

Yayın Geliş Tarihi (Submitted): 18/10/2020

Yayın Kabul Tarihi (Accepted): 15/12/2020

Makele Türü (Paper Type): Araştırma Makalesi – Research Paper

Please Cite As/ Atıf için:

Sıġnak S. ve Kuvvetli Y. (2020), Küme örtüleme yaklaşımıyla bisiklet paylaşım noktası atama problemi ve bir uygulama, Nicel Bilimler Dergisi, 2(2), 60-70

KÜME ÖRTÜLEME YAKLAŞIMIYLA BİSİKLET PAYLAŞIM NOKTASI ATAMA PROBLEMİ VE BİR UYGULAMA

Simge SİĖNAK¹ ve Yusuf KUVVETLİ²

ÖZET

Yeşil taşıma alternatifleri son yıllarda artan düzeyde öneme sahip olmaktadır. Buna ek olarak, yeşil taşıma alternatiflerinin kullanımı teşvik de edilmektedir. Bu çalışmada, yeşil taşıma alternatiflerinden olan bisikletle ulaşımda önemli bir sorun olan bisiklet paylaşım noktalarının belirlenmesi amacıyla bir küme örtüleme problemi yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen yaklaşım Çukurova Üniversitesi ana yerleşkesi için bisiklet paylaşım noktalarının atanması için uygulanmıştır. Problemin çözümünde yerleşkede yer alan 54 bina ve binanın birbirleri arasındaki uzaklık verileri ve yaklaşık ihtiyaçları kullanılarak iki farklı senaryo ile 9/23 noktalı paylaşım noktası ataması gerçekleştirilmiştir. Senaryolar boyunca bisiklet noktaları arası uzaklıklar 0.58m ile 1892.18m arasında değişim göstermiştir. Yapılan 9/23 noktalı paylaşım noktası ataması ile karar vericiler için 300m ile 900m aralığındaki kapsama hedefleriyle birlikte alternatifler oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin farklı hedef uzaklık verileriyle çalıştırılması sonucunda çeşitli öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bisiklet Paylaşım Noktası; Küme-örtüleme problemi; Matematiksel Modelleme

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Balcalı Kampüsü, Adana, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7457-8855>

²Sorumlu Yazar, Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Balcalı Kampüsü, Adana, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9817-1371>

ASSIGNING a BICYCLE SHARE POINT via SET COVERING APPROACH and a CASE STUDY

ABSTRACT

Green transportation alternatives are of extremely rapid growth. Besides, the use of green transportation alternatives is encouraged by the authorities. In this study, a set covering problem approach is implemented to find optimal bicycle sharing points, an important problem in bicycle transportation as one of the green transportation alternatives. It has been implemented for assigning bike-sharing points for the Çukurova University main campus. In the solution of the problem, the 9/23 point sharing point assignment is made with two different scenarios using the distance data and approximate needs of the 54 buildings on the campus. Various suggestions have been developed as a result of solving the created model with different target distance data.

Keywords: Bicycle-Sharing Point; Set-covering problem; Mathematical Modeling

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik felsefesi gereği, mobil hareketlilik öncelikli alanlardan biri olarak tanımlanmış (gıda ve enerji ile birlikte), ve son yıllarda halka açık bisiklet sistemleri veya "bisiklet paylaşma" sistemlerinde hızlı bir gelişme görülmüştür (Zhang ve ark, 2015). Buradan hareketle bisikletle ulaşımın yaygınlaştırılması ve bisiklet paylaşım noktalarının tasarımı daha çevreci ulaşım altyapısının oluşturulması için önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

Bisiklet paylaşım noktalarının planlanmasında coğrafik olarak noktaların konumlandırılması, talep yapısının analiz edilmesi ve birçok faktörün aynı anda değerlendirilmesi gereklidir. Eldeki bu farklı özneliklere sahip verilerin gruplandırılması sorununa genellikle kümeleme analizi teknikleri yardımıyla çözüm bulunmaktadır. Çok değişkenli problemlerden biri olan kümeleme analizinin asıl hedefi, eldeki veri grubunu belirli bir kurala göre veya istenen kısıtlara göre kümelere bölmektir.

