

# Zaman-mekan Kübünün (Space-time cube) Anlaşılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Merve Keskin<sup>1</sup>, Ahmet Özgür Doğru<sup>1</sup>, Nesibe Necla Uluğtekin<sup>1</sup>, Caner Güney<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

## Özet

*Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte, insan aktivite ve davranışlarının belirlenebilmesi için, birey bazında mekansal bilgiye ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Zamansal nitelik taşıyan mekan bilgisi, dinamik bir yapıya sahip olduğu için dinamik görselleştirme yöntemleri kullanılarak görselleştirilmelidir. Çünkü statik iki boyutlu (2B) gösterimlerle, bazı zaman mekan ilişkileri ve buna bağlı zaman-mekansal analizler mümkün olmamaktadır. Bu anlamda zaman-mekan kübü (space-time cube) özellikle karmaşık zaman-mekansal (spatiotemporal) eğilimleri belirlemede faydalı olduğu düşünülen bir görselleştirme yöntemidir. Ancak kullanıcı algısı ve beklentileri perspektifinden, bu düşünceyi destekleyecek çok fazla deneysel çalışma bulunmamaktadır.*

*Bu çalışmada kapsamında, 2B ve 3B görselleştirme yöntemleri incelenmiş, zaman-mekan kübünün anlaşılabilirliği ve kullanılabilirliği araştırılmıştır. Uygulama aşamasında, daha önceden İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde seçilen bir grubun zaman ve mekana bağlı aktiviteleri izlenmiş ve bu kapsamda toplanan veriler hem zaman-mekan kübü yöntemiyle, hem de iki boyutlu olarak görselleştirilmiştir. 2B ve 3B görselleştirmenin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarının ortaya konması, bilgi iletiminin hangi oranda sağlandığının tespiti ve son kullanıcılar üzerinde algıyı ölçmek amacıyla bir anket uygulaması yapılmıştır. Bu konuda çalışan akademisyenlerden oluşan 10 kişilik gruba uygulanan anketin soruları hem nitel, hem de nicel mekansal analizleri kapsayacak şekilde basitten komplekse değişen kategorilere ayrılmıştır. Son olarak katılımcıların verdikleri cevaplar değerlendirilmiş ve 2B ve 3B temsillerin bilgi çıkarımına etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.*

## Anahtar Sözcükler

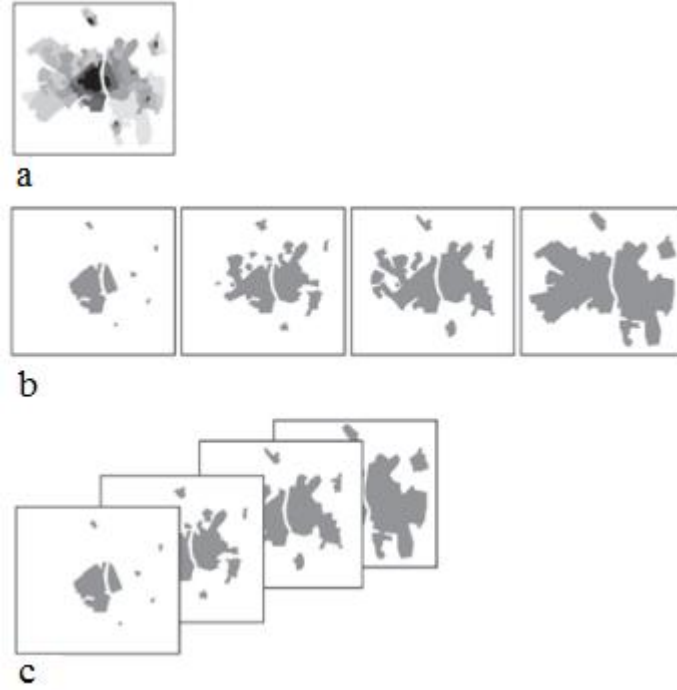
2B ve 3B görselleştirme, zaman-mekansal görselleştirme, zaman-mekan kübü, space-time cube

## 1. Giriş

GPS ve mobil teknolojinin modern hayata hızla eklenmesi, her saniye büyük hacimli mekansal veri üretilmesine sebep olmuştur. Farklı kaynaklardan, farklı format ve boyutlarda gelen, alışlagelen veri işleme yöntemleriyle yönetilmesi güç olan ve “büyük hacimli veri - big data” olarak adlandırılan bu karmaşık verinin değerlendirilmesi pek çok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Çünkü bu veri kümesi, insan hareketliliği hakkında çok önemli bilgiler içermektedir. Hareketlilik davranışlarının anlaşılabilirliği için gezinti güzergahlarını temsil eden karmaşık rotaların görsel olarak yorumlanması gerekir. Bu noktada uygun görselleştirme yönteminin seçilmesi; bilgi çıkarımı ve anlaşılabilirliğin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Dykes & Mountain, 2003).

Görselleştirme (*visualization*), görme ile ilişkili bilgi üretme kabiliyetini hedef almakta ve bir mekansal içerik ya da durumu görünür kılmayı amaçlamaktadır (Mac Eachren vd., 1992). Kartografik görselleştirmeyi, bilimsel görselleştirmeden ayıran belirli bileşenler vardır. Bunlar; biliş (son kullanıcının soyutlama düzeyi), formalizm (yeni teknolojilerin getirdiği kısıt ve olanaklar) ve iletişim (harita tasarımı) olarak sıralanabilir. Mekansal görselleştirme (*geo-visualization*) ise somut ve soyut fikir ve objelerin iletişimini sağlamada etkin bir yöntem olarak kullanılmakta ve gösterime konu olan objeler arasındaki ilişki, eğilim ya da hareketliliğin anlaşılmasını pek çok açıdan kolaylaştırmaktadır. Zamana bağlı mekansal veri üç bileşenden oluşmaktadır; bunlar; zaman, mekan ve özniteliktir (Demisse, 2010). Zamana bağlı mekansal görselleştirme (*spatiotemporal visualization*) zaman-mekansal (*spatiotemporal*) süreç, değişim ya da olayların incelenmesi mümkün kılan ve son yıllarda oldukça önem kazanmış bir konudur (Kraak ve Ormeling, 2011). Çoklu değişkenli/çoklu çözünürlüklü (*multi-variate/multi-resolution*) zaman-mekan verisinin görselleştirilmesi iki boyutlu ya da üç boyutlu olarak gerçekleştirilebilir. En yaygın kullanılan zaman-mekansal görselleştirme yöntemleri statik haritalar, animasyonlar ve zaman-mekan kübüdür (ZMK, space-time cube) (Demisse, 2010).

