

## GRANGER-NEDENSELLİK SINAMALARINA YENİ YAKLAŞIMLAR\*

Erdal ATUKEREN<sup>1</sup>

**Özet:** Bu çalışmanın amacı Granger'ın geliştirdiği nedensellik sinamalarına iki yeni yaklaşımı düşünsel ve teorik bazda incelemektir. Çalışma ilk olarak, uzun ve kısa dönemde Granger-nedensellik konusundaki görüşleri irdeler. Literatürde kısa ve uzun dönemde nedensellik konusunda bir kavram birliği yoktur. Bir yaklaşım hata düzeltme modellerini, diğer bir yaklaşım ise öngörü ufkunu esas alır. Çalışma ikinci olarak, Granger-nedensellik sinamalarının varyans-bazlı (causality-in-variance) varyantını ve bu konudaki gelişmeleri inceler. Granger-nedensellik sinamaları geleneksel olarak ortalama-bazlı yapılmaktadır (causality-in-mean). Ancak, özellikle yüksek frekanslı verilerde volatilité etkileşimlerinin analizi varyans bazında da nedenselliğin sinanmasını gerektirir. Çalışma Granger-nedensellik sinamalarına yeni yaklaşımların genel bir değerlendirmesi ve bilim felsefesi açısından düşündürdükleri ile son bulur.

**Anahtar Kelimeler:** Granger-nedensellik, Zaman serileri, Genelleştirilmiş otoregressif şartlı değişen varyans modelleri (GARCH), Bilim felsefesi

**Abstract:** This study analyses two new approaches to Granger-causality on conceptual grounds. First, the views on the short-run and the long-run causality, on which there is no unity on the definition in the literature, are investigated. One approach is based on error correction models while another approach takes the prediction horizon as the basis. Secondly, we survey the literature on the notion of causality-in-variance. Granger-causality tests are traditionally conducted in means. However, causality-in-variance becomes especially relevant in high frequency data. We conclude with an evaluation of these approaches to Granger-causality and their link to the notion of causality in philosophy of science.

**Keywords:** Granger-causality, Time series, GARCH, Philosophy of science

### I. Giriş

2003 yılında Robert F. Engle ile beraber Ekonomi alanında Nobel Ödülünü alan Clive W. Granger'in 1969 yılında *Econometrica*'da yayımlanan makelesinde geliştirdiği nedensellik testleri bugün yalnız iktisat ve ekonometride değil, temel bilimler, mühendislik, ve medikal bilimlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>2</sup> Tanım olarak, rastsal bir X değişkeninin geçmişi, bütün olası ilgili diğer etkenler ve rastsal olmayan bilgiler de dikkate

\* 10. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumunda bildiri olarak sunulmuştur. (27-30 Mayıs 2009, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.) Oturumun katılımcılarına, Emrah İsmail Çevik'e, ve Atatürk Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi'nin hakemlerine yorum ve önerileri için teşekkür ederim.

<sup>1</sup> Doç.Dr., ETH Zurich, KOF Swiss Economic Institute, Zürih, İsviçre.

<sup>2</sup> Granger-nedensellik sinamalarının fen bilimleri ve mühendislik alanlarındaki uygulamalarına örnek olarak Faes, Nollo, ve Chon (2008), Elsner (2007), Salazar, König ve Kayser ((2004), ve Triacca (2001) verilebilir.

alındıktan sonra, diğer bir rastsal Y değişkeninin geleceğinin daha iyi tahmin edilmesini sağlıyorsa, X değişkeni Y'nin Granger-nedenidir denir. İşlevsel ve pragmatik bir tanım olması nedeniyle Granger bağlamında nedensellik kavramı bilim felsefesinde fazla kabul görmemekle birlikte, Granger-nedensellik olgusu bilim felsefesinde kabul gören Patrick Suppes'in (1970) nedensellik tanımına yakındır. Günümüz filozofu James Woodward da bilim felsefesindeki nedensellik tanımlarının yetersizliği göz önüne alındığında, belki de Granger'in kavramına daha fazla eğilimesi gerektiğini vurgulamaktadır.<sup>3</sup>

Günümüzdeki Granger-nedensellik sınamaları teori ve uygulama olarak, 1969'da ilk ortaya atıldığı şekliyle farklıdır. Gerek zaman serileri analizindeki gelişmeler, gerekse bilgi-işlem maliyetinin giderek azalması, Granger-nedensellik testlerine yeni boyutlar katmıştır. Bu çalışmanın amacı, Granger-nedensellik testleri konusunda literatürdeki bazı yenilikleri yöntemsel ve düşünsel bazda analiz etmektir.

İlk olarak, Granger-nedensellik sınamalarında ortaya çıkabilen kısa ve uzun dönemde nedensellik kavramlarını irdelenecektir. Kısa ve uzun dönemde nedensellik konusunda literatürde bir tanım birliği yoktur. Bu konuda bir yaklaşım, eş-bütünleşme (*cointegration*) testlerinin ve hata düzeltme modellerinin nedensellik ile ilişkisine dayanan yöntem, diğer bir yaklaşım ise Dufour ve Renault (1998)'nin geliştirdiği öngörü ufkunu esas alan yaklaşımdır.

Granger-nedensellik sınamaları geleneksel olarak ortalama-bazlı yapılmaktadır (*causality-in-mean*). İkinci olarak, son yıllarda ortaya atılan ve Granger-sınamalarının varyans-bazlı (*causality-in-variance*) varyantını inceleyeceğiz. Bu yöntemin özellikle yüksek frekanslı verilerde nedensellik ilişkilerinin araştırılması açısından önemli olacağını düşünmekteyiz. Çalışmamız, bu yeni yaklaşımların genel bir değerlendirmesi ve bilim felsefesi açısından düşündükleri ile son bulmaktadır.

## II. Eş-Bütünleşme Ve Kısa Ve Uzun Dönemde Nedensellik

### A. Eş-Bütünleşme Analizi Çerçevesinde Granger-Nedensellik Sınamaları

İktisadi zaman serileri düzeyi olarak ele alındıklarında çoğu zaman durağan değildirler. Durağan olmayan zaman serileri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sahte ya da yanıltıcı regresyon ilişkilerine sebep

<sup>3</sup> James Woodward (2008: 234) Granger-nedensellik sınamaları konusundaki düşüncelerini aşağıdaki gibi ifade etmektedir.

“Roughly speaking, X Granger-causes Y if X is temporally prior to Y and information about X improves our ability (relative to some baseline) to predict whether Y will occur. Interestingly, Granger-causation turns out to be a different notion of cause (and hence to be associated with a different notion of causal correctness) than the interventionist notion. X can be a Granger-cause of Y even though it is not a cause in the interventionist sense. It is thus a live question whether we should adopt this notion of cause instead of the interventionist notion.”

olabilmektedir. Bu durum tahmin edilen regresyon denkleminin yüksek bir belirlenme katsayısına ( $R^2$ ) fakat düşük Durbin-Watson istatistiğine sahip olmasına yol açar. Bu regresyonda hata terimleri durağan değildir ve regresyon denkleminin görünürde yüksek olan açıklayıcı gücüne itibar edilemez. (Bkz. Matthews, 2005.)