Kümeleme analizindeki en önemli sorunlardan birisi küme sayısının belirlenmesidir. Her kümeleme analizi bu soruna farklı yöntemlerle çözüm bulmaktadır. Buna ek olarak, küme sayısı dışında bazı kısıtların da göz önüne alındığı kümeleme modellerine ihtiyaç oluşmaktadır. Bu çalışmada, bisiklet paylaşım merkezlerinin belirlenmesi için yapılacak kümeleme analizi için bir küme örtüleme problemi yaklaşımıyla çözüm aranmıştır.

Küme örtüleme problemi, 0-1 tamsayıli modellerin özel hali olup bu modellerin optimum şekilde çözülebilmelerini sağlayan yöntemdir. Küme örtüleme problemleri sadece tesis yerleşimlerinde değil politik faaliyetler, dağıtım ve rotalama ve personel tur planlama problemleri gibi çok farklı alanlarda kullanıma sahiptir (Murty, 1994). Küme örtüleme problemi kurulurken aşağıdaki aşamalar izlenir (Güngör,1999):

- a) Küme örtüleme probleminin uygulanacağı S ana kümesinin bütün elemanları belirlenir ve numaralandırılır.
- b) Karşılaşılan problem doğrultusunda, optimum çözümde yer alma olasılığı olan bütün alt kümeler (n) eleman numaraları belirlenerek alt kümeler seti oluşturulur.
- c) Optimum çözümde her elemanın en az bir alt kümede yer alma zorunluluğu olduğu için eşitsizliklerin hepsinin sağ tarafına 1 yazılır. Elde edilen ve bütün elemanları 1 olan $m \times l$ boyutundaki vektör modeldeki E vektörünü oluşturur.

Küme örtüleme problemleri tesis yerleşiminde veya tesis içi yerleşim problemlerinde oldukça kullanılan bir yöntemdir. Üniversite içinde gerek öğrencilerin gerekse diğer çalışanların ulaşım konusunda toplu taşıma veya araç kullanımını azaltmak amaçlanarak optimal bisiklet toplama alanlarının belirlenmesi sağlanmıştır. Bu amaçla, üniversite içinde etkili bir bisiklet ağı kurulması sağlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Küme örtüleme problemi itfaiye yerleşiminden (Walker, 1974), güneş enerjisi potansiyellerinin kümeleneğine (Güngör, 1999) , yakıt istasyonlarının yerleşim problemlerine (Kuby ve ark, 2009), ekip çizelgeleme problemlerinden (İpekçi Çetin, 2008), ambulans yerleşim noktalarının belirlenmesinden (Coskun ve Erol, 2010), vardiya çizelgelemesine (Bechtold ve Jacobs, 1990) birçok farklı uygulama alanına sahiptir.

Bisiklet paylaşım noktalarının yerleşim problemleri ele alındığında son yıllarda farklı kararların da yerleşimle birlikte göz önüne alındığı görülebilir. Yerleşim ve kapasite kararların verildiği bir matematiksel modelleme yaklaşımı düşünülmüştür (Celebi ve ark, 2018). Buna ek olarak büyük çaplı vaka uygulamalarının olduğu çalışmalar da görülebilir. Pekin'de yer alan Changping bölgesi için farklı senaryolar altında bisiklet yerleşim yeri seçilerek planlama yapılmıştır (Yuan ve ark, 2019). Bisiklet yollarının da yerleşim ve kapasite kararlarına ek olarak ele alınması ile stratejik bir bisiklet paylaşım sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir (Lin ve Yang,

