

Sürdürülebilir ulaşım da önemli bir yere sahip olan bisikletin Gams küme kapsama modeli ile konumlandırılması: Gebze Teknik Üniversitesi örneği

Bülent Sezen^{1,*}, Burcu Erben^{1,2}

¹ Department of Management, Faculty of Management, Gebze Technical University, Kocaeli, Turkey

² Department of Management, Faculty of Management, Gebze Technical University, Kocaeli, Turkey

*Correspondence: burcum531@hotmail.com

Özet: Kentsel genişlemenin birçok olumsuz etkisi olduğu bir gerçektir. Artan insan nüfusu ile birlikte yerleşim alanları gün geçtikçe daralmaktadır. Araştırmalar yolların yanlış yapılandırılmasından dolayı meydana gelen kazalarda artış olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı, hem ulaşım hem de çevrede sürdürülebilir iyileştirmeler konusuna önem verilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilirliğe adaptasyon ile ilgili yapılan yanlış uygulamalar insanların yaşam kalitesini büyük oranda düşürebilir. Son yıllarda sürdürülebilir ulaşım kapsamında bisiklete verilen değer artmıştır. Çevre dostu ve düşük maliyeti olan bisikletlerin bunda etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, üst düzey modelleme yapabilen Gams programından faydalanılmıştır. Üniversite içerisinde birçok bölüm bulunmaktadır ve gün içerisinde diğer bölümlere gitme ihtiyacı için bisiklet destekleyici durumdadır. Fakat bölümler arası uzaklıklar birbirinden farklıdır. Bu yüzden, diğer bölümlere ulaşma süreleri de değişiklik göstermektedir. Ayrıca, birbiriyle bağlantılı durumda olan bölümlere minimum ulaşım kriteri göz önünde bulundurularak, Gams matematiksel programlama yoluyla kilit noktaların belirlenmesi amaçlanmıştır. Program çıktısına göre, bu alanlarda kaç tane ana durak istasyonu kurulacağı öngörülmüştür. Özetlemek gerekirse, Gams programından elde edilen sonuçlar yerleşim alanındaki planlama konusuna katkı sağlama açısından bir rehber niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir ulaşım da bisiklet, sürdürülebilirlik, küme kapsama

Abstract: It is a fact that urban expansion has many negative effects. Settlement areas with increasing human population are narrowing day by day. Studies have shown that increase in accidents is due to incorrect construction of roads. Because of this, attention should be paid to the issue of both transportation and environmentally sustainable improvements. Conducted wrong practices about adaptation to sustainability may greatly reduce people's life quality. In recent years, the value given to bike in the scope of sustainable transportation has increased. Being environmentally friendly and low-cost, bike has been seen that it is effective for this. This study has been used Gams program which can perform high level modeling. There are many departments within the university and the bike is supportive for the need to go to other departments during the day. However, the distances between departments are different. Therefore, the times of reaching the other departments vary. Furthermore, considering minimum access to interconnected departments criteria, this study aims to determine key points Gams through mathematical programming. The number of main stations in these areas are planned according to the output of the Gams program. To sum up, the results obtained from Gams program evaluated as a guide in terms of contributing to the planning in the settlement area.

Key words: Bike in sustainable transportation, sustainability, set covering

1. Giriş

Planlama, kuşkusuz hayatın her alanında insanlara yol gösteren bir karar sürecidir. Bu süreçte etkili bir karar mekanizmasına sahip olmak için planlamada izlenilecek yolların belirlenmesi de bir o kadar önemlidir. Planlama sürecinin etkili bir şekilde yönetilmesi için; problemi saptamak, eldeki imkanların neler olduğunu değerlendirmek, bu imkanlarla maksimum olarak en faydalı neler yapılabileceğini belirleyip seçenekleri karşılaştırmak, bu seçeneklerin en uygun olanının seçilmesi ve seçimin doğru olup olmadığına karar verebilmek için geri dönüş ve revizyona gidilmesi önem arz etmektedir.

Gebze Teknik Üniversitesi kampüsünde birçok bisiklet bulunmasına rağmen düzensiz bir konumda olmaları ve dışardan bakıldığında üniversite içinde rahatsız edici bir kalabalık oluşturmaları göze çarpmaktadır. Bu problemde öncelikle planlama eksikliği olduğu açıktır. Bu çalışmada planlamadan kaynaklanan eksikliğin giderilmesi için üniversite içerisinde ana durak istasyonlarının belirlenmesi durumu incelenmiştir. En etkili çözüm olarak ana durakların tespitinde her bölümü kapsayacak şekilde bir ağ oluşturulması göz önünde bulundurulduğunda, Gams optimizasyon programı bunun için idealdir. Bu programda küme kapsama modeli uygulanarak minimum sayıda ana durak istasyonları bulmak problemin çözümü için büyük katkı sağlayacaktır.

