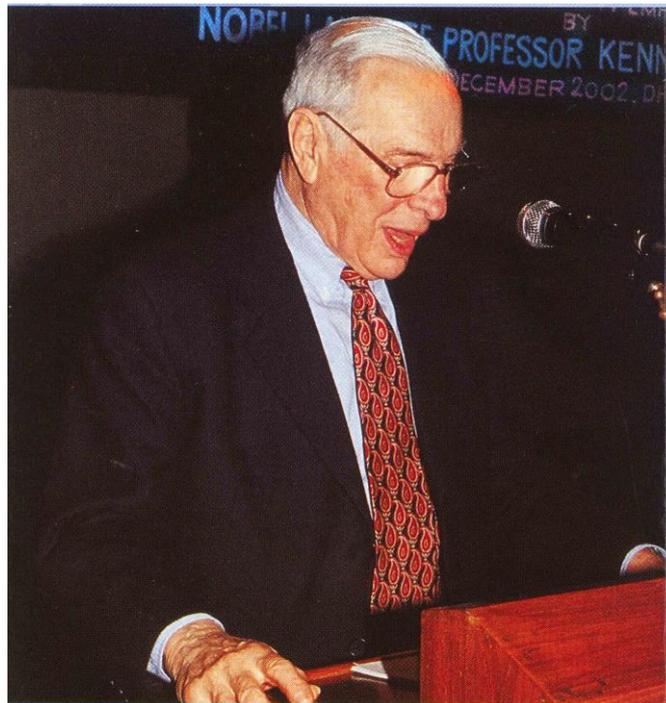


Some Paradoxes of Sustainability: Empirical and Theoretical

Kenneth J. Arrow



Nobel Laureate Professor Kenneth J. Arrow
delivering Public Lecture organized by BEA; 18 December, 2002



Public Lecture
Bangladesh Economic Association

Dhaka: 18 December 2002

Disclaimers: (1) By no means original. (2) I ignore some basic problems: population change, risk and uncertainty, externalities. (3) I raise more questions than I answer.

I. CONFLICTING INTUITIONS ON PROSPECTS FOR THE FUTURE

- A. **Everything is running out:** The world is going to starve. Oil and other minerals are being rapidly exhausted. The capacity of the atmosphere to absorb CO₂ and other greenhouse gases is limited. The Gulf Stream may cease to operate. Water supplies in many parts of the world are judged in critical supply. Range lands are being exhausted. (All of these remarks, except the first, have serious studies behind them.)
- B. **The condition of humans has never been better:** Per capita GDP is growing everywhere (except sub-Saharan Africa and some South Asian countries). Longevity even in very poor countries is better than in advanced countries a century ago. Population growth may have bad consequences but is itself an indicator of well-being. Prices of resources are not increasing compared with other prices; *known* availability of minerals is increasing. Anyway, what problems we do have will be overcome with our increasing knowledge.
- C. **Empirical and ethical aspects:** How do we think about our obligations to the future.

II. THINKING ABOUT THINKING ABOUT THE FUTURE

A. Background

- 1. Examples of thought for the future, private and public: Savings, investment, bequests, education, research and development, concern for climate change, water. Will our children (actual or metaphorical) be better off? Is there a social security crisis? "Sure he that made us with such large discourse, /*Looking before and after*, gave us not/That capability and godlike reason/To fust in us unused." (*Hamlet. Act IV, Scene IV*; emphasis added.)
- 2. How is a point in present or future evaluated? Overall well-being (utility), one-dimensional, synthesizes many dimensions, many causes (substitution)
 - a. Many dimensions: Various forms of material well-being (food, shelter, clothing), relief from toil, health, nature, art. These are alternatives to some extent.
 - b. Many sources: Take health for example. Food (quantity and quality), income, medical and other biological knowledge, provision of health services, communications (good and bad effects).
- 3. Resources as capital (*i.e.*, enduring): (some future needs will be met out of future flows, but this doesn't directly impinge on us today).
 - a. Types: Natural capital (land, sea, exhaustible resources); reproducible capital (machines, structures); human capital (transfer of knowledge; education and experience); creation of knowledge. Each kind of capital is used as an input with future outputs distributed over time.
 - b. Depreciation (depletion)

- c. Rate of return (here thought of as return in well-being per additional unit of a particular kind of capital). Ethical question: return may be to someone else (the future). Efficiency requires equalization of rates of return over different kinds of capital.
- d. A word about knowledge: Substitute for natural and other resources; e.g; greater abilities to extract metals from ores, food from the ground (ever since Neolithic Revolution!).

B. Competing Criteria

Notation: c_t = consumption at time t (an index measured in goods)

$U(c_t)$ = utility derived from consumption at time t .

1. Efficiency: A time path of consumption $\{c_t\}$ is defined to be *efficient* if there is no other path $\{c'_t\}$, starting with the same initial capitals of different kinds, such that $U(c'_t) > U(c_t)$, for all t . As noted above, equalization of rates of return (properly computed) is necessary for this.
2. Many efficient paths: some possibly increasing, some decreasing, possibly a constant-consumption path, possibly a path going up and down. (E.g., all for the present, all for the distant future.) How to choose one?
3. Simple utilitarianism and its discontents: All people, whenever born, are morally alike. (favorite of English economists).

$$\text{Max! } \sum_t U(c_t)$$

Paradox: With plausible values of the parameters, rule calls for much higher savings rates (low consumption relative to potential) than we are accustomed to (60-70%). Problem emphasized by T.C. Koopmans, though consistent with the results of F.P. Ramsey, who advocates simple utilitarian rule.

4. Interpretative note: If we care about well-being in the distant future (derivable from different kinds of capital), then in particular we should invest in much reproducible capital as well as preserve natural capital.
5. Common alternative: Discounted utilitarianism, *i.e.*,

$$\text{Max! } \sum_t \delta^t U(c_t)$$

For $\delta < 1$ but close to 1, we can get plausible savings rates. However, δ is morally arbitrary (fails to satisfy universalizability in the sense of **Hare**).

6. Axioms: Ordering, separability, stationarity.
7. Sustainable Development (Brundtland Report, 1987): Enable future to be as well off as we. Since this obligation will also apply to future generations, this means that utility (or something related to it) must be increasing. Really, we want the capital stocks to change in such a way as to increase the opportunity for future well-being. In many cases, constant-consumption paths are feasible; are they necessarily better? An alternative: Let $V(t)$ be integral of utility from t on discounted to t . Sustainability can be interpreted to mean that $V(t)$ is increasing.

8. Agent-relative Ethics: Each generation has some consideration for the future, perhaps equally for all future generations, but wants to treat itself better. However, each generation is aware that it has no control over the capital it leaves to the next generation, which will also be selfish in the same way. The effect is very similar to discounted utilitarianism. However, discount rate may depend on stocks of capital.
9. The dilemmas of nuclear waste disposal: time, knowledge growth.
10. Rough approximation ("Genuine savings"): Calculate increase in *wealth* as increases in individual kinds of capital valued at suitably chosen prices:

$$\Delta W = \sum p_i \Delta K_i,$$

where Δ denotes, "change in," and K_i is the i^{th} kind of capital. Increase in wealth more or less implies increase in the ability to sustain. Thus an increase in wealth is compatible with a decrease in some kinds of capital. Very crude calculations (presented below) made by the World Bank suggest that wealth in this inclusive sense is increasing for advanced countries but not for many developing countries.

III. PARADOXES IN NUMBERS

A. Measurements of Genuine Savings

The rich are saving, and the poor are overconsuming.

Table 1
Genuine Investment and Changes in Per-Capita Wealth in Selected Regions: 1970-93

Country	Genuine Investment as Proportion of GNP $I(Y)^a$	Annual Percentage Growth Rate of....			
		Population $g(L)^b$	Per-Capita Wealth $g(W/L)$	Per-Capita GNP $g(YL)^c$	Human Development Index (HDI) $g(HDI)^d$
Bangladesh	-0.013	2.3	-2.60	1.0	positive
India	0.080	2.1	-0.10	2.3	positive
Nepal	-0.024	2.4	-3.00	1.0	positive
Pakistan	0.040	2.9	-1.90	2.7	positive
Sub-Saharan Africa	0.014	2.7	-2.30	-0.2	positive
China	0.100	1.7	0.80	6.7	negative
U.S.	0.08	1.0	0.60	1.4	positive
UK	0.08	0.3	1.30	1.9	positive

^a Source: Hamilton and Clemens (1999, Table 3).

^b Average annual percentage rate of growth of population, 1965-96. (Source: *World Development Indicators*, World Bank, 1998, Table 1.4).

^c Average annual percentage rate of change in per capita GNP, 1965-96. (Source: *World Development Indicators*, World Bank, 1998, Table 1.4).

^d Average annual percentage rate of change in UNDP's Human Development Index, 1987-97. (Source: *Human Development Report*, UNDP, 1990, 1999).

Assumed output-capital ratios: 0.25 for poor countries, 0.20 for rich countries.

B. The Exhaustion of Resources

1. Predictions of exhaustion since at least 1865 (Jevons) – based on idea that best seams of coal are mined first. Schurz (1870): U.S. coal reserves = 20 years' consumption.
2. Modern theory. Harold Hotelling (1931): Resources in the ground should be rising in value at the rate of interest (otherwise, owners would not be profit-maximizing). Therefore observed price equals extraction costs plus rental (value in ground). Extraction costs can be falling because of technological progress but should be dominated by rental, which is rising exponentially.

