

Çevresel Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi: Dinamik Mekânsal Panel Veri Yaklaşımı

Mehmet Ali Yücel¹ 

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi / Submitted: 02.04.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 15.05.2021

Yayın Tarihi / Online Publication: 31.05.2021

Özet: Kitlesele üretime geçilmesiyle birlikte ortaya çıkan hammadde (kaynak) kullanımının hızlanması, enerji kullanımında artış yaşanması ve küreselleşme sonucunda tüketim düzeylerinde ve bireysel alışkanlıklarda değişim yaşanması çevresel bozulmanın temelini oluşturmaktadır. Çevresel yapı üzerindeki olumsuz etkilerin ülke ekonomilerindeki belirli maliyetler-harcamalar ile doğrudan/dolaylı ilişki içerisinde olması, sanayileşmeyle birlikte ülke ekonomilerinin sürdürülebilir olmayan büyüme eğilim sürecine girmesine neden olmaktadır. Ülkelere ilişkin çevresel kirlilik faktörleri üzerinde hem yerel hem de küresel etkiler ön plana çıkmakla birlikte; küresel etkiler kapsamında öncelikle komşuluk ilişkilerinin etkilerinin ortaya konması önem arz etmektedir. Bu çerçevede, çevresel sürdürülebilirliğin komşuluk ilişkileri de göz önüne alınarak değerlendirilmesi için mekânsal ilişkilerin etkisini ortaya çıkartan modellerin kullanılması gerekmektedir. Makale kapsamında, çevresel sürdürülebilirliğin kavramsal çerçevesinde hem dinamik etkilerin hem de mekânsal etkilerin modelleme aşamasındaki önemine değinilerek dinamik mekânsal panel veri yönteminin çevresel sürdürülebilirlik değer-

1. Yüksek Lisans Öğrencisi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, maliyucell@gmail.com

lendirmelerindeki gerekliliğine vurgu yapılması amaçlanmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik politikalarının, komşuluk ilişkilerinden etkilenmesi ve dönemsel (kısa-uzun) etki düzeyinin süreç içerisinde değişmesi nedeniyle dinamik mekânsal panel veri yaklaşımının kullanılmasıyla tutarlı-sapmasız sonuçlar elde edilebileceği gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Kalkınma, Dinamik Mekânsal Panel Veri.

1. GİRİŞ

Canlıların kendi aralarında ve diğer canlılarla olan ilişkilerinde dengeli / dinamik bir işleyişin mekanizması olarak tanımlanan çevre, havada / suda / toprakta yaşayan canlıların yaşamlarını sürdürmeye yarayan ve canlı-cansız varlıklardan oluşan yaşam destek sistemlerinin bütünü oluşturmaktadır. Diğer bir ifadeyle, yaşamsal faaliyetler üzerinde belirli bir süreç dâhilinde, dolaylı / dolaysız olarak biyolojik-kimyasal-fiziksel etkileri içinde barındıran çevre, devamlı bir şekilde üretim / tüketim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği yaşamsal sistemler olarak ifade edilmektedir. *Sanayi Devrimi*'nden önce pek önemsenmeyen çevre sorunları, sanayileşmeyle birlikte üretim / tüketim sonucu ortaya çıkan atık ürünlerden kaynaklı ekosistem üzerinde oluşan bozulum sorunsalının sürekli ve dengeli kalkınma çerçevesinde incelenmesi ve ortak sınır ilişkisine sahip ülkelerin-bölgelerin-kentlerin benzer politikalar gösterebilmesi nedeniyle mekânsal ilişkilerin gözetilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu kapsamda, çevre ve iklim temeline dayanan sürdürülebilirlik olgusunun makroekonomik değişkenlerle etkileşiminin ortaya çıkarılmasında gerçekleştirilen modelleme-tahminleme süreçlerinde kullanılan yöntem çeşitliği farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Modelleme ve tahminleme aşamalarında kullanılan en uygun ve etkin ekonometrik yöntemin tanıtılması fikrine dayalı olarak gerçekleştirilen çalışma, daha önce ele alınan klasik panel yöntemler veya yatay kesit / panel mekânsal yöntemler yerine dinamik sürecin

dâhil olduğu dinamik mekânsal panel veri yöntemini tanıtmakta ve bu yöntemin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara ait politika süreçlerinin tasarlanması ve etkinliklerinin sorgulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Model yapısına ilişkin hipotezlere dinamik etkiler ve mekânsal etkiler dâhil edilerek sürdürülebilirlik ve makroekonomik değişkenler arasındaki yapının değerlendirilmesi gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Ek olarak, yapılan literatür taraması sonucunda hem mekânsal ilişkilerinin gözetilerek çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesiyle ilgili hem de dinamik mekânsal panel veri yaklaşımı ile ilgili neredeyse yok denecek kadar az çalışmaya rastlanıldığından, çalışma kapsamında modele ilişkin ayrıntılı teorik bilgi verilerek hem sürdürülebilirlik hem de diğer alanlarda yapılması muhtemel çalışmalara yön gösterilmesi amaçlanmaktadır.

Küreselleşme ile teknolojik ve endüstriyel gelişmeler sonucunda kolay ulaşılabılır pazar yapılarının ortaya çıkması rekabet sürecinde artış yaratırken; doğal kaynaklar ve çevresel değerlerde azalma yaratmaktadır. İnsani-sınai faaliyetlerinin çevre üzerindeki negatif etkisi geleceğe dönük kaygılara sebep olması nedeniyle Brundtland (1987) raporunda, çevresel kaygıları dikkate alan, ekolojik denge ile ekonomik büyümeyi bir bütün olarak gören, kıt kaynakları etkin bir şekilde kullanımlarını sağlayan ve bugünkü ihtiyaçlar karşılanırken gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçların da karşılanabilmesini ifade eden sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya konmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, üretim süreçlerinin yanı sıra tüketim modelleri ve tüketicilerin farkındalığını artırmaya yönelik politika uygulamalarını da kapsamakta ve *insan-ekonomi-çevre* olmak üzere birbirini destekleyen üç farklı boyuttan oluşmaktadır.

Sürdürülebilirlik yaklaşımı, üretim süreçlerinin yanı sıra tüketim modelleri ve tüketicilerin bilinçlendirilmesine yönelik politika süreçleri ve uygulamaları kapsamaktadır. Kalkınma kavramı ise bir ülkenin iktisadi olarak üretilen nihai malların / hizmetlerin miktarındaki artışa ve tam istihdam altında kaynakların daha etkin kullanılmasıyla / yöne-

tilmesiyle üretimin artırılmasına paralel olarak, toplumun ekonomik ve sosyo-kültürel yapısındaki olumlu gelişmeleri / iyileşmeleri ifade etmektedir. Kalkınma kavramı niteliksel bir kavram (toplumun yaşam / refah düzeyi) olma özelliğine sahipken; büyüme niceliksel bir kavram olarak bilinmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde kalkınma, hızlı ve istikrarlı büyüme modelleriyle sağlanabilmektedir. Bir ülkenin üretim yapısını yüksek katma değerli ürünler üretecek şekilde dönüştürmesi, gelirin adaletli bir şekilde dağıtımı ve yaşam standartlarının yükseltilmesi olarak bilinen kalkınma kavramının amaçları arasında, daha yüksek katma değerli ürünler üretilmesi, yaşam standartların yükseltilmesi, istihdam olanaklarını artırılması, çalışma koşullarını iyileştirilmesi, çevreye en az tahribatın verilmesi, *iktisadi-siyasi-sosyal-uluslararası ilişkiler* bağlamında özgürlük düzeyini yükseltilmesi gibi tanımlar yer almaktadır. Bu çerçevede içinde, kalkınma kavramı yerine yoksulluk-eşitsizlik sorunlarıyla birlikte çevresel tahribatı da dikkate alan sürdürülebilir kalkınma kavramı, refah / yaşam düzeyinde azalma olmaksızın büyümedeki kısıt olarak da ifade edilebilmektedir (Pezzey ve diğerleri, 1989). Ülke ekonomilerindeki sürdürülebilir kalkınma politikası, kurumsal alt yapı, sermaye ve politika uyum eksiliği, çevre sorunları hakkında bilgi / tecrübe eksikliği, politika geliştirmede ve zaman-mekân-yöntem belirlemede yaşanan zorluklar, endüstriyel üretimin yüksek seviyelere çıkması, kamuoyunun katılımının sınırlı olması, politik uygulamalara karşı güvensizlik, kaynak ve uyum yetersizliği gibi sorunsallıkların yanı sıra az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde bulunan fiziki-beşeri altyapı yetersizliği ve sürekli iktisadi büyüme sağlama isteği nedeniyle sektöre uğramaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma, yoksulluğun sonlandırılması, açlığın sonlandırılarak gıda güvenliğini sağlanması, sağlıklı-refah içinde bir yaşam ortamının oluşturulması, nitelikli eğitimin-öğretimin artırılması, toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması, temiz su ve sanitasyonun sağlanması, temiz enerji erişilebilirliğinin sağlanması, tam-üretken istihdam ile verimliliği yüksek faaliyetleri destekleyerek sürdürülebi-

lır ekonomik kalkınmanın sağlanması, sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi, tüm alanlarda inovatif faaliyetlerin teşvik edilmesi, ülkeler arasındaki eşitsizliklerin azaltılması, güvenli-sürdürülebilir şehirlerin oluşturulması, üretim-tüketim modellerinin sürdürülebilir hale getirilmesi, iklim değişikliği ve etkileri için alınacak önlemlerin hızlandırılması, su kaynaklarının (tatlı su, nehir, deniz, okyanus gibi) korunması, ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlayarak biyolojik çeşitliliğin korunması, adalete erişimi sağlanması, kamu-özel kurumların denetleme mekanizmalarının geliştirilmesi, barışçıl-kapsayıcı toplumların tesis edilmesi ve sürdürülebilir kalkınma için küresel bir ortaklık sağlanması gibi hedeflerden / temellerden oluşmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma için yapılan tüm tanımların özünde, insan-ekonomi-çevre üçlüsü yer alırken, insan-ekonomi-çevre arasındaki dengeyi / uyumu korumaya yönelik amaçlar kapsamaktadır. Bu denge / uyum çerçevesinde, ekonomik alanda etkinliğin-verimliliğin artırılması, insani açıdan sosyal adalet-refah düzeyinin sağlanması ve çevre açısından kirliliklerin / atıkların bertaraf edilmesini amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma kavramının tanımları arasında; toplumların kalkınmayla birlikte yenilenebilir doğal kaynakların kullanılması ve çevresel kirliliği olabildiğince minimize edilmesi de yer almaktadır. Makale kapsamında, birinci bölümde çevresel sürdürülebilir kavramına değinildikten sonra ikinci bölümde ele alınan ekonometrik modelin teorik yapısı hakkında bilgi verilmekte ve son bölümde model yapısının kullanımının kavram üzerindeki etkinlik kazanımlarına değinilmektedir.

2. ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Atık azaltma, geri dönüşüm ve ürünlerin / hizmetlerin çevreye daha duyarlı şekilde tasarlanması kapsamında kirliliğin ortaya çıktıktan sonra yok edilmesi olarak tanımlanan “kirlilik kontrolü” yaklaşımları yerini “eko-verimlilik” yaklaşımlarına bırakmaktadır. Kirlilik kontrolü ile tasarım-üretim süreçlerinin sonucu olarak ortaya çıkan kirliliğin

azaltılması ekonomilere maliyet oluşturabilmektedir. Bu kapsamda, ürün / hizmet üretimi ile enerji / kaynak tüketimi arasında negatif yönlü ilişki olmasını savunan, çevresel verimliliği ön planda tutan ve çevresel etkilerin ortaya çıkmadan çözülmesi gerektiğini ifade eden ekoverimlilik yaklaşımı, ekonomilerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabilmesi noktasında önem arz etmektedir. Bu nedenle, kirlilik kontrol yaklaşımlarının aksine endüstriyel, kentsel, tarımsal vb. çevresel sorunları bir parametre olarak planlama süreçlerine dâhil eden ekoverimlilik yaklaşımı, kaynak maliyetlerinin azaltılmasına, kirlilik kaynaklarının önlenmesine yönelik metotlar ve çevre dostu ürünler aracılığıyla ekonomilerin üretim maliyetlerinin düşürülmesinin yanı sıra çevresel performansın artırılmasını da sağlayabilmektedir. Ürün-hizmet verimliliğinin artırılması, toksik maddelerin çevre üzerindeki yoğunluğunun azaltılması, geri dönüştürülebilirliğin iyileştirilmesi, yenilenemeyen kaynakların tüketiminin azaltılması ve ürün-yaşam döngüsünün iyileştirilmesi gerektiğini savunan ekoverimlilik yaklaşımı, endüstriyel sürdürülebilirliğin sağlanması ve ulusların sürdürülebilir kalkınmasının yönetilmesinde yardımcı olan stratejik-kilit bir alan olarak görülmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma kavramının teknolojik-ekonomik kalkınma bileşenlerini içinde barındırması ve çevreye karşı büyüme yerine çevre ve büyüme olgusunu beraber ele alması gerekmektedir.

Ekonomilerin üretim faaliyetleri, kaynakların verimli kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin artırılması ve temiz teknolojilerin yaygınlaştırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve rekabet koşullarına uyum sağlanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Küresel ekonomik ve çevresel krizlerin sürdürülebilir endüstriyel sistemlerine entegre edilmesi konusunda uluslararası çabalar artmaktadır. Bu kapsamda ortaya çıkan ekoverimlilik kavramı, ekolojik etkileri ve kaynak yoğunluğunu yaşam döngüsü boyunca aşamalı olarak azalmasını sağlayarak çevresel etkilerin dünyanın tahmini taşıma kapasitesine uygun bir düzeye çekilmesine olanak sağlamaktadır

(WBCSD, 2006). Küreselleşme ile birlikte artan ve kolay ulaşılabilir hale gelen teknolojik ve endüstriyel gelişmeler sonucunda ortaya çıkan rekabet süreci, doğal kaynaklar ve çevresel değerlerde azalma yaratmaktadır. Ekonomik ve çevresel verimliliği ön planda tutan eko-verimlilik uygulamaları, çevresel etkilerin ortaya çıktıktan sonra değil, kaynağından önlenmesini amaçlamaktadır.

Sanayi Devrimi ile birlikte fosil yakıtlarının kullanılması atmosferdeki sera gazı salınımını artırarak çevre kirliliği ve iklim değişikliği sorununu ön plana çıkarmaktadır (Dereli ve diğerleri, 2019). Küresel sorun haline gelen iklim değişikliği sonucunda çevresel tahribatın azalmasına ve sürdürülebilir kalkınmanın kazanımlarının artırılmasına neden olan kamusal-sektörel boyutta kararların ve önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu kapsamda, doğal kaynakların ihtiyaç dâhilinde kullanılarak maksimum üretim yapılmasını içeren eko-verimlilik, çevresel tahribat ile mücadele etme de önemli rol oynamakta ve toplumu olumlu yönde etkileyebilmesi nedeniyle teknolojik gelişme ve ekonomik-sosyal kalkınma ile yakın bir ilişki göstermektedir (Barduchi ve diğerleri, 2020). Toplumların kaynak üretme-tüketme biçimindeki temel değişikliklerin teşvik edilmesi ve yeşil büyümedeki ilerleyişin ölçülmesinde temel parametre olarak tanımlanan eko-verimlilik kavramı, doğal kaynakların kullanımı açısından ekonomik aktivitelerin verimliliğini ifade etmede önemli bir rol oynamaktadır.

Modern toplumlara geçiş aşamasında önemli bir etmen olarak kabul edilen inovasyon, sürdürülebilir kalkınma ve sosyal gelişim / değişim ile ilişkilendirilirken tarihsel süreçte değişime uğrayarak, son dönemlerde teknolojik aktivitelerde yaşanan dönüşümle birlikte çok daha geniş bir anlam yelpazesine sahip olmaktadır (Mota ve Scott, 2014). Inovasyon sürecinde çevreye duyarlı olunmasının yanı sıra diğer faaliyetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması ve mümkünse ortadan kaldırılması amaçlanırken, inovasyonun hem ticarileştirilebilir hem de değer yaratma boyutunun tüketiciye yönelik olmasından dolayı inovasyon faaliyetlerinin amaçlara ulaşarak rekabet gücü sağlaması beklenmektedir.

Bu nedenle, günümüzde hem ihtiyaç ve beklentilerin değişmesi hem de ulusal / uluslararası düzenlemeler sonucunda “ekolojik / sürdürülebilir inovasyon” esaslı tanımlarla ifade edilen eko-inovasyonun odağında tüketici ve çevre beraber ele alınmaktadır. Çevresel etkileri minimal seviye indiren, sürdürülebilir çözümlere odaklanan ve küresel çevresel problemlerin çözümünde etkili bir yaklaşım olarak kabul edilen eko-inovasyon kavramı, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında önem arz etmektedir. İlgili alternatiflere göre çevresel gelişmelere öncülük eden yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş ürün-hizmet-süreç-pazarlama-organizasyonel-kurumsal düzenlemelerin oluşturulması-uygulanması olarak tanımlanan eko-inovasyon; sürdürülebilir gelişme hedefine ulaşma amacı güden her türlü kayda değer yenilikçiliği kapsamaktadır. Diğer bir ifadeyle, çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi hedeflenmekte ve enerji dâhil olmak üzere doğal kaynakların daha verimli ve sorumlu bir şekilde kullanılması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilirlik olgusu çerçevesinde hem teknoloji hem de tüketim modellerinde eko-inovasyon kilit bir rol oynamaktadır (Jang-Hwan Jo ve diğerleri, 2015).

İnsani ve sınıai faaliyetlerin süreç içerisinde giderek artması doğanın kendini yenileyebilmesine engel teşkil ederken, çevresel tahribatın azaltılması ve işletme-ülke düzeyinde sürdürülebilir faydanın sağlanması için çözüm olarak sunulan eko-inovasyon uygulamaları işletme/ülke düzeyinde yeni / geliştirilen ürün-süreç-pazarlama stratejilerini uygulanmasıyla birlikte çevresel etkilerin azaltılmasını ifade etmektedir (Fussler ve James, 1996). Çevresel inovasyon kavramı olarak da ifade edilebilen eko-inovasyonun, işletme-pazar için yeni / geliştirilmiş ürün ve hizmetlerin üretim sürecinde çevresel kaynak kullanımını azaltması (Arundel ve Kemp, 2009), ilgili alternatiflerine göre çevresel gelişmelere öncülük eden ürün-hizmet-süreç-pazarlama-organizasyonel düzenlemelerin uygulanması (OECD, 2009) ve ürün-hizmet süreçlerine ek olarak doğal kaynak kullanımının (malzeme, enerji vb. gibi) ve ürün yaşam döngüsü boyunca toksik maddelerin azaltılması (EIO,

2012) olmak üzere farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Çevresel bozulmaları önlenmesi / azaltılması için yeni veya geliştirilmiş süreç-teknik-uygulama-sistem düzenlemelerinden oluşan eko-inovasyon, maliyetlerin azalmasına ve kalitenin sağlanmasına neden olmakta ve çevresel faydayı, tüketici-üretici için değer yaratacak şekilde sentezlemektedir. Ulusal ve yerel düzeyde çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olan ve çevresel yükün azalmasına katkıda bulunan yeni fikir-davranış-ürün-süreç düzenlemelerini kapsayan eko-inovasyon kavramı, endüstriyel faaliyetlerin çevresel beklentilere uyumlu hale getirilmesiyle birlikte başarıya ulaşabilmektedir. Çevresel düzenlemelerin getirdiği çevresel yatırımlar, ekonomiler tarafından maliyetli görülmeyle birlikte, eko-inovasyon uygulamaları ve inovatif çözümlerle birlikte kaynak-enerji verimliliği sağlanarak çevresel yatırımların neden olduğu maliyetler azaltılabilmektedir (Porter ve Linde, 1995). Bu nedenle, eko-inovatif uygulamalar ekonomik tasarrufların yanı sıra kaynakların tasarruf edilmesini sağlayarak çevresel faydaları beraberinde getirebilmektedir (OECD, 2012). Eko-inovasyon mevzuatlarının düzenlenmesi ve uygulanması, pazar odağının artırılması ve teknolojinin geliştirilmesiyle birlikte ulusal çevresel performans artabilmektedir. Ulusal ekonomik büyümeye odaklanılması, kaynakların tükenmesine, çevre kirliliğine ve sosyal adaletsizliğe neden olabilmekteyken; üretim süreçlerinin neden olduğu negatif dışsallıkların önlenmesi için eko-inovasyon, kavramının önemi artmaktadır. Bu kapsamda, ulusal düzeyde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine gerçekleşmesine katkıda bulunabilen eko-inovasyon uygulamalarının faaliyete geçirilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltımına, kaynakların daha efektif kullanımına, geri dönüştürülebilirliğin artırılmasına, çevresel zarar minimum seviyede olan ürün / hizmet / süreç üretimine katkıda bulunarak yerel ve ulusal düzeyde kalkınmanın gerçekleşmesine destek olabilmektedir. Ekonomik büyümeye odaklanma eğilimi ardından ortaya çıkan kaynak tükenmesi, çevre kirliliği ve sosyal adaletsizlik gibi sorunsallıkları gidermek için eko-inovasyonun gelişiminin nicel

olarak ortaya çıkarılması ve sürdürülebilir kalkınma planlarına dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, eko-inovasyon ülke düzeyinde, göstergeler ve puan değerlerinden oluşan ve ülkeler arasında kıyaslamalara yardımcı olan endeksler veya skor tabloları ile ölçülebilmekteyken, eko-inovasyonun eğilimlerinin belirlenebilmesi ülkeler arasındaki güçlü-zayıf yönler hakkında politik aktörlere bilgi verebilmektedir. Eko-inovasyon faaliyetlerinde daha hassas etki analizleri yapılabilmesi nedeniyle eko-inovasyon, sektör, firma düzeyinde belirlenmesinin yanı sıra mekânsal ilişkiler gözetilerek bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeylerde de ölçülebilmektedir (Schiederig ve diğerleri, 2012).

