

MATEMATİKSEL MAKRO EĞİTİM PLANLAMASI MODELLERİ

Doç. Dr. Bilge HACIHASANOĞLU (*)

I. Giriş

Eğitimin ekonomik büyümeye katkısının anlaşılmasından sonra 1960'lerden başlayarak çeşitli matematiksel eğitim planlaması modelleri geliştirilmiştir. Makro eğitim planlaması modelleri, eğitim sisteminin gelecekteki boyutunun ve yapısının ne olacağı, ülke kaynaklarının ne kadarının eğitime tahsis edileceği, eğitim sistemine ayrılan kaynakların eğitim türlerine nasıl dağıtılacağı, eğitim teknolojisinin seçimi konularında tutarlı politikaların belirlenmesine yardımcı olmak için geliştirilmiştir.

Eğitim yatırımlarının değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli yaklaşımlar eğitim planlaması modellerinin yapılarını büyük ölçüde etkilemektedir. İnsangücü ihtiyacı yaklaşımına göre, ekonominin üretken sektörleri ile eğitim sektörü arasında tek yönlü bir sebep-sonuç ilişkisi vardır ve eğitim sektörü ekonominin çeşitli nitelikteki işgücüne talebini karşılayacak şekilde planlanmalıdır. Fayda-maliyet yaklaşımına göre, eğitim yatırımının marjinal sosyal faydası marjinal sosyal maliyeti ile karşılaştırılarak eğitime kaynak tahsisi kararı verilmektedir. Beşeri sermaye yatırımlarının getirisi fiziki sermaye yatırımlarının getirisi ile karşılaştırılarak da eğitim yatırımları değerlendirilebilir. Sosyal talep yaklaşımında, eğitim hizmetinin genişlemesi kararı eğitime olan talebe bağlanmaktadır (1).

Bu çalışmada, eğitim sisteminin tamamını ya da bir parçasını ülke çapında planlamaya yönelik makro eğitim planlaması modelleri matematiksel yapılarına göre gruplandırılıp ekonometrik, optimizasyon ve sistem analizi modellerinin önemli ve tipik olanları incelenecek ve uygulanabilirlikleri açısından değerlendirilecektir.

II. Tinbergen'in Ekonometrik Modeli

Ekonomik gelişme çeşitli sektörlerde çeşitli nitelikte yetişmiş insangücü gerektirmektedir. Ekonomik gelişmeyi destekleyecek uzun dönemli eğitim ihtiyaçlarının belirlenebilmesi için

(*) Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Öğretim Üyesi

(1) Psacharopoulos ve Woodhall (1985, ss. 29-127).

ekonometrik makro eğitim planlaması modelleri Correa, Tinbergen ve Bos tarafından geliştirilmiştir (2). Verilmiş bir ekonomik büyüme hızı için eğitimin yapısının ne olması gerektiğini ve bir eğitim yapısından artan bir ekonomik büyüme hızını destekleyecek başka bir eğitim yapısına geçiş yollarını belirlemeyi amaçlayan bu model, Türkiye, İspanya, Yunanistan, Hindistan, Uganda ve bazı Güney Amerika ülkelerine uygulanmıştır.

Ekonometrik bir eğitim planlaması modeli kurulurken eğitim sektörünün özellikleri ve eğitimle ekonomik gelişme ilişkileri konusunda şu gözlemlerden hareket edilmektedir: Ekonomik gelişme nitelikli insangücü stoku gerektirir ve eğitim kurumlarının yeni mezun olarak ekonomiye sağladığı akım, mezunların insangücü stokunda uzun süre kaldığı gözönüne alınırsa, mevcut insangücü stokunun çok küçük bir oranını teşkil eder. Eğitim, birbirini izleyen aşamalarda gerçekleşir ve her sonraki aşamanın inputu (yeni öğrenci kayıtları) bir önceki aşamanın output (mezun) arzına bağlıdır. Eğitim süreci nitelikli insangücü stokunun bir kısmını öğretim elemanı olarak kendisi kullanır.

