

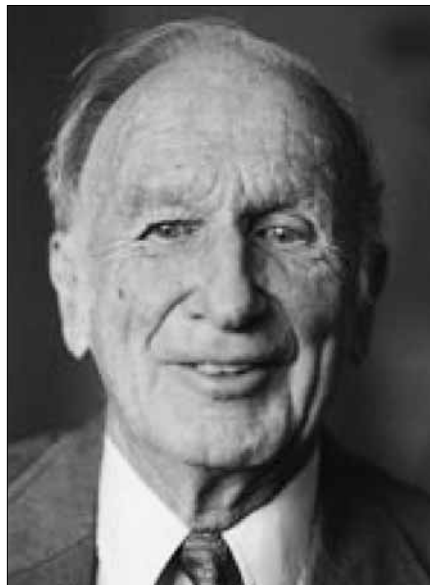
- J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, 437-471.
- Kaplan A., Cane M., Kushnir Y., Clement A., Blumenthal M., Rajagopalan B., 1998: Analyses of global sea surface temperature 1856-1991. *Journal of Geophysical Research*, 103, 18 567-18 589.
- Kerr R. A., 2000: A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 288, 1984-1986.
- Kerr R. A., 2005: Atlantic Climate Pacemaker for Millennia Past, Decades Hence? *Science*, 309, 41-43.
- Knight J. R., Allan R. J., Folland C. K., Vellinga M., Mann M. E., 2005: A signature of persistent natural thermohalin circulation cycles in observed climate. *Geophy. Res. Lett.*, 32, L20708, doi: 10.1029/2005GLO24233.
- Li S., Bates G. T., 2007: Influence of the Atlantic Multidecadal Oscillation on the Winter Climate of East China. *Advances in Atmospheric Science*, 24, 126-135.
- Mendoza B., García-Acosta V., Velasco V., Jáuregui E., Díaz-Sandoval R., 2007: Frequency and duration of historical droughts from the 16th to the 19th centuries in the Mexican Maya lands, Yucatan Peninsula. *Climatic Change*, 83, 151-168.
- Minobe S., 1997: A 50-70 year climate oscillation over the North Pacific and over North America. *Geophy. Res. Lett.*, 24, 683-686.
- Schlesinger M. E., Ramankutty N., 1994: An oscillation in the global climate system of period 65-70 years. *Nature*, 367, 723-726.
- Schubert S. D., Suarez M. J., Pegion P. J., Koster R. D., Bacmeister J. T., 2004: On the cause of the 1930s dust bowl. *Science*, 303, 1855-1859.
- Sutton R. T., Hodson D. L. R., 2005: Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate. *Science*, 309, 115-118.
- Venegas S. A., Mysak L. A., 2000: Is there a dominant timescale of natural climate variability in the Arctic? *Journal of Climate*, 13, 3412-3434.
- Zhang R., Delworth T. L., 2006: Impact of Atlantic multidecadal oscillations on India/Sahel rainfall and Atlantic hurricanes. *Geophy. Res. Lett.*, 33, L17712, doi:10.1029/2006GL026267.

## EDWARD N. LORENZ (1917–2008)

2008. április 16-án szomorú hír járta be a világot: a bostoni agglomerációhoz tartozó cambridge-i otthonában, 90 éves korában elhunyt Edward Norton Lorenz, a neves amerikai matematikus és meteorológus. Kutatásai jelentősen hozzájárultak a légkördinamikai folyamatok alaposabb megismeréséhez. Életművének legfontosabb eredményét a pillangóhatás felfedezése és az ahhoz kötődő kaoszelmélet alapjainak megteremtése alkotja. Sokan vallják, hogy munkássága a 20. századnak a relativitáselméletet és a kvantumfizikát követő harmadik tudományos forradalmához vezetett el.

Lorenz 1917. május 23-án született a Connecticut állambeli West Hartfordban. Fiatal korában olykor nagy bánatot okozott neki, hogy termete miatt nem mindig fogadták szívesen iskolája baseball csapatában. Viszont megtanult kiválóan sakkozni: végül tanítómesterét, az édesanyját is sikerült legyőznie, pedig ő korábban egyszer még a cambridge-i Massachusetts Institute of Technology (MIT) bajnoka fölött is diadalmaskodott. Felsőfokú tanulmányait a New Hampshire-i Dartmouth College-ban, majd a Harvard Egyetemen végezte el. Elméleti matematikusnak készült, de a világháború közbeszólt. Az MIT-ben 1942 tavaszán nyolc hónapos

meteorológiai kurzust indítottak, hogy a hadsereg részére időjárás előrejelzőket képezzenek ki. Lorenz ide iratkozott be, majd két évig ott is maradt, hogy a további tanfolyamokon repülősként a hallgatók laboratóriumi gyakorlatait vezesse. 1944 nyarán az utolsó kurzus is befejeződött, és Lorenz tengerentúli szolgálatra kapott parancsot. Hawaiiiban



kéthónapos trópusi meteorológiai oktatásban részesült, majd először a Saipanról, 1945 tavaszától pedig az Okinaváról felszáll, japán célpontok támadására bevetett repülőgépek időjárásit eligazítását irányította.

