TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

AKILLI ULAŞIM YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI : TOPS for MaaS

PROJE ADI : Re-Cycle ile Bisiklet Paylaşım Sistemlerinde Kullanıcı Teşvikli Bisiklet Dağıtımı

BAŞVURU ID : 401325

PROJE KAPSAMI : KARA

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) 3
2. Problem/Sorun 3
3. Çözüm 4
4. Yöntem 4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü 8
6. Uygulanabilirlik 9
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması 9
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) 9
9. Riskler 9
10. Kaynakça 10

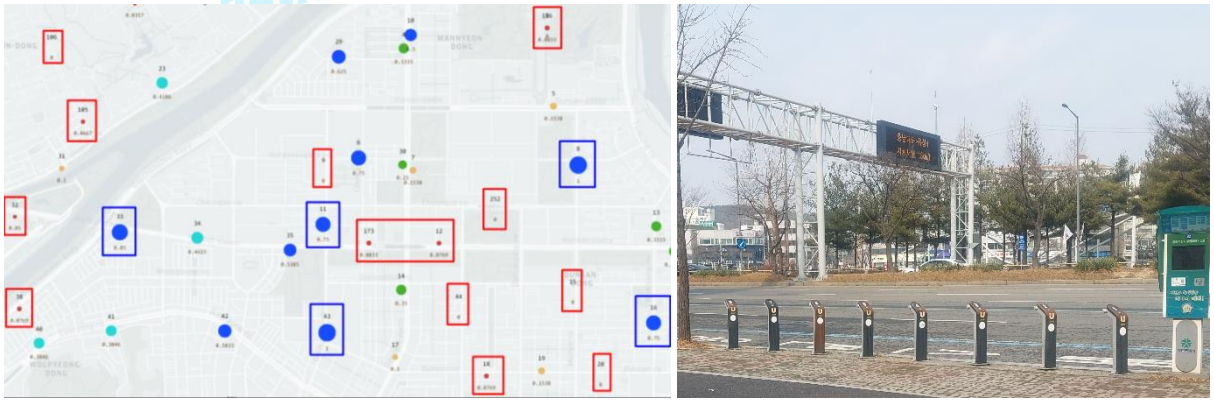
1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bisiklet paylaşım sistemleri (BPS) dünyada aktif olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin ortak problemi, bisikletlerin yeniden istasyonlara dağıtımının sağlanmasıdır. Çoğu sistemde bu işlem kamyonlar aracılıyla gerçekleştirilmektedir. BPS sistemleri; trafik yoğunluğu, CO2 emisyonu, çevre kirliliği, iklim değişikliği gibi sorunlara yönelik geliştirilen çözümler arasında bulunmaktadır. [1] [2] Dolayısıyla bisiklet dağıtımında kamyonların kullanılması, sistemin verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte ve yeni masraf kalemlerinin de doğmasına sebep olmaktadır. [3] [4]

Re-cycle projesi ile mevcut sistemin, kullanıcılara yönelik teşviklerle ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Bisiklet ve park yeri bulamayan kullanıcıların fayda sağlayacağı bir yaklaşımla, BPS uygulamalarının çevre dostu ve düşük maliyetli ulaşım politikası desteklenmiş olacaktır. Proje kapsamında; i) BPS uygulamalarında sistem dengesinin nasıl bozulduğu, ii) bu problemlerin nasıl çözüldüğü ve iii) üretilen çözümlerin sisteme etkisi sunulacaktır. Devamında, verimlilik ve işleyişi artırmaya yönelik yeni çözümlere ve çözümler için uygulanacak yöntemlere, projenin yenilikçi yönlerine ve uygulanabilirliğine değinilecektir. Son olarak ise projenin maliyet ve zaman planlaması, hedef kitlesi ve riskler detaylandırılacaktır.

