

EKONOMİK AÇIDAN BİLİME DAYALI TEKNOLOJİ ÜRETİMİ

Yalçın Tuncer *

Ö Z

İleride topluma yararlar sağlayacağı gerekçesi ile, araştırma-geliştirme yaparak bilime dayalı yerli teknoloji üretilmesi ve bunun için de Devletin her türlü araştırma-geliştirmeyi desteklemesi yolundaki akımlar güçlenmektedir. Bu yazının özü, söz konusu yararların rastlantıya bağlı olduğunu ve dolayısı ile bir risk taşıdığını göstermektedir. Rasyonel bir araştırma geliştirme (bilim) politikasının bu riski azaltma ilkesine dayandırılabilceği belirtilmektedir. Ayrıca, bahse konu risk dışında, endüstriyel, ekonomik ve akademik ortamlar arasındaki uyumsuzluğun teknoloji geliştirme yolunda harcanan çabaların boşa gitmesine yol açtığı gösterilmektedir. Araştırma-geliştirme politikasında bu örgütlenme sorununun da dikkate alınması önerilmektedir.

BİLİME DAYALI TEKNOLOJİ

Son yıllardaki endüstrileşme sloganlarının etkisi ile, teknoloji transferi, yerli teknoloji üretilmesi gibi teknoloji sorunları ön plâna geçmiştir. Teknoloji transferi sorununu bir yana bırakırsak, teknolojinin ya rastlantı ya da bilinçli bir çaba sonucunda elde edildiği görülmektedir. Bilinçli olarak teknoloji yaratma çabalarına, dar anlamda "araştırma-geliştirme" veya "bilime dayalı teknoloji üretimi" denilmektedir. ¹ ² Son zamanlarda bu tip araştırma-geliştirme çalışmalarının Devletçe desteklenmesi önerilmektedir. ³

* Yardımcı Profesör, Ekonomi ve İstatistik Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

- (1) Geliştirme, bir mal, bir sistem veya bir süreç meydana getirmeye yönelik araştırma çalışmasıdır. Salt araştırma ise bulgularının kullanış ile ilgisi olmayan bir bilimsel çalışmadır.
- (2) Teknoloji geliştirme amaçları dışında, kültürel, bilimsel ve eğitimsel amaçlarla da araştırma-geliştirme yapılmaktadır. Bu son tip araştırma-geliştirme çalışmaları yazımın kapsamı dışında kalmaktadır.

Genel araştırma-geliştirme ve buna ilişkin sorunlar için, örneğin, aşağıdaki çalışmalara bakılabilir :

Yerli teknoloji üretimi dolayısı ile girişilen araştırma-geliştirme çabalarını üç ayrı kesimde ele almak mümkündür : (a) yeni bir bilgi yaratılması amacını güden temel ve uygulamalı araştırmalar, (b) temel veya uygulamalı araştırma bulgularını yeni bir teknoloji üretme amacı ile kullanan ve yeni bir teknoloji ortaya koymaya çalışan teknolojik geliştirme çabaları, (c) teknolojik geliştirme çabalarının bulgularını ekonomiye uygulamak amacını güden ekonomik geliştirme çabaları. ¹

Bilime dayalı teknoloji üretiminde sözü edilen bu üç ayrı kesim biri birine o derece kaynaştırılmış ki, bunlar arasında nedensellik, fonksiyonellik gibi mantıksal bir bağ kurmak kolay değildir. Bu nedenle, araştırma-geliştirmenin Devletçe desteklenmesi sırasında şu veya bu kesimi pratik olarak diğerlerinden soyutlamak olanağı bulunmamaktadır.