Makale kapsamında, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının (eko-verimlilik ve eko-inovasyon) tahminleme-ölçümlendirme süreçlerinde, yerel ve ulusal düzeyde bölgelerin-kentlerin-ülkelerin, iktisadi-siyasi-sosyal alanlarda ortak politikalar altında hareket edebilmesi nedeniyle mekânsal ve/veya sınırlı ilişkilerinin dâhil edilmediği ekonometrik yöntemlerin bulgularının yanlış sonuç ve önermeler ortaya çıkardığı vurgusu yapılmaktadır. Bu çerçevede, zaman içinde her bir mekânsal birimlerin üzerindeki gözlemler arasında serisel bağımlılığı barındırması, zamanın her noktasındaki gözlemler arasında mekânsal bağımlılığı buldurması, gözlemlenemeyen mekânsal ve/veya zaman dönemine özgü etkilere sahip olması, mekân ve/veya zaman yapılarının gecikmesi alınmasıyla birlikte daha fazla bağımsız değişkenlerin içselliği içerebilmesi ve açıklayıcı değişkenlerin kısa dönemdeki etkilerini de analiz sürecine dâhil etmesi nedeniyle mekan-zaman boyutlu dinamik yapıdaki mekânsal model tahmincilerinin yapılarının tanıtılması amaçlanmaktadır. Ülkelerin / kentlerin / bölgelerin çevresel sürdürülebilirlik düzeylerinin belirlenmesinde daha kapsayıcı, tutarlı ve sapmasız sonuçlar elde edilmesi için diğer ekonometrik yöntemlere göre dinamik mekânsal panel model tahmincilerinin kullanımının çevresel sürdürülebilirliğin belirlenmesi aşamasının yanı sıra ülke-kent-bölge şeklinde ifade edilen konum bazlı tüm panel çalışmalarında kullanımının önemi vurgulanmaktadır.

3. ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTE MEKÂNSAL ETKİNİN ÖNEMİ

Mekânsal etkileşim ve mekânsal heterojenlikten kaynaklanabilen mekânsal etki hem coğrafik hem de sosyoekonomik uzaklıklar nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Le Gallo, 2002). Mekânsal etkileşim, uzaysal / konumsal alanda olan bir noktanın başka bir konumda olan nokta ile arasındaki etkileşim olarak tanımlanmaktadır (Anselin 1988: 11). Baz alınan konuma bağlı olarak ortaya çıkan ve baz alınan konum ile komşu konum arasındaki ilişkiyi tanımlayan mekânsal etki, yatay kesit bağımlılığı kapsamında komşu konumdaki korelasyonu ifade eden mekânsal bağımlılığa (oto-korelasyon) ve yatay kesit heterojenliği kapsamında ilgilenilen değişkenin bir konumdan diğerine sabit olmayan varyansını ifade eden mekânsal heterojenliğe sahip olabilmektedir (Anselin ve diğerleri, 2008: 5).

Bu kapsamda, mekânsal birimlerin homojenlikten uzaklaşmasına neden olan mekânsal heterojenlik, ilgilenilen alan üzerindeki noktalar da farklı ilişkinin gözlenmesi olarak tanımlanabilmekteyken, doğrusal regresyon modelinde, $i = 1, 2, \dots, n$ gözlemleri için $(1 \times K)$ boyutlu açıklayıcı değişken matrisi x_i , bağımlı değişken vektörü y_i , parametre vektörü β_i ve hata terimi ε_i olmak üzere mekânsal heterojenlik $y_i = f_i(x_i\beta_i, \varepsilon_i)$ şeklinde ifade edilebilmektedir (Lesage, 1999: 7). Rassal değişkenin komşu konumlarda gözlenen değerleri arasındaki korelasyonun sıfırdan farklı olması mekânsal otokorelasyon olarak ifade edilmekteyken (Darmofal, 2006:6), i ve j konumları arasındaki korelasyona $Cov(y_i, y_j) = E(y_i y_j) - E(y_i)E(y_j) \neq 0, \forall i \neq j$ ifadesi ile ulaşılabilmektedir. Ek olarak, i ve j konumları arasındaki korelasyon sıfırdan farklı olması durumunda mekânsal açıdan ilişki (değer benzerliği ile konum benzerliğinin uyumlu) olduğu söylenebilmektedir. Rassal değişken için düşük / yüksek olan değerlerin kümelenme eğiliminde olduğu pozitif mekânsal oto-korelasyon, baz alınan konunun komşu konumlar tarafından çok farklı değerler ile çevrelenmiş

olduğu negatif mekânsal otokorelasyon ve değer dağılımlarının belirli bir kalıba uymadığı ve mekânsal otokorelasyondan söz edilemediği rassallık durumu olmak üzere üç farklı mekânsal otokorelasyon bulunmaktadır (Terzioğlu ve diğerleri, 2020).

Mekânsal ekonometride konumdan kaynaklı ilişki yapısı coğrafi ağırlıklandırma veya sosyo-ekonomik ağırlıklandırma teknikleriyle matris formu kullanılarak gösterilebilmektedir. Bu nedenle mekânsal etkileşimi belirleyebilmek için kurulan ekonometrik modele mekânsal bağıntının dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu durum, gözlemler arasında mekânsal etkileşim modellenmesi nedeniyle her bir gözlemin bir dizi komşu gözlemlerle bağlantılı olduğu ve dışsal mekânsal kalıba uygun olan mekânsal ağırlık matrisiyle sağlanabilmektedir. Bu kapsamda, sonlu-negatif olmayan, stokastik bir süreç içeren ve $N \times N$ boyutlu simetrik-kare olan pozitif mekânsal ağırlık matrisinde (\tilde{W}) satır elemanı i konumu ile sütun elemanı j konumu arasındaki etkileşimin gücü, \tilde{w}_{ij} elemanı ile gösterilmektedir. Gözlemler arasındaki ilişkinin gücü mekânsal ağırlık yapısı ile ifade edilmekteyken, i ve j konumları komşu ise $\tilde{w}_{ij} = 1$, komşu değilse ise $\tilde{w}_{ij} = 0$ olarak elde edilmektedir (Lesage, 1999:11). Mekânsal ağırlık matrisinin, baz alınan bölge/konumun kendini etkileyememesi nedeniyle köşegen elemanlarının sıfır (0) olması ve daha fazla komşuya sahip olan konumların genel ağırlıklarının yüksek çıkmaması nedeniyle standardize edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, satırları standardize edilmiş komşuluk matrisi mekânsal ağırlık matrisi $w_{ij} = \tilde{w}_{ij} / \sum_j \tilde{w}_{ij}$ şeklinde elde edilebilmekteyken, mekânsal ağırlık matrisinin standardize edilmesi otoregresif parametrelerin ve mekânsal bağlantı katsayısının ölçülmesinde ve yorumlanmasında avantaj sağlayabilmektedir (Getis ve Aldstadt, 2004: 92-93). Ek olarak, mekânsal etkinin, doğrudan, dolaylı ve toplam etkilerinin ortalama değerleri belirlenmek istenmesi durumunda standardize edilmiş mekânsal ağırlık matrisi daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Lesage ve Pace, 2014).

İlgilenilen birimlerin özelliğine göre ortak sınır paydaşlığı veya belli bir mesafedeki gözlemlerin mekânsal düzenlemesine dayanan coğrafi ağırlıklandırma, sınırdaşlığa ve uzaklığa bağlı olarak oluşturulmaktadır. Bu kapsamda uzaklığa bağlı ağırlıklar, mekânsal birimler arasındaki ortak sınırın nispi uzunluğuna ya da bu birimler arasındaki mesafeye göre belirlenen uzaklık azalan fonksiyonu ile gösterilmektedir (Anselin, 1988: 20). Sınırdaş olmayan birimlerin kullanılmaması durumunda, enlem-boylam temelli mesafeye dayalı komşuluğun kullanımı tercih edilmektedir. Bu kapsamda i ve j birimleri arasındaki mesafeyi d_{ij} göstermek üzere uzaklığa dayalı ağırlık matrisi $w_{ij} = f(d_{ij})$ şeklinde ifade edilebilmektedir. Sınırdaşlığa bağlı ağırlıklandırmalarda mekânsal birimler arası ilişki, sınırların ayırt edilebilir harita üzerinden konuma dayalı olarak belirlenmesiyle oluşturulmaktayken, ortak sınıra sahip alanlar ve birbirini çevreleyen alanlar için bitişik alanların ortak kenar paylaşması üzerine kurulan kale komşuluğu, bitişik alanların ortak bir köşe paylaşması üzerine kurulan fil komşuluğu, bitişik alanların ortak bir kenar ve köşe paylaşması üzerine kurulan vezir komşuluğu olmak üzere üç komşuluk tanımı gösterilmektedir. Ek olarak, mekânsal ilişkilerinin uzak olması durumunda açıklayıcılığını yitirmesi nedeniyle mekânsal ağırlık matrisinin ortak köşe ve kenarın paylaşılması anlamına gelen vezir komşuluğu düzenine göre oluşturulması daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Terzioğlu ve diğerleri, 2020).

3.1. Mekânsal Yatay Kesit Modellemesi

Ekonometrik modellerin çözümlenmesini engelleyen konumsal ilişkilerin neden olduğu etkilerle ilgilenen tekniklerin oluşturulması olarak tanımlanabilen mekânsal ekonometrinin (Anselin 1988: 7), kesitsel ekonometrik analizlerinden kullanılan ve mekânsal etkileşimlere sahip olan basit doğrusal modeli; $u = \lambda W_2 u + \varepsilon$ ve $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$ olmak üzere $y = \rho W_1 y + a_N + W_1 X \theta + X \beta + u$ şeklinde ifade edilebil-

mehtedir. Modelde, y , bağımlı değişkenin vektörü olarak ifade edilmekteyken, X, β ile açıklayıcı değişkenlerin ilişkili bir parametre vektörünü ve ε , rassal hataların bir vektörü olarak tanımlanmaktadır. Hata terimi u , sabit varyans (σ^2) ile bağımsız-özdeş dağılmaktadır. Mekânsal ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla modele dâhil edilen W_1 mekânsal ağırlık matrisini ifade etmekteyken, W_{ij} olması durumunda i konumun j konumu ile arasındaki karşılıklı mekânsal bağımlılığı olarak tanımlanmaktadır. Ek olarak model, herhangi bir mekânsal birimin bağımlı değişkeni, modelde bulunan diğer değişkenlerin bağımlı değişkenine bağlı olması durumunda hem içsel etkileşim etkilerini ($\rho W_1 y$) hem de belirli birimlerin bağımlı değişkeni diğer değişkenlerinin açıklayıcı değişkenlerine bağlı olması dışsal etkileşim etkilerini ($W_1 X \theta$) içermektedir (Elhorst, 2014: 7-8).