2. Problem/Sorun

Asimetrik seyahat dağılımı, bazı istasyonların yokuş alanlarda bulunması sebebiyle geri dönüşlerde tercih edilmemesi ve boş kalması, şehir merkezindeki istasyonların yüksek talepten kaynaklı tamamen boş veya dolu olması (park yeri ya da bisiklet bulamama) gibi problemler bisikletlerin dengesiz dağılımına yol açmaktadır. Sistemin sürekliliği için; yeniden dağıtım işlemi, bisikletlerin kamyonlarla yüksek/düşük talep alanlarından düşük/yüksek talep alanlarına taşınmasıyla sağlanmaktadır. Bu da ekstra zaman kaybı, iş gücü, maliyet ve çevresel kirlilik getirmektedir. Araştırmalara göre, kamyonlarla dağıtım işleminin bisiklet başına işletim maliyeti 3 dolar civarındadır. [1] Öte yandan dengeleme kamyonları sıklıkla kazalara sebep olabilmektedir. Üstelik şehirlerde bazı bölgelere kamyon girişinin yasak olması da yine dağıtım işlemini sekteye uğratmaktadır. Bazı şehirlerde istasyonlar arası dengeleme işlemi statik olarak (bisiklet dağıtımının gece yapılarak istasyonların sonraki güne hazırlanması) bazı şehirlerde ise dinamik olarak (yoğun saatlerde oluşan dağılıma göre gün içinde yapılan dengeleme işlemi) yapılmaktadır. [5] [6] İki durumda da tek başına etkisiz kalabilmektedir.

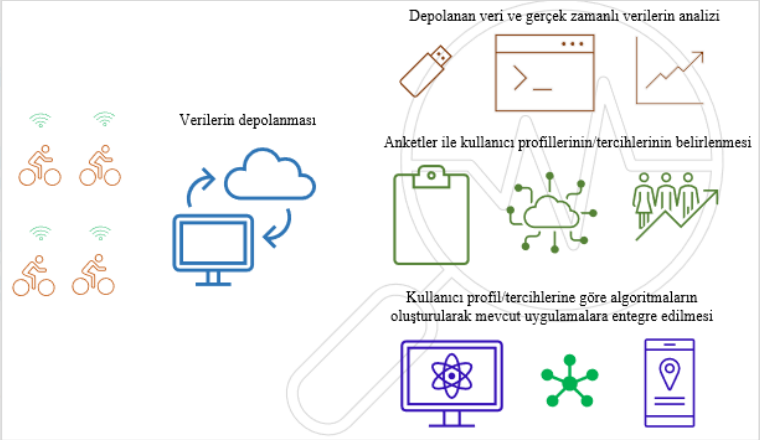


Şekil 1: Yoğun saatlerde bisiklet istasyonlarında dengesiz dağılım (Bisiklet oranı Kırmızı < %10; Mavi > 75%)[1]

[1] Not: Erişilebilir bisiklet oranının gün boyunca değişime yönelik 24 saatlik veriyi kaydederek hazırladığımız animasyon içeriğini https://www.youtube.com/watch?v=lJ_W8v9Jgt4 linkinden izleyebilirsiniz.

3. Çözüm

Re-Cycle projesi ile BPS kullanıcıları da sürece dahil edilerek, sistemin kendi kendini dengelemesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, kullanıcıların seyahat talep dağılımı tespit edilerek, talebe bağlı yüksek/düşük rağbet gören istasyonlar belirlenip bunun bisiklet dağılımındaki olumsuz etkileri gösterilecektir. Yeni teşvikler (statik/dinamik ücretlendirme, kullanıcıların dolu/boş istasyonlara yönlendirilmesi), bisiklet kiralama ya da bisiklet iadesi için önceden bisiklet/dok rezervasyonunun yapılabilmesine yönelik uygulama geliştirmeleri gibi yaklaşımlarla tamamen/yaklaşık dolu/ boş istasyonlar arasında denge sağlanacaktır. [7]'e göre, bisikletlerin boş istasyonlara teslimi yönündeki teşviklere yalnızca küçük bir kullanıcı grubu bile cevap verse, sistemin performans gelişimindeki etkisi oldukça göze çarpıcı. Projenin çözüm aşamaları; mevcut verilerin toplanması ve analizi, anket oluşturarak kullanıcı tercihlerinin sonuçlara bağlı tespiti, analizlerin entegrasyonu ile teşviklere bağlı simülasyon oluşturarak teklif edilen sistemin modelinin oluşturulması şeklinde sıralanmaktadır. Çözüme yönelik aşamalar sembolik olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: BPS dengelemeye yönelik çözüm aşamaları sembolik gösterimi

4. Yöntem

Sunulan çözüm önerisinin uygulanabilmesi için öncelikle kullanıcı profillerinin belirlenmesi, yapılan çalışmayı anlamlı kılacaktır. Bu sebeple ilk aşamada mevcut veri setleri yardımıyla BPS sistemi ve kullanıcı seyahat talepleri analiz edilmiştir. Re-cycle projesinde kullanılan veri setleri, Güney Kore Daejeon şehri Tashu BPS sistemi verileridir. Daejeon şehrine ait ilgili web sitesinde, Tashu sistemine yönelik en güncel veri seti 2020 yılına ait olması sebebiyle ilk analizler bu veri seti üzerinden yapılmıştır[2]. Tashu BPS veri setinde 3 farklı üye tipi bulunmaktadır; i) 0 = Normal üye, ii) 1 = Genel üye ve iii) 2 = üyeliği olmayan kullanıcılar. Kullanılan veri seti içeriği Tablo 2 ile gösterilmiştir.