ARAŞTIRMA - GELİŞTİRMENİN RASTLANTISAL YÖNLERİ

Araştırma-geliştirmenin rastlantıya bağlı (Stochastic) bir olay olduğu ötedenberi bilinmektedir. Söz konusu rastlantısallık (randomness), özellikle, araştırma-geliştirmeye başlanması ile araştırma-geliştirmenin sonuçlarının alınması arasında geçen sürede belirgin olmaktadır. Böylece, bu süre, kesinlikle ifade edilememekte; bir olasılığa bağlanmaktadır. Bunun bir sonucu olarak bahse konu süreyi bir tek sayı ile belirtmek yerine, bir dizi sayı ile ifade etmek durumu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, \bar{X} araştırma-geliştirme süresini gösterirse, bu süre

H.G. JOHNSON, "Some Economic Aspects of Science", **MINERVA**, X (Ocak 1972) sayfa 10 - 18. H. BROOKS, "Models for Science Planning", **PUBLIC ADMINISTRATION REVIEW** ; XXXI (Mayıs - Haziran 1971), sayfa 364 - 74. K. BOULDING, "Diminishing Returns of Science", **NEW SCIENTIST AND SCIENCE JOURNAL**, XLIX (25 Mart 1971), sayfa 682 - 84. G. TULLOCK, **The Organization of the Inquiry**, Duke University Press, 1966. J. R. RAVETZ, **Scientific Knowledge and Its Social Problems**, Clarendon Press, Oxford 1971.

(3) Örneğin, KISMET BURIAN, "Araştırma ve Yol Göstericilik" **Cumhuriyet**, 17 Ekim 1973, Sayfa 2. ERGUN ÖZAKAT, "Özel Sektör ve T.B.T.A.K." Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu 4. Bilim Kongresi (5 - 8 Kasım 1973) Ankara.

(1) Teknolojik geliştirmeler, ancak ekonomik oldukları zaman endüstriyel uygulama alanına girebilirler Ekonomik olma, en az kaynak kullanma anlamına gelmektedir. Ekonomik olma niteliği, özellikle, doğal ve ekonomik kaynakları kıt olan ekonomilerde önem kazanmaktadır. Ekonomik geliştirme çabalarını, teknolojik buluşların ekonomik hale dönüştürülmesi amacı ile girişilen geliştirme çalışmaları olarak tanımlayabiliriz.

$$x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$$

gibi bir dizi ile belirtilir; buna ilişkin olasılık ta

$$p_1, p_2, \dots, p_n, \dots$$

dizisi ile ifade edilir. ^{1,2}. Bunun pratik anlamı, araştırmacının x_i gibi bir sürede bitme olanağının p_i gibi bir olasılığa bağlı olduğuna işaret etmesidir. ³

Bilime dayalı teknoloji üretimi için girilen araştırma-geliştirme süresi için de yukarıda açıklanan türde bir dizi elde etmeğe çalışsak; bu dizinin daha önce açıklanan, üç kesimindeki sürelerin toplamından oluştuğu görülmektedir. Şöyle ki, sözü edilen birinci (temel ve uygulamalı araştırma), ikinci (teknolojik geliştirme) ve üçüncü (ekonomik geliştirme) kesimlerdeki süreleri

$$w_1, w_2, \dots, w_n, \dots$$

$$v_1, v_2, \dots, v_n, \dots$$

$$u_1, u_2, \dots, u_n, \dots$$

dizileri ile ve bunlara karşın bulunan olasılıkları da, aynı sıraya göre,

$$q_1, q_2, \dots, q_n, \dots$$

$$r_1, r_2, \dots, r_n, \dots$$

$$s_1, s_2, \dots, s_n, \dots$$

ile gösterirsek; teknolojiyi üretmek için geçen süre, \tilde{X} , bu kesimlerde geçen sürelerin toplamından,

$$\tilde{X} = \tilde{W} + \tilde{V} + \tilde{U},$$

- (1) Açıklama kolaylığı nedeni ile burada yalnızca kesikli (discrete) zaman süresi ve çokluk dağılımı (frequency distribution) üzerinde durulacaktır. Analizin sürekli çokluk dağılımı ve zaman değişkenlerine kolayca uydurulabileceği açıktır.
- (2) Sembollerin üstündeki "tilde" (\approx) ilgili değişkenin rastlantıya bağlı olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin, \tilde{X} , X 'in rastlantısal bir değişken olduğunu belirtir.
- (3) Olasılığı belirten p_i , ($i = 1, 2, \dots, n, \dots$), bilinen özellikleri taşır.