Mekânsal bağımlılık; mekânsal korelasyona dayanan mekânsal gecikme bağımlılığı ve hata teriminde gözlenen mekânsal korelasyona dayanan mekânsal hata bağımlılığı olmak üzere farklı yapılarda görülebilmektedir. Bu kapsamda, ilişki yapısının farklı şekillerde gözlemlenmesi mekânsal model spesifikasyonları arasında ayırım yapılmasını kolaylaştırmaktadır. Bağımlı değişkendeki mekânsal korelasyonu açıklayan, kurulan modelinin spesifikasyonu için komşuluk etkisinin önemini vurgulayan ve bağımlı değişkende görülen mekânsal dışsallığa dayanan mekânsal gecikme modeli (SAR) modelinin, matematiksel formu; $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$ olmak üzere

$$y = \rho W_1 y + a_N + X \beta + \varepsilon$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Modelde, y , $N \times 1$ boyutlu kesit birimlerden oluşan bağımlı değişken vektörünü, X , $N \times K$ boyutlu açıklayıcı / bağımsız değişken vektörünü, W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumunu ifade eden $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini, β , $K \times 1$ boyutlu parametre vektörünü ve ε rassal hata terimini göstermektedir. Hata terimi ε , sabit varyans σ^2 ile bağımlı-

sız-özdeş dağılmaktadır. ρ , kurulan modele ilişkin mekânsal bağımlılığın derecesini ölçmekteyken, mekânsal gecikme modellerinde, W mekânsal ağırlık matrisinin içsel etkileşim etkisini ölçebilmek amacıyla ρ ve W değerlerinin çarpımlarının modele dâhil edilmesi gerekmektedir (Anselin, 1988: 8). Kurulan model kapsamında, ρ değerinin anlamlı çıkması içsel etkilerin var olduğu söylenebilmekteyken, pozitif çıkması durumunda, baz alınan konumdaki içsel değişkendeki bir değişikliğin baz alınan konumdaki açıklayıcı değişkeni değiştirmekten ziyade komşuluk ilişkilerinin bulunduğu konum / konumlarında açıklayıcı değişkenlerinde değişimine neden olabilmektedir. Ek olarak, ρ katsayısının negatif çıkması durumunda ters yöndeki bir mekânsal ilişkiden bahsedebilmekteyken, $\rho \neq 0$ olması durumunda modelin içsel etkiyi içerdiği söylenebilmektedir. Hata terimindeki mekânsal bağımlılığı açıklayan ve gözlenemeyen gizli değişkenlerin mekânsal korelasyonlu olması durumundan toplanan değişkenlerin komşuluk yapısını doğru yansıtması durumunda ortaya çıkabilen mekânsal hata modeli (SEM), açıkça modellenemeyen, gözlem birimleri boyunca dağılım gösteren ve hata terimlerinde mekânsal korelasyona neden olan şokları ve bilinmeyen etkileri varsaymaktadır.

Bu kapsamda, mekânsal hata modelinin notasyonu

$$u = \lambda W_2 u + \varepsilon \text{ ve } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

olmak üzere

$$y = a_N + X\beta + u$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Modelde, y , $N \times 1$ boyutlu kesit birimlerden oluşan bağımlı değişken vektörünü, X , $N \times K$ boyutlu açıklayıcı / bağımsız değişken vektörünü, W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumun ifade eden $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini, β , $K \times 1$ boyutlu parametre vektörünü ve ε rassal hata terimini göstermektedir. Hata terimi ε , sabit varyans (σ^2) ile bağımlı

sız-özdeş dağılmaktadır. λ , baz alınan konumun hata terimi ile komşuluk ilişkilerinin bulunduğu konumların hata terimleri arasındaki mekânsal bağımlılığın derecesini ölçmekte ve mekânsal oto-korelasyon katsayısını belirleyebilmektedir, genellikle birden küçük değer almaktadır. Bu kapsamda, $\lambda \neq 0$ olması durumunda model mekânsal ilişkili etkiyi içerdiği şeklinde bahsedilebilmektedir, kurulan model kapsamında gözlemlenemeyen (modellenemeyen) bir değişkenin mekânsal bağımlılığa sahip olduğu anlamına gelebilmektedir.

Mekânsal yapıya sahip konumların mekânsal etkileşimde bulunduğu diğer konumlara ait bağımlı-bağımsız değişkenlerin etkisini eş zamanlı bir şekilde dikkate alarak, etkileşimin değerini belirleyebilen ve mekânsal ağırlıklı terimlere ait açıklayıcı değişkenlerin mekânsal gecikme modeline (SAR) dâhil edilmesiyle elde edilen mekânsal Durbin modelinin (SDM), notasyonu; $u = \lambda W_2 u + \varepsilon$ olmak üzere

$$y = \rho W_1 y + a_N + W_1 X \theta + X \beta + u$$

şeklinde belirlenebilmektedir.

Modelde, y , $N \times 1$ boyutlu kesit birimlerden oluşan bağımlı değişken vektörünü, X , $N \times K$ boyutlu açıklayıcı / bağımsız değişken vektörünü, W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumunun ifade eden $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini, β , $K \times 1$ boyutlu parametre vektörünü ve ε rassal hata terimini göstermektedir. Mekânsal Durbin modellerinde (SDM), ρ ve θ parametreleri mekânsal yayılma etkilerinin gücünü ölçmekteyken $\rho \neq 0$, $\lambda = 0$ ve $\theta \neq 0$ olması durumu modelin içsel-dışsal etkiyi aynı anda içerdiği anlamına gelmektedir. Ek olarak, mekânsal Durbin modellerinde (SDM), içsel-dışsal etkilerin eş zamanlı göstermesi nedeniyle diğer mekânsal modellere karşın daha sapmasız ve tutarlı tahminler yapılabilmektedir (Elhorst, 2010).

Mekânsal hata terimi (SEM) ile mekânsal gecikmeli (SAR) bir bağımlı terim içeren ve açıklayıcı / bağımsız değişkenin aldığı değer

doğrudan mekânsal ilişkinin bulunduğu konumlardan kaynaklandığını ifade eden genel mekânsal modelinin (SAC) notasyonu;

$$u = \lambda W_2 u + \varepsilon \text{ ve } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$$

olmak üzere

$$y = \rho W_1 y + a_N + X\beta + WX\theta + u$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Modelde, y , $N \times 1$ boyutlu kesit birimlerden oluşan bağımlı değişken vektörünü, X , $N \times K$ boyutlu açıklayıcı/bağımsız değişken vektörünü, W , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumun ifade eden $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini, β , $K \times 1$ boyutlu parametre vektörünü ve ε rassal hata terimini göstermektedir. Hata terimi u_{it} , sabit varyans σ^2 ile bağımsız-özdeş dağılmaktadır. ρW_1 , açıklayıcı/bağımsız değişkenler arasındaki içsel etkiyi ifade etmekten, λ mekânsal etkileşimin derecesini ölçmektedir. Modelde, mekânsal etkileşimde bulunan konumların ortalama mekânsal karakteristik özelliklerini ifade eden WX değişkeni ise karar vericiler arasındaki dışsal etkiyi göstermekten, W_2 değişkeni ise komşuluk ilişkilerin olduğu konumların arasındaki mekânsal bağımlılığı göstermektedir. Ek olarak, mekânsal Durbin modellerinden (SDM) farklı olarak genel mekânsal modellerinde (SAC), hata terimleri arasındaki mekândan kaynaklanan etki de çözüm sürecine dâhil edilmekten $\rho \neq 0$, $\theta = 0$ ve $\lambda \neq 0$ olması durumunda mekânsal etkiden söz edilmektedir.

Mekânsal etkilerin söz konusu olduğu modelleri tahmin edebilmek için öncelikle mekânsal bağımlılığın / etkileşimin modele, mekânsal gecikme / hata olarak dâhil edilmesinin belirlenmesi gerekmektedir. Mekânsal stokastik süreçte mekânsal oto-korelasyonun şiddetini ölçen Moran-I testi, mekânsal ekonometride spesifikasyon testlerinin temelini oluşturmakta ve en küçük kareler (EKK) tahminlerinin hata

terimlerine göre belirlenmektedir. Mekânsal bağımlılık türlerinin çoğunluğuna karşı güçlü bir yapıya sahip olan Moran-I testinin, alternatif hipotezleri bağımlılık yapısının tüm türleri için tutarlı sonuçlar vermemektedir. Standardize edilmiş mekânsal bağlantı matrislerinde de kullanılabilen ve parametrik test olarak bilinen Moran-I testi, \bar{x} , x değişkenin ortalamasını, W_{ij} , mekânsal etkileşimin olduğu birimlerin komşuluk durumun gösteren $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini ve S_0 ağırlık matrisi elemanları toplamını

$$(S_0 = \sum_i^n \sum_j^n W_{ij})$$

ifade etmek üzere,

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i^n \sum_j^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

formülü ile hesaplanmaktadır (Gumprecht, 2007: 16).

Moran I test istatistik değerlerinin -1 olması durumunda hata terimleri arasında ters yönlü bir mekânsal bağımlılık olduğunu ifade eden negatif mekânsal oto-korelasyondan, +1 olması durumunda ise hata terimleri arasında doğrusal bir mekânsal bağımlılık olduğunu belirten pozitif mekânsal oto-korelasyondan bahsedilmektedir. Lokal istatistikler (LISA), her bir konum için ayrı bir katsayı türeten istatistikler olarak bilinmekten, her gözlem için LISA, gözlemlerin etrafında benzer değerlerin belirgin mekânsal kümelenmesinin ölçümünü göstermektedir (Yücel, 2021). Ek olarak, tüm gözlemler için LISA'ların toplamı mekânsal bağımlılığın global istatistiğini vermektedir, LISA istatistikleri belirleyebilmek için Moran I istatistiği kullanılması gerekmektedir. Mekânsal bağımlılığın lokal Moran I istatistik değerinin pozitif olması, bir konumun yüksek ya da düşük değerler açısından kendisiyle benzeşen komşulara sahip olduğunu göstermekte ve bu durum mekânsal kümelenmeyi ifade etmektedir.

Gözlem sayısını N , LISA değerini

$$I_i = \frac{Z_i}{m_2} \sum w_{ij} Z_j,$$

ve Z_i , konumlarını,

$$m_2 = \frac{\sum Z_i^2}{N}$$

göstermek üzere, Local Moran I (LISA) test istatistiği;

$$I = \frac{\sum I_i}{N}$$

şeklinde belirlenmektedir. Tek bir parametrenin önemini veya parametre vektörünün ortak anlamını test edebilmek amacıyla uygulana-bilen Wald testinde, mekânsal otoregresif parametresi λ 'nin önemi; $Wald = \hat{\lambda}^2 / \hat{v}_\lambda$ şeklinde hesaplanmaktadır.

Modeldeki tüm parametrelerin ortak önemi test edilmesi durumunda; $Wald = g' [G'VG']^{-1} g$ kullanılmaktadır. Hem kısıtlandırılmış hem de kısıtlandırılmamış modeller için logaritmik olabilirlikler değerlerini kullanan olabilirlik oran (LR) testi;

$$LR = 2[\ln L(\theta) - \ln L(\theta_r)]$$

şeklinde belirlenmektedir Kısıtlandırılmamış modellerden gelen bilgileri kullanan Lagrange Çarpanı (LM) testi;

$$LM = \frac{(e' W e / s^2)^2}{T}$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Yücel, 2021).

Asimptotik olarak dağılm gösteren Wald, Olabilirlik Oranı (LR) ve Langrange Çarpan (LM) test istatistikleri, test istatistik değerlerinin sonlu örnekler olması durumunda $W \geq LR \geq LM$ şeklinde sıralana-bilmektedir (Anselin, 1988: 72).

