumunun tespiti için akıllı telefon dokunmatik ekranından elde ettiği bilgileri kullanmıştır. 7 katılımcının akıllı telefon oyunu oynarken göstermiş olduğu dokunmatik ekran kullanım şekli incelenmiştir. Doğrusal DVM yöntemi ile %77 gibi bir doğruluk oranı yakalanmıştır.

Ghosh vd. (2019) 20 erkek, 2 kadın katılımcı ile metin giriş karakteristiği ile duygu durumunun tespit edilmesi üzerine çalışmıştır. 3 haftalık günlük hayat çalışmaları sonunda Rastgele Orman yöntemi ile ortalama %78 sınıflandırma başarısı sağlanmıştır. Tablo 4'te bu bölümde ele alınan çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 4. Sadece ekrana dokunma özellikleri kullanılarak gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarının karşılaştırılması (Comparison of stress detection studies using only touchscreen features)

Yazar	Yıl	# Sınıf	Veri kaynağı	Aktivite tespiti	Başarı metriği	Başarı değeri	Yöntem
Ciman vd.	2015	2	Ekranı kaydırma, metin girişi	Hayır	F-Ölçütü	%92	Karar Ağacı
Ghosh vd.	2017	4	Yazma karakteristiği	Hayır	Doğruluk oranı	%84	Rastgele Orman
Gao vd.	2012	4	Ekran dokunma özellikleri	Hayır	Doğruluk oranı	%77	Doğrusal DVM
Ghosh vd.	2019	4	Yazma karakteristiği	Hayır	Doğruluk oranı	%78	Rastgele Orman

5.5. Algılayıcı Verileri ve Ekran Dokunma Özellikleri Birlikte Kullanılarak Stres Tespiti (Stress Detection Using Sensor Data and Touch Screen Features Together)

Kim ve Choi (2012) kullanıcının dokunmatik ekran üzerinden göstermiş olduğu bağlamsal verileri incelemiştir. Ek olarak ivmeölçer ve jiroskop algılayıcıları ile oturuyor veya ayakta olma durumları ele alınmıştır. Karar Ağacı tabanlı yöntem ile 7 farklı duygu durumu için %82 F-ölçütü değeri yakalanmıştır.

Ciman vd. (2018) günlük hayatta stres tespiti için ekrana dokunma istatistiklerine ek olarak uygulama kullanımı, fiziksel aktivite takibi, ışık ve ekran açma kapama gibi verilerden faydalanmıştır. 25 katılımcı ile gerçekleştirilen çalışma sonunda kNN ile %88 F-ölçütü değeri yakalanmıştır.

Sağbaş vd. (2020) kullanıcıların yazma davranışlarını; yazma hızı, silme sıklığı gibi bilgilere ek olarak ivmeölçer ve jiroskop gibi hareket algılayıcılarından elde edilen veriler ile birlikte incelemiştir. Algılayıcı verileri telefonun duruşu yazma anında sergilenen durum hakkında önemli bilgiler vermektedir. 2 sınıflı stres tespitinde kNN ile %87.56 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir. Çalışmaya 35 erkek, 11 kadın olmak üzere 46 gönüllü katılmıştır. Gerçek referans değer için ise 5 seviyeli öz değerlendirme anketi kullanılmıştır. Veri kümesine <https://tinyurl.com/2019-stress-detection-dataset> adresi üzerinden ulaşılabilir.

Lee vd. (2012) yazma karakteristiği (hız, yanlış yazma, özel sembol kullanımı vs.) ve ekrana dokunma özellikleri ile 7 farklı duyguyu tespit etmiştir. Çalışmada dokunmatik ekrandan elde edilen verilere ek olarak konum, hava durumu ve ışık gibi algılayıcı ve içerik bilgilerinden de faydalanılmıştır. Bayes Ağları yöntemi ile %67.52'lik bir sınıflandırma başarısı sağlanmıştır. Tablo 5'te bu bölümde ele alınan çalışmalar özetlenmektedir.