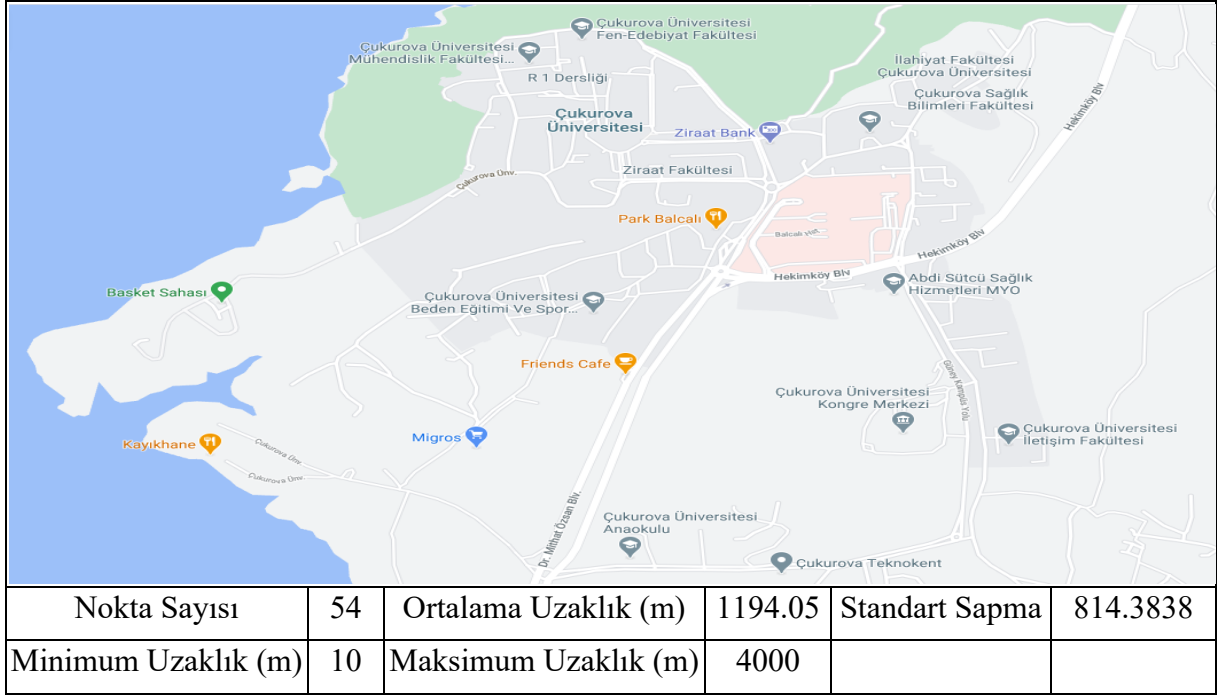
2011). Lin ve Yang (2013) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise bisiklet stokları da göz önüne alınmıştır. Bir diğer çalışmada ise talep koşulları altında oluşacak bisiklet paylaşım yerleri göz önüne alınmıştır (Frade ve Riberio, 2015). Bir diğer yaklaşım ise dengelenmiş bir maksimal örtüleme yaklaşım problemi önerilmiş ve bisiklet paylaşım noktalarının belirlenmesinde kullanılmıştır (Muren ve ark, 2020).

Üniversite kampüslerinde bisiklet paylaşım yerlerinin yerleşimi alanında da yapılmış çalışmalar yer almaktadır. Bunlardan birisi İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü için yapılan ve kuyruk teorisiyle kapasite planlamasının da yapıldığı bisiklet paylaşım yerleşim optimizasyonu çalışmasıdır (Çelebi ve ark, 2018). Toplam yürüme mesafesini minimize etmeyi amaçlayan başka bir çalışmada ise Gaziantep Üniversitesi için bisiklet paylaşım noktalarının yerleşimi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir (Mete ve ark, 2018).

İncelenen literatür sonuçlarına göre, küme örtüleme çok farklı alanlarda kullanılabilir. Bu çalışmada, küme örtüleme probleminin yeşil taşıma alternatiflerinin yaygınlaştırılma planlaması için bir uygulamasını ele alan bir yaklaşım kullanılmıştır.