3.2. Mekânsal Panel Veri Modellemesi

Kesitsel ekonometrik yaklaşım süreç-zaman içerisinde ve mekânsal / yapısal heterojenlikten kaynaklanan kümelenmeleri belirleyebilmek için yeterli olamamaktadır. Bu kapsamda kesitsel ekonometrik verilerdeki temel anlamda mekânsal / davranışsal etmenlerin tanımlanmasının zor olması nedeniyle verilerdeki zaman boyutunu içeren, mekânsal ilişkilerin hakkında daha kapsamlı bilgiler sunan, daha verimli parametre tahminler sağlayan ve kesitsel heterojenliği kontrol edebilen panel veri modellerinin (Baltagi, 2005), mekânsal etkileşimlerle entegre edilmesi mekânsal dinamikleri keşfedebilmek için daha iyi olanak sağlayabilmektedir. Ek olarak panel veri yöntemlerinin zaman içerisinde ekonometrik metodolojinin her konusunu kapsayacak şekilde genişlemesi nedeniyle (Arellano, 2003: 2), mekânsal ilişkilerin kesit-zaman bağlamında tahmin edilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu kapsamda havuzlanmış panel veri modeline ait matematiksel form

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \varepsilon_{it}$$

şeklinde belirlenmektedir. Notasyonda, $i = 1, 2, \dots, N$ yatay kesit boyutunu, $t = 1, 2, \dots, T$ zaman boyutunu göstermekteyken, X_{it} , $NT \times K$ boyutlu açıklayıcı / bağımsız değişkenler matrisini, β , $K \times 1$ boyutlu katsayılar vektörünü ve ε_{it} , $NT \times 1$ boyutlu hata terimini ifade etmektedir. Bu kapsamda konular / komşular arasındaki mekânsal etkileşimi gösteren mekânsal işlemcisi W , eklenmesiyle elde edilen notasyon $W_{NT} = I_T \otimes W_N$ şekline dönüşmektedir. Modelde, W_N , $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini, I_T , T boyutlu birim matrisini ve \otimes Kronecker çarpımını ifade etmekteyken, işlem sonucunda $N \times N$ boyutlu yatay kesit için oluşturulan mekânsal ağırlık matrisi yatay-kesit düzlemi kapsamak amacıyla $NT \times NT$ formuna dönüşmektedir. Ek olarak, mekânsal ağırlık matrisini panel veri analizlerinde kullanılması durumunda komşuluk ilişkinin zaman içerisinde değişmemesi nedeniyle mekânsal ağırlıkların zaman boyunca sabit kaldığı varsayılmak-

tadır. Mekânsal gecikmeli panel veri modellerinin notasyonu;

$$Y_{it} = \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} y_{jt} + x_{it} \beta + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

şeklinde ifade edilmektedir (Anselin ve diğerleri, 2008: 6). Modelde ρ , mekânsal bağımlılığın katsayısını ölçmekteyken; W_{ij} , her biri $i \neq j$ olmak üzere ülkelerin sınır komşuluk ilişkisi olması durumunda 1 olmaması durumunda 0 olarak ayarlanan standardize edilen ve mekânsal ilişkiyi gösteren mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Bu kapsamda, mekânsal hata panel veri notasyonu; $u_{it} = \lambda \sum_{j=1}^N W_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it}$ olmak üzere $Y_{it} = x_{it} \beta + \mu_i + u_{it}$ şeklinde belirlenebilmektedir (Anselin ve diğerleri, 2008:8). Modelde, λ , mekânsal hata otoregresif parametresini göstermekteyken; W_{ij} , her bir birim için $i \neq j$ olmak üzere ülkelerin sınır komşuluk ilişkisi olması durumunda 1, olmaması durumunda 0 olarak ayarlanan standardize edilen ve mekânsal ilişkiyi gösteren mekânsal ağırlık matrisini ifade etmektedir. Ek olarak, hata terimi u_{it} , sabit varyans σ^2 ile bağımsız-özdeş dağılmaktadır.

Panel veri modelleri için modeldeki sabit katsayılarda meydana gelen değişimlerin hem birim hem de zamana göre değişiklik göstermesi olarak bilinen *sabit etkiler modeli* mekânsal forma dönüştürülebilmektedir. Baz alınan konumlar arasındaki mekânsal etkileşimi gösteren mekânsal ağırlık matrisinin (W) modele dâhil edilmeden mekânsal etki, sabit etkiler sayesinde panel veri modellerinde incelenebilmekteyken, mekânsal etkinin komşuluk ilişkiden mi yoksa hata terimlerinde kaynakladığı belirlenememektedir. Bu çerçevede, sabit etkili mekânsal panel veri modeli; $Y_{it} = x_{it} \beta + \mu_i + \varepsilon_{it}$ notasyonu ile ifade edilmektedir (Elhorst, 2003).

Sabit etkili panel veri modelleri, içerdikleri mekânsal bağımlılık türüne göre sabit etkili mekânsal gecikme ve sabit etkili mekânsal hata ve sabit etkili mekânsal Durbin modeli olmak üzere sınıflandırılabilir. Bu kapsamda, sabit etkili mekânsal gecikmeli modeli

$$y = \rho W y_t + x_t \beta + \mu + \varepsilon_t,$$

sabit ekili mekânsal hatalı modeli

$$y_t = x_t\beta + \rho W y_t + \mu + u_t, u_t = \lambda W u_t + \varepsilon_t$$

ve sabit etkili mekânsal Durbin modeli;

$$y_t = \rho W y_t + x_t\beta + W X_t\theta + \mu + \varepsilon_t$$

şeklinde formüle edilmektedir (Elhorst, 2003: 249-250).

Birim ve zaman etkileri tesadüfi etkiler modellerinde hata terimi bileşeni olarak bulunmaktayken, modellerdeki, gözlemlenemeyen birim-zaman etkilerinin hata teriminde olduğu varsayılmakta ve birim-zaman etkilerinin açıklayıcı değişkenlerle ilişkili olmadığı kabul edilmektedir. Tesadüfi etki analizlerin gerçekleşebilmesi için μ_i ve x_{it} 'in ortogonal olması

$$(E(\varepsilon_{it}) E(\mu_i/X_i) = E(\mu_i) = 0)$$

ve katı dışsallık

$$(E(\varepsilon_{it}/X_i'\mu_i) = 0, t = 1,2,3, \dots T)$$

varsayımlarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Modele dâhil edilmediğinde tanımlama hatasına neden olan gözlenemeyen değişkenlerin modelin hata teriminde içeren ve gözlenemeyen değişkenlerin bağımsız / açıklayıcı değişkenler ile ilişkili olmadığı şeklinde kabul edilen panel verideki tesadüfi etkiler modeline mekânsal etki uygulanabilmektedir. Bu kapsamda, mekânsal etkinin olduğu tesadüfi etkili panel veri modelinin notasyonu;

$$y_{it} = \beta' x_{it} + \mu_i + u_i + \varepsilon_{it}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Tesadüfi etkili panel veri modelleri, içerdikleri mekânsal bağımlılık türüne göre tesadüfi etkili mekânsal gecikme, tesadüfi etkili mekânsal hata ve tesadüfi etkili mekânsal Durbin modelleri olarak sınıflandırılabilir. Tesadüfi etkili mekânsal gecikmeli modeli

$$y_t = \rho W_N y_t + x_t \beta + \varepsilon_t, \varepsilon_t = \mu_i + u_t,$$

tesadüfi etkilerin mekânsal hata modeli;

$$y_t = x_t \beta + \varepsilon_t, \varepsilon_t = \mu_i + B^{-1} u_t, B = I_N - \lambda W$$

ve tesadüfi etkiler mekânsal Durbin modeline ait notasyon

$$y_t = \rho W_N y_t + x_t \beta + W X_t \theta + \varepsilon_t$$

şeklinde formülize edilmektedir (Elhorst, 2003).

Mekânsal panel veri modelleri kapsamında, rassal değişkenler μ_i ve ε_t 'in birbirinden bağımsız olduğu varsayılmaktayken, modeller, her bir mekânsal birimin kukla değişken olarak tanımlanması anlamına gelen sabit etkiler modellerini ve μ_i 'nin bağımsız ve sıfır ortalamaya sahip olarak, varyans ile rassal (σ_μ^2) bir dağılım göstermesi anlamına gelen rassal etkiler modellerini içerisinde barındırabilmektedir. Bu kapsamda, çalışma alanlarındaki konumların bitişik bir yapı sergilemesi ve mekânsal ağırlık matrisinin tanımlayamayan değerlerin bulunmaması nedeniyle sabit etkiler modelleri rassal etkileri modeline göre daha anlamlı sonuçlar verebilmektedir (Yücel, 2021).

3.2.1. Dinamik Mekânsal Panel Veri Modellemesi

Kesitsel yapıdaki çalışmaların aksine daha geniş modelleme olanağı sunan mekânsal panel yapılar, son dönemlerde gelişerek ve dinamik regresyon modellerle birlikte entegre edilerek mekânsal ekonometri çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda, bağımlı değişkenin (Y) ve mekânsal etkileşimi ifade eden değişkenin (WY) gecikmeleri ($t - 1$) alınarak oluşturulan dinamik mekânsal panel veriye (DSPD) ait notasyon

$$Y_t = \tau Y_{t-1} + \delta WY_t + \eta WY_{t-1} + X_t \beta_1 + W X_t \beta_2 + X_{t-1} \beta_3 + W X_{t-1} \beta_4 + Z_t \theta + v_t \quad (1)$$

$$v_t = \gamma v_{t-1} + \rho W v_t + \mu + \lambda_t + l_N + \varepsilon_t \quad (1.1)$$

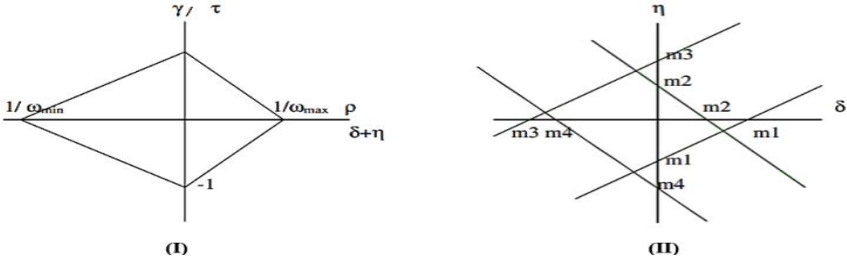
$$\mu = \kappa W \mu + \xi \quad (1.2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Eşitlik 1.'de Y_t , t dönemindeki ($t = 1, \dots, T$) her mekânsal birim ($i = 1, \dots, N$) için bağımlı değişken-
de oluşan $N \times 1$ boyutlu matrisini belirtmekteyken, X_t , dışsal açıkla-
yıcı değişkenlerin bir $N \times K$ boyutlu matrisini ve Z_t , içsel açıklayıcı
değişkenlerin $N \times L$ bir boyutlu matrisini belirtmektedir. Değişkenle-
rin alt indisinde yer alan $t - 1$ ifadesi serisel olarak gecikmesinin
alındığını ifade etmekteyken, W , mekânsal etkileşimin olduğu birim-
lerin komşuluk durumunu gösteren, negatif olmayan ve baz alınan
konumların kendisi ile komşu olamamaları nedeniyle köşegen ele-
manları sıfır (0) olan $N \times N$ boyutlu mekânsal ağırlık matrisini ifade
etmektedir. Yukarıda yer alan modelde, τ , zaman boylamında ge-
cikmesi alınan bağımlı değişkenin (Y_{t-1}), δ , mekân-zaman boylamını
gösteren değişkenin (WY_t), ve η , mekân-zaman boylamında gecik-
mesi alınan bağımlı değişkenin (WY_{t-1}) yanıt parametreleri olarak
ifade edilmekteyken, $L \times 1$ boyutlu θ , modeldeki içsel değişkenlerin
yanıt parametresini ve $K \times 1$ boyutlu $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 dışsal açıklayı-
cı değişkenlerin yanıt parametrelerini göstermektedir. Bu kapsamda
modele, $\theta = 0$ olması durumunda (Z_t) açıklayıcı değişkenlerin içsel
etkileşim etkileri, $\delta = 0$ olması durumunda (WY_t) eşzamanlı içsel
etkileşim etkileri, $\eta = 0$ olması durumunda (WY_{t-1}) gecikmeli içsel
etkileri azaltmak amacıyla dahil edilmektedir. İşlemler sonucunda,
 $\eta = -\tau\rho$ olarak bulunması, bağımlı değişkenlerin mekân-zaman düz-
leminde gecikmelerinin alınarak (Y_{t-1} ve WY_{t-1}) genel modelin ge-
cikmeli içsel etkilerini kısıtlandırmak amacıyla oluşturulduğunu gös-
termektedir. Ek olarak, kurulan model kapsamında $\eta = 0$ olarak bu-
lunması modelin, dinamik bir mekânsal süreç içermediği ve gelenek-
sel dinamik panel veri yöntemleri ile çözülmesi gerektiğini göster-

mektedir. Özetle, modele dâhil edilen kısıtlamaların tamamı içsel-dışsal etkileşimin etkisini ortadan kaldırmaktadır.