Zaman serilerinin durağan olmaması ilgili serilerin deterministik zaman trendi içermesi nedeniyle oluşuyorsa, bu serilerin trendden arındırılması serileri durağan hale getirebilir. Ancak, zaman serileri rastsal bir trend içeriyorsa, bu serilerin durağan hale gelinceye kadar farklarının alınması gerekecektir. Rastsal trend içeren bir serinin durağan hale gelinceye kadar kaç defa farkının alınması gerektiği o serinin bütünleşiklik derecesi olarak adlandırılır. Örneğin, durağan olmayan bir X değişkeninin birinci farkı ( $X_t - X_{t-1}$ ) durağan ise, X değişkeni birinci dereceden bütünleşiktir denir ve  $X \sim I(1)$  ile gösterilir (Matthews, 2005; Verbeek, 2008).

Y değişkeninin de  $I(1)$  süreci izlediğini farz edelim. X ile Y arasındaki bir regresyonun sahte regresyon olmaması için regresyonun hata terimlerinin durağan olması gerekmektedir. Diğer bir gösterimle,  $X \sim I(1)$  ve  $Y \sim I(1)$  ise, ve  $Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t$  regresyonunun hata terimi  $\varepsilon_t = Y_t - \alpha - \beta X_t \sim I(0)$  ise X ile Y arasında sahte olmayan bir ilişki vardır. Bu özellik, X ile Y değişkenlerinin eş-bütünleşik olduğu şeklinde tanımlanmaktadır. Durağan süreçlerin ortalamaları sabit ve varyansları sınırlıdır. Bu nedenle, iki ya da daha çok  $I(1)$  rastsal değişkenin eş-bütünleşik olması, bu değişkenlerin uzun dönemde birbirleriyle beraber hareket etmesini ve aralarındaki farkın varyansının hiçbir zaman sonsuza gitmemesini gerektirmektedir. Bu özellik bir hata düzeltme mekanizmasını beraberinde getirmektedir. Yani, her hangi bir sebeple kısa dönemde oluşabilecek denge-dışı bir durumun uzun dönemde düzeltilmesi söz konusudur. Bu, uzun dönemde X ile Y arasındaki fark (z) durağan olduğundan, z teriminin sistemin uzun dönem dengesinden ne kadar saptığını göstermesi nedeniyledir (Matthews, 2005).

Granger (1988) eş-bütünleşik bir sistemin hata düzeltme modeli olarak ifadesini aşağıdaki şekilde göstermektedir. Yukarıda verilen eş-bütünleşme örneğinde  $z_t = \varepsilon_t = Y_t - \alpha - \beta X_t$  olsun.

$$\Delta Y_t = \sum \delta_{1,i} \Delta Y_{t-1} + \sum \beta_{1,i} \Delta X_{t-1} + \gamma_1 z_{t-1} + \mu_{1t} \quad (1)$$

$$\Delta X_t = \sum \delta_{2,i} \Delta Y_{t-1} + \sum \beta_{2,i} \Delta X_{t-1} + \gamma_2 z_{t-1} + \mu_{2t} \quad (2)$$

$\Delta$ : fark işlemcisi,  $\mu_{1t}$  ve  $\mu_{2t}$  modelin klasik varsayımlara uygun hata terimleridir.

X ve Y değişkenlerinin eş-bütünleşik olması (1) ve (2) no'lu modellerde  $\gamma_1$  ve  $\gamma_2$ 'den en az birinin sıfırdan farklı olmasını gerektirir. Bu nedenle, hata düzeltme modelinde bağımlı değişkendeki değişimler kısmen z'nin gecikmeli

değeri tarafından belirlenmektedir. Ancak,  $z_{t-1}$  ise  $X_{t-1}$  ve  $Y_{t-1}$ 'i içerdiğinden, bu durum, Granger'ın(1986) gösterdiği gibi eş-bütünleşme ilişkisinin en az bir değişkenin diğerinin Granger-nedeni olması gerektirdiği sonucunu doğurmaktadır.

Eğer eş-bütünleşme özelliği dikkate alınmadan sadece X ve Y değişkenlerinin birinci farklarından oluşan bir model çerçevesinde Granger-nedensellik sınaması yapılsaydı;

$$\Delta Y_t = \sum \delta_{1,i}^* \Delta Y_{t-1} + \sum \beta_{1,i}^* \Delta X_{t-1} + \mu_{1t}^* \quad (1^*)$$

$$\Delta X_t = \sum \delta_{2,i}^* \Delta Y_{t-1} + \sum \beta_{2,i}^* \Delta X_{t-1} + \mu_{2t}^* \quad (2^*)$$

modeli kullanılacaktı. Eş-bütünleşme ilişkisinin dikkate alınmaması hem bilgi kaybına sebep olmakta (uzun dönemli ilişkinin varlığı) hem de spesifikasyon problemlerine yol açmaktadır. Bu nedenle Granger (1988) geçmişte yapılan bir çok çalışmanın sonuçlarının tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Granger-nedensellik kavramının eş-bütünleşme analizi çerçevesinde tekrar ortaya çıkışı ve bir hata düzeltme mekanizmasının sonucu olarak değerlendirilmesi literatürde uzun ve kısa dönemde nedensellik kavramlarının doğmasına neden olmuştur. Bir tür nedensellik uzun dönemde Y değişkeninin X değişkeni üzerindeki hata düzeltme etkisi nedeniyle oluşmaktadır. Bu etki ilgili değişkenler arasında bir çekim gücü olarak da düşünülebilir. Bu çekim gücü değişkenler arasında karşılıklı olabileceği gibi bir değişkenin diğer değişkeni uzun dönemde kendine çekmesi şeklinde de yorumlanabilir. Bu çekimin yönü ve hızı ise (1) ve (2) no.lu denklemlerdeki hata düzeltme katsayıları tarafından gösterilmektedir.

Örneğin, (1) ve (2) no'lu denklem sisteminde  $\gamma_1 \neq 0$  ve  $\gamma_2 = 0$  olduğunu ancak  $\sum \delta_{2,i} \neq 0$  ve  $\sum \delta_{1,i} = 0$  bulunduğunu varsayalım. Bu durumda, X değişkeni ile Y değişkeninin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini, bunun X değişkeninin Y değişkeni üzerindeki çekimi nedeniyle meydana geldiği, fakat Y değişkeninin X değişkenin kısa dönemde Granger-nedeni olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. Granger-nedensellik kavramının öngörülebilirlik esasına dayalı olması nedeniyle (Atukeren, 2008a), Y değişkeninin X değişkeninin uzun dönemli dinamiğini etkilememesi ancak kısa dönemde daha iyi tahmin edilmesine yardımcı olması mümkündür. Uzun dönemde nedensellik ise, X değişkeninin Y değişkenini sadece hata düzeltmeye dayalı olarak etkilemesi ve böylece daha iyi tahmin edilmesini sağlaması ancak kısa dönemli dinamiklerin daha iyi tahmin edilmesine yardımcı olmaması halidir.

Özet olarak, eş-bütünleşme analizine dayanan uzun dönemli nedensellik bulguları şokların etkilerinin kalıcı olduğu değişkenlerin bu şoklar karşısında bile birbirinden sadece sonlu olarak ayrılacağını ve aralarındaki farkın bütünleşme derecesinin uzun dönemde her bir değişkenin bütünleşme derecesinden daha az olacağı anlamına gelmektedir. Bu tanıma bir eleştiri

olarak, eş-bütünleşme analizinin yapılabilmesi için değişkenlerin kendilerinin durağan olmaması gerektiğini ve bu tanımda uzun dönemde nedenselliğin sadece durağan olmayan değişkenler için geçerli bir kavram olduğunun altını çizmek gerekir. Ayrıca, ikiden çok değişkenli bir sistemde birden fazla eş-bütünleşik vektör olması birden fazla hata düzeltme modeline yol açabilir. Bu modellerden ekonomik olarak anlamsız olanların (örneğin, yanlış işaretli katsayıların olması) değerlendirme dışı tutulması gerekmektedir (Verbeek, 2008).