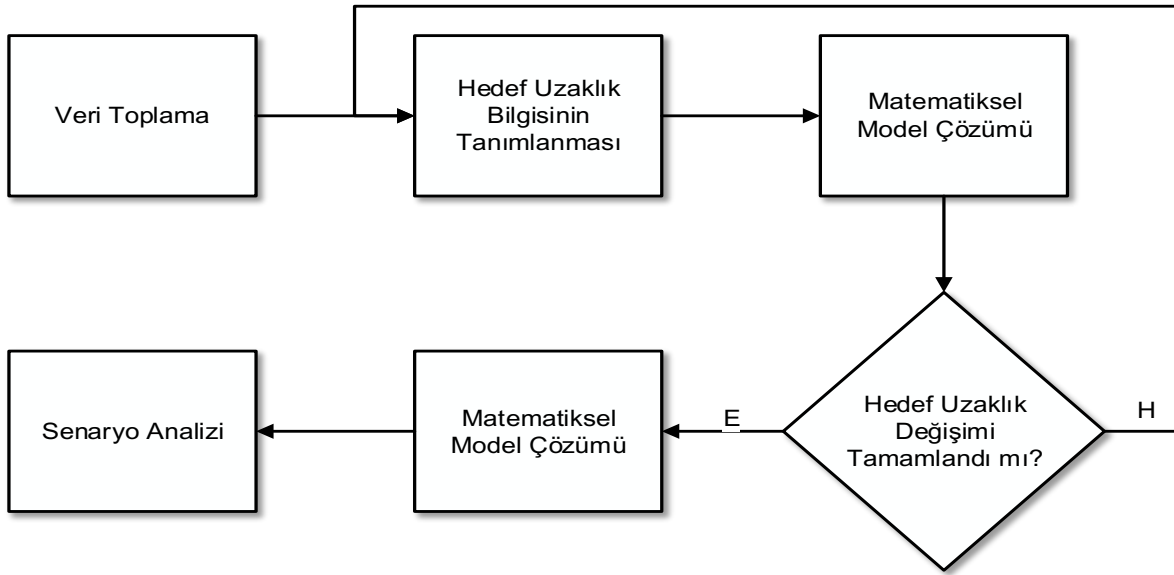
3. MATERYAL VE METOT

Çukurova Üniversitesi ana kampüsü için yapılan çalışmada kampüs içerisinde toplam bina bazında 54 nokta bulunmaktadır. Burada incelenen binalar, eğitim amaçlı kullanılan binalarla birlikte öğrencilerin/personellerin sıklıkla ziyaret ettiği kafe, banka, havuz gibi sosyal tesis noktalarını da kapsamaktadır. Birimler arasındaki uzaklıkların belirlenmesi için Google Maps kullanılmıştır. Şekil 1’de kampüs haritası ve uzaklık bilgileri sunulmuştur.



Şekil 1. Kampüs haritası ve uzaklık bilgileri

Çalışmanın metodoloji Şekil 2’de görülmektedir. Buna göre bahsedilen verilerin toplanması adımı çalışmanın ilk bölümünü oluşturmaktadır. İkinci bölümde hedef uzaklık değerlerinin tanımlanması sağlanmaktadır. Farklı hedef uzaklık değerleri farklı yerleşim planları oluşturacağından oluşturulan matematiksel model tekrarlı olarak çözülmektedir. Farklı hedef uzaklık değerleri ile çözülen matematiksel model sonuçları bir senaryo analizi ile değerlendirilerek nihai yerleşim kararları verilir.



Şekil 2. Çalışmanın metodolojisi

Problemin matematiksel olarak formüle edilmesinde ilk adım amaç fonksiyonunun tanımlanmasıdır. Problemin amacı minimum sayıda bisiklet paylaşım noktasının açılması olarak belirlenmiştir. Böylece en uygun bisiklet paylaşım noktalarının belirlenmesi sağlanmış olur. Problemden karşılaşılan en önemli kısıt kapsama alanı kısıtıdır. Kapsama kısıtında bir bölgeye hedeflenen uzaklıktan yakın bölgede bisiklet paylaşım noktası kurulması durumunda oradan hizmet alınması sağlanmıştır. Bölgeye yakınlık ifadesi çeşitli senaryoların belirlenmesiyle denenmiştir. Programın senaryolarının belirlenmesinde kapsama kısıtı dikkate alınmaktadır. Kapsama kısıtındaki hedef uzaklık değerleri bir kişinin yürüyebileceği mesafeler alınarak varsayımlar üzerinden modelde hesaplanmıştır.

