

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**YÖNLENDİRİLMİŞ TEKNOLOJİK DEĞİŞİM, TEKNOLOJİK DEĞİŞİMİN
YÖNTEMLERİ VE ÜCRET KUTUPLAŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur Cansu ULUDAĞ

ANKARA, 2014

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**YÖNLENDİRİLMİŞ TEKNOLOJİK DEĞİŞİM, TEKNOLOJİK DEĞİŞİMİN
YÖNTEMLERİ VE ÜCRET KUTUPLAŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur Cansu ULUDAĞ

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Türkmen GÖKSEL**

ANKARA, 2014

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

YÖNLENDİRİLMİŞ TEKNOLOJİK DEĞİŞİM, TEKNOLOJİK DEĞİŞİMİN
YÖNTEMLERİ VE ÜCRET KUTUPLAŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Türkmen GÖKSEL

Tez Jürisi Üyeleri

Adı-Soyadı

İmza

1)Doç.Dr.Türkmen Göksel

.....

2)Doç.Dr.A.Burça Kızılırmak

.....

3)Doç.Dr.Yetkin Çınar

.....

Tez Sınav Tarihi: **12/06/2014**

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan bütün veri, düşünce ve sonuçları andığımı, ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim.(../../2014)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin
Adı ve Soyadı

Uğur Cansu Uludağ

İmzası

.....

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

KISALTMALAR.....	II
ŞEKİLLER.....	III
1. GİRİŞ.....	1
2.YÖNLENDİRİLMİŞ TEKNOLOJİK DEĞİŞİM.....	6
2.1. Faktör-yanlı ve Faktör-yansız Teknolojik Değişim.....	8
2.2. Faktör-tümleyen ve Faktör-yanlı Teknolojik Değişim.....	10
2.3. Ücret Kutuplaşması.....	13
3.TEKNOLOJİ DİFÜZYONU VE ARGE.....	18
3.1.Modelde Teknoloji.....	21
4.MODEL.....	25
4.1.Modelin Tanımı.....	25
4.2.Modelin Çözümü.....	33
4.2.1. Ara Malı Sektörünün Kar Maksimizasyonu.....	34
4.2.2. ARGE ve Difüzyon Yapacak Monopolistin Kar Maksimizasyonu....	39
4.2.3. Ara Malı Fiyatları ve Görelî Fiyatlar.....	48
4.2.4. Görelî Faktör Ücretleri.....	50
4.2.5. Sosyal Plancı Çözümü.....	51
4.3. Dengede Büyüme Patikası.....	55
4.4.Dengede Faktör Fiyatları.....	61
5. TARTIŞMA.....	66
6. ÇIKARIMLAR ve SONUÇ.....	67
ÖZET.....	72
KAYNAKÇA.....	74

KISALTMALAR

ARGE

Araştırma ve Geliştirme

MDO

Marjinal Dönüşüm Oranı

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Görelî Vasıflı İşgücü ve Görelî Ücret.....	14
Şekil 2. Difüzyon Modelleri.....	20
Şekil 3. Görelî İşgücü Arzı ve Görelî Ücretler.....	65

1.GİRİŞ

İktisat literatüründe “büyüme” konusu, neredeyse son iki yüzyıldır diğer iktisadi konuları ardında bırakmıştır. Büyümeyi konu alan iktisat çalışmalarında öncelikle yüksek gelirli ülkelerin büyümesine dair modellemeler yapılmıştır. Bunların en başında Solow-Swan (1957) modeli gelir. Bu model, üretim faktörlerinin verimliliği doğrultusunda belirli bir üretim fonksiyonu yapısına uygun olarak büyümeyi modellerken, bazı açıklanamayan-dışsal- verimlilik artışlarını ise teknolojik gelişme ile açıklamıştır. Ancak Solow modeli gibi dışsal faktör içeren -ki burada temel olarak teknolojik gelişmedir- modellerin gelişmiş ülke ekonomilerinin büyüme konusundaki açıklayıcılığında yetersiz olması yeni model arayışlarına sebep olmuştur.

Teknolojinin, üretim yapısında adeta bir “kara kutu” fonksiyonu olması, nedensellik olgusunu sekteye uğratmış ve hem daha açıklayıcı hem de teknolojiyi içselleştiren- kısacası daha şeffaf- modeller kurulması ihtiyacı doğmuştur.

Dışsal büyüme modellerinin terk edilmek istenmesinin bir diğer sebebi ise, araştırmaya konu olan ekonomilerin yüksek gelirli ülke ekonomileri olmasından ziyade orta ve düşük gelirli ülke ekonomileri olmasıdır. Bu aşamada büyümenin yanında artık kalkınma konsepti de literatürde bir hayli ağırlıklı olarak yerini almaya başlamıştır. Dolayısıyla, bir dönemin araştırma yönünü belirleyen, “büyümenin nasıl gerçekleştiği” sorusu, yerini “büyümenin nasıl olması gerektiğine” bırakmıştır.

Artık “belirli bir büyüme ve kalkınma seviyesini yakalama” kaygısı ile reçeteler sunmaya başlayan iktisat literatürü, içselleştirdiği modeller ile de teknolojik gelişimin rolünü açıklayıcı vasfını artırmıştır. Bu açıklayıcılık sadece dışsallıktan içselliğe yönelik bir aşama ile gerçekleşmemiştir. Bunun yanında, teknolojik gelişme, üretime katılan tüm faktörlerin verimlilik artışına etki etme yönü ve oranı ile de farklılık göstermektedir. Aynı oranda ve yönde etki eden bir nitelik -“yansız”lık özelliği- ile modellenen teknoloji, daha sonra yönü ve yanlılığı da içselleştirilerek modellere dahil edilmiştir.

Faktör-yansız olan bu özellik, her ne kadar içsel olarak alınsa da, birçok büyüme dinamiğinin davranışını açıklamaya yetmemiştir. O yüzden ki teknolojik gelişmenin yönünü ve yanlılığını açıklamaya dair daha içsel modellemeler yapma gereği duyulmuştur. Bu gerekliliğin bir diğer sebebi ise üretilecek iktisadi politikaların daha sağlıklı bir temele oturtulmak istenmesidir.

Bu çalışmada oluşturulan matematiksel model, Acemoğlu (2009) ’da kullanılan “yönlendirilmiş teknolojik değişim-directed technological change- modelinin üzerine inşa edilmiştir. Bu modelin seçilmesinin amacı teknolojik değişimin içselliğinin yanında, teknolojik değişimin yönünü ve yanlılığını da içsel olarak almasıdır. Bu sayede, vasıflı ve vasıfsız işgücünü tamamlayan teknolojik değişimlerin etkisi toplam verimlilik artışında aynı etkiye sahip olarak değil, farklı etkilere sahip olması açısından incelenerek literatüre katkı yapılması hedeflenmiştir.

Üretim faktörlerine yönelik gerçekleşen-burada bu faktörler nitelikli ve niteliksiz işgücüdür- yanlı teknolojik değişimlerin odak noktasını ücret eşitsizliği oluşturur. Daha detaylı bir ifadeyle, son 30 yılda, nitelikli işgücünün niteliksiz işgücüne yönelik göreceli arzı arttıkça yine nitelikli işgücünün göreceli ücreti artmıştır (Violante, 2008). Diğer bir deyişle, ücret açığı nitelikli işgücü lehine meydana gelmiştir. Bu ters yönlü ilişkinin iktisat literatüründe meydana getirdiği sebep-sonuç ilişkisi, dikkatleri teknolojik değişimin yanlılığına yöneltmiştir. Hem gelişmekte olan ülkelerde hem de gelişmiş ülkelerde nitelik yanlı işgücü, bir üretim faktörü olarak bir çok araştırmaya konu olmuştur.

Nitelik yanlı teknolojik değişimin vasıflı işgücü talebini artırması ve bunun sonucunda ücret kutuplaşması oluşumu bu çalışmada yer alan tezin bir kısmını oluşturmaktadır. Önemli diğer kısım ise teknolojik değişimin hangi yolla olduğu ile alakalıdır. Genel literatürde teknolojik değişim iki yolla gerçekleşir; araştırma ve geliştirme-ARGE ve difüzyon. Difüzyon ile ifade edilen, üretime yapılan teknolojik katkının, yeni bir teknolojiyi üretme ile değil, var olan teknolojinin uyumu ve geliştirilmesi ile yapılmasıdır. Yapılan araştırma ve çalışmalarda ayrı ayrı hem ARGE hem difüzyonun toplam faktör verimliliğini artırdığı bulunmuştur.

Modele yapılan katkı çerçevesinde, bu çalışmada ise aynı anda hem ARGE hem de difüzyon yapılan bir ekonomi çevresi bulunmaktadır. Bu doğrultuda bir yaklaşımın temelini, gerçekte hiçbir ülkede ne sadece difüzyon ne de sadece ARGE yolu ile teknolojik değişim yapıldığı görüşü oluşturur. İki yolun da varlığını ve dolayısıyla etkilerini modele dahil etmek daha açıklayıcı ve sağlıklı bir çerçeve sunmaktadır.

Modelin çözümü ile çizilecek teorik çerçeveyi içeren bu çalışmanın motivasyonunda, daha sonraki çalışmalara bir temel oluşturması da amaçlanmıştır. ARGE ve difüzyon yöntemlerine ait ampirik bulgularla desteklenebilecek veya geliştirilebilecek bu modelin, hükümet ve iktisadi ajanlar açısından da daha tutarlı politika önermelerine ulaşmada yardımcı olması amaçlanmıştır.

İktisadi modelleme metodolojisi kullanılan bu çalışmada ispatlanmaya çalışılan tezin temelde iki kısımdan oluştuğunu yukarıda vurgulamıştık. Daha net olmak gerekirse, önce görelî nitelikli işgücü arzı artışının, görelî nitelik tamamlayıcı teknolojiyi artıran unsur olduğu ve bu ilişkinin de görelî nitelikli işgücü ücret artışına yol açtığı gösterilecektir. Bu zincir etki difüzyon ve ARGE için, bu yöntemler arasında herhangi bir ilişki olmaksızın, ayrı ayrı incelenecektir. Böylece hem ARGE hem difüzyonun üretim faktörleri üzerinde aynı etkiye sahip olduğu görülecektir.

Daha sonra bulunacak sonuç ise teknolojik değişimin gerçekleştiği yöntem ile alakalıdır. Difüzyon yolu ile üretilen teknolojiyle yapılan ara mal ve nihai mal üretiminde yer alan görelî nitelikli işgücü arzının; ARGE yolu ile üretilen teknolojiyle yapılan ara mal ve nihai mal üretiminde yer alan görelî nitelikli iş gücü arzına olan oranı artarsa, difüzyon yolu ile görelî nitelik tamamlayıcı teknoloji üretmenin talebi artacaktır. Bu da difüzyon ve ARGE yolları ile teknoloji üretilen ara malı ve nihai mal üretim zincirlerinde ücret kutuplaşmasını artıracaktır. Dahası, teknoloji ithalatının gelişmekte olan ülkelerde ARGE faaliyetlerine nazaran neden daha etkili rol oynadığı ve etkileri ise modele yapılan katkı ile ulaşılması hedeflenen sonuçlardan biridir.

Çalışmanın ikinci kısmında yönlendirilmiş teknolojik değişim ve buna istinaden bazı analiz ve tanımlar yapılmıştır. Bunların ışığında ücret kutuplaşması açıklanmış ve iktisat yazınına katkıda bulunan çalışmalara konu içinde yer verilmiştir.

Üçüncü kısımda ise teknoloji difüzyonu ve ARGE faaliyetlerinin oluşturulan modeldeki tanımı ve kapsamı belirtilip daha önceki çalışmalarda modellere nasıl dahil edildiği incelenmiştir.

İktisadi modellemenin yapıldığı dördüncü bölümde ise modelin çevresine, çözümüne ve önemli çıkarımlar yapılmasına yardımcı olacak dengede görelî fayda, görelî faktör ücretleri ve görelî verimlilik ifadelerine yer verilmiştir. Modelin sonuçlarına dayalı önermeler de açıklanmıştır.

Çalışmaya ait motivasyona yer verilen “Tartışma” bölümünde, yapılan model analizlerinin ileride yapılacak araştırmalara nasıl kaynak olabileceği üzerinde durulmuştur.

Bir sonraki bölüm ise modelin sonuçlarına istinaden ücret kutuplaşması ve teknoloji üretim yollarına dair yapılan çıkarımlar ve teze ait genel sonuç kısmından oluşmaktadır.

2.YÖNLENDİRİLMİŞ TEKNOLOJİK DEĞİŞİM

İktisat literatürüne ait modeller, bizlere iktisadi yapıyı daha iyi görme ve anlama yetisi kazandırır. Her ne kadar gerçeğin stilize edilmiş ve soyutlanmış hali olsa da bu modellerin açıklayıcı gücü fazladır. Belki de bu noktada “fazla” demek, bu modellerin işlevini ve açıklayıcılığını küçümsemek olacaktır ki Samuelson (1969) iktisadi teoride matematik ile düz yazının iki araç olarak mantığın derinliklerinde tamamen özdeş olduğunu söylemektedir. Bu mantıksal temele dayanarak, iktisadi modellemenin, tasvir edilmeye çalışılan iktisadi ortam veya sorunun bir aynası olduğunu söyleyebiliriz.

Modellemenin bu getirisine dayanarak büyüme konusunda önce dışsal sonra da içsel dediğimiz model tipleri geliştirilmiştir. Hem geleneksel-yani dışsal- hem de içsel büyüme modellerinde, toplam teknolojik değişimin etkileri incelenmiş ve teknolojinin sağladığı verimlilik artışı genel üretim seviyesindeki değişimler ile ilişkilendirilmiştir. Birçok üretim şekli-teknolojisi- olmasına rağmen bu teknolojik değişimler toplam verimlilik artışı üzerinde aynı etkiye sahip oldukları varsayılarak incelenmiştir.

Aynı etkiye sahip farklı teknolojiler, nötr-yansız- adını almaktadırlar. Kaldı ki teknolojik değişimlerin bu yansızlığı, bu değişimleri modellemesi sonucu yapılan analizleri daha soyut kılmaktadır. Acemoğlu (2009), yansız teknolojik değişimi ele alan modellerin tamamlanmamış olmalarını iki faktörle ilişkilendirmiştir.

Bunlardan ilki, teknolojik değişimin gerçek hayatta yansız olmadığıdır. Diğer bir deyişle, her değişim veya yenilik üretim faktörlerine aynı oranda etki edemez. Şüphesiz ki bir tarafa daha çok etki edecek ve daha fazla verimlilik artışı sağlayacaktır.

Üretimin, beşeri sermaye ve fiziksel sermaye olarak iki faktör tarafından gerçekleştirildiğini varsayalım. Beşeri sermayenin verimliliğini artırıcı teknolojik değişimler, fiziksel sermayenin verimliliğine aynı oranda veya hiç etki etmeyebilir. Örnek olarak, sağlık imkanlarının iyileştirilmesine yönelik yapılan teknolojik değişim, beşeri sermayenin verimliliğini artırıcı niteliğe sahiptir ancak fiziksel sermayenin verimliliğine dolaylı yünden bir etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla önemli olan, teknolojik değişimin üretim faktörleri üzerindeki etkisinin bu faktörlere göre dağılımıdır.

İkinci olarak vurgulanan ilişki ise tek tip değişimlerin gerçeği yansıtmadığı veya ne kadar yansıttığı hususundadır. Alternatif değişimlerin yaratacağı münferit etkileri tek tip değişimin etkilerine indirgeyip açıklamaya çalışmak, içselleştirilen teknolojik değişimin verimlilik üzerindeki açıklayıcılığını kısıtlamaktadır. Üretilen veya uyum sağlanan teknolojinin verimliliği artırması birincil hedeftir. Bu sebeptendir ki farklı üretim teknolojilerinin bu anlamda rekabetçi özelliğe sahip olması kaçınılmazdır. Bu rekabetçi etkilerin, tek tip değişimle analizi neredeyse imkansızdır. Bu tip değişimi model alan analizlerin sağlıklı sonuçlar ve dolayısıyla sağlıklı iktisadi politikalar üretmesi beklenemez.

Bölümün başında belirtildiği gibi modellemenin bir ayna fonksiyonu vardır. Buna istinaden bu tezde, teknolojik gelişmeye dair hem dışsallık hem de sınırlı içsellik içeren modellerdense teknolojik değişimi yönü ve yanlılığı ile içselleştiren, meydana gelen gelişmeleri daha rahat görmemizi sağlayacak olan “yönlendirilmiş teknolojik değişim modeli” kullanılmıştır. Acemoğlu (2009) tarafından ele alınan ve aynı zamanda yukarıda da belirtilen iki sebepten ötürü, önce içselleştirilen daha sonra da yönü ve yanlılığı incelenen bir teknolojik değişim modellemesinin iktisat literatüründe anlamı daha fazla olacaktır.

2.1. Faktör-yanlı ve Faktör-yansız Teknolojik Değişim

Önceki kısımlarda faktör-yanlı ve faktör-yansız gerçekleşen teknolojik değişimin ne olduğuna değinilmişti. Kaldı ki modelin de ana temasını oluşturan bu yanlı teknolojik değişimin cebirsel olarak ne ifade ettiğine bakılmalıdır. Bunun için modelde kullanılan üretim fonksiyonu ve üretim faktörleri kullanılarak hem yansız hem yanlı değişimin notasyonel analizi bu bölümde yapılmıştır.

Vasıflı ve vasıfsız-işgücü olmak üzere iki üretim faktörü bulunan modelde bu faktörler belirli bir oran ve önem ile üretime dahil olmaktadır. Teknoloji ise; bu girdiler veri iken çıktı miktarında oluşan değişimle ilişkilendirilmektedir. Yani, marjinal dönüşüm oranı -MDO- değişmeden toplam verimlilikte sağlanan iyileşmedir. İşte MDO değişmeden toplam verimlilik artışı sağlayan teknolojiye yansız denilmektedir.

Varsayalım ki üretim fonksiyonumuz

$$Y(t) = F(S(t), U(t), A(t)) \text{ olsun.}$$

Burada S, U ve A sırası ile vasıflı-işgücünü, vasıfsız-işgücünü ve teknolojiyi temsil etmektedir. Üretim fonksiyonu, zamana bağlıdır ve zaman, t ile gösterilmiştir. İlgili fonksiyon, faktör yansız bir yapıya sahip ise; burada vasıflı-işgücü için incelenmiştir, aşağıdaki özelliği sağlaması gerekir:

$$\frac{\partial F(S(t), U(t), A(t))}{\partial A(t)} = \frac{S(t)}{A(t)} \frac{\partial F(S(t), U(t), A(t))}{\partial S(t)}.$$

Teknolojinin marjinal ürünü, vasıflı-işgücünün marjinal ürününün teknoloji birim başına düşen işgücü miktarıyla çarpımından oluşmaktadır. Burada teknoloji, vasıflı işgücünün, diğer üretim faktörüne göreli olarak, marjinal ürününde bir değişiklik yaratmaz. Sadece, vasıflı-işgücünün etkinliği artar ve bu da toplam verimlilik artışı sağlamış olur. Faktörler arası göreli marjinal üründe bir değişiklik olmadan, sadece teknolojik değişimin tamamladığı faktörün etkinliğini artırarak toplam verimlilik artışı sağlanmasına yol açan teknolojik değişim “yansız” adını almaktadır.