Tablo 1: Tashu (Daejeon) ve İsbike (İstanbul) istasyon ve bisiklet sayıları

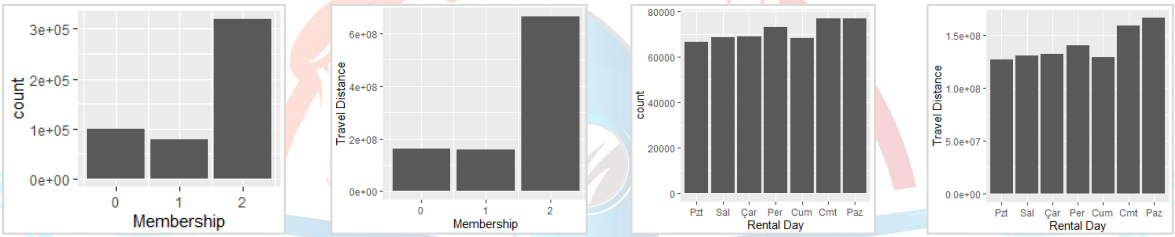
Bisiklet Sistemi	İstasyon Sayısı	Bisiklet Sayısı
Güney Kore, Daejeon, Tashu	~ 262[3,4]	~ 1500[5]
Türkiye, İstanbul, İsbike	~ 240	~ 3520

[2] 2020 yılında ulaşım modlarında, pandemiden kaynaklı kısıtlamalardan dolayı ciddi değişiklikler olması sebebiyle, analizlerin farklı yıllar için de karşılaştırmalı yapılması daha doğru bir temsil oluşturması açısından ilerleyen aşamalarda dikkate alınacaktır.
[3] https://bikesharemap.com/
[4] https://new.tashu.or.kr/stationList.do
[5] https://bikesharingworldmap.com/index.php#/all/2.5/0/51.5/

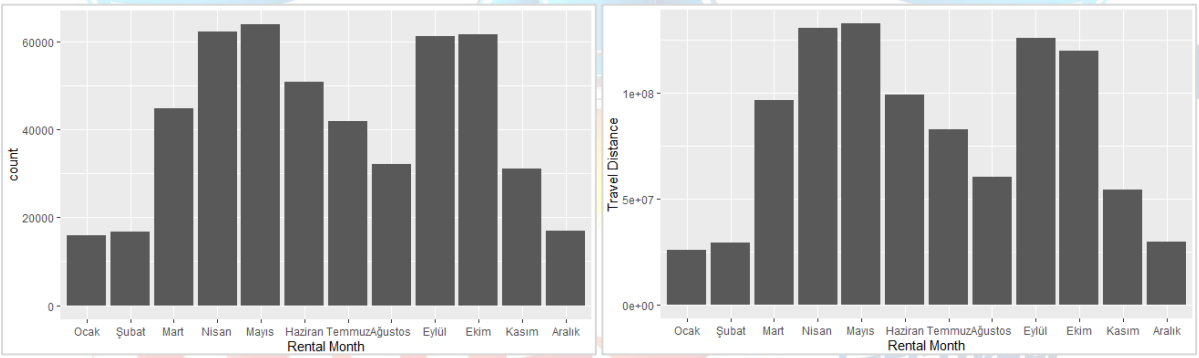
Tablo 2: Tashu yıllık veri seti içeriği 2020[6]

	Rental Station	Rental Date and Time	Return Station	Return Date and Time	Travel Distance	Membership
1	174	20200101000100	224	20200101001137	640	2
2	174	20200101000109	224	20200101001210	640	2
3	117	20200101050735	115	20200101051922	1070	0