2. Literatür taraması

Günümüzde en önemli konulardan biri olarak görülen sürdürülebilirlik gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Bu alanda birçok çalışma yapılmaktadır. Sürdürülebilirlik için çevresel yapıların uygun olarak tasarlanması ve etrafındaki yerleşim alanlarıyla uyum içerisinde olması dikkat edilmesi gereken konulardan biridir [1]. Yerleşim alanında uyum olması için mevcut, planlanan, potansiyel bisiklet

yolu ağının ülke çapında envanterini oluşturmak, önemli merkezleri birbirine bağlayan yerleri tespit etmek ve harita çıkarmak önemlidir [2]. Yale Üniversitesi bireylerin özgür olarak hareket etmesini sağlamak amacıyla, sürdürülebilir ulaşım için sistemin kolay ve güvenli bir erişime sahip hale getirilmesi konusuna büyük bir önem vermiştir. Ayrıca güvenlik eksikliklerini giderme yönünde çalışmalar yapmak, bütünlük planlama, ulaşımdan kaynaklı kirliliği minimuma indirmek, ulaştırmanın sağlandığı altyapının ekonomik olarak uygulanabilirliğini değerlendirmek gibi konulara yoğunluk vermiştir [3]. Sürdürülebilir ulaşımda başarı sağlanması yönünde destekleyici olan bisikletler, çok yönlü ulaşım sistemi ile bütünleştirici ve uyumlu özellikte olmalıdır. Bunun için çevresel, ekonomik ve sosyal boyutta dengeli kararlar verebilmek önemli bir koşuldur [4-5]. Ayrıca çevresel, ekonomik ve sosyal boyutta çok yönlü bir düşünce yapısı ile düşünüp, bu stratejilerin uygulanabilirliği bisiklete binme günü gibi bazı tanıtım programları yoluyla artırılabilir [6].

Sürdürülebilir ulaşımda bisikletin yaygınlaştırılması için özellikle şehir alanlarında 3 boyutlu planlar yapılmalıdır. Bisikletlerin yolcu ulaşımının entegre bir parçası olması, yaya yollarında güvenli bisiklet tesisleri ve park yerleri kurulması gerekmektedir. Ekonomik olarak yakıt maliyetlerinin artışına karşı bisikletin tercih edilmesi de aynı zamanda bir avantajdır [7]. Sürdürülebilir ulaşımda bisiklet paylaşım programları büyük öneme sahiptir. Barcelona, Paris, Lyon gibi ülkelerde sırasıyla; Bicing, Vélib, Vélo sistemlerinden sonra bisiklet talebi artmıştır [8]. Bisiklet paylaşım sisteminin başarılı olması için insanların yoğun olarak tercih edeceği saatlere dikkat edilmelidir ve kolayca ulaşım sağlanacak noktalarda bisiklet erişimi olmalıdır. Sistem kullanımı basit, teknolojiyle uyumlu ve insanların tercih edilebileceği fiyat aralığında olmalıdır. Bisiklet yolları için yardımcı işaretler dikkat çekecek durumda olmalı ve

bisikletlerin bakımı düzenli olarak yapılmalıdır [9]. Kullanıcıların bisiklet paylaşım sistemleri için kayıt olmaları da önemlidir. Fakat bu sistemi kullanacak olan şehir dışında yaşayan insanlar ya da turistler için kayıt olma gerekliliği sistemin çekiciliğini azaltacaktır. Bu nedenle kaydın hızlı bir şekilde olması son derece önemlidir [10]. Bisiklet paylaşım sistemi zamanla değişmiştir ve ilk bisiklet paylaşım sistemi 1960 yılında Hollanda'da kurulmuştur. Bisiklet paylaşım sistemlerinin gelişimi 4 nesilde incelenmiş olup, ilki "beyaz bisikletler" adı verilen, insanların kullanması için ücretsiz alabilecekleri bisikletlerdi. İkincisinde, bisikletler küçük bir miktar karşılığında kiralanabiliyordu. Bu kiralama sistemi bisikletlerin çok uzun süreyle kiralanmasına sebep oluyordu. Kullanıcılar kayıt altına alınmadığı için de hırsızlığa sebebiyet veriyordu. Üçüncüsünde, kişiler bisikleti sınırlı süreyle kiralayabiliyordu. Ayrıca sistemde kiosk mevcuttu. Dördüncü olarak ise üçüncü olarak geliştirilen sistem güncel hale getirilip, diğer ulaşım türleriyle de entegre olması sağlanmıştır [11].

Günümüzde de bisiklet paylaşım sistemleri giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sistemin yararları; ekonomik, özel ve kamusal olarak incelenebilir [12].

2.1. Sürdürülebilir ulaşım stratejileri

Sürdürülebilir ulaşım stratejileri; çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere 3 boyutta incelenebilir.

Çevresel sürdürülebilirlik, var olanı koruma ve yeniden kullanma çabasıdır [13]. Ayrıca emisyonların azaltılması, insan sağlığı, ekosistem, biyoçeşitlilik, hava kalitesi gibi doğal çevrenin birçok alanına yoğunlaşır [5-14].

Sosyal sürdürülebilirlik; sosyal çevre, çeşitlilik, tecrübe, eğitim, beceri, tüketim, gelir, istihdam gibi konulara yoğunlaşarak insanların bu doğrultuda bilinçlendirilmesi ve gerçekçi bir rekabet stratejisi oluşturarak hareket etmelerini sağlar [13-15]. Sosyal sürdürülebilirliğin kapsamlı

olarak incelenmesinde bir takım eksiklikler olabilir; çünkü refah, yaşam kalitesi, adalet, uyum ve kültürel yaklaşım gibi konuların ölçülebilirliği sürekli olarak değişim gösterme eğilimindedir [16-17].

