

D. L. MEADOWS, W. W. BEHRENS III, D. H. MEADOWS, R. F. NAILL, J. RANDERS, E. K. O. ZAHN

### Dynamics of Growth in a Finite World

Wright-Allen Pr., Cambridge, Mass., 1974, x + 637 p.

The monography presents a mathematical model, "World 3", of the world for the years 1900–2100. The purpose of the model are the conditional, imprecise projections of dynamic behaviour modes of the five model outputs: population, capital, food, non-renewable resources, and pollution.

Models of this global scope are not new, they can be traced back even to the ancient world, nevertheless from the very beginning they are controversial. The first class of models is "ecological"; decisions based on ecological models are cautious about the possibilities for human expansion because of unclear interactions and clear bounds. The second class, "technological", supposes that no unbreakable constraints to mankind evolution exist. The first model can be traced as back as to Upanishads ("the vital essence in man is the same as that in a gnat, the same as that in an elephant"), the second to Genesis ("fill the earth, and subdue it; and have dominion over the fish of the sea, and the fowl of the air, and over every thing that moveth upon the earth"). The authors claim that the philosophy of their model is synthesis of both elementary models. Nevertheless their project was motivated by the finiteness of the world resources and as such from the ecological model. As it is well known from mathematical optimization and from experience of course, too, just because of this finiteness, the short horizon decisions used to be, from the longer horizon criteria, the bad decisions. And as it is well known from feedback theory, the uncautious control based on unprecise model may lead to instability.

The causal relations of a model can be changed by new technology. Because of this

authors divide possible technologies into three categories: already feasible and institutionalized, feasible but not institutionalized, and not yet feasible. The first technologies (eg. mining technology to discover and exploit lower-grade nonrenewable resources) are build in the authors' World 3 model. Some of the second technologies (eg. resource recycling) are incorporated in World 3 model as optional for the model users. The third class, the panacea technologies, are omitted.

Now, we shall review the World 3 model construction. The model was inspired by the two mainly positive feedback phenomena (exponential growth of population and production) and the three mainly negative feedback phenomena (diminution of return on land development new investments, of non-renewable resources, and of ability of ecosystems to absorb pollution). Because of these five model outputs' time scale, the horizon of world model was chosen to 200 years. The choice of this horizon limited the time constants of dynamic phenomena, which can be included in World 3 model, to 20–200 years. Now, to facilitate the model construction, the "divide and rule" trick was used. Around each of the five outputs the sectors of World 3 model were constructed: (i) Population — incorporating the effects of main economic and environmental factors that influence human birth and death rates and thus population size. (ii) Capital — including the manufactured means of producing industrial, service, and agricultural outputs. (iii) Agriculture — including the effects of capital inputs on food production. (iv) Nonrenewable resources — representing the fuel and mineral inputs required to make use of capital stock for producing goods and services. (v) Pollution — standing for the persistent materials produced by industry and agriculture that may reduce human life expectancy, agricultural productivity, or the normal ability of ecosystems to absorb harmful substances.

The sector submodels construction begins with the causal-loop diagram. The vertices of the diagram are submodels' variables; systems

interactions are shown by arrows leading from each variable to those variables that might be influenced by changes in that variable. Choosing the variables means choosing the degree of aggregation; this was done as the compromise between the highly disaggregated model incomprehensibility and inadequacy of the opposite extreme. The five submodels causal-loop diagrams contain 8, 17, 12, 4, 11 vertices, respectively. The created diagrams were afterwards transformed to the sets of nonlinear stationary differential equations. For this, both yet published submodels (or "theories") and data, and the authors' submodels were synthesized. Doing this, no assumption or a parameter without real-world meaning were added to improve mathematical convenience or historical fit. Each submodel was then simulated using the DYNAMO language for simulation of continuous time systems on digital computer (28, 9, 18, 5, 18 runs of sectors submodels, respectively are illustrated). The purpose of these runs was (i) check of consistency of simulated outputs with full range of model assumptions; (ii) check of robustness of outputs with respect to parameters imprecisions; (iii) check of outputs' fit with historical data for years 1900–1970.

The checked submodels were synthesized into World 3 model: this contains 36 state variables (integrators). 24 of them are used to model either information or material delays. The full, yet readable, program and data written in the notation consistent with DYNAMO compiler are enclosed. Historical runs from 1900–1970 were checked for data fit for time constants bigger than 20 years. Remarkable was the World 3 reference run from 1900 to 2100. This run assumes that the general values and policies that guided the World 3 from the 1900 to 1970 will continue into the future. In this run the nonrenewable resources shift smoothly from 1900 level, through an inflexion in approx. 2015, to approx. 15% of 1900 level in 2100. The global population, after reaching the 1970 level grows smoothly and approx. doubles in 2030 and afterwards declines smoothly again to approx. 1970 level in 2100. Food per capita rises steadily and after reaching its maximum