Statik karakterdeki zamansal kartografik gösterimler; tekil statik ve ardışık statik haritalar olarak incelenebilir. Tekil statik haritalarda, obje ya da olaylar renk, renk tonu, biçim, boyut, vb görsel değişkenler kullanılarak gösterilir. Tekil bir harita ile anlık bir zamansal gösterim yapılması mümkünken; ardışık statik haritanın bir araya getirilmesiyle olayların görselleştirilmesi mümkündür. Haritalar arasındaki zamansal değişim, mekansal değişime paralel olarak algılanabilmektedir. Ancak bu yöntem, harita sayısı arttıkça karmaşık hale gelebilmekte ve algılama konusunda zorluklar meydana getirebilmektedir. Animasyonlar ise; tek bir çerçevede birden fazla anlık gösterimin ardı ardına gerçekleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Burada değişim, mekansal diziden değil bizzat haritanın kendi hareketiyle algılanabilmektedir. Etkileşimli ya da etkileşimsiz animasyon yöntemleri vardır (Kraak ve Ormeling, 2011) (Şekil 1).

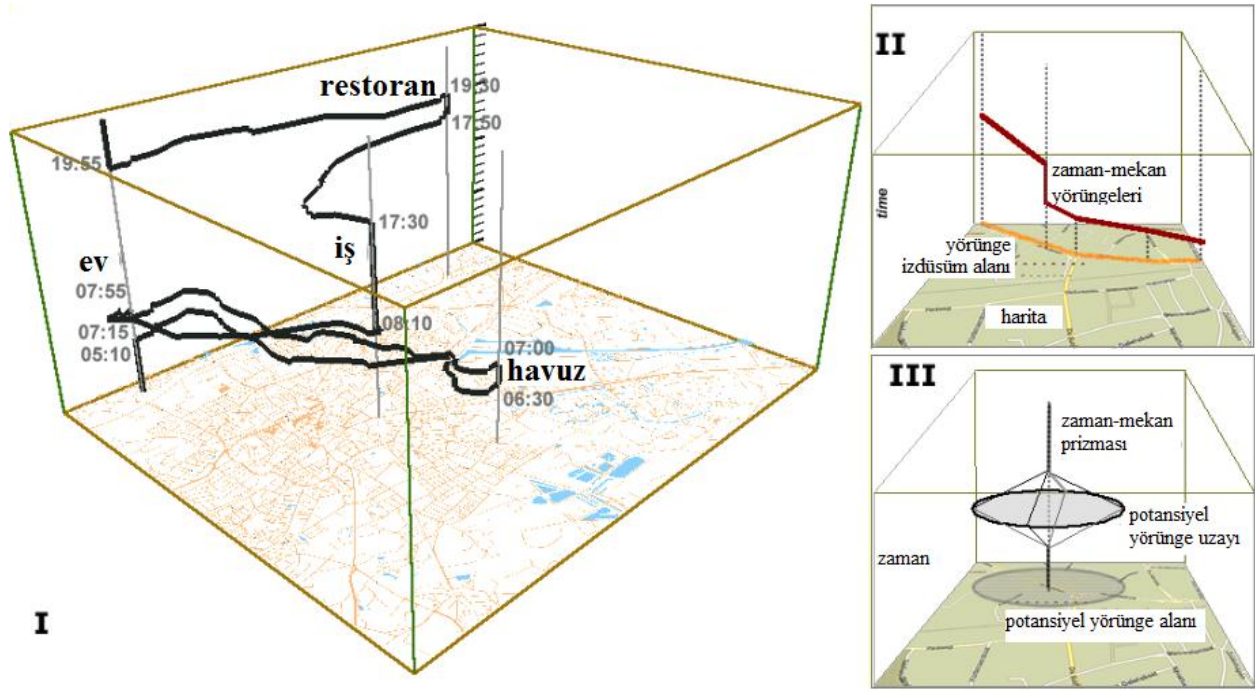


Şekil 1: Maastricht'in (Hollanda) kentsel büyümesi  
a. Tekil harita, b. Ardışık haritalar c. Animasyon (similasyon) (Kraak ve Ormelig, 2011)

Öte yandan insan aktivite ve hareketlilik davranışları, hem verinin karakteristiği, hem de veri kaynaklarının çeşitliliği bakımından büyük hacimli mekansal ve zamansal veri içerip çok boyutlu özelliğe sahiptir. Bu nedenle, verinin anlaşılabilmesi için efektif ve etkin analiz ve görselleştirme araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Pek çok araştırmada bu tip veriyi görselleştirmek için, güzergahlarını birbirine bağlayan doğrultuları içeren iki boyutlu harita ve grafikler kullanıldığını görülmektedir. Ancak zaman, hareketlilik verisinin kritik bir bileşenidir ve görselleştirmede karşılaşılan zorlukların birincil sebebidir. Çünkü zaman ve mekanı bir arada ele almak ve incelemek zordur ve buna özgü bir görselleştirme yöntemi yoktur. Yukarıda bahseldiği gibi animasyon tekniği zamansal karakteristiği yansıtabilir ancak etkinlik karakteristiğine ya da gezinti zamanı ve aktivite gibi dinamik değişkenler arasındaki bağlantı ve ilişkileri ortaya koyan bütüncül bir yaklaşım değildir (MacEachren & Kraak, 1997; Kwan, 2000). Bu amaçla çoklu değişkenli görselleştirme yöntemleri olarak; iki ya da üç değişkenli renkli haritalar, çoklu değişkenli nokta haritaları, paralel koordinatlar (PCP) kullanılmıştır (Ren & Kwan, 2007). Bu bildiride ele alınan zaman-mekan kübü (ZMK) de bu yöntemlerden biridir.