Sosyal sürdürülebilirlikte başarılı olmanın önemli noktaları şu şekildedir [17]:

- ✓ Temel ve genişletilmiş ihtiyaçlarda ilerleme kaydetmek,
- ✓ Nesiller arasında adalet, cinsiyet, ırk, sınıf ve insan hakları eşitliği sağlamak,
- ✓ Sosyal altyapıya erişim sağlamak,
- ✓ İstihdam ile ilgili konulara yoğunluk vermek,
- ✓ Kendini gerçekleştirme fırsatını ön planda tutmak,
- ✓ Çevresel, sosyal, ekonomik ve kültürel olarak uyumlu durumda olmak,
- ✓ Yaşam kalitesinde iyileşmeler yapmaktır.

Ekonomik sürdürülebilirlik, ticareti artırma ve ekonomik durumun iyileştirilme çabasıdır. Ekonomik sürdürülebilirlik için ulaşım sistemi ve buna bağlı olan sistemlerin finansal yönü düşünülmelidir [5-13].

2.2. Sürdürülebilir ulaşım için bisiklet

Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması için aşağıdaki maddelere önem verilmelidir [18-19]:

- ✓ **Güvenlik:** Bisikletler güvenli alanlara kurulmalıdır.
- ✓ **Yön tayini:** Bisiklet sürücülerinin dikkatini çekecek şekilde belirgin işaretler olmalıdır.
- ✓ **Uygunluk:** Bisikletler insanların kolay erişim sağlayacağı bölgelerde yer almalıdır.
- ✓ **Çekicilik:** Bisikletlerde insanların ilgisini çekecek şekilde tasarım olmalıdır.
- ✓ **Konfor:** Bisiklet ve tesislerde kullanım rahatlığı olmalıdır.

- ✓ **Altyapı ve eğitim:** Bisikletler sağlam bir altyapı üzerinde olmalı ve sürücüler trafik kurallarına uymaları için eğitilmelidir.
- ✓ **Saygı:** Diğer sürücüler bisiklet sürücülerine nezaket göstermelidir.
- ✓ **Tutarlılık:** Uygulanan kararlarda mantıksal olarak uyumluluk olmalıdır.
- ✓ **Reklam:** Bisiklete teşvik etmek için kamu kampanyaları yapılmalıdır.
- ✓ **Değerlendirme:** Uygulanan her türlü metod için etkililik ölçülmelidir.

Akıllı şehir altyapısının bisiklet kullanımı için avantajları şunlardır [7, 9- 20]:

- ✓ **Aktivite:** İnsanların sağlığına fayda sağlayan günlük ve fiziksel bir aktivitedir.
- ✓ **Entegrasyon:** Toplu ulaşımda eksikliğin olduğu alanlarda tamamlayıcı olarak görev yapar.
- ✓ **Çevre:** Daha az CO₂ emisyonu sağladığı için çevreyi daha az kirletir.
- ✓ **Zaman:** Trafik sıkışıklığının olduğu zamanlarda beklenen süreyi ve ekonomik anlamda kaybı azaltır.
- ✓ **Ekonomiklik:** Yenilenen ya da kullanılmış bisiklet satın alınması ekonomi yönünden maliyeti düşürecektir.
- ✓ **Düşük işletme maliyeti:** Enerjinin en verimli türüdür.
- ✓ **Temizlik:** Doğayı kirletmez ve gürültüsüzdür.
- ✓ **Sağlık:** İnsanlar için iyi bir egzersiz yöntemidir.
- ✓ **Trafik sıkışıklığını önleme:** Kentsel alanda bisikletlerin fazla olması, motorlu taşıtlara olan ihtiyacın azalmasına ve dolayısıyla daha az trafik oluşmasına neden olacaktır.
- ✓ **Çevre:** Hava kirliliği, bisikletin tercih edilmesi sonucunda minimuma indirilecektir.

Sürdürülebilir ulaşım için bisiklet kullanılmasının dezavantajları ise şu şekildedir [3, 4- 7]:

- ✓ **Kaza:** Bisiklet kazalarının bir kısmı güvenlik eksikliğinden dolayı meydana gelmektedir.
- ✓ **Hasar görebilirlik:** Aynı yolu paylaşan diğer taşıtlara göre daha savunmasızdır.
- ✓ **Hava:** Rüzgar ve özellikle yağmur bisiklet sürücülerini için uygun koşullar değildir. Fakat bu durumun önüne uygun kıyafetlerle geçilebilir.
- ✓ **Sınırlı bütçe:** Ekonomik olarak eksik durumda olunması, arazi eksikliğine yol açmaktadır.

3. Gams programı

Genel cebirsel modelleme sistemi olarak bilinen Gams programı yöneylem araştırmasının bir uygulama alanı olarak kullanılmaktadır. Lojistik, askeri, mühendislik, matematik, ekonometri, fizik, uluslararası ticaret, finans, çevresel, makro ve mikro ekonomi gibi birçok alanda bu programdan faydalanılmaktadır. Ayrıca çok büyük veriler için Excel, Matlab ve Delphi gibi programlardan veri aktarım kolaylığına sahiptir.

Gams programının öğeleri şunlardır [21- 25]:

- ✓ **Küme:** Modellerin doğrusal temsilindeki endeksleri tanımlar. Gams programında “sets” komutu ile endeksler tanımlanır.
- ✓ **Veri:** Gams modelinin giriş verileri; parametreler, tablolar veya skalerlerin bir biçimi olarak ifade edilir.
- ✓ **Değişkenler:** Model çözülmeden önce bilinmemektedir. Pozitif olması gerekir.
- ✓ **Eşitlikler:** Veriler ve değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlar.

