

# Türkiye Ekonomisine İlişkin Bir Makroekonometrik Model Üzerinde Bifurkasyon Analizi

Ünal Eryılmaz\*

## Öz

Bifurkasyon teorisi, dinamik sistemlerin analizi için önemli bir araçtır. Dinamik makroekonomik sistemler, belirli koşullar altında parametre değerleri değiştiğinde belirli türlerde bifurkasyonlar gösterebilir. Bu çalışmada, Aysoy ve Kıpıcı (2005) tarafından geliştirilen Türkiye Ekonomisi Makroekonometrik Modeli kullanılarak, Türk ekonomisinde bifurkasyona yol açan faktörler incelenmiştir. Modelin, tahmin edilen parametreleri %95 güven aralığında değiştiğinde sabit durum ve periyot katlayan-2 bifurkasyonları sergilediği görülmüştür. Enflasyon oranı parametresindeki değişim, her iki bifurkasyon türüne yol açarken, devalüasyon oranı ve beklenen enflasyon parametrelerindeki değişim sadece kararlı durumda bifurkasyonuna yol açmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bifurkasyon, Sabit durum çatallanması, Periyod-Katlama 2 çatallanması, Eş-Boyut 1, Türkiye ekonomisi.

**JEL Sınıflandırması:** C14, C22, E61.

## Abstract - Bifurcation Analysis on a Macroeconometric Model for Turkey's Economy

Bifurcation theory is an important tool for the analysis of dynamical systems. Dynamic macroeconomic systems can exhibit certain types of bifurcation when parameter values change under certain conditions. In this study, using the Quarterly Macroeconomic Model of Turkish Economy developed by Aysoy and Kıpıcı (2005), the determinants causing the bifurcations in the Turkish economy are examined. It has been observed that the Model exhibits steady-state and period-doubling 2 bifurcations when the predicted parameters are changed within 95% confidence interval. While the change in the inflation rate parameter causes both types of bifurcation, the changes in the devaluation rate and the expected inflation parameters only cause steady-state bifurcation.

**Keywords:** Bifurcation, Saddle-Node bifurcation, Period-Doubling bifurcation, Co-Dimension 1, Turkish economy.

**JEL Classification:** C14, C22, E61.

\* Hazine ve Maliye Bakanlığı, E-posta: unaleryilmaz@yahoo.com – ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9056-4963>

## 1. Giriş

Ekonomik istikrar ve sürdürülebilir büyüme, Türkiye gibi birçok gelişmekte olan ekonomi için temel sorunlardır. Dünya ekonomileri yakınsadıkça ekonomik döngüler, nispeten azalmaya ve daha uzun zaman aralıklarıyla gerçekleşmeye yüz tutsa da, pek çok gelişmekte olan ekonomide henüz böyle bir gelişme görülmemektedir. Aksine, siyasi istikrarsızlıklar, borç krizi, yanlış maliye ve para politikaları nedeniyle, ekonomik istikrarın sağlanması ve sürdürülmesi hala bu ülkeler için zor bir hedefdir. Gelişmekte olan ekonomilerdeki istikrarsızlığı anlamak için, geleneksel ekonomik analizin ötesinde daha gelişmiş yöntemler kullanmak gerekir. Bifurkasyon teorisi, dinamik ekonomik sistemlerin analizi için anahtar bir araçtır. Bifurkasyonların varlığı, gelişmekte olan ekonomilerdeki döngüsellikçi açıklamaya yardımcı olabilir. Bifurkasyonları incelemek, belli kontrol parametrelerinde değişikliği takiben sabit noktalar (fixed points), limit döngüleri (limit cycles), yörüngeler (orbits) vb. gibi "wandering" olmayan kümelerin kararlılığındaki değişimler hakkında bilgi sağlar ve bu değişikliklerin ve kararlı durumdan kararsız duruma veya tam tersine geçişlerin modellenmesine yardımcı olur. Bifurkasyon analizini kullanarak, sistemlerin parametre değişiminin neden olduğu dinamik davranış değişikliklerini niteliksel olarak tahmin etmek mümkün olabilmektedir. Parametrelerdeki değişiklik, sistemin kararlılığında bir değişikliğe neden olur. Bu nedenle bir bifurkasyon noktası, sabit noktaların ve periyodik yörüngelerin sayısı, türü ve kararlılığı gibi sistem dinamiklerinin özelliklerinde niteliksel bir değişikliği gösterir.

Bu çalışmanın amacı, kullanılan modelin parametre uzayında gerçek verilerden hareketle tahmin edilen herhangi bir bifurkasyon noktası olup olmadığını bulmak ve varsa bu bifurkasyonların türlerini ve sınırlarını tespit etmektir. Bifurkasyon sınırları parametrelere bazı fiziksel kısıtlamalar getirebilir ve bazı parametreler bifurkasyon sınırının ötesine geçerken sistemin nasıl davrandığını görmek yararlıdır. Dahası, bifurkasyon sınırları tüm parametre uzayını alt kümelere böldükçe, bu alt kümelerin her birinde farklı tür dinamikler gözlemlenebilir. Önceki araştırmalarda yürütülen nümerik ve analitik deneylerden elde edilen gözlem sonuçları, bu çalışmaların farklı dinamik modellerle sürdürülmesini önemli ve gerekli kılmaktadır. Bu nedenle çalışmada, Aysoy ve Kıpıcı'nın (2005) Türkiye Üç Aylık Makroekonometrik Modelini kullanılarak makro ekonometrik modellerde bifurkasyon olgusu incelenecektir. Söz konusu Modelin, politika analizi için belli ölçüde Merkez Bankası tarafından geçmiş yıllarda değerlendirildiği bilinmektedir. Kullanılan Model, enflasyon sürecindeki içselleştirilmiş beklentileri (endogenized expectations) dikkate alan, Türkiye ekonomisi için küçük ölçekli, üç aylık bir modeldir. Model, değişkenlerde doğrusal olmayan ancak para-

metrelerde doğrusal olan eşzamanlı yapısal denklemlerden oluşmaktadır.

Çalışmada ilk olarak, olası bifurkasyonlar için modelin tahmini parametre uzayı incelenecektir. Bulunan herhangi bir bifurkasyonun varlığı ve türü, modelin kararlılık özellikleri ve politika seçimi için oldukça bilgilendirici olabilir. Herhangi bir bifurkasyonun bulunması halinde, bifurkasyon sınırlarının belirlenmesi, politika yapıcıların, eğer varsa, istikrarsız parametreleri istikrarsız bölgeden istikrarlı bölgeye kaydırmalarına yardımcı olabilir. Bu amaçla, basit maliye politikası kurallarının durgunluk sırasında vergi oranının düşürülmesi, kamu borçlanması veya transfer ödemelerinde artış gibi maliye politikası araçlarının veya gecelik faiz oranlarında bir kez görülen düşüş, enflasyonist beklentilerde keskin bir düşüş ve döviz kurlarında artış gibi para politikası araçlarının modelin çeşitli değişkenlerine etkilerini deneylemek de mümkün olabilecektir. Geleneksel ekonomik analiz bakış açısından, belirli durumlarda bu tür politikalardan dengeleyici bir etki beklense de, modelin dinamik davranışları üzerinde herhangi bir farklı dengeleyici etki olup olmadığı incelenecektir. Bunun yanı sıra maliye ve para politikası değişkenlerini içeren politika araçlarının farklı kombinasyonlarının modelin kararlılığı üzerinde etkilerinin sınanması da mümkündür.

## 2. Literatür Taraması

Dinamik sistemler - kesikli veya sürekli, doğrusal veya doğrusal olmayan - bazı parametrelere dışsal olarak bağlıdır. Modelin bazı dışsal (kontrol) parametreleri değiştiğinde, modelin nitel davranışı da değişebilir. Yeni sabit (denge) noktalar (fixed points) ortaya çıkabilir veya mevcut sabit noktalar kaybolabilir veya kararlılık/durağanlık halleri değişebilir. Dinamik sistemlerdeki bu tür niteliksel değişikliklere bifurkasyon (çatallanma) denir ve bu değişikliklerin gerçekleştiği parametrelerin değerlerine bifurkasyon noktaları (bifurcation points) denir.

Matematik ve mühendislik literatürlerinde dinamik sistemlerin kararlılığı ve bifurkasyonu üzerine kapsamlı çalışmalar olmakla birlikte ekonomide bifurkasyon görece yeni bir çalışma alanıdır. Bununla birlikte, dinamik sistemlerin özellikle doğrusal olmayan hareketlerini anlamak ve sistemin davranışlarının parametre değerlerine olası bağımlılığını anlamak için dinamik ekonomik sistemlerin bifurkasyon analizi giderek gelişen bir literatüre sahiptir.

Dinamik ekonomik sistemlerin çeşitli türlerde bifurkasyon davranışı gösterebileceği önceki çalışmalarda ortaya konmuştur. Dinamik ekonomik sistemlerde karşılaşılan en yaygın bifurkasyon türleri eyer düğümü (saddle node), transkritik (transcritical), dirgen (pitchfork) ve Hopf bifurkasyonlarıdır. Örneğin, Bala (1997) ve Scarf (1960)

tarafından tatonman (tatonement) sürecindeki dirgen çatallanmaları, Barnett ve He (1999, 2002) tarafından sürekli zamanlı makroekonometrik modellerde transkritik ve iki eş-boyutlu (co-dimension 2) çatallanma, Barnett ve He (2002, 2006) tarafından Euler denklemi makroekonometrik modelde tekillik bifurkasyonları, Dobrescu ve Opris (2007) tarafından Kaldor iş döngüsü (business cycle) modelinde Neimark-Sacker çatallanması ve Benhabib ve Nishimura (1979), Boldrin ve Woodford (1990), Dockner ve Feichtinger (1991) ve Nishimura ve Takahashi (1992) tarafından büyüme ve iş döngüsü modelleri ile Barnett ve Duzhak'ın (2007)'in ABD için Euler denklemi makroekonometrik modelinde Hopf çatallanması ekonomi literatüründe bu konuda yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Barnett ve Eryılmaz (2013)'in Clarida, Gali and Gertler (2002) Modeli üzerinde, Barnett ve Eryılmaz (2014)'in Gali ve Monacelli (2005) tarafından geliştirilen açık ekonomi Yeni Keynes Model üzerindeki yaptıkları analitik ve nümerik çalışmalarda söz konusu modellerin pekçok varyasyonunda Hopf bifurkasyonu tespit edilmiştir.

Grandmont (1985), tek boyutlu ve sürekli bir ekonomik modelde belirli bir aralıkta periyot katlama (period-doubling) bifurkasyonlarının ortaya çıktığını, ardından olası bir kaotik davranışın yanı sıra istikrarlı bir döngünün (cycle) varlığını tespit etmiştir.

Doğrusal olmayan dinamik sistemlerde çatallanmalar kaosa geçişe yol açabilir. Kaotik sistemlerde, kaosa evrilmeden önce sonsuz düzeyde bifurkasyonlar oluşur. Çatallanma analizi, çeşitli makroekonomik modellerin dinamik davranışını analiz etmek için de kullanılmıştır. Barnett ve He (2006)'nin vurguladığı gibi, çatallanma sınırlarını analiz etmek, özellikle gerçek parametre değerleri bilinmediğinde bir sistemin dinamik özelliklerinin anlaşılmasına yardımcı olur. Dinamik bir sistemde çatallanmaların varlığı, bu parametreler çatallanma sınırının farklı taraflarında olduğunda parametre uzayındaki yakın parametre değerlerine karşılık gelen farklı çözümlerin varlığını gösterir. Bu durumda sınırın bir tarafındaki sistemin dinamik özellikleri diğer taraftakilerden oldukça farklı olabilir. Sonuç olarak, bir sistemin dinamik özellikleri hakkındaki çıkarımların sağlamlığı, bu tür sınırların belirlenmesine ve parametre değerlerinin sınırlara göre konumuna bağlıdır.

Makroekonomik modellerin parametreler yoluyla ekonomi politikalarındaki değişimlere tepkilerinin incelenmesinde bifurkasyonlar önemli bir çerçeveye teşkil eder. Bifurkasyon noktalarının yerini bilmek, dinamik bir ekonomik modelde uygulanacak politikaların belirlenmesinde çok önemlidir. Barnett ve Eryılmaz (2013, 2014)'in belirttiği gibi, bir istikrar politikasının seçilmesi, başlangıçta istikrarsız bir durumu varsayarsak, sistemi bifurkasyona uğratarak istikrarsız bölgeden istikrarlı bölgeye geçirmek için gerekli politikanın belirlenmesi olarak görülebilir.

Barnett ve Eryılmaz (2014) bifurkasyon olgusunu üç denklemlilik bir Yeni Keynesyen bir model kullanarak analiz etti: Ekonominin talep tarafını temsil eden ileriye dönük (forward-looking) bir IS eğrisi, ekonominin arz tarafını temsil eden bir denklem ve üç alternatif formülasyonlu bir para politikası kuralı. Modelin parametre uzayında bir Hopf çatallanması buldular. Ayrıca Yeni Keynesyen modelde alternatif para politikası kurallarını incelediler ve Hopf Bifurkasyon Teoremini karşılayan koşulları tespit ettiler.

### 3. Yöntem

#### 3.1. Model

Türk ekonomisi için ilk makroekonometrik model çalışması Bulutay (1967) tarafından yapılmıştır. O zamandan beri birçok ekonomist ve araştırmacı, farklı perspektiflerden ve farklı yapısal özelliklere sahip makroekonometrik modeller oluşturdu. Görece en yeni modellerden biri, Türkiye Merkez Bankası'ndan iki iktisatçı olan Aysoy ve Kıpıcı (2005) tarafından geliştirilmiştir. Onların modeli, daha önce bu amaçla Uygur'un (1991) kullandığı modelin yerine, Merkez Bankası tarafından politika analizi için bir dereceye kadar dâhil edilmiştir. Tıpkı Uygur (1991) gibi, Türkiye için Merkez Bankası Üç Aylık Ekonometrik Modeli değişkenlerde doğrusal olmayan ancak parametrelerde doğrusal olan eşzamanlı yapısal denklemlerden oluşmaktadır ve Merkez Bankası tarafından yürütülen iş anketlerine dayanarak enflasyonist süreçteki içselleştirilmiş beklentilerin açık bir şekilde ele alındığı, küçük ölçekli üç aylık bir modeldir.

Çalışmada, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın geçmişte bir ölçüde para politikası simülasyonları için kullandığı, Aysoy ve Kıpıcı (2005) tarafından geliştirilen Türkiye Ekonomisinin Üç Aylık Makroekonometrik Modeli kullanılmıştır. Model, sabit katsayıları olan, kesikli zamanlı doğrusal bir modeldir. Model, en küçük kareler (ordinary least squares (OLS)) yöntemiyle 1987'nin ilk çeyreğinden 2002'nin üçüncü çeyreğine kadar olan dönemi kapsayan üç aylık veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Modelde, 17 davranışsal denklem ve 14 eşitlik bulunmaktadır. Dışsal (exogenous) değişkenlerin sayısı 22 olup, bunlardan 11'i kukla değişkenlerdir. İçsel açıklayıcı değişkenler bazı non-linearlikler içermekle birlikte katsayılarında doğrusal bir modeldir. Model dört bloktan oluşmaktadır. (1) fiyat, (2) para, (3) dış ticaret ve (4) kamu maliyesi. Bunlara ilave olarak, genel ekonomik faaliyet için gerçek GSYİH denklemi bulunmaktadır.

Fiyat bloğunda, üç enflasyon ölçüsü vardır: (i) TEFE (WPI), (ii) TÜFE (CPI), (iii) GSYİH deflatörü (DEF). Ayrıca Aysoy ve Kıpıcı (2005) modeli TL / USD kuru, 3 aylık mevduat faizi, bono faizi ( $i^{T\_bill}$ ) ve fiyat beklentilerini ( $II^e$ ) de tahmin etmektedir:

$$i_t^{T-bill} = i \left( \frac{CPI_t}{CPI_{t-1}}, \Delta_1(\log(TB)), i_{t-1}^{T-bill}, DVOL, i_t^{O/N} \right) \quad (1)$$

$$\frac{e_t}{e_{t-1}} = e \left( \frac{WPI_t}{WPI_{t-1}}, {}_{t-2}\Pi_{t-1}^e, {}_{t-1}\Pi_t^e, i_t^{O/N} \right) \quad (2)$$

$${}_{t-1}\Pi_t^e = \Pi^e \left( {}_{t-1}w_t^e, i_t^{T-bill}, {}_{t-2}\Pi_{t-1}^e, \frac{WPI_t}{WPI_{t-4}} \right) \quad (3)$$

$$\frac{WPI_t}{WPI_{t-1}} = WPI \left( {}_{t-1}\Pi_t^e, \frac{e_t}{e_{t-1}} \right) \quad (4)$$

$$\frac{CPI_t}{CPI_{t-1}} = CPI \left( {}_{t-1}\Pi_t^e, \frac{e_t}{e_{t-1}}, i_{t-1}^{T-bill} \right) \quad (5)$$

$$\frac{DEF_t}{DEF_{t-4}} = DEF \left( \frac{WPI_t}{WPI_{t-4}} \right) \quad (6)$$

Modelin parasal bloğunda, Aysoy ve Kıpıcı (2005), reel para talebi (RCI) ve dar anlamda para arzı (M1)'deki değişimi (RM1), reel GSYİH'nin (RGDP), fiyat beklentilerindeki değişim ( $\Pi^e$ ) ve bu değişimin gecikmeli (lagged) değerinin bir fonksiyonu olarak modellerken; kendi getirisi ( $Ri^{DEP}$ )'ne göre gerçek zamanlı mevduatlar (RDEP) ve denklemdaki alternatif getirisinin bir ölçüsü olarak döviz kurundaki yıllık değişimi ( $e_t/e_{t-4}$ ) de modele dâhil etmiştir. Son olarak döviz mevduatı (DED), denklemda gecelik reel faiz oranı ( $Ri^{O/N}$ ) ve bu oranın gecikmeli değeri ile açıklanmıştır:

$$\frac{RCI_t}{RCI_{t-4}} = RCI \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{{}_{t-1}\Pi_t^e}{{}_{t-5}\Pi_{t-4}^e}, \frac{RCI_{t-1}}{RCI_{t-5}} \right) \quad (7)$$

$$\frac{RM1_t}{RM1_{t-4}} = RM1 \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{{}_{t-1}\Pi_t^e}{{}_{t-5}\Pi_{t-4}^e}, \frac{RM1_{t-1}}{RM1_{t-5}} \right) \quad (8)$$

$$\frac{RDEP_t}{RDEP_{t-4}} = RDEP \left( Ri_t^{DEP}, \frac{e_t}{e_{t-4}}, \frac{RDEP_{t-1}}{RDEP_{t-5}} \right) \quad (9)$$

$$\frac{DED_t}{DED_{t-4}} = DED \left( Ri_t^{O/N}, \frac{e_t}{e_{t-4}}, \frac{DED_{t-1}}{DED_{t-5}} \right) \quad (10)$$

Modelin dış ticaret bloğunda reel ithalat (M/PM) ve reel ihracat sisteme aşağıdaki şekilde dâhil edilmiştir:

$$\frac{M_t/PM_t}{M_{t-4}/PM_{t-4}} = M \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{e_t/WPI_t}{e_{t-1}/WPI_{t-1}}, AR(1) \right) \quad (11)$$

$$\frac{X_t}{M_t} = X \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{e_t/WPI_t}{e_{t-1}/WPI_{t-1}}, \frac{X_{t-1}}{M_{t-1}} \right) \quad (12)$$

Konsolide bütçe bloğunda üç denklem vardır. Biri, modelde dışsal olarak dikkate alınan faiz ödemesi hariç bütçe harcamaları (BEX) içindir. Diğer iki denklem, doğrudan (DT) ve dolaylı vergileri tahmin etmek içindir:

$$\frac{BEX_t/DEF_t}{BEX_{t-4}/DEF_{t-4}} = BEX \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{BEX_{t-1}/DEF_{t-1}}{BEX_{t-5}/DEF_{t-5}} \right) \quad (13)$$

$$\frac{DT_t/DEF_t}{DT_{t-4}/DEF_{t-4}} = DT \left( \left( ITR * (RGDP_t - RGDP_{t-4}) \right), \frac{DT_{t-1}/DEF_{t-1}}{DT_{t-5}/DEF_{t-5}} \right) \quad (14)$$

$$\frac{TTR_t/DEF_t}{TTR_{t-4}/DEF_{t-4}} = TTR \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{TTR_{t-1}/DEF_{t-1}}{TTR_{t-5}/DEF_{t-5}} \right) \quad (15)$$

$$\frac{TBR_t/DEF_t}{TBR_{t-4}/DEF_{t-4}} = TBR \left( \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}}, \frac{TBR_{t-1}/DEF_{t-1}}{TBR_{t-5}/DEF_{t-5}} \right) \quad (16)$$

Ve genel ekonomik aktiviteyi temsilen reel GSYİH (RGDP) aşağıdaki denklemlerle belirlenmiştir:

$$\frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} = RGDP \left( \frac{(1+i_t^{T-bill})}{DEF_t/DEF_{t-4}}, \frac{CPS_{t-1}/DEF_{t-1}}{CPS_{t-5}/DEF_{t-5}}, \frac{PCU_t}{PCU_{t-4}}, \frac{RGDP_{t-1}}{RGDP_{t-5}} \right) \quad (17)$$

### 3.2. Varsayımlar

Bifurkasyon değerleri ve sınırları, sistemin Jakobiyen özdeğerleri (eigenvalues) ve çaprazlık (transversality) koşullarının sayısal ve analitik prosedürlerle incelenmesi suretiyle, sınıra yakın ve sınır noktasında sistemin dinamiklerinin doğasına göre belirlenebilir ve sınıflandırılabilir. Sürekli zamanda bir diferansiyel denklem sistemi ve kesikli zamandaki bir fark denklem sistemi, dinamik bir sistemin geçici ve sabit durumlarını tanımlar ve analitik veya sayısal yaklaşım (approximation) yöntemleri kullanılarak çözülebilir.

Analitik olarak, dinamik bir sistemin sabit bir  $x^*$  noktasına yakın davranışı, Jako-



biyen matrisi  $J_f(x^*)$ 'nin özdeğerleri ile belirlenebilir.  $\dot{x} = f(x, a)$  şeklinde tanımlanan sürekli zamanlı dinamik sistemlerde, sistemin Jakobiyen matrisi  $J_f(x^*)$ 'nin sıfır reel kısma sahip bir özdeğere sahip olduğu  $(x^*, a_0)$  noktasında yerel bifurkasyon meydana gelir.  $x_{n+1} = f(x_n, a)$  şeklinde tanımlanan kesikli zamanlı dinamik sistemlerde ise bu, birim çembere (unit circle) yaklaşan bir çarpanı (multiplier) olan sabit bir nokta  $(x^*, a_0)$  'a karşılık gelir, ki bu durumda  $J_f(x^*)$  matrisinin, modülü bire eşit olan bir özdeğeri vardır. Öte yandan, diferansiyel veya fark denklemlerinin çözümlerini yerine sayısal yaklaşım tekniklerini kullanarak denge noktalarının ve bunların kararlılığının tespiti ve yörüngelerin davranışını tahmin etmek mümkündür. Sayısal yaklaşım aracılığıyla bifurkasyon analizi, analitik olarak çözülemeyen problemler için bile parametrelere bağlı olarak dinamik sistemin asimptotik davranışı gibi karmaşık olayları tahmin etmemize yardımcı olabilir. Parametreler değiştikçe, ya tüm sistem topolojik olarak orijinal sisteme eşdeğer kalır ya da sistemin topolojisi değişir ve böylelikle bifurkasyon oluşur. Bu çalışmada analitik yöntemler kullanılmak suretiyle denklem sisteminin özdeğerleri kullanılarak sistemin bifurkasyon üretip üretmediğine bakılacaktır. Bu şekilde bifurkasyonun yaklaşık değerleri, konumları ve özellikleri ile sistemin parametre ayarlarına bağımlılığı mali ve parasal politika kuralları ile incelenecektir. Modeli çalışmamıza uygun hale getirmek için aşağıdaki gibi bazı varsayımlar kullanılmıştır:

1) Katsayı matrisini  $n \times n$  yapmak için bazı dışsal değişkenlerin uzun dönem ortalama değerleri kullanılmıştır. Bu değişkenler modele bağımsız değişkenler olarak dâhil edilmiş ve bağımlı değişkenler olarak tahmin edilmemiştir. Aksi halde bu durum, katsayı matrisini  $n \times m$  yapardı ve  $n < m$  nedeniyle sistemi çoklu çözüme sevk ederdi. Ancak bu serilerde doğrusal trend, durağan dışılık (nonstationarity) veya yapısal kırılma (structural break) olmadığından, kare katsayı matrisi elde etmek adına bu değişkenleri denge değerleri olan uzun dönem ortalama değerleri ile değiştirmek mümkündür.

2) Bir denge analizi olduğu için, denge durumunda,  $y_i$ ,  $i$  değişkeninin büyüme oranı olmak üzere  $y_{i,t} = y_{i,t-1} = y_i^*$  varsayılmıştır. Bu varsayım, ilgili değişken  $y_i$ 'de sabit bir büyüme oranı anlamına gelir.

3) Denge, mevsimsel ve kukla değişkenlerin tanım gereği ortadan kalktığını varsayıyoruz. Yani,  $i = 1, \dots, 15$  için  $d_i^* = 0$ .

Bu varsayımları dikkate alarak ve yukarıda belirtilen değişkenleri uzun vadeli ortalama değerleriyle değiştirerek, aşağıdaki 16 bilinmeyenli ve 16 denklemlidir indirgenmiş

sistem elde edilmiştir:

$$y_{1,t} = -6,010225 + 0,241497 * y_{1,t-1} + 2,710804 * y_{2,t} \quad (1)$$

$$y_{6,t} = -0,71010604 + 1,186707 * y_{7,t} - 0,0471488328 * y_{13,t} \quad (2)$$

$$y_{13,t} = 4,10062 + 0,016414 * y_{1,t} + 2,599443 * y_{7,t} + 0,222765 * y_{13,t-1} \quad (3)$$

$$y_{7,t} = 2,813468 + 0,323314 * y_{6,t} + 0,0127512 * y_{13,t} \quad (4)$$

$$y_{2,t} = -17,719 + 0,000211 * y_{1,t-1} + 4,634 * y_{6,t} + 0,005298 * y_{13,t} \quad (5)$$

$$y_{10,t} = 0,108379 + 0,530718 * y_{10,t-1} + 0,358133 * y_{11,t} \quad (6)$$

$$y_{12,t} = 0,061786 + 0,282780 * y_{11,t} + 0,648730 * y_{12,t-1} \quad (7)$$

$$y_{14,t} = 0,550607 - 0,071435 * y_{6,t} + 0,673412 * y_{14,t-1} \quad (8)$$

$$y_{16,t} = 0,351784 + 0,647310 * y_{16,t-1} \quad (9)$$

$$y_{18,t} = -0,775018 + 1,823440 * y_{11,t} + 0,633171 * y_{18,t-1} \quad (10)$$

$$y_{19,t} = 1,063134 - 0,729115 * y_{11,t} + 0,564134 * y_{19,t-1} \quad (11)$$

$$y_{20,t} = -0,459519 + 0,967894 * y_{11,t} + 0,495877 * y_{20,t-1} \quad (12)$$

$$y_{21,t} = 0,607549 + 0,000021 * y_{12,t} + 0,407657 * y_{21,t-1} \quad (13)$$

$$y_{22,t} = -0,390830 + 0,973070 * y_{11,t} + 0,426243 * y_{22,t-1} \quad (14)$$

$$y_{23,t} = -0,360379 + 0,923108 * y_{11,t} + 0,458702 * y_{23,t-1} \quad (15)$$

$$y_{11,t} = 0,761021 - 0,016328 * y_{1,t} + 0,279595 * y_{11,t-1} \quad (16)$$

### 3.3. Analiz

Bifurkasyon analizinde temel soru, dinamik bir sistemdeki parametrelerden herhangi biri,  $Q_i$ 'nde meydana gelecek bir değişimin sistemin dinamik davranışında nasıl bir değişikliğe yol açacağıdır. Gandolfo (1996) çalışmasında ayrıntılı bir şekilde açıkladığı gibi, dinamik bir sistemde herhangi bir bifurkasyonun varlığı, sistemin  $y^*$  gibi bir sabit noktasında hesaplanan  $A(y^*)$  Jakobiyen matrisinin özdeğerleri incelenerek anlaşılabilir. Birim çember üzerinde özdeğerler olduğunda sistemde bir bifurkasyon meydana gelecektir. Bir sonraki adım, katsayıların pertürbasyonu nedeniyle sistemde ortaya çıkan bifurkasyonun tipinin belirlenmesidir. Bu ise, çaprazlık koşulları kontrol edilerek yapılır. Ayrık dinamik sistemlerde, bifurkasyona yol açan kararsızlıklar üç farklı türde eşboyut-1 bifurkasyonu biçiminde ortaya çıkabilir: Özdeğer 1'e eşitse ( $\lambda_i = 1$ ) bu durum, eyer düğümü, transkritik ya da dirgen (pitchfork) bifurkasyonuna işaret ederken, özdeğer -1'e eşitse ( $\lambda_i = -1$ ), bu bir periyot katlama bifurkas-

yonudur. Üçüncü durum ise, bir çift karmaşık eşlenik özdeğerin, karmaşık düzlemin hayali eksenini geçtiğinde oluşan Neimark-Sacker (Hopf) bifurkasyonudur.

Ele aldığımız sabit katsayılı, doğrusal ve kesikli zamanlı sistem, 16x16 boyutlarında  $y_t = Ay_{t-1}$ ,  $y \in \mathfrak{R}^{16}$  sabit katsayılar matrisi olarak düşünüldüğünde, A matrisinin özdeğerleri (eigenvalues) aşağıdaki gibidir:

-1,0686

1,1262

-0,4606 + 0,5882i

-0,4606 - 0,5882i

0,5454 + 0,5703i

0,5454 - 0,5703i

0,6487

0,3852 + 0,4074i

0,3852 - 0,4074i

-0,0810 + 0,4304i

-0,0810 - 0,4304i

0,2281

-0,2085 + 0,0969i

-0,2085 - 0,0969i

0,0757

-0,1230

Modelin parametrelerinin OLS tahminleri, parametre uzayının kararsız (unstable) bölgesindedir. İlk iki özdeğer mutlak değerinde 1'den büyüktür, yani birim çemberin dışındadır. Negatif olan ( $\lambda_1 = -1,0686$ ) düzensiz bir salınımlı sapmayı (improper oscillatory divergence) ima ederken, pozitif olan ( $\lambda_2 = 1,1262$ ) monotonik bir sapmayı ifade eder.

Özdeğerlerin A matrisinin fonksiyonu olduğu gerçeği, karşılık gelen güven ara-

lıkları dâhilinde katsayılar da meydana gelen herhangi bir değışikliğin özdeğerleri, kararsız özdeğerlerin kararlı hale veya kararlı olanların kararsız hale gelebilecek şekilde etkileyebileceği anlamına gelir. Nitekim stabilitede değışikliğe yol açan üç durum tespit edilmiştir:

Durum 1: Eğer  $Q_{13,7} = 2,599443$  katsayısının karşılık gelen güven aralığı dâhilinde pertürbasyonu sonucunda her iki özdeğer de kararlı hale gelmektedir.  $Q_{13,7} = 1,806$  'da ilk kararsız (negatif olan) özdeğer  $\lambda_1 = -1$  olur.  $Q_{13,7} < 1,806$  'da katsayı değerleri için bu özdeğer, birim çemberin içinde yer almaktadır:

$$-1,0000$$

$$1,0636$$

$$-0,4635 + 0,6279i$$

$$-0,4635 - 0,6279i$$

$$0,5210 + 0,6117i$$

$$0,5210 - 0,6117i$$

$$0,6487$$

$$0,3903 + 0,4010i$$

$$0,3903 - 0,4010i$$

$$-0,0833 + 0,4307i$$

$$-0,0833 - 0,4307i$$

$$0,2262$$

$$-0,2000 + 0,1029i$$

$$-0,2000 - 0,1029i$$

$$0,0899$$

$$-0,1091$$

$Q_{13,7} = 0,895$  katsayı değerinde, ikinci (pozitif olan) kararsız özdeğer  $\lambda_2 = +1$  olmaktadır.  $Q_{13,7} < 0,895$  'da olan katsayı değerleri için bu özdeğer, birim çemberin içinde yer alır:

-0,9346

1,0000

-0,4557 + 0,6770i

-0,4557 - 0,6770i

0,4869 + 0,6631i

0,4869 - 0,6631i

0,3935 + 0,3923i

0,3935 - 0,3923i

0,6487

-0,0861 + 0,4313i

-0,0861 - 0,4313i

0,2230

0,1113

-0,1913 + 0,1059i

-0,1913 - 0,1059i

-0,0944

Bir diğer ilginç nokta ise, varyasyonları bifurkasyon yaratan katsayı  $Q_{13,7}$  'nin (3) no'lu denklemde beklenen enflasyonu etkileyen enflasyon oranı olmasıdır. Daha az enflasyon, daha düşük beklenen enflasyona neden olmakta ve bu, daha düşük bir enflasyon oranına sahip daha istikrarlı bir reel makroekonomi gibi tüm modeli istikrarlı hale getirmektedir.

Durum 2: Pertürbasyonu niteliksel bir değişim yaratan diğer katsayı  $Q_{7,6} = 0,323314$  'dür.  $Q_{7,6} = 0,234$  iken, ilk kararsız özdeğer  $\lambda_1 = -1$  olur.  $Q_{7,6} > 0,234$  olan katsayı değerleri için bu özdeğer, birim çemberin içinde yer alır. Öte yandan diğer kararsız özdeğer  $\lambda_2$ , pertürbasyona rağmen kararsız kalır:

-1.0000

1,0720

-0,4554 + 0,6234i

-0,4554 - 0,6234i

0,5329 + 0,6109i

0,5329 - 0,6109i

0,3883 + 0,4006i

0,3883 - 0,4006i

0,6487

-0,0830 + 0,4306i

-0,0830 - 0,4306i

0,2292

0,0723

-0,1995 + 0,0932i

-0,1995 - 0,0932i

-0,1405

Modelin (4) no'lu denkleminde pertürbasyonu nitel değişimi yaratan katsayı  $Q_{7,6}$  enflasyon oranını pozitif yönde etkileyen devalüasyon oranı değişkenine aittir. Dolayısıyla devalüasyon, modeldeki bir başka istikrarsızlık kaynağı olarak görünmektedir, ki bu durum Türkiye ekonomisi için gerçekçi bir durumdur.

Durum 3: Pertürbasyonu niteliksel bir değişim yaratan başka bir katsayı  $Q_{13,13} = 0,222765$ 'dir.  $Q_{13,13} = 0,107$  iken, ilk kararsız özdeğer  $\lambda_1 = -1$  olur.  $Q_{13,13} < 0,107$  olan katsayı değerleri için bu özdeğer, birim çemberin içinde yer alır:

-1,0000

1,0707

-0,3728 + 0,4968i

-0,3728 - 0,4968i

$$0,5348 + 0,4588i$$

$$0,5348 - 0,4588i$$

$$0,3669 + 0,4257i$$

$$0,3669 - 0,4257i$$

$$0,6487$$

$$-0,0734 + 0,4316i$$

$$-0,0734 - 0,4316i$$

$$-0,3416$$

$$-0,1742 + 0,0657i$$

$$-0,1742 - 0,0657i$$

$$0,2221$$

$$0,0860$$

Bununla birlikte, diğer kararsız özdeğer  $\lambda_2$ , parametrenin değeri  $Q_{13,13} = 0,015$  'e düşene kadar pertürbasyona rağmen kararsız kalır. Ancak katsayının bu değeri güven aralığının dışındadır.

Pertürbasyonu kalitatif değişim yaratan katsayı  $Q_{13,13}$ , Modelin (3) no'lu denklemindeki beklenen enflasyon değişkenine aittir. Bu nedenle, yüksek enflasyon, Modeldeki bir başka istikrarsızlık kaynağı olarak görünmektedir ki bu da Türkiye ekonomisi için anlamlıdır.

#### 4. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışma, kararsız bir sistemin, ilgili parametreleri bifurkasyona maruz bırakarak kararlı bölgeye getirilebileceğini göstermektedir. Bu durum, iktisat politikası için yeni bir boyuttur. İlgili değişkenlerin katsayı tahminleri güven aralığı dahilinde ve fakat bifurkasyon sınırının karşı tarafına geçecek şekilde, enflasyon oranını, beklenen enflasyonu veya devalüasyon oranını düşürmek bir politika seçeneği olarak ortaya çıkmaktadır. Bifurkasyon Teorisi bağlamında makroekonomik modellerin politika tepkilerini araştırmanın birçok sonucu olduğu görülmektedir. Bifurkasyon noktalarının yerini bilmek, bu tür politikaları dinamik bir modelde uygulamak için çok önemlidir. Aslında, Barnett ve Eryılmaz (2013, 2014)'ın vurguladığı gibi, bir ekonomik istikrar

politikasının belirlenmesi, başlangıçta istikrarsız bir durumu varsayarak sistemi istikrarsız bölgeden istikrarlı bölgeye geçirmek üzere bifurkasyona maruz bırakmak için belirli bir politikanın seçilmesi olarak görülebilir.

Bir sonraki sorun, katsayılardaki pertürbasyon nedeniyle sistemde ortaya çıkan bifurkasyon tiplerinin belirlenmesidir.  $\lambda_1 = -1$  noktasında bir özdeğer, bir periyod-ikiye katlayan (period-doubling) bifurkasyon olasılığını ima ederken,  $\lambda_2 = +1$  noktasında bir özdeğer sabit durum (steady-state) bifurkasyonuna işaret etmektedir. Bu nedenle, tahmin edilen parametreler  $Q_{13,7}$ ,  $Q_{7,6}$ ,  $Q_{13,13}$  %95 güven aralığında değiştiğinde Model, hem sabit durum hem de periyod-ikiye katlayan bifurkasyon sergilemektedir. Enflasyon oranına ait  $Q_{13,7}$  parametresindeki değişim her iki bifurkasyon türüne de yol açarken, devalüasyon oranı parametresi  $Q_{7,6}$  ve beklenen enflasyon parametresi  $Q_{13,13}$ 'deki değişimler sadece sabit durum bifurkasyonuna sebep olmaktadır.

Öte yandan, bifurkasyon türünden emin olmak için transversality koşullarını kontrol etmemiz gerekir. Bu noktada bir sonraki sorun ortaya çıkmaktadır: Gandolfo (1996)'da olduğu gibi, transversality koşulları, sabit katsayılı doğrusal bir sistem için değil, doğrusal olmayan bir sisteme dayalı doğrusallaştırılmış bir sisteme göre ifade edilmektedir. Ve bu koşullar, birinci, ikinci ve üçüncü derecelerde sıfırdan farklı kısmi türevleri içerir. Ancak sabit katsayılar durumunda ikinci ve üçüncü dereceden kısmi türev koşulları başarısız olur. Bu durumda, belirli bir tip bifurkasyon için gerekli ve yeterli koşulları kontrol etmek mümkün olmaz.

Yukarıda bahsedilen bifurkasyon noktalarının hepsi eş-boyut 1 (co-dimension 1) bifurkasyonlarıdır. Bir bifurkasyonun eş-boyutu, söz konusu bifurkasyonun tespit edilebilmesi için gerekli olan asgari parametre sayısıdır. Eş-boyut 1 bifurkasyonunun gerçekleşmesi için sadece bir parametrenin değiştirilmesi gerekir. Çalışmanın bir sonraki adımı, bir seferde iki parametreyi değiştirerek ve sistemin davranışında herhangi bir niteliksel değişiklik olup olmadığını kontrol ederek olası eş-boyut 2 bifurkasyonlarını aramak olacaktır.



## Kaynakça

1. Aysoy, C. & Kıpıcı, A. N. (2005). A Quarterly Macroeconometric Model of the Turkish Economy. *Central Bank Review*, 5(2), 39-71.
2. Bala, V. (1997). A Pitchfork Bifurcation in the Tatonement Process. *Economic Theory*, 10, 521-530.
3. Barnett W. A. & Eryilmaz, U. (2013). Hopf Bifurcation in the Clarida, Gali, and Gertler Model. *Economic Modelling*, 31: 401-404.
4. Barnett, W. A. & Duzhak, E.A. (2007). Non-Robust Dynamic Inferences from Macroeconometric Models: Bifurcation Stratification of Confidence Regions. MPRA Paper 6005, University Library of Munich.
5. Barnett W. A. & Eryilmaz, U. (2014). An Analytical and Numerical Search for Bifurcations in Open Economy New Keynesian Models. *Macroeconomic Dynamics*, 20(2), 482-503.
6. Barnett, W. A. & He, Y. (1999). Stability Analysis of Continuous Time Macroeconometric Systems. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 3(4), 169-188.
7. Barnett, W. A. & He, Y. (2002). Stabilization Policy as Bifurcation Selection: Would Stabilization Policy Work if the Economy Really Were Unstable? *Macroeconomic Dynamics*, 6, 713-747.
8. Barnett, W. A. & He, Y. (2006). Singularity Bifurcations. *Journal of Macroeconomics*, 28(1), 5-22.
9. Benhabib, J. & Nishimura, K. (1979). The Hopf Bifurcation and the Existence and Stability of Closed Orbits in Multisector Models of Optimal Economic Growth. *Journal of Economic Theory*, 21, 421-444.
10. Boldrin, M. & Woodford, M. (1990). Equilibrium Models Displaying Endogenous Fluctuations and Chaos: A Survey. *Journal of Monetary Economics*, 25, 189-222.
11. Bulutay, T. (1967) Ekonometrik Bir Deneme (Teori ve Türk Ekonomisine Uygulama). Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
12. Clarida, R., Gali, J. & Gertler, M. (2002). A Simple Framework for Internati-

onal Monetary Policy Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 49(5), 879-904.

13. Dobrescu, L. I. & Opris, D. (2007). Neimark-Sacker Bifurcation for the Discrete-Delay Kaldor Model. MPRA Paper No. 5415.
14. Dockner, E. J. & Feichtinger, G. (1991). On the Optimality of Limit Cycles in Dynamic Economic Systems. *Journal of Economics*, 51, 31-50.
15. Galí, J. & Monacelli T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, 72(3), 707-734.
16. Gandolfo, G. (1996). *Economic Dynamics*. Springer-Verlag.
17. Grandmont, J. M. (1985). On Endogenous Competitive Business. *Econometrica*, 53, 995-1045.
18. Nishimura, K. & Takahashi, H. (1992). Factor Intensity and Hopf Bifurcations. In: *Dynamic Economic Models and Optimal Control*, G. Feichtinger (Ed.), 135-149.
19. Scarf, H. (1960). Some Examples of Global Instability of Competitive Equilibrium. *Internal Economic Review*, 1(3), 157-172.
20. Uygur, E. (1991). Central Bank Quarterly Econometric Model of Turkey: A First Draft. In: *The Use of Econometric Models in Central Banks' Decision Making Problems*. Central Bank of the Republic of Turkey, 323-401.

## Ekler

### Ek 1. Tahmin Sonuçları

$$i_t^{T-bill} = -10.14577 + 14.22250 * \Delta_1 (\log(TB)) + 2.710804 * \left( \left( \frac{CPI_t}{CPI_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 + 0.358397 * DVOL_t + 0.241497 * i_{t-1}^{T-bill} + 0.494812 * i_t^{O/N} - 19.53623 * RS2000 + 44.04735 * DUM9804 \quad (1)$$

$$\left( \left( \frac{e_t}{e_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 = -0.041538 + 0.158185 * \left( 1 + \frac{i_t^{O/N}}{100} \right) + 0.798618 * (1 + {}_{t-1}\Pi_t^e) + 1.186707 * \left( \left( \frac{WPI_t}{WPI_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 - {}_{t-2}\Pi_{t-1}^e + S2 * 0.043697 + 0.059505 * S3 - 0.133114 * DUM0101 - 0.174780 * DUM0201 \quad (2)$$

$${}_{t-1}\Pi_t^e = 0.613257 + 0.016414 * i_t^{T-bill} + 0.525620 * {}_{t-1}w_t^e + 0.222765 * {}_{t-2}\Pi_{t-1}^e + 2.599443 * \frac{WPI_t}{WPI_{t-4}} \quad (3)$$

$$\left( \left( \frac{WPI_t}{WPI_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 = 2.668101 + 0.318780 * {}_{t-1}\Pi_t^e + 0.323314 * \left( \left( \frac{e_t}{e_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 + 2.779641 * S2 \quad (4)$$

$$\left( \left( \frac{CPI_t}{CPI_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 = 0.816959 + 0.185360 * \left( \left( \frac{e_t}{e_{t-1}} \right) - 1 \right) * 100 + 0.005298 * {}_{t-1}\Pi_t^e + 0.000211 * i_{t-1}^{T-bill} - 0.034917 * S3 + 0.037870 * S4 \quad (5)$$

$$\frac{DEF_t}{DEF_{t-4}} = 0.007494 + 1.012941 * \frac{WPI_t}{WPI_{t-4}} \quad (6)$$

$$\frac{CI_t/WPI_t}{CI_{t-4}/WPI_{t-4}} = 0.252351 + 0.358133 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} - 0.143972 * \frac{{}_{t-1}\Pi_t^e}{{}_{t-5}\Pi_{t-4}^e} + 0.171269 * DUM9101 + 0.530718 * \frac{CI_t/WPI_t}{CI_{t-4}/WPI_{t-4}} \quad (7)$$

$$\frac{RM1_t}{RM1_{t-4}} = 0.259262 + 0.282780 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} - 0.197476 * \frac{{}_{t-1}\Pi_t^e}{{}_{t-5}\Pi_{t-4}^e} + 0.648730 * \frac{RM1_{t-1}}{RM1_{t-5}} + 0.226887 * DUM9701 \quad (8)$$

$$\frac{RDEP_t}{RDEP_{t-4}} = -0.210609 + 0.465305 * R_t^{DEP} - 0.071435 * \frac{e_t}{e_{t-4}} + 0.673412 * \frac{RDEP_{t-1}}{RDEP_{t-5}} \quad (9)$$

$$\frac{DED_t}{DED_{t-4}} = -0.577251 - 0.150510 * R_t^{O/N} + 0.647310 * \frac{DED_{t-1}}{DED_{t-5}} \quad (10)$$

$$\frac{M_t/PM_t}{M_{t-4}/PM_{t-4}} = -0.196658 + 1.823440 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} - 0.577713 * \frac{e_t/WPI_t}{e_{t-1}/WPI_{t-1}} + 0.633171 * AR(1) \quad (11)$$

$$\frac{X_t}{M_t} = 0.819574 - 0.729115 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} + 0.242134 * \frac{e_t/WPI_t}{e_{t-1}/WPI_{t-1}} + 0.564134 * \frac{X_{t-1}}{M_{t-1}} \quad (12)$$

$$\frac{BEX_t/DEF_t}{BEX_{t-4}/DEF_{t-4}} = -0.459519 + 0.967894 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} + 0.495877 * \frac{BEX_{t-1}/DEF_{t-1}}{BEX_{t-5}/DEF_{t-5}} + 0.139373 * DUM\_ELEC \quad (13)$$

$$\frac{DT_t/DEF_t}{DT_{t-4}/DEF_{t-4}} = 0.607549 + 0.000354 * \left( ITR * (RGDP_t - RGDP_{t-4}) \right) + 0.407657 * \frac{DT_{t-1}/DEF_{t-1}}{DT_{t-5}/DEF_{t-5}} \quad (14)$$

$$\frac{TTR_t/DEF_t}{TTR_{t-4}/DEF_{t-4}} = -0.390830 + 0.973070 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} + 0.426243 * \frac{TTR_{t-1}/DEF_{t-1}}{TTR_{t-5}/DEF_{t-5}} + 0.545669 * DUM00Q1 \quad (15)$$

$$\frac{TBR_t/DEF_t}{TBR_{t-4}/DEF_{t-4}} = -0.360379 + 0.923108 * \frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} + 0.458702 * \frac{TBR_t/DEF_t}{TBR_{t-4}/DEF_{t-4}} + 0.410122 * DUM00Q1 - 0.270485 * DUM02Q1 \quad (16)$$

$$\frac{RGDP_t}{RGDP_{t-4}} = 0.159282 - 0.027740 * \left( 1 + I_t^T - bill \right) + 0.062262 * \frac{CPS_{t-1}/DEF_{t-1}}{CPS_{t-5}/DEF_{t-5}} + 0.550878 * \frac{PCU_t}{PCU_{t-4}} + 0.279595 * \frac{RGDP_{t-1}}{RGDP_{t-5}} \quad (17)$$

## Ek 2. Değişken Listesi

BEX: Faiz ödemeleri hariç bütçe harcamaları

TB: Hazine borçlanması, (net)

CPI: Tüketici Fiyat Endeksi, (1994 = 100)

CPS: Özel sektöre kullanılan reel kredi toplamı

DEF: GSYH deflatörü

DVOL: TL / USD kurundaki dalgalanma

DT: Doğrudan vergiler

DED: ABD doları cinsinden mevduat

DUM9101: Körfez Savaşı için kukla değişken, t = 1991Q1 için 1, aksi takdirde 0

DUM9501: 1994'ün ilk çeyreğinde bir defaya mahsus vergilerin elimine edilmesine yönelik kukla değişken, t = 1995Q1 için 1, aksi takdirde 0

DUM9701: Kamu kurumlarının kamu bankalarındaki mevduatlarının repo işlemlerinde kullanılmasının engellenmesi için havuz hesabı uygulamasına ilişkin kukla değişken, t = 1997Ç1 için 1, aksi takdirde 0

DUM9801: Kukla değişken, t = 1998Q1 için = 1, aksi halde 0

DUM9804: Mali milenyum ve ardından Rus krizi için kukla değişken, t = 1998Q4 için 1, aksi halde 0

DUM00Q1: Vergi düzenlemeleri için kukla değişken, t = 2000Q1 için 1, aksi takdirde 0

DUM\_ELEC: Seçimler için kukla değişken, seçim öncesi çeyrekler için 1, aksi takdirde 0

e: TL / USD döviz kuru

$i^{O/N}$ : Gecelik faiz oranı

IT: Dolaylı vergiler

$i^{T\_bill}$ : Hazine ihale faiz oranının ağırlıklı ortalaması

M: İthalat

M1: Para arzı (dar tanım)

PCU: Özel sektörün kapasite kullanım oranı.

PM: İthalat fiyatları

ITR: Doğrudan vergilerin nominal GSYİH'ye oranı olarak elde edilen örtülü vergi oranı

RCI: TEFE tarafından deflete edilen, tedavüldeki reel para

RGDP: Reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, 1987 fiyatlarıyla

$R_t^{DEP}$ : TEFE tarafından deflete edilen, reel 3 aylık mevduat faiz oranı

$R_t^{O/N}$ : TEFE tarafından deflete edilen, reel gecelik faiz oranı

RM1: TEFE tarafından deflete edilen, reel para arzı, (dar tanım)

RDEP: TEFE tarafından deflete edilen, reel vadeli mevduatlar

RS2000: Politika rejimi değişikliği için kukla değişken, t = 2000Q1 - 2000Q4 için 1, aksi takdirde 0

S1: İlk çeyrek için mevsimsel kukla değişken

${}_{t-i}w_{t-j}^e$ : (t-i) dönemindeki bilgilere dayalı (t-j) dönemi ücret beklentileri

${}_{t-i}\Pi_{t-j}^e$ : (t-i) dönemindeki bilgilere dayalı (t-j) dönemi enflasyon beklentileri

TTR: Toplam vergi geliri

TBR: Toplam bütçe geliri

WPI: Toptan Eşya Fiyatları Endeksi, (1994 = 100)

X: İhracat