Ekonometrik modeller, ekonomik büyümeyi eğitimin yapısı ile ilişkilendiren doğrusal fark eşitliklerinden oluşmaktadır. Hem orta hem de yüksek öğretimde eğitim süresi altı yıl kabul edilerek plan dönemi altışar yıllık zaman birimlerine ayrılmıştır. İlköğretim, ortaöğretime mezun sağlamada ve üretim artışında bir darboğaz teşkil etmediği varsayılarak, modelin kapsamı dışında tutulmuştur. Ancak, istenildiği kadar farklı eğitim aşaması modelde kapsanabilir. M ortaöğretimli işgücü stokunu, N yükseköğretimli işgücü stokunu, p son altı yılda ortaöğretimli işgücü stokuna katılanların sayısını, r son altı yılda yükseköğretimli işgücü stokuna katılanların sayısını, m ortaöğretimdeki öğrenci sayısını, n yükseköğretimdeki öğrenci sayısını gösterir. En basit şekliyle ekonometrik model aşağıdaki gibi kurulabilir:

$$M_t = \alpha Y_t \quad (1)$$

$$M_t = (1-b) M_{t-1} + P_t \quad (2)$$

$$p_t = m_{t-1} - n_t \quad (3)$$

$$r_t = n_{t-1} \quad (4)$$

$$N_t = (1-c) N_{t-1} + r_t \quad (5)$$

$$N_t = dY_t + em_t + fn_t \quad (6)$$

1. eşitlik ortaöğretimli işgücünün sadece üretimde kullanılacağını ve milli hasıla ile oransal olarak artması gerektiğini göstermektedir (oransallık katsayısı α). 2. ve 5. eşitlikler, orta ve yükseköğretimli işgücünün daha önce stokta bulunanlar ile bir önceki altı yılda işgücüne katılanlardan

(2) Correa ve Tinbergen (1962), Tinbergen ve Bos (1964).

oluşturduğunu göstermektedir. b ve c katsayıları bir önceki dönemde işgücü stokunda bulunanlardan ölüm veya emeklilik sebebiyle ayrılanların oranlarıdır. 3. eşitlik, ortaöğrenimli olarak işgücüne katılanların bir önceki dönemde ortaöğretimdeki öğrenci sayısı ile şimdi yükseköğretimde bulunan öğrenci sayısının farkına eşit olduğunu; 4. eşitlik ise yükseköğrenim mezunu olarak işgücüne katılanların bir önceki dönemde yükseköğretimdeki öğrenci sayısına eşit olduğunu göstermektedir. 3. ve 4. eşitlikler, işgücüne katılma ve ayrılma katsayıları kullanılarak (mezun olup işe girmeyenler veya evlenip işten temelli ayrılan kadınlar için) daha gerçekçi yapılabilir. 6. eşitlik, yükseköğrenimli işgücünün, üretimde istihdam edilen ve üretim hacmine oransal olduğu varsayılanlar ile orta ve yükseköğrenimde öğretim elemanı olarak çalışan ve bu öğretim seviyelerindeki öğrenci sayılarına oransal olduğu varsayılanlardan oluşturduğunu göstermektedir.

Modelde istatistiki olarak tahmin edilebilecek katsayılar kullanılmıştır. Model, Türkiye için çözülürken katsayıların 1960 yılı değerleri, $\alpha = 0.039$, $b = 0.15$, $c = 0.165$, $d = 0.016$, $e = 0.03$, $f = 0.07$ alınmıştır (3). e ve f katsayıları öğrenci-öğretim elemanı oranlarının ortaöğretimde 33.3, yükseköğretimde 14.3 olarak seçildiğini göstermektedir.

Plan dönemi başlangıcında insangücü açığı varsa, eğitimin uzun süre alması sebebiyle, milli hasıladaki artış hızını destekleyebilecek insangücünün ithaline izin veren bir değişken eklenerek eşitlikler sağlanabilir. Geçiş döneminde milli hasıla artarken eşitlikleri sağlayabilmenin başka bir yolu da geçici olarak katsayıları değiştirmektir ve bu eğitim ya da üretim sürecinde bir teknoloji değişikliğini bir süre için kabul etmek anlamına gelir.

Belirli eğitim seviyeleri mezunları olarak istihdam edilenler sayılarını üretim hacmi ile ilişkilendiren 1. ve 6. eşitlikler üretim fonksiyonlarını temsil etmektedir. Burada kullanılan şekliyle üretim fonksiyonları üretim faktörü miktarlarını üretim hacminin bir fonksiyonu olarak ifade etmektedir, dolayısıyla da faktör sayısı kadar üretim fonksiyonu eşitliği bulunmaktadır. Kısa dönemli bir ilişkiyi yansıtan tek girdili üretim fonksiyonları seçilerek modelde işgücü türleri arasında ikameye izin verilmemiştir.

