AKILLI SERVİS ARAÇLARI KONSEPTİNDEKİ TÜREL DEĞİŞİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Banihan GÜNAY[1], Kadir AKGÖL[2], Metin Mutlu AYDIN[3], Serdal TERZİ[4]

ÖZET

Akıllı Servis Araçları (kısaca A-Servis) konsepti, rezervasyon sistemi ile çalışan ve yolcularına geleneksel toplu taşımaya göre daha kısa sürede yolculuk imkânı veren esnek ve dinamik bir toplu taşıma hizmetidir. Bu çalışmada Akdeniz Üniversitesi kampüsüne düzenli olarak seyahat edenler için bir anket çalışması yapılarak katılımcıların bu hizmeti kullanma durumu modellenmiştir. A-Servis hizmetiyle kampüse olan yolculuk sürelerinin ne kadar süreceğinin tespiti amacıyla Antalya şehiriçi yol ağı haritası ve bu yol ağına ait zaman-yolculuk süresi veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanını ve Dijkstra algoritmasını kullanarak güzergah hesaplayan yeni bir yazılım geliştirilmiştir. En kısa yolculuk süresi prensibine göre çalışan bu yazılım ile servis araçlarının kullanacağı optimum güzergahlar ve her bir katılımcı için yolculuk süreleri tespit edilmiştir. Ankete katılan kullanıcılara bu hizmet tanıtılıp, kendileri için belirlenen avantajlar bildirilerek önerilen A-Servis hizmetini tercih edip etmeyeceklerine dair ikinci bir anket çalışması yapılmıştır. Böylece farklı ulaşım türlerinden A-Servis sistemine olan türel değişim (modal shift) miktarı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Dijkstra algoritması, optimum güzergah, türel değişim (modal shift), yol ağı haritası.

ABSTRACT

THE ESTIMATION OF MODAL SHIFT POTENTIAL IN THE CONCEPT OF INTELLIGENT SUBSCRIPTION BUS SERVICES

The concept Intelligent Service Vehicles (briefly A-Service) which works on the basis of a reservation system, aims to provide shorter travel times to its subscribers compared to standard public transport services, offers a dynamic and flexible public transport service. In this study, a questionnaire survey has been conducted among the commuters of Akdeniz University campus and their interest in the service has been modeled. In order to determine travel times to the campus by A-Service, Antalya urban road network map and real time vs. travel time database has been produced. A new software has been developed to calculate optimum routes using this database and Dijkstra algorithm. Optimum routes to be used by the service vehicles and the travel times for each participant are determined by this piece of software which works on the shortest travel time principle. The proposed hypothetical service was introduced to the participants, then the anticipated advantages for each participant are reported back to them by means of a second questionnaire survey to determine whether they would prefer A-Service or not. Thus the amount of modal shift was then determined from various other modes to A-Service.

Keywords: *Dijkstra algorithm, optimum route, modal shift, road network map.*

1.GİRİŞ

Son yıllarda kent içinde yaşanan ulaşım problemlerinin çözümü için, yeni yollar inşa ederek ek talep yaratma kısır döngüsü yerine, talebin denetlenmesi yönünde, "Yolculuk Talep Yönetimi" (Travel Demand Management) kavramı altında çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yolculuk Talep Yönetimi, vatandaşların, mevcut ulaşım altyapısını daha verimli kullanacak ve yolculukların daha dolu ve daha yüksek kapasiteli araçlara yönelmesini sağlayacak az yatırımlı önlemlerle biçimlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Yolculuk talep yönetimiyle toplu taşımayı geliştirerek ve bireysel ulaşımı sınırlandırarak mevcut ulaşım altyapısından daha çok yolcu geçirmek hedeflenmektedir (Özsoy, 2005). Bu hedefler doğrultusunda sabit güzergâhlı ulaşım yerine esnek ulaşım hizmetlerine yönelmek toplu taşıma kullanımını daha verimli hale getirecek önemli konulardandır. Esnek ulaşım hizmetleri sabit güzergahı olmayan, binme/inme nokta ve zamanları, yolcuların talebi üzerine önceden belirlenmiş (4-20) kişilik araçlar kullanarak yapılan toplu taşıma hizmeti olarak tanımlanmıştır (Josselin vd., 2011). Hizmetin amacı, Hatipoğlu vd. (2007)'e göre birim maliyet ile hizmet kalitesinin en iyi dengesini sağlayan bir hizmet verme sistemini uygulamak ve özel araç konforuna yakın bir konforu ekonomik olarak sunabilme imkânı sağlamaktır. Talebe bağlı servis sisteminin ilk düzenli uygulamaları 1970'lerin başında, yaklaşık 100 adet servis sağlayıcı şirketle Amerika'da başlamıştır. Bu servis sistemi başta Amerika ve İngiltere olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde uygulanmakta, uygulama alanı hızla gelişmekte ve yayılmaktadır. Günümüzde sadece Amerika'da, bu ulaşım türünde hizmet veren, yaklaşık 23.000 şirket, 370.000 den fazla araç

[1] Assoc. Prof. Dr., Akdeniz University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Antalya, Turkey, banihangunay@akdeniz.edu.tr
[2] Res. Asst., Akdeniz University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Antalya, Turkey, kadirakgol@akdeniz.edu.tr
[3] Res. Asst., Akdeniz University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Antalya, Turkey, metinmutluaydin@gmail.com
[4] Prof. Dr., Süleyman Demirel University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Isparta, Turkey, serdalterzi@sdu.edu.tr

bulunmaktadır (Hatipoğlu vd., 2007). Nelson vd. (2010) tarafından İsviçre, Fransa ve Almanya'daki esnek ulaşım hizmeti örnekleri şu şekilde belirtilmiştir: İsviçre'de talep duyarlı PubliCar minibüsleri geleneksel toplu taşıma ile bağlantılı, tamamen esnek ve ön rezervasyonlu olarak hizmet vermektedir. PubliCar hizmetleri, İsviçre'de nüfusu 5000-10000 arasında, kırsal alanlarda ve küçük kasabalarda 32 bölgede hizmet vermektedir. Fransa'nın kuzey doğusunda Nord-Pas-de Calais bölgesinde ise TaxiTub'ler talebe bağlı olarak hizmet vermektedir. Ana amacı otobüs hatlarını beslemektir. Anruf Sammel Taxi (AST) ise Almanya'nın bazı bölgelerinde belli esneklik aralığında hizmet vermektedir. Üniversite mensuplarının ve özellikle de öğrencilerin üniversitelerine erişim problemi her zaman akademik ilgi alanı oluşturmuş ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanılarak değişik türel değişim (modal shift) analizleri gerçekleştirilmiştir (Kamruzzaman vd., 2011).

Brake vd. (2007) tarafından sistemin esnekliği "güzergâha gelen talebe göre ve en kısa yol optimizasyonu ile belirlenir" şeklinde özetlenmektedir. Araç tipi yoğunluğa ve talebe göre değişebilir. Ödeme şekli yolcunun isteğine göre farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. Operatör seçimi talebe göre değişebilir. Hizmetten faydalanmak için internetten ya da telefonla rezervasyon yapılabilmektedir. Hatipoğlu vd. (2007) sistemin vatandaşlara faydalarını özel aracı olmayanlar (ekonomik durumu özel araç almaya müsait olmayanlar), özel araç kullanamayanlar (araç kullanamayacak kadar küçük ya da yaşlı olanlar, özürlüler) ya da kullanmak istemeyenler (park yeri problemi, trafik sıkışıklığı, yakıt ücreti vb. nedenlerle) için konforlu bir ulaşım seçeneğidir şeklinde özetlemektedir. Vedagiri ve Arasan (2009)'a göre ulaştırma sektöründe farklı yolculuk hizmetlerinin oluşturulması, yolcuların ulaşım türünü seçmesinde alternatif seçenekler yaratabilir. Seyahat eden yolcular için maliyet, kapasite, zaman, esneklik ve güvenilirlik gibi faktörler farklı hizmetlerin karşılaştırılmasında önem kazanırlar. Bu faktörler dikkate alınarak yolcuların taleplerinin geleneksel toplu taşımadan esnek ulaşım hizmetlerine kaydırılması sağlanabilir.