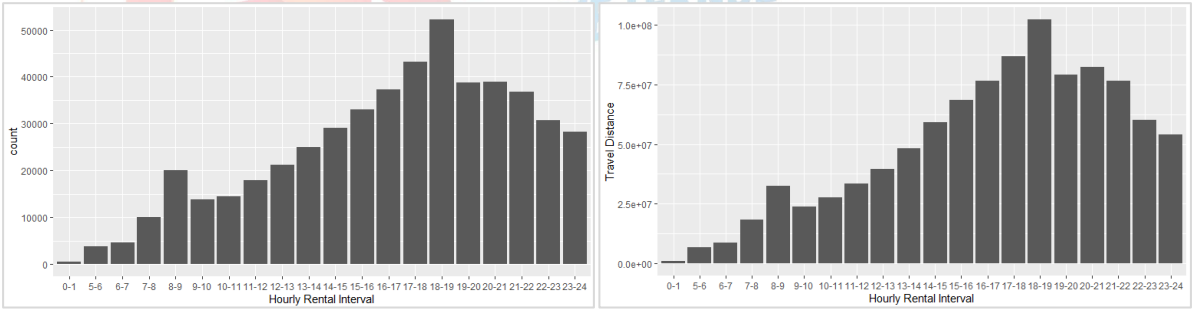
Yıllık veri içeriğindeki bilgiler analiz edilerek, üyelik gruplarının sistemdeki aktifliği ölçülmüş, hangi saatlerde, hangi günlerde ve hangi aylarda genel talebin daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, en aktif kullanıcıların üyeliği olmayan kullanıcılar olduğu, bisiklet paylaşım sistemine olan genel talebin ise; i) gün bazında en çok hafta sonları, ii) ay bazında en çok Nisan, Mayıs, Eylül ve Ekim ayları, iii) saat bazında en çok; sabah saatleri için 08:00 ~ 09:00 arası, akşam saatleri için 18:00 ~ 19:00 arasında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3: Bisiklet kiralama aktivitesi ve kat edilen mesafenin üyelik kategorisine göre ve günlere göre dağılımı



Şekil 4: Bisiklet kiralama aktivitesi ve kat edilen mesafenin aylara göre dağılımı

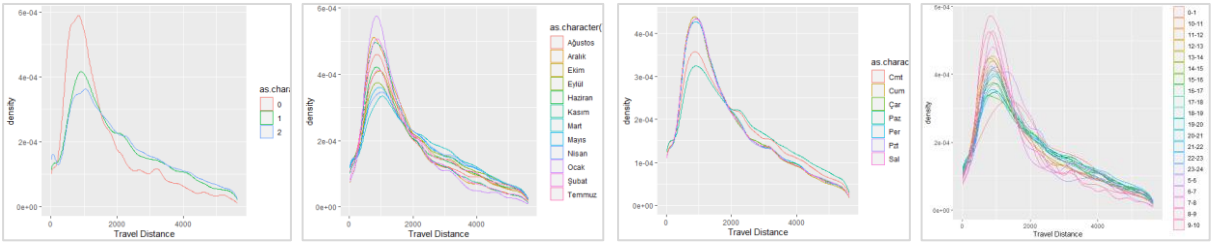


Şekil 5: Bisiklet kiralama aktivitesi ve kat edilen mesafenin saatlik dağılımı (Sabah 8~9, akşam 18~19)

Analizler sonucunda, üyelik grubu, gün, ay ve saat bazında kullanıcıların bisiklet paylaşım sistemini çoğunlukla yaklaşık 1km gibi kısa mesafeler için tercih ettiği gözlemlenmiştir.[7] Önceki yıllardaki çalışmalara göre yine bu mesafe genellikle 2km'den az olup kullanıcıların toplu taşımada ilk ve son km ulaşım ihtiyacına cevap verdiğini göstermektedir. [6]

[6] https://www.djsiseol.or.kr/portal/sub050201.asp

[7] Kullanıcıları farklı istasyonlara bisiklet kiralamaları için yönlendirme algoritmasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir.



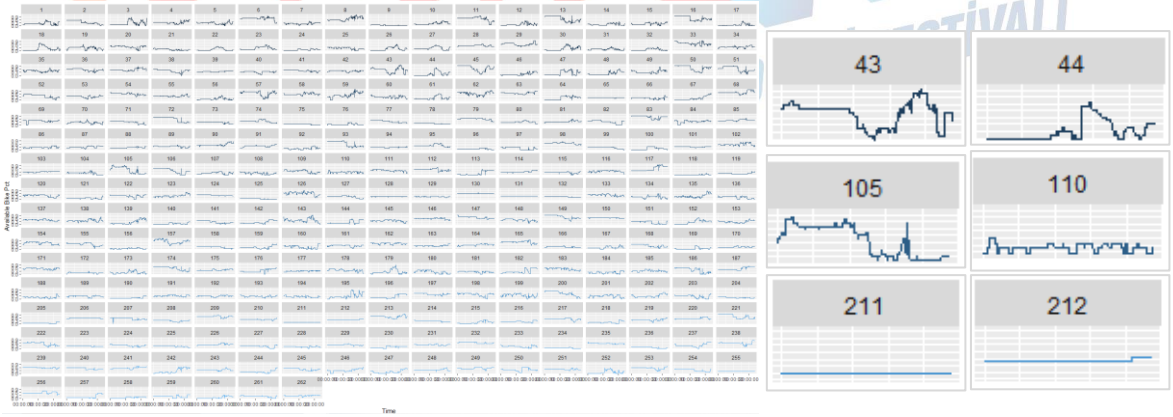
Şekil 6: Üyelik kategorisi & günler & aylar saatlere göre kat edilen mesafe sıklığı dağılımı