Eğitim sisteminin ideal gelişimi ekonominin arzulan büyümesine paralel olmasıdır. Doğrusallık varsayımı sebebiyle modelde bütün değişkenlerin büyüme hızları sabit alınmıştır. Model, ekonomik değişkenlerin sabit bir hızla büyüdüğü varsayımı ile aynı hızla artırılacak eğitim değişkenlerinin dengeli gelişme yolunu vermektedir. Bu modelin amacı, eğitim sisteminin piyasadaki arz ve talebe göre serbestçe nasıl gelişeceğini öngörmek değil, nüfusun arzulan eğitime yöneleceği varsayılarak, üretim ve eğitim kesimlerinin gelecekteki nitelikli işgücü taleplerini belirlemektir.

(3) Blum (1965, ss. 58-59).

Tinbergen modeli, toplam üretim farklı büyüme hızı ve işgücü ihtiyacı olan sektörler bölünerek ve işgücü stoku üretim hacminin ve kişi başına gelirin doğrusal olmayan bir fonksiyonu şeklinde tanımlanarak genelleştirilebilir. Bu şekilde ekonomik gelişme sonucu ortaya çıkacak verimlilik artışı ve üretim bileşimindeki değişme model yansıtılmış olur.

III - Eğitim Sektörü için Dolaylı Yoldan Amaç Fonksiyonu Tanımlayan Adelman'ın Doğrusal Programlama Modeli

Üretimle birlikte eğitimi de ayrı bir sektör olarak kapsayan genel denge modellerinde, optimal ekonomik büyüme ile her seviyedeki eğitimde optimal öğrenci sayıları ve kaynak kullanımı eşzamanlı olarak belirlenmektedir. Ekonomik faaliyetlerin sanayiler arası bir input-output tablosu ile temsil edildiği bu tür optimizasyon modellerinde, eğitim sektörü eğitim dahil bütün sektörlerde istihdam edilen nitelikli işgücünün eğitimi için gerekli bilgilerin üreticisi olarak düşünülmektedir. Plan döneminde ekonominin bütünü için ekonomik, teknolojik, sosyo-kültürel kayıtlamalara uyularak bütün sektörlerde üretim, ihracat, ithalatın optimal zamanlanması gerçekleştirilirken, fiziki kaynakların eğitim ile ekonomik faaliyetler arasında optimal dağılımı sağlanmaktadır.

Adelman, beşer yıllık dört dönemlik bir doğrusal programlama modeli kurup Arjantin verisi ile denemiştir (4). Bu modelde ekonomi dokuz üretken sektörden ve altı eğitim sürecinden oluşmaktadır.

Genel-denge doğrusal programlama modellerinin amaç fonksiyonunda, diğer planlama modellerinde olduğu gibi genellikle plan dönemi içinde yaratılacak toplam gayrisafi milli hasılanın plan dönemi başlangıcına indirgenmiş değeri maksimize edilmektedir. Plan dönemindeki eğitim yatırımlarının tüm sosyal faydasının plan dönemine aitmiş gibi görünmesini engellemek için gayrisafi milli hasıla içinde plan dönemindeki eğitim yatırımlarının plan döneminin bitiminden sonra sağlayacağı sosyal kazançların kapitalize edilmiş değeri de kapsanarak beşeri sermaye yatırımları da fiziki sermaye yatırımları gibi ele alınmaktadır. Amaç fonksiyonu, ekonomik büyüme hızının maksimizasyonu, işsizliğin minimizasyonu, net yabancı sermaye akımlarının bugünkü değerinin minimizasyonu olarak da alınabilir (5).

(4) Bu tür bir başka genel-denge modeli Benard'ın doğrusal programlama modelidir. Benard (1967). Eğitim sektörünü Adelman gibi ele alan bir doğrusal programlama modelini Yağcı Türkiye'ye uygulamıştır. Yağcı (1979). Adelman (1966).

(5) Benard modelinde, plan dönemindeki toplam tüketim ile plan dönemi sonundaki üretim potansiyeli ve nitelikli işgücü toplamını şimdiki değeri maksimize edilmektedir (Bernard 1967, s. 226).

Belirli bir seviyedeki okula kayıt olanların mezuna dönüşümünün teknolojik koşullarını belirleyen kayıtlamalar modelde eğitim sisteminin üretim fonksiyonlarıdır. Modelin eğitim sektörü ile ilgili dışsal kayıtlamaları her tür okul için plan dönemi başlangıcındaki öğretmen sayıları, okul binaları kapasitesi ve ilkokul çağı nüfusedir. Bunlar dışında, bütün okul türleri için bir dönem önce mezun olanlar sayısı ile bunlardan işgücüne katılanlar, öğretmen olanlar, bir üst süreçte eğitime devam edenler sayıları arasındaki dengeler sağlanmalıdır. Yeni kayıtların bir önceki yıldakinden az olamayacağı gibi sosyo-kültürel, meslek lisesi mezunlarından üniversiteye girecekler oranına bir üst sınır konulması gibi ülke gerçeklerini yansıtan kayıtlamalar kullanılmaktadır. Ekonominin üretken sektörleri için konulan kayıtlamalar üretim ve yatırımların teknolojik koşullarını belirlemektedir.