Krautkraemer, Jeffry A. [1998] Nonrenewable Resource Scarcity. *Journal of Economic Literature* 36: 2065-2107

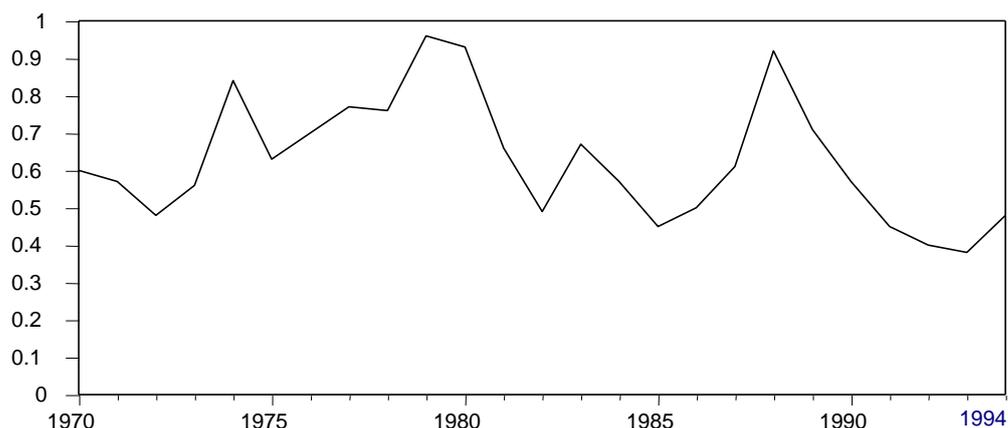


Figure 1. Real Price of Aluminium 1970-1994 (\$/pound)

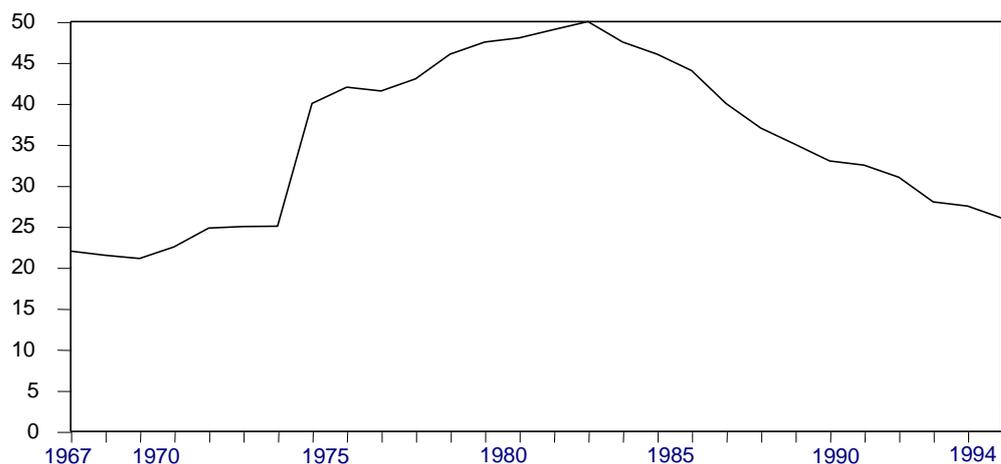


Figure 2. Real Price of Coal, 1967-94 (\$/ton)

Mineral	Reserve Life index	Reserve Base Life Index
Aluminum	207	252
Copper	33	62
Iron Ore	152	233
Lead	23	47
Nickel	50	137
Tin	41	50
Zinc	20	48

Year	Ratio (years)
1950	22
1960	37
1972	35
1980	27
1990	45

Source: Slade (1957); World Resource Institute (1996)

Sullivan, Daniel E., John L. Sznoppek and Lorie A. Wagner. [2000] United States Geological Survey. 20th century mineral prices decline in constant dollars. Open File Report 00-389.

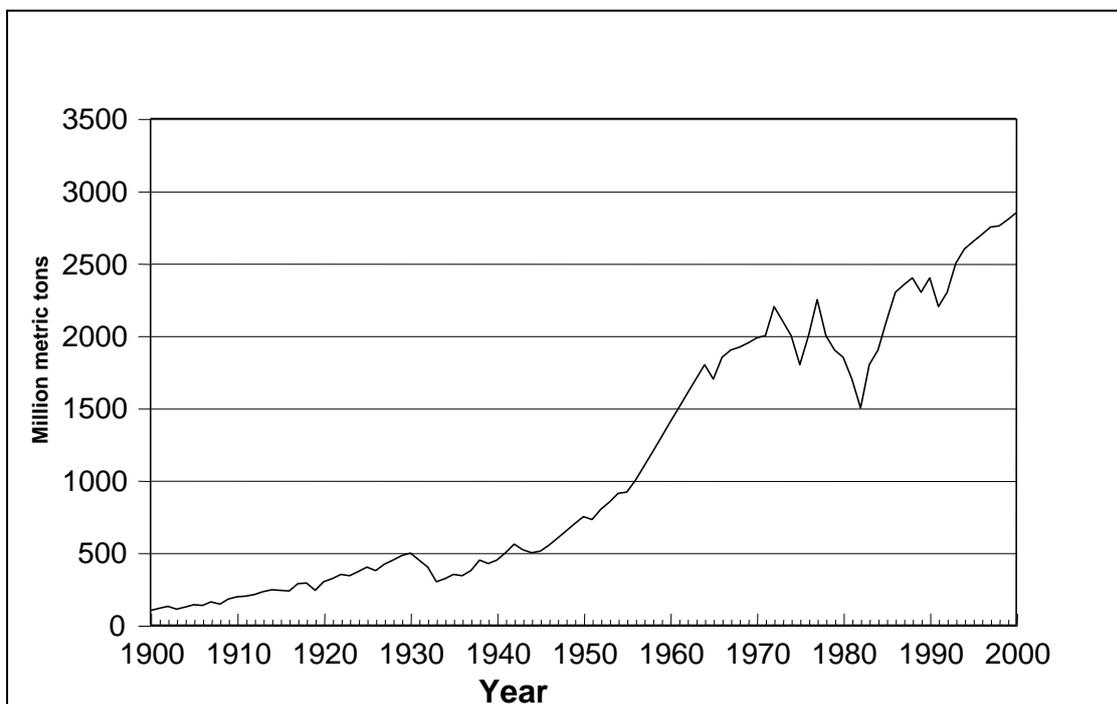


Figure 3. The Flow of U.S. Mineral Commodities

During the 20th century, the quantity of minerals flowing through the U.S. economy (as measured by apparent consumption) increased from 93 million metric tons in 1900 to 2,900 million metric tons in 1998. Peaks and troughs reflect major economic events including World War I, the Great Depression, World War II, the 1970's energy crisis, and the recession of the 1980's. More information on the flow of mineral

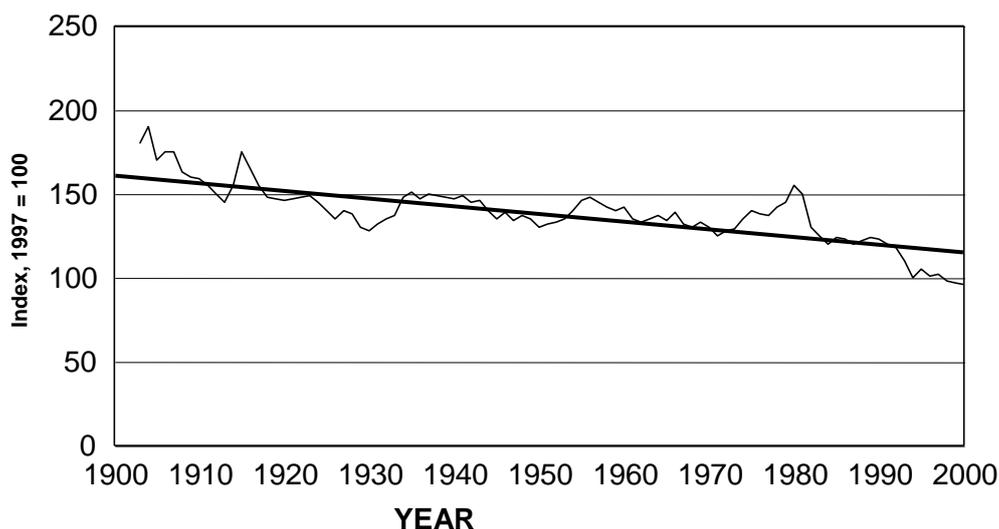


Figure 4. Composite price index, in constant 1997 dollars

Proven World Reserves of Depletable Resources (in millions of metric tonnes)

Source: Kahn, Brown and Martel, p.92; US Bureau of Mines, Mineral Commodities Summary; Resources For Freedom, Report of the President's Material's Policy Commission, 1952, vol.2, p.27; Energy Statistics Resource Book (New York: Penn Well 1991), pp.143, 151. cited in Taylor, Jerry, The Growing Abundance of Natural Resources, in Crane, E. and Boaz, D. ed.s Market Liberalism: A Paradigm for the 21st Century.