### 1.1. Zaman-mekan Kübü (Space-time Cube)

1970 yılında Hägerstrand tarafından ortaya konan zaman-mekan kübü (ZMK), insan hareketlilik davranışlarının anlaşılabilmesine katkı sunan en etkin dinamik görselleştirme yöntemlerinden biridir. Günümüze kadarki süreçte orienteering etkinliklerinden, zaman-mekansal aktivitelerdeki etnik farklılıkların incelenmesi ve epidemiyolojik suç analizine kadar pek çok alanda kullanılmıştır (MacEachren & Kraak, 2001; Kraak, 2003). Hägerstrand'a (1970) göre, 3 boyutlu uzayda gerçekleşen günlük aktiviteler, 2 boyutlu bir düzleme izdüşürülebilirdi. Bu uzay bir küp olarak düşünüldüğünde; kübün tabanı (x-y) mekanı, yüksekliği ise zamanı temsil etmektedir. ZMK, zaman içerisinde mekanlar arasındaki hareketi gösteren yörüngeler (space-time paths/trajectories) ve zaman-mekan prizmalarından (space-time prisms) oluşmaktadır. Zaman-mekan yörüngeleri, bireylerin zaman içerisindeki hareketlerini göstermekte ve zaman-mekan yörüngelerinin eğimi gezinti hızı hakkında bilgi vermektedir. Eğer bu yörünge kübün tabanına dikse, mekansal bir değişim yoktur; başka bir deyişle birey hareket etmemiştir. Zaman-mekan prizması, zaman-mekan yörüngelerinin harita üzerindeki izdüşüm alanlarını yani bireyin gezinti süresince mekanda bıraktığı ayakizlerini temsil etmektedir. Prizma, belli bir başlangıç ve bitiş zaman aralığı içerisinde ziyaret edilen mekanları da göstermektedir (Hägerstrand, 1970; Kraak, 2003; Kritzer vd., 2007) (Şekil 2).



Şekil 2. (I) Zaman-mekan kübü (ZMK), (II) Zaman-mekan yörüngeleri, (III) Zaman-mekan prizması (Kraak, 2003).

ZMK'nın irdelenmesi sonucu, bir noktadan diğer bir noktaya ulaşırken geçen süre, bir mekanda geçirilen süre, ulaşılabilirlik ve hareketlilik gibi zaman mekansal analizler yapmak mümkündür. Geleneksel CBS, mekan bazlı bir perspektif sunarken, bir zamansal CBS yaklaşımı olan ZMK, zaman-mekan ilişkisini interaktif ve dinamik bir şekilde ortaya koymaktadır. En yaygın kullanım alanlarından biri olan insan hareketlilik davranışlarının altında yatan zaman-mekan etkileşimlerinin incelenmesine olanak sunmaktadır. Özellikle mobil teknolojinin kullanıcı merkezli (user-centric) hizmet vermeye çalıştığı günümüzde, insanların günlük hareketleri, alışkanlıkları, hangi aktivitelere ne kadar zaman ayırdıkları ya da hangi mekanları günün hangi saatlerinde ziyaret ettikleri gibi bilgileri elde etmek ve analiz etmek oldukça önem kazanmıştır. İnsana ilişkin hareketlilik verisinin büyük çoğunluğu, bizzat bireylerin kendisi yani mobil kullanıcılar tarafından oluşturulmaktadır. Bu yönüyle ZMK, yalnızca teknik ya da bilimsel değil, aynı zamanda sosyal boyutu olan bir araştırma konusudur.

## 1.2. Zaman-mekan Kübünün Anlaşılabilirliği

Bölüm 1.1'de bahsedildiği üzere, hacmi büyük ve işlenmesi zor olan hareketlilik gibi karmaşık verilerin görselleştirilmesinde de problemler karşımıza çıkmaktadır. ZMK özellikle karmaşık zaman-mekansal (spatio-temporal) eğilimleri belirlemede faydalı olduğu düşünülen bir görselleştirme yöntemidir. Ancak kullanıcı algısı ve beklentileri perspektifinden, bu düşünceyi destekleyecek çok fazla deneysel çalışma bulunmamaktadır. ZMK özelinde düşünüldüğünde, veri sayısı arttıkça küp daha karmaşık bir hale gelmekte ve sadece uzman kitleye hitap eden bir görselleştirme halini almaktadır. Genel anlamda her seviyeden kullanıcının 3. boyutu (3B) algılaması ve yorumlaması, 2 boyutlu (2B) bir gösterimin algılanmasından daha zor olabilmektedir. Oysaki kartografik görselleştirme, bir problemi karmaşıklaştırmanın aksine, onu daha anlaşılır ve daha basit hale getirme endişesi taşır.

ZMK'nın anlaşılabilirliği ve kullanılabilirliğine ilişkin araştırmaların (Demissie 2010, Kjellin vd. 2010 a, Kjellin vd. 2010 b, Kristensson vd. 2009, Morgan 2010, Willems vd. 2011) genelde, istenilen görevlerin efektif olarak gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine odaklandığı görülmektedir (Tablo 1). Örneğin, Demissie (2010) kullanıcı okuma seviyelerini dikkate alarak, mekansal verinin mekansal, tematik ve zamansal bileşenlerini kapsayacak şekilde birtakım sorular hazırlamıştır. Okuma seviyeleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Başlangıç seviyesi: belli bir zaman ya da mekandaki tek bir objeye ilişkin sorular
- Orta seviye: zaman ya da mekandaki obje grubuna ilişkin sorular
- Toplam seviye: zaman ya da mekandaki tüm objelere ilişkin sorular

Bu sorular; hız değişimlerinin ne zaman ve nerede olduğu, bir kişinin belli bir yeri kaç kere ziyaret ettiği, kaç saat orada kaldığı, hareket halinde olan kişiler arasında bir ilişki olup olmadığı ve zaman-mekan güzergahlarının geometrilerinin karmaşıklığı şeklinde sıralanmakta ve yukarıdaki seviyelerde sorulabilmektedir. Benzer şekilde bir kategorileme, Kristensson ve diğerleri (2009) tarafından yapılmış ve Tablo 1'de "Değerlendirme için katılımcılardan istenen görevler" kısmında belirtilmiştir. Bunlar:

- Basit "ne zaman" ve basit "ne"+"nerede"
- Basit "ne zaman" ve genel "ne"+"nerede"

- Genel “ne zaman” ve basit “ne”+”nerede”
- Genel “ne zaman” ve genel “ne”+”nerede” gibi görevleri içermektedir.