Geleneksel toplu taşımadaki gibi yolcuların duraklara gitmesi yerine kapıdan kapıya ulaşım seçeneği, onları daha çok cezbedecektir. Duraklarda belirsiz bir süre boyunca beklemektense çağrı göndermek gibi basit bir yöntemle aracın ne zaman geleceği, istenilen yere varış zamanı, ücretlendirme bilgileri gibi bilgiler kullanıcılara büyük kolaylık sağlayacaktır. Sadece çağrı göndererek rezervasyon yapıp, özel araç konforunda ve toplu taşımaya yakın bir maliyetle bir ulaşım hizmeti sağlamak vatandaşlara özel araçları yerine toplu taşımayı tercih etmelerinde güçlü bir alternatif yaratacaktır. Gelen taleplere göre oluşturulacak güzergâhlarla minimum sürede ulaşım sağlanarak, yolcular gereksiz yere uzun mesafeler katetmekten kurtulmuş olacaktır. Sadece özel araç kullanıcıları için değil, geleneksel toplu taşıma kullanıcıları için de daha konforlu bir alternatif oluşturulabilecektir. Vatandaşları özel araçlarından indirip toplu taşımayı tercih etmelerini sağlayarak, yani ulaşım hizmetinde bir tür değişimi yakalayarak, mevcut trafik sorunlarına bir derece çözüm sağlanmış olacaktır. Özellikle araçlarını işten eve gelip gitmek amaçlı kullanan vatandaşlar için iyi bir alternatif sağlanabilecektir. Ayrıca anlık trafik durumundan haberdar olmadan trafiğe özel araçlarla çıkmaktansa anlık trafik bilgisine göre güzergâhını belirleyen araçlarla trafiğe çıkmak, vatandaşlara büyük kolaylık sağlayacaktır. Bütün bunlar talebe bağlı, esnek ulaşım hizmetinin gerekliliğini göstermektedir.

A-Servis hizmeti rezervasyonla çalışması tasarlanan bir hizmettir. Bu çalışma kapsamında bu hizmetin sadece modellemesi yapılmıştır. A-Servis hizmetinin modellenmesinde, literatürde Kârlı Gezgin Satıcı Problemi olarak geçen yöntem kullanılmıştır. Kârlı Gezgin Satıcı Problemleri, bütün düğüm noktalarının ziyaret edilme zorunluluğunun bulunmadığı, Gezgin Satıcı Problemlerinin genelleştirilmiş halidir. Her noktaya ait bir kâr değeri vardır. Hedeflenen amaç fonksiyonu, toplam kâr ile yapılan yol masraflarının eşzamanlı optimizasyonudur. Bu iki optimizasyon kriteri ya amaç fonksiyonunda bulunur, ya da kısıt olarak yazılır (Aras vd., 2007). Bu çalışmada ise amaç fonksiyonu, kâr (maksimum talep) ile yolculuk süresi arasındaki optimizasyondur. Yolculuk süresinin minimum olabilmesinde, güzergah seçiminin önemi büyüktür. Araçların güzergahlarının belirlenmesi, bir graf içerisinde kaynak düğümden diğer düğümlere ulaşan en kısa yolun bulunması problemidir. Dijkstra algoritması, graf teorisindeki bu probleminin çözümüdür. Dijkstra algoritması (Taha, 2007), bir başlangıç düğümünden yola çıkarak buna en yakın düğümü ele alır. Ele alınan düğüme en kısa yollarla, bu düğümden erişilebilir. Düğümlerin uzaklıklarını birlikte değerlendirmeyi, bir anlamda baştan sona doğru şartlı en iyileri bulmayı amaçlar. Dijkstra algoritmasının en önemli özelliği, başlangıç düğümünden hedef düğüme olan en kısa yolun yanı sıra geri kalan tüm düğümlere olan en kısa yolların da kolaylıkla bulunabilmesidir. Bu nedenle tek kaynaklı en kısa yollar algoritması olarak da adlandırılmaktadır. En kısa yol problemleri için Dijkstra algoritması uygulanırsa, her bir noktanın başlangıç noktası olarak alınıp çözüm yapılması gerekir (Emel vd., 2004). Algoritma bir etiketleme prosedürü kullanır. Etiketleme şu şekilde yapılmaktadır:

1. düğümden düğüme en kısa uzaklık,
bağlantısının uzunluğu olmak üzere;
düğümü için etiket: (1)
=

Düğüm etiketleri geçici ve kalıcı olarak işaretlenirler. Geçici etiket, aynı düğüme daha kısa bir yol bulunursa başka bir etiketle değiştirilir. Daha iyi bir yol bulunamayacaksa etiket kalıcı olarak işaretlenir.

2.YÖNTEM ve METOD

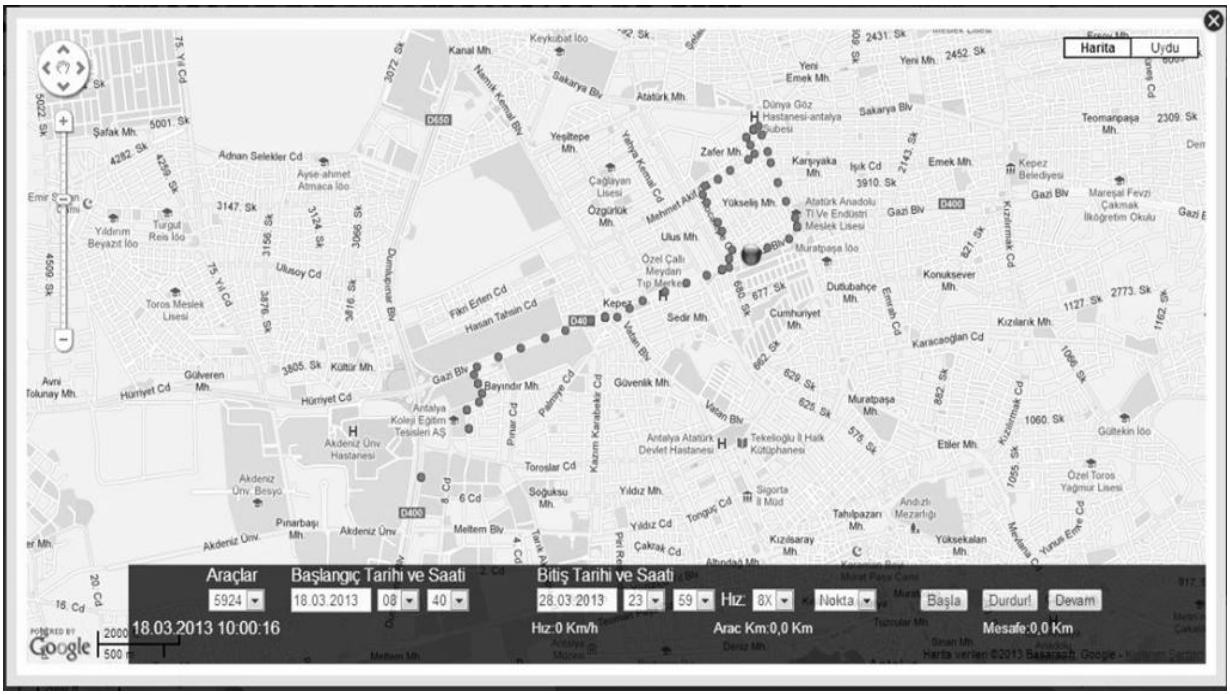
Çalışma kapsamında şehiriçi ulaşım sıkıntısının giderilmesine katkı sağlayacağı düşünülen Akıllı Servis Araçları konsepti oluşturularak bu hizmetin ulaşım sistemindeki türel değişim üzerine olan yararlı etkileri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ilk olarak Akdeniz Üniversitesi Kampüsünde Anket-I çalışması yapılarak, kampüse sürekli gelip giden yolcuların mevcut yolculuk karakteristikleri belirlenmiş ve her bağ (link) için günlere ve gün içindeki zamana göre değişen yolculuk süreleri tespit edilmiştir. Sonraki adımda ise A-Servis hizmeti modellenerek, elde edilen bilgilere göre anket çalışmasına katılan kişilere bu hizmet e-posta adresleri üzerinden tanıtılmış ve her katılımcıya bu hizmeti tercih etmesi durumundaki yeni ulaşım karakteristiği iletilmiştir. Katılımcıların bu hizmeti tercih edip etmeyeceği sorularak ulaşım türünde meydana gelebilecek türel değişiklikler (modal shift) nedenleriyle birlikte tahmin edilmeye çalışılmıştır.