Modelde, $N \times 1$ boyutlu v_t , serisel olarak ve mekânsal düzlemde korelasyonlu/ilişkili olduğu kabul edilen modelin hata teriminin spesifikasyonunu yansıtmaktayken, γ , serisel otokorelasyon katsayısını ve ρ mekansal otokorelasyon katsayısını ifade etmektedir. Modelde, $N \times 1$ boyutlu μ , ($\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)^T$) mekânsal-birimsel etkileri içermektedir. Ek olarak, μ_i 'nin modellerde ihmal edilmesi durumunda, tahminlerin yanlı-tutarsız olabilmesi nedeniyle tüm mekânsal ve zaman boylamındaki değişkenlerin kontrol edilebilirliği sağlanamamaktadır (Baltagi, 2005).

Şekil 1. Dinamik Mekânsal Panel Veri Denklemlerinin Durağanlık Bölgeleri



Kaynak: Yücel, 2021

Öte taraftan λ_t zaman periyoduna ($t = 1, \dots, T$) özgü etkilerini göstermekten, l_N zaman serisi çalışmalarında tahminlerin yanlı-tutarsız olmasına neden olan zamana özgü ve birimsel olan değişmeyen değişkenlerin kontrol edilemek amacıyla kullanılan $N \times 1$ boyutlu bir vektörü ifade etmektedir. Bu durum, mekânsal-zamansal periyotlarına özgü sabit / rastgele etkiler olarak kabul edilebilmektedir (Yücel, 2021). Ek olarak, mekânsal-birimsel etkilerin mekânsal otoko-

relasyon katsayısı κ ile mekânsal düzlemde mekânsal otokorelasyonlu olduğu varsayılmaktadır. Otokorelasyon ifadesi regresyon analizlerinde hata terimleri arasındaki ilişki olarak belirtilmekteyken, mekânsal otokorelasyon ise mekânsal verilerin mesafelere bağlı olarak artması / azalması olarak tanımlanmaktadır.

Son olarak ε_t , ($\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{Nt})^T$) ve ξ elemanları sırasıyla sıfır (0) ortalamaya ve sonlu varyansa sahip σ^2 ve σ_ξ^2 olan bağımsız-özdeş dağılmış rassal değişkenlerin bozulma terimlerini ifade etmektedir.

Dinamik yapıya sahip mekânsal panel veri modellerinde durağanlık elde edebilmek için, modellerin parametrelerine ve mekânsal ağırlıklar matrislerinin kısıtlamaların getirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, kesitsel bir denklemdaki matrisin $(I_N - \kappa W)$ tekil olmaması ve matrisin tersinin $((I_N - \kappa W)^{-1})$ 'in karakteristik köklerinin birim çember içerisinde yer alması gerekmektedir (Lee, 2004), simetrik bir yapıya sahip olan W mekânsal ağırlık matrisi için bu koşul, κ 'nin W matrisini en küçük $1/\omega_{\min}$ ve en büyük $1/\omega_{\max}$ karakteristik kökleri içerisinde ($\kappa = (1/\omega_{\min}, 1/\omega_{\max})$) olduğu sürece karşılanabilmektedir. Ek olarak, mekânsal ağırlık matrisinin (W) standardize edilmesi durumunda son aralık, W 'nin en büyük karakteristik kökünün bire eşit olması nedeniyle $(1/\omega_{\min}, 1)$ biçimin almaktadır. Son olarak, W ve $(I_N - \kappa W)^{-1}$ matrislerinin satır-sütun toplamları standardize edilmeden önce N sonsuza giderken ($N \rightarrow \infty$) mutlak değerinin homojen olarak sınırlandırılması veya örneklem boyutunun sağlamlığı N 'nin sağlamlığına yakınsaması gerekmektedir. Bu koşullar sayesinde kesitsel korelasyon sınırlanarak, iki mekânsal birim arasındaki ilişki mesafe arttıkça sıfıra yakınsaması sağlanabilmektedir. Benzer şekilde, Eşitlik 28.1'de bulunan mekân-zaman denklemindeki $\gamma(I_N - \rho W)^{-1}$ matrisinin karakteristik köklerinin birim çember içerisinde olması gerekmektedir. Bu kapsamda $\gamma(I_N - \rho W)^{-1}$ matrisinin karakteristik kökleri, en küçük $(\gamma/(1 - \rho\omega_{\min}))$ veya en büyük

$(\gamma/(1 - \rho\omega_{max}))$ karakteristik kök biçimini alması nedeniyle zaman boyutundaki durağanlıkların sağlanabilmesi için;

$$\text{Eğer } \rho \geq 0; |\gamma| < 1 - \rho\omega_{max} \quad (2)$$

$$\text{Eğer } \rho < 0; |\gamma| < 1 - \rho\omega_{min} \quad (2.1)$$

koşullarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu koşulların uygulanması sonucunda, serisel ve mekânsal otokorelasyon katsayıları arasındaki etkileşim sağlanabilmektedir. Bu durum, Şekil 1(I)'de koordinat sistemi üzerinde gösterilmektedir. Son olarak Eşitlik 1'de bulunan mekân-zaman denklemindeki $(I_N - \delta W)^{-1}, (\tau I - \eta W)$ matrisinin karakteristik köklerinin birim çember içerisinde yer alması öngörülmekte iken

$$\text{Eğer } \delta + \eta \geq 0; \tau < 1 - (\delta + \eta)\omega_{max} \quad (2)$$

$$\text{Eğer } \delta + \eta < 0; \tau < 1 - (\delta + \eta)\omega_{min} \quad (3.1)$$

$$\text{Eğer } \delta - \eta \geq 0; -1 + (\delta - \eta)\omega_{max} < \tau \quad (3.2)$$

$$\text{Eğer } \delta - \eta < 0; -1 + (\delta - \eta)\omega_{min} < \tau \quad (3.3)$$

koşullarını sağlanması gerekmektedir. Bu koşulların uygulanması sonucunda, serisel ve mekânsal otokorelasyon katsayıları arasındaki etkileşim sağlanabilmektedir. Bu durum, Şekil 1(II)'de koordinat sistemi üzerinde gösterilmekteyken, iki mekânsal otoregresif katsayılarının (η ve δ) durağanlık bölgesi, konumu-boyutu, τ ve mekânsal ağırlık matrisinin en büyük ve en küçük karakteristik köklerine bağlı olan bir eşkenar dörtgen şeklini aldığı görülmektedir. Ek olarak, Şekil 1(II)'de, $m1, m2, m3$ ve $m4$ doğruları, mekânsal otokorelasyon katsayılarının yatay/dikey eksenlerle kesişme noktalarını göstermekteyken, analitik düzlemde,

$$m1 = \frac{1+\tau}{\omega_{max}} > 0, m2 = \frac{1-\tau}{\omega_{max}} > 0, m3 = \frac{1+\tau}{\omega_{min}} < 0$$

$$\text{ve } m2 = \frac{1-\tau}{\omega_{\min}} < 0$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Bu koşullara ek olarak, dinamik yapıya sahip mekânsal panel veri modellerinde mekânsal ağırlık matrislerinin standardize edilmesi veya normalleştirilmesi ile birlikte durağanlık elde edilebilmektedir (Yücel, 2021).

Doğrudan-Dolaylı Etkiler

Mekânsal ekonometri literatüründe, kesit ve panel veri modelleri için açıklayıcı değişkenlerin doğrudan ve dolaylı (mekânsal) etkilerine olan ilgi artmaktadır. Bu kapsamda, notasyonel kolaylık elde etmek amacıyla t indislerini belirtilmeden mekânsal Durbin modeli yeniden yazılırsa; $Y = (I - \delta W)^{-1} (X\beta_1 + WX\beta_2) + (I - \delta W)^{-1} v$ ilk birimdeki X 'in, k 'nci açıklayıcı değişkene ve N .ci birime kadar alınan Y 'nin kısmi türevlerinin (her x_{ik} için sırasıyla, $i = 1, \dots, N$) notasyonu; $(I - \delta W)^{-1}[\beta_{1k}I_N + \beta_{2k}W]$ şekline dönüşmektedir. Notasyonda, w_{ij} , mekânsal ağırlık matrisinin (W), i 'nci ve j 'nci ögesini, β_{1k} , β_1 vektörünün k .nci ögesini, β_{2k} , β_2 vektörünün k .nci ögesini ifade etmekteyken, mekânsal ağırlık matrisinin (W) köşegen elemanlarının sıfır (0) olması nedeniyle notasyon son şeklini almaktadır. Bu kapsamda mekânsal Durbin modelinin k .nci açıklayıcı değişkene göre alınan Y 'nin kısmi türevinde belirli konumdaki / birimdeki açıklayıcı değişkenin değişmesi durumunda mevcut konumdaki/birimdeki bağımlı değişkenin yanı sıra diğer birimlerdeki bağımlı değişkenin değişmesi anlamına gelen ve hem $\delta = 0$ hem de $\beta_{2k} = 0$ olması durumunda ortaya çıkan etki “doğrudan etkileri” ifade etmekteyken, belirli birimdeki / konumdaki açıklayıcı değişkenin değişmesi durumunda komşuluk ilişkilerinin bulunduğu birimlerindeki / konumlarındaki bağımlı değişkeninde değişmesi anlamına gelen ve hem $\delta \neq 0$ hem de $\beta_{2k} \neq 0$ olması durumunda ortaya çıkan etki “dolaylı(mekânsal) etki” olarak bilinmektedir. Ek olarak, mekânsal ağırlık

lık matrisinin (w_{ij}), herhangi bir elemanın sıfır (0) olması durumunda x_{jk} 'nin y_i üzerindeki etkisinin de sıfır (0) olduğu anlamına gelmektedir (Debarsy ve diğerleri, 2011). Mekânsal Durbin modellerinin güçlü yönlerinden biri olan dolaylı (mekânsal) etkilerin büyüklüğü üzerinde kısıtlamalar getirmesi nedeniyle dolaylı (mekânsal) etkiler mekânsal ekonometrik teknikleri kullanan ampirik çalışmaların odak noktası olmaktadır. Bu kapsamda, kısa / uzun dönemdeki dolaylı etkiler, açıklayıcı değişkendeki değişimin, mekânsal etkileşimde bulunan komşulardaki bağımlı değişken üzerindeki değişimi etkileyen etkiler olarak, doğrudan etkiler (mekânsal etkiler), aynı konumdaki açıklayıcı değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi olarak bilinmektedir. Toplam etkiler ise baz alınan mevcut konumdaki bağımlı değişkenin hem komşularındaki hem de mevcut konumda bulunan açıklayıcı değişkenlerdeki değişimler olarak ifade edilmekteyken, aynı zamanda dolaylı ve doğrudan etkilerin toplamını göstermektedir. Ek olarak, doğrudan etkiler mekânsal ağırlık matrisinin köşegen elemanlarının ortalaması iken, dolaylı etkiler matrise ait köşegen olmayan ögelerin satır / sütun toplamalarının ortalaması olarak belirtilmektedir (Yücel, 2021).