Üretilen teknolojinin, üretim fonksiyonunda yanlılığının ve yönünün olması ise özel bir durumdur. Buradaki modelde teknoloji, yenilik yapan-monopolist- tarafından iki yoldan biri seçilerek üretilmektedir: araştırma ve geliştirme faaliyetleri-ARGE- veya difüzyon. İki yöntemin bu çalışma için önemli fonksiyonu ve sonuçları olmasına rağmen bu iki tip yenilik faaliyetine daha sonraki bölümlerde değinilecektir.

Yanlı teknolojik değişim, üretim faktörlerinin görel verimliliğinde bir değişim yaratarak verimlilik artışı sağlamaktadır. Üretim faktörlerinin görel marjinal ürünün (kastedilen, vasıflı işgücünün marjinal ürününün vasıfsız işgücünün marjinal ürününe olan oranıdır), teknoloji parametresine göre sıfıra eşit veya sıfırdan büyük olması, bu fonksiyonun faktör yanlı olduğunu gösterir. Burada üretim fonksiyonumuzu vasıflı-ışgücü yanlı alalım. Notasyon ile ifade edildiğinde ise;

$$\frac{\partial \left\{ \frac{\partial F(A(t), S(t), U(t)) / \partial S(t)}{\partial F(A(t), S(t), U(t)) / \partial U(t)} \right\}}{\partial A(t)} \geq 0 \quad \text{olmalıdır.}$$

Yönlendirilmiş teknolojik değişim, yapılan modellemede faktör-yanlı üretim fonksiyonuyla modele dahil edilmektedir. Bu sayede, toplam verimlilik artışından ziyade verimliliğin hangi yönde ve nasıl arttığına da bakılması, büyüme konseptine daha gerçekçi bakılmasını ve yapılan durum analizlerinin daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

2.2. Faktör-tamamlayıcı ve Faktör-yanlı Teknolojik Değişim

Bir önceki bölümde, faktör-yanlı özelliğe sahip bir üretim fonksiyonunun yapısına ve önemine değinilmişti. Kaldı ki, faktör yanlı bir teknolojik değişim, sabit ikame esnekliğine bağlı olarak faktör-tamamlayıcı veya faktör-geliştirici bir etkiye de sahip olabilir. Sabit ikame esnekliği tipinde bir fonksiyon ele alalım;

$$y = [\gamma(A_L L)^{\sigma-1/\sigma} + (1 - \gamma)(A_K K)^{\sigma-1/\sigma}]^{\sigma/\sigma-1}.$$

σ , üretim faktörleri arasındaki sabit ikame esnekliğidir ve $\sigma \in (0, \infty)$. A_L ve A_K ise faktör-tamamlayıcı teknolojiler olup sırası ile L faktörünü ve K faktörünü tamamlamaktadır. Bu iki faktörün marjinal ürünleri aşağıdaki gibi bulunmuştur;

$$\begin{aligned} MP_L &= \frac{\partial y}{\partial L} \\ &= \frac{\sigma}{\sigma-1} \cdot \frac{\sigma-1}{\sigma} \cdot \gamma \cdot A_L^{\sigma-1/\sigma} \cdot L^{-1/\sigma} \cdot [\gamma(A_L L)^{\sigma-1/\sigma} + (1-\gamma)(A_K K)^{\sigma-1/\sigma}]^{1/\sigma-1} \\ &= \gamma \cdot A_L^{\sigma-1/\sigma} \cdot L^{-1/\sigma} \cdot [\gamma(A_L L)^{\sigma-1/\sigma} + (1-\gamma)(A_K K)^{\sigma-1/\sigma}]^{1/\sigma-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MP_K &= \frac{\partial y}{\partial K} \\ &= \frac{\sigma}{\sigma-1} \cdot \frac{\sigma-1}{\sigma} \cdot (1-\gamma) \cdot A_K^{\sigma-1/\sigma} \cdot K^{-1/\sigma} \cdot [\gamma(A_L L)^{\sigma-1/\sigma} + (1-\gamma)(A_K K)^{\sigma-1/\sigma}]^{1/\sigma-1} \\ &= (1-\gamma) \cdot A_K^{\sigma-1/\sigma} \cdot K^{-1/\sigma} \cdot [\gamma(A_L L)^{\sigma-1/\sigma} + (1-\gamma)(A_K K)^{\sigma-1/\sigma}]^{1/\sigma-1}. \end{aligned}$$

Faktörlere ait bu marjinal ürünler oranlanırsa;

$$\frac{MP_L}{MP_K} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(\frac{A_L}{A_K} \right)^{\sigma-1/\sigma} \left(\frac{L}{K} \right)^{-1/\sigma}$$

elde edilir. Sabit ikame esnekliği olan, σ 'nın aldığı değerlere bakarak bu orandan şöyle iki çıkarım yapabiliriz;

- 1) $\sigma > 1$ için, yani üretim faktörlerinin ikame olduğu değerlerde, faktör-tamamlayıcı teknolojiler A_L ve A_K , sırası ile L-yanlı ve K-yanlıdırlar. Bu teknolojilerde meydana gelen göreceli bir iyileşme, kendi tamamladığı faktörün marjinal ürününde göreceli bir artış sağlayacaktır.

- 2) $\sigma < 1$ için, yani üretim faktörleri birbirinin tamamlayıcısı ise, faktör tamamlayıcı teknolojiler A_L ve A_K , sırası ile K-yanlı ve L-yanlıdırlar. Herhangi bir teknolojiye meydana gelen pozitif yönlü, göreceli bir artış, diğer faktöre lehine olan göreceli bir artış sağlayacaktır.¹

Faktör yanlı teknolojik değişimin teknik analizinden sonra, yanlılığı ve yönü ile içselleştirilen teknolojik değişimin önemine değinmekte yarar var. Sanayi devriminden sonra meydana gelen inovasyon faaliyetleri vasıfsız iş gücünü temel alırken, 20.yy ortalarından, özellikle 1970lerden sonra gelişen faaliyetler ise vasıflı iş gücünün verimliliğini artırmaya dayalıdır (Acemoğlu, 2009). Dahası, teknoloji difüzyonunun gün geçtikçe daha hızlı gerçekleşmesiyle vasıflı-işgücünün bu yeniliğe uyum sağlaması daha kolay olurken, vasıfsız-işgücü nispeten daha yavaş ve daha az adapte olabilmektedir.

Bilginin daha hızlı ve kolay yayılımı ile gelen ustalık, kuşkusuz ki rekabeti de beraberinde getirir. Rekabeti karşılamak ve daha iddialı olmak ise vasıflı-işgücüne yapılan yatırımla artmaktadır. Sonuçta, günümüzde vasıflı-işgücü yanlı teknolojiye olan talep, vasıfsız-işgücüne yanlı teknolojiye olan talepten mutlak olarak daha fazladır (Hollanders ve Weel, 1998). Bu tip gözlemlerde bulunan bir ekonomide, yansız teknolojik değişimin açıklayıcılığı kuşkusuz ki meşruiyetini yitirmiştir.

¹ $\sigma = 1$ iken marjinal ürün oranında teknolojilerin katkısı ortadan kalkmaktadır. Dolayısıyla, verimlilik artışına bir etkisi bulunmamaktadır.

2.3. Ücret Kutuplaşması

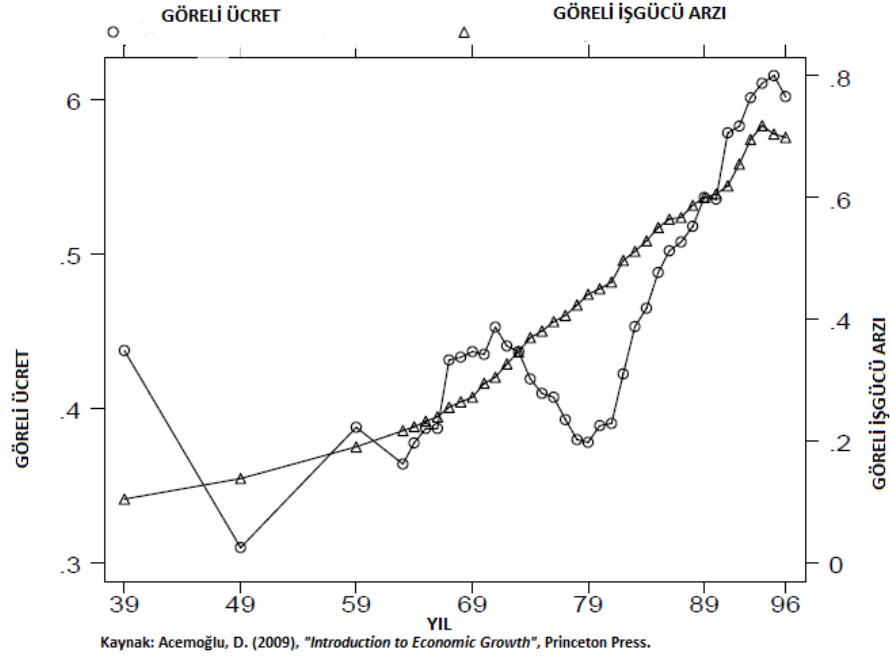
Skill-premium, işgücü ücretlerinin oranıdır. Vasıflı işgücü ücretinin vasıfsız işgücü ücretine oranına eşit olan bu kavram, işgücü piyasasındaki arz-talep ilişkilerinin işleyişini anlamamıza yarayan analizlerde sıklıkla adres gösterilmiştir. Violante (2008) ve Kiley (1997) işgücü ücretlerinin oranındaki bir artışın, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı yayılmanın gerçekleşmesiyle aynı zamanda olduğunu vurgulamıştır. Keza Acemoğlu (2009) da görelî ücret artışının, genel iktisat kanısının aksine vasıflı-işgücü arzının azaldığı değil arttığı zamanda olduğunu belirtmektedir (Şekil 1). Ona göre, iki yönlü bu artışın sebebi vasıflı-işgücüne yönelik teknolojik değişimdir. Diğer çalışmalarda ise buna paralel sonuçlar yer almaktadır. Bartel ve Lichtenberg (1987), yeni teknolojilerin kullanımı ile istihdamın sağlanması arasında pozitif korelasyona değinirken; Autor, Katz ve Krueger (1988) ise teknoloji kullanımı ile ücret paylaşımı arasında pozitif yönlü bir ilişkiye işaret etmiştir.

Açıktır ki, yeni teknolojiler vasıflı-işgücünü tamamlayıcı sermayenin üretimini artırmış; bu da ilgili işgücüne olan talebi desteklemiştir. Sonuçta, ücret kutuplaşması meydana gelmiş ve vasıflı-işgücü arzı artarken görelî ücreti de beraberinde artırmıştır. Peki bu tip bir teknolojik değişimi tetikleyen nedir?

Nelson ve Phelps (1966), daha tecrübeli, daha eğitimli ve daha yetenekli emeğin teknolojik değişime daha kolay adapte olabileceğini belirtmektedir. Onlara göre, daha önce uyum sağlayanın kazancı olacaktır. Bu, son yıllarda vasıf-yanlı teknolojik

değişimi açıklamaktadır. Bunun sonucu olarak da hızlı gerçekleşen teknolojik değişimler, onlara daha kolay ve çabuk uyum sağlayacak olanlara yönelik gerçekleşmektedir (Greenwood ve Yorükoğlu, 1997).

Şekil 1. Görelî Vasıflı İşgücü ve Görelî Ücret



Bu çalışmada kullanılan modelde, teknolojik yeniliğin yönü, kâr maksimizasyonu yapan monopolist tarafından belirlenmektedir. Bu anlamda, teknolojinin yönü de içselleştirilmiş olmaktadır.

Yanlılığı içselleştirilen böyle bir analizde, yenilik faaliyetlerinin maliyetinin sabit varsayılması, yeniliğin pazar büyüklüğünün geliri belirlemede etkili olduğu sonucunu doğurmaktadır (Acemoğlu, 1998 ; Violante, 2008). Savaş sonrası dönemde vasıflı-işgücü miktarında artış gözlemlenmiştir (Acemoğlu, 2009). Bu tür işgücünü

geliştiren fiziki sermaye üretmek monopolist açısından kuşkusuz ki daha kârlı olacaktır. Bu kârlılık da beraberinde ücret eşitsizliğini getirmektedir.

Kiley (1997), artan ücret eşitsizliklerini, yönlendirilmiş teknolojik değişimle ilişkilendirdiği içsel bir büyüme modelinde, vasıflı-işgücünü tamamlayan teknolojiye yapılan yatırımın daha çekici olduğunu belirtmektedir. 1980 ve sonrasında artan vasıflı-işgücü arzı, o faktörü tamamlayan teknolojiye yapılacak yatırımı daha kârlı kılmış, bu da o işgücüne olan talebi artırmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, artan vasıflı-işgücü ücretleri, vasıfsız-işgücü ücretlerinde geçici bir durgunluk meydana getirmiştir. Bu durgunluk geçici olsa da beraberinde artan ücret açığı meydana gelmiş, bu da çıktı büyüme oranını geçici olarak azaltmıştır.

Çıktı artış hızındaki azalma ise; üretim fonksiyonunda vasıflı ve vasıfsız-işgücü arasındaki paylaşım oranı ile açıklanmıştır. Eğer, vasıflı-işgücünün üretimdek payı diğer üretim faktörlerine kıyasla az ise, bu işgücüne yapılan yatırımın maliyeti, getirisinden daha fazla olmaktır. Bu da çıktı seviyesinde, en azından geçici olarak, beklenen artışa yol açmamaktadır.

Vasıflı-işgücüne yönelik yatırımlar neticesinde ücret farklılıklarını modelleyen bir diğer çalışma ise Hollanders ve Weel (1998) tarafından yapılmıştır. Temsili bireyler yerine heterojen bireyler olduğunda içsel büyüme modelinde genel denge analizi yapıldığında, iktisadi büyüme sonucunda kalıcı bir ücret kutuplaşması meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Durağan durumda yanlış teknolojik değişim, daha yetenekli bireyler lehine gerçekleşmektedir. Ücret açığının nedenlerinden çok bu açığın nasıl kapatılması gerektiği üzerine yoğunlaşılacak modelde bu problem gerekli teşvikler ve emek gelirine uygulanan etkin vergiler ile oluşturulan politikalar ile hükümet müdahalesi ile çözümlenmelidir sonucuna varılmaktadır. Ne var ki bu tezde kullanılan model çevresinde hükümet sektörü bulunmamaktadır. Dolayısıyla ücret açığının nedenleri üzerine yoğunlaşmıştır.

Daha önce, yapılacak teknolojik yeniliğin monopolist tarafından gerçekleştirildiği; ayrıca monopolistin belirli bir kâr güdüsüyle piyasadaki varlığı ve aktivitesi olduğu belirtilmişti. Vasıflı işçilere yönelik geliştirilen teknolojilerin neden daha kârlı olduğunun cevabı ise “*pazar etkisi*” ve “*fiyat etkisi*” adı verilen ve Acemoğlu (2003) tarafından üzerinde durulan bir kavram ile ilişkilendirilmektedir. Burada bu iki etkinin ayrıca üzerinde durulacaktır çünkü çalışmada kurulan modelin sonuçları bu etkiler ile açıklanmaktadır.

Öncelikle bu etkilerin tanımını yapalım. Pazar etkisi, iki üretim faktörünün görece arzına bir vurgu yapmaktadır. Bu etkiye göre, hangi faktöre dayalı görece arz artarsa, o faktörü tamamlayan teknolojiye yapılacak yatırımların monopolist açısından görece kârlılığı da artacaktır. Yani, görece fazla olan faktörün kârlılığı da fazladır. Fiyat etkisi ise, ürün fiyatına göre şekil alan bir etkidir. İlgili teknolojinin tamamladığı iş gücüyle üretilen ürün fiyatı daha fazlaysa monopolist, fiyatı fazla olan ürüne yönelik teknolojiyi üretmek veya geliştirmek isteyecektir.

Rattso ve Stokke (2013), pazar büyüklüğündeki etkinin, nitelikli-işgücü için geliştirecek teknolojiye daha fazla kârlılık sağladığını belirtmiştir. Dış ticaret yolu ile gelen teknoloji, vasıf yanlı teknolojik yeniliği tetiklemektedir. Böylece, ücret eşitsizliğinin iki sebebi olan ticaret ve teknolojiyi birleştirmektedirler. Acemoğlu (2003) da bu zincir etkiyi belirtmiş ve çalışmasını Wood (1994)'a temellendirmiştir. Wood (1994) ise; vasıf yanlı yenilikleri artan ticarete bir cevap olarak sunmuştur.

Serbest ticaret ve teknolojik değişimin önemi Neary (2002), Zhu ve Threfler (2005) tarafından da vurgulanmıştır. Berman ve Machin (2000) ise; Rattso ve Stokke (2013) çalışmasında sözü edildiği üzere çeşitli ülkeleri gelir gruplarına göre incelemiştir. İmalat sektörünü baz alan çalışmada şu sonuca varılmıştır: orta gelirli ülke gruplarında vasıflı-işgücüne olan talebi belirlemede odak nokta vasıf-yanlı teknoloji transferidir. Buna benzer bir sonuç da Meksika'nın ticaret serbestisi döneminde artan ücret açığını açıklayan bir çalışmada bulunmaktadır (Hanson ve Harrison, 1999).

Sonuç olarak, son yıllarda vasıflı-işgücündeki göreceli arz artışının göreceli ücret artışı ile buluştuğunu belirtmiştik. Bu durum, vasıflı işgücüne olan talebi, vasıf tamamlayan teknolojinin kârlılığı sayesinde artırmaktadır. Kârlılığı belirleyen ise iki unsur vardır, fiyat ve pazar etkisi. Bir sonraki bölümde, teknolojik yeniliği sağlamak için iki yol olan ARGE ve difüzyon üzerinde durulmuştur.

3. TEKNOLOJİ DİFÜZYONU VE ARGE

Eaton ve Kortum (2002), ulaşılabilir teknolojik ve bilimsel bilginin bir ülkenin verimliliğinin en önemli belirleyicilerinden biri olduğunu belirtmişlerdir. Teknoloji, karakteri itibari ile rekabet yaratmaz (non-rival) ve herkes faydalanabilir. Bu özelliği sayesinde ayrı bir icat eden veya bulucu diyebileceğimiz bir kurum olmadan, sadece üretici tarafından kullanılabilen teknoloji işgücü verimliliğini artırdığı kadar ARGE etkinliğini de artırır (Keller, 2001).