Tablo 5. Algılayıcı verileri ve ekrana dokunma özellikleri birlikte kullanılarak gerçekleştirilen stres tespiti çalışmalarının karşılaştırılması (Comparison of stress detection studies using sensor data and touchscreen features)

Yazar	Yıl	# Sınıf	Veri kaynağı	Aktivite tespiti	Başarı metriği	Başarı değeri	Yöntem
Kim ve Choi	2012	7	Dokunmatik panel, İvmeölçer, Jiroskop	Evet (Oturuyor mu, ayakta mı?)	F-Ölçütü	%82	Karar Ağacı
Ciman ve Wac	2018	2	Dokunma istatistiği, Uygulama kullanımı, Aktivite, Işık, Ekran açma kapama	Evet	F-Ölçütü	%88	kNN
Sağbaş vd.	2020	2	Yazma karakteristiği (Dokunmatik panel), İvmeölçer, Jiroskop	Hayır	Doğruluk oranı	%87.56	kNN
Lee vd.	2012	7	Yazma karakteristiği, Konum, Hava durumu, Işık	Hayır	Doğruluk oranı	%67.52	Bayes Ağları

6. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Stres tespiti, güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır. Fakat fizyolojik verilerin elde edilmesi için pahalı giyilebilir donanımlara ya da tıbbi cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Stresin sadece akıllı telefon ile tespit edilebilmesi ile hem kullanıcı rahatsız olmayacak hem de ek bir donanıma ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu çalışmada akıllı telefonda elde edilen bilgiler ile gerçekleştirilen stres tespiti çalışmaları ele alınmış ve bu çalışmalarda ne tür veriler, ne amaçla kullanıldığı incelenmiştir.

Algılayıcı verileri ve içerik bilgileri ile gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde sınıflandırma doğruluğunda üst sınırın %80 civarında olduğu görülmektedir. Ek olarak bu verilerin incelenmesi ve sonuca varılması uzun zaman almaktadır. Yani gün içerisinde gerçekleştirilen eylemler ve akıllı telefon kullanım biçimi gün sonunda veya gün içerisinde birkaç kere rapor edilmektedir. Ekrana dokunma özellikleri incelendiğinde ise başarı oranlarının yükseldiği görülmektedir. Dahası, Sağbaş vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada yazma esnasında her 15 saniyede bir desen oluşturulmakta ve karara varılmaktadır. Yapılan çalışmalar aktivite tespitinin öznitelik olarak kullanılmasının katkı sağlayabileceğini göstermektedir. İlâveten, sınıf sayısı arttıkça sınıflandırma başarısında düşüş gözlenmektedir. Sınıflandırma yöntemleri ele alındığında ise Rastgele Orman, kNN, Karar Ağaçları, DVM, Bayes Ağları, Naive Bayes, Simple Lojistik ve MLR gibi sıklıkla karşılaşılan yöntemlerden faydalandığı görülmektedir. Çalışmalar arasında ise kNN ve Rastgele Orman yöntemi ile en yüksek başarı oranlarının yakalandığı ve sıklıkla tercih edildiği göze çarpmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda arama ve SMS kayıtlarının incelenmesi, ekrana dokunma, ekran açma kapama gibi, kişinin telefonu kullanım tarzı stresin tespitinde etkili olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak akıllı telefonların sahip olduğu uygulamaların (hava durumu, adres defteri, oyunlar vs.) takip edilmesi bireyin zihinsel durumu hakkında bilgi verdiği sonucuna varılmıştır. Son zamanlarda telefon ve uygulama kullanımının yanında kişinin günlük aktivitesi de değişken olarak kullanılmaktadır. Bu durum ivmeölçer ve jiroskop gibi hareket algılayıcılarının önemini artırmaktadır. Bunlara ek olarak kişilerin telefon ekranında yapmış oldukları dokunma, kaydırma, metin girme gibi özelliklerin incelenmesi faydalı bilgiler sağlamaktadır.