Resource	1950	1990	% change
Bauxite	1,400	21,500	1,436
Chromium	70	420	500
Copper	100	350	250
Iron Ore	19,000	145,000	663
Lead	40	70	75
Manganese	500	980	96
Nickel	17	59	247
Oil (billion barrels)	104	1,002	863
Tin	6	4.2	-30
Zinc	70	145	107

Skinner, Brian J. [2001] Exploring the Resource Base. Resources for the Future. Workshop keynote address, 22-23 April 2001.

Let me summarize:

Firstly, we believe the mineral potential is large enough to satisfy needs under any scenario of growth for the century ahead provided that technology is developed for subsurface prospecting.

Secondly, as we move from conventional ores to the unconventional, low-grade ores will be less in quantity than we might hope; and

Thirdly, as we proceed ever deeper into the resource base we will face discontinuities that prevent smooth expansions, and require instead the development of new techniques and probably large step increases in costs.

IV. GROWTH OF KNOWLEDGE: SOLUTION OR RESTATEMENT

A. Current Knowledge:

Reduction of extraction and exploration costs.

Greater efficiency in use of resources (but nevertheless demand is increasing).

B. Anticipated Growth of Knowledge. “Backstop” technology. Ultimate scarcity not controllable.

C. Is Knowledge Itself Scarce? Precautionary principle. After all, only two hundred years of steady technological progress.

D. Growth of Knowledge and Currently-Discussed Scarcities?: The atmosphere as a GHG sink. Ecosystem services of wetlands and forests. Biodiversity.



Kenneth J. Arrow – Autobiography

I was born in the city of New York on August 23, 1921. My undergraduate education, at the [City College in New York](#), was made possible only by the existence of that excellent free institution and the financial sacrifices of my parents. I was graduated in 1940 with a degree of Bachelor of Science in Social Science but a major in Mathematics, a paradoxical combination that was prognostic of my future interests. I entered [Columbia University](#) for graduate study and received an M.A. in Mathematics in June, 1941, but under the influence of the statistician-economist, Harold Hotelling, I changed to the Economics Department for subsequent graduate work.

My graduate study was interrupted, like that of many others, by World War II. From 1942-1946, I served as a weather officer in the United States Army Air Corps rising to the rank of Captain. My assignment was exclusively in the research field, and my first published paper, *On the Optimal Use of Winds for Flight Planning*, was the outgrowth of that work. The years 1946-1949 were spent partly as a graduate student at Columbia University, partly as a research associate of the Cowles Commission for Research in Economics at the [University of Chicago](#), where I also had the rank of Assistant Professor of Economics in 1948-1949. The brilliant intellectual atmosphere of the Cowles Commission, with eager young econometricians and mathematically-inclined economists under the guidance of [Tjalling Koopmans](#) and Jacob Marschak, was a basic formative influence for me, as was also the summers of 1948 and subsequent years at the [RAND Corporation](#) in the heady days of emerging game theory and mathematical programming. My work on social choice and on Pareto efficiency dated from this period.

In 1949 I was appointed Acting Assistant Professor of Economics and Statistics at [Stanford University](#) and remained there until 1968, becoming eventually Professor of Economics, Statistics, and Operations Research. At various times during this period, I was a [Social Science Research](#) fellow, 1952, a Fellow of the Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences, 1956-57, Economist on the staff of the United States Council of Economic Advisors, 1962, Executive Head of the [Department of Economics](#) at Stanford, 1953-56 and 1962-63, Fellow of [Churchill College \(Cambridge\)](#), 1963-64, and again in 1970, and Guest Professor, [Institute for Advanced Studies](#), Vienna, in June, 1964, and again, 1971. In 1968, I accepted an appointment as Professor of Economics at [Harvard University](#).

I received the John Bates Clark Medal of the [American Economic Association](#), 1957, and I have been elected member of the [National Academy of Sciences](#) and the [American Philosophical Society](#); also I am a Fellow of the [American Academy of Arts and Sciences](#), the Econometric Society, the [Institute of Mathematical Statistics](#), and the [American Statistical Association](#). I received the honorary degrees of LL.D. from the University of Chicago, 1967, and the [City University of New York](#), 1972, and that of Doctor of Social and Economic Sciences for the [University of Vienna](#), 1971. With regard to professional societies, I was president of the Econometric Society in 1956 and [The Institute of Management Sciences](#) in 1963, and a President-elect of the American Economic Association for 1972.

I was married in 1947 to the former Selma Schweitzer and now have two sons, David Michael, age ten, and Andrew Seth, age 8.

From [Nobel Lectures](#), Economic Sciences 1969-1980.

প্রসঙ্গ: কেনেথ জে এরোর অর্থনীতি চিন্তা

১৯৭২ সালে অর্থনীতি বিজ্ঞানে নোবেল বিজয়ী
(*On Economic Thoughts of Kenneth J. Arrow*)

আবুল বারকাত
সুভাস কুমার সেনগুপ্ত

বাংলাদেশ অর্থনীতি সমিতি

ও

সাউথ এশিয়ান নেটওয়ার্ক ফর ডেভেলপমেন্ট এন্ড ইনভায়রনমেন্টাল ইকনমিকস্

আয়োজিত কেনেথ জে এরো প্রদত্ত

"Some Paradoxes of Sustainability: Empirical and Theoretical" শীর্ষক

লোক বক্তৃতা উপলক্ষে রচিত

ঢাকা ১৮ ডিসেম্বর ২০০২ / ৪ পৌষ ১৪০৯

প্রসঙ্গ: কেনেথ জে এরোর অর্থনীতি চিন্তা

১৯৭২ সালে অর্থনীতি বিজ্ঞানে নোবেল বিজয়ী
(*On Economic Thoughts of Kenneth J. Arrow*)

কেনেথ জোসেফ এরো (Kenneth Joseph Arrow) বিশ শতকের একজন অন্যতম প্রথিতযশা অর্থনৈতিক তাত্ত্বিক। বিভিন্ন ক্ষেত্রে ছড়িয়ে রয়েছে তাঁর বিপুল মৌলিক অবদান। এর অধিকাংশই নিও-ওয়ালরাসীয় সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব এবং কল্যাণ অর্থনীতি কেন্দ্রিক। তিনি এ দুটি তত্ত্বেরই একজন মূল স্থপতি।

কেনেথ এরো আগাগোড়াই নিউ ইয়র্ক শহরের ফসল: জন্ম ২৩শে আগষ্ট ১৯২১ সালে নিউইয়র্ক শহরে এবং বড় হয়েছেনও ওখানেই। তাঁর স্নাতক - নিচ (undergraduate) পড়াশুনা নিউইয়র্ক সিটি কলেজে (CCNY)। পরে স্নাতকের ছাত্র ছিলেন গাণিতিক পরিসংখ্যানে কলাম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ে, Harold Hotelling এবং Abraham Wald এর অধীনে। ১৯৪০ সালে তিনি নিউইয়র্ক সিটি কলেজ থেকে সামাজিক বিজ্ঞানে ব্যাচেলর অব সায়েন্স ডিগ্রী লাভ করেন। এ সময় গণিত ছিল তাঁর প্রধান পাঠ্য বিষয় (Major)। এর পর তিনি কলাম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয় থেকে গণিতে এম. এ ডিগ্রী লাভ করেন ১৯৪১ সালে। পরিসংখ্যানবিদ- অর্থনীতিবিদ Harold Hotelling এর প্রভাবে পরবর্তী স্নাতক কাজের জন্য তিনি অর্থনীতিতে বিভাগ পরিবর্তন করেন।

এরো পি এইচ ডি কোর্সের কাজ শেষ করেছিলেন ১৯৪২-এ। কিন্তু, তাঁর পরবর্তী অভিসন্দর্ভ (dissertation) রচনায় তাঁকে অপেক্ষা করতে হয়েছিল অন্তত: একটি দশক। কেননা, তাঁর স্নাতক পড়াশুনা আরো অনেকের মতোই দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের কারণে ব্যাহত হয়েছিল। ১৯৪২- ৪৬ পর্যন্ত চার বছর তিনি চাকরী করেছেন যুক্তরাষ্ট্রের বিমান বাহিনীতে, আবহাওয়া কর্মকতা হিসেবে। এক পর্যায়ে তিনি ক্যাপ্টেন পদে উন্নীত হন। এ সময় দায়িত্ব ছিল মূলত: গবেষণার ক্ষেত্র এবং তাঁর প্রথম প্রকাশিত প্রবন্ধ “On the Optimal Use of Winds for Flight Planning” মূলত: এ কাজেরই ফলশ্রুতি। ১৯৪৬ সালে এরো কলাম্বিয়ায় ফিরে বেসরকারী খাতে যাওয়ার জন্য বিভিন্ন পরীক্ষায় অংশ নিয়েছিলেন এবং বীমাশিল্পে চাকুরী খোঁজ করছিলেন। এ সময় এরো New School এ Jacob Marschak এর গাণিতিক সেমিনারে অংশ নিয়েছিলেন। Hotelling এবং Wald এরোর তাড়নাতেই এরোকে উদ্বুদ্ধ করেছিলেন শিকাগোয় Cowles Commission এ ১৯৪৭ সালে গবেষণা সহযোগী হিসেবে Marschak এর সাথে যোগ দিতে। ১৯৪৭-৪৯ পর্যন্ত তিনি Cowles Commission এ গবেষণা সহযোগী ছিলেন। ১৯৪৬-১৯৪৯ পর্যন্ত সময়টুকু তাঁর কেটে গেল মূলত: কিছুটা কলাম্বিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক ছাত্র এবং বাকীটুকু Cowles Commission এর গবেষক হিসেবে। ১৯৪৮-১৯৪৯ সালে শিকাগো বিশ্ববিদ্যালয়ে তিনি ছিলেন অর্থনীতির সহকারী অধ্যাপক।

Cowles Commission থেকেই এরো পেয়েছিলেন তাঁর গবেষক জীবনের সুস্পষ্ট দিক নির্দেশনা। এটি উন্নত মেধাসম্পন্ন গবেষকবৃন্দে সমৃদ্ধ ছিল। এরোর নিজের ভাষায়:

'The brilliant intellectual atmosphere of the Cowles Commission, with eager young econometricians and mathematically-inclined economist under the guidance of Tjalling Koopmans and Jacob Marschak, was a basic formative influence for me, as was also the seminars of 1948 and subsequent years at the RAND Corporation in the heady days of emerging game theory and mathematical programming. My work on social choice and on Pareto efficiency dated from this period.'