Problemden bölgeler k indisiyle tanımlanmaktadır ($k=1, \dots, K$). X_k , k . bölgeye bir bisiklet paylaşım noktası atanması yapıldıysa 1, aksi halde 0 değerini almaktadır. Eşitlik 1’de buna göre matematiksel modelin minimum sayıda bisiklet paylaşım noktası atanmasını sağlayan amaç fonksiyonu görülmektedir.

$$\min z = \sum_{k=1}^n X_k \quad (1)$$

Eşitlik (2), hedef kapsama alanının altında yer alan bölgelerin kapsanabilirliğini sağlayan kısıttır. Bu kısıtta yer alan a_{ki} ; k . noktaya kurulan bir bisiklet paylaşım merkezinin i . noktayı kapsayabilecek yakınlıkta olduğu durumda 1 değerini almakta, aksi halde 0 değerini almaktadır.

$$\sum_{k=1}^N a_{ki} * X_k \geq 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

Eşitlik (3), a_{ki} ’nin tanımlanışını göstermektedir. Burada; d_{ki} parametresi $k-i$ arası uzaklığı, T ise hedeflenen kapsama uzaklığını göstermektedir.

$$a_{ki} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } d_{ki} \leq T \text{ ise} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (3)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

54 nokta için gerçekleştirilen planlama çalışması sonucu elde edilen bulgular Tablo 1’de özetlenmiştir. Buna göre hedef uzaklığa göre açılan nokta sayısının hedef uzaklığa bağlı oldukça değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Hedef uzaklık özellikle 100m altında olduğu durumlarda neredeyse tüm noktalara yerleşim yapıldığı görülmektedir. 100-200m aralığında

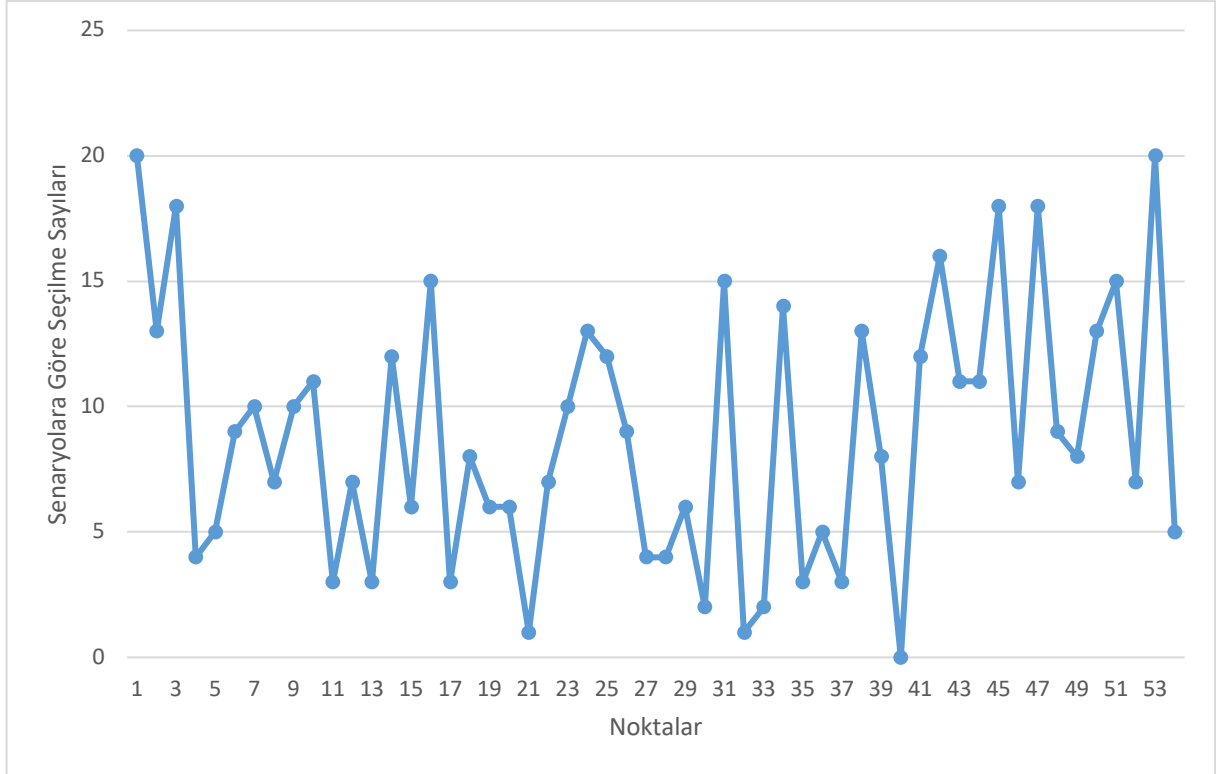
olması durumunda tüm noktaların yaklaşık yarısının açıldığı görülmektedir. Bu durum, verilerdeki ortalama uzaklık değerlerinin yaklaşık 1194.05m olmasına rağmen noktaların büyük çoğunluğunun birbirlerine yakın olduğunu göstermektedir. 300-400m aralığında yaklaşık 15 noktaya atama yapıldığı görülürken son olarak 400m üzerinde modelin artık aynı sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Bu durum, en az 11 noktaya atama yapılması gerekliliğini göstermektedir.

