



Kartografya ve Mekânsal Bilişimin Ara Kesitinde Yeni Eğilimler

N. Necla Uluğtekin^{1,2,4*}, Melih Başaraner^{1,3,4}, Caner Güney^{1,2,4}, A. Özgür Doğru^{1,2,4}

¹TMMOB HKMO Kartografya ve Mekânsal Bilişim Komisyonu

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul.

³Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kartografya Anabilim Dalı, 34220 Esenler, İstanbul

⁴Mekânsal Bilişim İnisyatifi Derneği

Özet

Günümüzde coğrafi/mekânsal veriler/bilgiler ve dolayısıyla haritalar gittikçe artan biçimde yaşamın önemli bir parçası haline gelmektedir. Bu alandaki başlıca disiplinlerden biri olan kartografya, çok boyutlu coğrafi/mekânsal verilerin/bilgilerin modellenmesi, işlenmesi, analizi, görselleştirilmesi ve yayımlanması süreçlerine teorik ve pratik açıdan önemli katkılar sağlamakta ve bu bağlamda, çok disiplinlilik arz eden mekânsal bilişim, coğrafi bilgi bilimi ve mekânsal zekâ alanlarının ilerlemesinde de kritik rol oynamaktadır. Bu alanlardaki önceki gelişmeler, tarafımızca daha önceki Harita Kurultayları ve TMMOB CBS Kongrelerinde mekânsal bilgi araştırmacıları ve sektörüyle paylaşılmıştır. Güncel konulara bakıldığında, toplumsal mekânsal düşünme becerisi kazanmaya yönelik olarak karmaşık mekânsal ilişkilerin ve belirsizliklerin çözülmesinde büyük veri kullanımı ve dolayısı ile analizleri kaçınılmazdır. Bu durum büyük mekânsal verilerden yararlı bilgi (knowledge) edinimi için kullanılacak "haritaların tasarımı" sorunsalını ortaya çıkartmaktadır. Harita tasarımı çok boyutlu bir konu olup, veri türü, veri analizi, bilgi görselleştirme, konu/amaç, kullanıcılar/kullanılabilirlik ve sunum ortamları gibi birçok hususu hesaba katmayı gerektirmektedir. Bu bildiride, özellikle bilgisayar bilimleri, bilişsel bilim ve bilişimdeki ilerlemeler dikkate alınarak, mekânsal verilerin/bilgilerin üretimi, organizasyonu, yönetimi ve kullanımındaki gelişmeler ışığında kartografya, mekânsal bilişim, coğrafi bilgi bilimi ve mekânsal zekâ alanlarının hızla değişen durumu ve yakın geleceği ele alınmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Kartografya, Mekânsal Bilişim, Mekânsal Zekâ, Mekânsal Düşünme, Mekânsal Büyük Veri Analizi ve Görselleştirilmesi

1. Giriş

Karar verme süreçlerine sağladıkları katkıların önemini anlaşılması nedeniyle mekânsal bilgiler, insan ve doğaya ilişkin çeşitli uygulama alanlarında etkin olarak kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, toplumun mekânsal bilgi kullanımı ve mekânsal bilgiyle etkileşimi hızla artmaktadır. Teknolojik gelişmeler, mekânsal bilgi miktarını büyük oranda artırmakla birlikte mekânsal bilgi anlayışının sorgulanmasına da yol açmaktadır. Çoğunlukla sözel ve tablosal veriler aracılığıyla aktarılan topluma yönelik mekânsal bilgiler, bilgilendirme grafikleri (infographics) ve haritalar aracılığı ile çok daha etkili biçimde iletilebilir (Cartwright ve Ruas 2021). Mekânsal düşünme becerisi gelişmiş, mekânsal etkin bir toplum (spatially enabled society) için kullanıcıların güvenilir mekânsal bilgilere ve bu bilgilerin görsel sunumlarına erişimi son derece önemlidir.

Haritalar, gerçek dünyanın karmaşıklığının azaltılması ve eyleme geçirilebilir karmaşık mekânsal veri setlerinin görsel sunumu için kullanılacak en uygun araçlardan biridir. Düşük fiyatlı, düşük teknoloji ve ağ bağlantılı sensörlerin (algılayıcıların) çoğalması, daha önce hayal edilemeyecek miktarda verinin üretimini beraberinde getirmiştir. Sosyal medya kullanıcıları, genellikle bilinçsiz olarak çok miktarda mekânla ilintili veri üretmektedir ve bu veriler konum doğruluğu yüksek mekânsal verilerle birlikte kullanılabilir. Sosyal medya ve gündelik cihazların kullanımıyla oluşturulan veriler, örüntülerin saptanması ve davranış kestirimine de olanak sağlamaktadır. Zamanla ilintili farklı olgular, "zaman maskesi (time mask)" adı verilen sorgulama ve filtreleme gibi görsel analitik işlemler aracılığıyla bütünleşik biçimde mekânsal ve zamansal olarak analiz edilebilmekte ve "mekân-zaman küpü (space-time cube)" vb. yöntemlerle görselleştirilebilmektedir (Andrienko ve Andrienko 2020, Keskin vd. 2015, Kveladze vd. 2019). Büyük miktarda verinin üretimi, bu verileri anlamlandırma becerisini gerektirmektedir. Geline aşamada veri üretim yeteneği, bu verileri kullanarak problem çözüme yeteneğinden daha ileridedir. Verilerin işlenmesiyle elde edilecek bilgilerden çok büyük değer sağlanmaktadır. Bu nedenlerle de üretilen veri miktarındaki artış, beraberinde doğru zamanda doğru bilgiye ulaşma gereksinimini de artırmıştır.

Bununla birlikte, milyonlarca sosyal medya konuşmasının veya cep telefonu kullanıcılarından elde edilen hareket yörüngelerinin (gezingelerinin) görselleştirilmesi için büyük verilere ilişkin geleneksel harita tabanlı genel görünümünün (overview) sınırlarında kalınmamalı ve yeni yaklaşımlar geliştirilmelidir (Fish 2021, Kveladze vd. 2019, Robinson vd. 2017). Bu kapsamda hangi genel görünüm yöntemlerinin diğerlerinden daha iyi sonuç verdiğini de belirlemek önem taşımaktadır. Ayrıca, büyük verileri/bilgileri değerlendiren mobil ekranlarla anlamlı etkileşim için kullanıcı gereksinimleri hakkında daha fazla bilgiye ve araştırmaya ihtiyaç vardır. Aynı zamanda, farklı kaynaklardan elde edilen mekânsal verilerin birlikte çalışabilirliği, mekânsal veri analizi ve entegrasyonu, mekânsal yapay zekâ (GeoAI) gelişim sağlanması gereken önemli konulardandır (Breunig vd. 2020, Li 2020). M2M (makinadan makinaya - machine to machine) olarak açıklanan robotik karar verme süreci (Gotlib 2021) için çok büyük ölçekli (çok yüksek ayrıntılı ve

doğruluklu) harita - HD map) (Liu vd. 2020) üretiminin yanı sıra, konum (geometri) ve zaman (4B) ve de ölçek entegrasyonu beş boyutlu (5B) modelleme önemli konulardan biridir (Stoter vd. 2012).