Cowles Commission এ কাজ করার সময় এরো Marschak এবং Koopmans এর অধীনে ওয়ালরাসীয় গবেষণা কর্মসূচীর অধিকাংশই আত্মস্থ করেছিলেন। ইনভেন্টরী নীতির ওপর Marschak এবং Harris এর সাথে তিনি একটি প্রবন্ধ লিখেছিলেন এবং activity analysis এর ওপর Koopmans সম্পাদিত (১৯৫১) বিখ্যাত Cowles Monograph এ একটি লেখা দিয়েছিলেন।

এভাবেই Cowles এ কেটে গিয়েছিল তাঁর দুটি অতি প্রেরণামূলক বছর। এরপর তিনি যুক্তরাষ্ট্রের বিমান বাহিনীর সাথে সংশ্লিষ্ট একটি গবেষণা ইনস্টিটিউট RAND কর্পোরেশনে যোগ দিয়েছিলেন। পরবর্তীতে তিনি শিক্ষকতার জন্য চলে গিয়েছিলেন স্ট্যানফোর্ডে - যেখানে তিনি এখনো রয়েছেন, মাঝে ১৯৬৮-১৯৭৯ পর্যন্ত হার্ভার্ডে তাঁর অবস্থানের সময়টুকু বাদে।

RAND এ গবেষণার বিষয়গুলোর মধ্যে একটি ছিল আন্তর্জাতিক সংঘাত ও কৌশল বিশ্লেষণে ক্রীড়াতত্ত্বের (game theory) ব্যবহার। বস্তুত:পক্ষে, ক্রীড়াতত্ত্বের পূর্বানুমান হলো, পক্ষগুলোর (Parties) কতগুলো উপযোগ অপেক্ষক রয়েছে। ব্যক্তির সাথে পারিবারিক বসার ঘরে কিংবা বৈঠকখানায় চলতে পারে এমন ক্রীড়ার ক্ষেত্রে এটি গ্রহণযোগ্য। কিন্তু কৌশলগত বিষয়গুলোর সাথে সম্পৃক্ত সমগ্র জাতির ক্ষেত্রে “আমেরিকার” উপযোগ এবং “সোভিয়েত ইউনিয়নের” উপযোগ সম্পূর্ণ ভিন্ন বিষয়। এভাবেই এরো খুঁজে পেয়েছিলেন তাঁর অভিসন্দর্ভ এর বিষয়টিঃ

“Thus, Arrow wondered, under what Conditions might it be reasonable to assume that collectivities such as nations possessed nicely-behaved utility functions. At long last, a dissertation topic was found, written and subsequently published as the momentous classic, Social choice and Individual values (1951)”.

১৯৪৯ সালে এরো স্ট্যানফোর্ড বিশ্ববিদ্যালয়ে অর্থনীতি ও পরিসংখ্যানের ভারপ্রাপ্ত সহকারী অধ্যাপক হিসেবে নিয়োগ পেলেন। এ বিশ্ববিদ্যালয়েই তিনি ১৯৬৮ পর্যন্ত থেকে যান এবং অর্থনীতি, পরিসংখ্যান ও অপারেশনস্ রিসার্চ এর অধ্যাপক হন। ১৯৫৩-৫৬ পর্যন্ত স্ট্যানফোর্ডে তিনি নির্বাহী বিভাগীয় প্রধানের দায়িত্ব পালন করেন। ১৯৫২তে তিনি Social Science Research Council এবং ১৯৫৬-৫৭ সনে Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences এর ফেলো হিসেবে সম্মানিত হন। কেনেথ এরো ১৯৫৫ সনে Econometric Society এর সহ-সভাপতি এবং ১৯৫৬ সনে সভাপতির পদ অলংকৃত করেন। ১৯৬২ সনে তিনি যুক্তরাষ্ট্র সরকারের Council of Economic Advisors এ অন্যতম সদস্য মনোনীত হন। ১৯৬৩-৬৪, ১৯৭০ এবং ১৯৭৩ সনে তিনি ক্যামব্রিজের চার্লস কলেজের ফেলো ছিলেন। এছাড়াও ১৯৬৪ এবং ১৯৭০ সনে ছিলেন ভিয়েনায় Institute for Advanced Studies এ অতিথি অধ্যাপক। আর ১৯৬৬তে MIT এর অতিথি অধ্যাপক।

১৯৫৭ সনে এরো American Economic Association এর John Bates Clark Medal লাভ করেন। তিনি National Academy of Sciences এবং American Philosophical Society-রও সদস্য নির্বাচিত হন। তিনি American Academy of Arts and Sciences, Econometric Society, Institute of Mathematical Statistics এবং American Statistical Association এর ফেলো। ১৯৬৭ সনে শিকাগো বিশ্ববিদ্যালয়, ১৯৭২ এ নিউইয়র্ক সিটি বিশ্ববিদ্যালয় থেকে সম্মানসূচক LL.D ডিগ্রী এবং ১৯৭১ সনে ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয় থেকে Doctor of Social and Economic Sciences লাভ করেন। ১৯৬৩ সনে তিনি Institute of Management Sciences এবং ১৯৭২ সনের জন্য American Economic Association এর সভাপতি নির্বাচিত হন।

কেনেথ এরো অর্থনীতিতে ডক্টরেট লাভ করেন ১৯৫১ সনে। তিনি ছিলেন অর্থনীতির Joan Kenney Emeritus Professor এবং স্ট্যানফোর্ডে বিশ্ববিদ্যালয়ে অর্থনীতি বিভাগে Operations Research এর এমেরিটাস প্রফেসর। ১৯৪৯-৬৮ পর্যন্ত স্ট্যানফোর্ডে অধ্যাপনার পর ১৯৬৮-১৯৭৯ পর্যন্ত তিনি ছিলেন হার্ভার্ড বিশ্ববিদ্যালয়ে অর্থনীতির অধ্যাপক। এ সময় তিনি বিশ্বের প্রথম সারির অর্থনৈতিক তাত্ত্বিকদের গভীরভাবে অনুপ্রাণিত করেন। ১৯৭৯তে তিনি আবার স্ট্যানফোর্ডে ফিরে আসেন। ১৯৮১ থেকে তিনি Hoover Institution on War, Revolution and Peace এর Senior Fellow by Courtesy হিসেবে সম্মানিত।

হার্ভার্ড এ অধ্যাপনার সময়ই কেনেথ এরো অক্সফোর্ড বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক স্যার জন আর হিকস্ এর সাথে যৌথভাবে ১৯৭২ সনে অর্থনীতিতে চতুর্থ নোবেল পুরস্কার লাভ করেন। পুরস্কার ঘোষণার সময় সুইডিশ একাডেমী বলেছিলেন, সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব এবং কল্যাণ তত্ত্বে অবিস্মরণীয় অবদানের স্বীকৃতি হিসেবে এ দুজন অর্থনীতিবিদকে এ পুরস্কার দেয়া হলো।

সুইডিশ নোবেল একাডেমী আরো উল্লেখ করেছিলেন: “The Progress of the economic sciences has led to a profound transformation of the general equilibrium theory. To a high degree this development is marked by the pioneering works of Sir John Hicks and Kenneth Arrow. Both have opened up new productive paths for research in this area and thereby made fundamental contributions to the removal of the theory. Hicks initiated this recreative process in the 1930’s and Arrow provided it with fresh nourishment in the 1950’s and 1960’s”.

সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব অর্থনীতিতে দাম নির্ধারণ এবং সম্পদের বরাদ্দ (Allocation of resources) সম্পর্কে ব্যাখ্যা দেয়। এরো তাঁর গবেষণার মাধ্যমে এ তত্ত্বের এক নতুন দিগন্ত উন্মোচন করে দিয়েছিলেন ১৯৫০ এবং ১৯৬০ এর দশকে যা অর্থনৈতিক তাত্ত্বিকদের বিশেষভাবে উদ্দীপিত করেছিল।

এরো প্রতিযোগিতামূলক ভারসাম্যের (competitive equilibrium) প্যারেটো কাম্যতা সম্পর্কে সুপরিচিত উপপাদ্যকে (theorem) সবার বোধগম্য করতে বা একটি সাধারণ রূপ দিতে চেয়েছেন। তিনি দেখিয়েছেন যে, প্রকৃত মূলধনে বিনিয়োগ এবং গবেষণার মধ্যে সম্পদ বরাদ্দের ক্ষেত্রে অকাম্যতার প্রতি (towards inoptimality) কতগুলো সাধারণ প্রবণতা বিদ্যমান। কল্যাণ তত্ত্বে এরোর অনেক অবদান এর মধ্যে সম্ভবত: সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ হলো তাঁর সম্ভাব্যতা উপপাদ্যগুলো (possibility theorems)। এ তত্ত্ব অনুযায়ী ব্যক্তির পছন্দ অপেক্ষকগুলো (individual preference functions) থেকে সামাজিক কল্যাণ অপেক্ষক গঠন অসম্ভব।

অর্থনীতি শাস্ত্রের অন্যতম স্থিতধী গবেষক ও প্রাজ্ঞ অধ্যাপক হিসেবে বিদগ্ধ পণ্ডিত মহলে সমাদৃত কেনেথ এরোর জীবন দর্শন সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র ও বিশিষ্টতায় ভাস্বর। এ সম্পর্কে এরো নিজেই একটি অনুশাসন-বাক্য (dictum) উদ্ধৃত করেছেন:

“An unexamined life is not worth-living. It is part of my life philosophy that no life can ever be examined fully and that attempts to do so are never free of self-deception. There is therefore a paradox in my attempting to set forth a life-philosophy.”

এরোর সমস্ত কর্ম প্রয়াসের মূলেই ছিল এ জীবন দর্শন এবং এটিই তিনি তাঁর গবেষণার প্রত্যেক ক্ষেত্রে অত্যন্ত বিশ্বস্ততার সাথে অনুসরণ করেছেন। অর্থনৈতিক তত্ত্বের মৌলিক সমস্যা - যেমন, ব্যাপকতর অর্থে, কল্যাণ অর্থনীতি ও সামগ্রিক প্রতিযোগিতামূলক ভারসাম্য সম্পর্কেই এরো অধিকাংশ গবেষণা করেছেন।

এরো তাঁর প্রকাশিত আত্মজীবনীগুলোতে পাঠক সমাজকে উপহার দিয়েছেন অর্থনীতি শাস্ত্রের বিকাশের নানা ইতিবৃত্ত। এর মাধ্যমে তিনি উপস্থাপন করেছেন সুস্পষ্টভাবে তার গবেষণাগুলোর genesis বা সূচনার ইতিহাস। অর্থনীতির বিভিন্ন ক্ষেত্রে সুবিস্তৃত এরোর বিরাট অবদান কোন ক্ষুদ্র পরিসরে ধরে রাখা সম্ভব নয়। তাঁর বিজ্ঞান সম্মত গবেষণাকর্মের অনেকগুলোই Ragnar Frisch, Paul A. Samuelson এবং অন্যান্য বহু অর্থনীতিবিদের কাজের সাথে সম্পর্কিত। আবার এদের গবেষণাকর্মগুলোও তেমনি এরোর বিজ্ঞান সম্মত কাজের সাথে সম্পৃক্ত। প্রকৃত অর্থে, অর্থনীতিতে তাঁর অবদান অনন্যসাধারণ। এক কথায় অসাধারণ।

অনিশ্চয়তা তত্ত্বের (uncertainty) বিকাশ এবং সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্বের রূপরেখায় এর অন্তর্ভুক্তি এরোর বহু গুরুত্বপূর্ণ অবদানের মধ্যে উল্লেখযোগ্য। এছাড়া, কোন কোন সমাজে কেন্দ্রীয় কর্তৃত্বই (central authority) দাম ব্যবস্থা নির্ধারণ বা নিয়ন্ত্রণ করে। সে ক্ষেত্রে বিকেন্দ্রিক সিদ্ধান্তগুলো গ্রহণের বিভিন্ন সম্ভাবনা সম্পর্কে তাঁর গভীর বিশ্লেষণ উল্লেখ করার মতো। এ বিশ্লেষণে Leonid Hurwicz তাঁকে সহায়তা করেছেন।

Social choice and individual values (১৯৫১) গ্রন্থটি তাঁকে খ্যাতির শীর্ষে পৌঁছে দিয়েছিল। এতে এরো কতগুলো সামাজিক কল্যাণ অপেক্ষক মেনে নিয়েছেন। এরো ব্যক্তিগত ও সামাজিক পছন্দগুলোর মধ্যে যোগসূত্রস্থাপক একটি অপেক্ষকের অস্তিত্ব নিয়ে গণপছন্দ তত্ত্বের (Public Choice Theory) voting paradox কে একটি সামগ্রিক অসম্ভবতা তত্ত্ব হিসেবে সাধারণ রূপ দেয়ার চেষ্টা করেছেন।

এরোর বিশ্লেষণে পছন্দের বিকল্প হলো কতগুলো সামাজিক অবস্থা। প্রত্যেক ব্যক্তির হাতে প্রত্যেক ধরণের দ্রব্যের পরিমাণ, প্রত্যেক প্রকার উৎপাদনশীল কর্মকাণ্ডে বিনিয়োগকৃত প্রত্যেক প্রকারের উৎপাদনশীল সম্পদের পরিমাণ এবং বিভিন্ন প্রকার যৌথ কর্মকাণ্ডের পরিমাণ কতটুকু তারই এক পূর্ণাঙ্গ বিবরণ এরোর এ বিশ্লেষণে খুঁজে পাওয়া যায়। অসম্ভবতা তত্ত্বের ওপর গুরুত্ব দিয়ে এরো বলেছেন :

“If we exclude the possibility of interpersonal comparisons of utility, then the only method of passing from individual tastes to social performance which will be satisfactory and which will be defined for a wide range of sets of individual orderings, are either imposed or dictatorial. In other words, if consumer values can be represented by a wide range of individual orderings, the doctrine of voters sovereignty is incompatible with that of collective rationality”.

অর্থমিতি বিষয়ে (Econometric paper) ১৯৫৪ তে প্রকাশিত এক প্রবন্ধে এরো-ডেব্রু মডেলে সুসঙ্গায়িত, রুদ্ধ ও বিপরীত উৎপাদন-সেট এবং নিচ থেকে সংবদ্ধ ভোগ-সেট ইত্যাদি সুনির্দিষ্ট অনুমানের ভিত্তিতে ভারসাম্যের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে।

যৌথভাবে পরিচালিত বহু গবেষণা কর্মেই এরো ভারসাম্যের স্থায়িত্বের ফলাফলগুলো উপস্থাপন করেছেন। অস্তিত্ব অনুসন্ধানের (existence investigation) ক্ষেত্রে এরো-ডেব্রু মডেল এক বিরাট দিকনির্দেশনা। “Toward a Theory of Price Adjustment” এ এরো যুক্তি দেখান যে, ধ্রুপদী তত্ত্ব প্রকৃত অর্থে ভারসাম্যহীন দাম তত্ত্ব (“disequilibrium price theory”) সম্পর্কে কোন ধারণা দেয়না।

কল্যাণ অর্থনীতিতে এরোর অবদান কতগুলো সুনির্দিষ্ট বিষয় বা প্রশ্নকে কেন্দ্র করেই আবর্তিত। কল্যাণ বিষয়ে এরোর অনুসন্ধিৎসা এটুকু জানতে সাহায্য করেছে যে, প্রকৃত আচরণের প্রেক্ষিতে কোন মূল্যবোধগুলো আমাদের প্রয়োজনীয় সামাজিক বিন্যাস বা শৃঙ্খলার দিকে নিয়ে যায় এবং সেই বিশেষ মূল্যবোধগুলোই বা আমরা কিভাবে বেছে নিই যা কোন নির্দিষ্ট সমাজের জন্য সবচেয়ে আবশ্যকীয় সামাজিক শৃঙ্খলা বা বিন্যাস (Social ordering) গড়ে তোলে।

উৎপাদন এবং প্রবৃদ্ধি সমস্যা নিয়েও এরো চিন্তা-ভাবনা করেছিলেন। ১৯৬১ সনে Hollis Chenery, B.S Minhas এর সাথে এরো CES (Constant Elasticity of Substitution) উৎপাদন অপেক্ষক উদ্ভাবন করেন। এটি ব্যাপকভাবে বহুশিল্পে ও বিভিন্ন দেশে উৎপাদন অপেক্ষক পর্যালোচনায় ব্যবহৃত হচ্ছে। ১৯৬২ তে তিনি “learning-by doing” সম্পর্কে দুটি বিখ্যাত প্রবন্ধ লিখেছিলেন। এগুলো আধুনিক endogenous growth theory গড়ে তুলতে সহায়তা করেছে। ‘The Economic Implications of Learning by Doing’ এ এরো গুরুত্ব দিয়ে বলেছেন, উৎপাদন প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই সমাজ আরো দক্ষতার সাথে উৎপাদন করতে শেখে। ‘Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention’ এ তিনি কারিগরী অগ্রগতির সাথে সম্পর্কিত সমস্যাগুলোর একটি বলিষ্ঠ তাত্ত্বিক বিশ্লেষণ দিয়েছেন।