Programda;

- “=” simgesini kullanmak için “ = e = ” ,
 - “≤ ” simgesini kullanmak için “ = l = ” ,
 - “≥ ” simgesini kullanmak için ise “ = g = ” komutu kullanılır.
- ✓ **Model ve çözüm ifadesi:** Amaç fonksiyonunu içeren eşitlik olarak tanımlanır.
- ✓ **Çıktı:** Çözülen modelin sonuçlarını gösterir.

Ayrıca Gams programında kullanılacak modeller şunlardır [21-25]:

- ✓ **LP¹:** Değişken ve kısıtlara bağlı kalarak amaç fonksiyonunu maksimum ya da minimum yapmaya çalışır. Endüstriyel ve ekonomi alanlarında en çok kullanılan modeldir.
- ✓ **QCP²:** Kuadratik ve doğrusal terimler içerebilir.
- ✓ **NLP³:** Amaç fonksiyonu doğrusal değilse ve uygulanabilir bölge doğrusal olmayan kısıtlarla belirlenirse uygulanabilir.
- ✓ **DNLP⁴:** Sürekli olmayan kısıtlar içeren ve doğrusal olmayan problemlerde kullanılır.
- ✓ **MIP⁵:** Doğrusal olan fakat tam sayı ve ikili değişken içeren amaç ve kısıt fonksiyonlarında kullanılır.
- ✓ **MIQCP⁶:** Amaç fonksiyonunda yer alan kuadratik terimde kısıtlar varsa kullanılabilir.

- ✓ **MINLP⁷:** Hem doğrusal olmayan hem de ayrık değişkenli modeller için kullanılır.
- ✓ **RMIP⁸:** Eğer karışık tam sayılı doğrusal değişkenlerde tam sayılı ya da ikili değişkenler varsa bu modelle çözüm yapılabilir. Bu modelin kullanılması durumunda Gams programı değişken sınırlarını ihmal eder.

4. Yöntem

Çalışma alanı olarak Gebze Teknik Üniversitesi kampüsü düşünülmüştür (Şekil 1). Üniversite içerisinde birçok bölüm vardır. Bu bölümlere gitme ihtiyacı halinde, bisikletler destekleyici durumdadır. Fakat bölümlere ulaşma mesafeleri birbirinden farklıdır. Planlama olarak, bölümlerde bulunan personel, öğrenci ya da işçilerin minimum sürede diğer alanlara ulaşım sağlaması düşünüldüğünde Gams modelleme programı kullanışlı bir cebirsel karar sistemidir. Bu karar sisteminde faydalanacağımız Gams küme kapsama metodudur. Bu metod için programa girilecek kodlama Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2’de yer alan t(i,j) düğümlerinin açık hali ise Tablo 3’de verilmiştir. Bu programda kodlama olarak, amaç ve kısıt fonksiyonları eklenir. Ardından istenilen duruma göre minimizasyon ya da maksimizasyon yapılabilir. Gams modelleme programı süreci Şekil 2’de gösterilmiştir [21].

¹ Linear programming: Doğrusal programlama.

² Quadratic programming: Kuadratik programlama.

³ Nonlinear problem with continuous constraints: Sürekli kısıtlı doğrusal olmayan problem.

⁴ Nonlinear problem with discontinuous constraints: Süreksiz kısıtlı doğrusal olmayan problem.

⁵ Mixed-integer linear programming: Karışık tam sayılı doğrusal programlama.

⁶ Mixed-integer quadratic constraint programming: Kuadratik kısıta sahip karışık tam sayılı programlama.

⁷ Mixed-integer nonlinear programming: Doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama.

⁸ Mixed-integer problem where the integer variables are relaxed: Tam sayılı değişkenlerin gevşetildiği karışık tam sayılı problem.



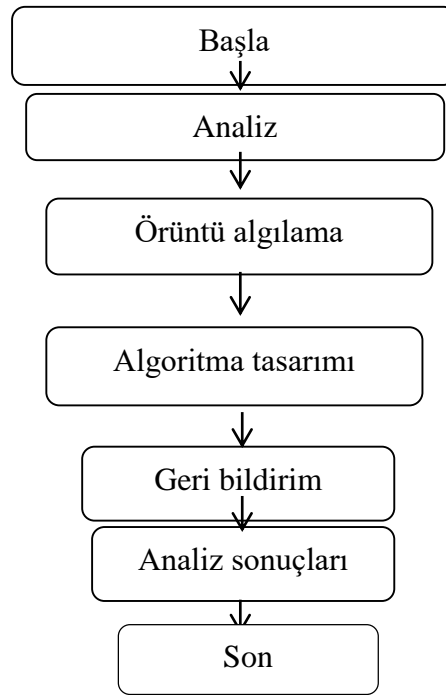
Şekil 1: Gebze Teknik Üniversitesi kampüs haritası

Programda kullanılan 24 düğüm noktası Tablo 1’de gösterilmiştir. Kampüsteki düğüm noktaları arasındaki uzaklıklar metre cinsinden hesaplanıp Tablo 3’de gösterilmiştir. Bu düğüm noktalarının gösterimi ise Şekil 3’de verilmiştir.