Tablo 1. Farklı Hedef Uzaklıklar için Oluşan Uzaklıklar

Senaryo	Hedef Uzaklık (m)	Açılan Bisiklet Paylaşım Noktası Sayısı	Bisiklet Paylaşım Noktalarına Ortalama Uzaklık (m)
1	25	52	0.58
2	50	47	5.81
3	75	45	9.80
4	100	40	23.40
5	125	35	44.63
6	150	33	87.03
7	175	29	129.38
8	200	24	230.67
9	225	23	345.87
10	250	20	413.35
11	275	19	468.63
12	300	15	713.13
13	325	15	713.13
14	350	13	1098.23
15	375	13	1098.23
16	400	11	1539.55
17	425	11	1539.55
18	450	11	1866.82
19	475	11	1866.82
20	500	11	1892.18

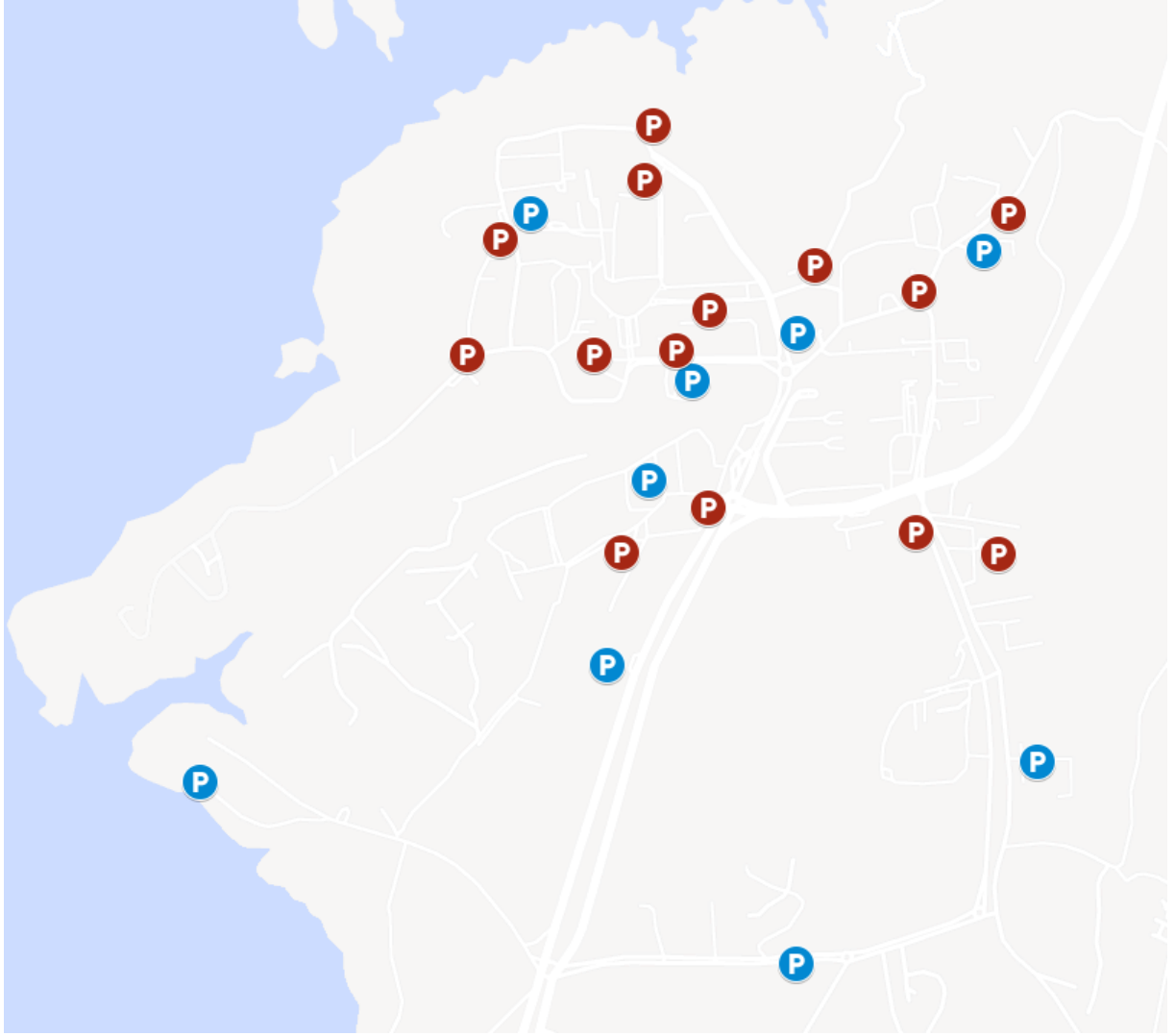
Hedef uzaklığın ne olacağının belirlenmesi kullanıcı tanımlı parametrelerin modele etkisinin anlaşılması açısından önemlidir. Elde edilen sonuçlara göre Şekil 3'te farklı noktaların senaryolarda kaç kere seçildiği görülmektedir. İlk nokta ve son nokta olan kütüphane ve iletişim fakülte binalarının tüm senaryolarda seçildiği görülmektedir. Bunun nedeni kütüphanenin