অর্থমিতি সংক্রান্ত বেশকিছু উল্লেখযোগ্য গবেষণাকর্ম এরো সম্পাদনা করেছেন। তাঁর সম্পাদনায় ১৯৭১ সনে প্রকাশিত ‘Readings in Economic Theory’ গ্রন্থটিতে বিভিন্ন অর্থনীতিবিদদের লেখা স্থান পেয়েছে। এতে তিনি General Utility Economic Theory ভিত্তিক ২২টি প্রবন্ধ নির্বাচন করেছেন এবং এ লেখাগুলো অর্থনৈতিক বিশ্লেষণের সুনির্দিষ্ট সমস্যা নিয়ে ব্যাপক পরিসরে রচিত। সম্পাদিত গ্রন্থের প্রবন্ধগুলো আয়-বন্টন, ভোক্তার চাহিদা তত্ত্ব, ভারসাম্যের স্থায়িত্ব, দর কষাকষির সমস্যা, সম্পদ বন্টন এবং এর ব্যবহার, ঝুঁকি বিমুখতা ইত্যাদি বিষয়ের সাথে সম্পৃক্ত। এতে রয়েছে স্যামুয়েলসন, কালেক্সি সহ অন্যান্য অর্থনীতিবিদদের মধ্যে এরোর নিজস্ব লেখা। H.T. Block, McKenzie এবং Leonid Hurwicz এর সাথে যৌথভাবে লেখা তাঁর ‘On the Stability of the Competitive Equilibrium’ প্রবন্ধে তিনি প্রতিযোগিতামূলক ভারসাম্য অবস্থায় উদ্ভূত সমস্যাগুলো নিয়ে আলোচনা করেছেন এবং পরিশেষে

প্রমাণ করেছেন, “Competitive equilibrium is stable in a class cases where the demand for each particular commodity is more sensitive to a change in the price of that commodity itself than it is to be a price-change in any other commodity”.

বহুবাজার ভারসাম্য অবস্থা পূঙ্খানুপূঙ্খভাবে সর্বপ্রথম পরীক্ষা করা হয় মূলতঃ Arrow – Hurwicz-Block এর ঐ গবেষণার মাধ্যমেই। পরিসাংখ্যিক সিদ্ধান্ত, সামাজিক পছন্দ ও ব্যক্তি মূল্যবোধ, এবং পরিসাংখ্যিক জরীপগুলো এরোর বিপুল কর্মপ্রয়াসের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ক্ষেত্র।

সমস্ত গবেষণা কর্মেই এরো করেছেন গণিতের সৌন্দর্যমণ্ডিত প্রয়োগ। গণিত নিশ্চিতভাবেই তাঁর কাছে নান্দনিক আনন্দের উৎস। এরোর নিজের ভাষায়:

“Mathematics is certainly a source of aesthetic pleasure”.

তিনি আরো বলেছেন: আমার গাণিতিক দক্ষতা এবং বিমূর্ততার প্রতি অনুরাগ আমাকে গাণিতিক সৌন্দর্যের দিকগুলোর প্রতি বিশেষ গুরুত্ব দিতে শিখিয়েছে। অন্যান্য অনেকের মতোই এ নান্দনিক অনুরক্ততাই আমার প্রতিটি বিশ্লেষণমূলক কাজে স্থান পেয়েছে।

শিল্পকলায় তাঁর ব্যক্তিগত পছন্দ-অপছন্দের ক্ষেত্রেও এ নান্দনিকতার বিরাট ভূমিকা রয়েছে। এ প্রসঙ্গে তিনি নিজেই বলেছেন: Music is the usual preference of the mathematically-inclined, and I was no exception, though my musical tastes were not always the most intellectual. (Many of my friends can not understand my early and continued love of Wagner). In painting, my early preferences were strongly towards abstract art but, especially of a geometric variety, as in Mondrian.

এরোর অধ্যয়ন-শৈলী এবং দৃষ্টিভঙ্গি অনুধাবন করা যথেষ্ট কঠিন এবং তাঁর গণিতও খুব সহজবোধ্য নয়। নবীন পাঠকদের উচিত গভীর গবেষণার আগে সহজ কাজগুলো পড়ে নেয়া। আসলে পড়ার অভ্যেসটা অনেক বেশি গুরুত্বপূর্ণ। এরোর সাহিত্য চর্চার সূচনা দস্তয়ভস্কি ও হার্ডি দিয়ে--যাঁদের জগত গণিতের বিমূর্ত সৌন্দর্য ও সংগীত থেকে সম্পূর্ণ পৃথক। এরপরই তিনি আধুনিক লেখক জয়েস ও এলিয়ট পড়েছেন। সৌন্দর্য সম্পর্কে তাঁর সাধারণ বোধ প্রথম দিকের সাহিত্য বিষয়ে রুচির মতোই সময়ের সাথে বদলে গেছে। এমনকি গণিত ও বিশ্লেষণমূলক কাজগুলোতে পরিচ্ছন্ন সুসম্বন্ধতার তুলনায় জ্ঞানের প্রশ্নে সংগ্রামেই এরো বেশি আগ্রহী ছিলেন। গবেষণার ব্যাপারে তাঁর মন্তব্য হলো:

“Research should have not only results, but also pointers towards the incomplete; who should know better than the author the limits of the work?”

এরো তাঁর গবেষণার গুরুত্বপূর্ণ ক্ষেত্রগুলো সম্পর্কে খুব প্রাজ্ঞ ভাষায় বলেছেন, সামাজিক পছন্দ হলো এমন এক বিষয় যেক্ষেত্রে অতীত কাজের সাথে প্রত্যক্ষ সম্পর্ক খুবই কম। তবে, অর্থনৈতিক পছন্দ তত্ত্বের সমান্তরাল বিকাশ যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ। এরোর একটি উল্লেখযোগ্য অবদান হলো সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব। এতে খুব সাধারণ অর্থনৈতিক সহজ বোধ্য নয় এমন একটি বিষয়ের বিস্তৃত ব্যাখ্যা দেয়া হয়েছে। এ তত্ত্ব অনুযায়ী একটি অর্থনৈতিক ব্যবস্থায় প্রতিটি বিষয়ে অন্যান্য প্রতিটি বিষয়কেই প্রভাবিত করে। সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব বা অর্থনীতি সম্পর্কে সামগ্রিক দৃষ্টিভঙ্গি ১৮৭৪ সনে সর্বপ্রথম পূর্ণাঙ্গভাবে আলোচনা করেন ফরাসী অর্থনীতিবিদ লিও ওয়ালরাস। কিন্তু, অর্থনৈতিক বিশ্লেষণের

হাতিয়ার হিসাবে এটি ছিল খুবই কঠিন এবং স্বল্প গাণিতিক প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত অর্থনীতিবিদদের পক্ষে এটি বোঝা খুবই দূঃসাধ্য। একমাত্র ১৯৩০ এর দশকেই এটা বিষয়ের নতুনভাবে আগ্রহ দেখা গিয়েছিল, বিশেষ করে John Hicks এর বিশ্লেষণধর্মী গবেষণার কারণেই, যার সাথে যৌথভাবে ১৯৭২ এ নোবেল পুরস্কার অর্জনের সন্মান লাভ করেন অধ্যাপক এরো।

কিন্তু, সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্বের এ বিকাশ সত্ত্বেও একটি প্রশ্ন অমিমাংসিতই রয়ে গেল। বিশেষণমূলক এ বিষয়টি কোন কোন অর্থনীতিবিদ উপলব্ধি করতে পেরেছিলেন। সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব এটিই নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করে যে, সমস্ত পণ্যের দাম বহুসংখ্যক সমীকরণের সমাধানের ভিত্তিতেই নির্ধারিত হয়। এ সব সমীকরণ প্রত্যেক বাজারে যোগান ও চাহিদার সমতা প্রকাশ করে। এ সমীকরণগুলোর আসলেই কি কোন সমাধান রয়েছে? যদি না থাকে, তাহলে সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব সব সময় সত্যি হতে পারে না। ১৯৩২ এর দিকে জার্মান অর্থনীতিবিদরা কিছু গবেষণা কর্মের মাধ্যমে বুঝিয়েছেন যে, এ সমীকরণগুলোর কোন অর্থবহ সমাধানের প্রয়োজন নেই। Karl Schlesinger নামে ভিয়েনার এক ব্যাংকার, যিনি বিশ্ববিদ্যালয়ে অর্থনীতি নিয়ে পড়াশুনা করেছেন এবং এ বিষয়ে অগ্রগতিগুলো লক্ষ করেছেন, তাঁর মতে আপাতঃ অসুবিধাগুলো একটি গভীর ভুল বুঝাবুঝিকে কেন্দ্র করেই সৃষ্ট। তিনি উপলব্ধি করেন, সামগ্রিক ভারসাম্যের অস্তিত্ব প্রমাণ করা সম্ভব। এ সমস্যাটি নিয়ে কাজ করার জন্য তিনি Abraham Wald নামে এক তরুণ গণিতবিদকে চুক্তিবদ্ধ করেন। Wald কতগুলো শর্তসাপেক্ষে ভারসাম্যের অস্তিত্বের একটি প্রমাণ উপস্থাপন করলেও এর ব্যাখ্যা তেমন সহজ ছিল না।

সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব সম্পর্কে এরো বলেছেন : The general equilibrium theory, like most economic theory upto about 1950, assumed that the economic agents operated under certainty. That is, the households, firms, investors, and so forth knew correctly the consequences of their actions or, in some versions, at least acted as if they did. Thus, producers were assumed to know what outputs they would get for given inputs. Investors would know what prices would prevail in the future for the goods they were planning to sell It has become a standard tool of analysis, in this case rather as a sketch of an ideal system to which the methods of risk bearing and risk shifting in the real world were to be compared. It was clear enough empirically that the world did not have nearly as many possibilities for trading risks as my model would have predicted. I did not, however, have at first a particularly good explanation for the discrepancy”.