(approx. 110% of 1970 level) in 2015, it declines sharply to below the 1900 level in 2100. The shape of industrial output per capita is a similar one (maximum of 375 1968-dollars per person-year). The curve of persistent pollution index is of similar but rather delayed shape (maximum of 11 times of the 1970 level in 2035). The reference run was tested for robustness to changes of uncertain parameters. Test runs (11 of them are illustrated) showed that the behaviour mode of overshoot and collapse was remarkably insensitive to variations of most of the model's parameters. Authors explain this, within World 3 model, by: (i) relatively rapid physical growth, (ii) physical limits to that growth, (iii) possible erosion of these limits by overuse or misuse, (iv) delays in the feedback that limits growth.

Authors present and illustrate the solution which changes the World 3 overshoot and collapse mode to stable equilibrium mode. It consists of simultaneous application of both new technologies and new social values: (i) adaptive changes of technology — simultaneous increase in resource exploration and extraction technologies, recycling technologies, pollution technologies, land yield and agricultural technologies; (ii) reduction of desired completed family size; (iii) increase of industrial and service capital lifetimes, (iv) reduction of capital investment rate, (v) shift of output choices (eg. less emphasis put on industrial output and more emphasis put on food and service output). Authors' equilibrium is quite modest (industrial output and food per capita levels off in 1990 at approx. 150% of 1975 level), nevertheless it is a smoothly reached equilibrium safe from the collapse. Further the authors show, within the World 3 model, that any attempt for particular solution just delays the collapse.

It is very easy to criticize the World 3 model. Nevertheless: (i) the priority of Forrester-Meadows M.I.T. school in the field of global dynamic models remains; (ii) every constructive critic should construct its own, working (— not only proposed) explicit model of higher than World 3 adequacy.

*Antonín Vaněček*

## Local Induction

D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht—Boston  
1976. Stran XIV + 340. Cena neuvedena.

V roce 1967 zavedl I. Levi ve své práci „Gambling with Truth“ důležité rozlišení dvou typů induktivních závěrů: indukce kompetentní pouze pro rozhodování v omezeném vědeckém nebo praktickém kontextu a indukce jako obecného prostředku generování hypotéz. Pro první typ induktivního usuzování se ujal název „lokální indukce“, zatím co druhý typ je možno charakterizovat jako „globální indukci“. Oba typy induktivního usuzování jsou přirozeně budovány na základě prostředků probabilistických logik, teorie statistického rozhodování, probablistických koncepcí utility, informačního obsahu hypotéz apod.

Posuzovaná kniha je sborníkem příspěvků k problematice lokální indukce. Editorovi se podařilo získat prominentní autory k této tematice, což je nespornou předností knihy. Méně zdařilé je zajištění homogenity a tematické unifikace jednotlivých příspěvků. Sborník zahajuje I. Levi příspěvkem, v němž provádí kritickou retrospektivu své původní citované práce. Cenná je zde zvláště konfrontace různých kritérií pro akceptování hypotéz v souvislosti s růstem znalostí. Jedním z rozhodujících kritérií jsou různé verze pojmu „epistemické utility“, který byl původně zaveden C. G. Hempelem. Této problematice jsou rovněž věnovány další dva příspěvky. První z nich, jehož autorem je R. Rosenkrantz, má název „Kognitivní teorie rozhodování“ a ukazuje některé obtíže rekonstrukce epistemické utility při mnohosti různorodých kritérií. Rovněž další příspěvek, který napsal W. K. Goosens, se zabývá kritikou různých koncepcí epistemické utility. Zajímavým způsobem ukazuje souvislosti těchto pojmů s informačním oceňováním hypotéz a s preferenčními schémata při organizaci a plánování experimentů.

Odlišnou koncepcí rekonstrukce induktivních úsudků předkládají další dva příspěvky: K. Lehrer se zabývá úlohou konsensu, tj. interpersonální shody při oceňování hypotéz

v induktivních úsudcích. Zavádí schéma nákladů a výtěžků (costs and benefits) a tzv. konsensuální pravděpodobnost, tj. schéma pravděpodobnostních měř relativizovaných na určitou skupinu experimentátorů. Rovněž další příspěvek J. H. Fetzera o elementech indukce zavádí jistou formu relativizace, zejména tzv. kontext vědění. Na této bázi pak definuje řadu pojmů logické teorie pravděpodobnosti, věrohodnosti, utility, epistemické strategie aj.