### B. Kısa ve Uzun Dönem Nedensellik Kavramına Bir Başka Yaklaşım

Literatürden takip edebildiğimiz kadarıyla, kısa ve uzun dönemli Granger-nedensellik kavramları ilk olarak eş-bütünleşme analizi sonucu ortaya çıkabilen hata düzeltme modelleri çerçevesinde tanımlanmıştır. Granger'ın orijinal analizinde ve onu izleyen varyantlarında nedensellik kavramı kısa ve uzun dönem etki olarak ayrıştırılmamıştır. Bölüm II.A'da ele alınan eş-bütünleşme kavramı Granger-nedensellik sınamalarına hem modelin doğru spesifikasyonu açısından hem de ortaya çıkardığı kısa ve uzun dönemli nedensellik kavramları açısından önemlidir.

Ancak, son yıllarda kısa ve uzun dönemli Granger-nedensellik kavramları bir başka şekilde daha ortaya atılmıştır. Buna göre Granger'ın orijinal tanımı ve bunu geliştiren varyantlar hep kısa dönemli nedenselliği sınamaktadır. Çünkü, Granger'ın tanımındaki öngörü kriteri zaman olarak sadece bir dönem sonrası içindir. Dufour ve Renault (1998) ve Dufour, Pelletier, ve Renault (2006) bir-dönem-ufuklu vektör otoregresyonunu (*vector autoregression at horizon 1*) h-dönem-ufuklu vektör otoregresyon (*vector autoregression at horizon h*) olarak genelleştirerek yeniden ifade etmişlerdir. Buna göre:

$$Y(t+h) = \alpha^{(h)}(t) + \sum_{k=1}^p \pi_k^{(h)} Y(t+1-k) + \sum_{j=0}^{h-1} \psi_j a(t+h-j), \quad t = 0, \dots, T-h; \text{ ve } \psi_0 = I_m, \quad h < T. \quad (3)$$

Yukarıdaki vektör otoregresyon  $h=1$  halinde alışlagelmiş biçime indirgenmektedir. (Detaylar için bkz. Dufour *et al.* 2006: 339-340.)

$$Y(t) = \alpha(t) + \sum_{k=1}^p \pi_k Y(t-k) + a(t); \quad t = 0, \dots, T \quad (4)$$

Dufour ve diğerleri (2006:340) (3) no.lu denklemini "h-dönem-ufuklu p-boyutlu otoregresyon" (*autoregression of order p at horizon h*) olarak tanımlamış ve (p,h)-otoregresyonu adını vermiştir. Dufour ve Renault (1998) bu otoregresyonun teorik özelliklerini ve nasıl tahmin edilebileceği incelenmiş ve Dufour *et al.* (2006)'da ampirik bir uygulaması yapılmıştır. (p,h)-

otoregresyonunun Granger-nedensellik sınamaları açısından önemi h-dönem sonrası öngörülerin de nedensellik ilişkilerinin sınanmasına dahil edilebilmesidir. Bu tür nedensellik “uzun dönemli nedensellik” olarak adlandırılmıştır. Buna örnek olarak, rastsal bir X değişkeninin t zamanına kadar olan değerlerinin yine rastsal farklı bir Y değişkeninin t+1 zamanındaki değil ama t+2 zamanındaki değerlerini daha iyi tahminini sağladığını farz edelim. Bu durumda bir-dönem-ileri tahmin kriterine göre X değişkeni Y'nin Granger-nedeni olmamakla birlikte iki-dönem ileri tahmin kriterine göre X değişkeni Y'nin Granger-nedenidir. Dufour *et al.* bunu X'in bir Z değişkeninin t+1 zamanında daha iyi tahmin edilmesine imkan vermesi ve farklı bir Z rastsal değişkeninin de Y'nin t+1 zamanında daha iyi tahmin edilmesini sağlaması halinde ortaya çıkabileceğini belirtmişlerdir. Bu tür dolaylı etkiler nedeniyle, X değişkeni Y'yi kısa dönemde değil uzun dönemde daha iyi açıklayabilmektedir.

Dolaylı nedensellik kavramı yeni değildir. Örneğin, Hsiao (1982), çok değişkenli bir vektör otoregresyon modelinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini incelemiş ve doğrudan nedensellik, dolaylı nedensellik, iki çeşit sahte (*spurious*) nedensellik tanımları yapmıştır. Ancak, Hsiao (1982) nedensellikte zaman boyutunu öne çıkarmamış, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini niteliksel olarak ele almıştır.

Dufour ve diğerleri (2006) ampirik uygulamasında Amerika Birleşik Devletleri'nin bir parasal büyüklük (ödünç alınmamış rezervler, ÖAR), faiz oranı (*federal funds rate*), GSYİH deflatörü, ve reel GSYİH'dan oluşan dört değişkenli bir vektör otoregresyon modeli aylık veriler kullanılarak 1965-1996 dönemi için tahmin edilmiştir. Modelde, yukarıda (3) no'lu denklemde belirtilen, h değeri 24 dönem (2 yıl) olarak belirlenmiştir. Nedensellik sınamaları değişkenler arasında ikili bazda t+1'den t+24'e kadar ele alınmıştır. Dufour vd. (2006: Tablo 4 ve Tablo 7)'de elde edilen sonuçlar faiz oranlarının reel GSYİH'nın ilk iki ayda Granger-nedeni olmadığını, nedensellik etkisinin üçüncü aydan itibaren başladığını göstermektedir. Bu da, ödünç ÖAR ile faiz oranları arasındaki nedensellik ilişkisi dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. ÖAR, reel GSYİH'nın hiç bir zaman boyutunda nedeni değildir. Fakat, faiz oranları ÖAR tarafından t+1'de daha iyi tahmin edilmektedir. Bu nedenle, ÖAR üzerinden, dolaylı olarak, faiz oranları reel GSMH'nın uzun dönemde Granger-nedeni olarak bulunmuştur. Bu analiz, t+1 tahminine dayalı kısa dönemli analizlerin yanıltıcı sonuçlar verebileceğini ve iki değişkenli bir analizde t+h (h > 1) döneminde nedensellik ilişkisinin bulunması halinde modelde dolaylı nedensellik ilişkisini açıklayabilecek bir değişkenin bulunması gerekeceğini tespit edebilmesi açısından da önemlidir.

Dufour ve Renault (1998) ve Dufour ve diğerleri (2006)'nin uzun dönemli Granger-nedensellik tanımı ve Granger-nedensellik sınamaları literatürüne düşünsel bazda getirdiği katkılar tarafımızdan özgün olarak aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

1. Dufour ve Renault (1998)'nin yaklaşımında ilk olarak rastsal bir değişkenin t+1 dönemindeki değerlerinin otoregresif model ile yapılan öngörülerinin başka rastsal değişkenlerin gecikmeli değerlerinin de modele dahil edilmesiyle iyileştirip iyileştirmediği test ediliyor. Bu aşama Granger-nedensellik sınamalarına geleneksel yaklaşımla aynı olup Dufour buna kısa dönemde nedensellik adını vermektedir.