International Encyclopaedia of the Social Sciences এ এরো দুটি প্রবন্ধ লেখেন: (১) Economic Equilibrium এবং (২) Girschick, Meyer A.

তাঁর লেখা প্রথম প্রবন্ধটি যথেষ্ট তথ্য সমৃদ্ধ। তিনি এতে অর্থনৈতিক ভারসাম্য ধারণার একটি উন্নতমানের ঐতিহাসিক পটভূমি তুলে ধরেন এবং ব্যাখ্যা দেন ভারসাম্য ধারণাটি ডেভিড রিকার্ডো, জে এস মিল, কার্লমার্কস এবং স্যামুয়েলসন প্রমুখ অর্থনীতিবিদরা কিভাবে বিশ্লেষণ করেছেন। কিন্তু, এরো বলেন, There is, however, a very important sense in which none of the classical economists had a true general equilibrium theory: none had an explicit role for demand conditions A general equilibrium theory, from the modern point of view, is a theory about both the quantities and ever, the classical authors found that prices appeared to be determined by a system of relations not involving quantities, derived from zero-production coefficients and a single primary factor, labour, as in Smith’s famous exchange of deer and beaver, and it was

the great accomplishment of Malthus and Ricardo to show that land could be brought into the system". এ প্রবন্ধে এরো Walras (১৮৭৪-১৮৭৭) ও J.B. Clark এর অবদান এবং পণ্যের দামগুলোর দৃষ্টিকোণ থেকে ভারসাম্যকে তাঁরা কিভাবে দেখেছিলেন সেটিও বর্ণনা করেছেন। এছাড়াও, এতে রয়েছে ১৯৩০ এর দশকে ভারসাম্য ধারণা তত্ত্বের উন্নয়ন এবং এক্ষেত্রে John R. Hicks, Harold Hotelling, Paul Samuelson এবং R.G.D.Allen এর অবদান সম্পর্কে আলোচনা। চূড়ান্ত পর্যায়ে এরো প্রতিযোগিতামূলক ভারসাম্যের অদ্বিতীয়তা (uniqueness) ব্যাখ্যা করেছেন। তিনি প্রশ্ন করেছেন : What could be said about equilibrium? এ বিষয়ে এরোর সরাসরি উত্তর হলোঃ "Originally due to Hicks, we may simply date all commodity transactions and regard the same physically defined commodity at two different times as being two different commodities. Then the formal model of section two remains, with re-interpretation, and we can still argue that there is equilibrium over time. Planned supplies and demands are equated in the usual way".

Girschick Meyer A রুশ বংশদ্ভূত একজন আমেরিকান পরিসংখ্যানবিদ, যাঁর অবদান পরিসংখ্যান ও অর্থনীতিতে অপরিমিত। এরোর দ্বিতীয় প্রবন্ধে এঁর জীবন ও গবেষণাকর্ম স্থান পেয়েছে। Decision Theory এবং Sequential Analysis Girschick Meyer-এর দুটি উল্লেখযোগ্য গবেষণা কর্ম।

এরো স্ট্যানফোর্ডে আর G. Debreu (1951) শিকাগোতে Cowles Commission for Research in Economics এ কাজ করার সময় প্রতিযোগিতামূলক ভারসাম্য সম্পর্কে একই সিদ্ধান্তে উপনীত হন। এরো এবং ডেব্রুর গবেষণাকর্মে competitive equilibrium এর অস্তিত্ব স্বীকার করে নেয়া হয়েছে। এরোর গবেষণার আর একটি গুরুপূর্ণ ক্ষেত্র হলো সামাজিক পছন্দ তত্ত্ব। কিন্তু, তিনি উপলব্ধি করেন, সামাজিক পছন্দের অসামঞ্জস্যতার দর্শন ভিত্তিক ও বন্টনমূলক তাৎপর্যগুলো এখনও তেমন স্পষ্ট নয়। এটি নিশ্চিত যে, এর কোন সহজ সমাধান নেই। এরো বলেছেন, আমি আশা করি অন্যান্যরা এ অসামঞ্জস্যতাকে একটি হতাশামূলক অন্তরায় হিসেবে বিচার না করে বরং একটি চ্যালেঞ্জ হিসেবে গ্রহণ করবেন। চমকপ্রদ এ নোবেল বক্তৃতায় সামগ্রিক ভারসাম্য তত্ত্ব ও সামাজিক পছন্দ তত্ত্বই শুধুমাত্র স্থান পায়নি বরং এতে হিক্স-হোটেলিং এবং ডেব্রু প্রমূখ অর্থনীতিবিদদের সাথে তাঁর গবেষণা কর্মের সম্পর্ক দেখানো হয়েছে।

উল্লেখযোগ্য অনেক গবেষণা কর্ম ছাড়াও রয়েছে তাঁর "collected papers" যা সাতটি খন্ডে প্রকাশিত। এ খন্ডগুলো হলো:

- (১) Social Choice and Justice
- (২) General Equilibrium
- (৩) Individual Choice under Certainty and Uncertainty
- (৪) The Economics of Information
- (৫) Production and Capital
- (৬) Applied Economics
- (৭) History of Economic Thought.

এর মধ্যে প্রথম ৪টি Basil Blackwell (1984) এর প্রকাশনা। বাকী ৩টি প্রকাশিত হয় ১৯৮৫ তে। সংগৃহীত এ রচনাগুলো তাঁর সারা জীবনের কর্ম প্রয়াসের ফলশ্রুতি। দেশ-কাল-নির্বিশেষে এগুলো

উল্লেখযোগ্য রেফারেন্স হিসেবে সমাদৃত। তবে, মনে রাখতে হবে যে, তাঁর collected papers যথেষ্ট নিষ্ঠা ও সতর্কতার সাথেই পড়তে হবে।

আন্তর্জাতিক অর্থনীতি সমিতির ৮ম বিশ্ব কংগ্রেসে (১লা ডিসেম্বর, ১৯৮৬) সভাপতির ভাষণে কেনেথ এরো General Economic Theory and the Emergence of Theories of Economic Development এর উপর বক্তৃতা দেন। এতে অন্যান্য বিষয়ের মধ্যে প্রথমে তিনি দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধ- পরবর্তী অর্থনীতির অবস্থা সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা দেয়ার পর উন্নয়নের আধুনিক অর্থনীতি সম্পর্কে বক্তব্য রাখেন। এ বক্তৃতায় এরো অর্থনীতিবিদদের জন্য চিন্তার দুটি বিষয়ের ওপর আলোকপাত করেন। এগুলো হলো ; (১) অর্থনীতি প্রতিযোগিতামূলক আচরণ এবং প্রতিযোগিতামূলক দক্ষতা থেকে যে ভাবে বিচ্যুত হয়েছে এবং (২) বেকারত্ব।

এরোর গভীর পর্যবেক্ষনে ধরা পড়ে: “Unemployment in the 1930’s was too palpable and prolonged a phenomenon to be conveniently ignored by economists. In many ways, the presence of unemployment of a failure to clear one of most important of all markets, is a serious critique of neo-classical economics, with its emphasis on markets as a coordination of behavior, of course, Keynes’s General Theory provided an intellectual representation which gave economists a tool for analysis”.

এরো মনে করেন, উন্নয়ন অর্থনীতির দৃষ্টিকোণ থেকে কেইনেশীয় তত্ত্ব সে সব মডেলকেই উৎসাহ যুগিয়েছে যেখানে শ্রম কোন অন্তরায় হিসেবে কাজ করেনি। বিশেষতঃ গতিশীল কেইনেশীয় মডেলগুলোর সাথে হ্যারড, ডোমার এবং পরবর্তীতে জোয়ান রবিনসনের নাম সম্পৃক্ত। তাঁদের মডেলে উন্নতদেশের বেকার সমস্যাই বিবেচিত হয়েছে। তবে এ তত্ত্বগুলো উন্নয়ন পরিকল্পনার জন্য যথেষ্ট উৎসাহব্যঞ্জক।

এরোর আলোচ্য দ্বিতীয় প্রতিপাদ্য বিষয় হলো ১৯৩০ এর দিকের অর্থনৈতিক চিন্তাধারা, যা মূলতঃ প্রতিযোগিতার বিভিন্ন অপূর্ণাঙ্গতাগুলোর সাথে সম্পৃক্ত। নিও-ক্লাসিকেল (নব্য-ধ্রুপদী) অর্থনীতিতে বাজার ব্যর্থতা পর্যালোচনা এবং এ থেকে পরিত্রাণের উপায় হিসেবে রাষ্ট্রীয় হস্তক্ষেপকে সমর্থন করা একটি গতানুগতিক বিষয় হয়ে দাঁড়িয়েছে। প্রসঙ্গটি ওয়ালরাস এ আলোচিত হয় এবং মার্শাল একে যথেষ্ট প্রাধান্য দিয়েছেন। অবশ্য, মার্শালের ছাত্র এ. সি. পিগুই বাজার ব্যর্থতা এবং বাহ্যিকতার সবচেয়ে পূর্ণাঙ্গ চিত্র দিয়েছেন। এরো মন্তব্য করেছেনঃ

“Market failure and indeed any departures from pareto optimality share with unemployment one important characteristics: There is the apparent possibility of a large gain in welfare, an impossibility if resources are already optimally allocated”.