$$1 \geq p_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n, \dots$$

$$\sum_{i=1} p_i = 1$$

$$i = 1$$

Burada $p_i = P(x_k = i)$ şeklinde tanımlanabilir.

ve buna karşın bulunan olasılık da, p_k , ($k=1,2, \dots$), ilgili olasılıkların katlamından (convolution) oluşmaktadır : ¹

$$p_k = q_1 r_1 \zeta_{k-2} + q_1 r_2 \zeta_{k-3} + \dots + q_{k-2} r_{k-2} r_1 s_1$$

Buna göre, bilime dayalı teknoloji üretimi için geçmesi gereken süreyi, yaklaşık olarak, bu sürenin ortalaması olan

$$E(X) = \sum_{i=1} x_i p_i$$

ve varyansı olan

$$E[X - E(X)]^2 = \sum_{i=1} [x_i - E(X)]^2 p_i$$

gibi ölçülerle (measures) karakterize etmek mümkündür. ²

ARAŞTIRMA-GELİŞTİRMENİN ETKİNLİĞİ VE RİSKİ

Teknoloji üretimi amacı ile girişilen araştırma-geliştirme ülke için bir alt-yatırımdır. Devletin araştırma-geliştirmeleri desteklemesi gerektiğini savunanların tezi de, araştırma-geliştirmenin ülke için bir yatırımdır.

- (1) Daha açık olarak, teknoloji üretme süresine, X , ilişkin olasılık türetme fonksiyonunu (probability generating function), $A(t) = \sum_{i=1} p_i t^i$ ile ve buna karşılık,

her üç kesime değgin olasılık türetme fonksiyonları da sırası ile

$$B(t) = \sum_{i=1} q_i t^i, C(t) = \sum_{i=1} r_i t^i, D(t) = \sum_{i=1} s_i t^i$$

şeklinde ifade edilirse; katlam bu son üç fonksiyonun çarpımıdır :

$$A(t) = B(t) \cdot C(t) \cdot D(t)$$

Katlamın teknolojiye uygulanması konusundaki başka bir örnek için, bakınız : ZVI GRILISCHES, "Distributed Lags : A survey", **ECONOMETRICA**, XXXV (Ocak 1967), sayfa 20.

- (2) Bilindiği gibi, bu ölçüler, ancak

$$\sum_{i=1} x_i p_i \quad \text{ve} \quad \sum_{i=1} [x_i - E(X)]^2 p_i$$

serilerinin yöneşmesi (convergence) halinde tanımlanabilir ve var olabilir. $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$ dizisinin (sequence) sınırlı olması (boundedness) söz konusu ölçülerin tanımını mümkün kılmaktadır. Bakınız : W. FELLER, **An Introduction to Probability Theory and its Applications** (ikinci baskı), Cilt 2, John

Wiley and Sons, New York 1971, sayfa 131. \tilde{X} süresinin sınırlı olmasının pratik anlamı, teknoloji üretiminin sınırlı bir sürede gerçekleşmesidir.

Teknoloji üretiminin belirli ve sınırlı bir sürede sonuçlanmadığı durumlar olabilir. Bu son şık, aşağıda akademik, ekonomik ve teknolojik ortamların uyumsuzluğu konusunda ele alınacaktır. Bu son durumda ortalama ve varyans gibi ölçülerin tanımı güçleşmekte ve bunların uygulama anlamı kalmamaktadır.

rım olduğudur.¹ Araştırma-geliştirmeyi bir yatırım olarak kabul edince, diğer yatırım alternatiflerinde olduğu gibi, araştırma-geliştirmeyi de marjinal etkinliğine göre değerlendirmek gerekir.²

Araştırma-geliştirmenin marjinal etkinliği şu şekilde hesaplanabilir : Her hangi bir araştırma-geliştirmenin \tilde{X} gibi süre sonunda y gibi bir sosyo-ekonomik yarar sağlayacağı var sayılsın. Bu araştırma-geliştirme için bugün z gibi bir harcama yapılıyorsa, O halde,

$$z = \frac{y}{(1 - \tilde{B})^{\tilde{X}}}$$

ifadesi geçerlidir. Burada B araştırma-geliştirmenin marjinal etkinliğidir. Daha önceki tartışmalarda \tilde{X} in rastlantısal olduğu görüldü ve bu, \tilde{B} yi de rastlantısal kılmaktadır.