Tashu 2020 verisi yukarıda belirtilen analizleri yapabilmeye olanak sağlasa da istasyonların anlık durumları ile ilgili bilgi içermemektedir. Buradan hareketle i) istasyonlardaki kapasitenin gün içindeki değişimini gözlemleyebilmek, ii) dengelemeye genellikle hangi zamanlarda ve ne oranda ihtiyaç duyulduğunu tespit edebilmek ve iii) yüksek ve/veya az talep gören istasyonları tanımlamak için; Tashu resmî sitesinde sunulan API linki ile gerçek zamanlı veriler, API sunucusundan 5 dakika aralıklarla tüm istasyonlar için çekilmiş ve 24 saatlik zaman dilimini içerir bir veri seti oluşturulmuştur. Daha geniş bir zaman aralığını kapsayan veri seti ile, istasyonların genel çerçevede sağkalım sürelerinin (survival time) tespit edilmesi, bu sürelerin uzatılması yönünden teşvik mekanizmasında son derece önemli olacaktır. [5] Elde edilen veri ile istasyonlardaki bisiklet oranının gün içindeki değişimini gösterir animasyon video hazırlanarak Youtube'da paylaşılmıştır.[8]

Tablo 3: Tashu günlük API veri seti içeriği[9]

	Station Name	Station ID	Station Type	Longitude	Latitude	Kiosk State Message	Total Number of Docks	Available Rentals	Available Returns	Available Bike Pct	Bikes to be Returned	Broken Bikes	Broken Docks
1	1.무역전시관입구(텍시솔장장)	1	공영대여소	127.3873	36.37438	정상	14	2	12	14	0	0	0
2	2.대전컨벤션센터	2	공영대여소	127.3924	36.37439	정상	20	11	9	55	0	0	0
3	3.한밭수목원1	3	공영대여소	127.3885	36.36899	정상	12	1	11	8	0	0	0

İstasyonlardaki mevcut bisiklet sayısı oranı ile boş dok oranı birbirinin tamlayanı olması sebebiyle (tamamen boş istasyon = 0, tamamen dolu istasyon = 1), analizler bisiklet oranı değişimleri üzerinden gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7: Tashu aktif 262 istasyonda, bir gün içinde tüm istasyonlardaki erişilebilir bisiklet yüzdesi değişimi (istasyondaki anlık toplam bisiklet sayısı / istasyonun toplam bisiklet kapasitesi)

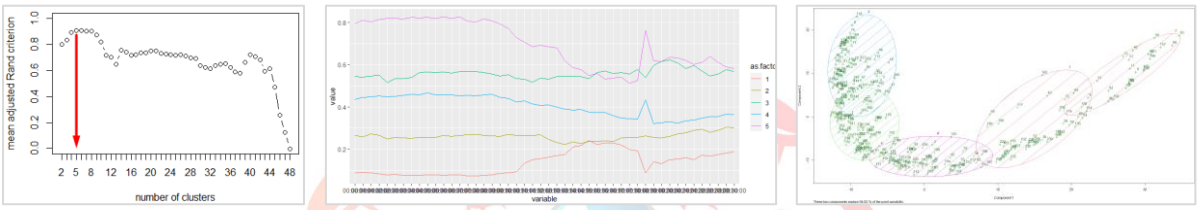
Tashu sistemindeki mevcut 262 aktif istasyonun, bir gün içindeki bisiklet yüzde değişimleri Şekil 7'deki grafiklerle gösterilmiştir. Beklendiği gibi, bazı istasyonların yüzdelik değişim stabil iken (İstasyon 211) bazı istasyonlarda ciddi çalkalanmalar görülmektedir (İstasyon 43).