অষ্টম বিশ্ব কংগ্রেস উপলক্ষে এক সময় এরো ভারতে ছিলেন। ঐ সময় তিনি Frontline কে একটি বিস্তারিত সাক্ষাতকার দেন। এটি Economics at the Frontier – An Interview with Kenneth Arrow শিরোনামে প্রকাশিত হয়। এতে তাঁর Social choice and Individual values এবং “Existence of competitive economy on to the present state of economy” থেকে বেশ কিছু গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন উত্থাপিত হয়। এ সাক্ষাতকার থেকে এরোর একটি মন্তব্য প্রশিধানযোগ্য : “There’s another problem for economists – once you taste, once you get involved in policy, the research

seems a little dusty and dull. A lot of people, once they've been in policy – never quite get out of it again! I don't like it Any field of science has many different kinds of people: it's essential to the health of the subject that there be many different kinds of workers. There's no one best kind of economist”.

পরিশেষে, এরো বলেছেন, অর্থনীতি তখনই খুব উত্তম যখন এর অন্তর্গত ভিত্তি (premises) এবং ফলাফলগুলোর সংযোগ যথেষ্ট স্থায়ী হয়। এ সংযোগ সূত্রগুলো বিনির্মাণে অনেক চিন্তার প্রয়োজন। বিষয়টি খুব প্রত্যক্ষ হলে তা কখনোই হৃদয়গ্রাহী হয় না।

১৯৮১ সনে Harper's Magazine এ তাঁর Government Regulation: Pluses and Minuses – An Essay প্রবন্ধটি প্রকাশিত হয়। এতে তিনি অর্থনীতি পরিচালনে সরকারের ভূমিকা ঐতিহাসিক দৃষ্টিকোণ থেকে বিচার করেছেন। এরো উল্লেখ করেন, বহুবছর ধরেই বেশকিছু অর্থনৈতিক তত্ত্ব গড়ে উঠেছে। অর্থনীতিতে সরকারের ভূমিকা বা সরকারী হস্তক্ষেপের সীমানা বিচারের মাপকাঠি কি হওয়া উচিত তা নিয়ে এখানে আলোচনা করা হয়েছে। এরো উল্লেখ করেন, “While a substantial degree of government intervention is likely to continue, the way the government intervenes has changed and should continue to change.”

এরোর লেখা গবেষণা প্রবন্ধের সম্ভার বিপুল। এর বিস্তৃত বর্ণনা দেয়া এ ক্ষুদ্র পরিসরে সম্ভব নয়। তবে, Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, Economic Implications of Learning by Doing এবং Economic Equilibrium উল্লেখ করার মতো। তাঁর Existence of an equilibrium for a competitive economy প্রবন্ধে (ডেব্রুজ সাথে) ব্যাখ্যা করতে গিয়ে বলেছেন, দামগুলো অ-ঋণাত্মক (non-negative) ও অতিরিক্ত চাহিদা অ-ধনাত্মক এবং সোনার দাম শূন্য হবে এর অতিরিক্ত চাহিদা ঋণাত্মক হলে। এরোর উল্লেখযোগ্য অন্যান্য গ্রন্থগুলোর মধ্যে রয়েছে Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability-র কার্যবিবরণিতে অন্তর্ভুক্ত “An Extension of the Basic Theories of the Classical Welfare Economics, Discounting and Public Investment Criteria’ এবং The Economics of Moral Hazard: Further Comment শীর্ষক প্রবন্ধ।

সংগঠন তত্ত্ব নিয়েও এরো গবেষণা করেছেন। এ ক্ষেত্রে তিনি যোগাযোগ মাধ্যম, তথ্য প্রবাহের ধরণ ইত্যাদির ভিত্তিতে সংগঠনকে বর্ণনার Marhsak - Radner পদ্ধতি অনুসরণ করেছেন। সাংগঠনিক অনমনীয়তা হলো তথ্য মাধ্যম এবং যোগাযোগ কোড গঠনে পর্যাপ্ত বিনিয়োগের ফলশ্রুতি। তাঁর মতে, ‘Employment is a long-term contingency contract, motivated by high contracting costs’ যা নিয়োগ সম্পর্কে Simon এর ধারণারই একধাপ অগ্রগতি।

কেনেথ এরো এ শতকের একজন শীর্ষস্থানীয় অর্থনৈতিক তাত্ত্বিক-দার্শনিক। তিনি অর্থনৈতিক বিশ্লেষণের সবচেয়ে কেন্দ্রিক ও জটিল প্রশ্নগুলোর সমাধান দিতে চেয়েছেন এবং অনুসন্ধানের পূর্ণাঙ্গ সত্য কিছু ক্ষেত্র আবিষ্কার করেছেন। তাঁর লেখা বই এবং প্রবন্ধগুলো এত ভালোভাবে ও বিস্তৃত উদ্ধৃত হয়েছে যে, সম্ভবতঃ দ্বিতীয় কোন অর্থনীতিবিদই তাঁদের কাজের জন্য এত বেশি প্রশংসিত হননি। বিষয়ের প্রতি তাঁর দায়বোধ এবং মেধা ও মননশীলতার কারণেই তিনি একজন সফল অর্থনীতিবিদ। মৌলিকত্বের কারণেই অর্থনৈতিক চিন্তাধারার ইতিহাসে তাঁর নাম চিরকাল সবাই শ্রদ্ধাভরে স্মরণ করবে।

অর্থনৈতিক তত্ত্বে এরোর অবদানের গুরুত্ব আমরা বুঝতে পারি The Swedish Journal of Economics (ডিসেম্বর, ১৯৭২)-এ প্রকাশিত এক প্রবন্ধে Weizsacker Carl Christian von এর একটি মন্তব্য থেকে:

In my opinion, because in several fields of research he was able to develop clear and convincing concepts and models so that unambiguous answers could be found by mathematical analysis, where before the problems had not been well-defined or perhaps had not been conceived as problems Conspicuous examples are: Arrow's Social choice and Individual values and his contributions to Welfare Economics in the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, his publications on the Economics of Uncertainty or on the Economic Implications of Learning by Doing. Only after Arrow had given the basic formulations of the models, were other economists (or he himself) able to prove unambiguous theorems.

অর্থনীতি বিজ্ঞান চর্চায় পরিশীলিত চিন্তা, মেধা ও মননের কারণেই কেনেথ এরো সর্বমহলে ঈর্ষনীয় শ্রদ্ধার পাত্র । অর্থনীতির বিভিন্ন ক্ষেত্রে তাঁর মৌলিক অবদান বিপুল ও অসামান্য । অনেকেই এরোকে Supreme Economic Theorist of the Twentieth Century হিসেবে অভিহিত করেছেন । পরিশেষে, তাঁর সম্পর্কে একথা বললে অত্যুক্তি হবে না যে:

“Kenneth Arrow is perhaps one of the most respected and admired living economists. In many ways, his life is exemplary in that the almost incredible success that have accompanied him have not, in any way, hardened into that ignorance and pettiness so common among professional scholars. By all accounts, Arrow ranks highly among economists and non-economists, orthodox and heterodox, for his, scholarly depth, his wide ranging interests, his personal and intellectual generosity and openness, and his consistent refusal to engage in ideological quibbling. If nothing else, Arrow is positive proof of Pushkin's conjecture that villainy and genius are two things that can never go together” (Pushkin, 1832).

However, we must also remind ourselves that his achievements were neither the result of wild luck nor were they quickly or cheaply bought by hack work, but rather the outcome of an often painful but nonetheless continuous dedication to the task of the scholar. It is evident throughout his work that Arrow has maintained the highest standards of rigor, avoiding oversimplification and ideological rhetoric, clearly aware of and indeed actively demarcating the limits of applicability of economic theory. In so doing, has achieved and granted to us a far deeper understanding of both economics and the economic process than might otherwise have been possible.”

References

Arrow Kenneth J. General Economic Theory and the Emergence of Theories of Economic Development. The Indian Economic Journal, vol. 34, No.4, April-June 1987, p.3.

Arrow, Kenneth J. I know Hawk from a Handsaw, in Szenbarg, Michael, Edited, Eminent Economists: Their Life Philosophies, Cambridge University Press, 1992, pp,42, 49-50.

Economics at the Frontier - An Interview with Kenneth Arrow Quoted in Frontline, January 24-February 6, 1987, pp. 88-95

Arrow Kenneth J. Citation

Nobel Lectures, Economic Sciences 1969-1980 : Kenneth J. Arrow – Autobiography

The Nobel Memorial Prize in Economics, 1972. The Official Announcement of the Royal Academy of Sciences. The Swedish Journal of Economics, vol.74, No.4. December 1972, p-486-87.

Arrow Kenneth J in Breit, William and Spencer, Roger W., Edited, Lives of the Laureates: Ten Nobel Economists, Second Edition, The MIT Press 1990, pp. 51-53.

Puttaswamaiah K. Nobel Economists: Lives and Contributions, vol.1, 1969-1974, Indus Publishing Company, New Delhi.