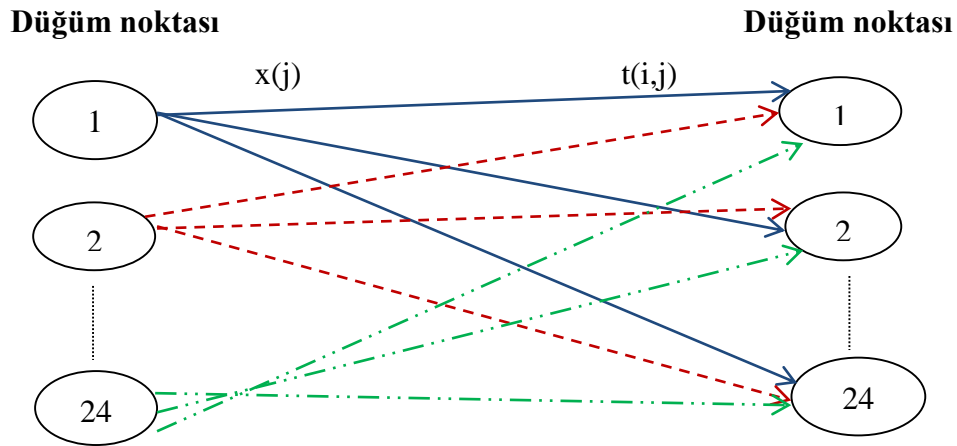
Tablo 1: Seçilen düğüm noktaları ve bölümler

Düğüm noktası	Bölümler
1	Giriş
2	Sosyal ve fen bilimleri enstitüsü
3	Nanoteknoloji
4	Kosgeb teknoloji geliştirme merkezi
5	Sağlık kültür ve spor dairesi başkanlığı
6	Yabancı diller
7	Malzeme mühendisliği
8	Mimarlık dersliği
9	Öğrenci yemekhanesi
10	Jeodezi
11	İşletme fakültesi
12	Fizik
13	Rektörlük binası
14	Yapı işleri
15	Öğrenci işleri
16	Erasmus ofisi

17	Teknoloji transfer ofisi
18	Personel yemekhanesi
19	Bilgisayar mühendisliği
20	Elektronik mühendisliği
21	Kütüphane
22	Kimya mühendisliği
23	Moleküler biyoloji ve genetik
24	Çevre mühendisliği



Şekil 2. Gams optimizasyon modelleme süreci



Şekil 3. Optimum uzaklık problemi gösterimi

Küme kapsama probleminin çözümü için Gams programında kullanılan değişkenler ve özellikleri şunlardır [21, 22-23]:

- ✓ **Variable**⁹: Bütün değerleri alabilir. Herhangi bir kısıt yoktur.
- ✓ **Binary variable**¹⁰: Değişken sadece 0 veya 1 değerini alabilir.
- ✓ x_j : Amaç fonksiyonudur. Kurulacak bisiklet istasyonu sayısını minimize etmeyi amaçlar.
- ✓ $\sum_{j=1}^{24} x_j$: Toplam istasyon sayısıdır.
- ✓ **Equations**¹¹: Optimize edilecek veriler ve değişkenler arasındaki ilişkiyi gösterir.
- ✓ **Model**: Gams probleminin çözümü için kullanılan nesnelere.
- ✓ **Solve**¹²: Bu komutta uygulanılmak istenilen model belirtilir.
- ✓ **Mixed İnteger Programming (MIP)**¹³: Karışık tamsayılı modeldir. Bu Gams modelinde, mevcut problemde ayrık değişken olabilir. Fakat doğrusal olmayan terim içermemelidir.
- ✓ Amaç fonksiyonunun görevi, her bölüme yakın olacak şekilde istasyon sayısını minimuma indirmektir.
- ✓ Kısıtlar, her bir bölümün yakınlarında en az bir tane bisiklet istasyonunun bulunmasını garanti eder. Programa bunun yanı sıra uzaklığın en fazla 250 metre olması koşulu da eklenmiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada Gebze Teknik Üniversitesi kampüsünde birçok bisiklet olmasına rağmen düzenli bir bisiklet istasyonu olmaması sorunu göz önünde

bulundurulmuştur. Bu sorunun çözümü için minimum sayıda istasyonun yapılması ve bütün bölümleri kapsayacak şekilde optimal karar verilmesi için Gams küme kapsama modelinden faydalandığında en uygun yer seçimi 4, 13 ve 19 numaralı düğüm noktaları olarak belirlenmiştir. Gams programından elde edilen sonuca göre; bisiklet istasyonu için Kosgeb teknoloji geliştirme merkezi, Rektörlük binası ve Bilgisayar mühendisliği binaları uygun alanlar olarak bulunmuştur. Gams program çıktısı Tablo 4'de verilmiştir.

⁹ Değişken: Farklı durumlarda farklılık gösteren ifadelerdir.

¹⁰ İkili değişken: Birbiriyle ilişkili ve bağımlı durumda olan değişkendir.

¹¹ Eşitlikler: Denklik ifadesidir.

¹² Çözüm: Bir problemde elde edilen sonuçtur.

¹³ Karışık tam sayılı programlama: Değişkenler doğrusal olup tam sayı ve ikili değişken içerir.