Teknolojinin, dolayısıyla bilginin yayılımı dolaylı ve doğrudan olmak üzere iki farklı kanaldan gerçekleşir. Doğrudan yayılım, doğrudan yabancı yatırım ve patentler gibi direkt araçları içerirken dolaylı yayılımın içeriğini uluslararası ticaret oluşturur.

Bu çalışmada oluşturulan modelde, teknolojin bilginin nasıl yayıldığı veya yayılma yollarının farklılıkları modelin incelenmesi ve sonuçları açısından bir farklılık içermemektedir. İster doğrudan ister dolaylı olsun, difüzyonun kaçınılmaz bir maliyeti olacaktır. Bu da, uyarlanacak bilgiye ulaşma yollarının ortak paydasını oluşturmaktadır.

ARGE faaliyetlerinin, yani yeni bir bilgi üretme faaliyetlerinin de bir maliyeti vardır. Modelde, difüzyon ile bilgiye ulaşmanın ve onu uyarlamanın ve ARGE ile yeni bilgi üretmenin maliyeti birbirine analog kabul edilmiştir. Yani, işgücü tamamlayıcı teknolojiyi geliştirecek monopolistin hangi yöntemi seçerse seçsin katlanacağı bir

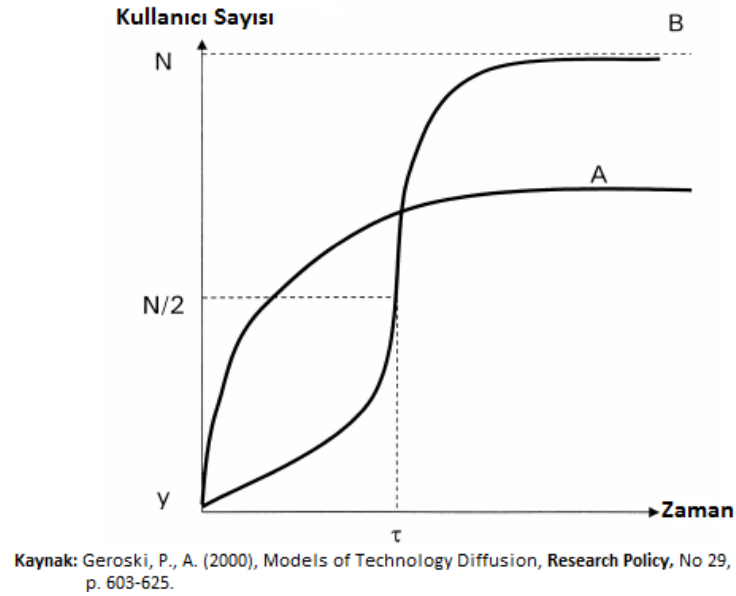
maliyet vardır ve modelde bu maliyetler, teknik olarak aynı özelliklere sahip olarak varsayılmıştır.

Teknoloji difüzyonu, bilgi birikiminin ve buna bağlı olarak ustalık seviyesinin artmasını teşvik eder. Emek sermayesi, ister vasıflı ister vasıfsız olsun, daha nitelikli hale gelir ve verimlilik artar. Verimlilik artışı da iktisadi büyümenin birincil koşuludur. Bu minvalde değerlendirilirse, teknoloji difüzyonu modellerinin ağırlıklı kısmının toplam faktör verimliliğini analiz ettiğini görürüz. Bunun en tipik örneği, Coe ve Helpman (1995) tarafından kurulan ve uluslararası bilgi dağılımının milli gelir üzerindeki etkisini inceleyen modeldir. Bu çalışmanın başlıca sonucu, yurt dışı veya yurt içi ARGE bilgi dağılımının milli verimlilik ve milli gelir üzerinde pozitif etkisi olmasıdır.

Bu çalışmayı hem bir anlamda geliştiren hem de karşıt bir sonuç elde eden bir çalışma Wu, Popp ve Bretschneider (2001) tarafından gelmiştir. Teknik olarak regresyon denkleminde yaptıkları değişiklik ve ayrıca model tahmininde SUR-seemingly unrelated regression- kullanmalarının yanı sıra; yabancı kaynaklı bilginin ekonomiler üzerinde sadece ve sadece pozitif değil çok yönlü etkisinin bulunduğunu göstermişlerdir. Yurt dışı kaynaklı bilginin dağılımı, üretimi teşvik ettiği kadar uluslararası arenada rekabeti artırıp ticaret haddine olumsuz etkide bulunabilir. Yazarlara göre burada önemli olan, yurt dışı kaynaklı ARGE faaliyetinin pozitif etkisinin rekabet etkisini baskılayıp baskılayamayacağı sorusudur.

Teknoloji difüzyonunun karakteristik özelliğine bakılırsa; Geroski (2000), difüzyonun S-şeklini açıklamak için bir dizi model geliştirmiştir. S-şekli, yeni teknolojilerin zaman içinde belirli bir S eğrisini takip ettiğini belirten bir özelliktir. Orijinal çalışmaya ait grafik Şekil 2’de görülmektedir. Dikey ekseninde kullanıcı sayısı ve yatay ekseninde zaman bulunmaktadır. A eğrisi, ağızdan ağıza yayılan difüzyonu temsil ederken B eğrisi hem ağızdan ağıza hem de belirli bir merkezden yayılan teknolojiyi temsil etmektedir. Burada vurgu, B eğrisindedir. İlk olarak yavaş yayılan bilgi, daha sonra daha hızlı yayılmaya başlamaktadır. Teknolojinin yayılım hızındaki bu değişimlerin, verimlilik artışında da farklılığa sebep olduğu yayılım farklılığına getirilen açıklamalardan biridir.

Şekil 2. Difüzyon Modelleri



3.1. Modelde Teknoloji

Büyüme ve kalkınma kavramına dair geliştirilen modellerin giderek teknolojiyi içselleştiren çalışmaları, teknolojik değişimin tetiklediği verimlilik artışı ve teknolojik değişimin yönü ve yanlılığının önemi bir önceki bölümde incelenmiştir. Buraya kadar, çalışmada savunulan tezin sadece bir yüzü açıklanmıştır. Vasıf-yanlı teknolojik değişimin işgücü piyasasında pozitif yönlü talep eğrisi yaratarak görece ücret artışını sağlamasının yanında, bu değişime sahip teknolojinin üretilme yönteminin de işgücü piyasasındaki ücret kutuplaşmasını pozitif yönlü desteklediğini savunmak, hipotezin bir diğer yüzüdür.

Acemoğlu (2009) tarafından ele alınan “yönlendirilmiş teknolojik değişim” modeli, teknolojinin üretilme safhasında sadece ARGE faaliyetlerinin olduğunu varsaymıştır. Teknolojiyi üreten monopolist, kârlılığını göz önüne alırken sadece teknolojik değişimin yanlılığını ele almaktadır. Modele getirilen yenilik ise bu safhadan sonrasında rol oynamaktadır. Modelde, hem ARGE hem de difüzyon yöntemi kullanılmaktadır ve monopolist hangi yöntemi kullanacağını ve hangi işgücüne yönelik teknolojik değişime yatırım yapacağını bugüne indirgenmiş faydası aracılığı ile tespit eder. ARGE faaliyetlerinin yanında difüzyon faaliyetlerinin de modele dahil edilmesinin amacı, ele alınan iktisadi ortamlarda gerçekten her iki yöntemin de bulunmasıdır. Bir şekilde piyasada hem ARGE hem difüzyon mevcuttur ve bu yöntemlerin yönlendirilmiş teknolojik üretiminden sağladıkları kârlılığın ve dolayısıyla kararlarının işgücü piyasasını nasıl etkilediğine bakılmak istenmektedir.

Şu aşamada, neden her iki yöntemin de aynı anda incelenmesinin daha uygun görüldüğüne değinmekte fayda vardır. Öncelikle, piyasaların herhangi bir yöntemden izole olduğu, gerçeğe uymayan bir varsayımdır. Günümüzde ticaret serbestisi ise hem teknolojik bilgi hem de teknolojik bilgiyi içeren araçlar kolayca hareket edebilmektedir. Bilginin ulaşım maliyetinin azaldığı ve dış ticaretin kalkınma konusunda hayli önem kazandığı bir çevrede, sadece ARGE faaliyeti ile teknoloji üretildiği varsaymak yanlış politika önerileri doğuracaktır. Bunu destekleyen bir çalışmada, OECD ülkelerinde verimlilik artışını sağlayan teknolojik değişimin yurtdışı kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Eaton ve Kortum, 1999). Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere bakılırsa da, bu ülkelerin ARGE yatırımlarının OECD ülkelerine göre daha az olduğu ve verimlilik artışının büyük kısmını yabancı kaynaklardan sağladıkları görülmektedir (Keller, 2001).

Modele her iki yöntemi de dahil etmek, her gelir grubuna dahil ülkelere ait bir sonuca bizi daha çok yaklaştırabilir. Kalkınma kavramının gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler için kullanıldığı veya bir amaç olduğu ve bu vurgunun teknolojik değişim üzerinde olduğu göz önünde bulundurulursa, sadece ARGE içeren bir teknolojik değişim modelinin hiçbir anlamı kalmayacaktır. Aynı sebepten ötürü de sadece difüzyon yöntemi ile teknolojik bilgi akışının olduğunu farz etmek de bizi, doğru saptamalardan bir o kadar uzaklaştırmaktadır. Kuşkusuz ki hiçbir ülke ne sadece ARGE ne de sadece difüzyon ile teknolojik değişimi sağlamaktadır.

Şu da eklenmelidir ki gelişmişlik düzeyi düşük bir ekonominin, yeni bir teknolojinin keşfi için katlanabileceği maliyet, neredeyse nesillerdir kümülatif bilgi akışı içerisinde bu faaliyetleri sürdüren gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerin karşı karşıya kaldığı maliyetten çok daha yüksektir. Bu durum, orta ve düşük gelirli ülkelerin ARGE faaliyetlerini yürütmesi hususunda, karşıt bir güdüm oluşturur. Yenilikten yoksun bir ekonominin giderek üretim seviyesinin büyüme hızının azalması, ve buna bağlı olarak kişi başına milli gelir, ticaret haddi gibi dinamiklerin de aynı seyir izleyeceği kaçınılmazdır.

Dolayısıyla difüzyon, büyüme ve gelişme için gerekli olmasının öncesinde “var olan” ve önemli iktisadi sonuçlara sahip bir aktivitedir ki bu özelliği az önce vurgulanmıştır. Öyle ki Keller (2001), difüzyonun coğrafi konumla ilişkisini konu alan bir çalışmada kişi başına milli gelir yakınsamasının uluslararası teknoloji difüzyonuna bağlı olduğunu vurgulamıştır. Dolayısıyla, tartışılması gereken nokta difüzyonun gerçekleşip gerçekleşmemesi adına değil; belki de ne kadar ve nasıl sorularına bir cevap arayışı adına olmalıdır.

Bu minvalde değerlendirilirse, iktisadi bir çevrede aynı anda ve aynı fonksiyona sahip bu iki, bilgiye ulaşma ve üretme (ve geliştirme) yönteminin hem üretim faaliyetleri hem de işgücü piyasası açısından belirleyici sonuçlarının olması kaçınılmazdır. Bu varsayımlar çerçevesinde denilebilir ki; bir önceki bölümde ele alınan fiyat ve pazar etkileri orijinal modelde monopolistin kâr maksimizasyonunda hem işgücü tipleri hem de ara malı fiyatları açısından anlamlara sahipken oluşturulan modelde tüm bu yapıya ek olarak difüzyon ve ARGE açısından da ayrı anlamlara sahiptir.

Daha somut olarak açıklanacak olursa; farz edelim ki aynı anda hem ARGE hem difüzyon ile teknoloji üretilmektedir. Bu iki yöntem de ayrı ayrı hem vasıflı hem de vasıfsız işgücünü tamamlayıcı teknolojiler üretmektedirler. Hangi teknolojinin üretileceğine monopolist sahip olacağı kâra göre karar vermektedir.

Buna ek olarak, iki ayrı görelî işgücü arzı tanımlanmalıdır. Bir tarafta, difüzyon ile üretilen teknolojiyi kullanan vasıflı-işgücünün vasıfsız-işgücüne oranı; diğer tarafta ise ARGE faaliyeti ile üretilen teknolojiyi kullanan görelî işgücü arzı bulunmaktadır. Piyasa büyüklüğüne dayalı etkinin tanımı hatırlanırsa; görelî işgücü arzı arttıkça görelî fayda da artmaktadır.

Bu çerçevede, difüzyon için görelî işgücü arzının ARGE için görelî işgücü arzına oranı, teknolojik bilgiye ulaşma ve onu üretme yöntemleri arasında görelî bir ifadeyi temsil etmiş olur. Piyasa büyüklüğü etkisini göz önüne alırsak; difüzyona olan görelî işgücü arzı artarsa yine difüzyona olan yatırımın kârlılığı görelî olarak fazla olması beklenmelidir. Bu da yöntemler arasındaki görelî kârlılığın, işgücü talebine pozitif yönlü etkisini (pozitif eğimli bir talep doğrusu) göstermektedir.

4.MODEL

4.1 Modelin Tanımı

Oluşturulan modelin, Acemoğlu (2007)'nda kullanılan yönlendirilmiş teknolojik değişim modelinin üzerine inşa edildiği daha önceki bölümlerde belirtilmiştir. Yöntem farkı bulunmaması ve analizlerin paralelliği açısından orijinal modelden pek sapma bulunmamakla beraber, tek ancak belirgin sonuçlar doğuran farklılık teknolojik değişimin sadece ARGE ile değil difüzyon yolu ile de ekonomiye entegre olabilmesidir.

Modelde tüketim, nihai mal, ara-malı sektörü ve ARGE (ve difüzyon) olmak üzere dört temel sektör vardır. Monopolist, yapacağı kâr maksimizasyonuna göre elde edeceği faydayı baz alan bir kârar vermektedir. Bu karara göre teknolojik bilgi ya difüzyon ya da ARGE faaliyetlerinin sonucunda ekonomiye kazandırılmaktadır. Teknolojinin yöntemine ek olarak, hangi işgücünü yönelik teknolojiyi üreteceğini veya geliştireceğini, bu optimizasyon sonucuna göre belirlemektedir.

Ara malı üretimine girecek fiziki sermayeye gömülü teknolojik bilginin özelliğinin, işgücünü tamamlaması ve verimliliğini artırması olduğu vurgulanmıştır. Modelde, dört çeşit ara malı üretilmektedir. Her ara malı için üretim fonksiyonu aynı özelliklere sahip olup, teknolojilerin gömülü olduğu fiziki sermaye ve ilgili teknolojinin tamamladığı işgücünün bir fonksiyonudur.

Her ara malının geliştirdiği sektörler arasında işgücü ve sermaye aktarımı yapılmamakta olup ARGE ve difüzyon yapan monopolistler de hangi yöntemi kullanacaklarına dair olan kararlarını değiştirmemektedirler. Üretim faktörleri ise işgücünün vasıflı ve vasıfsız formlarından oluşmaktadır.

Tüketiciler standart ve sabit esnekliği olan tercihlere sahiptir. Kullandığımız fayda fonksiyonunda orijinal modele sadık kalınmıştır. Fayda fonksiyonu riskten kaçınma katsayısını sabit alan türde olup aşağıdaki forma sahiptir:

$$\int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c(t)^{1-\theta}-1}{1-\theta} dt. \quad (1)$$

Bugüne indirgenmiş toplam faydayı ifade eden (1) fonksiyonunda ρ , indirgeme oranı olup sabit ve 0'dan büyüktür. θ ise riskten kaçınma katsayısıdır. $0 < \theta < \infty$ aralığında olan katsayı 1'den farklı değerler alır ve sabittir. $C(t)$, zamana, t , bağlı tüketim miktarıdır. Kaynak kısıtı ise (2) numaralı eşitsizlikte gösterilmiş olup t zamanında toplam tüketim miktarı, $C(t)$, fiziksel sermayeye yapılan toplam harcama, $X(t)$, ve toplam imitasyon-uyum ve ARGE maliyetinden, $Z(t)$, oluşmaktadır.²

$$C(t)+X(t) + Z(t) \leq Y(t) \quad (2)$$

$Y(t)$, ekonominin toplam çıktı miktarını vermektedir. Fiziksel sermayeye yapılan toplam harcama, difüzyon tarafından gelen ve ARGE tarafından gelen harcamaların toplamıdır:

² Optimumda toplam harcama toplam gelire eşit olacağından, yapılan optimizasyon çözümünde (2) nolu ifade eşitlik olarak alınmıştır.

$$X^D(t) + X^R(t) = X(t) \quad (3)$$

$Z(t)$ ise toplam difüzyon maliyeti ve toplam ARGE maliyetinin bütününi ifade etmektedir:

$$Z^D(t) + Z^R(t) = Z(t) \quad (4)$$

Bu notasyonları açıklamak gerekirse; $X^D(t)$, difüzyon yapılan ara malı üretiminde sermayeye yapılan toplam harcamayı, $X^R(t)$, ARGE yapılan ara malı üretiminde sermayeye yapılan toplam harcamayı, $Z^D(t)$, monopolist tarafından difüzyon için yapılan toplam harcamayı (difüzyon maliyeti), ve $Z^R(t)$ de monopolist tarafından ARGE için yapılan toplam harcamayı (ARGE maliyeti) göstermektedir.

Ekonominin arz tarafında ise öncelikle nihai mal sektörünü ele alalım. Nihai mal sektörünü toplam üretim fonksiyonu temsil etmektedir ve bu üretim fonksiyonunda ara malı sektörlerinin çıktıları belirli bir oranda üretime katılmaktadırlar. Orijinal modelden farklı olarak iki adet, aynı özelliklere sahip nihai mal sektörü üretim fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlardan birinde difüzyon ile adapte edilen teknolojiyle üretilen ara malları nihai mal üretimine katılmakta iken diğer üretim fonksiyonunda ARGE ile geliştiren teknolojinin içerildiği ara mallar üretime katılmaktadır. Difüzyon ve ARGE için ayrı nihai mal üretim fonksiyonları sırası ile (5) ve (6) numaralı eşitliklerde gösterilmiştir.

$$Y^D(t) = [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \quad (5)$$

$$Y^R(t) = [\gamma Y_S^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \quad (6)$$

Burada $Y^D(t)$, difüzyon yolu ile teknolojik değişimi gerçekleştiren monopolistin piyasaya sürdüğü ilgili faktör-yoğun ara mallarının üretime belirli bir oranda katılmasıyla oluşan çıktı miktarını göstermektedir. Buna paralel olarak $Y^R(t)$ ise; ARGE faaliyetleri sonucunda geliştirilen yeni teknolojinin içerildiği ilgili faktör-yoğun ara mallarının yine belirli bir oranda üretime katılmasıyla oluşan nihai mal çıktısını temsil etmektedir.