2.1.A-Servis Hizmetinin Muhtemel Kullanıcılarına Ait Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada pilot bölge Akdeniz Üniversitesi kampüsü olduğu için, bu sistemin muhtemel kullanıcıları öğrenciler, akademik ve diğer çalışan personeldir. Kullanıcılar belirlendikten sonra bu kullanıcıların ulaşımla ilgili ihtiyaçlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Anket-I çalışması ile kampüse düzenli olarak ulaşım sağlayan 789 katılımcının kişisel bilgileri (meslek, yaş, cinsiyet, sağlık durumu vb.), kampüse nereden geldikleri ve kampüsten nereye gitmek istedikleri (tam adres), konfora verdikleri önem, kendi araçlarının olup olmadığı, hangi gün ve saatlerde gelip gittikleri, mevcut toplu taşımayı kullananların toplam bekleme ve yolculuk süreleri, e-posta adresleri gibi sorular içeren anket çalışması yapılarak katılımcılara ait bilgiler elde edilmiştir. Katılımcıların meslek dağılımı %31 akademik personel, %18 diğer personel ve %51 öğrenci şeklinde belirlenmiştir.

2.2.Yol Ağı Haritası ve Zaman-Yolculuk Süresi Veri Tabanının Oluşturulması

Antalya'nın şehiriçi yol ağının gün içindeki farklı zaman aralıklarını ve linklerini kapsayan yolculuk süresi veri tabanının oluşturulması ve zaman-hız haritasının çıkarılması amacıyla 10 adet küresel konum belirleme (GPS) cihazı dört ay boyunca belli bir sistem dâhilinde (rotasyon şeklinde) farklı araçlara yerleştirilmiş ve bu GPS cihazları bilgisayar üzerinden takip edilerek, her link başlangıç ve bitiş noktalarına numara verilmiş haritadan yararlanılarak, araçların linkleri ne kadar sürede geçtiği izlenmiştir (Şekil 1). Böylece trafik içerisinde hareket eden bir aracın, belirlenen iki nokta arasındaki mesafeyi ne kadar sürede aldığı belirlenmiştir. Bu yöntemle kampüse ulaşımı sağlayabilecek her linkin, hangi anda ne kadar sürede kat edileceği bilgisine ulaşılmıştır.



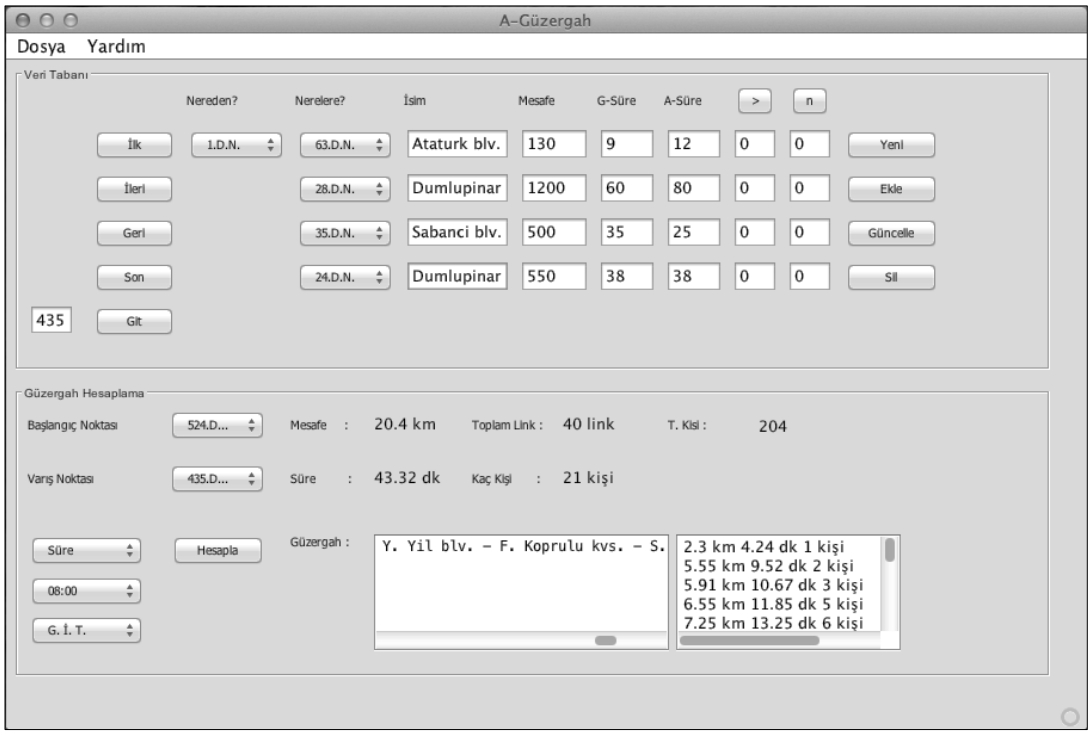
Şekil 1. Şehiriçi yol ağına ait hız verilerinin GPS cihazları yardımıyla elde edilmesi.

En kısa sürede ulaşımı sağlayacak güzergâhların tespit edilebilmesi için, güzergâh oluşturabilecek her linkin ne kadar sürede kat edileceği belirlenmiştir. Bu süre gün içindeki farklı trafik yoğunluklarına göre değişkenlik göstermiştir. Dolayısıyla her linkteki yolculuk sürelerinin, gün içinde gösterdiği değişiklikler de belirlenmiştir. Son olarak eldeki verilerin her bir saat dilimi için ayrı ayrı ortalamaları alınıp Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programına girilerek Antalya şehir içi yol ağına ait zaman boyutlu hız haritası ve yolculuk süresi veri tabanı oluşturulmuştur. Buradaki amaç,

Antalya şehiriçi yol ağının saatlere göre değişen trafik tıkanıklığını belirleyerek, çıkarılan haritalara bakarak ya da oluşturulan veri tabanı kullanılarak, trafiğin tıkanık olduğu bağlantıları kullanmaktansa, tıkanıklığın az olduğu yollardan yolculuk ederek gidilmek istenen yere daha kısa sürede ulaşımın sağlanmasıdır.