2. İkinci olarak, rastsal bir X değişkeninin diğer rastsal bir Y değişkeninin t+1 değil de t+h ( $h \geq 2$ ) zamanındaki değerlerinin tahminini kendi geçmiş ve diğer ilgili bilgiler de kullanıldığında iyileştirip iyileştirmediği test ediliyor. Dufour bu aşamayı uzun dönemde nedenselliğin sınanması olarak tanımlıyor.

3. Burada önemi bir nokta olarak, iki değişkenli bir sistemde bile X ile Y arasında doğrudan zamansal bir bitişiklik olmasının (*contiguity*) gerekmemesidir. Halbuki, zamansal (ve / veya mekansal) bitişiklik bilim felsefesinde nedenselliğe yaklaşımlarda önemli bir yer tutmaktadır. Örneğin, David Hume'a göre bir A olayının diğer bir B olayının nedeni olması için A olayı B olayına bir şekilde bitişik olmalıdır. Triacca (2007) iki değişkenli bir sistemde bir X değişkeninin diğer bir Y değişkeninin Granger-nedeni olmasının ancak X'in Y ile bitişiklik özelliği taşıması durumunda mümkün olacağını göstermiştir.

4. Dufour ise (zamansal bitişiklik özelliği şart olmayan) uzun dönemde nedenselliğin modelde bulunmayan başka bir değişkenin etkisi nedeniyle ortaya çıkabileceğini gösteriyor. Buna örnek olarak,  $X_t \rightarrow Z_{t+1} \rightarrow Y_{t+2}$  ilişkisi verilebilir. Burada  $X_t$ 'nin  $Y_{t+1}$ 'in değil  $Y_{t+2}$ 'nin (ya da  $Y_{t+h}$ 'm) öngörü hatasını eldeki diğer tüm bilginin kullanılmasına rağmen azaltabilmesi bir nedensel zincir (*causal chain*) nedeniyle mümkün olabilmektedir. Dikkat edilirse, modele X ve Y değişkenlerine zamansal bitişiklik özelliği taşıyan bir Z değişkeni ilave edilerek değişkenler arasında yine zamansal bir bitişiklik ilişkisi zincirleme olarak devam ettirilmektedir. Zincirleme nedensellik konusu bilim felsefesinde sorunlu olmakla beraber Granger yaklaşımında tahmin edilebilirlik esas olduğundan bu sorun istatistiksel bazda aşılabilmektedir.

5. Bu yaklaşım, prensipte Hsiao (1982) dolaylı nedensellik kavramı ile bağlantılıdır.. Hsiao (1982) çok değişkenli Granger-nedensellik sınamalarında bir X değişkeninin ile diğer bir Y değişkeni arasında doğrudan, dolaylı, ve iki tür sahte nedensellik ilişkisi olabileceğini göstermiştir. Ancak, Hsiao'nun yaklaşımı t+1 zamanı için yapılan öngörülere dayanmaktadır.

6. Dufour'un yaklaşımını Hsiao'nun doğrudan ve dolaylı nedensellik tanımları ile birleştirdiğimizde, kanımızca, bir X değişkeninin başka bir Y değişkeninin uzun dönemde doğrudan, kısa dönemde ise dolaylı nedeni olması durumu dahil farklı nedensel ilişki varyantları ortaya çıkabilir.

7. Dufour'un uzun dönemde nedensellik tanımına getirilebilecek bir eleştiri, bu yaklaşımın verilerin frekansını ne olursa olsun tamamen öngörü ufkuna bağlı olmasıdır. Burada akla gelen sorun, verilerin zamansal

toplulaştırılması sonucunda uzun dönem nedensellik bulgularının kısa dönem nedenselliğe dönüşebileceğidir. Örneğin, aylık veriler kullanıldığında rastsal bir X değişkeninin geçmişi diğer tüm bilgiler de dikkate alındığında farklı bir rastsal Y değişkeninin t+2 değerlerinin daha iyi tahminini sağlayabilir ve bu uzun dönemde nedensellik olarak adlandırılacaktır. Fakat, veriler üç aylık baza çevrildiğinde X değişkeni Y değişkeninin gene t+2 zaman ufkundaki öngörüsünü iyileştirebilir. Muhtemelen, X değişkeninin geçmişi Y'nin t+1'de daha iyi tahmin edilmesini sağlayacak ve aylık verilerdeki uzun dönemde nedensellik bulgusu üç aylık veriler kullanıldığında kısa dönem nedenselliğe dönüşecektir. Yukarıdaki durumda X'in Y'nin üç aylık veriler bazında da uzun dönemde nedeni olabilmesi X'in Y'nin en az t+6'da daha iyi tahminini sağlamasıyla mümkün olabilir. Bu örneği diğer veri frekanslarına uyarlamak da mümkündür.

### III. Varyans-Bazlı Granger-Nedensellik Sınamaları

#### A. Temel Kavramlar ve Uygulamalar

Çalışmamızın bu bölümünde, son yıllarda ortaya atılan ve Granger-sınamalarının varyans-bazlı ya da varyansda nedensellik (*causality-in-variance*) varyantını inceleyeceğiz. Cheung ve Ng (1996) tarafından geliştirilen bu yaklaşım, ilgili değişkenlerin birbirlerini volatilité yönünden etkileşimlerinin araştırılmasına imkan vermektedir. Bu bazda yapılan nedensellik sınamaları özellikle yüksek frekanslı verilerde nedensellik ilişkilerinin araştırılması ve volatilité yayılmalarının (*volatility spillovers*) analizi açısından önemlidir.

Temel olarak, Cheung ve Ng (1996)'nın varyans bazında nedensellik sınaması Granger'in (1969) tanımlarının ilgili değişkenlerin varyansları arasındaki ilişkilere uyarlanmasına dayanır. X ve Y iki durağan ve ergodik zaman serisi ve  $I_t = \{X_{t-j}; j \geq 0\}$  ve  $J_t = \{X_{t-j}; Y_{t-j}; j \geq 0\}$  ilgili bilgi setleri olsun. Cheung ve Ng (1996) tanımına göre, eğer  $E[(X_{t+1} - \mu_{xt+1})^2 / I_t] \neq E[(X_{t+1} - \mu_{xt+1})^2 / J_t]$  ise  $Y_t$  değişkeninin  $X_{t+1}$ 'in varyans-bazında Granger nedeni olduğu söylenebilir.

Bu sınamanın anlamlı bir şekilde yapılabilmesi için X ve Y değişkenlerinin değişen varyansa sahip olmaları, yani (G)ARCH süreci olmaları gereklidir. Varyansda nedensellik bir değişkenin varyansındaki değişmelerin diğer bir değişkenin varyansındaki değişmeler tarafından öngörülebilmesini gerektirmektedir. Varyans bazında nedenselliğin ampirik olarak sınanması için Cheung ve Ng (1996) tarafından geliştirilen yöntem aşağıdaki aşamaları içermektedir.

1. X ve Y değişkenleri için otoregresif değişen varyans etkileri (ARCH) sınanır ve her değişken için en iyi tek değişkenli (G)ARCH modeli tahmin edilir.



2. Bu modellerden elde edilen hata terimleri standartlaştırılır ve kareleri alınır ( $\varepsilon_x^2$  ve  $v_y^2$ ).<sup>4</sup>
3.  $\varepsilon_x^2$  ve  $v_y^2$  arasında çapraz korrelogram fonksiyonu (CCF) tahmin edilir.
4. Tahmin edilen CCF katsayılarının anlamlılık düzeyleri sınanır. (Ki-kare testi).
5. GARCH modelleri elde edilen nedensellik ilişkilerine göre tekrar tahmin edilir.