Nihai mal sektörleri üretim fonksiyonları sabit ikame esnekliği tipinde olup $\varepsilon \in [0, \infty)$ parametresi, ara malları arasındaki sabit ikame esnekliği katsayısını göstermektedir. Üretim fonksiyonunun sabit ikame esnekliğini içermesi, üretim faktörlerinin belirli ve sabit bir oranda üretime katıldığını göstermektedir. γ ise bu faktörlerin toplam çıktı miktarındaki önemini gösteren bir dağılım katsayısıdır.

Faktör-yoğun terimi, ara mallarının özelliğini belirtmektedir. $Y_S^D(t)$, difüzyon yapılan alanda üretilen vasıf-yoğun, S-intensive, ara malı miktarını göstermektedir. Buna paralel olarak $Y_S^R(t)$ ise ARGE ile geliştirilen teknolojinin kullanıldığı vasıf-yoğun ara malı miktarıdır. $Y_U^D(t)$ ve $Y_U^R(t)$ da vasıfsız-işgücü için geçerli ara malı miktarlarını temsil etmektedir.

Ara malı sektöründeki üretim, yeni teknolojinin yönüne bağlı olarak dört farklı koldan gerçekleşmektedir. Öncelikle ara malı üretimi, difüzyon veya ARGE ile geliştirilen teknolojilere bağlı olarak ikiye ayrılır. Bu her alt birim de vasıflı ve vasıfsız işgücüne yanlı olarak üretilen teknolojilerle tamamlanmaktadır. Difüzyon ve ARGE alanlarındaki vasıflı işgücü ve vasıfsız işgücü yanlı ara malı üretim

fonksiyonları (7),(8),(9) ve (10) numaralı denklemlerde verilmiştir. Buradaki önemli nokta, dört farklı ara malı üretim fonksiyonunun da farklı tip fiziki sermaye kullanmasıdır. Vasıflı-işgücünü tamamlayan sermaye aralığı, sırası ile difüzyon ve ARGE yöntemi ile üretilmelerine göre, $[0, N_S^D]$ ve $[0, N_S^R]$ şeklindedir. Vasıfsız-işgücünü tamamlayan sermaye aralığı ise, difüzyon ve ARGE için, $[0, N_U^D]$ ve $[0, N_U^R]$ şeklindedir.

$$Y_S^D(t) = \frac{1}{1-\beta} (S^D)^\beta \int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta \quad (7)$$

$$Y_U^D(t) = \frac{1}{1-\beta} (U^D)^\beta \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta \quad (8)$$

$$Y_S^R(t) = \frac{1}{1-\beta} (S^R)^\beta \int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta \quad (9)$$

$$Y_U^R(t) = \frac{1}{1-\beta} (U^R)^\beta \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta \quad (10)$$

$$\beta \in (0,1).$$

$Y_S^D(t)$ için geçerli üretim fonksiyonu ele alınırsa; çıktı miktarının iki üretim faktörüne bağlı olduğu görülecektir. Bunlar; difüzyon sektöründe üretilen teknolojinin gömülü olduğu fiziki sermaye ve ilgili yöntem ile geliştirilen teknolojiyi kullanan sektörde üretime katılan vasıflı işgücüdür. $x_S^D(\vartheta, t)$, difüzyon ile üretilen teknolojiyi içeren sermayedir. Her sermaye tipi, farklı teknoloji içermektedir ve üretim katıldıktan sonra tükenmektedir. Dolayısıyla, t zamanında, belirli bir ara malı üretim fonksiyonuna katılan fiziki sermaye miktarı, üretilen yeni teknoloji sayısına

göre değişmektedir. Başka bir ifade ile, içerdiği yeni teknolojiyi göstermektedir. Diğer ara malı üretim fonksiyonları da buna paralel açıklamaya sahiptir.

$Y_S^D(t)$: Difüzyon yapılan vasıflı-iş gücü kullanılan sektörde ara malı çıktı miktarı

$Y_S^R(t)$: ARGE yapılan vasıflı-işgücü kullanılan sektörde ara malı çıktı miktarı

$x_S^D(\vartheta, t)$: Difüzyon yapılan ara malı sektörüne katılan sermaye

$x_S^R(\vartheta, t)$: ARGE yapılan ara malı sektöründe kullanılan sermaye

$Y_U^D(t)$: Difüzyon yapılan vasıfsız-iş gücü kullanılan sektörde ara malı çıktı miktarı

$Y_U^R(t)$: ARGE yapılan vasıfsız-işgücü kullanılan sektörde ara malı çıktı miktarı

$x_U^D(\vartheta, t)$: Difüzyon yapılan ara malı sektörüne katılan farklı sermaye tipi miktarı

$x_U^R(\vartheta, t)$: ARGE yapılan ara malı sektöründe kullanılan farklı sermaye tipi miktarı

Orijinal modelde de yapılan bir varsayım olarak, monopolistler, hangi tip olursa olsun, ürettiği sermayenin teknolojisine ait patente sahiptirler. Daha önce de belirtildiği üzere, belirli bir üretim faaliyetinde t zamanında kullanılan sermaye bir sonraki döneme kalmamakta, tamamen tükenmektedir.

Ara malı üretiminde kullanılan sermayeye yapılan toplam harcama ise (11) numaralı eşitlikte difüzyon için, (12) numaralı eşitlikte ise ARGE için verilmiştir. Bu eşitliklere göre, difüzyon için, vasıflı-işgücünü tamamlayan teknoloji ile üretilen sermaye ve vasıfsız-işgücünü geliştiren teknoloji ile üretilen sermayelerin her biri sabit bir φ maliyetine sahiptir. ARGE için de aynısı geçerlidir.

$$X^D(t) = \varphi \left[\int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t) d\vartheta + \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t) d\vartheta \right] \quad (11)$$

$$X^R(t) = \varphi \left[\int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t) d\vartheta + \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t) d\vartheta \right] \quad (12)$$

Yenilik imkanları eğrisi- innovation possibilites frontier ise (13), (14), (15) ve (16) numaralı eşitliklerde verilmiştir. Birim zamanda gerçekleşen yenilik miktarı, teknoloji imkanları öncüsü ve yönetime yapılan yatırımın ürünüdür.³

$$\dot{N}_S^D(t) = \eta_S^D Z_S^D(t) \quad (13)$$

$$\dot{N}_U^D(t) = \eta_U^D Z_U^D(t) \quad (14)$$

$$\dot{N}_S^R(t) = \eta_S^R Z_S^R(t) \quad (15)$$

$$\dot{N}_U^R(t) = \eta_U^R Z_U^R(t) \quad (16)$$

$\eta_S^D(t)$:difüzyon yöntemi ile gerçekleşen inovasyonun gömülü olduğu sermayenin geliştirdiği vasıflı-işgücü kullanılan ara malı sektörü için yenilik imkanları eğrisi

$\eta_U^D(t)$: difüzyon yöntemi ile gerçekleşen inovasyonun gömülü olduğu sermayenin geliştirdiği vasıfsız-işgücü kullanılan ara malı sektörü için yenilik imkanları eğrisi

$\eta_S^R(t)$: ARGE yöntemi ile gerçekleşen inovasyonun gömülü olduğu sermayenin geliştirdiği vasıflı-işgücü kullanılan ara malı sektörü için yenilik imkanları eğrisi

$\eta_U^R(t)$: ARGE yöntemi ile gerçekleşen inovasyonun gömülü olduğu sermayenin geliştirdiği vasıfsız-işgücü kullanılan ara malı sektörü için yenilik imkanları eğrisi

³ $\dot{N}_S^D(t)$ ve diğer ifadeler, t döneminde ekonomiye kazandırılan yeni teknoloji miktarını göstermektedir. Diğer bir deyişle-orijinal modelde de ifade edildiği üzere- yeni teknoloji ile üretilen sermaye sadece bir dönem kullanılabilceği ve ardından tükeneceği için bu ifade, teknolojilerin verimliliğini simgelemektedir.

Bir teknolojinin difüzyon yolu ile uyumu veya ARGE yolu ile geliştirilmesi, monopolistin fayda düzeyine bağlıdır. Monopolistin kârı da yeni teknolojiyle üretilen sermayenin maliyeti ve fiyatı arasındaki farkla belirlenmektedir. Sermayenin maliyeti tüm sektör ve yöntemler için sabit olup φ ile gösterilmektedir. Sermayenin fiyatı ise sektöre ve yönetime göre farklılık gösterip $\vartheta \in [0, N_J^F]_{F=D,R;J=S,U}$ için $\chi(\vartheta, t)$ ile temsil edilmektedir.

Bir monopolistin toplam faydası, sermaye malı başına düşen kârının bugüne indirgenmiş halidir. Bu, hem her iki yöntem için ve her iki işgücü için geçerlidir. (17), (18), (19) ve (20) numaralı ifadelerde fayda fonksiyonları bulunmaktadır.

$$V_S^D(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s')ds} (\chi_S^D(\vartheta, t) - \varphi) x_S^D(\vartheta, t) dv \quad (17)$$

$$V_U^D(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s')ds} (\chi_U^D(\vartheta, t) - \varphi) x_U^D(\vartheta, t) dv \quad (18)$$

$$V_S^R(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s')ds} (\chi_S^R(\vartheta, t) - \varphi) x_S^R(\vartheta, t) dv \quad (19)$$

$$V_U^R(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s')ds} (\chi_U^R(\vartheta, t) - \varphi) x_U^R(\vartheta, t) dv \quad (20)$$

$F=D,F$ ve $J=S,U$ için $V_J^F(\vartheta, t)$ difüzyon veya ARGE ile sermaye üreten monopolistin değer fonksiyonunu göstermektedir. $F=D,F$ ve $J=S,U$ için $V_J^F(\vartheta, t)$ fayda fonksiyonlarının Jacobi-Bellman formu;

$$r(t) V_J^F(\vartheta, t) - \dot{V}_J^F(\vartheta, t) = \chi_J^F(\vartheta, t) x_J^F(\vartheta, t) - \varphi x_J^F(\vartheta, t)$$

şeklinde olmaktadır. $r(t)$, ekonomideki faiz oranı olup üretim faktörü tipine veya teknolojinin üretim yöntemine bağlı değildir. $\chi_j^F(\vartheta, t)$, yeni teknolojiyle üretilen sermayenin fiyatıdır.

Orijinal modelde olduğu gibi, difüzyon ve ARGE yöntemleriyle üretilen teknolojilerin tamamladığı sektörlerde nihai mal fiyatları 1'e normalize edilmektedir. Böylece ara mallarının fiyat endeksi 1'e eşitlenmiş olur. $P_S^D(t), P_U^D(t), P_S^R(t)$ ve $P_U^R(t); Y_S^D(t), Y_U^D(t), Y_S^R(t)$ ve $Y_U^R(t)$ için fiyat endeksleridir.

$$[\gamma^\varepsilon P_S^D(t)^{1-\varepsilon} + (1-\gamma)^\varepsilon P_U^D(t)^{1-\varepsilon}]^{1/1-\varepsilon} = 1 \quad \forall t. \quad (21)$$

$$[\gamma^\varepsilon P_S^R(t)^{1-\varepsilon} + (1-\gamma)^\varepsilon P_U^R(t)^{1-\varepsilon}]^{1/1-\varepsilon} = 1 \quad \forall t. \quad (22)$$

4.2. Modelin Çözümü

Ekonomideki dağılım, aşağıdaki değişkenler tarafından belirlenmektedir:

- (1) tüketim seviyesi, toplam sermaye harcamaları, toplam difüzyon harcaması ve toplam ARGE harcamasının zaman patikası:

$$[C(t), X^D(t), X^R(t), Z^D(t), Z^R(t)]_{t=0}^\infty,$$

- (2) kullanılan sermaye tiplerinin zaman patikası:

$$[N_S^D(t), N_U^D(t), N_S^R(t), N_U^R(t)]_{t=0}^\infty,$$

- (3) Kullanılan sermayelerin fiyatı, miktarı ve o sermayeden monopolistin elde edeceği net bugüne indirgenmiş değerlerin zaman patikası:

$$[\chi_S^D(\vartheta, t), \chi_U^D(\vartheta, t), x_S^D(\vartheta, t), x_U^D(\vartheta, t), V_S^D(\vartheta, t), V_U^D(\vartheta, t)]_{\vartheta \in [0, N_S^D(t)], \vartheta \in [0, N_U^D(t)], t=0}^\infty$$

$$[\chi_S^R(\vartheta, t), \chi_U^R(\vartheta, t), x_S^R(\vartheta, t), x_U^R(\vartheta, t), V_S^R(\vartheta, t), V_U^R(\vartheta, t)]_{\vartheta \in [0, N_S^R(t)], \vartheta \in [0, N_U^R(t)], t=0}^{\infty}$$

(4) Faktör fiyatlarının zaman patikası: $[r(t), w_S^D(t), w_U^D(t), w_S^R(t), w_U^R(t)]_{t=0}^{\infty}$.

Denge dağılımı ise aşağıdaki dağılımdan oluşmaktadır:

(1) ARGE ve difüzyon yapan monopolistin kâr maksimizasyonu sonucu seçeceği

faktör fiyatı ve sermaye miktarı $[\chi_G^F(\vartheta, t), x_G^F(\vartheta, t)]_{\vartheta \in [0, N_G^F(t)], t=0}^{\infty}$, F=D,R ve

G=S,U için.

(2) Serbest giriş koşulu tarafından belirlenen $[N_S^D(t), N_U^D(t), N_S^R(t), N_U^R(t)]_{t=0}^{\infty}$,

(3) Piyasa temizlenme koşulu tarafından belirlenen faktör fiyatlarının zaman

patikası $[r(t), w_S^D(t), w_U^D(t), w_S^R(t), w_U^R(t)]_{t=0}^{\infty}$,

(4) Sosyal plancı çözümü tarafından belirlenen

$[C(t), X^D(t), X^R(t), Z^D(t), Z^R(t)]_{t=0}^{\infty}$ değişkenlerinin zaman patikası.

4.2.1. Ara Malı Sektörünün Kâr Maksimizasyonu

Ara malı sektörleri 4 ana kısımdan oluşmaktadır ve hepsinin kâr maksimizasyonu problemi bu bölümde verilmiştir. Öncelikle sermayesi difüzyon faaliyeti ile oluşturulan, vasıflı-işgücü kullanılan ara malı sektörünün kâr maksimizasyonu;

$$\max_{S^D, x_S^D(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_S^D(t)]}} \Pi(t) = P_S^D(t) Y_S^D(t) - w_S^D S^D - \int_0^{N_S^D(t)} \chi_S^D(\vartheta, t) x_S^D(\vartheta, t) d\vartheta \quad (23)$$

şeklindedir. (7) numaralı eşitliği maksimizasyon probleminde $Y_S^D(t)$ yerine yazarsak problemin yeni hali;

$$\max_{S^D, x_S^D(\vartheta, t)} \frac{P_S^D(t)}{1-\beta} \int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta (S^D)^\beta - w_S^D S^D - \int_0^{N_S^D(t)} \chi_S^D(\vartheta, t) x_S^D(\vartheta, t) d\vartheta \quad (24)$$

olur. Bu ifadenin $x_S^D(\vartheta, t)$ için diferansiyeli alınır;

$$\partial \Pi(t) = \frac{1}{1-\beta} (1-\beta) P_S^D(t) x_S^D(\vartheta, t)^{-\beta} (S^D)^\beta \partial x_S^D(\vartheta, t) - \chi_S^D(\vartheta, t) \partial x_S^D(\vartheta, t) \quad (25)$$

elde edilir. Bu ifade, $x_S^D(\vartheta, t)$ için çözülürse;

$$\frac{\partial \Pi(t)}{\partial x_S^D(\vartheta, t)} = P_S^D(t) x_S^D(\vartheta, t)^{-\beta} (S^D)^\beta - \chi_S^D(\vartheta, t) = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$P_S^D(t) x_S^D(\vartheta, t)^{-\beta} (S^D)^\beta = \chi_S^D(\vartheta, t)$$

$$x_S^D(\vartheta, t)^\beta = \frac{P_S^D(t)}{\chi_S^D(\vartheta, t)} (S^D)^\beta.$$

Talep fonksiyonu

$$x_S^D(\vartheta, t) = \left(\frac{P_S^D(t)}{\chi_S^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} S^D \text{ olarak bulunur.} \quad (26)$$

Sermayesi difüzyon faaliyeti ile oluşturulan, vasıfsız-işgücü kullanılan ara malı sektörünün kâr maksimizasyonu sonucunda (30) nolu talep fonksiyonuna ulaşılmaktadır. Bu aşamalar aşağıdaki denklem sırasında verilmiştir.