Další dvě statí spojují problematiku induktivní inference těsněji s problematikou statistických rozhodovacích funkcí. Příspěvek Kl. Szaniawského zavádí pojem sekvenční inference na základě Waldových koncepcí statistického rozhodování. G. Menges a K. Kofler jsou autory příspěvku nazvaného „Kognitivní rozhodování při částečné informaci“. Zavádějí pojem parciální (nebo lokální) informace, který je konstruován na bázi apriorních probablistických koncepcí. Spíše přehledový než analytický charakter mají statí H. E. Kyburga „Lokální a globální indukce“, historicky pojatá práce R. J. Bogdana „Hume a problém logické indukce“ a práce L. J. Cohena o neoklasické teorii indukce.

Za velice podnětný je třeba označit příspěvek I. Niiniluoto, který předložil rekonstrukci schémat logické indukce na základě logické analýzy otázek a problémů. Značně obecněji je koncipována stať H. Törnebohma o konstrukci vědění „po kouscích“, která na základě téhož společného formálního aparátu pro matematicko-logické zobrazení růstu vědění předkládá řadu definic pojmů užívaných v induktivních logikách. Rámec lokální indukce rovněž překračuje příspěvek R. Tuomely o vztazích potvrzení hypotéz a explanace. Principy potvrzení hypotéz jsou tím relativizovány na přijaté explanační schéma a tím i přijatou teorii nebo množinu hypotéz užitou v explanaci. Sborník je doplněn o bibliografii prací o lokální indukci.

Posuzovaná práce je nepochybně cenným příspěvkem do poměrně rychle se rozvíjející oblasti logiky, která leží na styčných plochách teorie pravděpodobnosti, teorie informace a teorie statistického rozhodování.

Ladislav Tondl

A. M. LISTER

## Fundamentals of Operating Systems

The Macmillan Press LTD., London 1975,  
144 stran vč. literatury a rejstříku; cena  
£ 7,95.

Otázkami operačních systémů počítačů se odborná literatura zabývá ve čtyřech základních směrech, z nichž každý má svůj specifický účel a zdůvodnění, jakož i své odlišnosti v kvalitě přístupu ke zkoumané otázce. Mezi nejrozšířenější a nejčetnější patří firemní literatura o operačních systémech, zejména literatura popisující řešení firmy IBM. Jde o relativně nejkonkrétnější popisy určitých řešení, přecházející mnohdy až v příručkovou formu. V této skupině literárních pramenů vzniklo nejvíce odborných pojmů nového oboru, byly popsány první konstruktivní a metodické postupy a algoritmy. Určité negativní znaky však plynou z toho, že subjektivní, mnohdy empiricky dosažená řešení, podložená mocenskými pozicemi firem, jsou ztotožňována s objektivními kategoriemi nově vznikající disciplíny operačních systémů. Do této skupiny literárních pramenů patří v podstatě i čs. připravovaná publikace autorů Navrátila, Sokola, Žáka o operačních systémech počítačů Jednotného systému elektronických počítačů.

Do druhé skupiny literatury patří popisy a analýzy operačních systémů v kontextu s výkladem celého vědního oboru (informatika, věda o počítačích, computer science). Příkladem je možno uvést dílo autorů Bauera a Goose Informatik.<sup>1)</sup> V této skupině literatury je výklad operačních systémů podmíněn přístupem, které autoři zaujmají k výkladu problematiky celého oboru. Nejčastěji je to přístup na základě jazykové formy zápisu funkcí, v tomto případě funkcí operačního systému. Tak je tomu např. v citovaném díle Bauera a Goose. Určitou nevýhodou tohoto přístupu může být neúplnost výkladu, neboť některé z funkcí operačního systému lze jen obtížně vyjádřit standardními prostředky programo-

<sup>1)</sup> F. L. Bauer, G. Goos: Informatik. Springer-Verlag Berlin, 1971.

vacího jazyka (jako např. zabránění zahlcení počítače, deadlocku, tzv. smrtelnému objetí apod.). Na druhé straně je zásadní předností této literatury, že činí z operačních systémů součást problematiky vědního oboru počítačů jednotností přístupu, použitého odborného jazyka.

Do třetí skupiny patří odborná díla, která monografickým způsobem zpracovávají otázky operačních systémů s využitím abstraktních matematických prostředků. Výsostně oprávnění těchto děl spočívá v tom, že vytvářejí základy teorie operačních systémů. Mezi nejvýznamnější v tomto oboru patří např. kniha E. G. Coffmana a P. J. Denninga Operating Systems Theory,<sup>1)</sup> u nás je představitelem tohoto směru J. Hořejš. Určité obtíže tohoto zaměření představuje skutečnost, že ne dosud všechny principy a funkce operačních systémů jsou rozpoznány do té míry, aby mohly být řádně zavedeny formálními prostředky.

Čtvrtou skupinu literárních pramenů představují práce, zaměřené na poznávání a ovládnutí principů a funkcí kategorie operačních systémů. Je naplňována převážně časopiseckými příspěvky. Jejich základní filosofií přístupu je chápání principů a funkcí (architektury<sup>2)</sup>) operačních systémů jako virtuálního rozšíření principů a funkcí (architektury) počítače samotného. Do této skupiny patří i recenzovaná kniha A. M. Listera, lektora v oboru vědy o počítačích na univerzitě Essex. Kniha je také výsledkem a nástrojem učitelské činnosti.