Tablo 2. Gams programına girilen kodlama

```
i dugum /1*24 /
j aday tesisler / 1*24 / ;
table t(i,j) bölümlerin birbirine uzaklıkları
      1      2      3      .      .      .      .      .      .      .      23      24
1      0      86     205     .      .      .      .      .      .      366     340
2      86     0      169     .      .      .      .      .      .      358     306
3      205    169     0      .      .      .      .      .      .      587     537
.      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .
.      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .
.      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .      .
23     366    358     587     .      .      .      .      .      .      .      .
24     340    306     537     .      .      .      .      .      .      175     0
Variable z;
binary variable x(j);
equations amac, kisit ;
amac.. z =e= sum (j,x(j));
kisit(i).. Sum(j$(t(i,j)<=250), x(j))=G=1;
model kumekapsama/all/;
solve kumekapsama using MIP minimizing z;
display x.l;
```

6. Tartışma

Özellikle UNECE¹⁴ istatistik verilerine göre Türkiye’de 2005-2015 yılları arasında yol koşullarından dolayı meydana gelen kazalarda sürekli bir artış yaşandığı görülmektedir (Şekil 4) [24]. Bu sorunun çözümlenmesi için ulaşım ve çevresel konularda daha dikkatli karar vermek gerekmektedir. Bunun yanı sıra sürdürülebilir ulaşım konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Bisikletin sürdürülebilir ulaşımı destekleyici olduğu

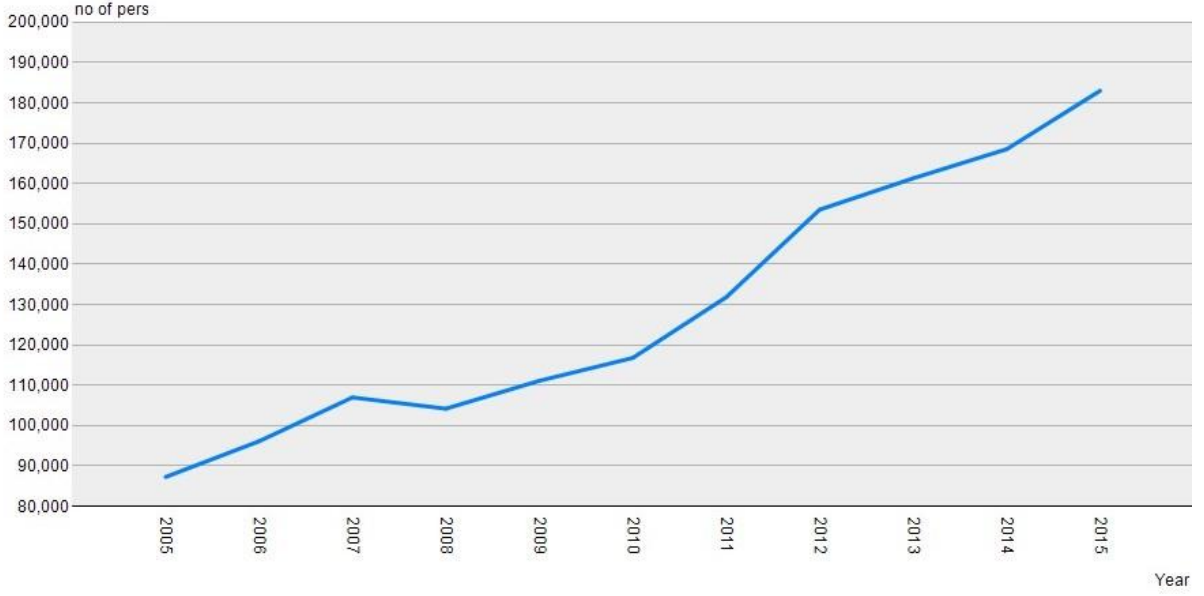
kanısına varılıp çoğu şehirde akıllı bisiklet sistemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Özetle, hem yapılandırma hem de sürdürülebilir ulaşım destek olunması açısından karar vericilerin önemi büyüktür.

¹⁴ United Nations Economic Commission for Europe: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu

Şekil 4. Türkiye’de yol koşulları sebebiyle meydana gelen kaza sayısının yıllara göre değişimi

Kaynak: UNECE Statistical Database¹⁵. Erişim adresi: <https://w3.unece.org/PXWeb/en>

Road Traffic Accidents by Variable, Road Condition, Country and Year



Tablo 4. Gams program çıktısı

	LOWER LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	.	1.000 1.000
2	.	.	1.000 1.000
3	.	.	1.000 1.000
4	.	1.000	1.000 1.000
5	.	.	1.000 1.000
6	.	.	1.000 1.000
7	.	.	1.000 1.000
8	.	.	1.000 1.000
9	.	.	1.000 1.000
10	.	.	1.000 1.000
11	.	.	1.000 1.000
12	.	.	1.000 1.000
13	.	1.000	1.000 1.000
14	.	.	1.000 1.000
15	.	.	1.000 1.000

¹⁵ Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu İstatistiksel Veritabanı

```
16 . . 1.000 1.000
17 . . 1.000 1.000
18 . . 1.000 1.000
19 . 1.000 1.000 1.000
20 . . 1.000 1.000
21 . . 1.000 1.000
22 . . 1.000 1.000
23 . . 1.000 1.000
24 . . 1.000 1.000
```

```
**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT
```

```
0 INFEASIBLE
```

```
0 UNBOUNDED
```

```
GAMS 25.0.3 r65947 Released Mar 21, 2018 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows 04/02/19
13:53:16 Page 6
```

```
General Algebraic Modeling System
```

```
Execution
```

```
---- 42 VARIABLE x.L
```

```
4 1.000, 13 1.000, 19 1.000
```

Gebze Teknik Üniversitesi kampüsünde 822 adet bisiklet bulunmaktadır. Kampüs içerisinde konumları düzensiz olmakla birlikte belirli bir durak alanı yoktur. Bu bisikletlerin üniversite içerisinde kullanılması durumunda günlük ve aylık kullanıcı kaydı oluşturulmaktadır. Kullanılan sistem basit olmasının yanı sıra detay vermemektedir. Araştırıldığında bisiklet kullanıcılarından bazılarının kayıt oluşturduktan sonra bisikletleri geri teslim etmediği görülmüştür. Bu kişiler için herhangi bir yaptırım uygulanmamaktadır. Buna ek olarak arızalanan bisikletlerin sayısı ve ne durumda olduğu bilinmemektedir.