Bu çalışmada katılımcılar eşit sayıda kadın ve erkekten oluşan iki gruba ayrılmış ve bir gruba 2B sistemde, diğerine ise ZMK üzerinden aynı sorular sorulmuştur. Verilen görevlerin cevapları doğru ve yanlış olarak değerlendirilmiş, cevap süreleri ölçülmüş ve anket sonunda kullanıcı yorumlarına yer verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde, ZMK’nın işlevselliği, anlaşılabilirliği ve kullanılabilirliğine ilişkin araştırmalar yapıldığı, diğer görselleştirme yöntemleriyle arasındaki fark ve benzerliklerin ortaya konduğu görülmektedir. ZMK, 2B, 3B, animasyon vb. gösterimlerle kıyaslanmış, zaman ve mekana ilişkin basit ve karmaşık görevler anket ya da görüşme yöntemiyle elde edilmiştir. Bildiriye konu olan çalışmada da buna benzer olarak, katılımcılardan 2B grafik ve ZMK üzerinden belli görevler istenecek ve anket yoluyla değerlendirilecektir.

Tablo 1: ZMK’nın kullanılabilirliğine ilişkin literatür araştırması (Kveladze vd. 2013)

Araştırmacı		Kristensson vd. (2009)	Demissie (2010)	Kjelin vd. (2010 a)	Kjelin vd. (2010 b)	Morgan (2010)	Willems vd. (2010)
ZMK ile karşılaştırılan yöntem	2B harita	x		x			
	Tekil statik ve çoklu statik harita		x				
	Animasyon		x	x			x
	ZMK 3B stereoskopik				x		
	ZMK 3B monoküler statik				x		
	Yoğunluk haritası						x
Değerlendirme için katılımcılardan istenen görevler	Basit “ne zaman” ve basit “ne”+”nerede”	x					
	Basit “ne zaman” ve genel “ne”+”nerede”	x					
	Genel “ne zaman” ve basit “ne”+”nerede”	x					
	Genel “ne zaman” ve genel “ne”+”nerede”	x					
	Durma		x				x
	Geri dönme		x				
	Hız değişimi		x				
	Hızlı						x
	Yörüngeleri gösterme		x				
	Şeritler						x
	Buluşma yeri tahmini			x			
	Bir yere gelme sırasının tahmini			x			
	Perspektif ve araya girmeyi kullanarak ayırık yörüngeleri ayırt etme				x		
	Göreceli büyüklükleri kullanarak yörüngeleri karşılaştırma ve tanımlama				x		
Zaman ve mekan içinde konumlanarak arama stratejisi oluşturma					x		
Değerlendirme yöntemi	Kullanıcı profili oluşturma			x	x		
	Kullanıcı ile görüşme	x				x	x
	Belli görevler isteme	x	x	x	x	x	x

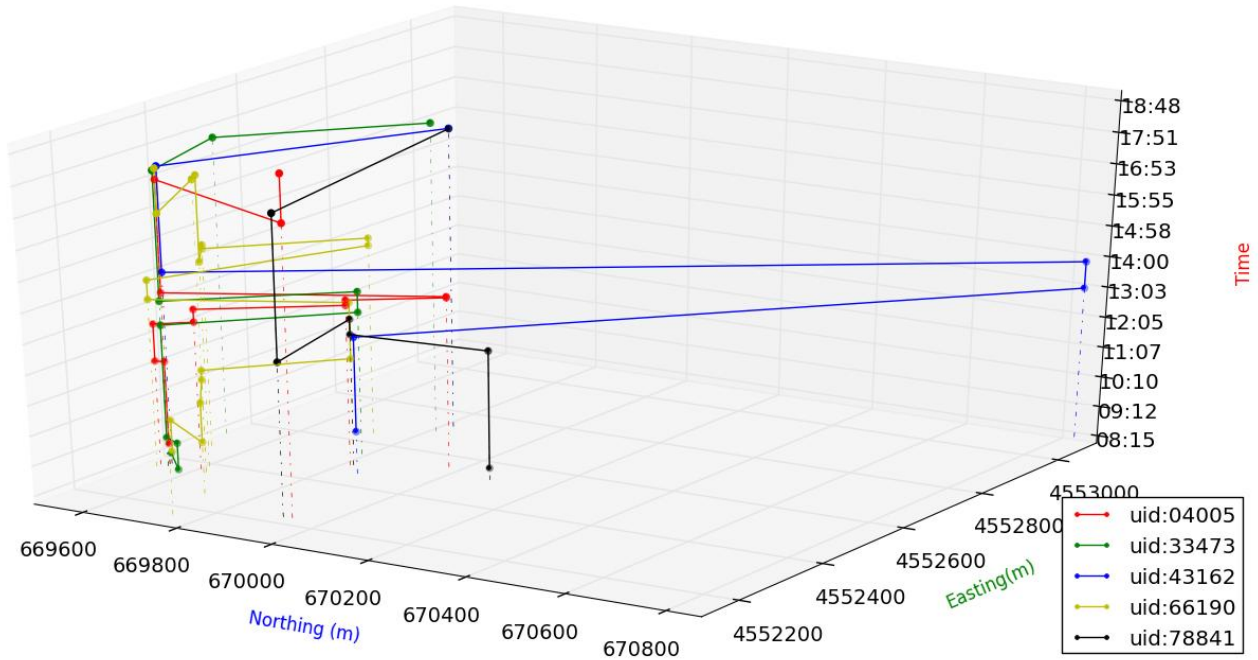
Geçtiğimiz yıllarda yapılan diğer bir çalışmada ise yukarıda bahsi geçen çalışmalardan farklı olarak kartografik tasarım konusu da ele alınmıştır ve ZMK’nın etkililiği ve verimliliğine ilişkin değerlendirmenin yapılabilmesi için kavramsal süreçler dizisi tanımlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle konunun uzmanlarıyla problem tanımlanmış, katılımcılara sorulması gereken sorular belirlenmiştir. Sonraki aşamada çözüm önerisi olarak görselleştirme stratejileri ve tasarım rehberleri oluşturulmuştur. Son olarak değerlendirme kriterleri ortaya konmuştur (Kveladze vd. 2013).