(27)

$$\max_{U^D, x_U^D(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_U^D(t)]}} \Pi(t) = P_U^D(t) Y_U^D(t) - w_U^D U^D - \int_0^{N_U^D(t)} \chi_U^D(\vartheta, t) x_U^D(\vartheta, t) d\vartheta$$

(27) nolu denklem maksimizasyon problemini oluşturur. (8) numaralı eşitliği maksimizasyon probleminde $Y_U^D(t)$ yerine yazarsak problemin yeni hali;

$$\max_{U^D, x_U^D(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_U^D(t)]}} P_U^D(t) \frac{1}{1-\beta} (U^D)^\beta \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta - w_U^D U^D - \int_0^{N_U^D(t)} \chi_U^D(\vartheta, t) x_U^D(\vartheta, t) d\vartheta \quad (28)$$

halini alır. Bu ifadenin $x_U^D(\vartheta, t)$ için diferansiyelini alınırsa;

$$\partial \Pi(t) = \frac{1}{1-\beta} (1-\beta) P_U^D(t) x_U^D(\vartheta, t)^{-\beta} (U^D)^\beta \partial x_U^D(\vartheta, t) - \chi_U^D(\vartheta, t) \partial x_U^D(\vartheta, t). \quad (29)$$

$$\frac{\partial \Pi(t)}{\partial x_U^D(\vartheta, t)} = P_U^D(t) x_U^D(\vartheta, t)^{-\beta} (U^D)^\beta - \chi_U^D(\vartheta, t) = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$P_U^D(t) x_U^D(\vartheta, t)^{-\beta} (U^D)^\beta = \chi_U^D(\vartheta, t)$$

$$x_U^D(\vartheta, t)^\beta = \frac{P_U^D(t)}{\chi_U^D(\vartheta, t)} (U^D)^\beta$$

$$x_U^D(\vartheta, t) = \left(\frac{P_U^D(t)}{\chi_U^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} U^D \quad (30)$$

Sermayesi ARGE faaliyeti ile oluşturulan, vasıflı-işgücü kullanılan ara malı sektörünün kâr maksimizasyonu;

$$(31)$$

$$\max_{S^R, x_S^R(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_S^R(t)]}} \Pi(t) = P_S^R(t) Y_S^R(t) - w_S^R S^R - \int_0^{N_S^R(t)} \chi_S^R(\vartheta, t) x_S^R(\vartheta, t) d\vartheta$$

(9) numaralı eşitliği maksimizasyon probleminde $Y_S^R(t)$ yerine yazarsak problemin yeni hali;

$$\max_{S^R, x_S^R(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_S^R(t)]}} P_S^R(t) \frac{1}{1-\beta} (S^R)^\beta \int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta - w_S^R S^R - \int_0^{N_S^R(t)} \chi_S^R(\vartheta, t) x_S^R(\vartheta, t) d\vartheta \quad (32)$$

olur. Bu ifadenin $x_S^D(\vartheta, t)$ için diferansiyelini alınırsa;

(33)

$$\partial \Pi(t) = \frac{1}{1-\beta} (1-\beta) P_S^R(t) x_S^R(\vartheta, t)^{-\beta} (S^R)^\beta \partial x_S^R(\vartheta, t) - \chi_S^R(\vartheta, t) \partial x_S^R(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi(t)}{\partial x_S^R(\vartheta, t)} = P_S^R(t) x_S^R(\vartheta, t)^{-\beta} (S^R)^\beta - \chi_S^R(\vartheta, t) = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$P_S^R(t) x_S^R(\vartheta, t)^{-\beta} (S^R)^\beta = \chi_S^R(\vartheta, t)$$

$$x_S^R(\vartheta, t)^\beta = \frac{P_S^R(t)}{\chi_S^R(\vartheta, t)} (S^R)^\beta$$

Talep fonksiyonu

$$x_S^R(\vartheta, t) = \left(\frac{P_S^R(t)}{\chi_S^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} S^R \text{ olarak bulunur.} \quad (34)$$

Sermayesi ARGE faaliyeti ile oluşturulan, vasıfsız-işgücü kullanılan ara malı sektörünün kâr maksimizasyonu;

(35)

$$\max_{U^R, x_U^R(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_U^R(t)]}} \Pi(t) = P_U^R(t) Y_U^R(t) - w_U^R U^R - \int_0^{N_U^R(t)} \chi_U^R(\vartheta, t) x_U^R(\vartheta, t) d\vartheta$$

(10) numaralı eşitliği maksimizasyon probleminde $Y_U^R(t)$ yerine yazarsak problemin yeni hali;

$$\max_{U^R, x_U^R(\vartheta, t)_{\vartheta \in [0, N_U^R(t)]}} P_U^R(t) \frac{1}{1-\beta} (U^R)^\beta \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta - w_U^R U^R - \int_0^{N_U^R(t)} \chi_U^R(\vartheta, t) x_U^R(\vartheta, t) d\vartheta \quad (36)$$

halini alır. Bu ifadenin $x_U^D(\vartheta, t)$ için diferansiyelini alınırsa;

$$\partial \Pi(t) = \frac{1}{1-\beta} (1-\beta) P_U^R(t) x_U^R(\vartheta, t)^{-\beta} (U^R)^\beta \partial x_U^R(\vartheta, t) - \chi_U^R(\vartheta, t) \partial x_U^R(\vartheta, t) \quad (37)$$

$$\partial \Pi(t) = \frac{1}{1-\beta} (1-\beta) P_U^R(t) x_U^R(\vartheta, t)^{-\beta} (U^R)^\beta \partial x_U^R(\vartheta, t) - \chi_U^R(\vartheta, t) \partial x_U^R(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi(t)}{\partial x_U^R(\vartheta, t)} = P_U^R(t) x_U^R(\vartheta, t)^{-\beta} (U^R)^\beta - \chi_U^R(\vartheta, t) = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$P_U^R(t) x_U^R(\vartheta, t)^{-\beta} (U^R)^\beta = \chi_U^R(\vartheta, t)$$

$$x_U^R(\vartheta, t)^\beta = \frac{P_U^R(t)}{\chi_U^R(\vartheta, t)} (U^R)^\beta$$

Talep fonksiyonu

$$x_U^R(\vartheta, t) = \left(\frac{P_U^R(t)}{\chi_U^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} U^R \text{ olarak bulunur.} \quad (38)$$

(38), (34), (30) ve (26) numaralı eşitlikler, optimizasyon sonucu bulunan optimum sermaye miktarlarını göstermektedir.

4.2.2. ARGE ve Difüzyon Yapacak Monopolistin Kâr Maksimizasyonu

Difüzyonunda vasıflı işgücü kullanılan teknolojinin monopolist açısından optimizasyon problemi:

$$r(t) V_S^D(\vartheta, t) - \dot{V}_S^D(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s') ds} (\chi_S^D(\vartheta, t) - \varphi) x_S^D(\vartheta, t) dv$$

$$\Pi_S^D(\vartheta, t) = (\chi_S^D(\vartheta, t) - \varphi) x_S^D(\vartheta, t) \quad (39)$$

$$\max_{\chi_S^D(\vartheta, t), x_S^D(\vartheta, t)} \Pi_S^D(\vartheta, t) = (\chi_S^D(\vartheta, t) - \varphi) x_S^D(\vartheta, t) \quad (40)$$

Talep miktarı, $x_S^D(\vartheta, t)$, yerine ara malı sektöründeki optimizasyon işleminde

bulunan optimum $x_S^D(\vartheta, t) = \left(\frac{P_S^D(t)}{\chi_S^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} \cdot S^D$ sonucunu yazılırsa;

$$\max_{\chi_S^D(\vartheta, t), x_S^D(\vartheta, t)} \Pi_S^D(\vartheta, t) = (\chi_S^D(\vartheta, t) - \varphi) \left(\frac{P_S^D(t)}{\chi_S^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} \cdot S^D \text{ elde edilir.} \quad (41)$$

$\chi_S^D(\vartheta, t)$ için birinci mertebe koşulu bulunursa;

$$\partial \Pi_S^D(\vartheta, t) = P_S^D(t)^{1/\beta} S^D \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^D(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] \partial \chi_S^D(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi_S^D(\vartheta, t)}{\partial \chi_S^D(\vartheta, t)} = P_S^D(t)^{1/\beta} S^D \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^D(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] = 0$$

$$\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} = \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^D(\vartheta, t)^{1/\beta}}$$

$$\chi_S^D(\vartheta, t) = \frac{\varphi}{1-\beta}. \quad (42)$$

Difüzyonunda vasıfsız işgücü kullanılan teknolojinin monopolist açısından optimizasyon problemi:

$$r(t) V_U^D(\vartheta, t) - \dot{V}_U^D(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s') ds} (\chi_U^D(\vartheta, t) - \varphi) x_U^D(\vartheta, t) dv$$

$$\Pi_U^D(\vartheta, t) = (\chi_U^D(\vartheta, t) - \varphi) x_U^D(\vartheta, t) \quad (43)$$

$$\max_{\chi_U^D(\vartheta, t), x_U^D(\vartheta, t), \vartheta \in [0, N_U^D(t)]} \Pi_U^D(\vartheta, t) = (\chi_U^D(\vartheta, t) - \varphi) x_U^D(\vartheta, t) \quad (44)$$

Talep miktarı, $\chi_U^D(\vartheta, t)$, yerine ara malı sektöründeki optimizasyon işleminde

bulunan optimum $x_U^D(\vartheta, t) = \left(\frac{P_U^D(t)}{\chi_U^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} \cdot U^D$ sonucunu yazılırsa;

$$\max_{\chi_U^D(\vartheta, t), x_U^D(\vartheta, t), \vartheta \in [0, N_U^D(t)]} \Pi_U^D(\vartheta, t) = (\chi_U^D(\vartheta, t) - \varphi) \left(\frac{P_U^D(t)}{\chi_U^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} U^D \quad (45)$$

elde edilir. $\chi_U^D(\vartheta, t)$ için birinci mertebe koşulu bulunursa;

$$\partial \Pi_U^D(\vartheta, t) = P_U^D(t)^{1/\beta} U^D \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^D(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] \partial \chi_U^D(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi_U^D(\vartheta, t)}{\partial \chi_U^D(\vartheta, t)} = P_U^D(t)^{1/\beta} U^D \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^D(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] = 0$$

$$\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^D(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} = \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^D(\vartheta, t)^{1/\beta}}$$

$$\chi_U^D(\vartheta, t) = \frac{\varphi}{1-\beta}. \quad (46)$$

İnovasyonunda vasıflı işgücü kullanılan teknolojinin monopolist açısından optimizasyon problemi:

$$r(t) V_S^R(\vartheta, t) - \dot{V}_S^R(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s') ds} (\chi_S^R(\vartheta, t) - \varphi) x_S^R(\vartheta, t) dv$$

$$\Pi_S^R(\vartheta, t) = (\chi_S^R(\vartheta, t) - \varphi) x_S^R(\vartheta, t) \quad (47)$$

$$\max_{\chi_S^R(\vartheta, t), x_S^R(\vartheta, t), \vartheta \in [0, N_S^R(t)]} \Pi_S^R(\vartheta, t) = (\chi_S^R(\vartheta, t) - \varphi) x_S^R(\vartheta, t) \quad (48)$$

Talep miktarı, $\chi_S^R(\vartheta, t)$, yerine ara malı sektöründeki optimizasyon işleminde bulunan optimum $x_S^R(\vartheta, t) = \left(\frac{P_S^R(t)}{\chi_S^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} \cdot S^R$ sonucunu yazılırsa;

$$\max_{\chi_S^R(\vartheta, t), x_S^R(\vartheta, t), \vartheta \in [0, N_S^R(t)]} \Pi_S^R(\vartheta, t) = (\chi_S^R(\vartheta, t) - \varphi) \left(\frac{P_S^R(t)}{\chi_S^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} S^R \text{ elde edilir.} \quad (49)$$

$\chi_S^R(\vartheta, t)$ için birinci mertebe koşulu bulunursa;

$$\partial \Pi_S^R(\vartheta, t) = P_S^R(t)^{1/\beta} S^R \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^R(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] \partial \chi_S^R(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi_S^R(\vartheta, t)}{\partial \chi_S^R(\vartheta, t)} = P_S^R(t)^{1/\beta} S^R \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^R(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] = 0$$

$$\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_S^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} = \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_S^R(\vartheta, t)^{1/\beta}}$$

$$\chi_S^R(\vartheta, t) = \frac{\varphi}{1-\beta}. \quad (50)$$

İnovasyonunda vasıfsız işgücü kullanılan teknolojinin monopolist açısından optimizasyon problemi:

$$r(t) V_U^R(\vartheta, t) - \dot{V}_U^R(\vartheta, t) = \int_0^\infty e^{-\int_t^s r(s') ds} (\chi_U^R(\vartheta, t) - \varphi) x_U^R(\vartheta, t) dv$$

$$\Pi_U^R(\vartheta, t) = (\chi_U^R(\vartheta, t) - \varphi) x_U^R(\vartheta, t) \quad (51)$$

$$\max_{\chi_U^R(\vartheta, t), x_U^R(\vartheta, t)}_{\vartheta \in [0, N_U^R(t)]} \Pi_U^R(\vartheta, t) = (\chi_U^R(\vartheta, t) - \varphi) x_U^R(\vartheta, t) \quad (52)$$

Talep miktarı, $x_U^R(\vartheta, t)$, yerine ara malı sektöründeki optimizasyon işleminde

bulunan optimum $x_U^R(\vartheta, t) = \left(\frac{P_U^R(t)}{\chi_U^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} U^R$ sonucunu yazılırsa;

$$\max_{\chi_U^R(\vartheta, t), x_U^R(\vartheta, t)}_{\vartheta \in [0, N_U^R(t)]} \Pi_U^R(\vartheta, t) = (\chi_U^R(\vartheta, t) - \varphi) \left(\frac{P_U^R(t)}{\chi_U^R(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} U^R \quad (53)$$

elde edilir. $\chi_U^R(\vartheta, t)$ için birinci mertebe koşulu bulunursa;

$$\partial \Pi_U^R(\vartheta, t) = P_U^R(t)^{1/\beta} U^R \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^R(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] \partial \chi_U^R(\vartheta, t)$$

$$\frac{\partial \Pi_U^R(\vartheta, t)}{\partial \chi_U^R(\vartheta, t)} = P_U^R(t)^{1/\beta} U^R \left[\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} - \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^R(\vartheta, t)^{1/\beta}} \right] = 0$$

$$\frac{\beta - 1}{\beta} \chi_U^R(\vartheta, t)^{\beta-1/\beta} = \frac{1}{\beta} \frac{\varphi}{\chi_U^R(\vartheta, t)^{1/\beta}}$$

$$\chi_U^R(\vartheta, t) = \frac{\varphi}{1-\beta}. \quad (54)$$

Yukarıda bulunan (42),(46),(50) ve (54) nolu sonuçlarda gösterildiği üzere teknoloji içeren sermayenin fiyatı herhangi bir sektöre veya iş gücü tipine bağlı değildir. Orijinal modelde $\varphi = 1 - \beta$ alınarak fiyat 1'e normalize edilmiştir. Burada da işlem karmaşasını önlemek ve sonuçları daha iyi görebilmek adına aynı işlem uygulanacaktır.

$$\chi_S^D(\vartheta, t) = \chi_U^D(\vartheta, t) = \chi_S^R(\vartheta, t) = \chi_U^R(\vartheta, t) = 1 \text{ elde edilir.}$$

Optimizasyon sonucu monopolistin sabit mark-up fiyatı koyması ve bunun 1'e normalize edilmesi sonucu sermaye için bulunan optimum talep miktarları şu şekildedir;

$$x_S^D(\vartheta, t) = (P_S^D(t))^{1/\beta} S^D \quad (55)$$

$$x_U^D(\vartheta, t) = (P_U^D(t))^{1/\beta} U^D \quad (56)$$

$$x_S^R(\vartheta, t) = (P_S^R(t))^{1/\beta} S^R \quad (57)$$

$$x_U^R(\vartheta, t) = (P_U^R(t))^{1/\beta} U^R \quad (58)$$

Sermayeler için optimum talep miktarları, kullanılan makine tipine bağlı değildir. Bu miktarları belirleyen unsurlar fiyatlar ve üretim faktörü tipidir. Dolayısıyla monopolistin fayda maksimizasyonu da makine tipinden bağımsız olmalıdır. Sermayenin fiyatının 1'e normalize edildiğini ve sabit üretim maliyetinin, $\varphi, (1 - \beta)$ değerine eşit kabul edildiğini hatırlarsak, monopolistin kâr fonksiyonu $F=D, R$ ve $G=S, U$ için $\pi_G^F(t) = [1 - (1 - \beta)] (P_G^F(t))^{1/\beta} G^F$ halini alır. Monopolistin bugüne indirgenmiş net değeri hangi sektöre sermaye arzı sağladığına ve hangi yöntemle teknoloji üretildiğine bağlı olarak değişir. Orijinal modele sadık kalarak monopolistin elde edeceği değerleri $V_S^D(t), V_S^R(t), V_U^D(t)$ ve $V_U^R(t)$ ile ifade edebiliriz.

Türetilmiş ara malı üretim fonksiyonlarını bulmak için (7),(8),(9) ve (10) numaralı eşitliklere, bulunmuş olan optimum talep miktarları,(26),(34),(30) ve (38), sırası ile yazılırsa (57),(58),(59) ve (60) nolu fonsiyonlar elde edilir.

$$\begin{aligned} Y_S^D(t) &= \frac{1}{1-\beta} (S^D)^\beta \int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \\ &= \frac{1}{1-\beta} (S^D)^\beta \int_0^{N_S^D(t)} \left(\frac{P_S^D(t)}{\chi_S^D(\vartheta, t)} \right)^{1/\beta} S^D dv \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{1-\beta} (S^D)^\beta \int_0^{N_S^D(t)} \left(\frac{P_S^D(t)}{1} \right)^{1/\beta} S^D^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} P_S^D(t)^{1/\beta} S^D N_S^D(t).
\end{aligned} \tag{57}$$

$$\begin{aligned}
Y_S^R(t) &= \frac{1}{1-\beta} (S^R)^\beta \int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} (S^R)^\beta \int_0^{N_S^R(t)} \left(\frac{P_S^R(t)}{\chi_S^R(\vartheta, t)} \right)^{1-\beta/\beta} S^R^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} (S^R)^\beta \int_0^{N_S^R(t)} \left(\frac{P_S^R(t)}{1} \right)^{1-\beta/\beta} S^R^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} P_S^R(t)^{1-\beta/\beta} S^R N_S^R(t).
\end{aligned} \tag{58}$$

$$\begin{aligned}
Y_U^D(t) &= \frac{1}{1-\beta} (U^D)^\beta \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} (U^D)^\beta \int_0^{N_U^D(t)} \left(\frac{P_U^D(t)}{\chi_U^D(\vartheta, t)} \right)^{1-\beta/\beta} U^D^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} (U^D)^\beta \int_0^{N_U^D(t)} \left(\frac{P_U^D(t)}{1} \right)^{1-\beta/\beta} U^D^{1-\beta} dv \\
&= \frac{1}{1-\beta} P_U^D(t)^{1-\beta/\beta} U^D N_U^D(t).
\end{aligned} \tag{59}$$

$$\begin{aligned}
Y_U^R(t) &= \frac{1}{1-\beta} (U^R)^\beta \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t)^{1-\beta} d\vartheta \\
&= \frac{1}{1-\beta} (U^R)^\beta \int_0^{N_U^R(t)} \left(\frac{P_U^R(t)}{\chi_U^R(\vartheta, t)} \right)^{1-\beta/\beta} U^{R^{1-\beta}} d\vartheta \\
&= \frac{1}{1-\beta} (U^R)^\beta \int_0^{N_U^R(t)} \left(\frac{P_U^R(t)}{1} \right)^{1-\beta/\beta} U^{R^{1-\beta}} d\vartheta \\
&= \frac{1}{1-\beta} P_U^R(t)^{1-\beta/\beta} U^R N_U^R(t). \tag{60}
\end{aligned}$$

4.2.3. Ara Malı Fiyatları ve Göreli Fiyatlar

Difüzyon ve ARGE pazarlarının nihai mal üretim fonksiyonları, (5) ve (6) nolu fonksiyonlardır. Difüzyon yapılan sektörde, vasıflı ve vasıfsız işgücü üretim faktörleri için marjinal ürün oranı bulunursa;

$$\begin{aligned}
MP_{Y_S^D(t)} &= \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \gamma Y_S^D(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\
&= \gamma Y_S^D(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\
&= \gamma Y_S^D(t)^{-1/\varepsilon} Y^D(t)^{1/\varepsilon}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MP_{Y_U^D(t)} &= \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} (1-\gamma) Y_U^D(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\
&= (1-\gamma) Y_U^D(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\
&= (1-\gamma) Y_U^D(t)^{-1/\varepsilon} Y^D(t)^{1/\varepsilon}
\end{aligned}$$

elde edilir.