[8] https://www.youtube.com/watch?v=lJ_W8v9Jgt4

[9] https://new.tashu.or.kr/openapi.do Tashu resmi web sitesinde sağlanan API linki ile, 5 dakika aralıklarla güncel istasyon kapasitesini kaydederek oluşturulan 24 saatlik veri seti (Tarih ve saat aralığı: 29.04.2022 00:00:00 – 23:59:59)

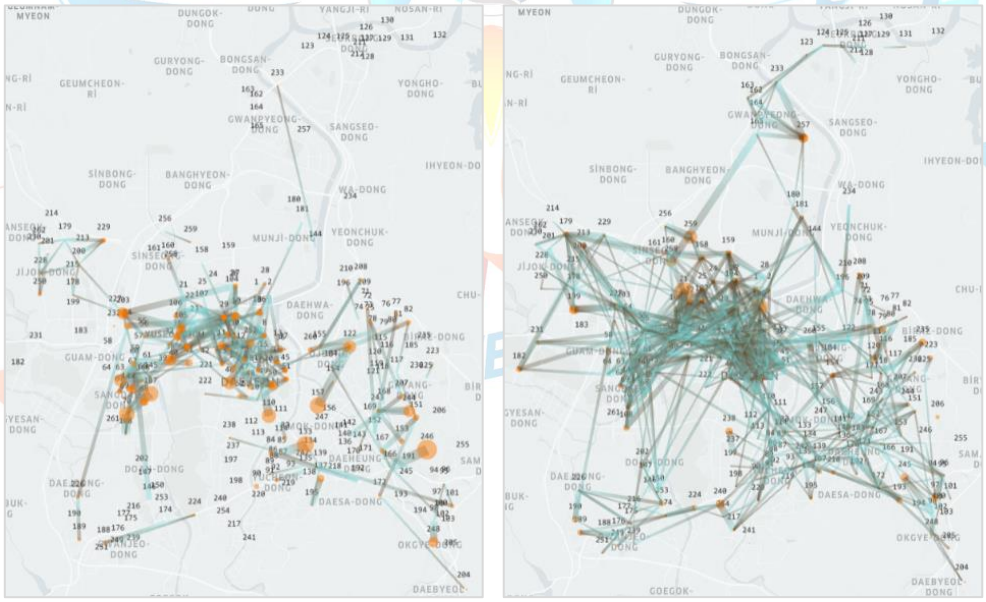
Dengeleme işleminin tamamen/yaklaşık dolu/boş istasyonlar arasında sağlanacağını göz önünde bulundurursak, istasyonların karakteristiklerine göre kümelendirilmesi bu yönden kolaylık sağlayacaktır. Bu sebeple, öncelikle bisiklet yüzde değişim veri seti için ideal küme sayısı RStudio istatistiksel veri analiz programı ile kmeans metodu kullanılarak tespit edilmiş, istasyonlar buna göre gruplandırılmıştır.

```
nb  <- NbClust(select(Dttt, -"Station ID") , min.nc=5, max.nc=30, method="kmeans")
tt1 <- cbind(Dttt, as.data.frame(nb$Best.partition)) %>% dplyr::rename("CLUSTER"="nb$Best.partition")
tt2 <- reshape2::melt(tt1, id.vars=c(1, 50))
tt3 <- setDT(tt2)[ , .(value = mean(value)), by = .(CLUSTER, variable)]
ggplot(tt3) + geom_line(aes(x=variable, y=value, group=as.factor(CLUSTER), color=as.factor(CLUSTER)))
```



Şekil 8: Günlük erişilebilir bisiklet yüzde değişimine bağlı ideal küme sayısının belirlenmesi ve kümelendirme

İstasyonların mevcut kapasite yüzde değişimini gösterir 24 saatlik veri Cuma gününe ait olması sebebiyle, 2020 yılı bisiklet kiralama/iade aktivitelerini gösterir veri de yine Cuma günlerindeki genel kullanıcı taleplerini gözlemleyecek şekilde filtrelenmiştir. Bu sayede, tüm sene aynı hafta gününe ait yoğun saatlerdeki seyahat çıkış ve varış noktası dağılımlarının yoğunlukları tespit edilmiştir. Yoğun saatlerde bisiklet kiralama/iade işleminin en aktif gerçekleştiği istasyonlar ve çoğunlukla tercih edilen rotalar Şekil 9'da harita üzerinde gösterilmiştir.