merkezi konumu ve İletişim Fakültesinin ana kampüs alanı dışında yer almasıdır. Çok sık seçilen diğer binalar ise; Sağlık Meslek Yüksek Okulu, Kültür Müdürlüğü, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kapalı Yüzme Havuzu, Botanik Bahçesi, Teknokent ve Yabancı Diller Yüksek Okuludur. Buradan yola çıkarak en sık atama yapılan noktalar Şekil 4.a'da sunulmuştur. 20 senaryonun 10'unda atama yapılan binaların seçimi en sık kullanılabilir binaların seçimini sağlayacaktır. Buna göre Şekil 4.b'de 10 ve üzeri senaryoda atama gerçekleştirilen noktaları göstermektedir.



Şekil 3. Senaryo analizi sonuçları

Yapılan atama alternatifleri değerlendirildiğinde 15 ve üzeri noktaya ait senaryonun uygulanması durumunda oluşabilecek minimum hedef uzaklığı 900m olarak hesaplanmıştır. 9 nokta ile hizmet verilecek bu alternatifte kampüs içerisindeki uzaklıkların standart sapmasının yüksek olması nedeniyle de oldukça yüksek bir hedef uzaklığı elde edilmiştir. Bununla birlikte, 10 ve üzeri noktaya ait senaryonun uygulanması durumunda 23 noktaya bisiklet paylaşım noktası kurulmasıyla birlikte 300m uzaklık içerisinde yerleşim yapılması alternatifi uygun görülmüştür. Bir önceki durumda oluşan 9 noktayı da kapsıyor olması nedeniyle başlangıç ve uzun dönemli alternatif senaryolar oluşturulmuştur.



Şekil 4. Senaryo analizlerine göre (a) minimal sayıda atama yapılması durumu (Mavi işaretli öğeler) ve (b) İdeal sayıda atama yapılması durumu (Kırmızı işaretli öğeler)

5. SONUÇ

Bu çalışmada, bisiklet paylaşım noktalarının tespit edilmesi amacıyla Çukurova Üniversitesi kampüsünde yer alan binaların yer aldığı bir küme örtüleme modeli kullanılmıştır. Matematiksel model klasik küme örtüleme modelini içermekle birlikte hedef uzaklığın (kapsama alanı) farklı değerlerinin modele etkisi senaryo analizleriyle incelenerek, tüm senaryolar için en uygun çözüm oluşturulmuştur.