ARGE yapılan sektörde, vasıflı ve vasıfsız işgücü üretim faktörleri için marjinal ürün oranı bulunursa;

$$\begin{aligned} MP_{Y_S^R(t)} &= \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \gamma Y_S^R(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1 - \gamma) Y_U^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\ &= \gamma Y_S^R(t)^{-1/\varepsilon} Y^R(t)^{1/\varepsilon} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MP_{Y_U^R(t)} &= \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} (1 - \gamma) Y_U^R(t)^{-1/\varepsilon} [\gamma Y_S^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1 - \gamma) Y_U^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1} \\ &= (1 - \gamma) Y_U^R(t)^{-1/\varepsilon} Y^R(t)^{1/\varepsilon} \text{ elde edilir.} \end{aligned}$$

Ara malı fiyatlarının oranının, marjinal ürün oranına eşit olması optimizasyon gereği uygulanırsa hem difüzyon hem ARGE için ayrı ayrı, aşağıda bulunan (61) ve (62) nolu oranlar elde edilir.

$$\frac{MP_{Y_S^D(t)}}{MP_{Y_U^D(t)}} = \frac{P_S^D(t)}{P_U^D(t)} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(\frac{Y_S^D(t)}{Y_U^D(t)} \right)^{-1/\varepsilon} \quad (61)$$

$$\frac{MP_{Y_S^R(t)}}{MP_{Y_U^R(t)}} = \frac{P_S^R(t)}{P_U^R(t)} = \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(\frac{Y_S^R(t)}{Y_U^R(t)} \right)^{-1/\varepsilon} . \quad (62)$$

Bu oranlar görelî fiyatları, $p(t)^D$ ve $p(t)^R$, temsil etmektedir. Türetilmiş talep fonksiyonları- (57), (58), (59) ve (60)- bu oranlarda yerine yerleştirilir ve iki faktör arasında türetilmiş ikame esnekliği, $\sigma \equiv \varepsilon - (\varepsilon - 1)(1 - \beta)$, ε yerine koyulursa;

$$\begin{aligned}
p(t)^D &= \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(p(t)^{D^{1-\beta/\beta} \frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)}} \right)^{-1/\varepsilon} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon\beta/\sigma} \left(\frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \frac{S^D}{U^D} \right)^{-\beta/\sigma}.
\end{aligned} \tag{63}$$

$$\begin{aligned}
p(t)^R &= \frac{\gamma}{1-\gamma} \left(p(t)^{R^{1-\beta/\beta} \frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)}} \right)^{-1/\varepsilon} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon\beta/\sigma} \left(\frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \frac{S^R}{U^R} \right)^{-\beta/\sigma}.
\end{aligned} \tag{64}$$

elde edilmiş olur.

4.2.4. Göreli Faktör Ücretleri

Türetilmiş ara malı üretim fonksiyonları kullanarak göreli faktör ücretleri bulunabilir. Bu fonksiyonların faktörlere göre marjinal ürünlerinin oranı, göreli ücrete eşit olacaktır. w_S^D ve w_U^D , difüzyon bölümündeki faktör ücretlerini gösterdiği daha önce belirtilmişti. (56) numaralı türetilmiş üretim fonksiyonundan vasıflı-işgücü için bulunacak marjinal ürün, (58) numaralı türetilmiş üretim fonksiyonundan vasıfsız-işgücü için bulunacak marjinal ürüne oranlanması ile göreli ücret oranına ait bir eşitlik elde edilir.

$$Y_S^D(t) = \frac{1}{1-\beta} P_S^D(t)^{1/\beta} S^D N_S^D(t) \text{ için } \frac{\partial Y_S^D(t)}{\partial S} = \frac{1}{1-\beta} P_S^D(t)^{1/\beta} N_S^D(t) \text{ olurken}$$

$$Y_U^D(t) = \frac{1}{1-\beta} P_U^D(t)^{1/\beta} U^D N_U^D(t) \text{ için } \frac{\partial Y_U^D(t)}{\partial U} = \frac{1}{1-\beta} P_U^D(t)^{1/\beta} N_U^D(t) \text{ olur. Marjinal}$$

ürünleri oranlar ve bunu göreli faktör ücretine eşitlersek;

$$\begin{aligned}
\frac{MP_S^D}{MP_U^D} = \mathbf{w}^D(\mathbf{t}) &\equiv \frac{w_S^D}{w_U^D} = \left(\frac{P_S^D(t)}{P_U^D(t)} \right)^{1/\beta} \frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \\
&= p(t)^{D^{1/\beta}} \frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon\beta/\sigma} \left(\frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \frac{S^D}{U^D} \right)^{-\beta/\sigma} \frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \right)^{\sigma-1/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D} \right)^{-1/\sigma}.
\end{aligned} \tag{65}$$

w_S^R ve w_U^R , ARGE bölümündeki faktör ücretlerini gösterdiği daha önce belirtilmişti. (57) numaralı türetilmiş üretim fonksiyonundan vasıflı-işgücü için bulunacak marjinal ürün, (59) numaralı türetilmiş üretim fonksiyonundan vasıfsız-işgücü için bulunacak marjinal ürüne oranlanması ile görelî ücret oranına ait bir eşitlik elde edilir.

$Y_S^R(t) = \frac{1}{1-\beta} P_S^R(t)^{1/\beta} S^R N_S^R(t)$ için $\frac{\partial Y_S^R(t)}{\partial S} = \frac{1}{1-\beta} P_S^R(t)^{1/\beta} N_S^R(t)$ olurken $Y_U^R(t) = \frac{1}{1-\beta} P_U^R(t)^{1/\beta} U^R N_U^R(t)$ için $\frac{\partial Y_U^R(t)}{\partial U} = \frac{1}{1-\beta} P_U^R(t)^{1/\beta} N_U^R(t)$ olur. Marjinal ürünleri oranlar ve bunu görelî faktör ücretine eşitlersek;

$$\begin{aligned}
\frac{MP_S^R}{MP_U^R} = \mathbf{w}^R(\mathbf{t}) &\equiv \frac{w_S^R}{w_U^R} = \left(\frac{P_S^R(t)}{P_U^R(t)} \right)^{1/\beta} \frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \\
&= p(t)^{R^{1/\beta}} \frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon\beta/\sigma} \left(\frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \frac{S^R}{U^R} \right)^{-\beta/\sigma} \frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \\
&= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)} \right)^{\sigma-1/\sigma} \left(\frac{S^R}{U^R} \right)^{-1/\sigma}.
\end{aligned} \tag{66}$$

Teknoloji için piyasaya serbest giriş koşulları

$$Z_S^D(t) > 0 \text{ için } \eta_S^D V_S^D(t) \leq 1 \text{ ve } \eta_S^D V_S^D(t) = 1 \quad (67)$$

$$Z_U^D(t) > 0 \text{ için } \eta_U^D V_U^D(t) \leq 1 \text{ ve } \eta_U^D V_U^D(t) = 1 \quad (68)$$

$$Z_S^R(t) > 0 \text{ için } \eta_S^R V_S^R(t) \leq 1 \text{ ve } \eta_S^R V_S^R(t) = 1 \quad (69)$$

$$Z_U^R(t) > 0 \text{ için } \eta_U^R V_U^R(t) \leq 1 \text{ ve } \eta_U^R V_U^R(t) = 1 \quad (70)$$

4.2.5. Sosyal Plancı Çözümü

Sosyal plancı çözümü, tüketicinin bugüne indirgenmiş faydasını sırası ile ekonomini genel üretim seviyesi, nihai mal üretim fonksiyonları, ara malı üretim fonksiyonları, toplam sermaye harcamaları ve teknoloji üretim patikalarına göre maksimize etmesidir. Aşağıda bu problemin açık hali görülmektedir;⁴

⁴ Sosyal plancı problemindeki kısıtlar, piyasanın temizlendiği varsayımı ve optimumda toplam harcama toplam gelire eşit olacağı için eşitlik olarak alınmaktadır.

$$\max_{[C(t), [x_S^D(\vartheta, t), x_U^D(\vartheta, t), x_S^R(\vartheta, t), x_U^R(\vartheta, t)],_{\vartheta}, Z_S^D(t), Z_U^D(t), Z_S^R(t), Z_U^R(t)]_{t=0}^{\infty}} \int_0^{\infty} e^{(-\rho t)} \frac{C(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

kısıtlar

$$C(t) + X(t) + Z(t) = Y(t)$$

$$X^D(t) + X^R(t) = X(t)$$

$$Z^D(t) + Z^R(t) = Z(t)$$

$$Y^D(t) = [\gamma Y_S^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^D(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1}$$

$$Y^R(t) = [\gamma Y_S^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon} + (1-\gamma) Y_U^R(t)^{\varepsilon-1/\varepsilon}]^{\varepsilon/\varepsilon-1}$$

$$Y_S^D(t) = \frac{1}{1-\beta} \int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \cdot (S^D)^{\beta}$$

$$Y_U^D(t) = \frac{1}{1-\beta} \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \cdot (U^D)^{\beta}$$

$$Y_S^R(t) = \frac{1}{1-\beta} \int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \cdot (S^R)^{\beta}$$

$$Y_U^R(t) = \frac{1}{1-\beta} \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t)^{1-\beta} dv \cdot (U^R)^{\beta}$$

$$X^D(t) = \varphi \left[\int_0^{N_S^D(t)} x_S^D(\vartheta, t) dv + \int_0^{N_U^D(t)} x_U^D(\vartheta, t) dv \right]$$

$$X^R(t) = \varphi \left[\int_0^{N_S^R(t)} x_S^R(\vartheta, t) dv + \int_0^{N_U^R(t)} x_U^R(\vartheta, t) dv \right]$$

$$\dot{N}_S^D(t) = \eta_S^D \cdot Z_S^D(t)$$

$$\dot{N}_U^D(t) = \eta_U^D \cdot Z_U^D(t)$$

$$\dot{N}_S^R(t) = \eta_S^R \cdot Z_S^R(t)$$

$$\dot{N}_U^R(t) = \eta_U^R \cdot Z_U^R(t)$$

Daha önceki bölümlerde türetilmiş ara malı üretim fonksiyonu ve optimum sermaye talebi bulunmuştur. Bulunan bu değerleri kısıtları sadeleştirmek için kullanılırsa; yeni optimizasyon problemi aşağıdaki şekli alır:

$$\max_{[C(t), Z_S^D(t), Z_U^D(t), Z_S^R(t), Z_U^R(t)]_{t=0}^{\infty}} \int_0^{\infty} e^{(-\rho t)} \frac{C(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt$$

Kısıtlar

$$C(t) = (1-\beta)^{-1} \beta \left\{ [S^D N_S^D(t)^{\sigma-1/\sigma} \gamma^{\varepsilon/\sigma} + U^D N_U^D(t)^{\sigma-1/\sigma} (1-\gamma)^{\varepsilon/\sigma}]^{\sigma/\sigma-1} + \right. \\ \left. [S^R N_S^R(t)^{\sigma-1/\sigma} \gamma^{\varepsilon/\sigma} + U^R N_U^R(t)^{\sigma-1/\sigma} (1-\gamma)^{\varepsilon/\sigma}]^{\sigma/\sigma-1} \right\} - Z_S^D(t) \\ - Z_U^D(t) - Z_S^R(t) - Z_U^R(t)$$

$$\dot{N}_S^D(t) = \eta_S^D \cdot Z_S^D(t)$$

$$\dot{N}_U^D(t) = \eta_U^D \cdot Z_U^D(t)$$

$$\dot{N}_S^R(t) = \eta_S^R \cdot Z_S^R(t)$$

$$\dot{N}_U^R(t) = \eta_U^R \cdot Z_U^R(t)$$

Burada tüketim ve teknolojik yeniliğe yapılan harcamalar kontrol değişkeni iken teknoloji yenilik seviyesi seçim değişkenidir. Buna göre oluşturulan Hamiltonian fonksiyonu ise ;

$$H(N_S^D, N_U^D, N_S^R, N_U^R, Z_S^D, Z_U^D, Z_S^R, Z_U^R, \mu_S^D, \mu_U^D, \mu_S^R, \mu_U^R) = \frac{C(t)^{1-\theta}-1}{1-\theta} + \mu_S^D \eta_S^D Z_S^D(t) \\ + \mu_U^D \eta_U^D Z_U^D(t) + \mu_S^R \eta_S^R Z_S^R(t) + \mu_U^R \eta_U^R Z_U^R(t).$$

Denklemdaki $C(t)$ nin yerine uyarlanan problemde kısıt olarak bulunan tüketim denklemini yerleştirip öncelikle teknoloji harcamalarına göre Hamiltonian fonksiyonunun türevi alınır;

$$H_{z_S^D} = -C(t)^{-\theta} + \mu_S^D \eta_S^D = 0$$

$$H_{z_U^D} = -C(t)^{-\theta} + \mu_U^D \eta_U^D = 0$$

$$H_{z_S^R} = -C(t)^{-\theta} + \mu_S^R \eta_S^R = 0$$

$$H_{z_U^R} = -C(t)^{-\theta} + \mu_U^R \eta_U^R = 0$$

elde edilir. Durum değişkenlerine göre de birinci mertebe koşulları:

$$H_{N_S^D} = C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} S^{D\sigma-1/\sigma} N_S^D(t)^{-1/\sigma} = \rho \mu_S^D(t) - \dot{\mu}_S^D(t)$$

$$H_{N_U^D} = C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} U^{D\sigma-1/\sigma} N_U^D(t)^{-1/\sigma} = \rho \mu_U^D(t) - \dot{\mu}_U^D(t)$$

$$H_{N_S^R} = C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} S^{R\sigma-1/\sigma} N_S^R(t)^{-1/\sigma} = \rho \mu_S^R(t) - \dot{\mu}_S^R(t)$$

$$H_{N_U^R} = C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} U^{R\sigma-1/\sigma} N_U^R(t)^{-1/\sigma} = \rho \mu_U^R(t) - \dot{\mu}_U^R(t)$$

olarak bulunur. İşlem ve ifade kolaylığı sağlamak amacı ile $\Omega(t)$ ifadesi

kullanılmıştır. Bu ifadenin eşiti;

$$\begin{aligned} \Omega(t) = & \beta \left\{ [S^D N_S^D(t)^{\sigma-1/\sigma} \gamma^{\varepsilon/\sigma} + U^D N_U^D(t)^{\sigma-1/\sigma} (1-\gamma)^{\varepsilon/\sigma}]^{1/\sigma-1} \right. \\ & + \left. [S^R N_S^R(t)^{\sigma-1/\sigma} \gamma^{\varepsilon/\sigma} + U^R N_U^R(t)^{\sigma-1/\sigma} (1-\gamma)^{\varepsilon/\sigma}]^{1/\sigma-1} \right\} \end{aligned}$$

olarak bulunur. Teknoloji harcamalarına göre alınan birinci mertebe koşulları tekrar ele alınırsa;

$$\frac{\mu_S^D(t)}{\mu_U^D(t)} = \frac{\eta_U^D}{\eta_S^D} \text{ ve } \frac{\mu_S^R(t)}{\mu_U^R(t)} = \frac{\eta_U^R}{\eta_S^R}$$

ifadesine ulaşılır. $\mu_S^D, \mu_U^D, \mu_S^R$ ve μ_U^R katsayılarının zamana göre değişimi bulunursa bu değişimlerin kendilerine oranı birbirlerine eşit çıkacaktır.⁵

$$\frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)} = \frac{\dot{\mu}_U^D(t)}{\mu_U^D(t)} = \frac{\dot{\mu}_S^R(t)}{\mu_S^R(t)} = \frac{\dot{\mu}_U^R(t)}{\mu_U^R(t)} = -\frac{\dot{\mu}(t)}{\mu(t)}$$

Tüketim için Euler fonksiyonu elde edilmelidir. Bunun için yine teknoloji harcamalarına göre elde edilen birinci mertebe koşulları kullanılır ve

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = -\frac{1}{\theta} \frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)} = -\frac{1}{\theta} \frac{\dot{\mu}_U^D(t)}{\mu_U^D(t)} = -\frac{1}{\theta} \frac{\dot{\mu}_S^R(t)}{\mu_S^R(t)} = -\frac{1}{\theta} \frac{\dot{\mu}_U^R(t)}{\mu_U^R(t)}$$

elde edilir. Seçilen teknoloji miktarlarına göre alınan birinci mertebe koşullarından

ise $\frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)}, \frac{\dot{\mu}_U^D(t)}{\mu_U^D(t)}, \frac{\dot{\mu}_S^R(t)}{\mu_S^R(t)}$ ve $\frac{\dot{\mu}_U^R(t)}{\mu_U^R(t)}$ oranlarına ulaşılır. Bu oranlar;

$$\frac{C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} S^{D^{\sigma-1/\sigma}} N_S^D(t)^{-1/\sigma}}{\mu_S^D(t)} = \frac{\rho \mu_S^D(t) - \dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)}$$

⁵ $\frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)} = \frac{\dot{\mu}_U^D(t)}{\mu_U^D(t)} = \frac{\dot{\mu}_S^R(t)}{\mu_S^R(t)} = \frac{\dot{\mu}_U^R(t)}{\mu_U^R(t)} = \frac{C(t)^{-\theta-1}}{C(t)^{-\theta-1}}$.

$$-\frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)} = -\frac{1}{\mu_S^D(t)} C(t)^{-\theta} \Omega(t) \gamma^{\varepsilon/\sigma} S^{D^{\sigma-1/\sigma}} N_S^D(t)^{-1/\sigma} - \rho$$

Bu bulunan $-\frac{\dot{\mu}_S^D(t)}{\mu_S^D(t)}$ ifadesinde $\Omega(t)$ eşitliğini aynen yazmak yerine daha sonraki bölümlerde bulunmuş olan (83) ve (84) nolu teknoloji oranlarını gösteren eşitlikler, $\Omega(t)$ ifadesine yerleştirilmiştir. Bulunan sonuç ise tüketim için Bulduğumuz Euler denkleminde yerleştirilirse;

$$\begin{aligned} \frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = g^* = \frac{1}{\theta} (1 - \beta)^{-1} \beta \left\{ \left[\left(S^D \eta_S^D \right)^{1-\sigma} \gamma^\varepsilon + \left(U^D \eta_U^D \right)^{1-\sigma} (1 - \gamma)^\varepsilon \right]^{1/\sigma-1} \right. \\ \left. + \left[\left(S^R \eta_S^R \right)^{1-\sigma} \gamma^\varepsilon + \left(U^R \eta_U^R \right)^{1-\sigma} (1 - \gamma)^\varepsilon \right]^{1/\sigma-1} \right\} - \rho \end{aligned}$$

uzun dönem büyüme oranına ulaşılmış olur. g^* , uzun dönem büyüme oranını temsil etmektedir.