Uluslararası Kartografya Birliği (International Cartographic Association - ICA), kartografya ve coğrafi bilgi biliminin global boyutta gelişimine önemli bir destek vermektedir. ICA, bilim ve toplum yararına mekânsal bilgilerden maksimum etkiyle fayda sağlanması stratejik hedefi doğrultusunda kartografya ve coğrafi bilgi bilimi ile ilgili bir araştırma gündemi hazırlamıştır (Virrantaus vd. 2009). Bunun yanında, Birleşmiş Milletler Küresel Mekânsal Bilgi Yönetimi (UN-GGIM) Uzmanlar Kurulu, mekânsal bilgi sektörünün geleceğine yönelik raporlar yayınlamıştır (UN-GGIM 2015, UN-GGIM 2020). Bu çalışmalar, HKMO Harita Bilimsel ve Teknik Kurultaylarında ve TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kongrelerinde mekânsal bilgi bilimi ve teknolojileri araştırmacıları ve sektörüyle paylaşılmıştır (Başaraner vd. 2013, Uluğtekin vd. 2011, Uluğtekin vd. 2013, Uluğtekin vd. 2019). Önceki çalışmaların devamı niteliğinde hazırlanan bu bildirinin amacı, mekânsal (coğrafi ve kartografik) veri/bilgi üretimi, organizasyonu, yönetimi ve kullanımı kapsamındaki başlıca gelişmeleri meslektaşlarımıza aktarmaktır.

2. Araştırma Gündemi ve Eğilimleri

Kartografya ve mekânsal bilişim alanındaki güncel araştırma gündemi ve eğilimleri, kartografya ve mekânsal bilişimin üç temel paradigması (üretim paradigması, analitik paradigma ve iletişim paradigması) (Basaraner 2016, Moelling 2011) esas alınarak aşağıda açıklanmaktadır.

2.1. Üretim Paradigması: Mekânsal Veri Altyapısı, Coğrafi Veri Edinimi ve Harita Yapımı

Günümüzde her an ve ortamda, çok amaçlı ve mobil uygulamalarda kullanılacak olan haritaların tasarımı yanı sıra uygun koordinat sistemi seçimi ve dönüşümleri önem kazanmaktadır. Sürekli gelişen mekânsal veri toplama teknikleriyle birlikte, harita üretim aşamaları; kaynak, format, ölçek, kalite, güvenilirlik ve kapsam açısından değişkenlik gösteren mekânsal verilerin ortak amaçlı işlenebilmesi, derlenmesi ve kullanılmasını olanaklı kılacak yeterlilikte olmalıdır.

Büyük hacimler, yüksek hız ve yüksek çeşitlilik derecesi ile karakterize edilen büyük verilerin (big data) ortaya çıkışı, kartograflar için harekete geçme çağrısı anlamına gelmektedir. Harita yapımı, özünde, sonsuz derecede karmaşık bir dünyadan anlam çıkarmak için yapılan bir genelleştirme eylemidir. Veri kaynakları, her ayrıntıyı, her zaman, her yer için tanımlama becerisine doğru yaklaşırken, harita yapımında kullandığımız yöntemler bu verilerin işlenmesi için uyarlanmalıdır. Uydulardan görüntü akışı ve konum etkin sosyal medya aracılığıyla milyonlarca konuşmanın da dâhil olduğu yeni bilgi kaynakları, harita yapımının sınırlarını zorlayan örneklerdir. Bu yeni veri kaynakları, anlamlarını bulamazsa sınırlı yarar sağlar. Bu nedenle, kartograflar için genel amaç, bu verileri insanları konu alan haritalar yapmak için kullanmanın bir yolunu bulmaktır. Özel bir büyük veri türü olan büyük mekânsal veriler iki sınıfa ayrılabilir. İlki, konumun ilave öznitelik olduğu “coğrafi konumlu” büyük verilerdir. Bu veriler, genellikle akıllı telefonlardan alınan GPS konumları veya iş zekâsı sistemlerindeki müşteri adresleri gibi nokta geometri verileridir. Diğer bir kategori, konum, şekil, büyüklük, doğrultu ve mekânsal ilişkilerin verilerin ayrılmaz parçası olduğu “mekânsal temelli” büyük verilerdir. Bu veriler, sensör ağları, insansız hava araçları ve uzaktan algılama uyduları ve 3B lazer tarayıcı gibi donanımlar aracılığıyla elde edilir. Büyük mekânsal veri bağlamında, birçok büyük veri kaynağı zamansal bilgi içerdiğinden mekân ve zaman doğal olarak bağlantılıdır (Robinson vd. 2017).

Mekânsal veri toplama, büyük oranda LiDAR (Light Detection and Ranging) ve GeoSAR (Geostationary Earth Orbit Search-and-Rescue) gibi sensörler veya uydulara dayalı hale gelmiştir. Mekânsal veriler, daha yüksek çözünürlüklü, elektromanyetik spektrumun daha geniş bir aralığında, daha doğru ve anında erişilebilir olacaktır. Çevrimiçi veri setleri, otomatik olarak daha düzenli olarak güncellenecek, daha fazla ve daha esnek görsel keşfi ve erişimi destekleyecek ve giderek daha güvenilir hale gelecektir. Bu veri akışları, giderek artan sayıda web harita uygulamasını ve artırılmış gerçekliği entegre eden tüketici ürünlerini ortaya çıkaracak, hem geçmişe ait hem de güncel 2B, 3B ve 4B veri sağlayacaktır. Google Earth aracılığıyla geçmiş harita ve görüntü verilerinin kullanılabilirliği, nelerin mümkün olabileceğine dair basit bir örnektir. Sayısal Yeryüzü (Digital Earth) vizyonu büyük ölçüde gerçekleştirilecek ve genişletilecektir (Clarke vd. 2019). Ayrıca, 3B sayısal coğrafi ikiz (Digital geoTwin), analiz ve görselleştirme için zamansal olarak tutarlı temel mekânsal veri merkezi olarak hizmet edebilir (Lehner ve Dorffner 2020).

Gittikçe artan sayıda harita kullanıcısı, konum bilgisi sağlayan mobil cihazlar aracılığıyla kartografik ürünlere erişmektedir. Bu nedenle, iç ve dış mekânlarda konum temelli servisler (LBS)'in gerçek zamanlı kullanımı ve doğruluğunun cm düzeyine getirilmesi, araştırmacıların ve endüstrinin önde gelen ilgi alanını oluşturmaktadır. Sinerji yaratabilmek için Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve diğer konum belirleme yöntemleri ile uyumlu kullanımlarını artırmaya yönelik araştırmalar sürmektedir (Huang vd. 2018, Uluğtekin vd. 2011, Uluğtekin vd. 2019).