Davranışsal verilere ek olarak akıllı telefonlar metin mesajları ve sosyal ağlara yapılan gönderiler ile de kullanıcı hakkında bilgiler sunmaktadır. Literatürde twitter gibi sosyal medya gönderilerinin incelendiği duygu analizi çalışmaları bulunmaktadır (Karcioğlu ve Aydın, 2019). Uygulama bağımlı veya bağımsız bir şekilde kullanıcıların metin içerikleri akıllı telefonlar üzerinden incelenip gerçek zamanlı olarak duygu analizleri gerçekleştirilebilir (Messias vd., 2017). Stresin bir duygu olarak ele alınması ile gelecek çalışmalarda akıllı telefon metin girişleri üzerinden stres analizinin gerçekleştirilmesi bu alana yenilik katacaktır.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Alberdi, A., Aztiria, A., & Basarab, A. (2016). Towards an automatic early stress recognition system for office environments based on multimodal measurements: A review. *Journal of biomedical informatics*, 59, 49-75.
- Bakker, J., Holenderski, L., Kocielnik, R., Pechenizkiy, M., & Sidorova, N. (2012, January). Stess@ work: From measuring stress to its understanding, prediction and handling with personalized coaching. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International health informatics symposium* (pp. 673-678).
- Ballı, S., & Sağbaşı, E. A. (2017). Akıllı saat algılayıcıları ile insan hareketlerinin sınıflandırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 980-990.
- Ballı, S., & Sağbaşı, E. A. (2018). Diagnosis of transportation modes on mobile phone using logistic regression classification. *IET Software*, 12(2), 142-151.
- Bauer, G., & Lukowicz, P. (2012, March). Can smartphones detect stress-related changes in the behaviour of individuals?. In *2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops* (pp. 423-426). IEEE.
- Bogomolov, A., Lepri, B., Ferron, M., Pianesi, F., & Pentland, A. (2014, November). Daily stress recognition from mobile phone data, weather conditions and individual traits. In *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia* (pp. 477-486).
- Can, Y. S., Arnrich, B., & Ersoy, C. (2019). Stress detection in daily life scenarios using smart phones and wearable sensors: A survey. *Journal of biomedical informatics*, 92, 103139.
- Choi, J., Ahmed, B., & Gutierrez-Osuna, R. (2011). Development and evaluation of an ambulatory stress monitor based on wearable sensors. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 16(2), 279-286.
- Ciman, M., Wac, K., & Gaggi, O. (2015, May). iSenseStress: Assessing stress through human-smartphone interaction analysis. In *2015 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)* (pp. 84-91). IEEE.
- Ciman, M., & Wac, K. (2016). Individuals' stress assessment using human-smartphone interaction analysis. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 9(1), 51-65.
- Çökük, B. (2018) Örgütsel stres düzeyinin ölçümü ve demografik değişkenlerle ilişkisi: bir kamu organizasyonu örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 9(2), 59-83.
- Ferdous, R., Osmani, V., & Mayora, O. (2015, May). Smartphone app usage as a predictor of perceived stress levels at workplace. In *2015 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)* (pp. 225-228). IEEE.
- Gao, Y., Bianchi-Berthouze, N., & Meng, H. (2012). What does touch tell us about emotions in touchscreen-based gameplay?. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 19(4), 1-30.
- Garcia-Ceja, E., Osmani, V., & Mayora, O. (2015). Automatic stress detection in working environments from smartphones' accelerometer data: a first step. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 20(4), 1053-1060.
- Garje, G. V., Inamdar, A., & Mahajan, H. (2016). Stress Detection and Sentiment Prediction: A Survey. *International Journal of Engineering Applied Science and Technology*, (2).
- Ghosh, S., Ganguly, N., Mitra, B., & De, P. (2017, September). Tapsense: Combining self-report patterns and typing characteristics for smartphone based emotion detection. In *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 1-12).
- Ghosh, S., Sahu, S., Ganguly, N., Mitra, B., & De, P. (2019, January). EmoKey: An emotion-aware smartphone keyboard for mental health monitoring. In *2019 11th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS)* (pp. 496-499). IEEE.
- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A., & Tsiknakis, M. (2019). Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
- Gjoreski, M., Gjoreski, H., Lutrek, M., & Gams, M. (2015, July). Automatic detection of perceived stress in campus students using smartphones. In *2015 International Conference on Intelligent Environments* (pp. 132-135). IEEE.
- Greene, S., Thapliyal, H., & Caban-Holt, A. (2016). A survey of affective computing for stress detection: Evaluating technologies in stress detection for better health. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(4), 44-56.
- Karcioğlu, A. A., & Aydin, T. (2019, April). Sentiment analysis of Turkish and english twitter feeds using Word2Vec model. In *2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- Kim, H. J., & Choi, Y. S. (2012, January). Exploring emotional preference for smartphone applications. In *2012 IEEE consumer communications and networking conference (CCNC)* (pp. 245-249). IEEE.
- Lee, H., Choi, Y. S., Lee, S., & Park, I. P. (2012, January). Towards unobtrusive emotion recognition for affective social communication. In *2012 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)* (pp. 260-264). IEEE.
- Lu, H., Frauendorfer, D., Rabbi, M., Mast, M. S., Chittaranjan, G. T., Campbell, A. T., ... & Choudhury, T. (2012, September). Stresssense: Detecting stress in unconstrained acoustic environments using smartphones. In *Proceedings of the 2012 ACM conference on ubiquitous computing* (pp. 351-360).
- Messias, J., Diniz, J. P., Soares, E., Ferreira, M., Araújo, M., Bastos, L., ... & Benevenuto, F. (2017). An evaluation of sentiment analysis for mobile devices. *Social Network Analysis and Mining*, 7(1), 20.
- Muaremi, A., Arnrich, B., & Tröster, G. (2013). Towards measuring stress with smartphones and wearable devices during workday and sleep. *BioNanoScience*, 3(2), 172-183.