Genel olarak bakıldığında planlama eksikliği olduğu açıktır. Finansal durumun elverişli olması ya da daha fazla istasyon yapılması istendiği takdirde Gams programında amaç ve kısıt fonksiyonları değiştirilerek yeniden optimizasyon yapılabilir.

Sürdürülebilir ulaşımın destek olma konusunda sadece bisiklet alanları için değil aynı zamanda diğer ulaşım türleri için de bu optimizasyon kullanılarak etkili kararlar alınabilir.

7. Öneriler ve çalışmanın sınırları

Üniversitede bisiklet paylaşım sistemi kurulması ve bu sistemin yazılım programıyla entegre olması önerilebilir. Bu sistem ile bisiklet sayısının kolayca tespit edilmesinin yanı sıra kayıp ya da arızalı bisikletlerin bulunması da kolaylaşacaktır. Etkili bir planlama yapabilmek için sistem oluşturulduktan sonra akıllı telefonlardan ya da web sitesinden kaç tane bisikletin kullanmaya elverişli olduğu yazılım programları kullanılarak görülecektir. Böylece gereksiz beklemenin ve zaman kaybının önüne geçilecektir.

Önerilen sistemin ilk aşamasında, bölümlerdeki kullanıcı sayısını tespit etmek için her bölümün önüne bir buton

konularak ve yazılım desteği sağlanarak kullanıcıların talep etmesi durumunda butona basmaları istenecektir. Böylece hangi saat aralığında kaçar tane bisiklet talebi olduğu yazılım sistemi yoluyla kolayca saptanacaktır. Bu bilgiyle birlikte bölümler için bisiklet ve durak sayısı kolayca öngörülecektir. İkinci aşamada, üye kartı ya da üniversite kartı ile bisikletlerin kiralanması sağlanacaktır. Gams optimizasyon programı yoluyla tespit edilen bölgelere ana durakların kurulması ve bu alanlarda bisiklet kiralamak için para yükleme işleminin yapılması sağlanıp, son aşama olarak kötü hava koşullarından dolayı ya da başka bir sebeple arızalanan bisikletler için

kampüsteki bölüm önlerinde bulunan duraklarda ayrı bir kısım ayrılarak görevlendirilen kişinin belirli aralıklarla kontrol etmesi ve arızanın giderilmesi için bilgi vermesi sağlanacaktır.

Kampüs büyük bir alana sahiptir ve gün içerisinde diğer bölümlere gitme ihtiyacı oluşmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım katkı sağlayan ve çevre dostu olan bisikletler bu ihtiyaç için idealdir. Bu sebeple öngörülen bisiklet paylaşım sistemi yazılım ve teknoloji ile entegre hale getirildiği takdirde kullanıcılar için kullanım kolaylığı sağlayacaktır. Fakat kampüs içerisinde akıllı bisiklet sisteminin kurulabilmesi için yeterli bütçe yoktur.

Tablo 3. $t(i,j)$: düğüm noktalarının birbirine olan uzaklıkları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	86	205	192	195	254	352	158	279	276	208	302	344	700	643	731	652	797	715	752	492	369	366	340
2	86	0	169	157	152	214	319	111	143	134	55	155	166	540	534	583	512	660	566	601	370	364	358	306
3	205	169	0	11	73	157	279	242	232	227	246	268	115	641	595	680	604	750	679	719	484	560	587	537
4	192	157	11	0	95	131	237	207	203	153	236	203	76	588	559	642	566	708	626	662	467	553	571	526
5	195	152	73	95	0	240	358	314	313	308	232	332	626	710	678	764	684	831	745	782	527	553	577	526
6	254	214	157	131	240	0	111	94	150	216	282	262	355	436	408	491	416	562	366	514	535	612	638	584
7	352	319	279	237	358	111	0	43	240	293	376	334	216	294	302	384	281	416	460	595	626	726	734	683
8	158	111	242	207	314	94	43	0	38	96	173	150	46	363	332	418	337	485	265	409	430	509	523	476
9	279	143	232	203	313	25	40	38	0	58	133	103	102	392	356	444	366	509	431	465	373	455	470	83
10	276	134	227	153	308	216	293	96	58	0	54	39	261	360	333	418	344	486	392	433	323	404	427	356
11	208	55	246	236	232	282	376	173	133	54	0	27	327	407	363	453	374	521	414	461	204	277	313	243
12	302	155	268	203	332	262	334	150	103	39	27	0	266	290	258	342	265	411	423	465	256	363	365	313
13	344	166	115	76	626	355	216	46	102	261	327	266	0	24	59	113	198	152	380	521	560	654	663	620
14	700	540	641	588	710	436	294	363	392	360	407	290	24	0	39	87	173	87	358	497	517	618	631	588
15	643	534	595	559	678	408	302	332	356	333	363	258	59	39	0	89	72	137	250	447	423	508	526	487
16	731	583	680	642	764	491	384	418	444	418	453	342	113	87	89	0	47	81	220	376	390	482	499	475
17	652	512	604	566	684	416	281	337	366	344	374	265	198	173	72	47	0	181	158	300	316	416	426	436
18	797	660	750	708	831	562	416	485	509	486	521	411	152	87	137	81	181	0	309	447	476	577	592	541
19	715	566	679	626	745	366	460	265	431	392	414	423	380	358	250	220	158	309	0	100	212	215	242	218
20	752	601	719	662	782	514	595	409	465	433	461	465	521	497	447	376	300	447	100	0	245	227	303	535
21	492	370	484	467	527	535	626	430	373	323	204	256	560	517	423	390	316	476	212	245	0	29	63	271
22	369	364	560	553	553	612	726	509	455	404	277	363	654	618	508	482	416	577	215	227	29	0	38	280
23	366	358	587	571	577	638	734	523	470	427	313	365	663	631	526	499	426	592	242	303	63	38	0	175
24	340	306	537	526	526	584	683	476	83	356	243	313	620	588	487	475	436	541	218	535	271	280	175	0