Son yirmi yılda teknolojiadaki gelişmeler, mekânsal veri üretimi ve kullanımı anlayışında değişimlere yol açmıştır. Özellikle son on yılda, gönüllü coğrafi bilgi (VGI), yani coğrafi bilgilere ilişkin kitle kaynak kullanımı (crowdsourcing), harita oluşturma sürecini uzmanların elinden gönüllü katkıda bulunanların ellerine kaydırarak mekânsal alanda devrim yarattı. 2004'te başlatılan OpenStreetMap (OSM), çok sayıda gönüllünün ve üretilen mekânsal verilerin hacmi nedeniyle VGI'nin zirvesi olarak kabul edilebilir. OSM'nin asıl amacı ücretsiz bir dünya haritası oluşturmak iken, kullanıldığı alanlar böyle bir girişimin potansiyelinin harita yapımının çok ötesine geçtiğini göstermiştir: OSM topluluğu ile insani yardım ekipleri arasında köprü kuran İnsancıl OSM (Humanitarian OpenStreetMap - HOT) ve vatandaşların sokak düzeyinde görüntüler yardımıyla harita yapımını otomatikleştirmeyi amaçlayan Mapillary gibi işbirlikçi projelerdir. OSM

kullanan bu projeler arasında ortak bir eğilim, topluluk dinamiğinin yan projeler yaratma eğiliminde olmasıdır. Şu anda, OSM kullanarak sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyen projelere doğru bir ilerleme görülmektedir. OSM'nin katma değerli bilgi üretmek için kullanılması ve diğer kaynaklarla entegrasyonu, tam olarak araştırılmamış ve sürdürülebilirliği desteklemek için yüksek potansiyelli etkisi olan bir alandır (Bertolotto vd. 2020).

Yakın gelecekte, araba ön camları ve web tarayıcıları gibi gündelik nesnelere gömülü daha fazla haritanın ve görsel aracın ortaya çıkması muhtemeldir. Bu haritalar, insanların etraflarındaki bilgileri de algılayabilmesini sağlayacak biçimde görüntü sunacaktır. Bu tür uygulamalar, sayısal haritaların kullanımı için birçok yeni ortamı kapsayacaktır. Oda iç mekânları, organizasyon şemaları, su altı ve kamu binaları olası uygulama alanlarıdır. Dolayısıyla, mekânsal bağlam ve amaca bağlı olarak 2B, 3B ve 4B haritalar gerekli olacaktır. Bina bilgi modellemesi (BIM), mimari, tasarım ve inşaat ile bağlantılı bir iç mekân kartografyası (indoor cartography) alanı gelişmektedir. Yeni ve yenilikçi donanımlar, giyilebilir ekranlar, dijital kâğıt, katlanabilir ekranlar ve klavyeler gibi sanal cihazlar ortaya çıkacaktır. Çevrimiçi haber sitelerine ve Wikipedia gibi etkileşimli bilgi kaynaklarına daha yakın entegrasyonla öykü haritaları (story maps) fikrinin daha da geliştirilmesi beklenebilir (Clarke vd. 2019).

Otonom sürüş, piyasaya giriş yolundadır. Bu kapsamda, hem otomobillerde hem de ilgili altyapıda kapsamlı bir şekilde bağlantılı ve hatta entegre edilmiş bir dizi üst düzey teknoloji gereklidir. Otonom sürüş için önemli bir teknoloji, gerçek zamanlı çok büyük ölçekli (HD) haritadır. Bu teknoloji, otonom sürüş için üç ana zorluğu kapsamaktadır. İlk zorluk, bir aracın çevresiyle ilişkili olarak kendisini yüksek hassasiyetle konumlandırabilmesidir. İkinci zorluk, yolda veya virajlarda 200 m'den fazla bir mesafede, yerleşik sensörlerin erişiminin ötesinde meydana gelen olayları tanıma ve tepki sorununu çözmektir. Üçüncü zorluk, aracın yolcuların ve diğer trafik katılımcılarının ihtiyaçlarına göre sürüş kabiliyetiyle ilgilidir. Şimdiye kadar, arabalardaki haritalar, ilgi çekici yerlere (POI) yönelik uygulamalarla birlikte esas olarak navigasyon amacıyla kullanılmaktaydı. Bu haritaların çözünürlüğü ve doğruluğu otonom sürüş için yeterli değildir. Ek olarak, mevcut haritalar; gerçek zamanlı bilgi (yani canlı harita) gerekliliğini karşılamamakta ve otonom sürüş için yeterli bilgi sağlamamaktadır. Bu haritalardan en az 10 cm'lik bir doğruluk beklenmektedir. Goodchild (2018) ise park etme ya da benzin alma gibi spesifik durumlar için en az 5 cm doğruluğun gerekli olduğu ifade etmiştir. Binlerce otomobil tarafından toplanan sensör verileri, yüksek doğruluk ve gerçek zamanlı bilgilerle dinamik HD haritaların oluşturulmasına olanak tanıyabilir. Bu tür kendi kendine öğrenen bulut hizmetiyle, en son güncellemeler tüm kayıtlı arabalara hücresel bağlantı üzerinden gönderilebilir. Ne kadar çok araba katılırsa, HD harita bulutu çözümü o kadar hassas hale gelecektir (Seif ve Hu 2016).

Mekânsal bilgi alanında çalışan pek çok kişi, CBS veri modellerini yeniden yapılandırmak için yeni kuramsal yollar ararken, ontoloji kavramı yeniden ortaya çıkmıştır. Ontoloji genellikle "paylaşılan bir kavramsallaştırmanın biçimsel ve açık tanımlaması" olarak tanımlanır. İlk CBS veri modelleri, gerçeklik ile veri temsilleri arasında yakın bir bağlantı kurmada gerçekten başarılı olmasa da, ontolojiler; biçimsel (formal) ve ilkel (temel öge) varlıkları kullanarak ve coğrafi olguların temel özelliklerine çok daha fazla odaklanarak dünyayı olduğu gibi soyutlamalıdır. Sağlam bir mekânsal ontoloji, önce belirli bir uygulama alanındaki kavramları biçimsel terimlerle tanımlamalı ve mantıksal olarak mümkün, genişletilebilir ve uygulanabilir olmalıdır. Mekânsal ontoloji, belirli bir gerçek dünya uygulama alanının anlamlı bir temsili için gerekli tüm kategorileri ve modelleme soyutlamalarını kapsamalıdır; alanlardan (sürekli varlıklardan) nesnelere (ayrık varlıklara), olaylardan süreçlere ve çeşitli mekânsal ve zamansal ilişkilere uzanmaktadır. Ayrıca ontolojiler, muhakeme yapmayı (reasoning) da desteklemelidir (Claramunt 2020). Mekânsal verilerin ulusal sınırlar boyunca entegrasyonuna duyulan ihtiyaç, ulusal haritacılık kurumları arasındaki teknik ve organizasyonel engellerin nasıl aşılabacağına dair sorular ortaya çıkarmaktadır. Mevcut ulusal mekânsal veri altyapıları (UMVA), heterojen teknoloji yığınlarını ve kullanıcı kültürlerini devralmıştır. Örnek entegrasyon çözümleri, açık standartlar kullanan web tabanlı basamaklı veri servislerine dayanmaktadır. Bununla birlikte, bu yaklaşım, UMVA'lar arasındaki içeriğin semantiğinin ve veri yapılarının uyumlaştırılmasını amaçlayan önemli çabalar gerektirdiğinden, genellikle zahmetlidir. Buna karşılık, web üzerinde heterojen veri kaynaklarını yayınlamak için yenilikçi bir yaklaşım olarak bağlantılı veri (linked data) teknolojisi, ayrı veri tabanlarının geleneksel sınırlarını ve ayrı kurumların sınırlarını aşarak mevcut altyapıları bozmadan tutabilir. Dahası, ulusal verilerin web'de bağlantılı veri olarak yayınlanması, onu Semantik Web'in bir parçası haline getirir. Böylelikle, odak noktasının verilerin toplanması ve yayılmasından anlamlı veri tüketimine kaydırılması olanaklı hale gelir (Ronzhin vd. 2019).