Araştırma-geliştirmenin marjinal etkinliğinin rastlantısal olması, daha önce tartışıldığı gibi, bu etkinliğin ancak bir dizi

$$b_1, b_2, \dots, b_n, \dots$$

ve bir olasılıkla

$$p_1, p_2, \dots, p_n, \dots$$

tanımlanabilmesi demektir. Buradaki olasılık araştırma-geliştirme süresinin olasılığıdır. Böyle rastlantısal bir nicelik, yaklaşık olarak, dizinin ortalaması olan

$$E(B) = \sum_{i=1} b_i p_i$$

ve varyansı olan

$$E[B - E(B)]^2 = \sum_{i=1} [b_i - E(B)]^2 p_i$$

gibi ölçülerle karakterize edilebilir.

Araştırma-geliştirmenin marjinal etkinliğinin rastlantısal olması, çeşitli araştırma-geliştirme (teknoloji üretim) alternatiflere ilişkin marjinal etkinliklerin büyüklük-küçüklük temeline göre değerlendirilmesi olanağını ortadan kaldırmaktadır. Bu durumda, araştırma-geliştirme alternatifleri, bunların süresi ve marjinal etkinliklerine ilişkin olasılıklara göre karşılaştırılmakta ve değerlendirilmektedir.

(1) H. BROOKS, ismi geçen yazı

(2) Örneğin bakınız : W. J. BAUMOL, *Economic Theory and Operations Analysis* (3. baskı), Prentice-Hall, New York, 1972, sayfa 431-99.

Bilindiği gibi, olasılıkların karşılaştırılması ve değerlendirilmesinde rastlantısal üstünlük veya büyüklük (stochastic largeness, stochastic dominance) ilkesi¹ uygulanmaktadır. Bazı koşullar altında², söz konusu ilke, olasılıkları parametrize (karakterize) eden ve daha önce tanımlanan ortalama, varyans gibi ölçüler arasındaki değerlendirmeye dönüşmektedir.³ Ona göre, B* ile B₀ iki ayrı teknoloji üretim yöntemine ilişkin marjinal etkinlikleri, X* ile X₀ nin de bunlara ilişkin süreleri gösterdiği varsayılın.

$$E(B^*) \geq E(B_0)$$

$$E[B^* - E(B^*)]^2 < E[B_0 - E(B_0)]^2$$

ve/veya

$$E(X^*) \leq E(X_0)$$

$$E[X^* - E(X^*)]^2 < E[X_0 - E(X_0)]^2$$

ise, (*) ile belirtilen teknoloji üretim yönteminin (o) ile gösterilen yöntemle göre yeğ olduğu anlamına gelmektedir.

Bu son seçimin ekonomik anlamı, marjinal etkinlik ortalamaları daha iyi veya biri birine eşit teknoloji üretme alternatifleri arasından en düşük varyanslısının seçilmesidir. Varyans rastlantısallıktan doğan riski belirttiğine göre, açıklanan seçim yöntemi, en az riskli teknoloji üretme alternatifinin üzerinde durulması anlamına gelmektedir.⁴ Bir başka deyişle, rastlantıya en az bağlı olan teknoloji üretimi alternatifi seçilmektedir. Araştırma-geliştirme politikası güdecek Devlet yetkililerine böyle bir tercih politikasının izlenmesi salık verilebilir.

(1) Örneğin, bakınız: J.P. QUIRK ve R. SAPOSNIK, "Admissibility and Measurable Utility Functions", **REVIEW OF ECONOMIC STUDIES**, XXIX (1962) sayfa 140-6. J. HADAR ve W.R. RUSSELL, "Rules for Ordering Uncertain Prospects", **AMERICAN ECONOMIC REVIEW**, LIX (1969) Sayfa 25-34.

(2) Bunlardan en önemlisi, kesinliğin (certainty) kesinsizliğe (uncertainty) yeğ tutulması şeklindeki bir davranışın kabul edilmesidir.