Uzun-Kısa Dönem Etkileri

Mekânsal dağılımların spesifikasyonunun varlığına dair hipotezleri test etmek amacıyla birden fazla tahminler kullanılabilir. Bu kapsamda, kullanılan tahminlerin hatalı sonuçlara yol açabilmesi nedeniyle farklı modellerdeki değişkenlerin etkisinin kısmi türevinin alınması dinamik mekânsal modellerin varlığının tahminine dair daha geçerli sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda, R bileşeni, kesişim ve hata terimlerini ifade etmek üzere dinamik etkilere sahip mekân-zaman modelinin notasyonu

$$y_t = (I - \rho W)^{-1}(\tau I + \eta W)Y_{t-1} + (I - \rho W)^{-1}(X_t\beta + WX_t\theta) + R$$

şeklinde yeniden yazılması durumunda mekânsal ağırlık matrisinin

ilk terimindeki açıklayıcı değişkenin (X) *k'inci* açıklayıcı değişkenine göre bağımlı değişkenin (Y) birim N 'ye kadar olan değişkenlerin kısmi türevleri alınmış notasyonu

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right]_t = (I - \rho W)^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Alınan kısmi türevler, belirli bir konumdaki belirli bir açıklayıcı değişkendeki değişimin, “kısa dönemde” diğer tüm birimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini göstermektedir. Benzer şekilde “uzun dönem” etkileri

$$\left[\frac{\partial Y}{\partial X_{ik}} \dots \frac{\partial Y}{\partial X_{Nk}} \right] = [(1 - \tau)I - (\rho + \eta)W]^{-1} [\beta_k I_N + \theta_k W]$$

şeklinde belirlenmektedir.

Kısa dönem ve uzun dönemleri belirleyebilmek amacıyla yapılan işlemlerin sağ tarafında zaman bağlamının (t) olmaması dolaylı-doğrudan etkilerin zaman bağlamından etkilenmediği şeklinde açıklanabilmektedir. Ek olarak, kısa dönemde, $\rho = 0$ ve $\theta_k = 0$ olması durumunda kısa dönemde dolaylı (mekânsal) etkilerinin olmadığı ve uzun dönemde, $\rho = -\eta$ ve $\theta_k = 0$ olması durumunda uzun dönemde dolaylı (mekânsal) etkilerin olmadığı şeklinde yorum yapılabilir. Mekânsal etkileşimi tanımlayabilmek amacıyla kısa ve uzun döneme ait notasyondaki ifadelerde belirli parametrelere kısıtlar ($\theta = 0$ olması durumunda tüm açıklayıcı değişkenler için doğrudan ve dolaylı (mekânsal) etki arasındaki oranın eşitlenmesi gibi) getirilmesi sorun oluşturabilmektedir. Öte taraftan kısa ve uzun dönem modellerine; $\rho = 0$ kısıtlamasının getirilmesi, $(I - \rho W)^{-1}$ matrisinin kısa dönem dolaylı (mekânsal) etkilerinin yalnızca θ parametresine bağımlı olan bir özdeşlik matrisine dönüşmesi nedeniyle sorun olabilmektedir. Bu durum, modele ilişkin kısa dönemde esneklik kaybı yaşatabilmekteyken, kısa dönem üzerine çalışma yapılması durumunda sapmalı ve tutarsız sonuçlar verebilmektedir. Ek olarak mo-

dellere, $\eta = -\tau\rho$ kısıtlamasının getirilmesi, dolaylı (mekânsal) etki ile belirli bir açıklayıcı değişkenin doğrudan etkisi arasındaki oranın sabit kalabilmesini sağlayabilmektedir. Başka bir ifadeyle, aralarındaki oran kısa dönemde herhangi bir değişken için yüzde x (%x) kadar olması durumunda uzun dönemde de yüzde x (%x) kadar olmaktadır. Öte taraftan modellere, $\eta = 0$ kısıtlamasının getirilmesi, modellerde kısmi esneklik kaybına neden olabilmekteyken, modelin etkilerinin tahminine herhangi bir etkide bulunmamaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik politikalarının belirlenmesi aşamasında uzun dönemde politika süreçlerinin dengeye ulaşabilmesi ve ilgili politikaların siyasi-kültürel-ekonomik etmenlerden dolayı sekteye uğrayabilmektedir. Bu kapsamda, uzun dönem mekânsal etkilerinin yanı sıra kısa dönem mekânsal etkilerini de analiz süreçlerine dahil eden dinamik mekânsal panel veri yaklaşımı, tutarlı-sapmasız sonuçlar verebilmesi nedeniyle süreçlerin tasarlanması ve yorumlanmasında kapsamlı değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır.

4. SONUÇ

Ülkelerin, ulusal düzeyde temiz üretim bilincinin sağlanması ve uygulamaya geçilmesi için çevresel kapasitenin oluşturulması kapsamında paydaşlar arasındaki eko-verimlilik uygulama adımlarına ilişkin kavram bilincinin, bilgi paylaşım ağlarının, iş birliklerinin, finansal mekanizma desteklerinin ve toplumsal-politik reformların oluşturulması-geliştirilmesi gerekmektedir. Ulusal düzeyde eko-verimlilik uygulamaları yüksek oranda katılım ve destek ile başarıya ulaşılabilir. Bu kapsamda, eko-verimlilik uygulamalarının ulusal düzeyde toplumsal farkındalık oluşturularak, aşağıdan yukarıya doğru işletilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, süreç bazen yerel / kültürel nedenlerden ötürü aşağıdan yukarıya akış göstermek yerine yukarıdan aşağıya doğru da gelişebilmektedir (Ghisellin ve diğerleri, 2016). Ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında küresel ölçekte başlayan yeni büyüme modeli arayışlarıyla birlikte “yeşil büyü-

me” kavramı önem kazanmakta ve üretim sektörlerinde temiz-üretim ve eko-verimlilik ile hem çevrenin korunması hem de rekabetçiliğin artırılması mümkün görülmektedir. Eko-verimlilik, endüstriyel sürdürülebilirlik sağlanması ve ulusların sürdürülebilir kalkınmasının yönetilmesinde yardımcı olan kilit-stratejik bir alan olarak görülürken, elde edilen kazanımların orta-uzun vadede maliyet tasarrufu ve ürünlerin / hizmetlerin inovasyonunda kalite ve artış kazandırması açısından ekonomik faydaları, kaynak verimliliği ve atık emisyonlarının azaltılması vb. gibi kazanımlar açısından çevresel faydaları ve bireylerin refah ve yaşam kalitesinde artış yaşanmasına destek olabilmesi açısından toplumsal faydaları içermektedir. Bu durumda, son yıllarda yaşanan küresel ekonomik-çevresel krizler nedeniyle sektörel üretim-hizmet yönetimleri çevresel sürdürülebilir sistemlere entegre edilerek ve sınırdaşlık ilişkileri gözetilerek kaynak tüketiminin minimize edilmesi ve çevresel etkisi az olan mal-hizmetlerin üretilmesi gerekmektedir.

Sanayileşme ile birlikte sektörel üretkenlik artışı sağlanmaya çalışılırken, üretim girdisinde kullanılan hammaddelerin yüksek düzeyde kullanılması, kıt kaynak tüketimini artırmaktadır. Ülke bazında uygulanan eko-inovatif faaliyetler, uzun vadeli teknolojik ve ticari sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilmektedir (Fernando ve Xin, 2017). Toplum yapısında hem teknolojik hem de tüketim modellerinde yenilikler yapılması gerekliliği eko-inovasyonun önemini ortaya çıkarmaktadır. Ulusal-yerel düzeyde eko-inovasyonlara yatırımların artırılması, çevresel düzenlemenin rolüne daha fazla önem verilmesini gerektirmekteyken, eko-inovasyon daha rekabetçi ve çevresel açıdan sürdürülebilir kalkınma arayışında önemli bir rol oynamaktadır. Çevresel düzenlemeler, maliyet artırıcı faktör olarak görülmesine rağmen ekonomilere pazar rekabetinde avantaj sağlayabilmektedir (Porter, 1991). Bu durum, daha az inovatif faaliyette bulunan ekonomilerin, eko-inovasyonu üretim maliyetlerini düşürmek ve minimum çevre standartlarına uyum sağlamak için bir etmen olarak kabul etmesi ve daha yüksek inovatif faaliyette bulunan ekonomilerin yeni pazarlara girebilmek için eko-

inovasyonu benimsemesi olarak kanıtlanabilmektedir. Bu kapsamda, eko-inovasyon uygulamaları yeni süreç ve ürünlerde tasarrufla birlikte ekolojik / ekonomik verimliliği getirerek, ülke ekonomilerine bir çözüm yolu sunabilmektedir. Ekonomik büyümeye odaklanma eğilimiyle ortaya çıkan olumsuz yan etkilerin (kaynak azalması/tükenmesi, çevre kirliliği ve sosyal adaletsizlik) giderilmesinde sınırdaşlık ilişkileri gözetilerek eko-inovasyonun gelişiminin nicel olarak ortaya çıkarılması ve sürdürülebilir kalkınma planlarının içine eko-inovasyon stratejilerin dâhil edilmesi gerekmektedir