4.3. Dengede Büyüme Patikası

Dengede büyüme patikasında tüketimin sabit bir büyüme oranı, g^* , vardır ve görelî fiyatlar, $p(t)^D$ ve $p(t)^R$, sabittir. Daha önce fiyat endeksleri 1'e normalize edilmişti. Görelî fiyatların sabit olması, fiyat endekslerinin de sabit olduğunu göstermektedir. Monopolistin bugüne indirgenmiş net faydası, modelin çevresinin anlatıldığı bölümde Jacobi-Bellman fonksiyonu ile gösterilmişti. Bu ifade; $F=D, F$ ve $J=S, U$ için

$$r(t) V_j^F(\vartheta, t) - \dot{V}_j^F(\vartheta, t) = \chi_j^F(\vartheta, t) x_j^F(\vartheta, t) - \varphi x_j^F(\vartheta, t) \quad (71)$$

formunda idi. Dengedeki faydayı V_S^D , V_U^D , V_S^R ve V_U^R temsil etsin. Uzun dönemde faydanın zamana göre değişimi sabit ve sıfır olacağından, eşitliğin sağ tarafında faiz oranı ve fayda çarpımı olacaktır. Sol tarafında ise; sermayenin fiyatı 1 ve maliyetinin $(1-\beta)$ olduğunu hatırlayalım. Şu durumda, ara malı optimizasyonunda bulunan sermayenin talebini eşitlikte yerine koyarsak, monopolistin uzun dönem faydasını elde etmiş oluruz. Dört ayrı uzun dönem fayda aşağıda verilmiştir. r^* , uzun dönem faiz oranıdır. P_S^D , P_U^D , P_S^R ve P_U^R ise ara malı fiyatlarıdır.

$$V_S^D = \frac{\beta(P_S^D)^{1/\beta} S^D}{r^*}. \quad (72)$$

$$V_U^D = \frac{\beta(P_U^D)^{1/\beta} U^D}{r^*}. \quad (73)$$

$$V_S^R = \frac{\beta(P_S^R)^{1/\beta} S^R}{r^*}. \quad (74)$$

$$V_U^R = \frac{\beta(P_U^R)^{1/\beta} U^R}{r^*}. \quad (75)$$

Daha önce, monopolistin kendi kârlılığına göre karar verdiği belirtilmişti. Monopolistin vasıflı işgücüne dayalı teknolojiyi geliştirmeyele elde edeceği fayda vasıfsız işgücüne dayalı teknolojiyi geliştirme ile elde edeceği faydadan görece fazlaysa, daha çok vasıflı-işgücünü tamamlayıcı teknolojiler geliştirmek isteyecektir (Acemoğlu, 2009). Bu değerlerin oranı alınır;

$$\frac{V_S^D}{V_U^D} = \frac{\frac{\beta(P_S^D)^{1/\beta} S^D}{r^*}}{\frac{\beta(P_U^D)^{1/\beta} U^D}{r^*}} = \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)^{1/\beta} \frac{S^D}{U^D} \quad (76)$$

$$\frac{V_S^R}{V_U^D} = \frac{\frac{\beta (P_S^R)^{1/\beta} S^R}{r^*}}{\frac{\beta (P_U^R)^{1/\beta} U^R}{r^*}} = \left(\frac{P_S^R}{P_U^R} \right)^{1/\beta} \frac{S^R}{U^R} \quad (77)$$

elde edilir. Bu oranlarda, orijinal modelde de belirtildiği üzere, iki önemli özellik ön plana çıkar. Bunlar, ücret kutuplaşması bölümünde anlatılan fiyat ve pazar büyüklüğü etkisidir. Her iki yöntem için de, kendi içinde bir orana sahip oldukları için aynı etkiler geçerlidir. Fiyat etkisine bakılacak olunursa, ara malı fiyatlarının artışı ile, fayda oranlarının da arttığı görülür.⁶ Göreli fiyatlar artarsa, vasıflı-işgücü tamamlayıcı teknoloji üretme isteği artacaktır. Yine, orijinal modele bağlı kalarak denilebilir ki; fiyatı daha fazla olan faktörler daha az bulunanlardır. Dolayısıyla fiyat etkisi, daha az olanı tamamlayıcı teknolojileri desteklemektedir.

Pazar büyüklüğü etkisi ise göreli faktör arzlarını kullanır. Göreli faktör arzı, vasıflı işgücü lehine, artarsa; o işgücünü tamamlayıcı teknolojileri geliştirmenin kârlılığı görece daha fazla olacaktır. Bu da bize, pazar büyüklüğü etkisinin, görece arzı fazla olan faktöre yönelik pozitif bir sonucu olduğunu göstermektedir.⁷

Üretim faktörleri arasındaki bu sonuçlardan sonra, teknolojik değişimin üretilme veya geliştirme yöntemleri, ARGE ve difüzyon, arasındaki ilişkiye bakılmalıdır. Her

⁶ Fiyat etkisinde, ara malı fiyatlarının artışı ile faydanın arttığı cebirsel olarak gösterilirse;

$$\frac{\partial \left(\frac{V_S^D}{V_U^D} \right)}{\partial \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)} = \frac{1}{\beta} \frac{S^D}{U^D} \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)^{(1-\beta)/\beta} > 0 \text{ ve } \frac{\partial^2 \left(\frac{V_S^D}{V_U^D} \right)}{\partial \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)^2} = \frac{(1-\beta)}{\beta^2} \frac{S^D}{U^D} \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)^{(1-2\beta)/\beta} > 0 \text{ elde edilir.}$$

⁷ Pazar büyüklüğü etkisinde, göreli işgücü arzının göreli kârlılığı artırdığı cebirsel olarak gösterilirse;

$$\frac{\partial \left(\frac{V_S^D}{V_U^D} \right)}{\partial \left(\frac{S^D}{U^D} \right)} = \frac{S^D}{U^D} \left(\frac{P_S^D}{P_U^D} \right)^{1/\beta} > 0 \text{ elde edilir.}$$

iki yöntemde de monopolist faydalarını kıyaslarken, vasıflı-işgücünü tamamlayıcı teknolojik değişimin kârlılığı artıracağı sonucuna ulaşılmıştır. Faktörler arası bu yönlü bir ilişki varsayımı ile; V^D , difüzyon yapan monopolistin görelî faydasını ve V^R , ARGE yapan monopolistin görelî faydasını temsil etsin. P^D ve P^R de difüzyon ile teknoloji üretilen ve ARGE ile teknoloji üretilen kısımlardaki görelî ara malı fiyatlarını göstermektedir. O halde;

$$\frac{V^D}{V^R} = \frac{(S^D/U^R)}{(S^D/U^R)} \left(\frac{P^D}{P^R} \right)^{1/\beta} \quad (78)$$

elde edilir. Farklı yöntemler için de fiyat ve pazar büyüklüğü etkisinin geçerli olduğu sonucuna varılmaktadır. Öyle ki; difüzyon yöntemi ile üretilen teknoloji ile geliştirilen görelî işgücü arzı artışı, difüzyon yapan monopolistin görelî faydasını artıracaktır. Bu özellik bize, pazar büyüklüğü etkisini işaret etmektedir.

Yöntemler arası görelî fiyat artışı ise, yine yöntemler arası görelî faydayı artıran unsurdur. Faktörler arası ilişkide olduğu üzere, burada da denilebilir ki; görece fiyatı daha fazla olan faktörü tamamlayan teknolojiyi üretmenin getirisi daha fazla olacaktır.

Modelde fiyatlar içsel olduğu için, monopolistlere ait fayda oranlarında fiyatların yerine (63) ve (64) nolu görelî fiyat eşitlikleri koyulursa; (79) ve (80) numaralı işgücü arzı fayda oranları elde edilir.

$$\frac{V_S^D}{V_U^D} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^{-1/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{(\sigma-1)/\sigma} \quad (79)$$

$$\frac{V_S^R}{V_U^R} = \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^R}{N_U^R}\right)^{-1/\sigma} \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{(\sigma-1)/\sigma} \quad (80)$$

Hem difüzyon hem ARGE için fayda oranlarına bakıldığında, $\sigma > 1$ için göreceli işgücü arzının göreceli faydaları artırdığı söylenebilir. Faktörler arası ikame esnekliği olan σ , yukarıda bahsedilen pazar büyüklüğü ve fiyat etkilerinin hangisinin baskın olduğunu belirler. Faktörlerin birbirine göre tamamlayıcı değil ikame olduğunu varsaymıştık. Faktörler birbirlerine ikame ise; $\sigma > 1$ ifadesi geçerlidir. Dolayısıyla pazar büyüklüğü etkisi, fiyat etkisini baskılar.

Burada, σ ve ε arasındaki ilişkiyi vurgulamakta fayda vardır. σ , faktörler arası ikame esnekliği katsayısı iken; ε , ara mallarının birbirine göre ikame esnekliği katsayısıdır. σ 'nın, türetilmiş bir katsayı olmasından dolayı, pazar etkisi ve fiyat etkisini incelerken ara malları arasındaki ikame esnekliği katsayısını da incelemeliyiz. Orijinal modelde, $\sigma \equiv \varepsilon - (\varepsilon - 1)(1 - \beta)$ denkliği verilmektedir. Söyleyebiliriz ki $\sigma > 1 \Leftrightarrow \varepsilon > 1$ olur. Dolayısıyla faktörler, nihai mal üretimine katılan ara malları ikame iken ikame özelliği gösterirler.

(67)-(70) nolu eşitliklerde teknoloji için piyasaya serbest giriş koşulları verilmiştir. Hem difüzyon hem ARGE için eşitlik oldukları kabul edilirse elde edilir ki;

$$\eta_S^D V_S^D = \eta_U^D V_U^D \quad (81)$$

$$\eta_S^R V_S^R = \eta_U^R V_U^R. \quad (82)$$

Bu eşitlikler, (79) ve (80) numaralı oranlara yerleştirilirse görelî teknolojilerin dengedeki oranı bulunur:⁸

$$\left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^* = \left(\frac{\eta_S^D}{\eta_U^D}\right) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^\varepsilon \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{\sigma-1} \quad (83)$$

$$\left(\frac{N_S^R}{N_U^R}\right)^* = \left(\frac{\eta_S^R}{\eta_U^R}\right) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^\varepsilon \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{\sigma-1}. \quad (84)$$

Görülüyor ki; görelî verimlilik faktörlerin görelî arzı ve yenilik imkanları tarafından belirlenmektedir. Bu anlamda orijinal modele paralel olarak, teknolojinin tamamen içselleştirildiği söylenebilir.

N^D ve N^R , difüzyon ve ARGE yapan monopolistin verimliliğini gösterebilir.⁹ O halde yöntemlere göre görelî verimlilik oranlarını veren eşitlik;

⁸ $\frac{V_S^D}{V_U^D} = \frac{\eta_U^D}{\eta_S^D}$ için,

$$\begin{aligned} \frac{V_S^D}{V_U^D} &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^{-1/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{(\sigma-1)/\sigma} \\ \frac{\eta_U^D}{\eta_S^D} &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^{-1/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{(\sigma-1)/\sigma} \\ \frac{N_S^D}{N_U^D} &= \left[\left(\frac{\eta_S^D}{\eta_U^D}\right) \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{(\sigma-1)/\sigma} \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \right]^\sigma \\ \left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^* &= \left(\frac{\eta_S^D}{\eta_U^D}\right)^\sigma \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^\varepsilon \left(\frac{S^D}{U^D}\right)^{(\sigma-1)}. \end{aligned}$$

⁹ $N^D = \frac{N_S^D}{N_U^D}$ ve $N^R = \frac{N_S^R}{N_U^R}$ olmak üzere.

$$\frac{N^D}{N^R} = \frac{\eta^D}{\eta^R} \left(\frac{S^D/U^D}{S^R/U^R} \right)^{\sigma-1} \text{ olur.}^{10} \quad (85)$$

(85) numaralı eşitlikten yola çıkarak denilebilir ki; $\sigma > 1$ için difüzyon yapan monopolistin karşı karşıya olduğu görelî faktör arzı artarsa, yine difüzyon yapan monopolistin sahip olduğu görelî verimlilik de artar. Diğer bir deyişle, hangi yönteme ait görelî faktör arzı fazla ise o yönteme olan görelî verimlilik artışı görülür. Bu, gelişmekte olan ülkelerin neden vasıflı-işgücünü görelî olarak difüzyon ile teknolojik değişim gerçekleştiren sektörlerle kaydırıldığını açıklayıcı bir unsur olabilir.

4.4. Dengede Faktör Fiyatları

$\left(\frac{N_S^D}{N_U^D}\right)^*$ ve $\left(\frac{N_S^R}{N_U^R}\right)^*$, görelî verimlilik artışını gösteren oranlardır. $\sigma > 1$ olduğu sürece görelî faktör arzındaki artış, vasıflı-işgücünü tamamlayan teknolojinin üretkenliğini artırmaktadır. $\sigma < 1$ için ise, vasıflı-işgücüne yönelik görelî faktör arzı artışı ters etki yaratmaktadır. Dolayısıyla faktör arzındaki bir değişme bizi, o faktöre yönelik yanlı teknolojik değişim etkilerine değil o faktör için tamamlayıcı teknolojik değişim etkilerine götürür (bkz. Bölüm 2.2). Yanlı teknolojik değişim için marjinal ürünlerin oranına bakılmalıdır. Yine Bölüm 2.2 de görüldüğü üzere, faktör tamamlayıcı ve faktör yanlı teknolojik değişimlerin arasındaki ilişkiyi ikame esnekliği katsayısı göstermektedir. $\sigma > 1$ için; faktör tamamlayıcı teknolojik gelişme aynı zamanda faktör yanlı teknolojik gelişmeyi göstermektedir. $\sigma < 1$ için ise; tersi durum

¹⁰ $\eta^D = \frac{\eta_S^D}{\eta_U^D}$ ve $\eta^R = \frac{\eta_S^R}{\eta_U^R}$ olmak üzere; η^D , difüzyon yapan monopolistin görelî yenilik imkanları katsayısını gösterirken; η^R , ARGE yapan monopolistin görelî yenilik imkanları katsayısını göstermektedir.

geçerlidir. Bu sonuçlara göre, yine orijinal modele paralellik göstererek şu önermeye ulaşılır:

ÖNERME 1. Yukarıda işlenen genişletilmiş yönlendirilmiş teknolojik değişim modelini ele alırsak; her zaman vasıflı-işgücüne yönelik görelî faktör arzı artışı, görelî vasıf-yanlı teknolojik değişimi tetikler. Buna, zayıf denge yanlılığı adı verilmektedir.

KANIT. (83) ve (84) nolu eşitliklerden bu ifadelere ulaşılmaktadır.

Difüzyon ve ARGE yöntemlerine ait (85) numaralı eşitlik göz önüne alınırsa, ÖNERME 1'e ekleyebiliriz ki;

ÖNERME 1.a. Yukarıda işlenen genişletilmiş yönlendirilmiş teknolojik değişim modeli ele alınırsa;

Eğer difüzyon tarafındaki vasıflı işgücüne yönelik görelî faktör arzı artışı, ARGE tarafındaki görelî faktör arzı artışından fazla olursa; difüzyon yöntemine yönelik vasıf-yanlı teknolojik değişimin diğer üretim faktörüne olan görelî karlılığı, ARGE yönteminin faktörler arası görelî karlılığından fazla olur

KANIT. $\frac{N^D}{N^R} = \frac{\eta^D}{\eta^R} \left(\frac{S^D/U^D}{S^R/U^R} \right)^{\sigma-1}$ oranı, $\sigma > 1$ olduğu müddetçe ÖNERME 1.a'nın geçerli olduğunu göstermektedir.

Pazar büyüklüğü etkisi, fiyat etkisini baskılamaktadır. Hatırlanacak olursa fiyat etkisi, görece daha az olan faktöre yönelik değişimi desteklemektedir ancak burada görece fazla olan faktör, teknolojik değişimi yönlendirmektedir.

Bölüm 2’de, vasıflı-işgücü artışı artınca, vasıf-yanlı görece ücretlerin de arttığı ve iktisat yazınındaki birçok çalışmanın bu yönlü bir değişimin nedenselliğinin, yanlı teknolojik değişim konusunda arandığı belirtilmişti. Görece faktör arzı artınca görece ücretlerin arttığı bu durum, klasik işgücü piyasası modelleri ile uyumsuz. Hatırlanacak olursa; görece işgücü arzı, o işgücüne olan görece ücretlerin azalmasına yol açmalıdır. Oysaki burada işgücü arzı artınca tam tersi bir etki meydana gelmektedir. Şu ana kadar kurulan ve yorumlanan modelde, yönlü teknolojik değişime yol açan faktör arzı ve yenilik imkanları eğrisi üzerinde durulmuştur. Peki görece işgücü talep eğrisinin pozitif eğimli olmasını sağlayacak kadar güçlü teknolojik değişimi ne göstermektedir? (65) ve (66) numaralı eşitliklerde görece ücretlerin difüzyon ve ARGE yöntemleri için ifadeleri mevcuttur. Bu oranlardaki görece teknolojik verimliliklerin yerine sırası ile (83) ve (84) numaralı eşitlikler yerleştirilirse;

$$\begin{aligned}
 w^D &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^D(t)}{N_U^D(t)} \right)^{\sigma-1/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D} \right)^{-1/\sigma} \\
 w^D &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D} \right)^{-1/\sigma} \left(\left(\frac{\eta_S^D}{\eta_U^D} \right) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon} \left(\frac{S^D}{U^D} \right)^{\sigma-1} \right)^{\sigma-1/\sigma} \\
 w^D &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^{\varepsilon} (\eta^D)^{(\sigma-1)/\sigma} \left(\frac{S^D}{U^D} \right)^{(\sigma-2)} \tag{86}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
w^R &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{N_S^R(t)}{N_U^R(t)}\right)^{\sigma-1/\sigma} \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{-1/\sigma} \\
w^R &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon/\sigma} \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{-1/\sigma} \left(\left(\frac{\eta_S^R}{\eta_U^R}\right) \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon} \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{\sigma-1}\right)^{\sigma-1/\sigma} \\
w^R &= \left(\frac{1-\gamma}{\gamma}\right)^{\varepsilon} (\eta^R)^{(\sigma-1)/\sigma} \left(\frac{S^R}{U^R}\right)^{(\sigma-2)} \tag{87}
\end{aligned}$$

elde edilir. Yeni ulaşılan görelî ücret oranlarından yola çıkılarak, yine orijinal modele sadık kalarak; ÖNERME 2. ye ulaşılır;

ÖNERME 2. Yukarıda işlenen genişletilmiş yönlendirilmiş teknolojik değişim modelini ele alırsak; $\sigma > 2$ olduğu sürece vasıfsız-işgücü ile kıyaslandığında vasıflı-işgücüne yönelik görelî işgücü arzı artarsa görelî marjinal ürün ve görelî ücret de artar. Buna, güçlü denge yanlılığı denilmektedir.

KANIT. (86) VE (87) numaralı eşitlikler ve elde ediliş yolları, ÖNERME 2 ‘ye nasıl ulaşıldığını göstermektedir.