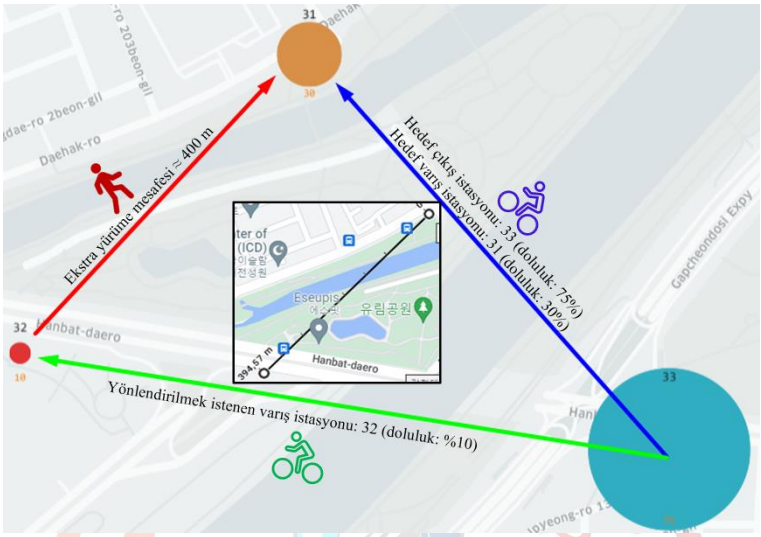


Şekil 9: Sabah ve akşam yoğun saatlerde tercih edilen rota yoğunlukları (OD densities) (Sabah: 8~9 Akşam 18~19)

Projenin bir sonraki aşaması, bir anket hazırlayarak kullanıcıların muhtemel teşviklere ve yönlendirmelere karşı yaklaşımlarına yönelik bilgiler toplanmasıdır. Toplanan bilgiler anonimleştirilerek, kişilerin i) temel olarak bisiklet kiralamak için başka bir istasyona gitme konusundaki istekliliği, ii) rezervasyon uygulamasına yaklaşımları iii) hangi şartlar altında farklı istasyonlardan bisiklet kiralayacakları vs gibi konular ölçülerek Ayrık Seçim Analizi[10], Logit Modeli ile analiz edilecektir.

[10] Discrete Choice Analysis; çeşitli faktörler karşısında kişilerin, grupların vs seçimlerini analiz etmekte kullanılan bir bilimsel yöntemdir.

Bisiklet kullanımını etkileyen faktörlerden bazıları seyahat mesafesi ve süresi, eğim, seyahat amacı, bisiklet yolu eksikliği şeklinde sıralanabilir. [2] Bu faktörler göz önüne alındığında, anket için oluşturulan sorulardan birkaçı Tablo 4 ile verilmiştir. Ayrıca sistemin işleyişi sembolik olarak Şekil 10 ile tasvir edilmiştir.



Şekil 10: BPS kullanıcısı hedef istasyon & yönlendirilmiş istasyon sembolik gösterimi (Mavi: Hedef rota, Kırmızı: Yönlendirilen rota, Kırmızı: Yönlendirme sonrası ek yürüme mesafesi)

Tablo 4: Kullanıcı profillerinin belirlenmesine yönelik hazırlanan anketten sorular

YÜRÜME MESAFESİ	50m	100m	150m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
BPS istasyonuna gitmek için ideal yürüme mesafesi sizin için ne kadardır?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
BPS istasyonuna gitmek için maksimum yürüyebileceğiniz mesafe ne kadardır?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
YÜRÜME SÜRESİ	5 dk	7 dk	10 dk	12 dk	15 dk	18dk	20 dk	22 dk	25 dk	30 dk
BPS istasyonuna gitmek için ideal yürüme süresi sizin için ne kadardır?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
BPS istasyonuna gitmek için maksimum yürüyebileceğiniz süre ne kadardır?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
TEŞVİK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sizin için teşvik ne kadar etkilidir?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sizin için hangi teşvik türü ne kadar etkilidir?										
Para	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ek kullanım süresi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sosyal yardım (Ör. Fidan bağışı)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Küçük hediye (Kahve kuponu)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Sistem dengelemesine yönelik teşvikler geliştiren çalışmalardan biri 2007'de Velib V+ [1] ile Fransa'da uygulanmıştır. Yine New York Citi Bike sistemi, yürüttüğü "Bike Angel" [8] programı ile kullanıcıların bisikletleri ihtiyaç duyulan noktalara bırakmalarına yönelik teşvikler sunmaktadır. Türkiye'de henüz böyle bir uygulama olmamakla birlikte, bu yönde çalışmanın yapılabilmesi için benzer formatta elverişli veri seti de bulunmamaktadır. Bu yönüyle Re-Cycle projesi, Türkiye'de bir ilk olacaktır. Ayrıca Türkiye'deki BPS uygulamalarına referans sağlayarak mevcut sistemlerin altyapısının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Projede ihtiyaç duyulan veri setleri, ücretsiz ve açık veri sağlayan Daejeon Tashu bisiklet uygulamaları web sitelerinden elde edilecektir.