Genelleştirme, çeşitli veri kaynaklarından mekânın farklı ölçeklerde ve farklı temalarda coğrafi (mekânsal analiz odaklı) ve kartografik (mekânsal görselleştirme odaklı) temsillerinin oluşturulması için kullanılır (Basaraner 2016). Farklı temsillerin birbiriyle bağlanması; güncelleme, analiz ve görselleştirme açısından önemlidir (Memduhoglu ve Basaraner 2018). Topografik verilerin ve diğer (tematik) veri setlerinin entegre genelleştirilmesi ve ayrıca gönüllü coğrafi bilgiler (VGI) ve 3B veriler gibi yeni veri türlerinin genelleştirilmesi son dönemde öne çıkan konular arasındadır. 3B genelleştirme, esas olarak 3B kent modelleme alanında ele alınmıştır. Özellikle, CityGML standardında farklı ayrıntı düzeyleri (LoD)'ni otomatik olarak türetmek için bazı yaklaşımlar üzerine çalışılmaktadır. Ayrıca değişken ölçekli (vario-scale) temsiller türetilmesine ilişkin bazı yöntemler sunulmuştur. Böylelikle, sabit ölçekler arasında kademeli geçiş yerine farklı yaklaşma/uzaklaşma düzeylerinde sürekli geçiş mümkün olmaktadır (Sester 2020). Diğer alanlarda olduğu gibi, son yıllarda genelleştirme problemini çözmek için derin öğrenme yöntemlerinin büyük potansiyele sahip olduğu saptanmıştır (Touya vd. 2019). Buradaki düşünce, mevcut veri setlerini kullanmak ve genelleştirme sürecini taklit etmek için denetimli bir model eğitmektir. Yeni sensörler ve veri toplama yöntemleri, mekânsal bilgilerin yüksek oranda dağıtık bir şekilde toplanmasına izin vermektedir; arabalar, yakın çevrelerini algılayacak sensörlerle (örn. kameralar, LiDAR,

ultrasonik sensörler, GPS vb.) donatılmıştır ve kitle kaynak kullanımı son derece güncel bilgi akışı sağlar. Böylelikle, coğrafi mekâna ilişkin sürekli olarak veri elde edilir fakat bu hem tek bir sensör (veya kurum) tarafından sağlanmadığından hem de eksiksiz bir harita üretimi amacını taşımadığından bir paradigma değişikliğine yol açmaktadır. Harita üretimi, bu farklı bilgi parçalarını yeterince entegre ederek ve birleştirerek mümkündür. Sensörlerin çeşitliliği ve farklı veri toplama konfigürasyonları nedeniyle, veriler tipik olarak farklı çözünürlüklere ve yoğunluklara sahip olacaktır. Farklı kaynaklardan gelen verileri aşamalı bir şekilde derlemek ve entegre etmek söz konusu olduğunda yine genelleştirmeye gereksinim vardır (Sester 2020).

Ayrıca, mekânsal (coğrafi ve kartografik) veri kalitesine daha fazla odaklanılması gerekmektedir. Kullanıcıların bir basılı haritanın her zaman doğru olduğunu varsayması gibi, aynı körü körüne güven coğrafi veriler için de mevcuttur. Sosyal medya verileri ve LiDAR nokta bulutları gibi bazı sensör verileri herkesin bildiği gibi düzensizdir, eksiktir ve kapsamlı ön işlem gerektirir. Metaverilerin geçmiş uygulamaları, veri setleri hakkındaki genel değerlendirmeler sağlamaktadır. Öte yandan, veri setlerinin özelliklerini doğru bir şekilde yansıtmak için detay (nesne) düzeyinde veri kalitesi bildirimlerine ihtiyaç vardır (Clarke vd. 2019).

2.2. Analitik Paradigma: Mekânsal Hesaplama, Analiz ve Yapay Zekâ

Veri işleme için hangi algoritmalar ve teknolojiler ortaya çıkarsa çıksın, insan anlayışı ve muhakeme; analiz, modelleme ve problem çözmenin temel ve yeri doldurulamaz aracı olmaya devam etmektedir. Bilginin görsel temsili, insan zihnine bilgi sağlamanın en etkili yolu ve ayrıca düşünme ve analitik akıl yürütmenin destekçisi olarak kabul edilmektedir. Görsel analitik, ilgili bilgilerin uygun görsel temsillerini sağlayarak ve bilgisayarların verileri depolama, işleme, analiz etme ve görselleştirme yeteneklerini mümkün olduğunca kullanarak insanların benzersiz yeteneklerini destekleyebilen yöntemler, analitik iş akışları ve yazılım sistemleri geliştiren bir araştırma disiplindir. Mekân-zaman verilerinin analizi için potansiyel olarak geniş uygulanabilirliğe ve kayda değer faydaya sahip olabilecek görsel analitikteki son gelişmelerden biri, zaman maskesi (time mask) adı verilen yeni bir zaman tabanlı veri sorgulama ve filtreleme yöntemidir. Zamanla ilgili her türlü veriye dayanarak, belirli koşulların yerine getirildiği tüm zaman aralıklarını seçer. Daha sonra, mevcut tüm mevcut zamansal verilerden, geçici referansların seçilen aralıklara sığıdığı kısımları seçer. Zaman maskesi filtresi, zamanla ilintili birkaç olgunun entegre analizi için bir araç görevi görebilir; analistler, bir olgunun durumuna göre zaman aralıklarını seçebilir ve bu aralıklarda diğer olgunun nasıl geliştiğini araştırabilir. Özellikle, son on yılda hareket verilerinin (hareketli varlıkların mekânsal konum dizileri) analizi üzerine çok fazla araştırma yapılmıştır, ancak mekânsal olaylara (yani, mekân ve zamanda konumlandırılan varlıklar) ve mekânsal zaman serilerine (mekânda dağılmış öznitelik değerlerinin zamansal değişimi) de büyük önem verilmiştir. Görsel analitik araştırmacıları, veri seçimi ve filtreleme, hareket yörüngelerinin görselleştirilmesi, toplu akışlar ve olaylar ve bunların öznitelik değerlerinin mekânsal ve zamansal dağılımları, mekânsal, zamansal ve tematik bileşenlere göre veri kümelemesi, mekân-zaman veri türleri arasındaki dönüşümler, amaca uygun bilgi parçalarını temsil eden yeni veri nesnelere türetilmesi gibi genellenebilir ve tekrarlanabilir analitik iş akışları önermişlerdir. Günümüzde karmaşık gerçek dünya olgularının davranışını bilgisayar simülasyonu (benzetim) modelleri aracılığıyla incelemek ve tahmin etmek olağan hale gelmiştir. Simülasyon verilerinin keşfedilmesi ve anlaşılması, görsel analitikte önemli bir araştırma konusudur. Sadece karmaşık davranışları tasvir etmek değil, aynı zamanda analistlerin farklı tahminler arasındaki farklılıklar nedeniyle ortaya çıkan belirsizlikleri değerlendirmesine ve belirsizliğin mekân ve zaman üzerindeki değişimlerini araştırmalarına yardımcı olmak önemlidir (Andrienko ve Andrienko 2020).