6. Bu modellerin tahmini sonucunda elde edilen hata terimleri kullanılarak yeniden CCF analizi ve nedensellik ilişkisi araştırılır. Bu aşama sonrasında değişkenlerin varyansları arasında tekrar nedensellik ilişkisi bulunursa, bu etkiler modelde bulunmayan üçüncü etkenlere atıf edilir.

Bu yöntem esas olarak Granger-nedensellik sınamalarına Pierce-Haugh yaklaşımının varyans bazında uygulanmasını içerir (bkz. Pierce, 1977; Pierce ve Haugh, 1977; Harvey, 1990; Işığışık, 1994). Cheung ve Ng (1996) Pierce-Haugh yönteminin varyans bazlı testlere uygulanmasının avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamaktadır.

1. Seriler-içi ve seriler-arası dinamiklerin (*intra- ve inter-series dynamics*) eş zamanlı olarak modellenmesinin gerekmemesi;
2. Ortalama ve varyans bazlı nedensellik arasındaki etkileşimlerin belirsizliğinin çok değişkenli GARCH modellerinin kurulmasını güçleştirmediği;
3. Test istatistiklerinin asimptotik dağılımlarının özelliklerinin iyi bilinmesi ve dağılımla ilgili varsayımlara karşı sağlam (*robust*) kalması;

Uygulama olarak Cheung ve Ng (1996) varyans bazında değişkenlik testini Nikkei 225 ile S&P 500'nin günlük getirileri ve S&P 500 vadeli indeks kontratları (*indeks futures contract*) ile ilgili indeks değerlerinin 15 dakikalık getirileri arasındaki nedensellik ilişkilerini sınamakta kullanmıştır. Cheung ve Ng ortamala-bazlı Granger-nedensellik sınamalarının geri-bildirim ilişkisi sonucunu verdiğini, varyans bazında ise S&P500'den Nikkei 225'e tek yönlü nedensellik ilişkisi ve S&P 500 indeksi ve vadeli kontratları arasında geri-bildirim etkisi bulunduğu tespit etmiştir. Bu şekilde S&P 500'den Nikkei 225'ye ortalama bazında tespit edilemeyen bir nedensellik ilişkisi de ortaya çıkarılmıştır.

Cheung ve Ng (1996)'i takip eden çalışmalarda varyansda nedensellik kavramı özellikle finansal piyasaların ekonometrik analizi ve volatilité yayılmalarının sınanmasında önemli bir uygulama alanı bulmuştur. Ek 1'de uluslararası literatürdeki bazı çalışmalar kronolojik olarak gösterilmektedir.

Temmuz 2009 itibarıyla tespit edebildiğimiz kadarıyla, varyansda nedensellik sınamalarını Türkiye ekonomisi ve finansal piyasaları üzerine

---

<sup>4</sup> Comte ve Libermann (2000) varyans bazında nedensellik ile ikinci-dereceden nedensellik (second-order causality) arasında bir ayırım yapmaktadır. Bu fark neden olunan serinin ortalamadan arındırılma biçimleri arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır.

uygulayan çalışmalar Neaime (2006), Çevik ve Pekkaya (2007), Korkmaz ve Çevik (2009)'dir.<sup>5</sup>

Neaime (2006) Ortadoğu ve Kuzey Africa ülkeleri borsalarının uluslararası volatilité etkileşimlerini incelemiştir. Neaime (2006)'nın elde ettiği sonuçlar arasında ABD ve İngiltere borsaların İstanbul borsasının varyans bazında tek yönlü Granger-nedeni olduğu ancak Türkiye ve Mısır borsaları arasında varyans bazında geri-bildirim etkisi olduğu da yer almaktadır.

Çevik ve Pekkaya (2007) Türkiye'de Vadeli İşlem ve Opsiyon Borsasında (VOB) işlem gören İMKB100 endeksi, ABD doları ve Euro vadeli işlem fiyatlarının bu borsaların spot fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Çalışmada kullanılan İMKB için kullanılan zaman serisi 01.11.2005 ile 28.09.2006 arasını, ABD doları ve Euro için kullanılan zaman serileri ise 04.02.2005 ile 28.09.2006 arasını kapsamaktadır.

Çevik ve Pekkaya (2007) varyans bazında nedenselliği dinamik nedensellik olarak da tanımlamaktadır. Bu çalışmanın varyanda nedenselliğe ait sonuçları: 1) İMKB100 vadeli ve spot fiyatları arasında eş-zamanlı (*instantaneous*) nedensellik, 2) ABD dolarının vadeli fiyatından spot fiyatına doğru nedensellik, ve 3) Euro'nun vadeli fiyatından spot fiyatına doğru nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Korkmaz ve Çevik (2009) aylık veriler kullanarak Aralık 1987 ile Ekim 2007 arasında İMKB100 endeksi ile reel resim güven endeksi arasında varyansda nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Korkmaz ve Çevik (2009)'in bulgularına göre İMKB100 endeksi ve reel kesim güven endeksi arasında eş zamanlı geri bildirim etkisi mevcuttur.

#### *B. Cheung ve Ng (1996) Sonrası Teorik Gelişmeler*

Zaman serileri analizi literatüründeki teorik gelişmeler varyans bazında nedenselliğin sınanmasına da yansımıştır. Bu gelişmelerde ana temalar: 1) nedensellik sınamalarında gecikme seçimi, 2) ortalama bazında nedensellik ile varyans bazında nedensellik arasındaki etkileşimlerin analizi, 3) varyans bazında nedenselliğin (varyansda) yapısal kırılmalardan nasıl etkilendiği ve buna göre yeni test yöntemlerinin geliştirilmesi, 4) varyansın durağan olmamasının varyansda nedensellik sınamalarına etkileri, 5) varyansda nedenselliğin çok değişkenli GARCH modelleri çerçevesinde sınanması, ve 6) zamansal agregasyonun çok değişkenli GARCH süreçlerinde varyansda nedenselliği nasıl etkilediğidir. Bu konularda yapılan araştırmalarda elde edilen teorik bulgular aşağıda özetlenmiştir.

1. Hong (2001) çalışmasında varyansda nedensellik sınamalarına esas olan öncül ve gecikmeli değerlerin seçiminin test sonuçlarına etkisini incelemiştir. Hong'a göre Cheung ve Ng (1996) ve Granger

<sup>5</sup> Aydemir ve Demirhan (2009) çalışmasında da Cheung ve Ng (1996) kaynakçada yer almaktadır.

(1969) tipi sınamalar gecikme (veya öncül) değerlere eşit ağırlık vermektedir. Nedensellik sınamalarında geçmiş değerlerin öngörülere eşit ağırlıkla girdiğini kabul etmek ek bir varyasyondur. Buradan hareketle, Hong (2001) gecikmeli ve öncül değerler için esmek bir ağırlıklandırma önermekte ve bu şekilde elde edilen sonuçların eşit ağırlık kullanan yöntemle göre üstünlüğünü göstermektedir.

2. Pantelidis ve Pittis (2004) değişkenler arasında ortalama bazlı bir nedensellik ilişkisi olduğunda, bunun dikkate alınmamasının varyans bazlı testlerde önemli derecede hacim çarpıklığı (*size distortion*) yaratacağını ve varyans bazlı sınamalara geçmeden önce, varsa, ortalama bazlı nedenselliğin filtrelenmesi gerektiğini göstermektedir.