## 2. Uygulama

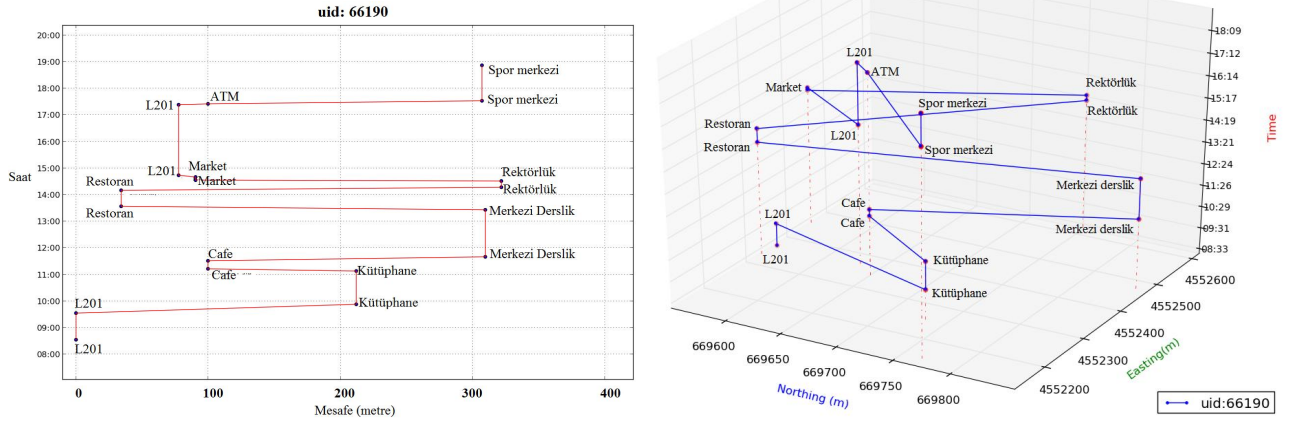
ZMK'nın kullanılabilirliği ve anlaşılabilirliğini test etmek açısından Bölüm 1.2'de söz edilen araştırmaların ışığında bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda daha önceden İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde seçilen bir grubun zaman ve mekana bağlı aktiviteleri izlenmiştir. Bu amaçla kişisel bilgilerin gizliliği gözetilerek, her kullanıcı için tekil kullanıcı kimlikleri (uid) tanımlanmış ve geliştirilen IOS mobil uygulaması aracılığıyla, kişilerden lokasyon bilgilerini paylaşmaları istenmiştir. Bu kapsamda toplanan veriler hem zaman-mekan kübü yöntemiyle, hem de iki boyutlu olarak görselleştirilmiştir (Keskin vd., 2015). 2B ve 3B görselleştirmenin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarının ortaya konması amacıyla son kullanıcılar üzerinde algıyı ölçmeye yönelik bir anket uygulaması yapılmıştır. Bu anket, zaman-mekan kübü yönteminin kullanılabilirliği, kullanıcı açısından anlaşılır olup olmadığı ve bu yöntemle bilgi iletiminin hangi oranda sağlandığını belirlemeye yönelik soruları içermektedir. Mekansal Bilişim ve/veya Kartografya konusunda uzman akademisyenlerden oluşan 10 kişilik gruba uygulanan bu anketin soruları hem nitel, hem de nicel mekansal analizleri kapsayacak şekilde basitten komplekse değişen kategorilere ayrılmıştır.