Modelde işgücü niteliğine ve mezun olduğu ya da mezun olmadan ayrıldığı okul türüne göre guruplandırılmıştır. Belirli bir meslek gurubundan farklı seviyelerdeki eğitim kurumlarından mezun işgücünün üretimde birbiriyle sabit bir marjinal ikâme oranıyla ikamesine izin verilmiş, ama meslek gurupları arasında ikâmenin mümkün olmadığı varsayılmıştır.

Modelde, eğitilmiş işgücüne olan talep farklı eğitim seviyelerindeki çalışanların nisbi verimliliklerine göre, ekonominin ve eğitim sisteminin optimal büyümesi tarafından içsel olarak belirlenmektedir. Çeşitli okul türlerinden mezun olanların ve ayrılanların niteliklerine göre işgücü arzı guruplarına katkılarını tanımlayan işgücü değişikliği eşitlikleri eğitim sektörü ile üretken sektörler arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Eğitim seviyesi ve işgücü guruplarına göre verimlilik katsayıları insan-yıl olarak işgücünü etkinlik birimi cinsinden işgücüne çevirmekte kullanılmaktadır. Gerçekte olduğundan farklı şekilde model her türden mezun sayısını belirleyip ekonomiye en etkin şekilde dağıtmakta, dolayısıyla eğitimin faydasını olduğundan fazla göstermektedir.

Modelin çözümü, optimal sektörel üretim, ithalat, sabit sermaye yatırımı, net yabancı sermaye akımı değerleri ile birlikte, eğitim sisteminde optimal mezun sayılarını ve her dönem için mezunların ve mezun olmadan ayrılanların niteliklerine göre işgücü guruplarına veya öğretim elemanı ya da öğrenci olarak okullara optimal dağılımını vermektedir. Eğitimle ilgili karar değişkenlerinin seviyelerini, modelin diğer kısımlarında yaratılan niteliğe göre işgücü kısıtları belirlemektedir. Çeşitli nitelikteki işgücüne olan talep, verilmiş nitelikteki bir işgücü gurubunda farklı eğitim seviyelerindekilere farklı verimlilikler tahsis ederek, eğitim ihtiyacına dönüştürülmektedir.

IV - Eğitim Sektörü İçin Doğrudan Bir Amaç Fonksiyonu Tanımlayan Bowles'in Doğrusal Programlama Modeli

Bowles modeli, zaman boyutlu sektörel bir doğrusal programlama modelidir ve Nijerya ve Yunanistan verisi ile denenmiştir (6). Eğitim dışındaki sektörlerin üretim süreçleri modelde kapsamamaktadır. Model, kullanılabilir kaynak miktarı, eğitilmiş insan gücü ve eğitim sisteminin mevcut yapısı kayıtlama olarak verilmişken, eğitim faaliyetlerinin plan dönemindeki toplam net ekonomik faydasının plan dönemi başlangıcına indirgenmiş değerini maksimize etmektedir.

Eğitim sisteminin gelecekteki milli gelire katkısı yaşam boyu kazancı bugüne indirgenmiş değerinde bir ek eğitime bağlanabilen artışla ölçülmektedir. Eğitim farklarından kaynaklanan kazanç farkları marjinal verimliliğin tahmini olarak kullanılmaktadır. Doğrusal bir amaç fonksiyonunun kullanılması, eğitilmiş işgücüne olan talebin esnekliğinin yüksek kabul edilmesi varsayımına dayanmaktadır. Eğitimin sosyal maliyetinin hesaplanmasında, yemek, giyinme, ikâmet gibi öğrenci okula gitmese de katlanacağı özel maliyetler kapsamamakta, öğrenci eğitim yerine işgücü piyasasında olsa idi sağlayabileceği kazanç sosyal fırsat maliyeti olarak kapsamaktadır.

Eğitim sisteminin outputları için talep fonksiyonları ve eğitim sisteminin diğer sektörlerden aldığı dışsal inputlar modelin işletilmesinden önce belirlenip modelde veri olarak kullanılmaktadır. Her öğretim seviyesinde öğrenci sayıları ile öğretmen, derslik alanı gibi inputlar arasındaki ilişkiler zaman boyutlu bir input-output sistemi olarak alınmakta ve sabit input katsayıları kullanılmaktadır.