3. Van Dijk, Osborn, ve Sensier (2005) (DOS) varyansdaki kırılmaların dikkate alınmamasının varyans bazlı nedensellik sınamalarında önemli hacim çarpıklığı yaratacağını ancak kırılmaların filtrelenmesinin sorunu azaltabileceğini göstermiştir.

4. Rodrigues ve Rubia (2007) da Van Dijk, Osborn, ve Sensier (2005)'in hacim çarpıklığı ile ilgili sonuçlarını genelleştirmekte ve hacim çarpıklığının sadece küçük örnek sorunu olmadığını çapraz korrelasyon katsayılarının tutarlı tahmin edilmemesinden dolayı asimptotik olarak da var olduğunu ispatlamaktadır. Rodrigues ve Rubia (2007) varyansdaki yapısal kırılmaların filtrelenmesinin sorunu önemli ölçüde gidereceği konusunda DOS ile hem fikirdir.

5. Caporin (2007) “Üstsel Nedensel Çok Değişkenli GARCH” (*Exponential causality multivariate GARCH*, EC-GARCH) modelini geliştirmiştir. Caporin (2007) modele nedenselliği bir çarpım faktörü (*multiplicative factor*) olarak dahil etmekte ve nedensel etki fonksiyonu olarak yorumlamaktadır. Bu spesifikasyon varyansda nedenselliğin varlığı, işareti, ve yönü hakkında da bilgi vermektedir. Ayrıca, artan veya azalan varyans bazlı nedenselliğin tespitini de sağlamaktadır.

6. Hafner (2009) zamansal agregasyonun çok değişkenli GARCH modelleriyle yapılan varyans bazlı nedensellik sınamaları üzerine etkisini araştırmıştır. Hafner (2009) zamansal agregasyonun varyans bazında da sahte nedenselliğe yol açabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, volatilité tahminlerinin toplulaştırılmış seri değil, o serinin bileşenlerinden yapılmasının doğru olduğunu göstermektedir.

### C. Cheung ve Ng (1996) Varyans-Bazlı Nedensellik Sınamasının Sorunları

Pierce-Haugh yaklaşımında karşılaşılan sorunların çoğunluğu Cheung ve Ng yaklaşımı için de geçerlidir. Bu sorunlar Freeman (1983) tarafından özetlenmektedir. Literatürde eleştiriler genel olarak, ön-filtreleme gereksinimi ve sınamanın gücünün az olması üzerinde yoğunlaşmaktadır. Doğrusal korrelasyon katsayısının yorumu ile ilgili genel eleştiriler de geçerliliğini korumaktadır. Örneğin, çapraz korrelasyonların anlamlılığının test edilmesine

dayalı bu yöntem doğrusal olmayan ve sıfır korrelasyon sonucu verebilecek ilişkilerin tespit edilmesine imkan vermemektedir. Pierce-Haugh yaklaşımında, geleneksel Granger-sınamalarında önemli bir konu olan gecikme seçimi daha az sorun olmakla beraber uzak gecikmelerdeki anlamlı çapraz korrelasyon katsayılarının nasıl yorumlanacağı ve belki de dikkate alınmaması gerektiği problemi mevcuttur. Hong (2001)'in gecikmeleri / öncül değerleri eşit değil esnek olarak ağırlıklandırma önerisi bu problemi hafifletmekle birlikte, esnek ağırlık katsayılarının nasıl tespit edileceği tartışmaya açıktır. Çünkü, bazı ağırlıklandırma şemalarıyla iki değişken arasında nedensellik ilişkisi bulması başka bir ağırlıklandırma şeması ile ise nedensellik ilişkisinin ortadan kalkması durumu ortaya çıkabilir.

Ayrıca, Pierce-Haugh ve Cheung-Ng yaklaşımlarında değişkenler arasında sıfır gecikmede (eş-zamanlı) nedensellik bulgusunun yorumu da güçtür. Granger-nedensellik sınamalarında eş-zamanlı nedenselliğin ortaya çıkışı zamansal agresyona bağlanmakta ve gerçek anlamda bir eş-zamanlı nedensellik kavramı olarak reddedilmektedir. Granger-nedensellik sınamalarına Pierce-Haugh varyantı dışındaki yaklaşımlar ilgili değişkenlerin cari zamanlı değerlerini açıklayıcı değişken olarak modele katmayarak eş-zamanlı nedenselliği temelden ortadan kaldırmaktadırlar. Ancak, Cheung ve Ng (1996)'in varyans-bazlı nedensellik sınamalarında yöntem olarak Pierce-Haugh varyantı kullanılmakta ve ilgili değişkenler arasında eş-zamanlı korrelasyon da hesaplanmaktadır. Bu yüzden, varyansda eş-zamanlı nedenselliğin olduğu bulgusu eş-zamanlı korrelasyonun istatistiksel olarak anlamlı çıkması sonucudur ve tanımı gereği bir yön belirtmez. Lütkepohl ve Kraetzig (2004) yönü belli olmadığı için eş-zamanlı nedenselliğin mutlaka bir geri-bildirim etkisi gibi görüldüğünü belirtmekte ve eş-zamanlı nedenselliğin ancak nedenselliğin yönü konusunda *a priori* bir bilgi olması durumunda yorumlanmasını önermektedir.

Pierce-Haugh yaklaşımında, Hsiao (1982)'ye paralel olarak dolaylı ve sahte nedensellik ilişkilerinin tespiti de güçtür. Bu ilişkiler prensip olarak modele diğer değişkenlerin dahil edilmesi ve X ile Y rastsal değişkenleri arasındaki nedensellik ilişkisinin diğer değişkenlerin etkilerinin ön-filtrelenmesinden sonra sınaması yoluyla giderilebilir. Ancak, bu işlemler sınamanın gücünü daha da azaltacaktır.

Regresyona dayalı Granger-nedensellik sınamalarında çeşitli gecikmelerdeki katsayıların toplanarak nedenselliğin işaretinden söz etmek mümkündür. Hatta, farklı gecikmelerdeki katsayıların tek tek anlamlı olmasına rağmen işaret değişimleri nedeniyle grup olarak sıfırdan farklı bulunmaması nötralite durumu olarak adlandırılmaktadır.<sup>6</sup> Buna paralel olarak, çapraz korrelasyona dayalı nedensellik sınamalarında korrelasyon katsayılarının grup olarak anlamlılığın sınaması gerekir. Farklı gecikmeler ve / veya öncül

<sup>6</sup> Nötralite halinin geniş tartışması ve örneği için bkz. Atukeren (2008b).

değerlerde farklı işaretler olması durumunda ise, nötraltenin varlığı için tek kuyruklu anlamlılık sınaması yapılması yoluna gidilebilir.