Autor vychází z jednoduché, ale osvědčené metodiky: nejdříve zavede základní znaky celku (operačního systému), pak tyto znaky podrobněji popisuje funkčně a pokud to jde i z hlediska konstruktivního. Konkrétních (firemních či jinými autory popsanych) řešení využívá jen jako příkladů pro ilustraci výkladu základních

<sup>1)</sup> E. G. Coffman, jr., P. J. Denning: Operating Systems Theory. Prentice Hall, N.Y. 1973.

<sup>2)</sup> Pojem „architektury“ je dosud na úrovni teprve zakládáné disciplíny. V r. 1970 byla založena technická komise o architektuře při Computer Society a v r. 1971 speciální komise pro architekturu při ACM. Výsledky dosud nejsou normovány.

390 principů. Tím dosahuje i určité míry sjednocení pojmů a jejich výkladu.

Základní principy a funkce vytypovává Lister (a lze jeho výčet považovat za vyčerpávající na současné úrovni znalostí) následujícím způsobem:

— funkce: souběžnost procesů, sdílení zdrojů, a to jak hardwarových, tak softwarových, organizace velkokapacitních (dlouhodobě obsazovaných) paměti, řízení vstupů a výstupů, zajištění ochrany přístupů a použití,

— specifické vlastnosti řešení: determinovanost a nedeterminovanost funkcí, účinnost, spolehlivost, dosažitelnost (dostupnost, zvládnutelnost).

Při podrobnější analýze těchto základních principů v druhé fázi svého výkladu pak autor objasňuje, případně zpřesňuje některé pojmy a postupy jako je vytváření efektivních adres pomocí soustavy adresových tabulek, otvírání a zavírání souborů, vedení evidence o přidělených zdrojích, zahlcení, semaforey, segmentování atd.

Pro českou literaturu, která se časopisecky těmito otázkami rovněž zabývá, je nejužitečnější kapitola o rozvrhování a přiřazování zdrojů, včetně hierarchického řešení této úlohy, a to nikoliv pro objektivnost nebo novost popisovaných řešení, ale pro úplnost a komplexnost popisu.

Ostatně podobně můžeme hodnotit i obsah celé knížky: ze stručného přehledu hesel, značujících obsah knížky, je patrné, že jde o standardní funkce operačního systému. Autorův cenný příspěvek tkví v tom, že tyto standardní principy a funkce nepopisuje opisováním konkrétních řešení ať firemních nebo literárních, ale snaží se o postžení jejich podstaty.

Jistě bychom našli v knížce ještě některé otevřené otázky, a to jak základního charakteru, tak i otázky dílčí. K prvnímu patří např.

otázka interface operačních systémů na infor-mace vznikající a užívané hardwarovou částí počítačového systému. Patrně bychom prostřednictvím poněkud podrobnější analýzy příčin přerušení, jejich analýzy a likvidace dospěli i ke standardizaci tohoto interface, který je však zejména z vývojového hlediska hranicí proměnlivou.

K druhým patří neúplnost zavedení některých velmi frekventovaných pojmů jako job (práce), task (úloha), segment (díl programu) — (používáme zde originálních výrazů a současně podpůrné české ekvivalenty z důvodů nepochybné, resp. nezprostředkované návaznosti na text knížky). Autorovi se nepodařilo zavést jejich přesnější odlišení, v podstatě je všechny klade na roveň pojmu proces (postup) — (v případě segmentu jako parametr procesu), jehož hranice jako jednotky jsou odvozeny z fyzikálních podmínek realizace výpočtu v technickém prostředí počítače. Tento přístup je jistě možný (i když v knížce není výslovně zaveden), avšak pak jak job, tak task, tak proces jsou interpretovány poněkud odlišně, než je obvyklé na základě spíše programových veličin. Podobně se pak poněkud snižuje význam pojmu program, neboť vztah procesu (jobu, tasku) k němu není přesně určitelný. Domyšlení tohoto vztahu do konce by mohlo vést i k tvrzení, že pro počítač a jeho aktivitu (realizovanou v procesech) není program jako takový významný a že program je kategorie uživatele. Tuto extenzi neúplnosti v recenzované knížce neuvádíme jako věcně užitečné tvrzení, ale jako ilustraci současného stavu vývoje operačních systémů, který není možno považovat za konečně vyjasněný a uzavřený. Nicméně recenzovaná Listerova knížka výrazně přispívá k tomu, aby stav předmětu disciplíny operačních systémů pokročil směrem od subjektivních firemních kategorií ke kategoriím objektivním.

Jaroslav Vlček