Mekânsal bilgi görselleştirmesi ve dolayısı ile harita üretme, büyük veri ve istatistiksel analizin standart bilimsel yöntemlerinde görünmeyen örüntüleri ve ilişkileri ortaya çıkarabilmektir. Global ölçekli ve büyük veri analizi, meta analizler ve büyük miktarda mekânsal veri içindeki yapıyı keşfetmek için çevrimiçi sistemler de dâhil olmak üzere bazı etkileyici büyük veri işleyen kartografik ürün örnekleri vardır (CSSE-JHU 2021). Ancak, standart istatistiksel analiz yöntemleri, önümüzdeki 20 yılın araştırması için büyük bir güncellemeye ihtiyaç duymaktadır. Klasik istatistiksel yöntemler; veri indirgeme, örnekleme ve merkezi eğilim ölçülerini (metriklerini) kullanırken, yeni yöntemler; tüm veri yığınlarını, veri madenciliğini, simülasyonu ve makine öğrenmesini kullanmaktadır (Clarke vd. 2019).

Büyük veri, çeşitli bağlamlarda farklı anlamlar taşıyan bir terimdir. Sonuç olarak, kartografya bağlamında büyük verileri göz önüne aldığımızda gerçekte ne kastettiğimizi tanımlamaya ihtiyaç vardır. Dahası, büyük verileri anlamlı hale getirmek için doğalarında var olan gizli bilgilerin nasıl ortaya çıkarılacağı bilinen bir zorluktur. Bu zorluk, kendi başına büyük veriye özgü değildir, ancak büyük verilerin öznitelikleri bilginin açığa çıkmasını zorlaştırır. Daha iyi harita genel görünümü sağlayacak yöntemlere, örüntü analiz tekniklerine ve dinamik mekânsal görselleştirmelerin geliştirilmesine yönelik ilerleme, mekân ve coğrafya hakkındaki araştırma sonuçlarına ilişkin sentezleme ve analitik akıl yürütme için yöntemlerin ve arayüzlerin iyileştirme aşamasını oluşturacaktır. Harita kullanıcılarının, sonuçların korunmasını sağlamak ve kararları desteklemek için paylaşılabılır öyküler geliştirmek için harita arayüzlerinde bireysel bulgulara anlam katma becerisine ihtiyaçları vardır (Robinson vd. 2017).

Coğrafi/mekânsal yapay zekâ (GeoAI), veri veya hesap açısından yoğun mekânsal problemler için gelecek vaat eden bir çözüm teknolojisi sağlamak için yapay zekâ, büyük mekânsal veri ve yüksek performanslı hesaplamanın kesişim noktasında yer alır. Yapay zekânın disiplinler arası bir genişlemesi olan GeoAI'nin amacı, bilgisayarların insanlar gibi mekânsal muhakeme ve analiz yapmak için eğitilmesidir. GeoAI iki ana yönetime sahiptir; yukarıdan aşağıya yaklaşım olarak bilinen yararlı bilgiye dayalı (knowledge-based) ve aşağıdan yukarıya yaklaşım olarak bilinen veriye dayalı (data-based). Şüphesiz, makine öğrenmesinin öncülüğünü yaptığı veriye dayalı yaklaşım, analitik kuralları açıkça

programlamaya gerek kalmadan çok büyük miktardaki veriden tahmin yapmayı öğrenme konusundaki olağanüstü yeteneği nedeniyle günümüzde ana akım yapay zekâ yaklaşımı haline gelmiştir. Makine öğrenmesinde yeni bir atılım olan derin öğrenme, veri analitiği paradigmasını iki şekilde dönüştürmüştür. İlk olarak, evrişimli sinir ağları (convolutional neural networks - CNN) gibi derin öğrenme modelleri, doğru tahminlerin yapılabilmesi için nesne sınıflarını ayırt etmeye yardımcı olmak için verilerden öne çıkan özellikleri otomatik olarak çıkarma yeteneğine sahiptir. Bu, geleneksel mekânsal analitik yaklaşımlara göre büyük bir avantajdır, çünkü derin öğrenme, daha otomatik ve akıllı bir detay çıkartma yöntemi sağlar. Bu, özellikle verilerdeki temel örüntüler ve süreçler hakkında genellikle sınırlı ön bilginin olduğu büyük veri problemlerinin çözülmesinde yardımcı olan bir stratejidir. İkincisi, derin öğrenme modelleri, geleneksel sinir ağı modellerinin global hesaplamasında yer alan sayısız karşılıklı bağımlılığın parçalanacağı şekilde öğrenme sürecine yerel bir işlem - evrişim - dahil eder. Bu tür model tasarımı, yüksek performanslı veya dağıtık bir hesaplama ortamında paralelleştirmeyi ve eğitmeyi çok daha kolay hale getirir. Bir model yapısı, öğrenilmesi gereken - binlerce milyonlarcaya - çok yüksek sayıda parametre ile çok derine inseye bile, yine de güçlü tahmin gücü ile yakınsama olasılığı çok yüksektir. Makine öğrenmesi ayrıca daha geleneksel, yukarıdan aşağıya, ontolojik tabanlı GeoAI yaklaşımlarını da güçlendirmiştir. Bu yaklaşımlar, ontoloji ve mantıksal akıl yürütmeden yararlanarak semantik benzerlik ölçüleri gibi mekânsal biliş problemleriyle baş edebilir. Veriye dayalı yaklaşımlardan farklı olarak ontolojik bir yaklaşım, gerçek dünya varlıklarının semantik tanımlarını ve aralarındaki ilişkiyi <özne, yüklem, nesne> üçlüsü biçiminde sağlamak için bir bilgi tabanına (knowledge base) dayanır. Bilgi keşfi süreci, önceden tanımlanmış muhakeme kurallarını ve kısıtlamaları izler ve yeni türetilen her gerçeğin, biçimsel (formal) olarak doğrulanabilmesini sağlamak için tündengelimli akıl yürütmeyi kullanır. Uzaktan algılama topluluğu, sınıflandırma, değişim saptama ve diğer görüntü analizi görevleri için kapsamlı bir şekilde CNN kullanmıştır. Genelleştirmede, akıllı harita yapımı ve harita elemanlarının incelenmesi gibi kartografik görevleri desteklemek için derin öğrenmeden yararlanılmaktadır (Li 2020).