Her tür okul için öğretmen inputuna göre üretim fonksiyonu, belirli bir dönemde bir eğitim seviyesine yeni kabul edilecek öğrenci sayısı, o tür okullarda toplam öğretmen sayısı öğretmen-öğrenci oranına bölünerek bulunan minimum orana eşitlenerek elde edilmektedir. Diğer inputlar için de benzer şekilde üretim fonksiyonları tanımlanabilir.

Kayıtlamalar, eğitim sisteminin zaman içindeki üretim imkânları setini tanımlamaktadır. Bunlar, eğitime tahsis edilen toplam sosyal harcamalar, ilkökul çağ nüfusu gibi eğitim sistemine dışsal olanlar ile, okul binası inşaatı, çeşitli türde öğretmenler, alt seviyedeki eğitim kurumlarından daha üst seviyedeki kurumlara mezun olarak sağlanan öğrenciler gibi arzu modelde içsel olarak yaratılanlardan oluşmaktadır. Kaynak kayıtlamaları yanında, öğrenci kontenjanlarının politik zorluklar sebebiyle düşürülemeyeceği ve idari güçlükler yüzünden çok hızlı artırılamayacağı alt ve üst sınırları kullanılmaktadır.

(6) Bowles (1967), Bowles (1969).

Her türlü eğitimli işgücünün birbiriyle ve sermaye ile ikâmesinin mümkün olduğu varsayılmaktadır.

Modelin çözümü, karar değişkenlerinin plan döneminin her yıl için optimal değerlerini vermektedir. Bunlar, her eğitim türü için yıllık yeni kayıt sayıları, kaynak kullanım miktarları, sistemin ek input ihtiyacı ve eğitim teknikleri arasında seçimdir.

Doğrusal programlama modelinin çözümünde elde edilen okul türlerine ve yıllara göre optimal öğrenci sayılarının, kullanılan indirgeme oranındaki, amaç fonksiyonu parametrelerindeki ve sağ kenar sabitlerindeki değişmelere karşı duyarlılığı test edilebilmektedir.

Doğrusal programlama çözümü, eğitim sistemine tahsis edilecek toplam kaynak miktarı ile birlikte kaynakların gölge fiyatlarını da vermektedir. Bir birim kaynağın gelecekteki gayrisafi milli hasılanın bugüne indirgenmiş değerine doğrudan ve dolaylı katkısını ölçen o kaynağın gölge fiyatı, o kaynağın bir sonraki en iyi kullanım alanındaki marjinal verimliliğinden fazla ise eğitime daha çok kaynak tahsisi gelecekteki milli gelirin bugünkü değerini artıracaktır.

V. Schiefelbein'in Eğitim Sektöründe Maliyet Minimizasyonu Amaçlayan Doğrusal Programlama Modeli

Schiefelbein modeli, eğitim sektörü içinde kaynakların optimal dağılımını amaçlayan bir doğrusal programlama modelidir (7). Bu modelin kayıtlamalar seti Bowles modeline çok benzediği için burada sadece o modelden çok önemli iki farkına değinilecektir.

Amaç fonksiyonunda, eğitim sektörünün plan dönemindeki toplam maliyetlerinin plan dönemi başlangıcına indirgenmiş değeri minimize edilmektedir. Yıllık maliyetler, cari maliyetlerin ve yatırım maliyetlerinin tümünü kapsamaktadır. Bunlar, öğrenci başına yıllık tekrarlayan maliyetler, belirli yıl ve öğretim seviyesi için inşa edilen derslik birim alan maliyeti, bir öğretim elemanını yetiştirmenin ortalama maliyetidir.

Ekonominin nitelikli insangücü ihtiyacı dışsal olarak belirlenmekte ve modelde bu ihtiyacın karşılanması veya aşılması bir kayıtlama olarak kullanılmaktadır.

Modelin çözümü, eğitim sisteminin toplam maliyetini plan döneminde minimize eden her tür eğitimdeki optimal öğrenci sayılarını, inşası gereken eğitimi alanlarını ve gerekli öğretim elemanı sayılarını yıllar itibarıyla vermektedir.

VI. Stone'un Dinamik Sistem Analizi Modeli

Stone, eğitim talebinin ve eğitimli işgücüne ekonomik talebin gelişiminin belirleyeceği gelecekteki eğitim faaliyetlerinin hangi politikalarla sağlanabileceğini incelemek amacıyla mevcut eğitim

(7) Schiefelbein (1974).

sisteminin bir modelini kurmaktadır (8). Bu modelde belirleyici olan eğitim talebidir. Bu yaklaşımda sosyal ve ekonomik faaliyetler bütünsel bir yapı içinde değil, aralarında bilgi akımı olan alt modeller şeklinde incelenmektedir. Modelde, okul eğitimi yanında okul dışı her tür eğitim faaliyeti ve teknolojik değişmelerin etkileri gözönüne alınabilmektedir.