Kaynaklar

Frank, L. D.; Sallis, J. F.; Conway, T. L.; Chapman, J. E.; et al. Many pathways from land use to health. *American Planning Association. Journal of the American Planning Association*, 2006, 72(1), 75-87.

Moer, R. C.; P.E. Rolling into the future: Emerging resources and new initiatives for bicycle transportation. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 2008, 78(5), 20-23.

Parker, H.; Fields, D.; A.I.C.P. Campus controls. *Planning*, 2012, 78(2), 7-11.

Velazquez, L.; Munguia, N. E.; Will, M.; Zavala, A. G.; et al. Sustainable transportation strategies for decoupling road vehicle transport and carbon dioxide emissions. *Management of Environmental Quality*, 2015, 26(3), 373-388.

Khafian, N. The efforts of handling transportation problems in DKI Jakarta through sustainable transportation policy. *Bisnis & Birokrasi*, 2013, 20(3), 179-185.

Schoner, J. E.; Levinson, D. M. The missing link: Bicycle infrastructure networks and ridership in 74 US cities. *Transportation*, 2014, 41(6), 1187-1204.

De Waai, L. How the bicycle can enhance sustainable transport. *Civil Engineering : Magazine of the South African Institution of Civil Engineering*, 2009, 17(8), 26-29.

Mateo-Babiano I.; Bean R.; Corcoran J.; Pojani D. How does our natural and built environment affect the use of bicycle sharing? *Transportation Research Part A*, 2016, 94, 295-307.

Kahn, R.; P.E. Bicycle sharing in the U.S.A.: state of the art. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 2012, 82(9), 32-36.

Midgley P. BICYCLE-SHARING SCHEMES: ENHANCING SUSTAINABLE MOBILITY IN URBAN AREAS. UNITED NATIONS

DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. *Commission on Sustainable Development Nine tenth Session New York*, 2011, 2-13.

Faghih-Imani, A.; Eluru, N.; El-Geneidy, A. M.; et al. How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 41, 2014, 306-314.

Bullock, C.; Brereton, F.; Bailey, S. The economic contribution of public bike-share to the sustainability and efficient functioning of cities. *Sustainable Cities and Society*, 2017, 28, 76-87.

Singhal, N.; Gupta, H. Environment sustainability drivers in Indian business schools. *IPE Journal of Management*, 2016, 6(1), 34-45.

Ekens, P.; Simon S.; Deutsch L.; et al. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44, 2003, 165-185.

Mani, V.; Agrawal, R.; Sharma, V. Social sustainability in the supply chain: Analysis of enablers. *Management Research Review*, 2015, 38(9), 1016-1042.

Sharma, S.; Ruud, A. On the path to sustainability: Integrating social dimensions into the research and practice of environmental management. *Business Strategy and the Environment*, 2003, 12(4), 205.

Boström, M. A missing pillar? Challenges in theorizing and practicing social sustainability: Introduction to the special issue. *Sustainability : Science, Practice, & Policy*, 2012, 8(1).

doi:<http://dx.doi.org/10.1080/15487733.2012.11908080>

Gqaji, A. Can the bicycle become a sustainable transport mode in South Africa? *Civil Engineering : Magazine of the South African Institution of Civil Engineering*, 2010, 18(7), 35-38.

Pion, M.; Cline, A. R. Promoting equality through bicycling education in the united states. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 2016, 86(1), 42-47.

Hampel, G.; Zsótér, B. BICYCLE TRANSPORTATION - RESULTS OF A SURVEY IN SZEGED, HUNGARY. *Quaestus*, 2016, (8), 195-209.

UNECE Statistical Database. Erişim adresi: <https://w3.unece.org/PXWeb/en>

Soroudi, A, *Power System Optimization Modeling in Gams*, 2017.

Kabak, Ö. EMM3208 Optimizasyon Teknikleri.

https://web.itu.edu.tr/kabak/dersler/EM302/pdf/YAII_h03_gams.pdf

Küçükkoç İ. Optimizasyon Teknikleri

<http://ikucukkoc.baun.edu.tr/lectures/EMM3208/EMM3208W7.pdf>