2.3. İletişim Paradigması: Coğrafî ve Kartografik Görselleştirme, 3B Sanal Ortamlar ve Mekânsal Biliş

Coğrafî ve kartografik görselleştirme, kullanıcıların analiz etmeye değer örüntüleri belirlemesine yardımcı olarak ve önceden bilinen problemleri sorgulama işlevine hizmet ederek büyük verilerin keşifsel ve de doğrulamalı analizini destekleyebilir. Büyük mekânsal verilerin mevcut ve beklenen gelecek biçimlerinin karmaşıklılığı göz önüne alındığında, çeşitli veri bilimleri arasındaki disiplinlerarası bilgi aktarımına olan kritik gereksinimi de vurgulamak gerekir. Dolayısıyla, kartograflar ile bilgisayar bilimi, insan-bilgisayar etkileşimi (HCI), oyun tasarımı, sanal gerçeklik, bilgi görselleştirme, veri madenciliği ve görsel sanatlar gibi alanlardan uzmanlar arasında işbirliği bu bağlamda önem taşımaktadır (Robinson vd. 2017).

Tüm bu yöntem ve araçların ortak noktası, yorumlama ve görsel keşif için kullanıcılara çok değişkenli ve çok çeşitli verileri/bilgileri iletme ihtiyacıdır. Bu tür verileri/bilgileri paylaşmak için yeni görselleştirme ve harita yapım teknikleri araştırılsa da temel kuram, basit grafiksel ve kartografik yöntemlere dayanmaktadır. Verilere yeni bakış açıları sunan birçok yeni harita yapım yöntemi ortaya çıkmaktadır. Akış haritaları ve dasimetrik harita yapımı gibi eski yöntemler yeni boyutlar kazanmıştır. Küme ve paralel hesaplama (cluster and parallel computing) ve grafik işlem birimlerine dayalı daha güçlü yüksek performanslı bilgisayarlar, günümüzde mevcut olan ekran çözünürlüğu, görüntüleme çerçevesi hızı (display frame rate), altlık harita mozaikleme (base map tiling) ve gerçek zamanlı etkileşim bu tür sorunların çoğunu çözecektir (Clarke vd. 2019).

Büyük mekânsal veri görselleştirmeleri, bilim ve araştırma, eğitim, akıllı ulaşım, çevre koruma, iş zekâsı, kişiselleştirilmiş sağlık hizmetleri, şehir ve bölge planlama, ulusal güvenlik gibi çok çeşitli uygulamalarda ve alanlarda kullanılmaktadır. Buradaki zorluk, çeşitli uzmanlık düzeylerine sahip kullanıcılar için bu alanlarda uygulanabilecek kartografik görselleştirme çözümleri sağlamaktır. Mekânsallaştırma (spatialization) gibi alternatif yaklaşımlar bazı kullanıcılar için sezgisel olabilir. Büyük mekânsal veri istatistiklerinin görsel özetlerini sunan bir gösterge panosu (dashboard), çözümün bir parçası olabilir. Uzman olmayan kullanıcılar için akıllı otomatik harita yapımı, panolar aracılığıyla veya büyük verilere ilişkin daha geniş kapsamlı bilgiler iletme için sinematik sanatlardan yararlanarak öykü panosu oluşturma tekniklerini içeren arayüzler aracılığıyla çözümler sağlayabilir ve böylelikle veri güdümlü gazeteciliği (data driven journalism) de destekleyebilir. Yüksek hızda üretilen verileri işleyebilen görselleştirmeler tasarlamak, bu verilerdeki eğilim ve örüntülerdeki değişiklikler sınırlıysa, sorun olarak algılanmamalıdır. Bununla birlikte, veriler sık sık ve/veya yüksek miktarlarda değişiyorsa, geleneksel grafik gösterimler yeterli olmayacaktır. Kartografik animasyon tekniklerinin geliştirilmesi, bu kapsamda önemli olabilir; ancak başarısı, değişikliklerin niteliğine ve meydana geldikleri ölçüğe bağlı olacaktır. Ölçekler arasında global değişiklikler, lokal değişiklikler ve kombinasyonlarla çalışılması gerekecektir. Ek olarak, olası her değişiklik bir kerede görüntülenirse, grafik ekranlar dağınık hale gelir. Değişim özetleri oluşturmak çözüm olabilir, ancak henüz önemli örüntülerin nasıl seçileceği ve bir kullanıcının anlayabileceği biçimde nasıl genelleştirileceği bilinmemektedir (Robinson vd. 2017).

Mekân-zaman küpü (STC) geçen yüzyılın ikinci yarısında mekân-zaman bağlamında insan faaliyetlerini ve de insan hareketlerini etkileyen farklı kısıtlamalar arasındaki ilişkileri incelemek için kullanılmaya başlanmıştır. Bu görsel sunumda mekân ve zaman, aralarındaki karmaşık etkileşimleri vurgulamak için ayrılmaz kaynaklar olarak kabul edilir. Yatay düzlem (x, y) bir nesnenin mekândaki konumunu, düşey eksen ise nesnenin zamandaki (t) konumunu temsil eder. İçeriği anlamak için STC, mekân-zaman örüntüleri ve bunların kullanıcıyla ilişkilerini iletme için üç boyutlu (3D) bir görsel ortam yaratır. STC'ye ilişkin unsurların kartografik tasarımının bu süreç üzerinde büyük etkisi vardır. Kartografik

tasarım, etkili görselleştirme sonuçları için önemlidir. STC'nin 3B görsel ortamında derinlik ipuçlarını (depth cues) kullanmanın önemli olduğunu ve bilginin daha iyi algılanmasına yardımcı olacağı belirtilmiştir. İlave olarak verinin karmaşıklığına göre bazı görsel değişkenlerin rolü üzerine de çalışılmaktadır (Keskin vd. 2015, Kveladze vd. 2019).

Araştırmacıların üzerinde çalıştığı önemli konulardan biri, politikacılara ve diğer son kullanıcılara iletmek üzere sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA) göstergelerindeki durumun ve eğilimlerin dinamik ve çok boyutlu görselleştirilmesi için etkili yaklaşımlar geliştirilmesi olmuştur (Kraak vd. 2020, Li vd. 2020).

Coğrafi referanslı bilgiler iletilirken haritalar, genellikle en önemli sunum şekli olarak kabul edilir. Konum temelli servisler (LBS)'in yanıtlamaya çalıştığı soruların çoğu coğrafi referanslı olduğundan, bu kabul aynı zamanda LBS için de geçerlidir. Haritalara ek olarak, konuşma ve metin gibi diğer iletişim biçimleri de LBS'de kullanılır. LBS'deki ilk araştırma çabaları, mobil cihazların küçük ekranlarına ve belirli kullanıcı görevlerine (örn. yön bulma) uyarlanan haritalar tasarlamaya odaklanırken, özellikle LBS kullanıcılarının çeşitliliği, amaçları ve kullanım bağlamlarıyla ilgili olarak dikkate alınması gereken daha fazla husus vardır. Başka bir ifadeyle, LBS'de bilgi iletilirken bağlam duyarlı uyarlamaya (context-aware adaptation) gereksinim duyulmaktadır. Bunu başarmak için birkaç temel konu ele alınmalıdır. İlk olarak, kullanıcıları ve bağlamlarını ve ayrıca bilgi ihtiyaçlarını incelemek için sistematik bir çerçeve geliştirilmelidir. İkinci olarak, bilgileri etkili bir şekilde iletmek için (örn. haritalar veya diğer iletişim biçimleri aracılığıyla) LBS'de bağlam duyarlı arayüzler sağlayacak tekniklere ihtiyaç vardır. Bunun için, "hangi içerik ve sunum tarzlarının hangi iletişim hedefleri ve hangi bağlamlar için uygun olduğunu" anlamak önemlidir. Bu soruları cevaplamak için hesaplama yöntemleriyle desteklenen deneysel çalışmalar yapılmalıdır. Haritalar, mekânsal bilgi iletişimi için LBS'de çok popüler olsa da, son araştırmalarda, işitme ve dokunma gibi diğer insan duyarlarını kullanma olasılıkları da araştırılmaktadır. Ayrıca, 3B sanal ve artırılmış gerçeklik gibi yeni görselleştirme biçimleri de geliştirilmektedir. Bununla birlikte, bu görsel, işitsel ve dokunsal formların güçlü ve zayıf yönlerinin yanı sıra bunların ne zaman uygulanmaya uygun olabileceğine dair sistematik bir anlayış hala eksiktir. Dolayısıyla, LBS'deki mekânsal bilgileri iletmek için anlamlı bir şekilde entegre edilebilmelerine yönelik araştırmalara ihtiyaç vardır (Huang vd. 2018).

Kartografik olarak zenginleştirilmiş 3B kent modelleri, yeni uygulama ve araştırma alanlarının ele alınmasını ve belirli görevler ve senaryolar için görsel keşif çözümleri sunulmasını sağlar. Fotogerçekçi olmayan görselleştirme yaklaşımları, iyi bilinen kartografik tasarım kurallarının 3B görselleştirme içinde kullanımını mümkün kılar, bilgi karmaşıklığını azaltır, kullanıcının bilişsel iş yükünü azaltır ve geometrik olmayan bilgileri görüntülemek için alan açar. Görsel yükü anlatımıyla (Roth 2020) ilgili olarak, 3B kent modelleri veya 3B temsilleri iki farklı role sahip olabilir; bunlar ya ek arka plan bilgisi olarak hizmet edebilir ya da 3B temsil olmadan öykünün hiçbir anlam ifade etmeyeceği durumlarda ön planda kalır. Fotogerçekçi yüzeyler üzerindeki kartografik işaretler için uygun tasarım yönergeleri hala devam eden bir araştırma konusudur. İlk girişimler, ayırk görüntü nesnelere için vurgulama stratejilerini içerir. Akıllı bir fotogerçekçi 3B kent modeli tasarımı, görüntü tasarımını diğer harita işaretlerinde olduğu gibi ele almalıdır. Ayrıca, 3B kent modellerini çok değişkenli ve/veya çok boyutlu bilgilerle zenginleştirirken etkin kartografik çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ek olarak, kartografik tasarım kavramlarının yanı sıra 3B topografik işaretler için standartların daha fazla araştırılması gerekmektedir. Ayrıca, 3B coğrafi sanal ortamlar için kartografik iyileştirmelerin kullanıcı ve kullanılabilirlik sorunlarını içermesi gerekmektedir. Potansiyel uygulamalar, 3B kent modellerinin veya topografik modellerin özelleştirilmiş, etkileşimli ve akıllı görselleştirilmesini gerektirir. Bu amaçla, gerçek zamanlı olarak her mevcut bakış açısı için görsel olarak optimize edilmiş bir temsil oluşturulabilir. Kartografin görevi, kullanıcıları uygulamaları çalıştıracak şekilde eğitmek için daha iyi 3B coğrafi sanal ortamlar geliştirmektir. Kullanıcı dostu ve sezgisel arayüzler, kullanıcı ve veri uzayı arasında en iyi iletişimi sağlamalıdır. Kullanıcı, görsel analitik araçları kullanarak görselleştirme stilini değiştirme ve verileri keşfetme olanağına sahip olmalıdır. Böylece kullanıcının kendisi harita üreticisi olur. Görsel analitik araçların kullanıcı dostu entegrasyonu, kapsamlı kullanıcı ve kullanılabilirlik araştırmaları gerektirir. Mevcut uygulamaların çoğu kapsamlı kullanıcı ve kullanılabilirlik testlerinden yoksundur. Bu tür testler, kullanıcı davranışlarından öğrenirken bir uygulamayı yinelemeli olarak iyileştirebilir. Daha karmaşık kullanılabilirlik araştırmaları, çoklu kullanıcı etkileşimini ve iletişimini içerebilir. Son olarak, 3B coğrafi sanal ortamlar içinde etkileşimli ve özelleştirilmiş lejantlar (işaret tabloları) tasarlamak da güncel bir araştırma konusudur (Peters vd. 2017).

Kullanılabilirlik mühendisliği değerlendirmelerinin yanı sıra, kullanıcıların etkileşimli haritalar ve görselleştirmelerle ilgili deneyimini etkileyen algısal, bilişsel, kültürel ve pratik hususların ele alınması, etkileşimli haritaların ve görselleştirmelerin tasarımı ve kullanımı hakkında değerli bilgiler sağlar. Bu nedenle, kullanıcılar ve kullandıkları etkileşimli tasarımların incelenmesi için yeni yaklaşımlar geliştirilmelidir (Roth vd. 2017).

3. Sonuç

Bu bildiri, kartografya ve mekânsal bilişim alanındaki güncel araştırma gündemi ve eğilimleri ele almıştır. Kartografya ve mekânsal bilişim alanındaki üç temel paradigma (üretim paradigması, analitik paradigma ve iletişim paradigması) temelinde mekânsal veri altyapısı, genelleştirme, mekânsal veri kalitesi, ontoloji, semantik web, görsel analitik, coğrafi ve kartografik görselleştirme, animasyon, çok büyük ölçekli (HD) haritalar, gönüllü coğrafi bilgi (VGI), akıllı şehirler, bina bilgi modellemesi (BIM), iç mekân kartografyası, konum temelli servisler (LBS), büyük veri, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi çeşitli konulardaki bilimsel ve teknolojik ilerlemeler, güncel literatürden yararlanarak özetlenmiştir. Mekânsal bilişim, coğrafi bilgi bilimi ve mekânsal zekâ alanındaki gelişmelerle birlikte, mekânsal verilerin/bilgilerin çeşitliliği, ayrıntı düzeyi, erişilebilirliği ve entegrasyonu artmaya devam etmektedir. Dolayısıyla, bu verilerin/bilgilerin çok daha farklı uygulamalara ve daha karmaşık problemlerin çözümüne hizmet edecek biçimde

kullanılabilmesi için ileri mekânsal hesaplama, analiz ve görselleştirme tekniklerine gereksinim duyulmaktadır. Bu yöndeki çalışmalar, yararlı mekânsal bilgilerin edinilmesine yönelik yeni anlayışları ve yaklaşımları ortaya çıkarmaktadır. Sonuç olarak, toplumun mekânsal olarak etkin olması, mekânsal veriler ve teknolojiler kadar mekânsal düşünme becerisinin de kazandırılmasıyla mümkündür. Bu bağlamda, kartografya; mekânsal bilişim ile etkileşerek başta haritalar olmak üzere çeşitli analitik ve görsel teknikleri ile (coğrafi) mekânla ilintili çeşitli olgular ve süreçler konusunda toplumu bilgilendirme ve bilinçlendirme rolünü etkin biçimde sürdürmeye devam etmektedir.