Aralarında karşılıklı ilişkiler ve etkileşim bulunan parçaların oluşturduğu bir bütün olarak tanımlanan sistem bir değişkenler seti ile, sistemin belirli bir andaki durumu da bu değişkenlerin bir vektörü olarak gösterilebilir. Eğitim sistemi, içsel (araç) ve dışsal (hedef) değişkenlerle tanımlanıp bir amaç fonksiyonu kullanılarak dışsal değişkenlere etkileri incelenebilir.

Eğitim sistemi, bağlantılı süreçler sistemi olarak tanımlanmaktadır. Alt seviyedeki eğitim süreçleri bir üst seviyedeki eğitim süreçlerini mezunları ile beslemekte ve süreçler arasında tek yönlü bir bağımlılık bulunmaktadır. Her süreç her yıl öğrenci inputlarını alıp bir sonraki sürece output vermektedir. Sistemdeki akımları gösteren eşitlikler, açık dinamik input-output modelinde olduğu gibi, öğrenci sayıları cinsinden tanımlanan verilmiş bir yılın cari faaliyet seviyelerini işgücüne katılabilecek potansiyeli gösteren gelecekteki mezun sayılarının bir fonksiyonu olarak ifade etmektedirler. Bu açık input-output modeli kullanılarak output ve nitelikli işgücü yapısında istenilen değişiklikleri sağlayacak eğitim sistemindeki faaliyet seviyeleri hesaplanabilir.

Sistemin hammaddesi olan ilkokula giren öğrenciler dışsaldır. Bu yüzden başlangıç faaliyetleri seviyelerini nüfusun yapısı belirlemektedir. Mecburi eğitimden sonraki aşamalarda öğrencilerin ve ailelerin kararları belirleyici olmakta ve talep önem kazanmaktadır. Talep modelde çok aşamalı bir bulaşıcı hastalık gibi ele alınmaktadır. Her aşamada, hastalığı kapıp üniversiteye gitme kararı verenlerin sayısı, daha önce üniversiteye giden dolayısıyla hastalığı yayanların sayısı ile üniversiteye gitmeyen bu yüzden hastalığı kapabilecek durumda bulunanların sayısına bağlıdır. Farklı ihtisas dalları farklı hastalıklar olarak düşünülebilir. Yükseköğretime toplam talebi bulaşıcı hastalık benzetmesi ile açıklayan Stone, bu talebin bileşiminin ise eğitim ihtirası ve mesleklerin mezuniyet sonrasındaki parasal kazanç cazibesinden önemli ölçüde etkilendiğini ileri sürmektedir. Bu talep etkileri gelecekteki mezun bileşimini ve bu bileşim de farklı eğitim süreçlerindeki cari faaliyet seviyelerini belirlemektedir. Dinamik input-output modelinde birbirini izleyen süreçler arasındaki geçiş olasılıkları zaman içinde değişmektedir (9). Eğitim talebinin

(8) Stone (1965).

(9) Markov zinciri modeli uygulayarak çeşitli seviyelerdeki okullar arasındaki geçişler ve ihtisas alanı seçimi eşzamanlı olarak ele alınabilir. Thonstad (1969, ss. 26-34).

bulaşıcılığının kabul edilmesi, eğitim süreçleri arasında geçiş olasılıklarının lojistik büyüme eğrileri olması varsayımına yolaçmaktadır. Bu durumda geçmişteki trendler eğitim alanlarına gelecekteki talebin öngörülmesinde yetersiz kalacak, talep artışı bir süre çok hızlı olup talebin büyük ölçüde karşılanmasından sonra durabilecektir.

Yaş guruplarına göre, t yılının başlangıcında eğitim sürecinin çeşitli seviyelerindeki öğrenci sayılarını s_t sütun vektörü, hayatta kalma olasılıklarını \hat{h} köşegen matrisi ve birim matrisi I ile gösterelim. t yılı başında hayatta kalan öğrenci sayısı hs_t olur; ve bunlardan bir eğitim sürecinden diğerine geçerek sistemde kalanların oranını $\hat{p}hs_t$, t yılı sonunda mezun olarak sistemden ayrılanların oranını

$$g_t = (I - \hat{p}) \hat{h} s_t \quad (7)$$

vektörü verir. \hat{p} köşegen matrisinin elemanları hayatta kalan bir öğrencinin verilmiş bir yılda j sürecinde iken ertesi yıl j + 1 sürecinde bulunması olasılığını göstermektedir.