2.3.A-Servis Hizmetinin Modellenmesi

A-Servis hizmetine ait model, servisi kullanacak kişileri minimum sürede ve mümkün olduğunca çok kişiyi aynı araçla yani minimum maliyetle taşıyacak optimizasyonu yapacaktır. Süre bu modeldeki en önemli parametredir. Yani gerekirse araç sayısı arttırılarak, yolculuk süresinin belirli aralığın dışına çıkması engellenecektir. Rezervasyon ve ödeme altyapıları oluşturulmayacağı için modelde bununla ilgili detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Modeldeki diğer önemli bir adım güzergâhın belirlenmesidir. Burada en kısa yol algoritmalarından olan Dijkstra algoritması, diğer algoritmalara göre daha hızlı olduğu için bu çalışmada kullanılması tercih edilmiştir. Dijkstra algoritması, üzerindeki bir düğüm noktasından diğer tüm noktalara olan en kısa yolu hesaplamaktadır. Model için oluşturulacak Java™ dilinde yazılan program sadece istenilen noktalar arasındaki en kısa güzergahı hesaplayacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Java™ ile oluşturulan program arayüzü.

Şekil 2'de görüldüğü gibi program iki panelden oluşmaktadır. İlk panel Antalya şehiriçi yol ağını temsil edecek bir grafın oluşturulacağı "Veri Tabanı" panelidir. Zaman-Yolculuk süresi veri tabanın oluşturulmasında kullanılan harita ve düğüm noktaları bu panel kullanılarak tek tek MySQL veri tabanına işlenmiştir. Örneğin şekilde görüldüğü gibi "1" numaralı düğüm noktasından "63", "28", "35" ve "24" numaralı düğüm noktalarına olan bağlantılar, bu bağlantı yollarının isimleri, mesafeleri (metre) ve yolculuk süreleri (saniye) girilmiştir. Burada görülen "G-Süre" verileri Google Maps uygulamasının verdiği yolculuk süresi verileridir. "A-Süre" sütunu ise modelin oluşturduğu Zaman-Yolculuk Süresi veri tabanındaki yolculuk süresi verileridir. Burada Google Maps uygulamasının verdiği yolculuk süreleri Zaman-Yolculuk Süresi veri tabanındaki eksikleri gidermek adına oluşturulmuştur. ">" işaretinin ve "n" harfinin bulunduğu sütunlar ise bu hizmeti kullanacak kişilerin bulunduğu bağlantılardır. Bu sütunlardan ilki o bağlantı üzerinde bulunan kişi sayısını temsil etmektedir. İkinci sütun ise bu sütunun kopyalanmasıyla oluşturulup, hesaplamalar sonucu güncellemenin de yapıldığı yolculuk süresinin direncini düşüren verinin bulunduğu sütundur. Program bir araç için güzergâhı hesaplarken, bir bağlantıdan geçip o bağlantıdaki kişiyi aldığı takdirde, o satırdaki kişi sayısını güncellemektedir. Böylece bir sonraki araç için güzergâh hesaplanacağı zaman o bağlantıdan tekrar geçmesi için istek oluşmamaktadır. Bu şekilde iki farklı sütun oluşturulmasının sebebi güncellemeler sırasında değişen verilerin orjinallerinin kaybedilmemesini sağlamaktır. "n" butonu ise o zaman diliminde taşınacak toplam kişi sayısını belirlemek için oluşturulmuştur. Bu panel sayesinde Antalya yol ağını temsil eden 535 düğüm noktasına sahip bir graf oluşturulmuştur. Bu panelden yeni düğüm noktaları kolayca eklenebilmekte, silinebilmekte ya da veriler güncellenebilmektedir. İstenilen düğüm noktasına kolayca ulaşabilmek için en soldaki bölüm oluşturulmuştur. İkinci panel ise güzergâhın hesaplanmasını sağlayan ve sonuçları gösteren "Güzergâh Hesaplama" panelidir. Burada istenilen iki nokta belirlenerek mesafe ya da süreye göre en kısa güzergâh hesaplanmaktadır. Süreye göre hesaplanan güzergâhlarda kişilerin bulunduğu bağlantıların (linklerin) tercih edilmesi adına bu bağlantıdaki yolculuk süresi verilerinin direnci azaltılarak güzergâh hesaplanmaktadır. Program sonuç olarak bir araç için oluşturulan güzergâhın

mesafesini, yolculuk süresini, kaç yolcu aldığını, toplam kaç linkten geçtiğini, güzergâh oluşturulan bağlantıların sıralı olarak isimlerini ve alınan kişilerin hangi kilometrelerden alındığını vermektedir. Böylece kimin hangi kilometrede ve hangi zamanda bineceği ayrıca bu kişilere ait yolculuk süresi verileri elde edilebilmektedir.

Güzergâhın hesaplanması için aracın bulunduğu konumdan ya da başlangıç noktasından varış noktasına Dijkstra Algoritmasıyla en kısa güzergâh hesaplanır. Bu güzergâhın hesaplanmasında linklere ait yolculuk süresi verileri kullanılır. Bu süreler veri tabanından okunurken linkteki mevcut ve tahmini isteklere göre yolculuk süresi azaltılarak yapılır. Daha iyi anlaşılması için aşağıdaki örneği inceleyecek olursak;

Çizelge 1. Link yolculuk süresi veri tabanı örneği

Link	Yolculuk Süresi	İstek	Tahmini istek
1	A_1	B_1	C_1
2	A_2	B_2	C_2

X: İstek için oluşturulan direnç katsayısı
Y: Tahmini istek için oluşturulan direnç katsayısı
A_i: i linkine ait yolculuk süresi
B_i: i linkinde bulunan istek sayısı
C_i: i linkinde bulunan tahmini istek sayısı
$Y > X, \quad 0 < X$ ve $Y < 1$

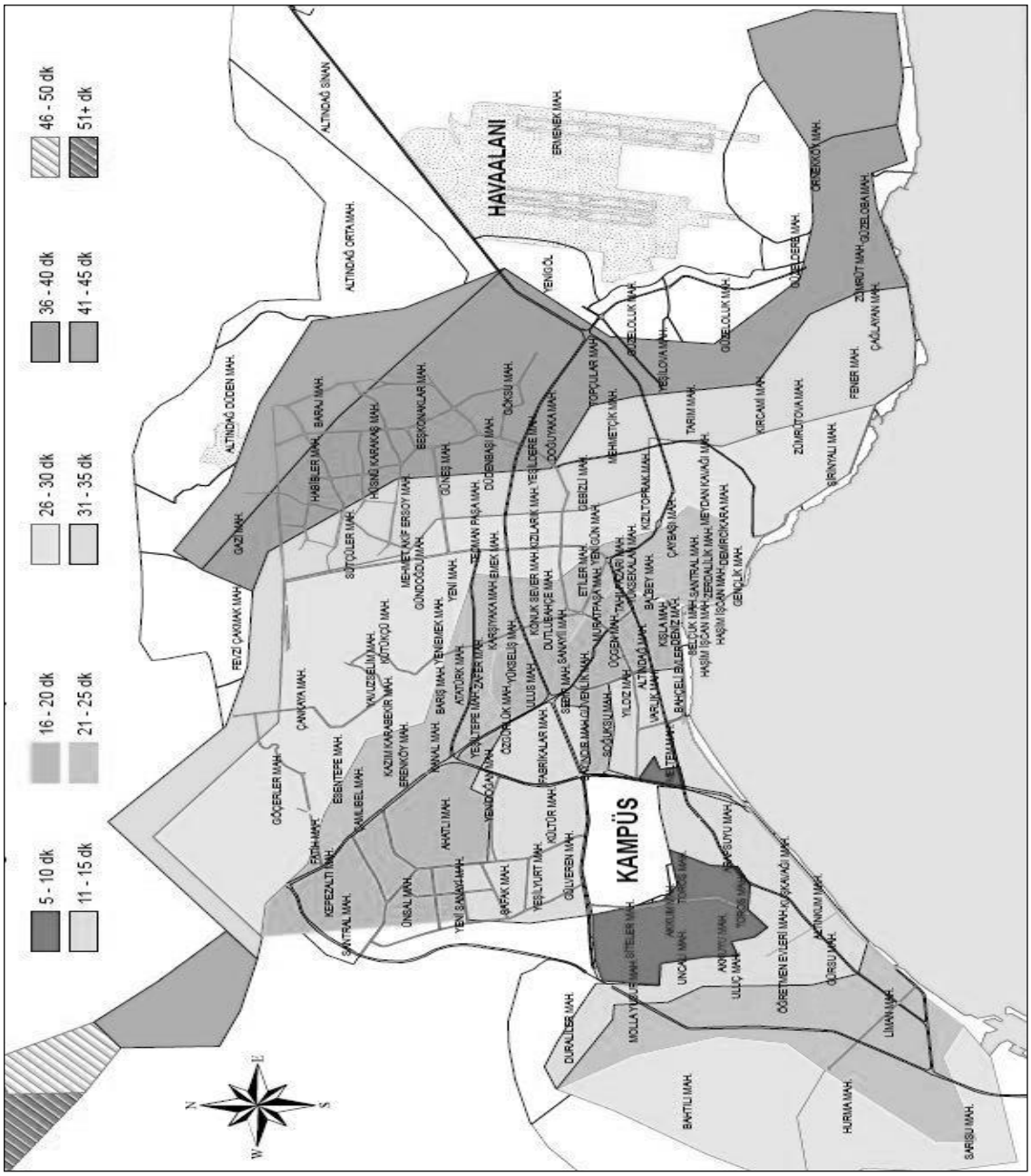
Bu durumda Dijkstra algoritmasıyla en kısa güzergahın belirlenebilmesi için veri tabanından elde edilen yolculuk süresi verileri şu şekilde hesaplanmaktadır:

Eğer istek varsa; (B_1 0)
1. Linke ait Yolculuk Süresi = $A_1 / (B_1+X)$

Eğer istek yoksa; (B_2 0)
2. Linke ait Yolculuk Süresi = $A_2 / (C_2+Y)$

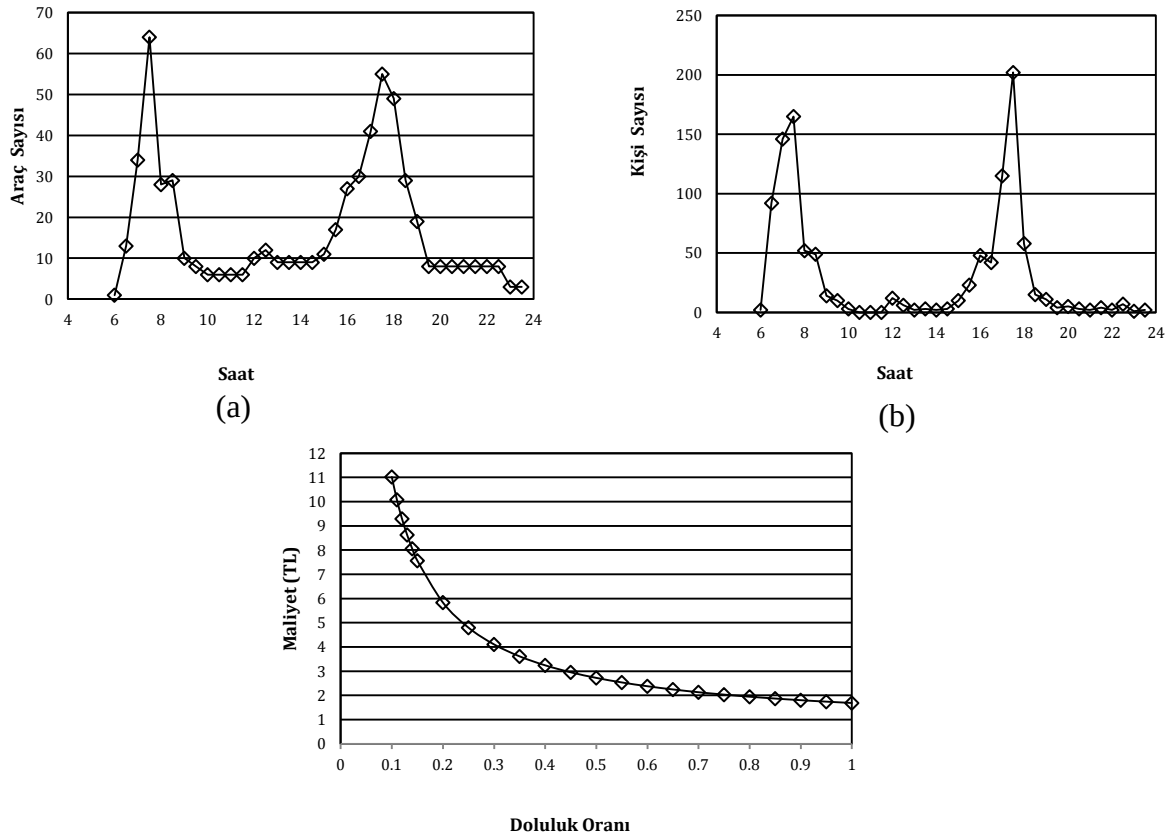
Böylece istek ya da tahmini istek sayısına göre o linke ait yolculuk süresinde azalma, herhangi bir istek bulunmayan linklerde ise süre artışı meydana gelmektedir. Rezervasyon ve ödeme sistemi için; istek geldiğinde her kişi için "t" dakika süre tut, bu süre içerisinde gelen istekleri kesin listeye ekle, bu süre bittiğinde gelen istekler onaylanmadıysa isteği yoksay ve kesin listeden çıkar şeklinde bir yöntem oluşturulmuştur.

Oluşturulan A-Servis modelinin uygulanması için rezervasyon sistemi, ödeme sistemi, güzergah hesaplama ve veri transferi yapabilecek profesyonel bir yazılım gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında oluşturulan "A-Güzergah" isimli yazılım ise güzergah hesaplama, yolculuk sürelerinin ve mesafelerinin belirlenmesi, kullanılması gereken araç sayısının tespiti gibi sonuçları verecek yani bu projede kullanılması için tasarlanmış daha basit düzeyde bir programdır (Şekil 2). A-Servis hizmeti, ankete katılan kişilerin bu hizmeti kullanma durumu üzerine tasarlanacağı için programda tahmini rezervasyon sistemi ile ilgili bir veri tabanı oluşturulmamıştır. Güzergâh belirlenirken istek gelen bağlantıların tercih edilip, diğer bağlantıların ise tercih edilmemesi adına, o bağlantının yolculuk süresini belirleyecek $A_i / (B_i+X)$ formülü oluşturulmuştur. Burada "X" ile belirtilen katsayının "1" olması durumunda istek bulunmayan bağlantıların (B_i=0 olması) yolculuk sürelerinde herhangi bir değişiklik olmayacaktır. "1" den büyük bir değer seçilmesi durumunda istek bulunan bağlantıların yolculuk süresi azalırken, istek bulunmayan bağlantılarda yolculuk sürelerinde bir miktar azalma meydana gelecektir. Bu değerin "0" ile "1" arasında seçilmesi durumunda ise istek bulunan bağlantıların yolculuk süreleri azalırken, istek bulunmayan bağlantıların yolculuk süreleri artacaktır. Bir seferde maksimum sayıda yolcu alarak en kısa sürede ulaşımı sağlayacak güzergâhın belirlenmesi için "X" katsayısının "0" a mümkün olduğunca yakın seçilmesi bizim için en ideal durumu verecektir. Bu yüzden "X=0.0001" olarak seçilmiştir. Oluşturulan programda yapılan denemelerde elde edilen sonuçlar da bu durumu desteklemektedir. Program, aracın geçtiği her bağlantı için yolculuk süresine 12 saniye, eğer o bağlantıdan yolcu alıyorsa yolculuk süresine 24 saniye eklemektedir. Buradaki amaç araca binme eylemi sırasında ve trafikte yaşanabilecek süre kayıplarını da sisteme dâhil etmektir. Zaman-yolculuk süresi veritabanı kullanılarak oluşturulan A-servis modeline göre servis araçların kampüse ne kadar sürede (dk) geleceği hesaplanmış ve Şekil 3'de verilen harita oluşturulmuştur.



Şekil 3. A-Servis hizmetinin kullanılması durumunda elde edilecek yolculuk sürelerini (dk) gösteren harita.

A-Güzergâh programı kullanılarak yapılan işlemler sonucunda ankete katılan tüm kişilerin, kampüse geliş ve gidişi için bu servis aracını kullanması durumunda 64 araca ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Bu durumda günlük ortalama 5300 kilometre mesafe katedilmektedir. Ayrıca bu analiz sonucunda her katılımcıya ait yolculuk süresi ve yolculuk kilometresi verileri ayrı ayrı belirlenmiştir. Ankete katılan kişilere göre tasarlanan bu hizmetin sabah saat 06:00'dan gece 00:00'a kadar çalışması uygun görülmüştür. Günün farklı zamanlarında çalışması gereken araç sayısı Şekil 4(a), zaman göre taşınan kişi sayılarındaki değişim Şekil 4(b) ve A-Servis araçlarının kişi başı yolculuk maliyetleri ile servis araçlarının toplam doluluk oranları arasındaki ilişki ise 4(c)'de verilmiştir.



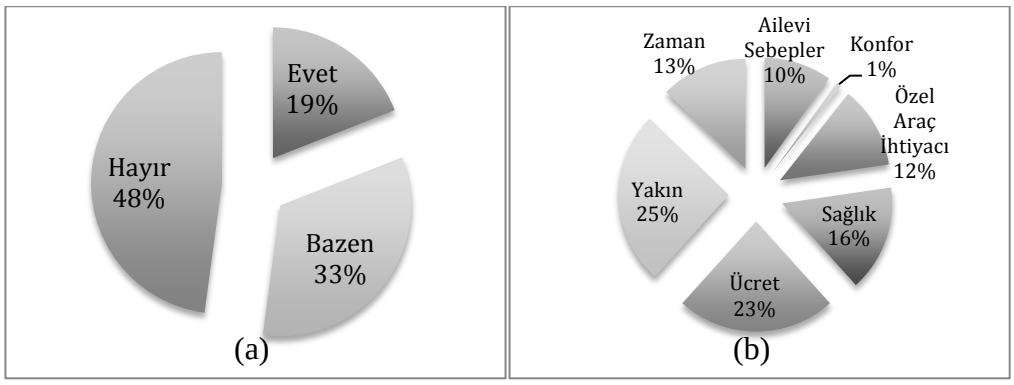
Şekil 4. Gün içinde çalışan araç (a), yolcu sayısı değişimi (b) ve toplam doluluk oranına göre değişen kişi başı ulaşım maliyeti (c).

Kampüse gelip giden akademik personel, diğer personel ve öğrenci sayıları üniversiteden alınan bilgiler sonucunda 2081 akademik personel, 3294 diğer personel ve 37379 öğrenci olarak belirlenmiştir. Bu amaçla modelde servis araçlarını ilk sırada tercih edenlerle, ikinci sırada tercih edenlerin %50'si alınarak muhtemel kullanıcı yüzdeleri belirlenmiştir ve Çizelge 2 görülen muhtemel kullanıcı sayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 2. A-Servis hizmetinin (teorik maksimum) muhtemel kullanıcılarının sayısı

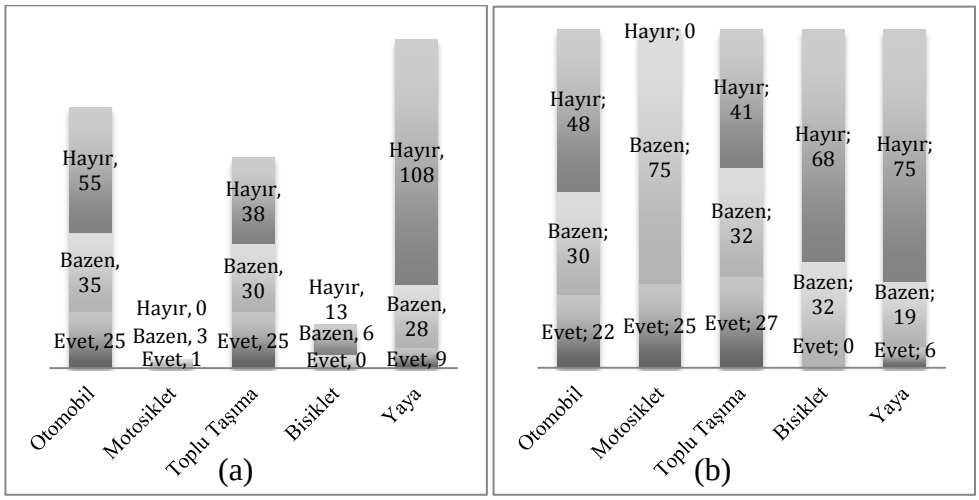
	Kişi Sayısı	**Yüzde (%)**	**Muhtemel Kullanıcı Sayısı**
Akademik Personel	2081	42.68	888
Diğer Personel	3294	66.43	2188
Öğrenci	37379	29.95	11196
		Toplam	**14272**

Yapılan maliyet analizlerinden önerilen A-servis hizmet bedelinin 2.5 TL olması gerektiği belirlenmiş ve bu fiyata göre katılımcıların bu hizmeti kullanma durumlarını detaylarıyla birlikte elde etmek amacıyla Anket-II çalışması yapılmıştır. İlk ankete katılan 789 kişiden 377'si Anket-II'ye geri dönüş yapmıştır. Elde edilen Anket-II sonuçlarına göre önerilen servis hizmetinin genel olarak tercih edilme durumu Şekil 6(a)'da verilmiştir. Hizmetin tercih edilmeme sebepleri ise Şekil 6(b)'de görüldüğü gibidir. Katılımcıların ulaşım türlerine göre hizmeti tercih etme durumları Şekil 7(a)'da, yüzdeleri ise Şekil 7(b)'de verilmiştir.



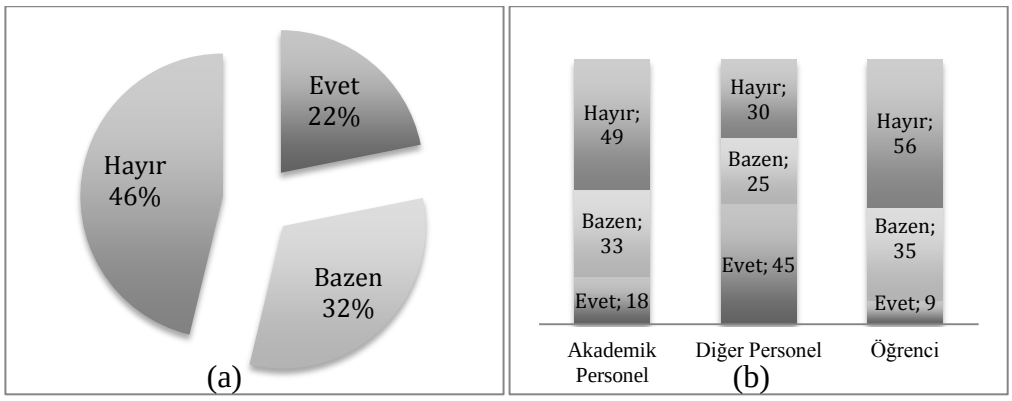
Şekil 6. A-Servis hizmetinin tercih edilme durumu (a) ve tercih edilmeyecekse sebepleri (b).

Şekil 6(a) incelendiğinde önerilen A-Servis hizmetinin Anket-II'yi yanıtlayanların yaklaşık olarak %52'si tarafından kullanılacağı belirlenmiştir. Önerilen hizmeti kullanmayı düşünmeyen katılımcıların kullanmak istememe sebebini incelediğimizde ise birçok farklı faktörün etkili olduğu görülmüştür. Belirlenen sebepler arasında ise en fazla kampüse yakın bir yerde oturma, sağlık ve ücret faktörlerinin etkili olduğu görülmüştür. Yayaların ve bisiklet kullananların daha çok yakın yerlerde oturmaları, otomobil kullananların otomobili sadece kampüse gelip gitmek için kullanmamaları ve toplu taşıma kullananların ise ücretin fazla gelmesinden dolayısıyla bu servis hizmetini tercih etmek istemedikleri belirlenmiştir.



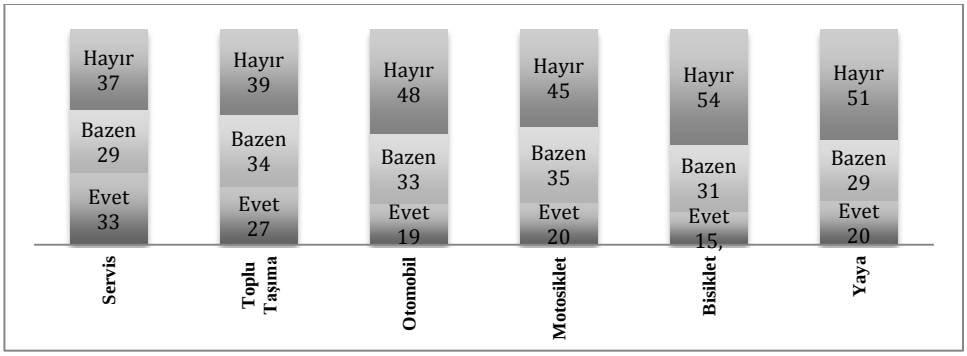
Şekil 7. Ulaşım türlerine göre A-Servis hizmetinin tercih edilme durumu (a) ve yüzdesi (b).

Şekil 7 incelendiğinde A-Servis hizmetinin ulaşım türündeki türel değişime olan etkisi görülmektedir. Motosiklet ve bisiklet kullananların ankete geri dönüş sayısının az olmasından dolayı bu ulaşım türleri üzerinde yorum yapmak çok doğru olmayacaktır. Ulaşım türü olarak otomobil kullanımında %52'lik bir mod kayması olduğu görülmektedir. A-Servis hizmetinin geleneksel toplu taşıma hizmetinden daha konforlu bir hizmet sunması toplu taşımanın kendi içinde %59'lük ve yayalarda ise %26'lık bir ulaşım türü değişimi gerçekleştirmektedir. Otomobil ve motosiklet kullananlar bir arada değerlendirilirse özel araç kullananların oluşturduğu türel değişim %54'e yükselmektedir (Şekil 8a). Akdeniz Üniversitesi kampüsü için tasarlanan A-Servis hizmetinin ulaşım türünde meydana getirdiği türel değişime görev dağılımının etkisini incelersek; akademik personelin %51'i, diğer personelin %70'i, ve öğrencilerin ise %44'ü bu değişime katkı sağlamıştır (Şekil 8b).



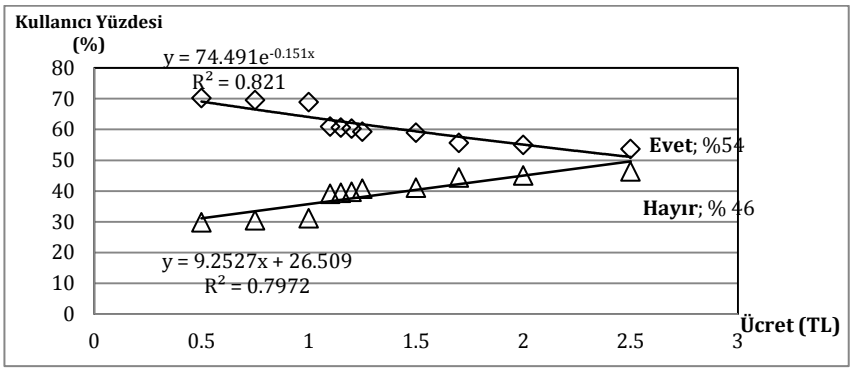
Şekil 8. Otomobil ve motosiklet kullananların A-Servis hizmetini tercih etme oranı (a) ve farklı göreve sahip kişilerin A-Servis hizmetini tercih etme durumları (b).

Anket-I'de "istediğiniz ulaşım türünü seçebilme şansınız olsaydı tercih sıralamanız nasıl olurdu" sorusuna Şekil 9'da görülen ulaşım türlerini birinci ve ikinci sırada tercih eden kişiler, Anket-II'de verdikleri cevaplara göre gruplandırılarak aşağıdaki grafik oluşturulmuştur. Böylece A-Servis hizmetinin diğer ulaşım türlerinden meydana getireceği potansiyel türel değişim miktarı belirlenmiştir.



Şekil 9. A-Servis hizmetinin diğer ulaşım türlerinden oluşturacağı potansiyel türel değişim miktarları (%).

Son olarak katılımcıların kendi önerdiği fiyatlara göre hizmetin tercih edilme durumu yüzde olarak belirlenmiştir (Şekil 10). Grafik oluşturulurken Anket-II'deki veriler, hizmet 2.5 TL olduğunda "Evet" ve "Bazen" cevabını verenlerin "Evet" dediği, "Hayır" cevabını verip kendi önerdiği fiyat olursa hizmeti kullanmayı kabul edenlerin sonradan bu hizmeti kullanmayı kabul ettiği ve sebebi ücret olmayıp da "Hayır" diyenlerin ise kesinlikle bu hizmeti kullanmayacağı şeklinde düzenlenmiştir. Sonuçta bu hizmeti katılımcıların %54'ünün kullanacağı ve bu oranın fiyat düştükçe ne şekilde değişeceği belirlenmiştir. Ayrıca hizmetin fiyatı ne olursa olsun katılımcıların en fazla %70'inin bu hizmeti tercih edeceği belirlenmiştir.



Şekil 10. Ankete katılan kişiler arasında A-Servis hizmetinin farklı bilet fiyatlarına göre tercih edilme durumu.

3.SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Giderek büyüyen trafik sorununa özel araç kullanımını özendiren çalışmalarla çözüm aranması aslında sorunu çözmeyip sadece ileri bir zamana daha büyük bir sorun olarak ötelemektedir. Geleneksel toplu taşıma, insanların özel araçlarından inip toplu taşımayı tercih etmeleri konusunda yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla geleneksel toplu taşımaya

ek olarak özel araç kullananların ulaşım modunu değiştirebilecek yeni bir ulaşım modunun geliştirilmesi, trafik sorununun çözümüne katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda rezervasyon sistemi ile çalışan, minimum yolculuk süresi ile ulaşım sağlama prensibine dayalı esnek bir toplu taşıma hizmeti veren bir servis hizmeti modellenmiş ve bu hizmetin ulaşım modunda meydana getirebileceği kayma tespit edilmeye çalışılmıştır. Önerilen bu A-Servis hizmeti ile Akdeniz Üniversitesi'ne düzenli olarak yolculuk yapan kişilerin kampüse olan ulaşım ihtiyacını, maliyet ile hizmet kalitesi arasında optimizasyon yaparak özel araç konforuna yakın bir konforda ekonomik olarak karşılamak hedeflemiştir. Bu amaçla kampüs içerisinde ve internet yoluyla yapılan anket çalışmaları ile 789 katılımcıya ait mevcut ulaşım türleri, yolculuk süreleri ve yolculuk maliyetleri ile ilgili bilgiler edinilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak ankete katılan herkesin bu hizmeti kullanması durumunda, önerilen bu hizmet için kaç araçla ve şoförle taşıma yapılacağı, oluşacak optimum güzergahlar, bu güzergahlara ait yolculuk süresi ve kilometre bilgileri, bu hizmetin tek yöndeki kullanım bedeli ve yolculuk süresi verileri bu hizmeti kullanan herkes için ayrı olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda hizmet bedelinin tek yönde 2.5 TL olacağı belirlenmiş ve bu ücrete göre katılımcılara önerilen bu servisi kullanıp kullanmayacakları ikinci bir anket çalışması yapılarak sorulmuştur. Bu anketi yanıtlayanların yaklaşık olarak %52'si bu servis hizmetini kullanacağını belirtmiştir. Önerilen hizmeti kullanmayı düşünmeyen katılımcıların (yaklaşık %48) kullanmak istememe sebebini incelediğimizde ise birçok farklı faktörün etkili olduğu görülmüştür. Belirlenen sebepler arasında ise en fazla kampüse yakın bir yerde oturma, sağlık ve ücret faktörleridir. Yayaların ve bisiklet kullananların daha çok yakın yerlerde oturmaları, otomobil kullananların otomobili sadece kampüse gelip gitmek için kullanmamaları ve toplu taşıma kullananların ise ücretin fazla gelmesinden dolayısıyla bu servis hizmetini tercih etmek istemedikleri belirlenmiştir. A-Servis hizmetinin ulaşım türündeki türel değişime olan etkisi incelendiğinde motosiklet ve bisiklet kullananların ankete geri dönüş sayısının az olmasından dolayı bu ulaşım türleri üzerinde yorum yapmak çok doğru olmayacaktır. Ulaşım türü olarak otomobil kullanımında %52'lik bir mod kayması olduğu görülmektedir. A-Servis hizmetinin geleneksel toplu taşıma hizmetinden daha konforlu bir hizmet sunması toplu taşımanın kendi içinde %59'lük ve yayalarda ise %26'lık bir ulaşım türü değişimi gerçekleştirmektedir. Otomobil ve motosiklet kullananlar bir arada değerlendirilirse özel araç kullananların oluşturduğu türel değişim %54'e yükselmektedir. Akdeniz Üniversitesi kampüsü için tasarlanan A-Servis hizmetinin ulaşım türünde meydana getirdiği türel değişime görev dağılımının etkisini incelersek; akademik personelin %51'i, diğer personelin %70'i, ve öğrencilerin ise %44'ü bu değişime katkı sağlamıştır. Sonuç olarak ulaşım modunda önemli derece bir kayma, daha güvenli bir trafik, yakıt ve enerji tasarrufu, egzoz gazından kaynaklanan çevre kirliliğinin ve otopark sorununun azalması gibi yararlar sağlayacak alternatif bir hizmet oluşturulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 112M019 numaralı "Akıllı Servis Araçları konseptinin oluşturulması ve ulaşım sistemindeki türel değişim (modal shift) üzerine olan yararlı etkilerinin tahmini: pilot bir bölge üzerindeki bilgisayar modellemesi" başlıklı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar projeye vermiş olduğu destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunar. Not: Bildiri, halen devam etmekte olan bu projenin mevcut sonuçları üzerine bina edilmiş olup bir yayın olarak değerlendirilmemelidir. Bu bildiri ileride bir makale olarak aynen veya değiştirilmiş haliyle bir dergiye gönderilebilecektir.

KAYNAKLAR

Aras N., Boyaci B., Koşucuoğlu D., Aksen D., (2007), "Karlı Gezgin Satıcı Problemi için Sezgisel Yöntemler", *Ya/Em'07 27.Ulusal Kongresi, İzmir,Türkiye, pp:6.*

Brake J., C. Mulley, J. D. Nelson And S. Wrıght, "Key lessons learned from recent experience with Flexible Transport Services", Transport Policy, Vol.14, pp. 458-466, 2007.

Emel G.G., Ç. Taşkin and E. Dinç, "Yönsüz Çinli Postacı Problemi: Polis Devriye Araçları İçin Bir Uygulama", Sosyal Bilimler Dergisi 2003-2004, pp.121-140, 2004.

Hatipoğlu S., E. A. Öztürk and M. K., "Çubuk Kentsel Ulaşımda Talebe Bağlı Servis Sistemi: Bir Bilgi Sistemi Kurgusu", Teknoloji, Vol.10, No 4, pp.239-248 , 2007.

Josselin D., N. Marilleau and C. Lang, "Modelling Dynamic Demand Responsive Transport using an Agent Based Spatial Representation", Universite D'avignon Institut de recherche pour le developpement, 2011.

Kamruzzaman, Md., Hine, J., Gunay, B., Blair, N. Geo-Visualization of students' travel behaviour, Journal of Transport Geography, 19(1), 13-32, 2011.

Nelson J.D., S. Wright, G. Masson Ambrosino, A. Naniopoulos, "Recent developments in Flexible Transport Services", Research in Transportation Economics, Vol.29, pp.243-248, 2010.

Özsoy M.,(2005) "Ankara'da Minibüs (Dolmuş) Taşımacılığı için Yeni Bir İşletme Modeli: Çayyolu Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Taha, H., (2007). "Operations Research", *Pearson*, New Jersey.

Vedagiri, P. and V.Thamizh Arasan,"Modelling Modal Shift Due to Enhanced Level of Service of Bus", Journal of Transport, Vol. 24, No 2, pp.121-128, 2009.