#### IV. Sonuç Ve Genel Değerlendirme

Granger'ın (1969) nedensellik tanımları ve geliştirilmiş varyantları bugün iktisat literatüründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Granger nedensellik sınamalarına yeni iki yaklaşımı kavramsal ve teorik bazda incelenmiştir. Bunlardan birincisi, uzun ve kısa dönemde nedensellik tanımlarına iki farklı yaklaşımdır. Zaman serileri analizinde uzun ve kısa dönemde nedensellik kavramları genellikle uzun dönem denge koşulu ile kısa dönem dinamiğini birleştiren hata düzeltme modelleri kapsamında kullanılmaktadır. Buna göre, uzun dönem denge koşulu uzun dönem nedensellik olarak görülmekte, ve kısa dönemde nedensellik ise ilgili değişkenlerin kısa dönem dinamiklerinin modele katılmasının modelinin öngörü gücünü artırması olarak tanımlanmaktadır. Uzun ve kısa dönem nedenselliğe yeni bir yaklaşım, Dufour ve Renault (1998) ve Dufour ve diğerleri (2006) tarafından geliştirilmiştir. Kavram olarak, uzun dönemli nedensellik bir dönem sonrası aşan nedensellik ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Buna göre, eğer bir rastsal X değişkeni diğer bir rastsal Y değişkeninin sadece  $t+1$ 'deki öngörüsünü iyileştiriyorsa bu kısa dönemde nedensellik olarak nitelendirilmektedir. Uzun dönemde nedensellik ise, X değişkeninin geçmişinin t zamanında var olan diğer tüm bilgiler de kullanıldığında Y değişkeninin  $t+h$  ( $h>1$ ) dönemindeki tahminini iyileştirmesi durumunda oluşmaktadır. Dufour'un kısa ve uzun dönem nedensellik tanımlarının bir özelliği iki değişkenli bir sistemde bile nedenselliğin zamansal bitişiklik gerektirmemesidir. Ancak, bu durum nedensel sistemde (teorik olarak) yer alması gereken ancak modele dahil edilmemiş bir değişkenin varlığı olarak yorumlanmaktadır. Bu nedenle, eğer X ile Y arasında kısa dönem değil sadece uzun dönem nedensellik ilişkisi bulunursa, bu durum bir model spesifikasyon hatası olarak da görülebilir. Burada, Hsiao (1982)'nin dolaylı ve sahte nedensellik kavramlarının da devreye girmesi gerektiği düşüncesindeyiz. Çünkü, literatürde bilindiği gibi (Hsiao, 1982; Lütkepohl, 1983) iki değişkenli bir sistemde X ile Y arasında tespit edilen bir ilişki modele üçüncü bir değişkenin eklenmesine duyarlı olabilir (sahte nedensellik hali). Bu nedenle, Dufour ve diğerlerinin analizlerine göre örneğin X'den Y'ye uzun dönemde nedensellik ilişkisinin varlığına karar vermeden önce X'den Y'ye bir Z değişkeni üzerinden Hsiao (1982)'un dolaylı nedensellik tanımlarının şartlarının yerine getirildiğinin de sınanması gerekir.<sup>7</sup>

İki rastsal olay arasında nedensellik ilişkisi olup olmadığı özü itibarıyla tartışmalı bir konudur ve buna bir de zaman boyutu eklenmesi konuyu daha da karmaşık hale getirmektedir. Dufour ve diğerlerinin kısa ve uzun dönemde

<sup>7</sup> Hsiao'nun (1982) doğrudan, dolaylı, ve sahte nedensellik dört değişkenli bir sistemde uygulanması için bkz. Atukeren (2007).

Granger-nedenselliğin tespitine daha somut bir ampirik yöntem geliştirmesi iktisadi değişkenler arasındaki etkileşimlerin zaman boyutu da eklenerek anlaşılabilmesine yardımcı olacaktır. Buna bir uygulama alanı olarak, para ve maliye politikalarının kısa ve uzun dönemde ekonomik etkileri düşünülebilir.

Çalışmada ikinci olarak, Cheung ve Ng (1996) tarafından varyans bazında yapılan Granger-nedensellik analizinin temel kavramları ve teorik ve uygulamadaki gelişimi irdelenmiştir. Varyans bazında nedenselliğin başlangıç noktası rastsal bir X ve Y değişkenlerinin değişen varyans sürecine sahip olmalarıdır. Bu durumda bir değişkendeki varyans değişikliklerinin diğer değişkenin varyansındaki değişiklikler kullanılarak öngörülüp öngörülemeyeceği Cheung ve Ng (1996) testinin temelini oluşturmaktadır. Ana fikir, Granger (1969) sınavının Pierce ve Haugh (1977) varyantının varyans bazında uygulanmasıdır. Cheung ve Ng yöntemi ilk aşamada değişen varyansın varlığını ve varsa (G)ARCH modelleri kullanılarak doğru olarak modellenmesini gerektirir. Bu nedenle varyansda nedensellik sınamaları daha çok yüksek frekanslı (finansal) verilerin analizi için elverişlidir. Ayrıca, iki değişkenin arasında şartlı ortalama bazında nedensellik ilişkisi bulunmaması bu iki değişkenin diğer momentleri arasında bir ilişkinin olmamasını gerektirmez.

Granger-nedensellik analizine son yıllarda getirilen en önemli yeniliklerden olan varyansda nedensellik sınamaları değişkenlerin ikinci momentleri arasındaki nedenselliği irdelediğinden değişkenler arasındaki ilişkilerin bütün olarak daha iyi anlaşılmasına da katkıda bulunmaktadır. Varyansda nedensellik sınamaları finansal zaman serilerinin analizi ve volatilité etkileşimlerinin araştırılmasına taze bir bakış açısı sağlamaktadır. Buna Türkiye’den bir örnek olarak Çevik ve Pekkaya (2007)’nin spot ve vadeli işlem piyasaları arasındaki nedenselliğin sınanması verilebilir.

Disiplinlerarası bir açıdan düşünüldüğünde, bilim felsefesinde Granger-sınamalarının da içinde bulunduğu olasılıksal nedensellik (*probabilistic causality*) modellerine yöneltilen önemli bir eleştiri, bir X olayının diğer bir Y olayının nedeni olduğunun söylenebilmesi için X olayının Y olayının ortalama oluşma olasılığını artırması gerektiği ancak buna karşıt örneklerin verilebilmesidir. Varyansda nedensellik kavramı bu konuda bir avantaj sağlamaktadır. Örneğin, bir X olayı diğer bir Y olayının oluşma olasılığını ortalama azaltıyor ancak varyansını artırıyor olabilir. Bu nedenle varyansda ya da daha genel bir ifade ile yüksek momentlerdeki nedensellik kavramının bilim felsefesi literatüründe de yeni tartışmalar açabileceği kanaatindeyiz.

#### Kaynakça

- Atukeren, E. (2007) “A Causal Analysis of the R&D Interactions between the EU and the US”, *Global Economy Journal*, 7(4), Article 1, ss. 1-28.
- Atukeren, E. (2008a) “Christmas Cards, Easter Bunnies, and Granger-causality”, *Quality & Quantity (International Journal of Methodology)*, 42(6), ss. 835-844.