Çeşitli süreçlerde sistem içinde kalan (eğitime devam eden) öğrenci sayıları, bir sonraki yılın başlangıç öğrenci stoku cinsinden ifade edilebilir:

$$\hat{p}hs_t = J s_{t+1} \quad (8)$$

Öğrencilerin eğitim süreçleri arasındaki hareketlerini gösteren J matrisinin ana köşegeninin hemen üzerindeki köşegen elemanları bir ve diğer elemanları sıfırdır.

Bu tanımlara göre sistemdeki öğrenci sayısı,

$$\hat{h} s_t = J s_{t+1} + g_t \quad (9)$$

olur. $\Delta s_t = s_{t+1} - s_t$ ve $g_t = (I - \hat{p}) \hat{h} s_t$ (9) eşitliğinde yerine konulursa öğrenci stoku şu parçalardan oluşacaktır:

$$s_t = (\hat{h}^{-1} J) s_t + (\hat{h}^{-1} J) \Delta s_t + \hat{h}^{-1} g_t \quad (10)$$

Eğitim sisteminin çeşitli süreçlerindeki mevcut öğrenci sayıları ile sistemden gelecekte mezun olarak ayrılacakların sayıları arasındaki bu ilişki açık dinamik input-output modelinin akım eşitliklerine benzemektedir. Bu ilişki ile, gelecek yıllardaki mezunların bileşimine karşılık olan sistemin çeşitli süreçlerindeki

mevcut öğrenci bileşimleri ortaya konulmaktadır.

Eğitim sisteminin süreçlerindeki mevcut ve gelecekteki öğrenci sayılarının hesaplanması eğitim yatırımlarının uzun dönemli planlanmasına imkân verir. Çeşitli seviyelerde ve alanlarda kişilerin eğitime olan taleplerinin ve ekonominin insangücü ihtiyacının belirleyeceği gelecekteki mezun bileşiminin gerçekleştirilmesi için, ara aşamalardaki faaliyetlerin yeterli seviyelerde yürütülebilmesi, eğitim süreçlerindeki faaliyet seviyelerinin ve eğitim teknolojisinin gerektirdiği birincil ve ekonomik inputların sağlanması gerekir.

Sıraları, farklı ekonomik inputlar, ve sütunları, farklı eğitim süreçlerinden oluşan bir X matrisi tanımlayalım. X matrisinin her sütunu belirli bir eğitim sürecinin ekonomik input yapısını gösterir. X matrisinin her sütunundaki elemanları ilgili oldukları faaliyet seviyelerine (öğrenci sayılarına) bölerek U katsayılar matrisi elde edilir:

$$U = X\hat{s}_t^{-1} \quad (11)$$

\hat{s}_t köşegen elemanları s_t vektörünün elemanlarından oluşmaktadır. U katsayıları matrisindeki değişimler eğitim süreçlerinin ekonomik inputlarındaki değişimleri yansıtır. Böylece, eğitim teknolojisi, aralarında çok zaman ilişkisi bulunan eğitim süreçlerinin ekonomik inputlarındaki değişimleri yansıtan U, ve farklı seviyelerdeki eğitim süreçlerinin normal tamamlanma süreçlerini yansıtan \hat{h}_{-1J} katsayılar matrisleri ile temsil edilmektedir.

X matrisinin sıra toplamları x_t ile gösterilirse, U matrisinin elemanları sabit iken output s_t 'nin önceden belirlenen seviyeleri (öğrenci sayıları) için gerekli ekonomik inputlar arzı (x_t) bulunabilir:

$$x_t = Us_t \quad (12)$$

Stone modelinde mevcut eğitimin yapısını yansıtan bir sosyal muhasebe sistemi kurulup sürekli güncelleştirilmekte, demografik değişimlerle talebin sisteme etkisi, sistemin yapısal değişimi, bu değişimin sistemde başarının ölçüsü olarak konulan hedeflere uygunluğu ve sistemdeki faaliyetleri yürütebilmek için gerekli ekonomik akımlar incelenebilmektedir.