### 2.1. Veri ve Yöntem

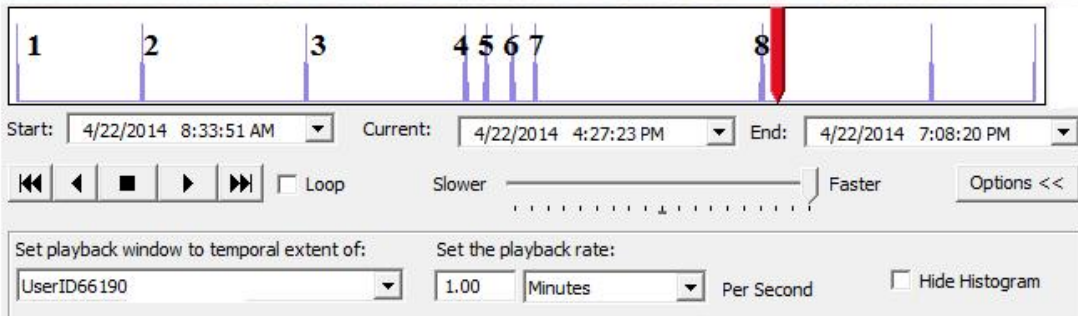
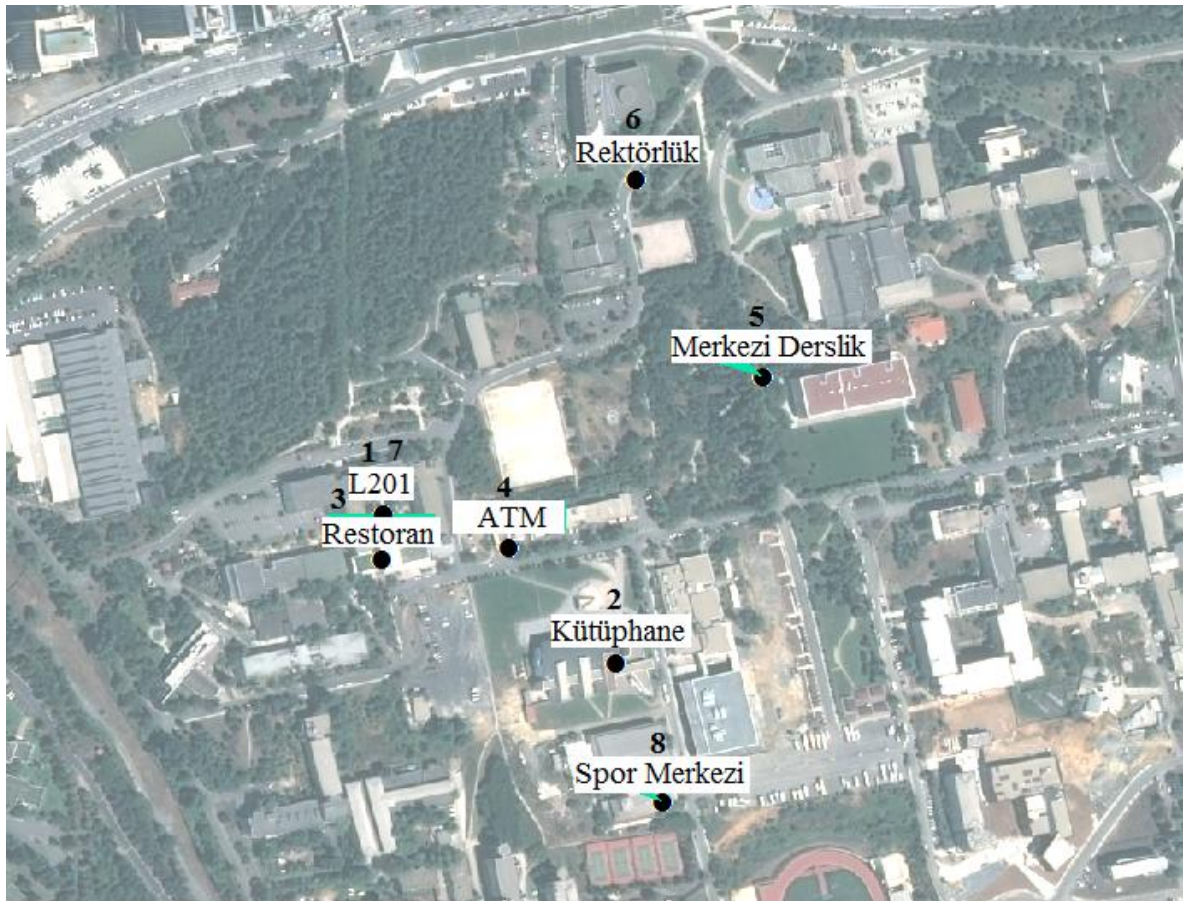
Uygulanacak anket kapsamında materyal olarak, kampüs içindeki bir günlük insan hareketliliğini temsil eden 2B grafikler ve tekil ve çoklu yörüngeleri (trajectories) içeren dinamik ZMK'ler kullanılmıştır. (Şekil 3 – Şekil 4). Anket sırasında katılımcıların oryantasyonuna yardımcı olması için, ek olarak bir kişi tarafından bir günlük zaman diliminde ziyaret edilen mekanlar, kampüs uydü görüntüsü üzerine izdüşürülmüştür (Şekil 5). Uygulamada, ekran çözünürlüğü 1366 x 768 ve renk derinliği 32 bit olan 15" ekran dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Anketin bilgisayar üzerinden gerçekleştirilmesi, katılımcıların ZMK sistemlerini, mouse yardımıyla istedikleri gibi döndürmeleri ve konumlandırmaları için gereklidir.



Şekil 3: Çoklu ZMK görselleştirmesi  
(Şekilde 5 farklı kişinin İTÜ kampüsü içindeki bir günlük hareketlilikleri gösterilmektedir)



Şekil 4: Aynı kişiye ait (User:66190) (solda) 2B grafik, (sağda) ZMK görselleştirmesi



Şekil 5. Tek bir kişi (User:66190) tarafından bir gün içinde ziyaret edilen mekanların uydu görüntüsü üzerine izdüşürülmesi

Anket, basit ve karmaşık zaman-mekansal görevleri içeren ve ZMK yönteminin bilinirliğini ölçme amacıyla hazırlanan toplam 10 adet sorudan oluşmaktadır. Kavramsal anlamda, katılımcılardan ilk olarak “*Zaman-mekan kübünün (space-time cube) tanımını yapmaları istenmiş ve anketin sonunda ise “Sizce space-time cube görselleştirmesinin 2B haritalardan farkı nedir?” sorusu yöneltilmiştir. Alınan cevaplar nitel bir değerlendirme yapmak için oldukça önemlidir. Temelde ZMK’nın kullanılabilirliğini ölçmek ve 2B grafik ile kıyaslamak için katılımcılardan, hem 2B, hem de ZMK’de aynı görevleri yerine getirmeleri istenmiştir. Bu görevleri aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür:*

- 1. Kategori: Başlangıç seviyesi görevlerine ilişkin basit “ne zaman” ve basit “ne”+”nerede” soruları: “66190 kişisi saat 9:00’da nerededir?”, “66190 kişisi hangi saat aralığında L201 mekanında bulunmuştur?”
- 2. Kategori: Orta seviye görevlerine ilişkin basit “ne zaman” ve genel “ne”+”nerede” soruları: “Saat 13:00’da iki kişi aynı mekanda bulunmuş mudur?”, “Saat 18:00’da kimler kampüs içindedir?”
- 3. Kategori: Orta seviye görevlerine ilişkin genel “ne zaman” ve basit “ne”+”nerede” soruları: “66190 kişisi hangi saatlerde L201’i ziyaret etmiştir?”, “66190 kişisi gün boyu kaç farklı mekan ziyaret etmiştir?”
- 4. Kategori: Toplam seviye görevlerine ilişkin genel “ne zaman” ve genel “ne”+”nerede” soruları: “Hangi zaman aralığında aynı mekanlarda birden fazla kişi bulunmuştur?”, “Kim kampüste en uzun süre kalmıştır?”