Çalışmada yalnızca bisiklet paylaşım noktalarının ataması gerçekleştirilmiş olup uzun dönemli planlamalar için kapasite belirlenmesi, bisiklet yollarıyla bağlantıların sağlanması gibi konular model içerisinde göz önüne alınmamıştır. Kapasite kararları; departmanların

kalabalıklığına göre farklı sayıda bisiklet park noktalarının kullanımını sağlayacağı gibi, bisiklet park etmek için kullanılacak ara yolların ve bisiklet yollarının modelde göz önüne alınması da incelenen alanın tamamen mobilitesinin sağlanması üzerinde fayda sağlayacaktır. Gelecek çalışmalarda ayrıca, geçmiş verilerin göz önüne alındığı bir talep planlamasının da sisteme dahil edilmesi düşünülebilir.

ETİK BEYAN

“Küme Örtüleme Yaklaşımıyla Bisiklet Paylaşım Noktası Atama Problemi ve Bir Uygulama” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

KAYNAKLAR

- Bechtold S. E. ve Jacobs L. W. (1996), The equivalence of general set-covering and implicit integer programming formulations for shift scheduling, *Naval Research Logistics (NRL)*, 43(2), 233-249.
- Coskun N. ve Erol, R. (2010), An optimization model for locating and sizing emergency medical service stations, *Journal of medical systems*, 34(1), 43-49.
- Celebi D. ve Yörüsün, A. ve Işık, H. (2018), Bicycle sharing system design with capacity allocations, *Transportation research part B: methodological*, 114, 86-98.
- Çelebi D., Yörüsün A. ve Işık, H. (2018), A bicycle sharing system design for ITU Ayazağa campus, *Sigma*, 9(4), 427-436.
- Frade I. ve Ribeiro, A. (2015), Bike-sharing stations: A maximal covering location approach, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 216-227.
- İpekçi Çetin E., Kuruüzüm A. ve Irmak S. (2008), Ekip çizelgeleme probleminin küme bölme modeli ile çözümü, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3(4), 47-54.
- Güngör İ. (1999), Kümeleme problemlerine küme örtüleme modeli yaklaşımı ve bir uygulama, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 123-136.

- Kuby M., Lines L., Schultz R., Xie Z., Kim J. G. ve Lim S. (2009), Optimization of hydrogen stations in Florida using the flow-refueling location model, *International journal of hydrogen energy*, 34(15), 6045-6064.
- Lin J. R. ve Yang T. H. (2011), Strategic design of public bicycle sharing systems with service level constraints, *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 47(2), 284-294.
- Lin J. R., Yang T. H. ve Chang Y. C. (2013), A hub location inventory model for bicycle sharing system design: Formulation and solution, *Computers & Industrial Engineering*, 65(1), 77-86.
- Mete S., Cil Z. A. ve Özceylan E. (2018), Location and coverage analysis of bike-sharing stations in university campus, *Business Systems Research Journal*, 9(2), 80-95.
- Muren Li H., Mukhopadhyay S. K., Wu J. J., Zhou L. ve Du, Z. (2020), Balanced maximal covering location problem and its application in bike-sharing, *International Journal of Production Economics*, 223, 107513.
- Murty K. G. (1994), Operations research: deterministic optimization models, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, s.307.
- Walker W. (1974), Using the set-covering problem to assign fire companies to fire houses, *Operations Research*, 22(2), 275-277.
- Yuan M., Zhang Q., Wang B., Liang Y. ve Zhang H. (2019), A mixed integer linear programming model for optimal planning of bicycle sharing systems: A case study in Beijing, *Sustainable cities and society*, 47, 101515.
- Zhang L., Zhang J., Duan Z. Y. ve Bryde D. (2015), Sustainable bike-sharing systems: characteristics and commonalities across cases in urban China, *Journal of Cleaner Production*, 97, 124-133.