6. Uygulanabilirlik

Teknolojinin gelişmesi ile akıllı uygulamalar ve IoT temelli sistemler günlük hayatımızın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Teknolojiyi etkili şekilde kullanarak teşviklerin sisteme entegre edilmesi akıllı uygulamalar aracılığıyla sağlanacaktır.
Veri analizleri, R istatistiksel veri analiz programı ile RStudio tümleşik geliştirme ortamında gerçekleştirilecektir. Anket çalışmasının online olarak yürütülmesi planlanmıştır. Yine uygulama simülasyonu için piyasada mevcut paket programlardan faydalanılacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Genel olarak projenin masraf kalemleri Tablo 5'te zaman planlaması Şekil 11'de verilmiştir.

Tablo 5: Maliyet Tablosu

Ürün	Fiyat	Gerekçe
Survey Monkey[11]	36000 WON (≈ 30$)	Anketin yürütülmesi

Şekil 11: Proje Zaman Planlaması

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Bisiklet paylaşım sistemlerinin temel hedeflerinden biri, toplu taşımada ilk ve son kilometre mesafeleri için çözüm olmaktır. WHIMPACT raporuna göre; bisiklet seyahatlerinin %12'si toplu taşıma kullanımından önceki 30 dakika içinde, %30'u da toplu taşıma kullanımından sonraki 90 dakika içinde gerçekleşmektedir.[12] Dolayısıyla gerek toplu taşıma kullanıcıları gerekse genel kullanıcılar geliştirilmiş BPS sisteminin hedef grubudur. Ayrıca, çevresel kirlilik, trafik sıkışıklığı, karbon emisyonu gibi problemlere çözüm geliştiren yetkili merciiler için, çözüm önerilerine katkı sağlayacaktır. BPS sistemlerinin gelişmesiyle kişisel araç kullanımının belli saatlerde azalması ve dolaylı olarak diğer araç sahiplerinin trafik deneyimini olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Son olarak sistemin kendini kendi içinde dengeleyerek sürekliliğini sağlamasıyla, belediyeler için bu masraf kalemi de ortadan kalkacaktır.

9. Riskler

Projede ön plana çıkan risk, kullanıcıların sunulan teşviklere beklenen oranda cevap vermeme olasılığıdır. Bu da kullanıcıların sunulan teşviklere karşı yaklaşımının daha detaylı ölçülerek uygulamanın revizyonu ile çözülebilecektir.

---

[11] https://ko.surveymonkey.com/pricing/?ut_source=homepage&ut_source3=megamenu
[12] https://ramboll.com/-/media/files/rfi/publications/Ramboll_whimpact-2019.pdf

10. Kaynakça

[1] P. DeMaio, «Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future,» *Journal of Public Transportation, Vol. 12, No. 4,* p. 16, 2009.

[2] A. R. Inês Frade, «Bicycle sharing systems demand,» *Elsevier ScienceDirect,* p. 10, 2013.

[3] M. S. G. B. P. M. M. M. A. K. Adish Singla, «Incentivizing Users for Balancing Bike Sharing Systems,» *Association for the Advancement of Artificial Intelligence,* p. 7, 2015.

[4] J. H. Y. S. P. C. J. C. T. M. Zidong Yang, «Mobility Modeling and Prediction in Bike-Sharing Systems,» *ACM (Association for Computing Machinery),* p. 14, 2016.

[5] C. P. A. Z. M. Z. Federico Chiariotti, «A Dynamic Approach to Rebalancing Bike-Sharing Systems,» *MDPI Sensors (Multidisipliner Digital Publishing Institute),* p. 22, 2018.

[6] C. P. A. C. A. Z. M. Z. Federico Chiariotti, «Bike Sharing as a Key Smart City Service: State of the Art and Future Developments,» *IEEE,* p. 18, 2018.

[7] N. G. Christine Fricker, «Incentives and redistribution in homogeneous bike-sharing systems with stations of finite capacity,» *Springer,* p. 31, 2014.

[8] K. H. H. Seonghoon Ban, «Designing a User Participation-Based Bike Rebalancing Service,» *MDPI Sustainability (Multidisipliner Digital Publishing Institute),* p. 14, 2019.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