Anket öncesinde katılımcılara materyal ve yöntem hakkında kısa bir bilgi verilmiş ve kendilerinden önce (son soru hariç) tüm soruları tekil ve çoklu yörengeleri içeren ZMK’ları kullanarak cevaplamaları istenmiştir. Daha sonra 1. ve 3. kategori sorularını sadece 2B grafiği kullanarak cevaplamaları istenmiştir. Son olarak, bir karşılaştırma yapabilmek ve katılımcı yorumlarını görebilmek amacıyla “Sizce space-time cube görselleştirmesinin 2B haritalardan farkı nedir?” sorusunu cevaplamaları istenmiştir. Zorluk derecesi gitgide artan anket sorularına verilen cevaplar doğru/yanlış şeklinde değerlendirilmiştir. Aynı zamanda algılama sürelerini ortaya koymak amacıyla nicel sorular için katılımcıların cevaplama süreleri de kaydedilmiştir.

### 3. Sonuç ve Öneriler

Anket sonuçlarını hatalar, cevaplama süreleri ve katılımcıların yorumlarını (ilk ve son soruya verdikleri cevaplardan yola çıkarak) dikkate alarak değerlendirmek mümkündür. Aşağıda soru bazında çeşitli bulgular ortaya konmaya çalışılmıştır:

#### *Soru 1: Zaman-mekan kübü (space-time cube) nedir?*

Bir katılımcı hariç hemen herkes daha önce ZMK kullanmamış olmasına rağmen soruya tatmin edici cevaplar vermiştir. Yapılan tüm tanımlarda 3B, konum, zaman ve zaman dilimi benzeri kavramlar geçmektedir.

#### *Soru 2: 66190 kişisi saat 9:00’da nerededir?*

ZMK için: 1. Kategoriye giren bu soruya bir katılımcı hariç, herkes doğru cevap vermiştir.

2B grafik için: Tüm katılımcılar doğru cevap vermiştir.

#### *Soru 3: 66190 kişisi hangi saat aralığında L201 mekanında bulunmuştur?*

ZMK için: 1. Kategoriye giren bu soruya çeşitli cevaplar verilmiştir. Cevapların hiçbiri yanlış değildir ancak bir cevap hariç diğerleri eksiktir. Bu sonucu, küpte çakışmaların yoğun olduğu yerlerde mekanı algılamanın zorlaşmasına bağlayabiliriz. Örneğin, doğru cevap 08:30-09:30 ve 14:45-17:15 civarı olması gerekirken; katılımcıların hepsi ilk zaman aralığını doğru bir şekilde tespit etmiş, ancak bir kişi hariç hepsi ikincisini gözden kaçırmıştır.

2B grafik için: Tüm katılımcıları doğru cevap vermiştir.

#### *Soru 4: Saat 13:00’da iki kişi aynı mekanda bulunmuş mudur?*

2. kategoriye dahil olan bu soruya herkes doğru cevap vermiştir. Bu noktada, çakışmaların olduğu yoğun noktalarda belirli bir saat ya da saat aralığını algılamanın daha kolay olduğu gibi yorum yapılabilir (Soru 3’te tam tersi bir sonuçla karşılaşmıştır).

#### *Soru 5: Saat 18:00’da kimler kampüs içindedir?*

2. kategori sorusu olan bu soruya kısmen doğru cevaplar verilmiştir. Ancak cevapların hiçbiri %100 doğru değildir. Örneğin, katılımcıların yarısı soruyu “herkes” şeklinde cevaplamıştır. Bu sonuç, zaman aralıklarının birbirine çok yakın olması, bunun da algıyı güçleştirdiği ile alakalı olabilir.

#### *Soru 6: 66190 kişisi hangi saatlerde L201’i ziyaret etmiştir?*

ZMK için: 3. Kategori sorusu olmasına rağmen 30 dk -1 saat hata paylarıyla hemen herkes yakın cevaplar vermiştir. Bazı cevaplar ise kısmen doğrudur.

2B grafik için: Herkes doğru cevap vermiştir.

#### *Soru 7: 66190 kişisi gün boyu kaç farklı mekan ziyaret etmiştir?*

ZMK için: 3. Kategori sorusu olan bu soruya beklenenin aksine hiçbir katılımcı doğru cevap verememiştir. Bunun sebebi dikkatsizlik ya da tekrar ziyaret edilen mekanları iki defa sayma vb. olabilir. Soru cevaplanırken sadece 66190 kişisine ait tekil ZMK’den de yararlandığı için, veri çokluğundan kaynaklı karmaşıklığın etkisinin az olduğu düşünülmektedir.

2B grafik için: Bir katılımcı hariç herkes doğru cevap vermiştir.

*Soru 8: Hangi zaman aralığında aynı mekanlarda birden fazla kişi bulunmuştur?*

4. kategoriye dahil olan bu soruyu bir katılımcı gösterimi çok karışık bulduğu gerekçesiyle yanıtı bırakırken, diğer katılımcılar kısmen doğru cevaplar vermişlerdir. İki katılımcı ise soruyu yanlış cevaplamıştır. Zorluk derecesi en üst seviye olan bu soruya yanlış, eksik cevaplar verilmesi ya da boş bırakılması önceden öngörülen bir sonuçtur.

*Soru 9: Kim kampüste en uzun süre kalmıştır?*

Bu soruya istisnasız herkes doğru cevap vermiştir. Bu da katılımcıların, ZMK’de farklı bireylere ait tekil yörüngelerin toplam hareketlilik sürelerinin ayırt etmede problem yaşamadıkları şeklinde yorumlanabilir.

*Soru 10: Sizce space-time cube görselleştirmesinin 2B haritalardan farkı nedir?*

Bu soru katılımcıların anket sonunda genel bir değerlendirmesini yapması açısından oldukça önemlidir ve ZMK’nin kullanılabilirliğine ilişkin farklı görüşlerin tespitine olanak sağlamıştır. Bu görüşlerden göze çarpanları aşağıdaki gibidir:

“ZMK, 2B gösterimden farklı olarak, zamana bağlı olarak kullanıcıların konumlarının değişimini de göstermektedir.”

“2B haritada kişinin ya sadece nerelere gittiğini gösterebiliriz, ya da sadece grafikte orada ne kadar zaman harcadığını gösterebiliriz ZMK bu ikisini aynı anda yorumlama imkanı verdi.”