VII. Sonuç

Matematiksel eğitim planlaması modelleri, eğitim sisteminin yapısını, zaman içinde değişimini, bu değişimin yarattığı kaynak gereklerini ortaya koyarak tutarlı eğitim politikalarının tesbitinde yardımcı olmaktadır. Ancak bu modeller politika belirlenmesi amacıyla kullanılırken konuya bakış açıları ve nicel çözümlerin sağlanabilmesi için yaptıkları basitleştirici varsayımları

gözönünde tutmak gerekir. Bu modeller, aynı veriye uygulandıkları zaman çok farklı politika önerileri ortaya çıkabilir.

Tinbergen modeli, üretim seviyesine göre eğitilmiş insangücünün çok kıt olduğu, eğitilmiş işgücünde ikâmenin mümkün olmadığı bir ekonomiyi tanımlamaktadır. Bu sebeple nitelikli insangücünün nisbeten bol olduğu bir ülkede uygulandığı zaman optimum değil ancak minimum eğitim ihtiyaçlarını belirler. Ayrıca, bu modelde beşeri sermayenin ekonomik büyümeye etkisi hiç hesaba katılmamaktadır.

Adelman ve Bowles modellerinde eğitime kaynak tahsisi marjinal sosyal fayda marjinal sosyal maliyet karşılaştırılması ile belirlenmektedir. Fayda-maliyet analizinin temel varsayımları, bireylerin yaşam boyu kazançları arasındaki farkların bireylerin milli gelire katkıları arasındaki farkları yaklaşık olarak yansıttığı; ve bireysel kazançlar arasındaki farklılıkların doğuştan sahip oldukları yetenek ya da aile geçimi farklılıklarına değil büyük ölçüde eğitim seviyeleri arasındaki farklılıklara bağlanabileceğidir. Ayrıca, sosyal fayda ve maliyetin hesaplanmasında dışsallıkların yeterince gözönüne alınabildiği söylenemez.

Stone modeli, plan çalışmaları için geniş bir veri tabanı hazırlamakta, okul dışı eğitim de kapsayabilmekte ve en önemlisi eğitim talebinin gerçek dünyada olduğu gibi eğitim sistemini belirleyen faktör olduğu esasına dayanmaktadır. Stone tipi bir modelin eğitim planlamasında öncelikle kullanılması gerekir. Daha sonra, kaynakların eğitim ve üretken sektörler arasında dağılımı kararını verebilmek için bir optimizasyon modeli kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Adelman, I. (1966), "A Linear Programming Model of Educational Planning: A Case Study of Argentina", I. Adelman ve E. Thorbecke (eds.) **The Theory and Design of Economic Development**, Baltimore: The Johns Hopkins Press.

Armitage, P. ve C. Smith (1967), "The Development of Computable Models of the British Educational System and their Possible Uses", **Mathematical Models in Educational Planning**, Paris: O.E.C.D.

Benard, J. (1967), "General Optimization Model for the Economy and Education", **Mathematical Models in Educational Planning**, Paris: O.E.C.D.

Blum, J. (1965), "Planning Models for the Calculations of Educational Requirements for Economic Development, Turkey", **Econometric Models of Education**, Paris: O.E.C.D.

Bowles, S. (1967), "Efficient Allocation of Resources in Education", **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 81.

Bowles, S. (1969), **Planning Educational System for Economic Growth**, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Correa, H. ve J. Tinbergen (1962), "Quantitative Adaptation of Education to Accelerated Growth", **Kyklos**, Vol. XV.

Dougherty, C.R.S. (1971), "Optimal Allocation of Investment in Education", H.B. Chenery (ed.), **Studies in Development Planning**, Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Fox, K.A. ve J.K. Sengupta (1968), "The Specification of Econometric Models for Planning Educational Systems: An Appraisal of Alternative Approaches", **Kyklos**, Vol. 21.

Fox, K.A. (ed.) (1972), **Economic Analysis for Educational Planning, Resource Allocation in Non-market Systems**, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Psacharopoulos, G. ve M. Woodhall (1985), **Education for Development, An Analysis of Investment Choices**, New York: Oxford University Press.

Schifelbein, E. ve R.G. Davis (1974), **Development of Educational Planning Models and Application in the Chilean School Reform**, Lexington, Mass.: Lexington Books.

Stone, R. (1965), "A Model of the Educational System", **Minerva**, Vol. 3.

Thonstad, T. (1969), **Education and Manpower**, Edinburg: Oliver and Boyd.

Tinbergen, J. ve H.C. Bos (1964), "A Planning Model for Educational Requirements of Economic Development", **The Residual Factor and Economic Growth**, Paris: O.E.C.D.

Yağcı, F. (1979), **Turkish Planning Experience and Methodology since 1963 and Construction of a Five-sector Plan for 1963-1977**, Ankara, State Planning Organisation.