- Atukeren, E. (2008b) “Çok Değişkenli Granger-Nedensellik Sınamalarında Sonuçların Yorumu Sorunu”, 9. *Ekonometri ve İstatistik Sempozyumunda sunulan bildiri*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Kuşadası-İzmir, 28-30 Mayıs 2009.
- Aydemir, O., ve E. Demirhan (2009) “The Relationship between Stock Prices and Exchange Rates: Evidence from Turkey”, *International Research Journal of Finance and Economics*, 23, ss. 207-215.
- Caporin, M. (2007) “Variance (Non)Causality in Multivariate GARCH”, *Econometrics Reviews*, 26(1), ss. 1-24.
- Cheung, Y.-W. ve L.K. Ng, (1996) “A Causality-in-Variance Test and Its Application to Financial Market Prices”, *Journal of Econometrics*, 72, ss. 33-48.
- Comte, F. and O. Lieberman (2000) “Second Order Noncausality in Multivariate GARCH Processes”, *Journal of Time Series Analysis*, 21, ss. 535-557.
- Çevik, E. İ. ve M. Pekkaya (2007) “Spot ve Vadeli İşlem Fiyatlarının Varyansları arasındaki Nedensellik Testi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 22(2), ss. 49-66.
- Dufour, J.-M., ve Renault, E. (1998) "Short-run and Long-run Causality in Time Series: Theory", *Econometrica*, 66, ss. 1099-1125.
- Dufour, J.-M., Pelletier, D., ve Renault, E. (2006) "Short-run and Long-run Causality in Time Series: Inference", *Journal of Econometrics*, 132, ss. 337-362.
- Elsner, J. B. (2007) "Granger-causality and Atlantic Hurricanes", *Tellus (Series A: Dynamic Meteorology and Oceanography)*, 59(4), ss. 476-485.
- Faes, L., Nollo, G. ve Chon, K. H. (2008) "Assessment of Granger Causality by Nonlinear Model Identification: Application to Short-term Cardiovascular Variability", *Annals of Biomedical Engineering*, 36(3), ss. 381-395.
- Freeman, J. R. (1983) “Granger Causality and the Time Series Analysis of Political Relationships”, *American Journal of Political Science*, 27, ss. 327-358.
- Granger, C.W.J (1986) “Developments in the Study of Cointegrated Economic Variables”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48(3), ss. 213-228
- Granger, C.W.J. (1988) "Some Recent Developments in a Concept of Causality", *Journal of Econometrics*, 39, ss. 199-211.
- Hafner, C. M. (2009) “Causality and Forecasting in Temporally Aggregated Multivariate GARCH Processes”, *Econometrics Journal*, 12, ss. 127-146.
- Harvey, A. (1990) *The Econometric Analysis of Time Series*. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge, USA: The MIT Press.
- Hong, Y. (2001) “A Test for Volatility Spillover with Application to Exchange

- Rates”, *Journal of Econometrics*, 103, ss. 183-224.
- Hsiao, C. (1982) “Autoregressive Modelling and Causal Ordering of Economic Variables”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 4, ss. 243-259.
- Işığışok, E. (1994) *Zaman Serilerinde Nedensellik Çözümlemesi: Türkiye’de Para Arzı ve Enflasyon Üzerine Ampirik Bir Araştırma*, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- Korkmaz, T. ve E. İ. Çevik (2009) “Reel Kesim Güven Endeksi ile İMKB 100 Endeksi arasındaki Dinamik Nedensellik İlişkisi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 38(1), ss. 24-37.
- Lütkepohl, H. Ve M- Kraetzig (2004) *Applied Time Series Econometrics*, Cambridge University Press, UK.
- Matthews, P.H. (2005) “Paradise Lost and Found? The Econometric Contributions of Clive W. J. Granger and Robert F. Engle”, *Review of Political Economy*, 17(1), ss. 1-28.
- Neaime, S. (2006) “Volatilities in Emerging MENA Stock Markets,” *Thunderbird International Business Review*, 48(4), ss. 455-484.
- Pantelidis, T. ve N. Pittis (2004) “Testing for Granger-causality in Variance in the Presence of Causality in Mean”, *Economics Letters*, 85, ss. 201-207.
- Pierce, D.A. (1977) “Relationships - and the Lack Thereof - Between Economic Time Series, With Special Reference to Money and Interest.”, *Journal of the American Statistical Association*, 72, ss. 11-22.
- Pierce, D. A. ve L. D. Haugh (1977) “Causality in Temporal Systems: Characterizations and a Survey”, *Journal of Econometrics*, 5, ss. 265-293.
- Rodrigues, P. M. M. Ve A. Rubia (2007) “Testing for Causality in Variance under Nonstationarity in Variance”, *Economics Letters*, 97, ss. 133-137.
- Salazar, R.F., König, P., ve Kayser C. (2004) "Directed Interactions between Visual Areas and Their Role in Processing Image Structure and Expectancy", *European Journal of Neuroscience*, 20(5), ss. 1391-1401.
- Suppes, P. (1970) *A Probabilistic Theory of Causality*, North-Holland, Amsterdam.
- Triacca, U. (2001) "On the Use of Granger-causality to investigate the human influence on climate”, *Theoretical and Applied Climatology*, 69, ss. 137-138.
- Triacca, U. (2007), “Granger-Causality and Contiguity between Stochastic Processes”, *Physics Letters A*, 362(4), March 5, ss. 252-255.
- Van Dijk, D. D. R. Osborn, ve M. Sensier (2005) “Testing for Causality in Variance in the Presence of Breaks”, *Economics Letters*, 89, ss. 193-199.
- Verbeek, M. (2008) *A Guide to Modern Econometrics*, Third Edition, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, İngiltere.
- Woodward, J. (2008) “Invariance, Modularity, and All That: Cartwright on



- Causation”, L. Bovens, C. Hofer, ve S. Hartmann (der.) Nancy Cartwright’s Philosophy of Science, Routledge Studies in the Philosophy of Science. Routledge. UK.
- Hu, J. W-S., M-Y. Cheng, R. C. W. Fok, ve B-N. Huang (1997) “Causality in Volatility and Volatility Spillover Effects US, Japan, and Four Equity Markets in the South China Growth Triangular”, *Journal of International Financial Markets, Institutions, and Money*, 7, ss. 351-367.
- Lim, K-G., ve S-C. Wong (1998) “Financial Markets Trends and Studies of Singapore Futures Markets”, *Asia-Pacific Financial Markets*, 5, ss. 45-63.
- Speight, A. E. H., ve D. G. McMillan (2001) “Volatility Spillovers in East European Black Market Exchange Rates”, *Journal of International Money and Finance*, 20, ss. 367-38.
- Caporale, G. M., N. Pittis, ve N. Spagnolo (2002) “Testing for Causality in Variance: An Application to the East Asian Markets”, *International Journal of Finance and Economics*, 7, ss. 235-245.
- Kanas, A. ve G. P. Kouretas (2002) “Mean and Variance Causality between Official and Parallel Currency Markets: Evidence from Four Latin American Countries,” *The Financial Review*, 37, ss. 137-164.
- Alaganar, V. T. ve R. Bhar (2003) “An International Studz of Causality in Variance: Interest Rate and Financial Sector Returns”, *Journal of Economics and Finance*, 27(1), ss. 39-55.
- Bhar, R. ve S. Hamori (2005) “Causality in Variance and the Type of Traders in Crude Oil Futures”, *Energy Economics*, 27, ss. 527-539.
- Caporale, G. M., N. Pittis, ve N. Spagnolo (2006) “Volatility Transmission and Financial Crises”, *Journal of Economics and Finance*, 30(3), ss. 376-390.
- Henry, O. T., N. Olekhans, ve R. W. D. Lakhsman (2007) “Identifying Interdependencies between South-East Asian Stock Markets: A Non-Linear Approach”, *Australian Economic Papers*, June, ss. 122-135.
- Inagaki, K. (2007) “Testing for Volatility Spillover between the British Pound and the Euro”, *Research in International Business and Finance*, 21, ss. 161-174.
- De Gooijer, J. G. ve S. Sivarajasingham (2008) “Parametric and Nonparametric Granger-causality testing: Linkages between International Stock markets”, *Physica A (Applications of Statistical Mechanics)*, 387, ss. 2547-2560.
- Li, G., J. F. Refalo, ve L. Wu (2008) “Causality in Variance and Causality in Mean between European Government Bond markets”, *Applied Financial Economics*, 18, ss. 1709-1720.
- Hanabusa, K. (2009) “Causality Relationship between the Price of Oil and Economic Growth in Japan”, *Energy Policy*, 37, ss. 1953-1957.