Kaynaklar

- Andrienko N., Andrienko G. (2020) Spatio-temporal visual analytics: a vision for 2020s. *Journal of Spatial Information Science* 20, 87-95.
- Başaraner M., Doğru A.Ö., Güney C., Uluğtekin N. (2013) Mekânsal bilgi yönetiminde geleceğe dönük eğilimler ve global vizyon. *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 14-17 Mayıs, Ankara.
- Basaraner M. (2016) Revisiting cartography: towards identifying and developing a modern and comprehensive framework. *Geocarto International* 31(1), 71-91.
- Bertolotto M., McArdle G., Schoen-Phelan B. (2020) Volunteered and crowdsourced geographic information: the OpenStreetMap Project. *Journal of Spatial Information Science* 20, 65-70.
- Breunig M., Bradley P. E., Jahn M., Kuper P., Mazroob N., Rösch N., Mulhim A.D., Stefanakis E., Jadidi M. (2020) Geospatial data management research: progress and future directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9, 95.
- Cartwright W., Ruas A. (2021) Maps - essential information resources for integration, analysis and informing (editorial). *International Journal of Cartography* 7(1), 1-2.
- Claramunt C. (2020) Ontologies for geospatial information: progress and challenges ahead. *Journal of Spatial Information Science* 20, 35-41.
- Clarke K., Johnson J.M., Trainor T. (2019) Contemporary American cartographic research: a review and prospective. *Cartography and Geographic Information Science* 46(3), 196-209.
- CSSE-JHU (2021) COVID 19 dashboard. Center for Systems Science and Engineering (CSSE), Johns Hopkins University (JHU). <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> [Erişim tarihi: 14 Mayıs 2021].
- Fish C.S. (2021) Elements of vivid cartography. *The Cartographic Journal*. doi: 10.1080/00087041.2020.1800160
- Huang H., Gartner G., Krisp J.M., Raubal M., Van de Weghe N. (2018) Location based services: ongoing evolution and research agenda. *Journal of Location Based Services* 12(2), 63-93.
- Gotlib D., Olszewski R., Gartner G. (2021) The extended concept of the map in view of modern geoinformation products. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 10, 142.
- Goodchild, M.F. (2018) GIScience for a driverless age. *International Journal of Geographical Information Science* 32(5), 849-855.
- Kraak M.J., Roth R.E., Ricker B., Kagawa A., Le Sourd G. (2020) *Mapping for a Sustainable World*. The United Nations: New York, NY, USA.
- Keskin M., Dogru A.Ö., Uluğtekin N.N., Güney C. (2015) Zaman-mekân küpünün (space-time cube) anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesi, *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-28 Mart, Ankara.
- Kveladze I., Kraak M.-J., vanElzakker, C.P.J.M. (2019) Cartographic design and the space-time cube. *The Cartographic Journal* 56(1), 73-90.
- Lehner H., Dorffner L. (2020) Digital geoTwin Vienna: towards a digital twin city as geodata hub. *PFG* 88, 63-75.
- Li W. (2020) GeoAI: where machine learning and big data converge in GIScience. *Journal of Spatial Information Science* 20, 71-77.
- Li Z., Gong X., Chen J., Mills J., Li S., Xu Z., Ti P., Wu H. (2020) Functional requirements of systems for visualization of sustainable development goal (SDG) indicators. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis* 4, 5.
- Liu R., Wang J., Zhang B. (2020) High definition map for automated driving: overview and analysis. *The Journal of Navigation* 73(2), 324-341.
- Memduhoglu A., Basaraner M. (2018) Possible contributions of spatial semantic methods and technologies to multi-representation spatial database paradigm. *International Journal of Engineering and Geosciences* 3(3), 108-118.
- Moellering H. (2012) The International Cartographic Association research agenda: review, perspectives, comments and recommendations. *Cartography and Geographic Information Science* 39(1), 61-68.
- Peters S., Jahnke M., Murphy C.E., Meng L., Abdul-Rahman A. (2017) Cartographic enrichment of 3D city models - state of the art and research perspectives. A. Abdul-Rahman (ed.) *Advances in 3D Geoinformation*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Cham, 207-230.
- Robinson A.C., Demsar U., Moore A.B., Buckley A., Jiang B., Field K., Kraak M.J., Camboim S.P., Sluter C.R. (2017) Geospatial big data and cartography: research challenges and opportunities for making maps that matter. *International Journal of Cartography* 3(Sup.1), 32-60.
- Ronzhin S., Folmer E., Lemmens R., Mellum R., von Brasch T.E., Martin E., Romero E.L., Kytö S., Hietanen E., Latvala P. (2019) Next generation of spatial data infrastructure: lessons from linked data implementations across Europe. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* 14, 83-107.
- Roth R.E. (2020) Cartographic design as visual storytelling: synthesis and review of map-based narratives, genres, and tropes. *The Cartographic Journal*. doi: 10.1080/00087041.2019.1633103
- Roth R.E., Çöltekin A., Delazari L., Filho H.F., Griffin A., Hall A., Korpi J., Lokka I., Mendonça A., Ooms K., van Elzakker C.P.J.M. (2017) User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations. *International Journal of Cartography* 3 (Sup.1), 61-89.
- Seif H.G., Hu X. (2016) Autonomous driving in the iCity - HD maps as a key challenge of the automotive industry. *Engineering* 2(2), 159-162.
- Sester M. (2020) Cartographic generalization. *Journal of Spatial Information Science* 21, 5-11.

- Stoter J., Ledoux H., Meijers M., Ohori K.A., van Oosterom P. (2012) 5D modeling - applications and advantages. *Geospatial World Forum 2012*, 23-27 April, Amsterdam, The Netherlands. http://www.gdmc.nl/publications/2012/5D_modeling_applications.pdf
- Touya G., Zhang X., Lokhat I. (2019) Is deep learning the new agent for map generalization?. *International Journal of Cartography* 5(2-3), 142-157.
- Uluğtekin N.N., Başaraner M., Doğru A.Ö., Güney C. (2011) Coğrafi bilgi bilimi ve kartografya: uluslararası ve disiplinlerarası ortak araştırma konuları. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 31 Ekim-04 Kasım, Ankara.
- Uluğtekin N.N., Başaraner M., Güney C., Doğru A.Ö. (2019) Coğrafi bilgi bilimi, kartografya ve mekânsal bilişim araştırmalarında güncel durum, gelişmeler ve gelecek. *17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 25-27 Nisan, Ankara.
- Uluğtekin N.N., Doğru A.Ö., Bildirici İ.Ö. (2013) CBS haritalarının tasarımı. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 11-13 Kasım, Ankara.
- UN-GGIM (2015) *Future Trends in Geospatial Information Management: the Five to Ten Year Vision*, Second Edition. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM).
- UN-GGIM (2020) *Future Trends in Geospatial Information Management: the Five to Ten Year Vision*, Third Edition. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM).
- Virrantaus K., Fairbairn D., Kraak M.-J. (2009) ICA research agenda on cartography and GIScience. *Cartography and Geographic Information Science* 39(2), 209-222.