“X ve Y koordinatlarını aynı anda grafik üzerinde görebiliyor olmaktır, ancak bu özellik onu anlaşılması daha zor hale getirmiştir.”

Bir diğer önemli husus ise cevaplama süreleridir. Anket sonunda (1. ve 10. soru hariç) toplam ortalama cevap süresinin 13 dk. olduğu saptanmıştır (yalnızca bir kişinin anketi tamamlaması 29 dk. sürmüştür ve bu değer ortalamanın dışında bırakılmıştır). ZMK için harcanan cevaplama süresi, 2B grafikten ortalama 4 kat daha fazladır. Bu sonuç ZMK’nin görselleştirmesi konusunda daha fazla çalışılması ve daha anlaşılır hale getirilmesi gerektiğini kanıtlar bir nitelik taşımaktadır.

Sonuç olarak Kveladze vd. (2013) önerdiği üzere anket uygulaması uzman katılımcılarla gerçekleştirilmiş ve daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen doğru cevap verme, süre ve verimli kullanılabilirlik açısından bir takım bulgularla paralellik göstermiştir. Örneğin; bu açıdan 2B grafik, ZMK’den daha başarılı sonuç vermiştir (bkz: Demissie, 2010). Hata oranları dikkate alındığında 2B grafik farklı zorluk derecelerinde istenen görevleri uygulamada ZMK’den daha iyi sonuç vermiştir (bkz: Demissie, 2010; Kristensson, 2009). Öte yandan bazı durumlarda (örn: soru 9) ZMK kullanılarak da oldukça yüksek oranda doğru cevaplar alınmıştır (bkz: Kristensson, 2009). Anket sonucunda, ZMK genel olarak başarısız olsa bile en az bir kategoride oldukça etkin sonuçlar vermiştir. Genel olarak, zamana bağlı mekansal verinin görselleştirmesi için tek bir yöntemin olmadığı, her görselleştirme yönteminin aynı veri üzerinde olsa bile farklı soruların cevabında iyi sonuç verdiği söylenebilir (bkz: Kjellin, 2010a). Pilot bir uygulama niteliği taşıyan bu çalışma genişletilip daha çok katılımcıyla görüşme sağlanarak istatistiki sonuçlar alınmalıdır. Bu konuyla ilgili çalışmalar devam etmektedir.

## Kaynaklar

- Demissie B., (2010), *Geo-Visualization of Movements: Moving Objects in Static Maps, Animation and The Space-Time Cube*. VDM Verlag Dr. Müller
- Dykes J. A. & Mountian D. M. (2003), *Seeking structure in records of spatio – temporal behaviour: visualization issues, efforts and applications*. Computational statistics and data analysis. Elsevier, 43, pp. 581-603.
- Hägerstrand, T. (1970). *What about people in regional science?* Papers of Regional Science Association 24: 7-21. doi: 10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x
- Keskin M., Çelik B., Dogru A. O., & Pakdil M. E. *A Comparison of Space-time 2D and 3D Geovisualization*. International Cartographic Conference 2015 (ICC2015), Rio de Janeiro, Brezilya [basım aşamasında].
- Kjellin A, Pettersson L W, Seipel S, Lind M (2010 a) *Evaluating 2D and 3D visualizations of spatiotemporal information*, ACM Transactions on Applied Perception, 7(3): 1-23.
- Kjellin A, Pettersson L W, Seipel S, Lind M (2010 b) *Different levels of 3D: An evaluation of visualized discrete spatiotemporal data in space-time cubes*, Information Visualization, 9(2): 152 -164.
- Kraak, M. J. (2003). *The space-time cube revisited from a geovisualization perspective*. In Proc. 21st International Cartographic Conference (pp. 1988-1996).
- Kraak M. & Ormeling F. J., (2011), *Cartography: Visualization of geospatial data*. 3rd edition, Guilford Press.
- Kristensson P. O., Dahlba N., Anundi D., Bjornstad M., Gillberg H., Haraldsson J., Martensson I., Nordvall M. & Stahl J. (2009) *An Evaluation of Space Time Cube Representation of Spatiotemporal Patterns*, IEEE Transactions on visualization and computer graphics, 15(4): 696-702.
- Kritzler M., Raubal M., & Krüger A. (2007). *A GIS Framework for Spatio-temporal Analysis and Visualization of Laboratory Mice Tracking Data*. Transactions in GIS, 11(5), 765-782. doi: 10.1111/j.1467-9671.2007.01071.x
- Kveladze I., Kraak M.-J., & van Elzakker C. P. J. M. (2013). *A Methodological Framework for Researching the Usability of the Space-Time Cube*. *The Cartographic Journal*, 50(3), 201–210. doi:10.1179/1743277413y.0000000061



- Kwan M. P. (2000). *Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 185–203. doi: 10.1016/s0968-090x(00)00017-6
- MacEachren A. M., Buttenfield B. P., Campbell J. B., DiBiase D. W., & Monmonier M. (1992). *Visualization. Geography's inner worlds: Pervasive themes in contemporary American geography*, Ed. D by R. Abler, M. Marcus and J. Olson (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press), 99-137. Doi: 10.5860/CHOICE.30-3436
- MacEachren A. M., & Kraak M.-J. (1997). *Exploratory cartographic visualization: Advancing the agenda*. *Computers & Geosciences*, 23(4), 335–343. doi: 10.1016/s0098-3004(97)00018-6
- MacEachren A. M., & Kraak M.-J. (2001). *Research Challenges in Geovisualization*. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. doi: 10.1559/152304001782173970
- Morgan D. J. (2010) *A visual time-geographic approach to the crime mapping*. PhD thesis, Florida state university.
- Ren F., & Kwan M.-P. (2007). *Geovisualization of Human Hybrid Activity-Travel Patterns*. *Transactions in GIS*. 11(5), 721–744. doi:10.1111/j.1467-9671.2007.01069.x
- Willems N., van de Wetering, H. & van Wijk J. J. (2011) *Evaluation of the Visibility of Vessel Movement Features in Trajectory Visualizations*. *Computer Graphics Forum*.30, 3, pp. 801-810.