Ekonometri literatürün alt dalı olarak gelişen mekânsal ekonometri, bölgesel-kentsel düzeyde yaşanan değişimlerin ekonometrik modellere uygulanmasıyla birlikte ortaya çıkmakta ve çevresel sürdürülebilirliğin ülke-bölge-kent boylamında ölçülmesinde sınırdaşlık ilişkisine sahip konumların (ülke / kent / bölge) benzer politikalar benimseyebilmesi nedeniyle daha tutarlı sonuçlar verebilmektedir. Matematiksel verilerin mekânsal / coğrafi boyutuna anlam kazandırabilen mekânsal ekonometrik yöntemler, bölgesel-konumsal verilerin modellenmesine, uygun spesifikasyonun belirlenmesine, hipotezlerin test edilmesine ve tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır (Anselin 1988: 10). Bu kapsamda son dönemlerde, sınır ilişkilerinin önem kazanması, komşuluk ilişkilerine özgü ortak sosyo-ekonomik politikaların belirlenmesi nedeniyle kuramsal ekonometrik modellemelerine karşın mekân-zaman sürecini analize dâhil eden mekânsal ekonometri yöntemi, çevresel sürdürülebilirlik düzeyinin konum bazlı belirlenmesinde önem kazanmaktadır. Konum bazlı çevresel sürdürülebilirliğin belirlenmek istenmesinde, zaman içinde her bir mekânsal birim üzerindeki gözlemler arasındaki serisel bağımlılığın bulunması, zamanın her noktasındaki gözlemler arasındaki gözlemler arasındaki mekânsal bağımlılığın bulunması, gözlemlenemeyen mekânsal ve/veya zaman dönemine özgü etkilerinin bulunması, mekân ve /veya zaman yapılarının gecikmesi alınmasıyla birlikte daha fazla bağımsız değişkenlerin içselliği içermesi nedeniyle mekân-zaman boyutlu dinamik yapıdaki modellemeler,

mekânsal yayılma etkilerin incelemesinde daha tutarlı sonuçlar verilmektedir. Dinamik süreci içermeyen (statik) mekânsal panel veri modelleri, çevresel sürdürülebilirliği etkileyen faktörlerin yalnızca uzun dönem etkilerini tahmin etmekteyken, dinamik süreci içeren mekânsal panel veri modelleri kısa dönem etkilerin de tahmin sürecine dâhil edilmesini sağlamaktadır. Uzun dönemde yaşanan şoklar politika süreçlerinin dengede bir yapı sergilemesine neden olarak çevresel sürdürülebilirliğin tutarlı bir şekilde belirlenmesi olanak sağlamamaktadır. Mekânsal ilişki temel alınarak oluşturulan çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarına, kısa dönemdeki şoklarında dâhil edilmesi kapsamında sonuçlar tutarlı bir şekilde elde edilerek dönemsel etkilerinin belirlenmesi kolaylaşmaktadır.

Mekânsal panel veri modellerinin bağımlı-bağımsız değişkenlerin gecikmelerin alınmasıyla birlikte oluşturulan dinamik mekânsal panel veri modelleri, statik modellerin aksine doğrudan ve dolaylı etkilere ait sonuçları göstererek daha kapsayıcı sonuçlar vermektedir (Yücel, 2021). Doğrudan etkiler baz alınan konumdaki çevresel sürdürülebilirlik faktörlerinin, çevresel sürdürülebilirliğe olan etkisini ifade etmekteyken; dolaylı etki ise komşuluk ilişkisinin bulunduğu konumlardaki çevresel sürdürülebilirlik faktörlerinin baz alınan konumdaki çevresel sürdürülebilirliğe etkisini göstermektedir. Mekânsal etkilerin gözetilerek çevresel sürdürülebilirliğin belirlenmesi aşamasında hem mevcut konumdaki hem de komşuluk ilişkisinin bulunduğu konumdaki değişimleri gösterebilmesi ve kısa dönemdeki şokları da sürece dâhil edilmesine olanak sağlaması nedeniyle dinamik mekânsal panel veri modelleri önem kazanmaktadır.

Küreselleşme ile birlikte birbiriyle iç içe geçen piyasa yapıları ekonomik yapının yanı sıra sosyal, toplumsal ve çevresel değişkenler üzerinde de etkili olmaktadır. Bu kapsamda, ülkesel-bölgesel-kentsel bazdaki değişkenler arasındaki ilişki yapılarının panel veri yöntemleriyle ortaya çıkarılmasında, istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olmasına rağmen dinamik mekânsal etkileri ele alan panel veri modellerinin

kullanılmamasından dolayı, ilişkilerin anlamsız olduğuna dair hatalı bulgular elde edilebilmektedir. Sonuç olarak, sınırdaşığa sahip olan konumlar (ülkeler-bölgeler-kentler) kalkınma açısında rekabet edebilmek amacıyla benzer politikalar sergileyebilmesi nedeniyle çevresel sürdürülebilir politikalarını (eko-verimlilik ve eko-inovasyon) belirlenmesi aşamasında dinamik mekânsal panel veri modellerlerinin kullanılması daha tutarlı-kapsayıcı çıkarımların belirlenmesine imkân sağlamaktadır.

Environmental Sustainability, Sustainable Development, Dynamic Spatial Panel Data

Abstract: The acceleration of the use of raw materials (resources), the increase in energy use, and the change in consumption levels and individual habits as a result of globalization, which emerged with the transition to mass production, are the basis of environmental degradation. The fact that the negative effects on the environmental structure are in direct / indirect relationship with certain costs-expenditures in the country economies causes the economies of the country to enter an unsustainable growth trend process with industrialization. Although both local and global effects on the environmental pollution factors related to the countries come to the fore; within the scope of global effects, it is important to reveal the effects of neighborly relations first. For this reason, it is necessary to use models that reveal the effect of spatial relations in order to evaluate environmental sustainability by taking into consideration the neighborhood relations. Within the scope of the article, it is aimed to emphasize the necessity of dynamic spatial panel data method in environmental sustainability evaluations by emphasizing the importance of both dynamic effects and spatial effects in the modeling phase in the conceptual framework of environmental sustainability. It is shown that consistent and non-deviating results can be obtained by using the dynamic spatial panel data approach, as environmental sustainability policies are affected by neighborhood relationships and the periodic (short-long) impact level changes in the process.

Keywords: Environmental Sustainability, Sustainable Development, Dynamic Spatial Panel Data.

Kaynaklar

Anselin, L. (1988), **Spatial Econometrics: Methods and Models**, Boston: Kluwer Academic.

Anselin, L., J. Le Gallo, J. and H. Jayet (2008), “Spatial Panel Econometrics”, in **The Econometrics of Panel Data**, Berlin: Heidelberg, pp.625-660.

Arellano, M. (2003), **Panel Data Econometrics**, Oxford University Press.

Arundel, A. and R. Kemp (2009), **Measuring Eco-Innovation**.

Baltagi, B. H. (2005), **Econometric Analysis of Panel Data**, Chichester: John Wiley and Sons Ltd (3rd Edition).

Barduchi, C., F. P. S. Falguera, S. C. De Oliveira Gobbo and E. B. Mariano (2020), “Economic, Political and Technological Aspects of Development and Eco-Efficiency: A Global Quantitative Analysis” in **International Congress on Engineering and Sustainability in the XXI Century** (pp. 552-567). Springer, Cham

Boons, F. and M. Wagner (2009), “Assessing the Relationship between Economic and Ecological Performance: Distinguishing System Levels and the Role of Innovation”, **Ecological Economics**, 68 (7): 1908-1914.

Cameron, A. C. and P. K. Trivedi (2005), **Micro-econometrics: Methods and Applications**, Cambridge University Press.

Darmofal, D. (2006), “Spatial Econometrics and Political Science”, **Society for Political Methodology Working Paper Archive**: <http://polmeth.wustl.edu/workingpapers.php>.

Debarys, N. C. Ertur and J. P. Le-Sage (2012), “Interpreting Dynamic Space-Time Panel Data Models”, **Statistical Methodology**, 9 (1-2): 158-171.

Dereli, M., E. Z. Boyacıoğlu ve M. K. Terzioğlu (2019), “İklim Değişikliği ve Turizm Sektörü Arasındaki İlişkinin Dinamik Panel Veri Analizi ile İncelenmesi”, **Türk Turizm Araştırmaları Dergisi**, 3 (4): 1228-1243.

WBCSD: Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (2006), **Eco-**

efficiency: Learning Module, Geneva.

EIO: Eko-İnovasyon Gözlemevi (2012), **Europe in Transition: Paving the Way to a Green Economy through Eco-Innovation**, European Commission.

OECD: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (2012), **The Future of Eco Innovation: The Role of Business Models in Green Transformation**, OECD European Commission, Nordic Innovation Joint Workshop.

OECD: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (2009), **Green Growth: Overcoming the Crisis and Beyond**, OECD Publishing, pp.15-21.

Elhorst, J. P. (2003), "Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models", **International Regional Science Review**, 26 (3): 244-268.

Elhorst, J. P. (2010), "Applied Spatial Econometrics: Raising the Bar", **Spatial Economic Analysis**, 5 (1): 9-28.

Elhorst, J. P. (2014). **Spatial Econometrics: from Cross-sectional Data to Spatial Panels**", **Heidelberg: Springer**, 479: 480.

Fernando, Y. and W. X. Wah (2017), "The Impact of Eco-innovation Drivers on Environmental Performance: Empirical Results from the Green Technology Sector in Malaysia", **Sustainable Production and Consumption**, 12: 27-43.

Fussler, C. and P. James (1996), **Driving Eco-innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability**, Financial Times / Prentice Hall.

Getis, A. and J. Aldstadt (2004), "Constructing the Spatial Weights Matrix Using a Local Statistic", **Geographical Analysis**, 36 (2): 90-104.

Ghisellini, P., C. Cialani and S. Ulgiati (2016), "A Review on Circular Economy: The Expected Transition to A Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems", **Journal of Cleaner Production**, 114: 11-32.

Gumprecht, D. (2007), **Spatial Methods in Econometrics** (Doctoral dissertation, WU Vienna University of Economics and Business).

Jo, J. H., T. W. Roh, S. Kim, Y. C. Youn, M. S. Park, K. J. Han and E. K. Jang (2015), "Eco-innovation for Sustainability: Evidence from 49 Countries in Asia and Europe", **Sustainability**, 7 (12): 16820-16835.

Le Gallo, J. (2002), "Econométrie Spatiale: L'autocorrélation Spatiale Dans Les Modèles de Régression Linéaire", **Economie Prevision**, (4): 139-157.

Le Sage, J. P. (1999), “The Theory and Practice of Spatial Econometrics”, University of Toledo, Toledo, Ohio, 28 (11).

Le Sage, J. P. and R. K. Pace (2014), “The Biggest Myth in Spatial Econometrics”, **Econometrics**, 2 (4): 217-249.

Mota, R. and D.Scott (2014), Education for Innovation and Independent Learning, Elsevier.

Pezzey, J. (1989), **Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development**, Washington: World Bank, DC (EUA), Environment Dept.

Porter, M. E. and C. Van der Linde (1995), “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship”, **Journal of Economic Perspectives**, 9 (4): 97-118.

Schiederig, T., F. Tietze and C. Herstatt (2012), “Green Innovation in Technology and Innovation Management: An Exploratory Literature Review”, **R and D Management**, 42 (2): 180-192.

Terzioğlu, M. K., M. A. Yücel, S. Demirkıran ve D. Acaroğlu (2020), “Kentsel İnovasyonun Kentleşme Üzerine Mekânsal Etkisi”, **İDEALKENT**, 11 (30). DOI: 10.31198/idealkent.683583

Verspagen, B. (1997), “Measuring Inter-sectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases”, **Economic Systems Research**, 9 (1): 47-65.

Yücel, M. A. (2021). **Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Eko-Verimlilik ve Eko-İnovasyon: Dinamik Mekânsal Panel Veri Analizi** (Yüksek Lisans Tezi), Edirne: Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı.