

İklim Değişikliği Azaltım Politikaları: Toplam ve Dağılımsal Etkiler Yazar(lar): Tiago Cavalcanti, Zeina Hasna ve Cezar Santos

Enerji Politikası Araştırma Grubu, Cambridge Üniversitesi (2021)

Stabil URL: <https://www.jstor.org/stable/resrep30319> Erişim: 27-03-2025 07:54 UTC

JSTOR, akademisyenlerin, araştırmacıların ve öğrencilerin güvenilir bir dijital arşivdeki çok çeşitli içeriği keşfetmelerine, kullanmalarına ve geliştirmelerine yardımcı olan kar amacı gütmeyen bir hizmettir. Üretkenliği artırmak ve yeni akademik formları kolaylaştırmak için bilgi teknolojilerini ve araçlarını kullanıyoruz. JSTOR hakkında daha fazla bilgi için lütfen support@jstor.org adresiyle iletişime geçin.

JSTOR arşivini kullanmanız, <https://about.jstor.org/terms> adresinde bulunan Kullanım Hüküm ve Koşullarını kabul ettiğinizi gösterir.



JSTOR

Cambridge Üniversitesi Enerji Politikası Araştırma Grubu, bu içeriği dijitalleştirmek, korumak ve erişimi genişletmek için JSTOR ile işbirliği yapmaktadır.



İklim Değişikliği Azaltım Politikaları: Toplam ve Dağılımsal Etkiler

EPRG Çalışma Belgesi 2104

Cambridge Working Paper in Economics

2122

Tiago Cavalcanti, Zeina Hasna ve Cezar Santos

Özet İklim değişikliği azaltım politikalarının toplam ve dağılımsal etkilerini, sektörler arası girdi-çıktı bağlantıları ve farklı ülkelere göre kalibre edilmiş işçi heterojenliğine sahip çok sektörlü bir denge modeli kullanarak değerlendiriyoruz. Karbon vergilerinin uygulamaya konulması, işgücü de dahil olmak üzere göreceli fiyatlarda ve girdilerin yeniden tahsisinde değişikliklere yol açmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri için, orijinal Paris Anlaşması taahhüdüne ulaşmak, çıktıda en fazla %0,6'lık bir düşüş anlamına gelecektir. Bu etki sektörler ve bireyler arasında asimetrik olarak dağılmaktadır. ABD'de, kirli enerji sektörlerinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olan ve yeniden tahsisat yapmayan işçiler, kirli olmayan sektörlerdeki işçilere göre 12 kat daha refah kaybına uğramaktadır, ancak işgücünün %1'inden azını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler E13, H23, J24

JEL Sınıflandırması İklim değişikliği, karbon vergileri, işçi heterojenliği, işgücü yeniden tahsisi

İletişim

Yayın

Finansal Destek

zh274@cam.ac.uk

Mart 2021

Cambridge Üniversitesi Keynes Fonu, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Finance Code 001 ve Faperj

www.eprg.group.cam.ac.uk

İklim Değişikliği Azaltım Politikaları: Toplam ve Dağılımsal Etkiler

Tiago Cavalcanti[†]

Zeina Hasna[‡]

Cezar Santos[§]

7 Mart 2021

Özet

İklim değişikliği azaltım politikalarının toplam ve dağılımsal etkilerini, sektörler arası girdi-çıktı bağlantıları ve farklı ülkelere göre kalibre edilmiş işçi heterojenliğine sahip çok sektörlü bir denge modeli kullanarak değerlendiriyoruz. Karbon vergilerinin uygulamaya konulması, işgücü de dahil olmak üzere görece fiyatlarda ve girdilerin yeniden tahsisinde değişikliklere yol açmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri için, orijinal Paris Anlaşması taahhüdüne ulaşmak, çıktıda en fazla %0,6'lık bir düşüş anlamına gelecektir. Bu etki sektörler ve bireyler arasında asimetrik olarak dağılmaktadır. ABD'de, kirli enerji sektörlerinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olan ve yeniden tahsisat yapmayan işçiler, kirli olmayan sektörlerdeki işçilere 12 kat daha fazla refah kaybına uğramaktadır, ancak işgücünün %1'inden azını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, karbon vergileri, işçi heterojenliği, işgücü yeniden tahsisi

JEL Sınıflandırması: E13, H23, J24

*Jakob Berndt, Tom Berrett, Giancarlo Corsetti, Simon Dietz, Miguel H. Ferreira, John Hassler, Pete Klenow, Per Krusell, Jason Lu, Kamiar Mohaddes, David Newbery, Gustavo Nicolas Paez, Christina Romer, Nisreen Salti, Lidia Smitkova, John Spray, Marina M. Tavares, Richard Tol, Dan Wales, Michael Waugh ve çok sayıda çalıştaydaki katılımcılara faydalı yorumları için teşekkür ederiz. Cambridge Üniversitesi Keynes Fonu, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Finance Code 001 ve Faperj'in finansal desteğine minnettarız. Bu makalede ifade edilen görüşler yazarlara aittir ve Banco de Portugal ya da Eurosystem'in görüşlerini temsil etmeyebilir.

[†]Cambridge Üniversitesi, CEPR ve Sao Paulo Ekonomi Okulu - FGV. E-posta: tvdvc2@cam.ac.uk

[‡]Cambridge Üniversitesi. E-posta: zh274@cam.ac.uk

[§]Banco de Portugal, FGV EPGE ve CEPR. E-posta: cezarsantos.econ@gmail.com

1 Giriş

Sera gazı emisyonları endişe verici seviyelere ulaştıkça, ülkelerin daha agresif çevre politikaları benimsemeleri yönündeki beklentiler de artmaktadır. Ancak, emisyonların azaltılması, kaynakların yüksek karbonlu sektörlerden düşük karbonlu sektörlerle doğru tahsis edilmesi anlamına geldiğinden, ekonomik ve dağılımsal etkilerine ilişkin endişeler bu politikaların benimsenmesini engellemektedir. Bu gerilimin açık bir örneği, Trump yönetiminin Paris Anlaşması Anlaşması'ndan çekildiği ve Başkan Biden'ın kısa bir süre önce geri döndüğü Amerika Birleşik Devletleri'dir. Bu çalışma, iklim değişikliği azaltım politikalarının toplam ve dağılımsal etkilerini, başta işgücü üzere girdilerin ekonominin farklı sektörleri arasında yeniden tahsisine odaklanarak incelemektedir.

Çalışanların beceri dağılımını ekonominin sektörel kompozisyonu ile bütünleştiren bir çerçeve geliştiriyoruz. Teori, işçilerin görece ücretlere ve karşılaştırmalı avantajlarına göre sektörleri seçtiği içsel beşeri sermaye yatırımlı Roy meslek seçimi modeline dayanmaktadır (Roy, 1951; Hsieh vd., 2019). Model ekonomi, dört enerji üreten faaliyet de dahil olmak üzere çeşitli sektörlerden oluşmaktadır: petrol, kömür, doğal gaz ve yeşil. "Kirli" enerji üreticilerine bir karbon vergisi getirilir ve bu da fiyatlarını etkiler.¹ Ekonomideki sektörler arası bağlantılar göz önüne alındığında, görece fiyatlardaki bu değişiklikler, tüm üretim girdileri arasında ikame olanakları yaratır ve bu da sektörler arasında işgücünün yeniden tahsis edilmesine yol açar. Genel ekonomik etki, verginin büyüklüğüne ve gelirin ekonomiye nasıl geri döndüğüne bağlıdır. Ekonomiler üretim yapıları ve işgücü özellikleri bakımından farklılık gösterdiğinden, karbon vergilerinin etkisinin ülkeler arasında değişiklik göstermesi muhtemeldir. Bu nedenle, model parametrelerini aşağıdaki altı ülke için kalibre ediyoruz: Brezilya, Kanada, Çin, Hindistan, Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Paris Anlaşması'ndaki emisyonlarda %26'lık bir azaltım taahhüdünü yerine getirmesi için gereken tahmini vergi olan %32,3'lük bir karbon vergisinin uygulanmasının ekonomik etkisini araştırıyoruz (Ramstein

¹ "Kirli enerji sektörleri" bundan böyle petrol, kömür ve doğal gaz sektörlerini ifade etmektedir. "Kirli olmayan enerji sektörü" yeşil sektörü ifade etmektedir.

ve diğlerleri, 2019). Bu karbon vergisi Amerika Birleşik Devletleri'ne üretimde en fazla %0,6'lık bir düşüşe mal olmaktadır. Daha sonra, bu ekonomiler arasındaki tepkilerdeki heterojenliği yakalamak için aynı vergi politikasını geri kalan beş ülke için uyguluyoruz. En kötü senaryoda, %32,3'lük bir karbon vergisinin %0,5 (Brezilya için) ile %2,1 (Çin için) arasında değişen bir GSYH kaybına neden olabileceğini gösteriyoruz. Ancak, GSYH'deki bu düşüş, vergi iadelerinin uygulanmasıyla kısmen telafi edilebilir.

Nispeten küçük toplam etkiler, önemsiz olmayan dağılımsal etkilerin olduğu sektörel ve bireysel düzeylerde oldukça büyük heterojenliği maskeleymektedir. Sonuçlarımız, karbon vergisine maruz kalan kirli enerji sektörlerinin ücretlerde en büyük düşüşe ve dolayısıyla en büyük işgücü çıkışına tanık olduğunu göstermektedir. Beceri dağılımını inceleyerek, kirli enerji üretimindeki marjinal (göreceli olarak daha az yetenekli) işçilerin vergilendirilen sektörlerden uzaklaşmayı seçtiklerini gösteriyoruz. Kirli enerji üretiminde güçlü bir karşılaştırmalı avantaja sahip olan işçiler bu sektörde çalışmaya devam etmekte ve ücretlerdeki düşüşün maliyetini üstlenmektedir. ABD'de bu grup için refah kaybı, kirli olmayan sektörlerde çalışan işçilere göre 12 kat daha fazladır. Bununla birlikte, bu işçiler işgücünün küçük bir bölümünü oluşturmaktadır; ABD'de %0,6'dan azdır.

Önemli bir araştırma gündemi, Nordhaus (1994); Dietz ve Stern (2015); Golosov ve diğlerleri (2014); Hassler ve diğlerleri (2018); Tol (2018) tarafından önerildiği gibi, iklim ve ekonomiyi tek bir modele entegre ederek en uygun karbon vergilendirme seviyesini bulmaya odaklanmıştır. Bulguları, karbon vergilerinin sera gazı emisyonlarının azaltılmasında ve emisyon kaynaklı ekonomik zararın azaltılmasında etkili olduğuna işaret etmektedir. Ancak bu araştırmalar, analizimizin temel bir özelliği olan iklim değişikliği azaltım politikalarının dağılımsal etkilerinden soyutlanmaktadır.

Karbon vergilerinin dağılımsal etkilerini araştıran ilgili bir literatür bulunmaktadır. Örneğin Grainger ve Kolstad (2010), düşük gelirli hanehalklarının harcamalarının daha büyük bir kısmını enerji tüketimine ayırması nedeniyle, karbon vergilerinin kullanım tarafındaki etkisine odaklanarak, bu vergilerin gerileyici olma eğiliminde olduğunu bulmuştur. Bununla birlikte, diğler çalışmalar, karbon vergilerinin kaynak tarafı, yani nispi vergi oranı arttığında artan etkilere sahip olabileceğini göstermektedir.

faktör girdilerinin ücretlerindeki değişim dikkate alınır ve vergi gelirleri iade edilir (örneğin, Dissou ve Siddiqui (2014); Goulder ve diğerleri (2019); Tavares 2020); Chateau ve diğerleri (2018); Bosetti ve Maffezzoli 2013)). Çalışmamız, karbon vergilerinin neden olduğu faktör fiyatlarındaki değişikliklerin ekonominin geri kalanına nasıl yansıdığını ve işgücü de dahil olmak üzere girdilerin sektörel olarak yeniden tahsisine yol açtığını araştırarak karbon vergilerinin toplam ve dağılımsal etkilerini incelemektedir.² Karbon vergilerinin kaynak tarafındaki etkilerini araştıran önceki çalışmaların aksine, bizim çerçevemizdeki bireyler farklı ekonomik faaliyetlerde çalışma kabiliyetleri bakımından heterojendir ve beşeri sermaye yatırımlarını karşılaştırmalı avantajlarına ve söz konusu meslekteki beşeri sermaye getirisine göre seçerler.

Bu makalenin geri kalanı aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır. Bölüm 2 modeli tanımlamakta ve dengesini karakterize etmektedir. Bölüm 3'te kalibrasyon stratejisi tartışılmaktadır. Bölüm 4'te toplam sonuçlar, Bölüm 5'te ise karşı olgusal analizlerin sektörel ve bireysel düzeydeki sonuçları sunulmaktadır. Bölüm 6 sonuçlanmaktadır.

2 Model

Model ekonomi iki dönem yaşayan bireylerden oluşmaktadır. Hsieh ve diğerlerinde (2019) olduğu gibi, yaşamın ilk döneminde işçiler ekonominin her bir sektöründe çalışmak için verimliliklerini³ belirleyen bir yetenek vektörü çizerler. Meslek seçimlerini yapar ve beşeri sermayeye yatırım yaparlar. İkinci dönemde bireyler çalışır ve tüketir. Üretim tarafında, her sektör petrol, kömür, doğal gaz ve yeşil olmak üzere dört enerji türünü içeren farklı bir ara mal üretmektedir. Ayrıca bir de nihai mal sektörü vardır. Model ortamının ayrıntılarını aşağıda açıklıyoruz.

² İklim politikalarının istihdam üzerindeki etkilerini işsizlik boyutunu dikkate alarak inceleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır (örneğin, Aubert ve Chiroleu-Assouline (2019); Castellanos ve Heutel (2019); Hafstead ve Williams III (2018)). Bu çalışmalar, ticaret ve inovasyon politikaları gibi iklim dışı politikaların işgücü piyasası boyutunu ele alan literatürle ilişkilidir. Bkz. örneğin, Adão ve diğerleri (2020); David ve diğerleri (2013); Lyon ve Waugh (2019).

³ , beceri, karşılaştırmalı üstünlük ve verimlilik birbirinin yerine kullanılmaktadır.

2.1 Hanehalkları

Her biri J ara sektörlerinden birinde çalışan bireylerden oluşan bir ölçü sürekliliği vardır. Bireylerin iki birim zamanı vardır: bir birim "genç" olduklarında boş zaman ve okul arasında paylaştırılır; bir birim de "yaşlı" olduklarında emeklerini ara mal sektörlerinden birine inelastik olarak arz ettiklerinde.

Her birey aşağıdaki fayda fonksiyonuna göre tüketimden, c , ve boş zamandan, $(1-s)$, fayda elde eder:⁴

$$U = c^\gamma (1-s), \gamma > 0,$$

Burada s yaşamın ilk döneminde okullaşma için harcanan zamanı ve γ tüketimin bireyin faydası içindeki göreceli ağırlığını kontrol eder.

j sektörü için insan sermayesi okullaşma süresine, s , ve okullaşma kaynaklarına (kitaplar veya öğrenim ücretleri gibi), e , bağlıdır ve şu şekilde verilir:

$$h(s, e) = s^{(\phi)/(j)} e^{(\eta)}.$$

Beşeri sermayenin zamana göre esnekliği sektöre özgüdür, ϕ_j , öyle ki farklı sektörler okullaşmanın farklı getirilerine sahiptir.

Bireyin işgücü geliri, j sektöründeki verimlilik birimi başına ücret, w_j , kendine özgü yetenek çekilişi, z_j ve j sektörü için edinilmiş beşeri sermaye, $h(s, e)$ 'nin çarpımıdır. Bireysel gelir, tüketim (c) ve okullaşma kaynaklarına yapılan harcamalar (e) arasında paylaştırılır. Bir meslek seçimi, ücret ve kendine özgü yetenek (z_j) göz önüne alındığında, bireyin fayda maksimizasyonu problemi şu şekilde verilir:

$$U_{(j)}(w_j^{(j)}, z_j^{(j)}) = \max_{c, s, e} c^\gamma (1-s) \text{ tabi } c = w_j^{(j)} z_j^{(j)} h(s, e) - e. \quad (1)$$

⁴ Gösterimden tasarruf etmek için bireyler bir üst simge ile indekslenmeyecektir.

Bu problemin çözümünü tanımlayan denklemler şunlardır:

$$s_j^* = \frac{1}{1 + \frac{1-\eta}{\nu\phi_j}} \quad (2)$$

$$e_j^*(z_j) = \left(\eta w_j z_j (s_j^*)^{\frac{1}{1-\eta}} \right) \quad (3)$$

Ücretlerdeki değişikliklerin okullaşmaya harcanan bireysel zaman seçimlerini etkilemediğini ($\partial s^* / \partial w_j = 0$), ancak okullaşma kaynakları için harcanan mal miktarını etkilediğini ($\partial e^* / \partial w_j > 0$) unutmayın.

Denklem (2) ve (3)'ü (1)'de yerine koyduktan sonra, bireyin dolaylı faydası şöyle olur:

$$U_j^* = \left[w_j z_j s_j^{(\phi_j)} (1 - s_j)^{\frac{1-\eta}{\eta}} \eta (1 - \eta)^{\frac{1}{1-\eta}} \right]^{\frac{\beta}{1-\eta}} \quad (4)$$

2.1.1 Mesleki Beceriler

Her işçi, kendine özgü yetenekler vektörüne sahiptir $\{z_j\}_{j=1}^J$. Biz J sektörleri için yeteneklerinin çok değişkenli bir Fréchet dağılımından çekildiğini varsayalım, öyle ki

$$F(z_1, \dots, z_J) = \exp \left(- \sum_{j=1}^J (z_j)^{-\lambda} \right), \quad \lambda > 1,$$

Burada λ parametresi bireysel üretkenliğin sektörler arasındaki dağılımını ölçer. Daha yüksek bir λ değeri daha küçük dağılıma karşılık gelir. λ küçük olduğunda, işçilerin yetenekleri daha dağınıktır ve dolayısıyla işçilerin sektörler arasında yeniden dağılımını sağlamak için ücretlerde daha büyük bir değişiklik gerekir. Ve tam tersi.

2.1.2 Mesleki Seçim

Kendi kendini seçme, heterojen yeteneklerin (4)'teki bir bireyin faydasının içsel bileşenleriyle nasıl etkileşime girdiğinden kaynaklanmaktadır. İşçiler, yetenek vektörleri, yani en yüksek fayda $\max_{j \in J} U_j$ göz önüne alındığında, kendilerine en yüksek göreceli getiri sunan sektöre emeklerini arz ederler.

İşçilerin meslek seçiminin ardındaki karar kuralını bilerek, ekonominin her bir sektöründeki işçilerin payını hesaplayabiliriz.

Önerme 1 q_j 'ile gösterilen j sektöründeki çalışanların payı şu şekilde verilir:

$$q_j = \frac{\sum_k \frac{\tilde{w}_k^\lambda}{\tilde{w}_k}}{\sum_k \frac{\tilde{w}_k^\lambda}{\tilde{w}_k}} \quad \text{burada } \tilde{w}_j = w_j s_j^{(\phi_j)} (1-s_j)^{\frac{\lambda(1-\eta)}{\beta}} \quad j \in \{1, \dots, J\} \quad \text{için.} \quad (5)$$

Kanıt: Ek A.1'e bakınız■

Her bir işçinin meslek seçimi, *mutlak* getiriler $\tilde{w}_j$ yerine *görelî* getiriler $\tilde{w}_{(j)} z_j$ tarafından yönlendirilir. Fréchet dağılımının sağladığı izlenebilirliği kullanarak, her sektördeki işçilerin payını (5)'i kullanarak yazabiliriz. Her bir sektör için işgücü arzını hesapladıktan sonra, şimdi her bir sektörde arz edilen işgücünün verimlilik birimlerini (yani efektif işgücü arzını) hesaplayabiliriz.

Önerme 2 j sektörü için etkin işgücü arzı şu şekilde verilir:

$$L_j^s = (s_j^{(\phi_j)})^{\frac{1}{1-\eta}} \eta w_j^{\frac{\eta}{1-\eta}} \alpha_j^{\frac{1-\eta}{1-\eta}} \Gamma^{\frac{1}{1-\eta}} - \frac{1}{\lambda} \frac{1}{1-\eta} \quad j \in \{1, \dots, J\}, \quad (6)$$

Burada $\Gamma = \frac{1}{\lambda} \frac{1}{1-\eta} \frac{(1)}{(1)} \frac{(1)}{(1)}$ sabitinde değerlendirilen Gamma fonksiyonudur. $\lambda \frac{1}{1-\eta}$

Kanıt: Ek A.2'ye bakınız■

Denklem (5) ve (6)'yı kullanarak, bir sektördeki ortalama işçi kalitesini, arz edilen işgücü birimleri üzerinden arz edilen verimlilik birimlerinin oranını alarak hesaplayabiliriz, L_j^s/q_j . Dolayısıyla ortalama kalite, her bir sektördeki işgücü payıyla ters orantılıdır ve bu da bir seçim etkisini yansıtır.

2.2 Üretim

J ara mal sektörü ve bir nihai mal sektörü olduğunu hatırlayın. Şimdi bunların her birini sırayla açıklayacağız.

2.2.1 Ara Mallar

Üretim düzenimiz Eaton ve Kortum (2002) gibi ticaret modellerine benzemektedir. Her biri farklılaştırılmış bir ara malı üreten J sektör vardır. Bunlar arasında dört enerji sektörü bulunmaktadır: petrol, kömür, doğal gaz ve yeşil. İlk üç enerji sektörü kirleticidir, bu nedenle bunları "kirli" enerji sektörleri olarak adlandıracakız ve dördüncü sektör "temiz" enerji sektörüdür. Her bir ara malı $j \in \{1, 2, \dots, J\}$ üretme teknolojisi, ölçeğe göre sabit getirili bir Cobb-Douglas fonksiyonu ile temsil edilmektedir:

$$Y_j = L_j^{\beta_j} \prod_{k=1}^J x_{jk}^{\nu_{jk}}, \beta_j, \nu_{jk} \in [0, 1]; \text{ ve } \beta_j + \sum_{k=1}^J \nu_{jk} = 1,$$

Burada L_j etkin emek girdisine karşılık gelir ve β_j , j sektöründeki emek payıdır. x_{jk} değişkeni, j malının üretiminde kullanılan k malının miktarını gösterir. ν_{jk} parametresi, j sektörünün üretiminde k malının göreceli önemini belirler.⁵ Sektörler arası bağlantıların dahil edilmesi, bir karbon vergisi eklemenin genel denge etkilerinin daha ayrıntılı bir analizine olanak tanır (Jones, 2011; Acemoglu vd., 2012; King vd., 2019).

Ara mal sektörü j 'deki temsili firma, işgücü L_j 'yi seçer

ve ara girdiler $\{x_{jk}\}_{k=1}^J$ maksimize etmek için:

$$\pi_j = \max_{\{L_j, x_{jk}\}} \left\{ P_j L_j^{\beta_j} \prod_{k=1}^J x_{jk}^{\nu_{jk}} - w_j L_j - \sum_{k=1}^J P_k x_{jk} \right\}, \quad (7)$$

Burada P_j j ara malının fiyatı ve w_j j sektöründe ödenen ücret oranıdır. Girdilere marjinal ürünlerine göre ödeme yapılır, öyle ki:

$$\beta_j P_j L_j^{\beta_j-1} \prod_{k=1}^J x_{jk}^{\nu_{jk}} = w_j,$$

⁵Golosov ve diğerleri (2014) kirli ve temiz enerji kaynakları arasındaki ikame esnekliğini, 47 yakıtlar arası ikame çalışmasının metastazına dayanarak 0,95 olarak tahmin etmiştir (Stern, 2012). Bu nedenle, burada varsayılan üniter ikame esnekliği makul bir basitleştirme gibi görünmektedir.

$$y_k P_j^{(\theta^{(j)})} x_{jk}^{(\nu^{(jk)})-1} \prod_{k \neq s} x_{js}^{(\nu^{(js)})} = p_k, \forall x_{jk} \quad k \in \{1, 2, \dots, J\}.$$

2.2.2 Son İyi

Nihai malın teknolojisi, Y_f , aşağıdaki gibi bir üretim fonksiyonu tarafından verilir farklılaştırılmış ara malları $\{Y^F\}_j$ kullanır $j=1$ aşağıdakilere göre toplayıcı:

$$Y_f = \prod_{j=1} (Y_j^F)^{\sigma_j}, \sigma_j \in [0,1) \text{ ve } \sum_{j=1} \sigma_j = 1.$$

Nihai mal numéraire'dir, öyle ki fiyatı P_f şu şekilde normalize edilir

1. Nihai maldaki temsili firmanın optimizasyon problemi sektörü her bir $\{Y^F\}_j$ girdisini seçmektir. maksimize etmek için:

$$\pi_f = \max_{Y_j} \left\{ \prod_{j=1} (Y_j^F)^{\sigma_j} - \sum_j p_j Y_j^F \right\}, \quad (8)$$

ve her bir girdi için optimal talep tatmin eder:

$$Y_j^F = \sigma_j \frac{Y_f}{P_j}, \quad j \in \{1, 2, \dots, J\}.$$

2.3 Denge

Bu ekonomi için durağan rekabetçi denge, bireysel seçimlerden $\{c, s, e\}$, bireysel mesleki seçimlerden, verimlilik birimlerinden

her sektördeki işgücü girdisi $\{L_j\}_{j=1}^J$, ara mallar $\{Y_j\}_{j=1}^J$, nihai çıktı Y_f , ücretler $\{w_j\}_{j=1}^J$ ve ara malı fiyatları $\{P_j\}_{j=1}^J$ öyle ki:

- Bireyler (1) numaralı denkleme göre faydalarını maksimize ederler.
- Bireyler yeteneklerine göre kendilerine en yüksek geliri sağlayan sektöre emeklerini arz ederler.
- Ara malı üreten firmalar (7) numaralı denkleme göre karlarını maksimize ederler.

- Nihai malın temsilcisi firma, denklem (8)'e göre karını maksimize eder.
- Tüm piyasalar temiz.

2.4 Karbon Vergilendirmesi

Bir karbon vergisi, enerji girdilerinin, özellikle de daha kirlletici türlerin fiyatlarını etkiler. Bu nedenle, verginin her bir enerji türünün fiyatı üzerindeki yükü, söz konusu enerji türünün karbon içeriğine bağlı olmalıdır. Golosov ve diğerleri (2014) ve Hassler ve diğerlerini (2018) takiben, dört enerji girdisini (petrol, kömür, doğal gaz ve yeşil) karbon içeriklerine (atmosfere karbon emisyonlarının yoğunluğu) göre ayırıyoruz. Bu içeriği g_j ile gösterin, öyle ki $g_j \in [0, 1]$ olsun. Yeşil enerji türleri (rüzgar ve güneş gibi) herhangi bir iklim dışsalılığı ile ilişkili değildir, bu nedenle $g_{\text{yeşil}} = 0$.

Her bir enerji türü üzerindeki karbon vergisi oranı $\tau_j = \tau g_j \forall j$ ile verilir (not $g_{\text{yeşil}} = 0$ olduğundan $\tau_{\text{yeşil}} = 0$).

Karbon vergisini her j enerji türüne bir satış vergisi olarak uyguluyoruz, öyle ki böyle bir verginin varlığında j enerji türündeki karlar şu şekilde veriliyor:

$$\pi_j = (1 - \tau_j) P_j Y_j - w_j L_j - \sum_{k=1}^K p(k) x_{jk}.$$

Simülasyonlarımızda, karbon vergileri ile elde edilen gelirleri tahsis etmenin farklı yollarını ele alıyor ve denge koşullarını buna göre ayarlıyoruz. Örneğin, bir karşı-olgusal deneyde, kirli enerji sektörlerindeki vergi gelirlerinin yeşil enerji sektörünü sübvansiyon etmek için kullanılmasını ele alıyoruz. Bu deneyde, yeşil sübvansiyon öyle tasarlanmıştır ki, karbon vergisi enue nötr (yani $\sum_{j=1}^J \tau_j P_j Y_j = 0$), bu da $\tau_{\text{yeşil}} < 0$ anlamına gelir.

3 Kalibrasyon

Bu bölümde, iklim değişikliğinin toplam ve dağılımsal etkilerini araştırmak için model parametrelerini nasıl disipline ettiğimiz tartışılmaktadır

azaltma politikaları. Bu etkilerin ülkeye özgü özellikler (örneğin üretim yapısı ve işgücü kompozisyonu) nedeniyle ülkeler arasında farklılık göstermesi muhtemel olduğundan, modelin parametrelendirilmesi, gelişmekte olan ve gelişmiş ekonomileri kapsayan altı ülkeden oluşan bir örneklem için parametrelerin mikro düzeydeki verilerle disipline edilmesiyle gerçekleştirilmiştir: Brezilya, Kanada, Çin, Hindistan, Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri. Ara malların üretiminde her bir girdinin önemi gibi bazı model parametreleri hakkında önceden bilgi sahibiyiz. Ancak diğer parametreler analize özgüdür ve büyüklükleri hakkında fazla bilgimiz yoktur. Bunlar, verilerin önemli anlarıyla eşleşecek şekilde dahili olarak tahmin edilecektir. Ek'teki Tablo B1 tüm model parametrelerini listelemekte ve bunları bu iki gruba ayırmaktadır.

Harici Kalibrasyon. J , θ_j ve v_{jk} değerlerini belirlemek için, ulusal girdi-çıkı tablolarının yanı sıra sektörel işgücüne katılım oranları, işgücü tazminatı ve örneklemimizdeki ülkeler için çevresel hesaplara ilişkin verileri içeren Dünya Girdi Çıktı Veritabanı'ndaki (WIOD) verileri kullanıyoruz. v_{jk} değerini hesaplamak için sektörler arası satış verilerini kullanıyoruz ve

$$\theta_j = 1 - \sum_{k=1}^J v_{jk}.$$

WIOD'deki 35 sektörü 15 sektörde topluyoruz

bir toplam enerji sektörü de dahil olmak üzere (Ek'teki Tablo B2'ye bakınız). Daha sonra, sektör ve enerji türüne göre enerji kullanımına ilişkin WIOD çevre hesaplarına göre, ara sektörlerin her birinin enerji girdi karışımına dayalı olarak toplam enerji sektörünü petrol, kömür, doğal gaz ve yeşil enerji üretimi olarak ayırıyoruz. Ayrıca, vergilerin emisyonlar üzerindeki etkisini hesaplamak için sektör ve enerji türüne göre CO₂ emisyonlarına ilişkin WIOD çevre hesapları verilerini kullanıyoruz.⁶ Bu parametreler hakkında daha fazla ayrıntı Ek B'de sunulmaktadır.

Sektörel karbon içeriği, g_j , Golosov ve diğerlerine (2014) dayanmaktadır. Petrol ve kömür için rakamlar $g(\text{petrol}) = 0,846$ ve $g(\text{kömür}) = 0,716$ 'dır. Onların metodolojisini tekrarlıyoruz ve Garg ve diğerlerinin (2006) tahminlerini kullanarak $g_{\text{gaz}} = 0.734$ olarak hesaplıyoruz.

η ve ν 'yı kalibre etmek için Hsieh ve diğerlerini (2019) takip ediyoruz. η

⁶Çerçevemizin emisyonların ekonomi üzerindeki geri besleme etkilerini modellemediğini unutmayın. Karbon vergisinin boyutunu disipline etmek için emisyonlardaki değişimi hesaplıyoruz.

eğitime harcanan çıktı oranı. Dünya Kalkınma Göstergeleri'nden (WDI), eğitime yapılan kamu harcamaları (GSYİH'nın bir payı olarak) hakkındaki en son verileri topluyoruz ve her ülke için η 'yi hesaplamak için işgücüne katılım oranına göre normalleştiriyoruz.⁽⁷⁾ γ 'yı kalibre etmek için, ortalama kazançları sektör j , $w_j = w E[hz] = (1-s)^{-\frac{1}{\lambda}} \eta^{\frac{1}{\lambda}} (1-\frac{1}{1-\eta})$. Unutmayın ki ortalama

kazançlar $(1-s)^{-\frac{1}{\lambda}}$ orantılıdır. Entegre İşgücü Anketi'nden elde edilen mikro verileri kullanıyoruz.

Çin hariç, örneklemimizdeki her ülke için Kamu Kullanımı Mikro Veri Serisi (IPUMS).⁸ Daha sonra ortalama okullaşma yılını 25 yıllık çalışma öncesi zaman başışına bölerek hesaplıyoruz, $\bar{s}$ ve sektörler arasında okullaşmanın Mincerian getirisini, ξ , log ortalama ücretlerin bir regresyonundan tahmin ediyoruz

her ülke için sektörler arasında ortalama okullaşma üzerine. $\bar{s}$ ve ξ ile, biz $\gamma = \frac{1}{\xi(1-s)}$ hesaplıyoruz. Her bir ülke η ve γ değerleri sırasıyla Ek'teki Tablo B3 ve B5'te sunulmaktadır.

Dahili Kalibrasyon. Geri kalan σ_j , ϕ_j ve λ parametreleri modelin çözülmesi ve belirli veri momentlerinin hedeflenmesi yoluyla disipline edilmektedir. Özellikle, harcama paylarını σ_j , modeldeki sektörel katma değer payları verilerdekilerle eşleşecek şekilde kalibre ediyoruz.

ϕ_j ve λ 'yı tahmin etmek için Hsieh ve diğerlerinin (2019) metodolojisini takip ediyoruz. ϕ_j 'yi tahmin etmek için, her sektördeki ortalama ücreti hesaplamak üzere WIOD'un çalışan sayısı ve işgücü tazminatı verilerini kullanıyoruz.⁹ Bu, ϕ_j için göreceli değerleri belirleyen göreceli sektörel ücretleri verir. ϕ_{η} 'nin mutlak değerlerini bulmak için, ortalama ücretlerin Tarıma oranını alıyoruz. Tarımda ortalama okullaşma oranını $s_{Tarım}$ hesaplarız ve ardından $\phi_{Tarım}$ 'ı çözmek için denklem (2)'yi kullanıyoruz. Bununla, her bir sektörel ücretin Tarıma oranını hedefleyerek kalan ϕ_j değerini saptıyoruz.¹⁰ Sektörel ücretlerin göreceli oranlarına ilişkin veriler ve her bir ülke için ϕ değerleri Ek'teki Tablo B6'da sunulmaktadır.

⁷İki açıklama: (i) Çin için eğitim harcamalarını Çin Halk Cumhuriyeti Maliye Bakanlığı'ndan elde ediyoruz. (ii) Brezilya, Kanada, Meksika ve Amerika Birleşik Devletleri için OECD'den kamu ve özel eğitim harcamalarına ilişkin verileri kullanarak η 'yi yeniden tahmin ettik. Sonuçlar benzerdir ve talep üzerine temin edilebilir.

⁸Çin için, Çin Hanehalkı Gelir Projesi, 2013 mikro verilerini kullanıyoruz.

⁹Çin için çalışan sayısına ilişkin veri mevcut değildir; bu nedenle bunun yerine çalışan kişi sayısına ilişkin verileri kullanıyoruz.

⁽¹⁰⁾ Bireysel enerji sektörleri hakkında bilgi eksikliği göz önüne alındığında, aşağıdaki oranı hedefliyoruz tarım sektörüne kıyasla toplam enerji sektöründeki ortalama ücret.

ıyı tahmin etmek için, her ülke için belirli bir yılda yaş-sektör kuklaları üzerinde kazanılan log gelirin kesitsel bir regresyonundan elde edilen artıkların dağılımını uydurmak için bireysel ücretlere ilişkin mikro verileri kullanıyoruz. Daha sonra sektörel artık ücretlerin varyasyon katsayısını eşleştiriyoruz. Tahmin edilen Fréchet parametrelerinin değerleri, her bir ülke için ücretlerin değişim katsayısına ilişkin veri ve model tahminlerinin yanı sıra Ek'teki Tablo B7'de sunulmaktadır.

Model Uyumu. Yukarıdaki kalibrasyon stratejisini izleyerek, sektörel katma değer paylarını, görelı ücret oranlarını ve ücretlerin değişim katsayısını hedefliyoruz. İlgücüne katılım oranları hedeflenmemiş olsa da, modelin sektörel işgücüne katılım paylarına ilişkin tahminleri veri muadilleriyle yüksek korelasyona sahiptir (lkeler arasında ortalama 0,80 korelasyonla); Ek'teki Tablo B8'e bakınız. İşgücüne katılım paylarını tam olarak hedeflemek için, kıyaslama modelinde işgücü piyasasında önceden var olan çarpıklıkları yakalamak üzere ücretlere takozlar ekliyoruz. Bu sağlamlık kontrolünü, hedeflenmemiş işgücüne katılım oranları için en kötü uyuma sahip olan Meksika örneğı için gerçekleştirdik ve bu tür takozlar eklendiğinde ana sonuçların geçerli olduğunu gösterdik; bkz.

4 İklim Değışikliğı Azaltım Politikalarının Toplam Etkileri

Ekonominin iklim değışikliğı azaltım politikalarına nasıl tepki verdiğini araştırmak için "kirli" enerji sektörlerine bir karbon vergisi getiriyoruz. Vergi gelirinı ya (i) savurganca harcandığı, yani geri iade edilmediğı ("Savurganca Harcama"); (ii) yeşil enerjiyi sübvans etmek için kullanıldığı ("Yeşil Sübvansiyon"); (iii) ekonomideki kirli olmayan tüm sektörleri sübvans etmek için kullanıldığı ("Faydalı Harcama"); (iv) kirli olmayan tüm sektörler için eğitim harcamalarını sübvans etmek için kullanıldığı "Eğitim Sübvansiyonu"); veya (v) Hanehalklarına götürü transferler ("Hanehalkı Transferleri") olarak eşit şekilde geri ödenir.¹¹

¹¹ (ii)-(v) politikalarında, sübvansiyonlar hükümet bütçesini dengeleyecek şekilde tasarlanır.

King ve diğerlerine (2019) benzer şekilde, emisyonlar üretimi veya tüketimi etkilemediği için modelimizde dışsallık bulunmamaktadır. Dolayısıyla, dışsallıkların yokluğu göz alındığında, kıyaslama modelinde optimal karbon vergisi sıfırdır. Amacımız optimal politikayı araştırmak değil, emisyonları azaltmayı amaçlayan bir karbon vergisi uygulamanın toplam ve dağılımsal etkilerini anlamaktır. Bu nedenle, çalışmalarımız normatif olmaktan ziyade pozitiftir.

Daha spesifik olarak, deneylerimiz petrol, kömür ve gaz enerji üretim sektörlerindeki vergi oranını $\tau = 0$ 'dan $\tau = 32,3$ 'e çıkarmaktadır.¹² Bu oran, Amerika Birleşik Devletleri'nin toplam emisyonları %26 oranında azaltmaya yönelik orijinal Paris Anlaşması taahhüdünü yerine getirmesi için gereken vergi oranıdır (Ramstein vd., 2019). Ayrıca %32,3 karbon vergisini beş farklı gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiye uyguluyoruz: Brezilya, Kanada, Çin, Hindistan ve Meksika. Farklı gelişmişlik düzeylerine ve üretim yapılarına sahip ülkeleri incelemek, aynı iklim değişikliği azaltım politikasına karşı ülkeler arasında heterojen tepkileri yakalamamıza olanak sağlamaktadır.

Tablo 1, bu analiz için ana toplu sonuçları göstermektedir. Panel A, analiz edilen altı ülkede %32,3'lük bir karbon vergisinin uygulanmasının emisyonlar, GSYİH, tüketim ve refah üzerindeki sonuçlarını rapor etmektedir. Her ülke için, bu sonuçlar farklı vergi iadesi türleri için sunulmuştur. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'ni ele alalım. Yapı itibarıyla, savurgan harcama senaryosunda, vergi toplam emisyonlarda %26'lık bir azalmaya yol açmaktadır. Kirli enerji sektörleri diğer faaliyetlere göre daha fazla kirlettiğinden, fosil emisyonlarındaki düşüş daha büyüktür (%26,8). Enerji daha pahalı hale geldikçe ekonomi daralmakta ve GSYH %0,6 oranında düşmektedir. Vergi, kaynakların yeniden tahsisi ve çıktıdaki düşüşle birlikte toplam refah azalır.

Hükümet karbon vergisi gelirini yeşil sektörü sübvans etmek için kullanırsa, GSYH'deki düşüş sadece %0,3'e düşer. Daha fazla ekonomik faaliyetle, temiz sektöre yapılan sübvansiyonlarla bile emisyonlar savurgan harcamalardan daha az azalır. Bir alternatif de kirli olmayan tüm sektörleri sübvans etmek.

¹²%32,3 katma değer vergisi eklendiğinde, her bir enerji girdisinin karbon içeriği ayarlandıktan sonra, petrol satışları üzerinden $\tau_{\text{petrol}} = 27,3$, kömür satışları üzerinden $\tau_{\text{kömür}} = 23,1$ ve gaz satışları üzerinden $\tau_{\text{gaz}} = 23,7$ vergi alınmaktadır. Bu vergi oranı Amerika Birleşik Devletleri'nde ton CO₂ başına 37,7 ABD dolarına eşdeğerdir.

sektörler (Faydalı Harcamalar). Yine, GSYH'deki düşüş savurgan senaryoya göre azalır, ancak emisyonlar o kadar düşmez.

Vergi gelirleri eğitim sübvansiyonlarını finanse etmek için kullanıldığında, ABD GSYİH'si %0,4 oranında artmaktadır. Bu politika ile bireyler eğitime fazla yatırım yaparak bireysel verimliliği ve dolayısıyla toplam çıktıyı artırmaktadır. Dahası, eğitim sübvansiyonu bireyleri kısmen sigortalar ve bu da refahta bir artışa yol açabilir. Bu tür bir sigorta, boş zaman artışıyla birleştiğinde, GSYİH düşmesine rağmen hanehalkı transferi senaryosunda refahın neden önemli ölçüde arttığını da açıklamaktadır. Ancak, gerçek dünyada götürü transferlerin mantıksızlığı göz önüne alındığında, analizin geri kalanında hane halkı transferi sonuçlarına odaklanmıyoruz.

Tablo 1'in A Paneli, örneklemimizdeki diğer beş ülke için sonuçları da göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri için bulunan farklı vergi iadesi türleri arasındaki ana görüşler diğer ülkelere de taşınmaktadır. Temel farklılıklar etkilerin büyüklüğü üzerinedir. Toplam emisyonlardaki azalma Kanada'da %24.0 ile Çin'de %32.1 arasında değişmektedir. GSYH açısından, savurgan harcama karşı olgusu için kayıplar Brezilya'da %0,5 ile Çin'de %2,1 arasında değişmektedir. Diğer senaryolar için büyüklük karşılaştırılabilir düzeydedir. Sonuçlarımızdan iki önemli mesaj öne çıkmaktadır. Birincisi, karbon vergisinin bu altı ülke arasında heterojen toplam etkileri vardır. Bu durum, vergilendirilen sektörlerin her bir ülkenin toplam katma değeri, ara tüketimi ve/veya işgücü bileşimindeki değişen önemine bağlıdır. İkinci olarak, %32,3'lük bir karbon vergisinin nispeten küçük toplam çıktı etkilerine sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, kirli enerji sektörlerinin her bir ekonomideki brüt çıktının küçük bir oluşturmasıdır. Daha detaylı sonuçlar Ek'teki Tablo C10 ve C11'de raporlanmıştır.

4.1 Çin, Amerika Birleşik Devletleri'ne karşı

Tablo 1'deki Panel A, Amerika Birleşik Devletleri'nin orijinal Paris Anlaşması hedefine ulaşması için gerekli olan %32,3'lük karbon vergisi için sonuçları raporlamıştır. Böyle bir politika, ülkeler arasında farklı etkiler doğurur. Tüm ülkeler için aynı iklim politikasını uygulamak yerine, bu alt bölüm vergi oranını çözmektedir

Tablo 1: Tüm Geri Dönüşüm Programları Kapsamında İklim Değişikliği Azaltım Politikasının Etkileri

Panel A: %32,3 Karbon Vergisi					
Brezilya	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-25.9	-27.5	-0.5	-1.4	-0.9
Yeşil Sübvansiyon	-25.0	-26.5	-0.2	-0.2	-0.2
Faydalı Harcamalar	-25.5	-27.1	-0.4	-0.4	0.1
Eğitim Sübvansiyonu	-25.9	-27.5	0.4	-0.5	0.1
Hanehalkı Transferleri	-25.9	-27.5	-1.1	-1.0	1.3
Kanada	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-24.0	-26.6	-1.2	-3.9	-2.9
Yeşil Sübvansiyon	-22.9	-25.5	-0.8	-0.8	-0.9
Faydalı Harcamalar	-22.8	-25.4	-1.1	-1.1	0.2
Eğitim Sübvansiyonu	-24.0	-26.6	1.2	-1.6	-0.3
Hanehalkı Transferleri	-24.0	-26.6	-3.1	-2.9	2.5
Çin	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-32.1	-34.0	-2.1	-6.0	-4.7
Yeşil Sübvansiyon	-25.9	-27.5	-1.2	-1.2	-1.9
Faydalı Harcamalar	-29.1	-31.0	-1.9	-1.9	-0.4
Eğitim Sübvansiyonu	-32.1	-34.0	0.9	-3.1	-1.7
Hanehalkı Transferleri	-32.1	-34.0	-4.5	-4.3	2.8
Hindistan	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-28.2	-29.9	-1.0	-2.9	-2.1
Yeşil Sübvansiyon	-25.4	-26.9	-0.5	-0.5	-0.7
Faydalı Harcamalar	-26.7	-28.3	-0.8	-0.8	0.0
Eğitim Sübvansiyonu	-28.2	-29.9	0.7	-1.2	-0.2
Hanehalkı Transferleri	-28.2	-29.9	-2.7	-2.5	2.5
Meksika	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-25.3	-26.8	-1.1	-3.4	-2.2
Yeşil Sübvansiyon	-24.6	-26.1	-0.7	-0.7	-0.8
Faydalı Harcamalar	-24.2	-25.7	-1.0	-1.0	0.4
Eğitim Sübvansiyonu	-25.3	-26.8	1.0	-1.4	0.0
Hanehalkı Transferleri	-25.3	-26.8	-3.0	-2.8	2.7
Birleşik Devletler	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-26.0	-26.8	-0.6	-1.7	-1.1
Yeşil Sübvansiyon	-24.3	-25.0	-0.3	-0.3	-0.3
Faydalı Harcamalar	-25.3	-26.1	-0.5	-0.5	0.1
Eğitim Sübvansiyonu	-26.0	-26.8	0.4	-0.7	0.1
Hanehalkı Transferleri	-26.0	-26.8	-1.9	-1.8	1.1
Panel B: %25,4 Karbon Vergisi					
Çin	Toplam Emisyonlar	Fosil Emisyonları	GSYİH	Tüketim	Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-26.0	-27.5	-1.5	-4.7	-3.6
Yeşil Sübvansiyon	-20.6	-21.8	-0.7	-0.7	-1.2
Faydalı Harcamalar	-23.4	-24.8	-1.3	-1.3	-0.1
Eğitim Sübvansiyonu	-26.0	-27.5	1.0	-2.2	-1.0
Hanehalkı Transferleri	-26.0	-27.5	-3.5	-3.3	2.5

Bir ülkenin Amerika Birleşik Devletleri ile aynı iklim hedefine ulaşması için gereken oran; yani emisyonlarda %26'lık bir azalma. Çin'i örnek olarak alıyoruz ve emisyonlarda böyle bir azalma sağlamak için %25,4'lük bir karbon vergisi gerektiğini buluyoruz. Tablo 1'in B Paneli bu karşı olguya ilişkin sonuçları rapor etmektedir.

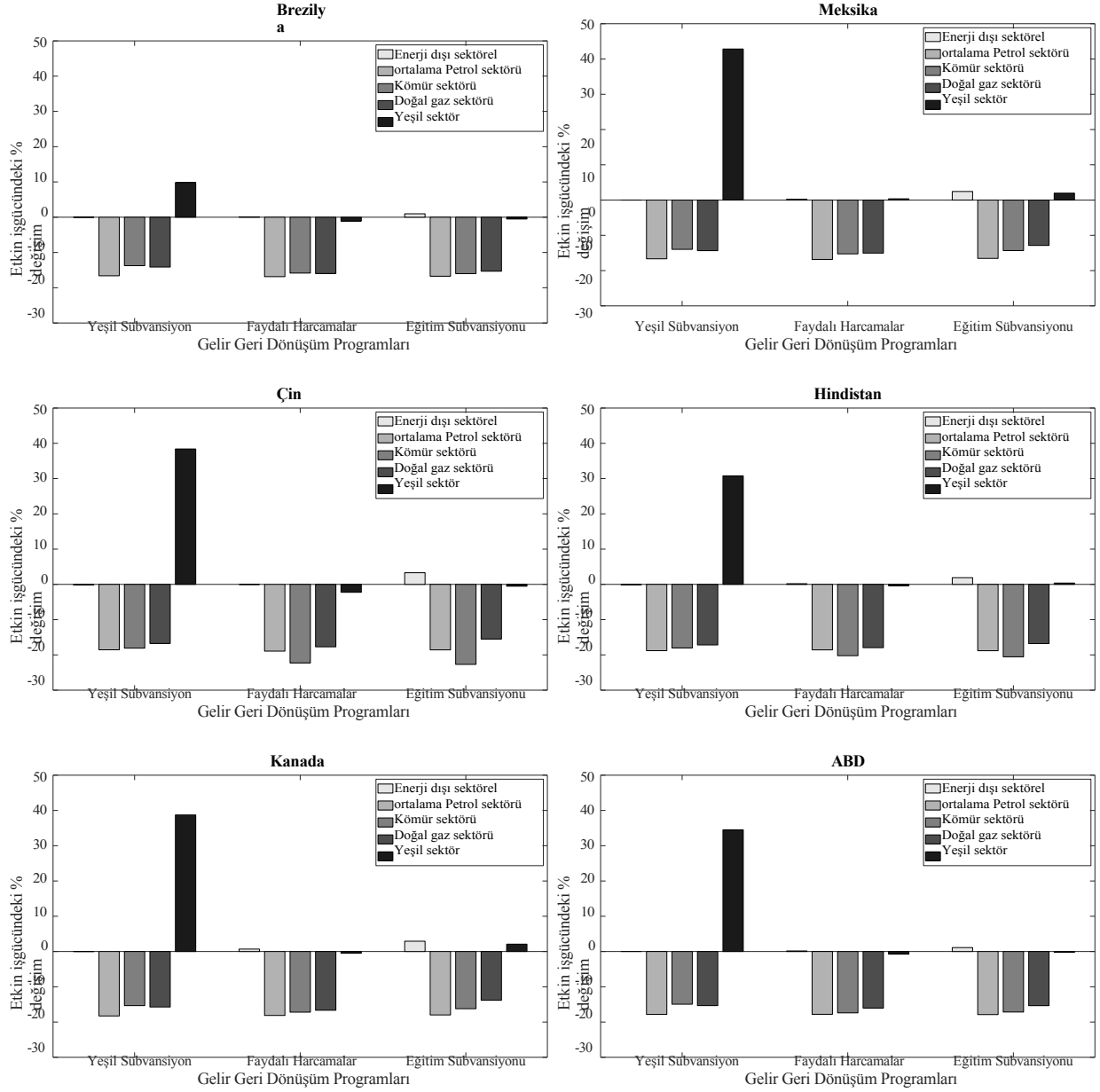
Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'deki emisyonlarda benzer bir azalma, Çin'de daha büyük toplam çıktı etkileri yaratmaktadır. Savurgan harcama durumu için, emisyonlardaki aynı azalma ABD ve Çin' GSYH'de sırasıyla %0,6 ve %1,5'lik bir düşüşe yol açmaktadır. Bunun nedeni Çin'in ABD'ye kıyasla kirli enerjiye daha bağımlı olmasıdır. Çin'in ara tüketiminde (%5,4'e karşılık %1,8), katma değerinde (%4,4'e karşılık %3,0) ve işgücü bileşiminde (%1,9'a karşılık %0,6) petrol, kömür ve doğal gazın payı Amerika Birleşik Devletleri'ne kıyasla daha yüksektir. Daha fazla ayrıntı için Tablo C11'e bakınız.

5 İklim Değişikliği Azaltım Politikalarının Dağılımsal Etkileri

Bir önceki bölümde, karbon vergisinin uygulanmasının neden olduğu nispeten küçük toplam kayıplar vurgulanmıştır. Bu bölüm, bu politikanın sektörel ve bireysel düzeydeki etkilerini incelemektedir.

5.1 Sektörel Düzeyde Analiz

Karbon vergisinin petrol, kömür ve doğal gaz enerji sektörlerine uygulanması, diğer sektörlerle göre daha pahalı hale geldikleri için bu sektörlerin küçülmesine neden olur. Sonuç olarak, bu sektörlerdeki işgücü talebi ve ücretler düşer. İşçiler mesleki kararlarını yeniden optimize eder ve bazıları sektör değiştirir. Şekil 1, sektörlerle göre denge işgücündeki değişiklikleri göstermektedir. Petrol, kömür ve doğal gaz sektörlerinde istihdam düşerken, ekonominin kirli olmayan sektörlerinde istihdam artmaktadır. Temiz enerjiye verilen sübvansiyonla, marjinal yeniden dönüşleri eşitlemek için girdiler kirli enerji sektörlerinden yeşil sektöre yeniden tahsis edilir. Eğitim sübvansiyonu ile beşeri sermaye artar çünkü eğitim



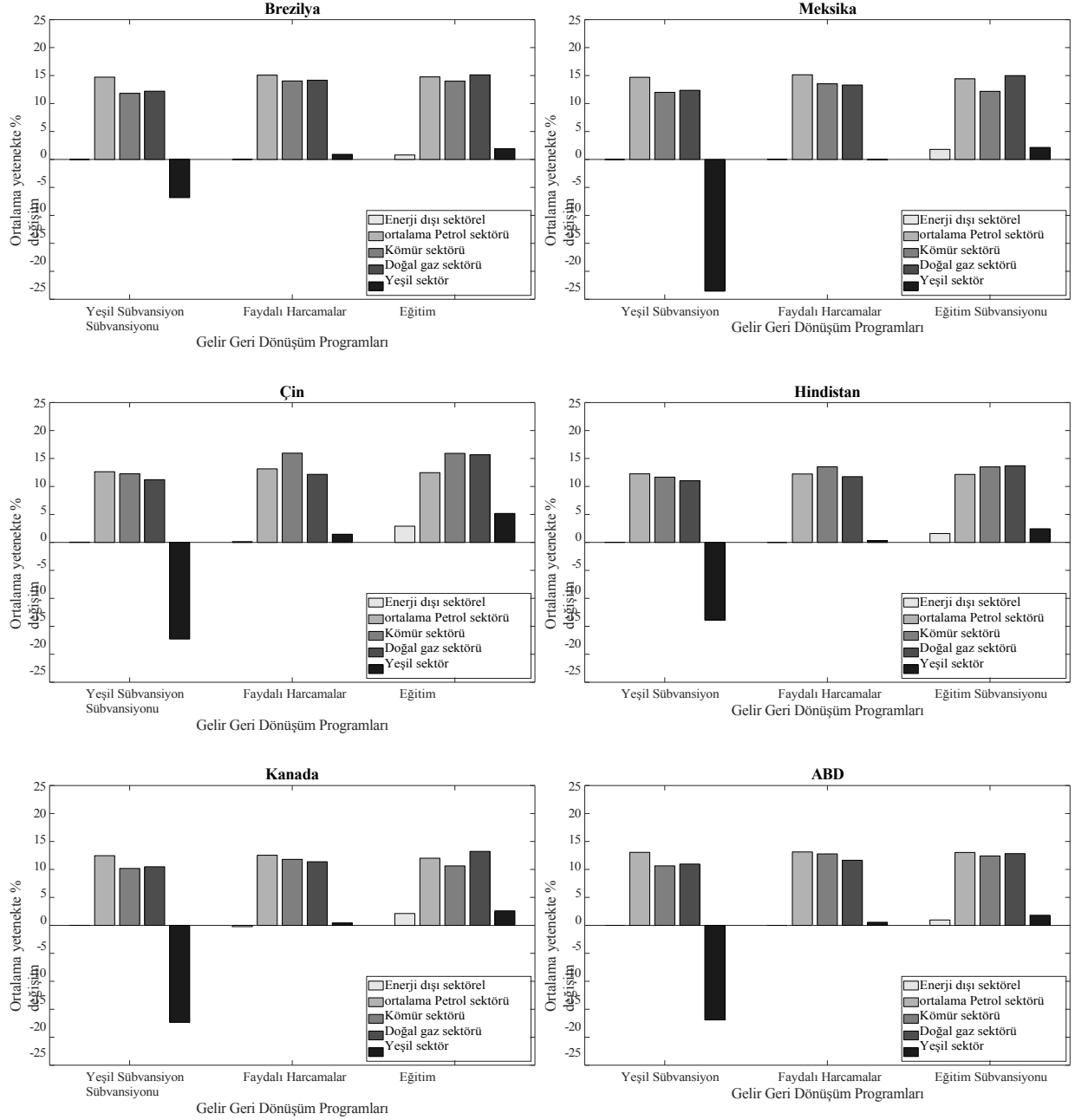
Şekil 1: Tüm Senaryolarda Karbon Vergisinin %0'dan (kıyaslama) %32,3'e Çıkarılmasıyla Efektif İşgücünde Meydana Gelen Yüzde Değişim.

nispeten ucuz hale gelmekte ve karbon vergisinden doğrudan etkilenmeyen sektörlerle yönelik efektif işgücü artışını güçlendirmektedir.

İşçilerin mesleki kararları, doğuştan gelen yetenekleri ve her bir meslekteki ücret tarafından yönlendirilmektedir. Kirli enerji sektörlerinde nispeten düşük verimliliğe sahip marjinal işçiler ekonominin diğer sektörlerine yeniden tahsis edilmektedir. Kirli enerji sektörlerinde yüksek karşılaştırmalı üstünlüğe sahip işçiler politika değişikliğinden sonra da bu sektörlerde kalmaya devam etmektedir. Dolayısıyla, bir seçim etkisi nedeniyle, vergilendirilen sektörlerdeki işçilerin ortalama verimliliği artmaktadır (bkz. Şekil 2). Yeşil sübvansiyon senaryosunda, Şekil 1'de gösterildiği gibi, bu sektöre işçi girişi nedeniyle yeşil sektörde ortalama verimlilik önemli ölçüde düşmektedir.

5.2 Bireysel Düzeyde Analiz

Şimdi, bir karbon vergisinin yürürlüğe girmesinden sonra ortaya çıkan bireysel düzeydeki etkilere odaklanarak dağılımsal etkileri daha yakından araştırıyoruz. Çalışanları dört kategoriye ayırıyoruz: (i) kirli olmayan enerji sektörlerinde kalanlar; (ii) kirli olmayan enerji yeniden tahsisat yapanlar; (iii) kirli enerji sektörlerinde kalanlar; ve (iv) kirli enerji sektörlerinden yeniden tahsisat yapanlar. Daha sonra politikanın uygulanmasından sonra refahlarının nasıl değiştiğini takip ediyoruz. Refah, karbon vergisinin eklenmesinden kaynaklanan tüketim eşdeğeri değişimi ile ölçülmektedir.



Şekil 2: Tüm Senaryolarda Karbon Vergisinin %0'dan (referans) %32,3'e Çıkarılmasıyla Ortalama Verimlilikte Meydana Gelen Yüzde Değişim.

Tablo 2: Ülkelere Göre Ayrıntılı Refah Analizi

Brezilya	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcama		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-0.9	99.6	0.4	99.7	0.1	99.7	0.1	99.6
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-0.9	0.1	2.8	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Kirli sektörler, kalanlar	-14.6	0.2	-12.7	0.2	-13.7	0.2	-13.7	0.2
Kirli sektörler, değiştiriciler	-7.7	0.1	-6.5	0.1	-6.8	0.1	-6.8	0.1
Toplam	-0.9	100.0	-0.2	100.0	0.1	100.0	0.1	100.0
Kanada	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcamalar		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-2.6	96.9	0.6	96.4	0.5	96.9	0.0	96.9
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-2.5	0.2	9.1	0.7	0.5	0.2	0.1	0.2
Kirli sektörler, kalanlar	-13.4	2.1	-11.6	2.1	-11.3	2.1	-11.2	2.1
Kirli sektörler, değiştiriciler	-7.8	0.7	-5.6	0.8	-5.2	0.8	-5.4	0.7
Toplam	-2.9	100.0	-0.9	100.0	0.2	100.0	-0.3	100.0
Çin	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcamalar		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-4.7	98.2	-0.5	98.0	-0.6	98.4	-1.7	98.2
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-4.5	0.4	6.0	0.7	-0.4	0.3	-1.4	0.4
Kirli sektörler, kalanlar	-16.7	0.9	-13.0	1.0	-13.0	0.9	-14.1	0.9
Kirli sektörler, değiştiriciler	-10.4	0.4	-6.9	0.4	-6.4	0.4	-7.5	0.4
Toplam	-4.7	100.0	-1.9	100.0	-0.4	100.0	-1.7	100.0
Hindistan	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcamalar		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-2.0	98.6	0.5	98.2	0.0	98.6	-0.2	98.6
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-1.9	0.2	5.9	0.5	0.1	0.1	-0.1	0.2
Kirli sektörler, kalanlar	-13.8	0.9	-11.9	0.9	-11.9	0.9	-12.2	0.9
Kirli sektörler, değiştiriciler	-7.6	0.4	-5.9	0.3	-5.6	0.4	-5.9	0.4
Toplam	-2.5	100.0	-0.7	100.0	0.0	100.0	-0.2	100.0
Meksika	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcamalar		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-1.9	98.6	1.5	98.4	0.5	98.6	0.3	98.6
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-1.9	0.2	13.7	0.4	0.7	0.2	0.3	0.2
Kirli sektörler, kalanlar	-14.5	0.9	-13.1	0.9	-12.8	0.9	-12.6	0.9
Kirli sektörler, değiştiriciler	-8.1	0.3	-6.6	0.3	-5.9	0.3	-6.1	0.3
Toplam	-2.7	100.0	-0.8	100.0	0.4	100.0	0.0	100.0
Birleşik Devletler	Savurgan Harcamalar		Yeşil Sübvansiyon		Faydalı Harcamalar		Eğitim Sübvansiyonu	
	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)	CE (%)	LFP (%)
Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-1.1	99.4	1.1	99.3	0.2	99.4	0.1	99.4
Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-1.0	0.1	9.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Kirli sektörler, kalanlar	-12.9	0.4	-11.5	0.4	-11.9	0.4	-11.9	0.4
Kirli sektörler, değiştiriciler	-6.8	0.1	-5.7	0.1	-5.7	0.1	-5.7	0.1
Toplam	-1.1	100.0	-0.3	100.0	0.1	100.0	0.1	100.0

Not: CE= tüketim eşdeğerleri, LFP= işgücüne katılım.

Tablo 2, kirli sektörlerde (petrol, kömür ve gaz) kalan işçilerin refahta en büyük düşüşü yaşadığını göstermektedir. Örnek olarak Amerika Birleşik Devletleri'ni ele alalım. Savurgan harcama senaryosunda, kirli sektörlerde kalanların refahı %12,9 oranında azalmaktadır. Bu kayıp, kirli sektörlerden geçiş yapanların yaşadığı kaybın yaklaşık iki katı (%6,8) ve kirli olmayan işçilerin (kalanlar ve geçiş yapanlar) yaşadığı kaybın neredeyse 12 katıdır. Diğer karşı olgular ve ülkeler için de benzer rakamlar bulunmuştur (bkz. Tablo 2). Refahtaki bu düşüş, vergilendirilen sektörlerdeki işgücü talebi ve ücretlerdeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, karbon vergisinin uygulanmasından doğrudan etkilenen işçilerin ölçüsü nispeten küçüktür - ülke örneğimizdeki işgücünün en fazla %1,9'u (bkz. Tablo C11). Genel denge etkileri nedeniyle, kirli olmayan sektörlerde de işgücü yeniden tahsisi gerçekleşmektedir. Kirli olmayan sektörlerde çalışan işçiler çoğu karşı olgusal durumda (savurgan harcama senaryosu dışında) refah kazancı elde etmektedir. Bu kazanç özellikle sektör değiştiren işçiler için büyüktür.

5.3 Çalışan Heterojenliğinin Rolü

Karşılaştırmalı modelimizde, işçiler her sektörde çalışmak için farklı yeteneklere sahiptir. Örneğin, bazıları kirli enerji sektörlerinde daha üretken iken, diğerleri enerji dışı sektörlerde karşılaştırmalı bir avantaja sahiptir. Şimdi bu işçi heterojenliğinin ana sonuçlarımızda oynadığı rolü inceleyeceğiz. Modelimizde, işçilerin yetenekleri λ parametresine sahip bir Frechét dağılımına göre dağıtılmaktadır. Daha yüksek lambdalar daha az dağınık bir yetenek dağılımı anlamına geldiğinden, işçileri daha homojen hale getirmek için λ 'yı arttırıyoruz.¹³ Homojen işçilerle, refah kayıpları yapı gereği dört işçi grubu arasında eşitlenir. Tüm gruplar, heterojenliğin öne çıkarıldığı durumda %1 ile %12,9 arasında değişen kayıplara karşılık, savurgan harcamalar altında Amerika Birleşik Devletleri'nde %1,4'lük bir refah düşüşüne tanık olmaktadır (bkz. Tablo 3'teki Panel A).

Tablo 3'teki Panel B, karşılaştırmalı toplam sonuçlarımızı homojen işçilerle bu versiyonla karşılaştırmaktadır. Her vergi iadesi senaryosu için, homojen işçilerle çıktı, tüketim ve refah daha düşüktür. Bu nedenle,

¹³ λ değerini 2,6'dan 600'e çıkarıyoruz, böylece beceriler esasen eşit dağılmış oluyor.

Tablo 3. Amerika Birleşik Devletleri'nde Amerika Birleşik Devletleri'nde İşçi Heterojenliğinin Rolü

Heterojen Çalışanlar				Homojen Çalışanlar			
Panel A - Dağılımsal Savurgan Harcamalar	Etkileri						
	CE(%)	LFP(%)	Oran*	CE(%)	LFP(%)	Oran*	
	Kirli olmayan sektörler, kalanlar	-1.1	99.4	1.0	-1.4	99.4	1.0
	Kirli olmayan sektörler, geçiş yapanlar	-1.0	0.1	0.9	-1.4	0.1	1.0
	Kirli sektörler, kalanlar	-12.9	0.4	12.2	-1.4	0.4	1.0
Kirli sektörler, değiştiriciler	-6.8	0.1	6.5	-1.4	0.1	1.0	
Panel B - Toplam Etkiler							
	GSYİH	Tüketim	Tük. Eşdeğer.		GSYİH	Tüketim	Tük. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-0.6	-1.7	-1.1		-0.9	-2.0	-1.4
Yeşil Sübvansiyon	-0.3	-0.3	-0.3		-0.4	-0.4	-0.5
Faydalı Harcamalar	-0.5	-0.5	0.1		-0.8	-0.8	-0.2
Eğitim Sübvansiyonu	0.4	-0.7	0.1		0.1	-1.0	-0.3
Hanehalkı Transferleri	-1.9	-1.8	1.1		-2.2	-2.1	1.0

*Her bir işçi kategorisinin kirli kalmayanlara göre refah kaybı oranı.

Hem dağılımsal etkileri anlamak hem de iklim değişikliği azaltım politikalarının toplam etkilerini doğru bir şekilde ölçmek için işçi heterojenliğinin modellenmesi kilit önem taşımaktadır.

6 Son Sözler

Bu çalışma, iklim değişikliğini azaltma politikalarının ülke içinde ve ülkeler arasındaki toplam ve dağılımsal etkilerini ölçmektedir. Amerika Birleşik Devletleri için elde ettiğimiz sonuçlar, orijinal Paris Anlaşması Hedefine ulaşmak için %32,3'lük bir karbon vergisine ihtiyaç duyulduğunu ve bunun GSYH'de en fazla %0,6'lık bir düşüşe neden olduğunu göstermektedir. Aynı iklim politikasının örneklemimizdeki diğer ülkelere (Brezilya, Kanada, Çin, Hindistan ve Meksika) uygulanması, çıktıda %0,5 (Brezilya) ile %2,1 (Çin) arasında değişen düşüşlere yol açmaktadır. Sonuçlardaki heterojenlik, vergilendirilen enerji sektörlerinin katma değer, ara tüketim ve işgücü payları açısından ilgili ekonomilerdeki farklı önem derecelerinden kaynaklanmaktadır. GSYH üzerindeki bu olumsuz etkiler vergi iadeleri yoluyla kısmen veya tamamen telafi edilebilir.

Karbon vergisi uygulamasının çıktı üzerindeki küçük etkilerine rağmen, sektörel düzeyde önemli bir heterojenlik söz konusudur. Karbon vergisine maruz kalan kirli enerji sektörleri ücretlerde en büyük düşüşe ve dolayısıyla en büyük işgücü çıkışına tanık olmaktadır. Bununla birlikte, beceri dağılımını inceleyerek

Kirli enerji üretimindeki daha az yetenekli işçilerin vergilendirilen sektörlerden ekonomideki diğer sektörlerle yeniden tahsis edildiğini, kirli enerji üretiminde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip işçilerin kaldığını ve ücretlerdeki düşüşten kaynaklanan maliyetin çoğunu üstlendiklerini tespit etmiştir. Ancak bu işçiler toplam istihdamın küçük bir bölümünü oluşturmaktadır.

Modelimiz, üretim yapısı ve işçi becerileri açısından önemli bir heterojenliğe sahip olsa da, bazı marjları ele almaktan kaçınmıştır. Örneğin, çerçevemizin talep tarafındaki daha zengin bir tanımla bütünleştirilmesinden ilginç içgörüler elde edilebilir. Farklı gelir düzeylerine sahip bireylerin farklı mal sepetleri tüketmesi muhtemeldir. Bir başka olasılık da iklim politikalarına tepki olarak uyumun tüm zaman yolunu incelemektir. Bu konuları gelecekteki araştırmalara bırakıyoruz.

Referanslar

- Acemoğlu, D., Carvalho, V. M., Özdağlar, A. ve Tahbaz-Salehi, A. (2012). Toplam dalgalanmaların ağ kökenleri. *Econometrica*, 80(5):1977-2016.
- Adão, R., Beraja, M. ve Pandalai-Nayar, N. (2020). Nesiller arası beceri heterojenliği ile teknolojik geçişler. Teknik rapor, National Bureau of Economic Research.
- Aubert, D. ve Chiroleu-Assouline, M. (2019). Çevre vergisi reformu ve kusurlu heterojen işgücü piyasalarında gelir dağılımı. *European Economic Review*, 116:60-82.
- Bosetti, V. ve Maffezzoli, M. (2013). Piyasa yetersizliği altında karbonun vergilendirilmesi.
- Castellanos, K. A. ve Heutel, G. (2019). İşsizlik, işgücü ve iklim politikası. Teknik rapor, Ulusal Ekonomik Araştırma Bürosu.
- Chateau, J., Bibas, R. ve Lanzi, E. (2018). Yeşil büyüme politikalarının işgücü piyasaları ve ücret gelir dağılımı üzerindeki etkileri: iklim ve enerji politikalarına genel bir denge uygulaması.

- David, H., Dorn, D. ve Hanson, G. H. (2013). Çin sendromu: Amerika Birleşik Devletleri'nde ithalat rekabetinin yerel işgücü piyasası etkileri. *American Economic Review*, 103(6):2121-68.
- Dietz, S. ve Stern, N. (2015). İçsel büyüme, zararın dışbükeyliği ve iklim riski: Nordhaus'un çerçevesi karbon emisyonlarında derin kesintileri nasıl destekliyor? *The Economic Journal*, 125(583):574-620.
- Dissou, Y. ve Siddiqui, M. S. (2014). Karbon vergileri artan oranlı olabilir mi? *Enerji Ekonomisi*, 42:88-100.
- Eaton, J. ve Kortum, S. (2002). Teknoloji, coğrafya ve ticaret. *Econometrica*, 70(5):1741-1779.
- Garg, A., Kazunari, K., ve Pulles, T. (2006). Ulusal sera gazı envanterleri için Ipcc kılavuzları. cilt 2: enerji. bölüm 1: giriş. *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli web sitesinden edinilebilir: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>*.
- Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P. ve Tsyvinski, A. (2014). Genel dengede fosil yakıtlar üzerindeki optimal vergiler. *Econometrica*, 82(1):41-88.
- Goulder, L. H., Hafstead, M. A., Kim, G. ve Long, X. (2019). Karbon vergisinin hanehalkı gelir grupları üzerindeki etkileri: Eşitlik-verimlilik ödünleşimleri nelerdir? *Kamu Ekonomisi Dergisi*, 175:44-64.
- Grainger, C. A. ve Kolstad, C. D. (2010). Karbon fiyatını kim öder? *Çevre ve Kaynak Ekonomisi*, 46(3):359-376.
- Hafstead, M. A. ve Williams III, R. C. (2018). Genel dengede işsizlik ve çevre düzenlemesi. *Journal of Public Economics*, 160:50-65.
- Hassler, J., Krusell, P. ve Olovsson, C. (2018). Belirsizliğin sonuçları: iklim duyarlılığı ve iklime karşı ekonomik duyarlılık. *Annual Review of Economics*, 10:189-205.
- Hsieh, C.-T., Hurst, E., Jones, C. I. ve Klenow, P. J. (2019). Yetenek tahsisi ve ABD ekonomik büyümesi. *Econometrica*, 87(5):1439-1474.

- Jones, C. I. (2011). Yanlış tahsis, ekonomik büyüme ve girdi-çıkı ekonomisi. Teknik rapor, Ulusal ekonomik araştırma bürosu.
- King, M., Tarbush, B. ve Teytelboym, A. (2019). Hedefli karbon vergisi reformları. *European Economic Review*, 119:526-547.
- Lyon, S. ve Waugh, M. E. (2019). Uluslararası ticaretten kaynaklanan kayıpların ölçülmesi. *Yayımlanmamış el yazması*.
- Minnesota Nüfus Merkezi. (2019). Integrated Public Use Microdata Series, International: Sürüm 7.2. [Veri Seti]. Minneapolis, MN: IPUMS.
- Nordhaus, W. D. (1994). *Küresel müşterekleri yönetmek: iklim değişikliğinin ekonomisi*, cilt 31. MIT Press Cambridge, MA.
- Ramstein, C., Dominioni, G., Ettehad, S., Lam, L., Quant, M., Zhang, J., Mark, L., Nierop, S., Berg, T., Leuschner, P., ve diğerleri (2019). *Karbon Fiyatlandırmasının Durumu ve Eğilimleri 2019*. Dünya Bankası.
- Roy, A. D. (1951). Kazanç dağılımı üzerine bazı düşünceler. *Oxford Economic Papers*, 3(2):135-146.
- Stern, D. I. (2012). Yakıtlar arası ikame: bir meta-analiz. *Journal of Economic Surveys*, 26(2):307-331.
- Tavares, M. (2020). Karbon fiyatlandırmasının kazananları ve kaybedenleri: İşçiler, tüketiciler ve politika seçenekleri. *Yakında yayınlanacak*.
- Tol, R. S. (2018). İklim değişikliğinin ekonomik etkileri. *Review of Environmental Economics and Policy*, 12(1):4-25.

Çevrimiçi Ek

A Ek - Teori

A.1 Öneri 1 - Mesleki Paylar

Sektör j'de çalışmayı tercih eden işçilerin oranı q_j ile gösterilir. Basitlik açısından, aşağıda sektör 1'de çalışmayı tercih edenlerin oranını sunuyoruz ve bu hesaplama prosedürü WLOG'un tüm sektörleri için tekrarlanabilir.

$$\begin{aligned} q_1 &= Pr(\tilde{w}_1 z_{(1)} > \tilde{w}_j z_j \forall j \neq 1) \\ &= E [Pr(\tilde{w}_1 z_{(1)} > \tilde{w}_j z_j \forall j \neq 1 | z_{(1)})] \quad (1) \\ &= E \int Pr(z_j < \frac{\tilde{w}_1 z_1}{\tilde{w}_j} \forall j \neq 1 | z_1) dz_{-1} \quad (2) \\ &= \int f(z_1) F(\beta_2 z_1) F(\beta_3 z_1) \dots F(\beta_j z_1) F(\beta_{j+1} z_1) \dots F(\beta_J z_1) dz_{-1} \quad \text{burada } \beta_j = \frac{\tilde{w}_1}{\tilde{w}_j} \end{aligned}$$

Bu, yeni ortak dağılım F 'nin $(z_1, \beta_2 z_1, \dots, \beta_J z_1)$ ilk argümanına göre türev alıyormuşuz gibi olur, yani $q_{(1)}$ artık:

$$\begin{aligned} q_{(1)} &= \int_{-\infty}^{\infty} F_1(z_{(1)}, \beta_2 z_{(1)}, \beta_3 z_{(1)}, \dots, \beta_J z_{(1)}) dz_{(1)} \\ &= \int_0^{\infty} F_1(z, \beta_2 z, \beta_3 z, \dots, \beta_J z) dz \\ F(z_1, z_2, \dots, z_J) &= \exp \left(- \sum_{j=1}^J \beta_j z_j^\lambda \right) \quad \text{olduğunu biliyoruz} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(z, \beta_2 z, \dots, \beta_J z) &= \exp \left(- \sum_{j=1}^J \beta_j^\lambda z^\lambda \right) \\ F_1(z, \beta_2 z, \dots, \beta_J z) &= (-\lambda) z^{-(\lambda)-1} \exp \left(- \sum_{j=1}^J \beta_j^\lambda z^\lambda \right) \\ F_1(z, \beta_2 z, \dots, \beta_J z) &= \lambda z^{-(\lambda)-1} \exp \left(- \sum_{j=1}^J \beta_j^\lambda z^\lambda \right) \end{aligned}$$

$q_{(1)}$ şimdi:

$$\begin{aligned} q_{(1)} &= \int_0^\infty \lambda z^{-\lambda-1} \exp \left(- \sum_{j=1}^J \theta_j^{-\lambda} z^{-\lambda} \right) dz \\ &= \int_0^\infty \lambda z^{-\lambda-1} \exp \left(- z^{-\lambda} \bar{\theta} \right) dz, \text{ burada } \bar{\theta} = \sum_{j=1}^J \theta_j^{-\lambda} \\ &= \int_0^\infty \lambda z^{-\lambda-1} \exp \left(- (\bar{\theta})^{\frac{1}{\lambda}} z \right) dz \end{aligned}$$

Değişken değiştirerek entegrasyon ile devam edelim, $z = (\bar{\theta})^{\frac{1}{\lambda}} z'$ olsun, o zaman

$dz = (\bar{\theta})^{\frac{1}{\lambda}} dz'$, yani z' 'yi z' ile değiştirirsek:

$$\begin{aligned} q_{(1)} &= \int_0^\infty \lambda \left((\bar{\theta})^{\frac{1}{\lambda}} z' \right)^{-\lambda-1} \exp \left(- (z')^{-\lambda} \bar{\theta} \right) (\bar{\theta})^{\frac{1}{\lambda}} dz' \\ &= (\bar{\theta})^{-1} \int_0^\infty \lambda (z')^{-\lambda-1} \exp \left(- (z')^{-\lambda} \right) dz' \\ &= (\bar{\theta})^{-1} \int_0^\infty dF(z') \\ &= (\bar{\theta})^{-1} \\ &= \frac{1}{\bar{\theta}} \\ &= \frac{1}{\sum_{j=1}^J \frac{1}{\theta_j^{-\lambda}}} \\ &= \frac{\tilde{w}_1^\lambda}{\sum_{j=1}^J \tilde{w}_j^\lambda} \end{aligned}$$

Daha genel olarak:

$$q_{(j)} = \frac{\tilde{w}_j^\lambda}{\sum_{k=1}^J \tilde{w}_k^\lambda} \quad j \in \{1, \dots, J\}$$

$q_{(j)}$ bu nedenle j sektöründeki çalışanların denge payını temsil eder.

A.2 Önerme 2: Etkin İşgücü

Hsieh ve diğerlerini (2019) takiben, her bir meslekteki toplam verimlilik birimleri (hem yetenek hem de beşeri sermaye birikimi dahil)

q_j ile verilen her sektördeki işçi sayısı, $E[h_j z_j]$ ile verilen ortalama bireysel üretkenlik ile çarpılır.

$h_{(j)}$ 'nin şu şekilde verildiğini hatırlayın:

$$h_{(j)}(s_j^{\phi_j}, e^j) = s_j^{\phi_j} e^j$$

$$e_j^{(\eta)} = \left[\frac{1}{\eta w_j z_j s_j^{\phi_j}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

$$h_j = (s_j^{\phi_j})^{1-\eta} (\eta w_j z_j)^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

$$h_{(j)} = (s_j^{\phi_j})^{\frac{1}{1-\eta}} \eta w_j^{\frac{\eta}{1-\eta}} z_j^{\frac{\eta}{1-\eta}}$$

$h_j z_j$ şimdi tarafından verilmektedir:

$$h_j z_j = (s_j^{\phi_j})^{\frac{1}{1-\eta}} (\eta w_j z_j)^{\frac{\eta}{1-\eta}} z_j^{\frac{\eta}{1-\eta}}$$

$$h_j z_j = (s_j^{\phi_j})^{\frac{1}{1-\eta}} \eta w_j^{\frac{\eta}{1-\eta}} z_j^{\frac{1}{1-\eta}}$$

$$E[h_j z_j] = (s_j^{\phi_j})^{\frac{1}{1-\eta}} \eta w_j^{\frac{\eta}{1-\eta}} E[z_j^{\frac{1}{1-\eta}} \mid \text{kişi } j \text{ sektöründe çalışıyor}]$$

Bir sonraki adım $E[z_j^{\frac{1}{1-\eta}} \mid \text{kişi } j \text{ sektöründe çalışıyor}]$ 'u hesaplamaktır. Bunu yapmak için önce $E[z_j^x \mid \text{kişi } j \text{ sektöründe çalışıyor}]$ hesaplanır, burada x bazı pozitif üs.

Mesleki payın türetilmesi sırasında gösterildiği gibi, işçinin aşağıdaki gruplara ayrıldığı göz önüne alındığında, bireysel yeteneğin yeni konjonktürel dağılımı z_j j sektörü, $G(z) = F(\theta_1 z, \theta_2 z, \dots, \theta_j z) = \exp\left(-\sum_{j=1}^j \theta_j^\lambda z^{-\lambda}\right)$ ile verilir. $\theta_j^\lambda z^{-\lambda} = \exp\left(-\frac{1}{q_j} z^{-\lambda}\right)$. Dolayısıyla koşullu dağılım, $G(z)$, q_j ölçekleme parametresiyle Fréchet dağılımlıdır. Bu nedenle, şimdi aşağıdakilere sahibiz:

$$E_j[z^x] = \int_0^\infty z^x dG(z)$$

$$= \int_0^\infty \frac{1}{q_j} z^{-\lambda-1+x} e^{-\frac{1}{q_j} z^{-\lambda}} dz$$

Değişkenleri değiştirerek, $y = \frac{1}{q_j} z^{-\lambda}$ şunu gösteriyoruz:

$$\begin{aligned} E[z^x] &= \int_0^\infty y^{-\frac{x}{\lambda}} e^{-y} dy \\ &= \frac{1}{q_j} \int_0^\infty y^{-\frac{x}{\lambda}} e^{-y} dy \\ &= q_j^{-\frac{x}{\lambda}} \Gamma(1 - \frac{x}{\lambda}) \end{aligned}$$

Dolayısıyla x için $\frac{1}{1-\eta}$, sahip oluruz:

$$\begin{aligned} E[z^{\frac{1}{1-\eta}}] \mid \text{kişi } j \text{ sektöründe çalışıyor} &= \frac{1}{q_j} \Gamma(1 - \frac{1}{\lambda(1-\eta)}) \\ &= q_j^{\frac{1}{\lambda(1-\eta)}} \Gamma(1 - \frac{1}{\lambda(1-\eta)}) \end{aligned}$$

Yani ortalama üretkenlik şimdi:

$$\text{Ortalama Verimlilik} = E[h_j z_j^{\frac{1}{1-\eta}}] = (s^{(\phi)}_j)^{\frac{1}{1-\eta}} \frac{1}{q_j} \Gamma(1 - \frac{1}{\lambda(1-\eta)}) \quad (9)$$

$L^{(arz)}$ 'ın j sektöründe istihdam edilen tüm bireysel verimliliklerin (yani toplam emek verimliliği birimlerinin) toplamı olduğunu ve $L^{(arz)} = \sum_j E[h_j z_j^{\frac{1}{1-\eta}}]$ ile verildiğini unutmayın.

$$L_j^{\text{tedarik}} = (s^{(\phi)}_j)^{\frac{1}{1-\eta}} \frac{1}{q_j} \Gamma(1 - \frac{1}{\lambda(1-\eta)}) \quad (10)$$

$L_{(j)}$ 'nin kazançlara göre kısmi türevini araştırmak için $\tilde{w}_j$, etkin işgücü arzı denkleminde $q_{(j)}$ 'yi genişletiyoruz ve aşağıdakileri elde ediyoruz:

$$L_j^e = (s^{(\phi)}_j)^{\frac{1}{1-\eta}} \frac{1}{q_j} \Gamma(1 - \frac{1}{\lambda(1-\eta)}) \frac{\tilde{w}_j}{\sum_{k=1}^J \tilde{w}_k^{\lambda}}$$

B Kalibrasyonla İlgili Ayrıntılar

Tablo B1 modelin tüm parametrelerini listelemekte ve gerekli kalibrasyon prosedürüne göre sınıflandırmaktadır.

Tablo B1: Parametrelerin Listesi

Harici Olarak Kalibre Edilen Parametreler		Veri Kaynağı
J	sektör sayısı	WIOD verileri
v_{jk}	girdi-çıkıtı payları	WIOD verileri
θ_j^L	işgücü payları	WIOD verileri
$g_{petrol} = \%84,6$	petrolün karbon yoğunluğu	Golosov ve diğerleri (2014)
$g_{kömür} = \%71,6$	kömürün karbon yoğunluğu	Golosov ve diğerleri (2014)
$g_{doğal\ gaz} = \%73,4$	doğal gazın karbon yoğunluğu	IPCC (2006)
$g_{yeşil} = \%0$	yeşilin karbon yoğunluğu	Golosov ve diğerleri
(2014) ν	faýda fonksiyonundaki tüketim ağırlığı	IPUMS verileri kullanılarak yapılan
Mincerian tahmini η	Eğitim harcamaları (GSYİH'nin %'si)	Dünya Kalkınma Göstergeleri
Dahili Olarak Kalibre Edilen Parametreler		Hedeflenen An(lar)
σ_j	nihai maldaki harcama payları	WIOD verilerinden sektörel katma değer
ϕ_j	j sektöründe okullaşmanın getirisi	WIOD verileri kullanılarak ortalama görelî ücretler
λ	Fréchet dağılım parametresi	IPUMS verilerinden elde edilen kazançlardaki değişim katsayısı

Kalibrasyon iki ana veri kaynağına dayanmaktadır: World Input Output Database (WIOD) ve Integrated Public Use Micro-data Series (IPUMS). Her iki veri tabanı da sektörleri Birleşmiş Milletler tarafından geliştirilen tüm ekonomik faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflandırmasına (ISIC) göre sunmaktadır, ancak IPUMS, WIOD girdi-çıkıtı tablolarındaki 35 sektörün verilerini toplarken başvuracağımız 15 ara mal sektöründen oluşan üst düzey bir toplamaya uymaktadır. Bunu yapmak için, ilk olarak WIOD tablolarındaki 35 sektörü Tablo B2'nin ilk sütununda sunulan en üst düzey ISIC rev 4 sınıflandırmasına daraltıyoruz. İkinci olarak, 21 sektörü IPUMS veri tabanlarında sunulan 15 sektöre daraltıyoruz.

Buna ek olarak, bu çalışmanın odak noktası ekonomideki kirli enerji üreten sektörlerin vergilendirilmesi olduğundan, 'Madencilik ve Taşocakçılığı' ile 'Elektrik' sektörlerini birleştirerek toplam bir enerji sektörü oluşturuyoruz; sektörel dağılım şimdi Tablo B2'nin ikinci sütununda gösterilmektedir. Üçüncü olarak, toplam enerji sektörünü dört enerji üreten sektöre ayırıyoruz: petrol, kömür, doğal gaz ve WIOD'un sektör ve enerji emtiasına göre brüt enerji kullanımına ilişkin çevresel hesaplarına göre yeşil. Bu şekilde, Tablo B2'nin üçüncü sütununda sunulan 18 ara mal sektörü (J=18) elde edilir.

Tablo B2: Ara Mallar Sektörleri

Sektörler (J=21) ISIC Rev4: Üst Düzey Birleştirme	Sektörler (J=15) IPUMS Topluştırma	Sektörler (J=18) Yazarların Toplaması
A Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık B Madencilik ve Taşocaklığı C Üretim D Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme tedariki E Su temini; kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetleri F İnşaat G Toptan ve perakende ticaret; motorlu taşıtların ve motosikletlerin onarımı H Nakliye ve depolama I Konaklama ve yiyecek hizmeti faaliyetleri J Bilgi ve iletişim K Finans ve sigorta faaliyetleri L Gayrimenkul faaliyetleri M Mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetler N İdari ve destek hizmet faaliyetleri O Kamu yönetimi ve savunma; zorunlu sosyal güvenlik P Eğitim Q İnsan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri R Sanat, eğlence ve rekreasyon S Diğer hizmet faaliyetleri T Hanehalklarının işveren olarak faaliyetleri; farklılaştırılmamış mallar - ve hanehalklarının kendi kullandıklarına yönelik hizmet üretim faaliyetleri U Ülke dışı kurum ve kuruluşların faaliyetleri	A Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık C Üretim E Su temini F İnşaat G Toptan ve perakende ticaret HJ Taşıma, depolama ve iletişim I Konaklama ve yiyecek hizmeti faaliyetleri K Finans ve sigorta faaliyetleri L,M,N , kiralama ve iş faaliyetleri O Kamu yönetimi ve savunma P Eğitim Q Sağlık ve sosyal hizmet R,S,U Sanat ve diğer hizmet faaliyetleri T Özel ev hizmetleri B,D Toplam Enerji	1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık 2. Üretim 3. Su temini 4. İnşaat 5. Toptan ve perakende ticaret 6. Taşıma, depolama ve iletişim 7. Konaklama ve yiyecek hizmeti faaliyetleri 8. Finans ve sigorta faaliyetleri 9. , kiralama ve ticari faaliyetler 10. Kamu yönetimi ve savunma 11. Eğitim 12. Sağlık ve sosyal hizmet 13. Sanat ve diğer hizmet faaliyetleri 14. Özel ev hizmetleri 15. Petrol Enerji Üretimi 16. Kömür Enerjisi Üretimi 17. Doğal Gaz Enerji Üretimi 18. Yeşil Enerji Üretimi

Girdi-çıkış tablosu $J = 18$ şeklinde toplulaştırıldığına göre, her bir giriş v_{jk} olacak şekilde sektörler arası esnekliği temsil eden girdi çıktı matrisi v'_{jk} hesaplarız:

$$v'_{jk} = \frac{k \text{ sektörünün } j \text{ sektörüne girdisi } j}{\text{sektörünün satışları}}$$

Daha önce de belirtildiği gibi, θ^L sabit getiri ilkesine bağlı kalınarak hesaplanır.

üretim fonksiyonumuzun ölçeğe göre karakteristiği, öyle $\theta^{L+\sum_j} \quad i \quad k=1 \quad v'_{jk}$

1. Bu parametreler yer darlığı Ek'te sunulmamıştır.

Tablo B3, her ülkede eğitime harcanan oranını temsil eden η değerlerini sunmaktadır. Kamu harcamaları serisi Dünya Kalkınma Göstergeleri'nden elde edilmiştir. Eğitime yapılan özel ve kamu harcamaları için OECD'ye de başvuruyoruz, ancak bu veriler örneklemimizdeki sadece dört ülke için mevcuttur.

Tablo B3: Her Ülkede Eğitim Harcamaları

	Eğitime yapılan kamu harcamaları (%GSYİH)	İşgücüne Katılım	η	Kamu ve özel harcamalar Eğitim harcamaları (%GSYİH)	η
Brezilya	6.24	63.88	0.10	5.69	0.09
Kanada	5.27	65.07	0.08	5.95	0.09
Çin	3.52	67.99	0.05	-	-
Hindistan	3.84	49.29	0.08	-	-
Meksika	4.91	60.68	0.08	5.90	0.10
Birleşik Devletler	4.96	62.05	0.08	6.09	0.10

İçsel olarak kalibre edilmiş tahminlere gelince, Tablo B4 her bir ara malın nihai harcama paylarını, modelde ve verilerde yer alan her bir ara mal sektörünün katma değer paylarıyla birlikte sunmaktadır. Tablo B5, her ülkede tüketimin fayda γ içindeki tahmini ağırlığını sunmaktadır. Tablo B6, her ülkede beşeri sermaye birikiminin okullaşma yılına olan sektöre özgü esnekliğini göstermektedir. Son olarak, Tablo B7 örneklemimizdeki her ülke için Fréchet Parametresini ve ücretlerin değişim katsayısını sunmaktadır.

Tablo B4: Ara Malları Sektörleri: Katma Değer ve Nihai Harcama Payları

Sektör	Brezilya		Kanada		Çin		Hindistan		Meksika		Birleşik Devletler	
	VA _j (%)	σ_j	VA _j (%)	σ_j	VA _j (%)	σ_j	VA _j (%)	σ_j	VA _j (%)	σ_j	VA _j (%)	σ_j
1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	5.2%	0.038	1.6%	0.018	9.4%	0.036	14.8%	0.111	3.3%	0.016	1.2%	0.005
2. Üretim	14.6%	0.222	11.6%	0.087	30.1%	0.329	16.6%	0.293	18.8%	0.228	12.4%	0.131
3. Su temini	0.7%	0.004	0.3%	0.000	0.3%	0.002	0.2%	0.002	0.4%	0.001	0.3%	0.000
4. İnşaat	6.7%	0.107	7.7%	0.141	6.8%	0.261	7.2%	0.137	7.6%	0.125	3.8%	0.055
5. Toptan ve perakende ticaret	12.4%	0.094	10.5%	0.106	9.7%	0.048	17.1%	0.087	16.8%	0.141	12.2%	0.131
6. Taşıma, depolama ve iletişim	8.0%	0.057	8.0%	0.060	7.2%	0.036	11.6%	0.110	7.9%	0.105	9.1%	0.079
7. Oteller ve restoranlar	2.4%	0.031	2.1%	0.027	1.9%	0.021	1.4%	0.023	2.2%	0.027	2.8%	0.039
8. Finansal hizmetler ve sigorta	6.3%	0.044	5.5%	0.042	6.0%	0.013	5.5%	0.020	3.5%	0.029	7.0%	0.055
9. Kamu yönetimi ve savunma	16.6%	0.089	19.5%	0.142	9.7%	0.061	7.7%	0.071	17.8%	0.105	23.1%	0.149
10. , kiralama ve ticari faaliyetler	9.6%	0.125	9.0%	0.150	4.0%	0.067	6.7%	0.063	4.4%	0.064	13.1%	0.179
11. Eğitim	5.5%	0.066	5.4%	0.063	3.3%	0.050	4.0%	0.040	4.3%	0.049	1.1%	0.016
12. Sağlık ve sosyal hizmet	4.2%	0.060	6.3%	0.063	1.8%	0.049	1.5%	0.021	2.3%	0.034	7.1%	0.116
13. Diğer hizmet faaliyetleri	1.8%	0.027	2.1%	0.025	2.3%	0.021	2.4%	0.021	1.6%	0.020	2.6%	0.031
14. Özel hane hizmetleri	1.1%	0.011	0.0%	0.000	0.0%	0.000	0.0%	0.000	0.5%	0.005	0.1%	0.001
15. Petrol enerjisi üretimi	1.7%	0.013	4.9%	0.025	1.2%	0.006	0.6%	0.000	4.3%	0.024	1.3%	0.002
16. Kömürden enerji üretimi	0.1%	0.000	0.5%	0.006	2.8%	0.000	0.9%	0.000	0.3%	0.004	0.7%	0.007
17. Doğal gaz enerji üretimi	0.3%	0.000	2.1%	0.018	0.3%	0.000	0.1%	0.000	2.0%	0.014	0.9%	0.000
18. Yeşil enerji üretimi	2.9%	0.011	2.9%	0.028	3.2%	0.000	1.6%	0.000	2.0%	0.011	1.2%	0.002

Tablo B5: Örneklemdaki Tüm Ülkeler için Fayda Fonksiyonundaki Tüketim Ağırlığı

Ülke	Tüketim Ağırlık (γ)
Brezilya	0.3258
Kanada	0.4060
Çin	0.6644
Hindistan	0.3809
Meksika	0.5006
Birleşik Devletler	0.3176

Tablo B6: Görelî Sektörel Ücretler ve Beşeri Sermaye Birikiminin Okullaşma Yılına Göre Sektöre Özgü Esnekliği

Sektör	Brezilya		Kanada		Çin		Hindistan		Meksika		ABD	
	w_{Aggr}	ϕ_j	w_{Aggr}	ϕ_j	w_{Aggr}	ϕ_j	w_{Aggr}	ϕ_j	w_{Aggr}	ϕ_j	w_{Aggr}	ϕ_j
1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	1.0	0.59	1.0	1.82	1.0	0.6	1.0	0.61	1.0	0.55	1.0	2.81
2. Üretim	2.1	0.86	1.0	0.84	1.7	0.8	1.3	0.78	2.5	0.71	1.4	1.89
3. Su temini	1.9	2.49	1.0	2.98	10.1	58.4	4.2	8.19	2.7	5.32	1.3	4.98
4. İnşaat	1.0	0.52	1.2	1.24	1.4	1.2	1.2	1.00	2.6	1.29	1.5	2.79
5. Toptan ve perakende ticaret	1.2	0.48	0.7	0.52	0.9	0.5	5.7	3.07	3.5	1.24	0.9	1.33
6. Taşıma, depolama ve iletişim	2.7	1.39	1.0	1.04	2.5	2.7	2.3	1.63	4.2	2.27	1.5	2.13
7. Oteller ve restoranlar	0.9	0.75	0.4	0.56	1.7	3.1	2.0	2.69	2.7	2.55	0.5	1.17
8. Finansal hizmetler ve sigorta	6.2	3.07	1.1	1.33	3.3	4.1	4.4	3.40	9.3	7.76	2.2	3.04
9. Kamu yönetimi ve savunma	1.5	0.53	0.9	0.63	3.1	3.0	2.5	1.97	4.1	1.46	1.3	1.44
10. , kiralama ve ticari faaliyetler	4.5	2.05	1.2	1.22	1.7	2.2	5.1	3.67	4.7	3.37	1.3	1.76
11. Eğitim	2.6	1.57	1.3	1.57	1.4	1.8	1.6	1.67	4.4	3.16	0.9	2.77
12. Sağlık ve sosyal hizmet	2.4	1.60	1.1	1.20	1.3	2.3	2.2	2.89	6.2	6.18	1.1	1.78
13. Diğer hizmet faaliyetleri	0.6	0.50	0.6	0.96	0.6	0.6	2.6	2.89	2.1	2.24	1.2	2.55
14. Özel hane hizmetleri	0.5	0.62	0.0	0.09	0.0	1.8	0.0	3.10	6.2	12.24	0.8	5.09
15. Enerji ortalaması (LFP ile ağırlıklandırılmış)	6.6	4.57	1.9	2.54	3.1	5.3	3.3	3.66	6.5	5.78	2.4	5.23

Tablo B7: Ülkelere Göre Ücretlerin Fréchet Parametresi ve Değişim Katsayısı

Ülke	Veri Örneklem Büyüklüğü	Veri Varyasyon Katsayısı Tahmini	Model Tahmini Varyasyon Katsayısı	Fréchet Parametresi λ
Brezilya	8,241,143	6.37	6.37	2.32
Kanada	463,677	1.08	1.08	2.72
Çin	24,915	0.91	0.91	2.72
Hindistan	85,855	0.90	0.90	2.80
Meksika	3,056,419	4.32	4.32	2.33
Birleşik Devletler	1,488,316	1.41	1.41	2.60

Tablo B8: Ülkelere Göre Hedeflenmemiş İşgücüne Katılım Momenti

Sektör	Brezilya		Kanada		Çin		Hindistan		Meksika		Birleşik Devletler	
	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş	LFP Veri	LFP Model Hedeflenme miş
1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	10.2	7.0	1.2	0.9	23.8	14.1	33.2	27.9	12.4	6.5	1.0	0.7
2. Üretim	11.9	15.7	11.5	13.1	19.6	40.5	14.4	27.5	16.0	32.5	8.7	11.7
3. Su temini	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	0.1	0.3	0.1
4. İnşaat	9.6	9.7	7.4	6.4	8.4	6.8	16.7	9.9	16.4	8.7	4.3	2.1
5. Toptan ve perakende ticaret	16.8	18.5	17.6	15.5	11.2	15.8	5.7	6.9	14.0	19.9	15.1	17.0
6. Taşıma, depolama ve iletişim	5.3	5.7	7.3	7.8	3.9	3.7	7.6	10.4	7.6	5.3	7.1	7.4
7. Oteller ve restoranlar	4.6	2.8	7.0	3.0	2.6	0.9	1.4	0.7	3.5	1.3	8.7	4.4
8. Finansal hizmetler ve sigorta	1.3	1.6	4.5	4.4	2.0	2.1	1.5	1.9	1.5	0.4	4.0	3.4
9. Kamu yönetimi ve savunma	9.3	23.8	10.8	26.1	3.2	4.5	4.2	5.5	2.1	18.4	14.6	29.7
10. , kiralama ve ticari faaliyetler	5.9	4.3	8.4	7.6	5.4	2.5	4.6	2.0	9.2	1.8	16.7	13.4
11. Eğitim	7.0	3.4	7.7	3.6	5.3	2.4	6.1	3.4	9.0	1.9	2.3	0.6
12. Sağlık ve sosyal hizmet	4.4	2.5	9.2	5.4	3.0	1.1	1.6	0.6	3.5	0.4	12.5	7.2
13. Diğer hizmet faaliyetleri	5.6	2.7	4.9	2.2	8.9	3.5	1.4	1.1	2.2	1.1	3.8	1.6
14. Özel hane hizmetleri	7.1	1.5	-		0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0
15. Petrol enerjisi üretimi	0.2	0.2	1.1	1.9	0.4	0.3	0.3	0.6	0.7	0.8	0.3	0.2
16. Kömürden enerji üretimi	0.0	0.0	0.1	0.2	1.4	0.9	0.5	0.6	0.1	0.1	0.2	0.1
17. Doğal gaz enerji üretimi	0.0	0.0	0.4	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.2	0.2
18. Yeşil enerji üretimi	0.3	0.4	0.6	1.1	0.7	0.8	0.5	0.8	0.3	0.4	0.3	0.2
Model Uyumu (Gerçek ve model LFP serileri arasındaki korelasyon)	80.9%		78.6%		80.2%		89.1%		65.6%		85.3%	

Tablo B9: Ülkelere Göre Veri Kaynakları

Ülke	Veri	Yıl	Kaynak
Brezilya	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Elde Edilen Gelire İlişkin Veriler	2010	IPUMS
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2010	IPUMS
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2015	WDI
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI
Kanada	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Elde Edilen Gelire İlişkin Veriler	2011	IPUMS
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2011	IPUMS
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2011	WDI
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI
Çin	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Elde Edilen Gelire İlişkin Veriler	2013	CHIP
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2013	CHIP
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2019	Maliye Bakanlığı Çin
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI
Hindistan	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Kazanılan Ücrete İlişkin Veriler	2004	IPUMS
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2004	IPUMS
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2013	WDI
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI
Meksika	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Elde Edilen Gelire İlişkin Veriler	2015	IPUMS
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2015	IPUMS
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2016	WDI
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI
Birleşik Devletler	Giriş Çıkış Tablosu	2014	WIOD
	Sektöre göre enerji girdi karışımını elde etmek için Çevresel Hesaplar	2009	WIOD
	CO_2 Emisyonları	2009	WIOD
	Sektörel İşgücüne Katılım	2014	WIOD
	Sektörel İşgücü Tazminatları	2014	WIOD
	Elde Edilen Gelire İlişkin Veriler	2015	IPUMS
	Sektörlere Göre Eğitim Durumu	2015	IPUMS
	Eğitime Yapılan Kamu Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	2014	WDI
	Toplam İşgücüne Katılım Oranı (%)	2019	WDI

C Daha Detaylı Sonuçlar

Tablo C10: Kaynak, Ülke ve Geri Dönüşüm Programına Göre CO₂ Emisyonlarındaki Yüzde Değişim

Savurgan Harcama Senaryosu						Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıda Belirtilen Koşulsuz Hedef	
	Δ Yağ	Kömür %Δ Emisyonlar	Doğal Gaz %Δ Emisyonlar	Yeşil %Δ Emisyonlar	Enerji Dışı %Δ Emisyonlar	Δ Toplam Fossil Emisyonlar	%Δ Toplam Emisyonlar
Brezilya	-27.7%	-26.6%	-26.7%	NaN	-0.4%	-27.5%	-25.9%
Kanada	-27.9%	-25.4%	-25.1%	NaN	-1.2%	-26.6%	-24.0%
Çin	-29.5%	-35.0%	-28.8%	NaN	-2.6%	-34.0%	-32.1%
Hindistan	-28.3%	-30.7%	-27.6%	NaN	-1.0%	-29.9%	-28.2%
Meksika	-27.8%	-24.4%	-25.0%	NaN	-1.0%	-26.8%	-25.3%
Birleşik Devletler	-27.7%	-26.6%	-25.3%	NaN	-0.7%	-26.8%	-26.0%
Yeşil Sübvansiyon Senaryosu						Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıda Belirtilen Koşulsuz Hedef	
	Δ Petrol Emisyonları	%Δ Kömür Emisyonlar	%Δ Doğal Gaz Emisyonları	%Δ Yeşil Emisyonlar	%Δ Enerji Dışı Emisyonlar	Δ Toplam Fossil Emisyonlar	%Δ Toplam Emisyonlar
Brezilya	-27.3%	-22.8%	-23.5%	NaN	0.0%	-26.5%	-25.0%
Kanada	-27.3%	-23.2%	-23.7%	NaN	0.0%	-25.5%	-22.9%
Çin	-28.1%	-27.5%	-25.6%	NaN	-1.0%	-27.5%	-25.9%
Hindistan	-27.8%	-26.7%	-25.5%	NaN	-0.5%	-26.9%	-25.4%
Meksika	-27.4%	-23.2%	-23.8%	NaN	-0.1%	-26.1%	-24.6%
Birleşik Devletler	-27.3%	-23.1%	-23.7%	NaN	0.0%	-25.0%	-24.3%
Fosil Harcama Senaryosu						Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıda Belirtilen Koşulsuz Hedef	
	Δ Petrol Emisyonları	%Δ Kömür Emisyonlar	%Δ Doğal Gaz Emisyonları	%Δ Yeşil Emisyonlar	%Δ Enerji Dışı Emisyonlar	Δ Toplam Fossil Emisyonlar	%Δ Toplam Emisyonlar
Brezilya	-27.3%	-25.8%	-26.0%	NaN	0.2%	-27.1%	-25.5%
Kanada	-26.3%	-24.9%	-24.2%	NaN	0.8%	-25.4%	-22.8%
Çin	-27.2%	-31.9%	-25.5%	NaN	0.5%	-31.0%	-29.1%
Hindistan	-26.8%	-29.1%	-25.9%	NaN	0.1%	-28.3%	-26.7%
Meksika	-26.6%	-24.2%	-23.9%	NaN	0.7%	-25.7%	-24.2%
Birleşik Devletler	-26.9%	-26.3%	-24.3%	NaN	0.1%	-26.1%	-25.3%
Eğitim Sübvansiyonu Senaryosu						Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıda Belirtilen Koşulsuz Hedef	
	Δ Yağ	Kömür %Δ Emisyonlar	Doğal Gaz %Δ Emisyonlar	Yeşil %Δ Emisyonlar	Enerji Dışı %Δ Emisyonlar	Δ Toplam Fossil Emisyonlar	%Δ Toplam Emisyonlar
Brezilya	-27.7%	-26.6%	-26.7%	NaN	-0.4%	-27.5%	-25.9%
Kanada	-27.9%	-25.4%	-25.1%	NaN	-1.2%	-26.6%	-24.0%
Çin	-29.5%	-35.0%	-28.8%	NaN	-2.6%	-34.0%	-32.1%
Hindistan	-28.3%	-30.7%	-27.6%	NaN	-1.0%	-29.9%	-28.2%
Meksika	-27.8%	-24.4%	-25.0%	NaN	-1.0%	-26.8%	-25.3%
Birleşik Devletler	-27.7%	-26.6%	-25.3%	NaN	-0.7%	-26.8%	-26.0%

A-12

Tablo C11: Ülkelere Göre Çıktı, KD, Ara Tüketim ve İşgücüne Katılımın Sektörel Dağılımı

	Brezilya				Kanada				Çin				Hindistan				Meksika				Birleşik Devletler			
	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP	Satış	VA	Int. Eksiler.	LFP
1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	4.5%	5.2%	3.7%	10.2%	2.3%	1.6%	3.1%	1.2%	5.3%	9.4%	3.2%	23.8%	10.4%	14.8%	5.5%	33.2%	3.0%	3.3%	2.7%	12.4%	1.6%	1.2%	2.0%	1.0%
2. Üretim	27.6%	14.6%	43.6%	11.9%	18.9%	11.6%	26.9%	11.5%	50.0%	30.1%	59.7%	19.6%	36.4%	16.6%	58.5%	14.4%	34.4%	18.8%	55.6%	16.0%	20.1%	12.4%	29.9%	8.7%
3. Su temini	0.6%	0.7%	0.4%	0.5%	0.2%	0.3%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.2%	0.0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.4%	0.4%	0.3%	0.4%	0.3%	0.3%	0.4%	0.3%
4. İnşaat	7.2%	6.7%	7.8%	9.6%	8.9%	7.7%	10.3%	7.4%	9.6%	6.8%	10.9%	8.4%	9.9%	7.2%	12.8%	16.7%	7.8%	7.6%	8.1%	16.4%	3.9%	3.8%	4.0%	4.3%
5. Toptan ve perakende ticaret	10.3%	12.4%	7.6%	16.8%	10.3%	10.5%	10.1%	17.6%	5.3%	9.7%	3.1%	11.2%	10.6%	17.1%	3.3%	5.7%	12.5%	16.8%	6.7%	14.0%	10.5%	12.2%	8.4%	15.1%
6. Taşıma, depolama ve iletişim	8.4%	8.0%	8.8%	5.3%	9.1%	8.0%	10.3%	7.3%	4.8%	7.2%	3.6%	3.9%	10.4%	11.6%	9.0%	7.6%	8.3%	7.9%	8.9%	7.6%	9.5%	9.1%	9.9%	7.1%
7. Oteller ve restoranlar	2.3%	2.4%	2.3%	4.6%	2.2%	2.1%	2.3%	7.0%	1.7%	1.9%	1.6%	2.6%	2.2%	1.4%	3.1%	1.4%	1.9%	2.2%	1.4%	3.5%	2.9%	2.8%	3.0%	8.7%
8. Finansal hizmetler ve sigorta	5.5%	6.3%	4.5%	1.3%	5.6%	5.5%	5.8%	4.5%	2.9%	6.0%	1.3%	2.0%	3.4%	5.5%	1.1%	1.5%	3.1%	3.5%	2.6%	1.5%	7.0%	7.0%	7.1%	4.0%
9. Kamu yönetimi ve savunma	11.7%	16.6%	5.7%	9.3%	15.9%	19.5%	12.0%	10.8%	5.6%	9.7%	3.7%	3.2%	4.8%	7.7%	1.6%	4.2%	11.8%	17.8%	3.7%	2.1%	19.4%	23.1%	14.7%	14.6%
10. , kiralama ve ticari faaliyetler	7.2%	9.6%	4.2%	5.9%	8.6%	9.0%	8.1%	8.4%	2.4%	4.0%	1.6%	5.4%	3.5%	6.7%	0.0%	4.6%	3.7%	4.4%	2.7%	9.2%	11.1%	13.1%	8.5%	16.7%
11. Eğitim	3.9%	5.5%	1.8%	7.0%	3.5%	5.4%	1.4%	7.7%	1.9%	3.3%	1.2%	5.3%	2.3%	4.0%	0.5%	6.1%	2.8%	4.3%	0.8%	9.0%	1.0%	1.1%	0.9%	2.3%
12. Sağlık ve sosyal hizmet	3.5%	4.2%	2.6%	4.4%	4.6%	6.3%	2.9%	9.2%	1.7%	1.8%	1.7%	3.0%	1.2%	1.5%	0.9%	1.6%	2.0%	2.3%	1.5%	3.5%	6.7%	7.1%	6.3%	12.5%
13. Diğer hizmet faaliyetleri	1.8%	1.8%	1.9%	5.6%	2.0%	2.1%	1.9%	4.9%	1.6%	2.3%	1.3%	8.9%	1.6%	2.4%	0.6%	1.4%	1.3%	1.6%	0.9%	2.2%	2.4%	2.6%	2.3%	3.8%
14. Özel hane hizmetleri	0.6%	1.1%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.0%	0.8%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%
15. Petrol enerjisi üretimi	1.5%	1.7%	1.3%	0.2%	3.7%	4.9%	2.3%	1.1%	1.0%	1.2%	0.8%	0.4%	0.6%	0.6%	0.5%	0.3%	3.2%	4.3%	1.8%	0.7%	1.0%	1.3%	0.6%	0.3%
16. Kömürden enerji üretimi	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.4%	0.5%	0.3%	0.1%	3.8%	2.8%	4.3%	1.4%	1.2%	0.9%	1.5%	0.5%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.7%	0.7%	0.6%	0.2%
17. Doğal gaz enerjisi üretimi	0.4%	0.3%	0.4%	0.0%	1.5%	2.1%	0.9%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	1.7%	2.0%	1.3%	0.4%	0.8%	0.9%	0.5%	0.2%
18. Yeşil enerji üretimi	2.9%	2.9%	3.0%	0.3%	2.1%	2.9%	1.3%	0.6%	2.0%	3.2%	1.4%	0.7%	1.2%	1.6%	0.7%	0.5%	1.5%	2.0%	0.9%	0.3%	1.0%	1.2%	0.7%	0.3%
Toplam kirli enerji üretim paylarının toplamı	2.0%	2.0%	1.9%	0.2%	5.6%	7.5%	3.5%	1.7%	5.1%	4.4%	5.4%	1.9%	1.9%	1.7%	2.1%	0.9%	5.2%	6.6%	3.3%	1.1%	2.4%	3.0%	1.8%	0.6%

D Wage-Wedges ile tanışın

Bu alt bölümde, modelde ve verilerde hedeflenmemiş işgücüne katılım payları arasında en düşük korelasyona sahip olan Meksika örneğine ücret takozları ekliyoruz. Yeni eklenen takozlarla model uyumu şimdi Tablo D12'de sunulmaktadır.

Tablo D13'teki sonuçlar, modelde işgücüne katılım paylarının hedeflenmeden bırakılmasının yukarıda bahsedilen toplam etkiler üzerinde çok az etkisi olduğunu veya hiç etkisi olmadığını gösteren takozların eklenmesine karşı sağlam olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo D12: Meksika'da Ücret Dalgalanmalarının Eklenmesi Üzerine Model Uyumu

	Görelî Ücretler		LFP	
	Verileri	Model	Veri	Model
1. Tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık	1.00	1.00	12.4%	14.4%
2. Üretim	2.49	2.49	16.0%	17.2%
3. Su temini	2.66	2.66	0.4%	0.3%
4. İnşaat	2.61	2.61	16.4%	18.2%
5. Toptan ve perakende ticaret	3.54	3.54	14.0%	15.4%
6. Taşıma, depolama ve iletişim	4.24	4.24	7.6%	7.1%
7. Oteller ve restoranlar	2.73	2.73	3.5%	3.2%
8. Finansal hizmetler ve sigorta	9.26	9.26	1.5%	1.0%
9. Kamu yönetimi ve savunma	4.14	5.23	2.1%	2.2%
10. , kiralama ve ticari faaliyetler	4.68	4.68	9.2%	6.9%
11. Eğitim	4.38	4.38	9.0%	7.2%
12. Sağlık ve sosyal hizmet	6.23	6.23	3.5%	1.4%
13. Diğer hizmet faaliyetleri	2.11	2.11	2.2%	2.5%
14. Özel hane hizmetleri	6.20	6.20	0.8%	0.1%
15. Petrol enerjisi üretimi	6.46	6.50	0.7%	1.4%
16. Kömürden enerji üretimi			0.1%	0.1%
17. Doğal gaz enerji üretimi			0.4%	0.8%
18. Yeşil enerji üretimi			0.3%	0.7%
Korelasyon	99.2%		98.3%	

Tablo D13: Ücret Takozları Olan ve Olmayan Meksika için Temel Sonuçların Karşılaştırılması

Meksika - takozlu	GSYİH Tüketim		Eksiler. Eşdeğer.
Savurgan Harcamalar	-1.1	-3.3	-2.4
Yeşil Sübvansiyon	-0.7	-0.7	-0.8
Faydalı Harcamalar	-0.9	-0.9	0.5
Eğitim Sübvansiyonu	1.0	-1.3	-0.3
Meksika - takozsuz Eşdeğer.	GSYİH Tüketim		Eksiler.
Savurgan Harcamalar	-1.1	-3.4	-2.2
Yeşil Sübvansiyon	-0.7	-0.7	-0.8
Faydalı Harcamalar	-1.0	-1.0	0.4
Eğitim Sübvansiyonu	1.0	-1.4	0.0