Şekil 3., ÖNERME 1 ve ÖNERME 2 nin görelî işgücü arzı ve görelî ücret için basit bir analizini sunmaktadır. Normal teknoloji talep eğrisine bakılacak olursa; görelî vasıflı-işgücü arzı artarken görelî ücretlerde bir azalma vardır. İçsel teknoloji talep-1 eğrisi ise ÖNERME 1 i göstermektedir. Bu eğriye göre, $\sigma > 1$ için vasıf yanlı işgücünün görelî arz artışında da belirgin bir azalma görülmez çünkü bu arz artışı nitelik tamamlayıcı ve nitelik yönlü teknolojik değişimi tetikler. İçsel teknoloji talep-

2 eğrisi ise $\sigma > 2$ değerleri için, görel işgücü arzı attığında görel ücretlerin de arttığını göstermektedir. Bu durum, toplam talep eğrisinin pozitif eğimli olduğunu göstermektedir.

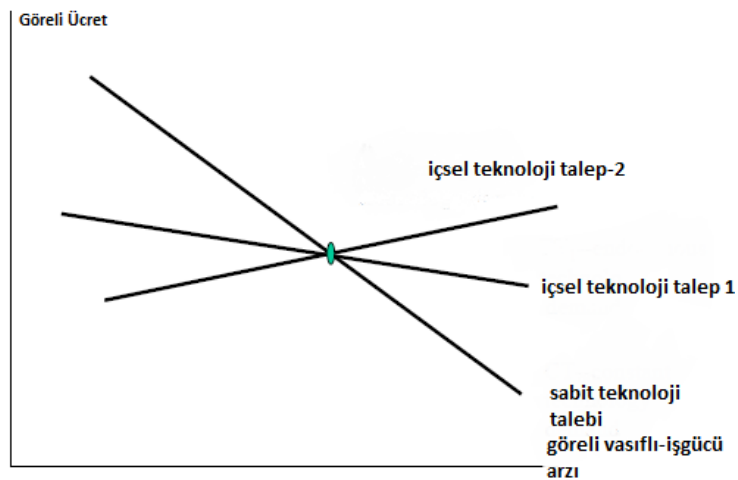
ÖNERME 2.a. Yukarıda işlenen genişletilmiş yönlendirilmiş teknolojik değişim modelini ele alınırsa;

$\sigma > 2$ olduğu sürece eğer difüzyon tarafında-ARGE yöntemine oranla- gerçekleşen görel vasıflı işgücü arzı artarsa; yine difüzyon tarafındaki vasıflı işgücüne yönelik görel işgücü ücretleri, ARGE yöntemindeki görel ücretlere oranla artacaktır.

KANIT. ÖNERME 2.a. daki sonuç göstermek istenilirse, (86) ve (87) numaralı yöntemlere göre görel ücret oranları oranlanmalıdır. Buna göre;

$$\frac{w^D}{w^R} = \left(\frac{\eta^D}{\eta^R} \right)^{(\sigma-1)/\sigma} \left(\frac{S^D/U^D}{S^R/U^R} \right)^{(\sigma-2)} \quad \text{elde edilir.} \quad (88)$$

Şekil 3. Görel İşgücü Arzı ve Görel Ücretler



Kaynak: Acemoğlu, D. (2009), "Introduction to Economic Growth", Princeton University Press.

5. TARTIşMA

Bu çalışmada kurulan teorik model çözümünde ulaşılan sonuçlar, herhangi bir politika önerisi içermemekte olup karşılaşılabilecek iktisadi ortamın bir tasvirini sunma amacı içermektedir. Çizilen teorik çerçeve, ileriki çalışmalarda özellikle gelişmekte olan ülke ekonomilerinin uygulamalı analizinde ve sektörlerle göre yapılacak analizlerde baz alınabilir.

Gelir grubuna göre sınıflandırılan lkelerde küreselleşme, ticaret, bilginin yayılımı ve işgücü piyasasının uygulamalı analizlerinde teknolojik değişimin yönü ve yanlılığını içselleştiren bu gibi bir matematiksel model, teknolojiyi dışsal alan modellere nazaran gerçekte tecrübe edilenle daha uyumlu sonuçlar verebilir. Ayrıca difüzyon ve ARGE yöntemleri için daha kapsamlı ve hedeflenen sonuçlara ulaştırabilecek politikalara ışık tutacak sonuçlar, daha doğru yatırımlara yatırımcıyı yönlendirebilir. Bu politikalar, hükümet sektörü de modele eklenerek hükümetin rolünün detaylı incelenmesi ile geliştirilebilir.

lkelerdeki sektörel ayrıma dikkat çekilirse; hangi sektörlerin hangi teknolojik değişimi sağlayacak yöntem ile kârlılığını artıracak da modele yapılan ekleme ve analiz ile ulaşılabilecek çıkarımlar arasındadır. Kârlılığı artan sektörler, hükümet teşvikleriyle desteklenmektedir. Gerçek hayatla tutarlı bir analiz, yanlış politika önermelerinden kaçınmaya yardımcı olabilir.

6. ÇIKARIMLAR ve SONUÇ

İktisadi modelleme yöntemi kullanılan bu çalışmada temel amaç, işgücü piyasasına yönelik pozitif yönlü talebi yaratan unsur olarak görülen yönlendirilmiş teknolojik değişimin incelenmesidir. Daha önce de sözü edilen bir çok çalışmada belirtildiği üzere teknolojik değişimin yanlılığı, vasıflı ve vasıfsız işgücü faktörleri arasındaki görece verimliliği etkilemektedir. Görülmüştür ki bu etkinin yönü, vasıflı işgücünün görece ücretini artırmış ve iki üretim faktörü arasındaki ücret açığı ortaya çıkmış veya artmıştır.

Modele yapılan katkı, teknolojinin ekonomiye kazandırılma yöntemleri çerçevesinde olmuştur. ARGE ve difüzyon olarak iki ayrı teknolojik katkı yöntemi modele dahil edilmiş ve teknolojik yeniliği yapacak monopolistin sektörler ve yöntemler arası görece kârlılığına ulaşılmıştır.

Ara malı fiyatlarının ve teknolojinin yönünün de içsel alındığı modelde, görece fiyatların teknolojilerin görece verimliliği ve görece faktör arzına bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Verimliliği artan teknolojinin geliştirdiği ara malının fiyatı da yüksek olacaktır. Dolayısıyla monopolist, fiyatı görece fazla olacak ara malına yönelmek isteyecektir. Bu da, daha önce sözü edilen fiyat etkisini kanıtlamaktadır.

Kaldı ki fiyat etkisi sadece vasıflı işgücünün vasıfsız işgücüne oranında kendisini göstermemektedir. İki ayrı yöntemin görece fiyatları oranlanırsa yine paralel bir sonuca ulaşılır. Difüzyon yapan monopolistin karşılaşacağı görece fiyat, ARGE

faaliyeti ile yenilik yapması halinde karşılaştığı göreceli fiyattan, yapacağı teknoloji yatırımı lehine artan bir özellik göstermektedir.

Orijinal modelde, hem teknolojilerin verimlilik oranının hem de işgücü arzı oranının göreceli faktör ücretleri açısından belirleyici olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada ise, yöntemler arası da sektörler arasında olduğu üzere paralel ve aynı yönlü bir ilişkiye ulaşılmıştır.

Tüketim kısmında oluşturulan optimizasyon probleminde ise, probleme eklenen-sektörel ayırımın söz konusu olduğu kısıtlar çerçevesinde de belirli bir büyüme oranına ulaşılmış, g^* , ve genel dengede fayda analizi yapılmıştır. Dikkat çekici nokta ise, herhangi bir yöntem ile tamamlanan herhangi bir ara malı sektörünün faydasında ekonomideki faiz oranı etkili olurken, ne sektörler arası ne de yöntemler arası göreceli fayda analizlerinde faiz oranının etkisi bulunmamaktadır.

Fiyat içselliklerinden arındırılmış göreceli fayda ifadeleri ise; teknoloji verimliliği ve faktör arzlarına doğrudan bağlıdır. (79) ve (80) numaralı eşitliklerde verilen bu oranlara bakılarak fiyat ve pazar büyüklüğü etkilerine dair çıkarım yapılmış ve σ ile temsil edilen faktörler arası ikame esnekliğine bağlı olarak hangi etkinin baskın olduğu gösterilmiştir. Model varsayımlarında faktörlerin birbiri ile ikame olduğu varsayılmıştı, bu da ikame esnekliğinin 1'den büyük olduğunu gösterir. Ulaşılan göreceli faktör arzlarından da görüldüğü üzere, ikame esnekliğinin 1'den büyük olduğu durumlarda pazar büyüklüğü etkisi fiyat etkisini baskılamaktadır.

Dolayısıyla, görelî faktör arzında artış olan yöntem ve sektöre yönelik yapılan teknoloji yatırımının getirisi, yine görelî olarak daha fazla olacaktır. (85) numaralı eşitlik göz önünde bulundurulursa difüzyona yönelik görelî faktör arzında bir artış, teknolojilerin verimliliğini, ve difüzyon yöntemi ile sürdürülen sektörlerle ait görelî faydayı artıracaktır.

Difüzyon yöntemine yönelik ve lehine yapılan bu analizlerin, oluşturulan matematiksel modelde gerçekte tecrübe edileni daha şeffaf yansıtmaya amacı taşıdığı daha önceki bölümlerde belirtilmiştir. Bu argümanı destekler nitelikte, Chang (2009), “Sanayileşmenin Gizli Tarihi” isimli kitabında, gelişmekte olan ülkelerin teknoloji ithalatına verdiği ağırlığı vurgulamaktadır.

Ona göre, gelişmiş olan ülkeler hükümet tarafından yapılan sübvansiyonlarla ARGE faaliyetlerini sürdürebilmektedir. Oysaki gelişmekte olan ülkelere yapılan sübvansiyon oranı çok daha azdır. Rekabetçi piyasaya uyum sağlamak için bu ülkeler, teknoloji ithalatına ağırlık vermektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin difüzyon yönteminin lehine olan bu görelî faydası ve verimlilik artışı yine Chang (2009) tarafından ticaretin kalkınmaya etkisi olarak yorumlanmış ve belirtilmiştir ki;

“..gelişmekte olan bir ülkenin, ileri teknolojilerin sürekli olarak ithal edilmesi söz konusu olmaksızın kendi kendisine icat edebileceği şeylerin bir sınırı vardır.” (Chang, 2009: 114)

Teknolojik değişimin etkilerinin geçerli olup olmadığına bakılırsa; modellemenin sonucu olarak iki ana konsept altında dört adet önermeye ulaşıldığı görölür. Pazar büyüklüğünün, fiyat etkisine baskın olmasından dolayı görelı faktör arzının teknolojik yeniliğe olan teşvikte belirleyiciliği vurgulanmıştı (bkz. Önerme 1).

Teknolojik yeniliğe ulaşma yönteminde de bu belirleyici özellik kendini göstermektedir (bkz. Önerme 1.a). Bu ise, gelişmekte olan ölkelerde difüzyondan elde edilecek görelı getirinin fazla olmasına dayalı bir nedensellik içermektedir. Bölüm 2’de de belirtildiği üzere, yeni bir teknolojiyi üretmenin verimlilik artışıındaki etkisine kıyasla daha önce verimliliğe olan etkisini göstermiş bir teknolojinin difüzyon yolu ile ekonomiye dahil edilmesi büyümeı daha çok teşvik edici sonuçlar doğurabilir.

Kaldı ki bu durum, avantajlı yöntemle tamamen geçilmesini ifade etmemektedir. Burada avantajdan kasıt, ilgili yöntemin görelı arz ve görelı yenilik arttıkça artan bir görelı faydaya sahip olmasıdır. Difüzyon yönteminin avantajlı olduğu bir ortamda tüm yeniliklerin difüzyon ile yapıldığını varsaymak bizi gerçeklikten uzaklaştırdı. Kuşkusuz ki her ekonomide hem ARGE faaliyetleri hem de difüzyon yöntemi ile verimlilik artışı hedeflenmektedir. Burada çizilmeye çalışılan çerçeve, gelişmekte olan ölkelerdeki teknoloji açığıının difüzyon yöntemine yapılan yatırımın artması ile daha hızlı kapanabileceğine dair yapılan önermelere bir açıklama getirmektir.

Diğer önermelerde ulaşılan görelı ücret ve görelı işgücü arzı ilişkisine değinilecek olunursa; gösterilen pozitif yönlü ilişkinin, gelişmekte olan ölkelerdeki ücret açığını

destekleyici nitelikte olmasına dikkat çekilmelidir (bkz. Önerme 2). Yönlendirilmiş teknolojik değişimin vasıflı işgücünün hem görelî talebini hem de görelî ücretini artırdığı belirtilmişti.

Son dönemde, gelişmekte olan ülkelerde ücret açığı giderek artmaktadır ve modelleme sonucunda ulaşılan ÖNERME 2.a göz önünde bulundurulursa; bu açığın sadece teknolojik değişimin kendisinden kaynaklanmadığı, ek olarak teknolojik değişimin ekonomiye kazandırılma yönteminden de kaynaklandığı hem var olan durumu açıklamaktadır hem de ileriye yönelik daha fazla ücret kutuplaşması meydana geleceğine dair bir tahmin içermektedir.

ÖZET

Ücret eşitsizliği, üretim faktörlerine yönelik gerçekleşen yanlı teknolojik değişimlerin odak noktasını oluşturur. Son 30 yılda, vasıflı işgücünün vasıfsız işgücüne yönelik göreceli arzı arttıkça yine nitelikli işgücünün göreceli ücreti artmıştır. Yani, ücret açığı nitelikli işgücü lehine meydana gelmiştir. Bu ters yönlü ilişkinin iktisat literatüründe meydana getirdiği sebep-sonuç ilişkisi, dikkatleri teknolojik değişimin yanlılığına yöneltmiş ve hem gelişmekte olan ülkelerdeki hem de gelişen ülkelerdeki nitelik yanlı işgücünün bir üretim faktörü olarak bir çok araştırmaya konu olmuştur. Nitelik yanlı teknolojik değişimin vasıflı işgücü talebini artırması ve bunun sonucunda ücret kutuplaşması oluşumu bu çalışmada yer alan tezin bir kısmını oluşturmaktadır. Önemli diğer kısım ise teknolojik değişimin hangi yolla olduğu ile alakalıdır. Genel literatürde teknolojik değişim iki yolla gerçekleşir; araştırma ve geliştirme-ARGE ve difüzyon. Yapılan araştırma ve çalışmalarda ayrı ayrı hem ARGE hem difüzyonun toplam faktör verimliliğini artırdığı bulunmuştur. Bu tezde ise her iki yöntemin aynı anda ekonomide olduğu varsayılmış ve göreceli işgücü arzı artışının difüzyona yönelik olmasıyla, bu yöntemin verimlilik artışını sağlayacak değişimi tetiklediği bulunmuştur. Teorik olan bu çalışmanın, model temel alınarak yapılacak uygulamalı analizlere(ve ulaşılabilecek ampirik bulgulara) veya modelin geliştirilmesiyle ulaşılabilecek politika önermelerine bir kaynak oluşturması da çalışmanın amaçları arasındadır.

ABSTRACT

Wage inequality is the core point of the changes in factor-biased technological changes. In the last 30 years, as the relative supply of skilled-labor increases, the relative wage of the skilled-labor has increased respectively. On the one hand, it has induced the wage gap between the factors of production. This adverse relation ends up with the causality by shedding light on the bias of technological change. Therefore, the skilled-labor has been a major subject examined as a factor of production in both developed and developing countries. The increase in skilled-labor demand induced by the skill-biased technological change and the wage inequality form a part of the thesis in this work. The other part includes the way of the technological change. In the literature, the change has to be conducted by either diffusion or research and development activities. Both ways induce a rise in the total factor productivity. Here, what is assumed is the two ways take place at the same time in the model so it is aimed to reach the conclusion that the relative supplies of labors affect the relative technological change and that causes the productivities increase in different ways. The theoretical model is aimed to guide for future research which can relate the empirical evidences about the R&D and diffusion to the basic model framed here. Furthermore, the work can contribute to establish appropriate policies about the economy by enhancing the model.

KAYNAKÇA

Acemoğlu, D. (2009), **Introduction to Modern Economic Growth**, Princeton University Press.

Acemoğlu, D. (1998), “Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technological Change and Wage Inequality”, **Quarterly Journal of Economics**, No.113 , p. 1055-1090.

Acemoğlu, D. (2003), “Patterns of Skill Premia”, **Review of Economic Studies**. No.70, p. 199-230

Autor, D., L. Katz ve A. Krueger (1998), “Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?”, **Quarterly Journal of Economics**, No.113, p. 1169-1213.

Bartel, A.P. ve F.R. Lichtenberg (1987). “The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology”, **Review of Economics and Statistics**, No.69, p. 1-11.

Berman, E. Ve S. Machin, (2000), “Skill-biased Technology Transfer Around the World”, **Oxford Review of Economic Policy**, No.16, p. 12-22.

Burstein, Ariel, Javier Cravino, ve Jonathan Vogel (2011), “Importing Skill-Biased Technology,” **NBER Working Paper 17460**.

Chang, H.J. (2009), **Sanayileşmenin Gizli Tarihi**, Epos Yayınları: Ankara.

Coe, D.T., Helpman, E. (1995), “International R&D Spillovers”, **European Economic Review**, NO.39, p. 859-887.

Geroski, P.A. (2000), “Models of Technology Diffusion”, **Research Policy**, No.29, p. 603-625.

Greenwood, J. Ve M. Yörükoğlu (1997), **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, No.46, P. 49-96.

Eaton, J., ve S. Kortum (1999), “International Patenting and Technology Diffusion: Theory and Measurement”, **International Economic Review**, No.40, p. 537-570.

Keller, Wolfgang (2001), “International Technology Diffusion”, **NBER Working Paper 8573**.

Hanson, G.H. ve A. Harrison (1999), “Trade Liberalization and Wage Inequality in Mexico”, **Industrial & Labor Relations Review**, No.52, p. 271-288.

Hollanders, H. Ve Weel B., T. (1998), “Skill-Biased Technological Change in an Endogenous Growth Model”, [Research Memorandum 016](#), **Maastricht**

University, Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology (MERIT).

Kiley, M.T. (1997), “The Supply of Skilled Labor and Skill-Biased Technological Progress”, **Division of Research and Statistics**, Federal Reserve Board.

Neary, J.P. (2002), “Foreign Competition and Wage Inequality”, **Review of International Economics**, no.10, p. 680-693.

Nelson, R.R. ve E.S. Phelps (1966), “Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth”, **American Economic Review**, No.56, p. 69-75.

Rattso, J. ve H.E. Stokke (2013), “Trade, Skill Biased Technical Change and Wage Inequality in South Africa”.

Violante, Giovanni L. (2008), **Skill-Biased Technical Change**, The New Palgrave Dictionary for Economics, 2nd Edition.

Wood, A. (1994), **North-South Trade, Employment and Inequality: Changing Forms in a Skill Driven World**, Oxford: Clarendon Press.

Wu, Popp ve Bretschneider (2001), “Knowledge Spillovers in Interdependent Economies”.

Zhu, S.C. ve D. Trefler (2005), “Trade and Inequality in Developing Countries: A General Equilibrium Analysis”, **Journal of International Economics**, No.65, p. 21-48.