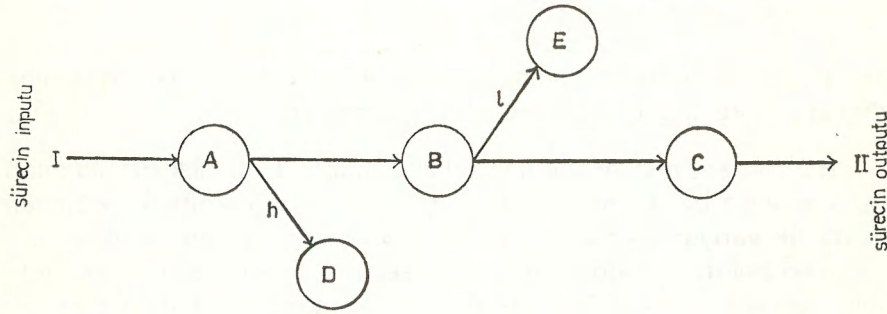
(3) Bakınız: K. BORCH, "A note on Uncertainty and Indifference Curves", **REVIEW OF ECONOMIC STUDIES**, XXXVI (1969), sayfa 1-4. H. LEVY ve G. HANNOCH, "The Efficiency Analysis of Choices Involving Risk", **REVIEW OF ECONOMIC STUDIES**, XXXVI (1969), sayfa 335-46. H. M. MARKOWITZ, **PORTFOLIO SELECTION: EFFICIENT DIVERSIFICATION OF INVESTMENTS**, John Wiley and Sons, New York, 1959.

(4) Bir önceki dipnotunda sayılan eserlere bakılabilir.

ARAŞTIRMA-GELİŞTİRMENİN TEKNO-EKONOMİK UYUMSUZLUĞU

Yukarıya çizilen seçim yöntemi ,ancak, söz konusu ortalama ve varyans gibi ölçülerin tanımlanabildiği ve var olduğu durumlarda geçerlidir. Uygulamada bu ölçülerin tanımlanamadığı durumlar da vardır. Bu son şıktan bir tanesi de araştırma-geliştirmenin tekno-ekonomik uyumsuzluğu denebilecek bir olayda ortaya çıkmaktadır. Kısaca, tekno-ekonomik uyumsuzluk, temel ve uygulamalı araştırma bulgularının teknolojik geliştirmelerde uygulama olanağının bulunmamasıdır. Örneğin, çekirdek fiziği ve uzay çalışmaları konularında yapılan araştırma bulgularının ülkemizin tekno-ekonomik ortamında (endüstri) kullanma olanağı azdır.¹

Şekil olarak, tekno-ekonomik uyumsuzluk aşağıdaki gibi çizilebilir:



şekildeki A harfi temel ve uygulamalı araştırmayı, B harfi teknolojik geliştirmeyi, C harfi de Ekonomik geliştirmeyi temsil etmektedir. D harfi, temel ve uygulama araştırma bulgularından, E harfi de, teknolojik geliştirmelerden, tekno-ekonomik ortamda faydalanılamayan bölümlerini göstermektedir. Diğer bir deyişle, D ve E, teknoloji üretiminde faydalanılamayan sızıntı ve döküntüleri meydana getirmektedir. h ve l bu sızıntı ve döküntü olasılıklarını göstermektedir. Buna göre, teknoloji üretme sürecine başlama noktası olan (I) ile teknoloji üretiminin olumlu bir şekilde sonuçlanma noktası olan (II) arasında D ve E gibi ölü noktalar vardır. Sürecin bu ölü noktalara sızma

(1) Bu bulguların yurt dışındaki tekno-ekonomik ortamlarda kullanılma olanağı olabilir.