- Panicker, S. S., & Gayathri, P. (2019). A survey of machine learning techniques in physiology based mental stress detection systems. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 39(2), 444-469.
- Panure, T., & Sonawani, S. (2019). Stress Detection Using Smartphone and Wearable Devices: A Review. *Asian Journal For Convergence In Technology (AJCT)*.
- Plarre, K., Raj, A., Hossain, S. M., Ali, A. A., Nakajima, M., Al'Absi, M., ... & Wittmers, L. E. (2011, April). Continuous inference of psychological stress from sensory measurements collected in the natural environment. In *Proceedings of the 10th ACM/IEEE international conference on information processing in sensor networks* (pp. 97-108). IEEE.
- Rastgoo, M. N., Nakisa, B., Rakotonirainy, A., Chandran, V., & Tjondronegoro, D. (2018). A critical review of proactive detection of driver stress levels based on multimodal measurements. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 51(5), 1-35.
- Sağbaşı, E. A., & Ballı, S. (2015). Akıllı Telefon Sensörlerinin Kullanımı ve Ham Sensör Verilerine Erişim. *Akademik Bilişim Konferansı*, 4-6 Şubat 2015, Eskişehir, Türkiye. 180-186.
- Sağbaşı, E. A., Ballı, S., & Yıldız, T. (2016). Giyilebilir Akıllı Cihazlar: Dünü, Bugünü ve Geleceği. *Akademik Bilişim Konferansı*. 30 Ocak - 5 Şubat 2016. Aydın, Türkiye. 749-756.
- Sağbaşı, E. A., Korukoglu, S., & Ballı, S. (2020). Stress detection via keyboard typing behaviors by using smartphone sensors and machine learning techniques. *Journal of Medical Systems*, 44(4), 1-12.
- Sharma, N., & Gedeon, T. (2012). Objective measures, sensors and computational techniques for stress recognition and classification: A survey. *Computer methods and programs in biomedicine*, 108(3), 1287-1301.
- Stütz, T., Kowar, T., Kager, M., Tiefengrabner, M., Stuppner, M., Blechert, J., ... & Ginzinger, S. (2015, June). Smartphone based stress prediction. In *International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization* (pp. 240-251). Springer, Cham.
- Sysoev, M., Kos, A., & Pogačnik, M. (2015). Noninvasive stress recognition considering the current activity. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(7), 1045-1052.
- Thapliyal, H., Khalus, V., & Labrado, C. (2017). Stress detection and management: A survey of wearable smart health devices. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 6(4), 64-69.
- Vildjiounaite, E., Kallio, J., Kyllönen, V., Nieminen, M., Määttänen, I., Lindholm, M., ... & Gimel'farb, G. (2018). Unobtrusive stress detection on the basis of smartphone usage data. *Personal and Ubiquitous Computing*, 22(4), 671-688.
- Wang, R., Chen, F., Chen, Z., Li, T., Harari, G., Tignor, S., ... & Campbell, A. T. (2014, September). StudentLife: assessing mental health, academic performance and behavioral trends of college students using smartphones. In *Proceedings of the 2014 ACM international joint conference on pervasive and ubiquitous computing* (pp. 3-14).