(2) Pek tabii ki, teknoloji üretim sürecinin bu yollara sapmama olasılıkları da $(1-h)$ ve $(1-l)$ dir. Ona göre, ilgili çokluk dağılımı Bernoulli çokluk dağılımı (point binomial distribution) olmaktadır :

$$f(x) = h^x (1-h)^{1-x}, \quad x = 0,1$$

ki burada $X = 0$ sürecinin devamını, $X = 1$ da sürecin ölü noktalara sapmasını belirtir.

olasılıkları h ve l dir. Bu olasılıkların sayısal büyüklüğünün ülkenin endüstri düzeyine bağlı olduğu meydandadır.²

Sözü edilen D ve E gibi ölü noktalar nedeni ile teknoloji üretim süresinin sonsuza gitmesi (üretimin gerçekleşmemesi) olanağı bulunmaktadır. Bu son durumda marjinal etkinlik sifıra yaklaşmaktadır.¹ Marjinal etkinliğin sifır olması teknoloji üretimine hiç para yatırılmaması anlamına gelmektedir. Halbuki, marjinal etkinliğin sifır olması teknoloji üretiminden beklenen yararların hemen hemen hiç derecesinde olmasından değil, araştırma sürecini meydana getiren akademik, teknolojik ve ekonomik ortamların uyuşmazlığı veya iyi örgütlenmemesinden ileri gelmektedir. Bu nedenle, marjinal etkinliğin sifıra yaklaşması karşısında, teknoloji üretme sürecine hiç girişmeme gibi bir karar alacak yerde; sürecin temel ve uygulamalı araştırma, teknolojik geliştirme ve ekonomik geliştirme kesimleri arasında öyle bir uyum ve örgütlenme sağlamak gerekir ki, daha önce açıklanan sızıntı ve kayıpları yok etmek olanağı yaratılabilsin.

Bilindiği gibi, güdümlü araştırma-geliştirmelerde söz konusu dö-küntü ve kayıplar hemen hemen sifırdır. Bu nedenle, teknoloji üretme amacı ile girişilecek araştırma-geliştirmelerin güdümlü olmasının söz konusu kayıpları bir dereceye kadar azaltan yollardan biri olarak ortaya çıkmaktadır.

SONUÇ

Teknoloji üretimi amacı ile girişilen araştırma-geliştirme, gerek süresi, gerek sağladığı yararlar bakımından rastlantısal bir niteliğe sahiptir. Teknoloji üretimini Devletin desteklemesi halinde, buna ilişkin politikayı çizecek yetkililerin en az rastlantıya bağlı teknoloji üretimini seçmesi; diğer bir deyişle, en az riskli teknoloji üretim yöntemini ele alması rasyonel bir yol olarak görünmektedir. Gerçekte, kesin olmayan projelerin (uncertain prospects) seçimi ve değerlendirilmesinde de aynı yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemin geçerli olmadığı bir durum, teknoloji üretimi için işbirliği içinde bulunması gereken akademik ve tekno-ekonomik ortamların uyuşmazlığıdır. Böyle bir uyuşmazlık, rasyonel seçim yollarını kapamaktadır. Bu sorunun çözümü de ortaya çıkan uyuşmazlığın giderilmesidir.

(1) Hemen görüleceği gibi,

$$\log (1 + \frac{\tilde{B}}{\tilde{X}}) = (\log y - \log z) / \tilde{x}$$

ve $\lim_{\tilde{X} \rightarrow \infty} \log (1 + \frac{\tilde{B}}{\tilde{X}}) = 0$ olmaktadır ki, bu da \tilde{B} 'nin sifıra yaklaştığı anlamına

gelmektedir.

— ABSTRACT —

PRODUCTION OF SCIENCE - BASED TECHNOLOGY AS SEEN FROM THE ECONOMIC POINT OF VIEW

For a country undergoing the process of industrialization, there seem to be two modes to develop technologically: (i) the first mode pertains to transfers of technology from abroad, and (ii) the second relates to local production of science-based technology. The two modes are, of course, not mutually exclusive. From the economic point of view, the local production of science-based technology is tantamount to treating scientific research and development as investment, rather than consumption. Thus, research and development projects can be evaluated as other investment projects of a country.

However, due to the peculiarity of the research and development activities, which involve the academic institutes as well as the industry and the economy of a country, the science-based technology production appears to be a stochastic process of branching-off. This fact renders the end product of research and development a random function or variable. Therefore, selection of the best research and development project can be based on risk-minimizing techniques of the Choice Theory. As a practical consequence of such choice, mission-oriented research projects appear to be of the type which minimizes the risk resulting from randomness.