Leszerelését követően, 1946 tavaszán Lorenz válaszúthoz érkezett: matematikus legyen, vagy továbbra is a meteorológusi pályát kövesse. Az MIT meteorológiai tanszékének vezetője, Henry Houghton professzor tanácsára az utóbbi mellett döntött; hozzálátott numerikus prognosztikával foglalkozó doktori disszertációjának a megírásához, amelyet 1948-ban sikeresen megvédett. Az MIT-hez fűződő elkötelezettsége mindvégig töretlen maradt. 1962-ben professzori kinevezést kapott, 1977 és 1981 között ő vezette a tanszéket, majd 1987-ben, nyugállományba vonulása-kor, elnyerte a Professor Emeritus címet.

A kezdeti évek, Victor Starr társaságában, az általános cirkuláció mechanizmusának tanulmányozásával teltek. Ennek során dolgozta ki Lorenz a hozzáférhető potenciális energia\* fogalmát, és alkalmazta azt a légkörzésre – segítségével 1955-ben sikerült először világos magyarázatot nyerni az általános cirkuláció fennmaradásának alapvető kérdésére. E téren elért eredményei nyomán később, 1967-ben, a Meteorológiai Világszervezet V. Kongresszusán az IMO Lecture megtartására kapott felkérést; előadásának impozáns monografikus változata, amelynek megírására egy évet szánt, hosszú

időn keresztül komolyan befolyásolta a cirkuláció szerkezetével és energetikájával foglalkozó kutatásokat.

Am időközben Lorenz érdeklődése új, és immár véglegesnek bizonyuló irányba terelődött. Az 1950-es évek közepén a statisztikus előrejelzéssel foglalkozó meteorológus közösség meggyőződéssel vallotta azt a Norbert Wienernek, a kibernetika megalapozójának tulajdonított állítást, miszerint a lineáris eljárások éppen olyan jól működnek, mint bármilyen más módszer, beleértve a numerikus prognosztikai és a szinoptikus meteorológiai technikát is. E nézet megcáfolása céljából Lorenz egyszerű, mindössze néhány változót tartalmazó nemlineáris modelleket\* kezdett szerkeszteni, amelyekkel sikerült egyértelműen bebizonyítani a nemlineáris dinamikára\* alapozott előrejelzések hatékonyságának tagadhatatlan fölényét.

Az igazán fontos, és a meglepetés erejével ható felfedezést azonban nem ez az eredmény, hanem egy új, addig ismeretlen viselkedési forma létezésének a kimutatása jelentette. A kényszerített-disszipatív determinisztikus modellel végrehajtott numerikus kísérletei nyomán ugyanis kiderült, hogy a légköri folyamatokat kormányzó, három változóra egyszerűsített egyenleteknek is lehet igen bonyolult megoldása, amelyet két tulajdonság jellemez: az aperiodikus (önmagát nem ismétlő), megjelenésében véletlenszerű változékonyság, valamint a kezdőfeltételekkel szembeni érzékenység. A klasszikus newtoni mechanika ezt a szabálytalan viselkedést korábban nem ismerte. Henri Poincaré ugyan már 1892-ben leírta, hogy három vagy több szabadsági fokú konzervatív (súrlódásmentes) rendszerekben kialakulhat komplex mozgásforma, George Birkhoff professzor pedig (aki a Harvardon Lorenz posztgraduális matematikai tanulmányainak irányítója volt) Poincaré állítását 1927-ben bővebben is kifejtette – ezek a munkák azonban a fizikusok körében alig találtak visszhangra. Lorenz 1963-ban publikált

tanulmánya részletesen bemutatta, hogy ez a determinisztikus káosz elnevezett jelenség disszipatív (súrlódásos) rendszerekben szintén felléphet, sőt egy évtizeddel később – miután a kérdés a kutatók mind szélesebb táborának keltette fel az érdeklődését – bizonyossá vált, hogy a fizika, a kémia, a biológia és a technika legkülönbözőbb modelljeiben éppen a szabályos (periodikus és kvázi-periodikus) viselkedést kell kivételnek tekinteni. A káosz kialakulásának oka ugyanis a nemlineáris rendszerekben fellépő dinamikai instabilitás, amelynek a következményei kizárólag a folyamatok számítógépes szimulációjával jeleníthetők meg.

Lorenz felfedezése új fizikai világgépet, a légkördinamikában pedig új kutatási területeket teremtett. A kezdeti feltételek előírására mutatott nagyfokú érzékenység vezetett el a napjainkra általános gyakorlattá vált ensemble prognosztika\* kimunkálásához, amely lehetővé teszi a szükségyszerűen bizonytalansággal terhelt időjárás előrejelzések várható beválásának objektív előrejelzését. Lorenz ezt a bizonytalanságot az egyik, 1972-ben megtartott előadásában egy elvont kérdés feszegetésével igyekezett érzékelteni: kiválthat-e egy braziliai pillangó szárnycsapása tornádót Texasban? Ma a „pillangóhatás” világszerte ismert szimbóluma annak a jelenségnek, hogy csekély hatások is eredményezhetnek jelentős változásokat. A káosz másik ismérve, az aperiodikus változékonyság elsősorban a klímakutatásban okoz nehézséget: lehetetlen pontos választ adnunk arra a kérdésre, hogy a globális éghajlatváltozás folyamatának előidézésében milyen mértékben részesedik külső kényszerként az emberi tevékenység, illetve mennyiben vezethető vissza a globális melegedés a légkör állapotának természetes szabad ingadozására.

Az elmúlt évtizedek során Lorenz elsősorban a káoszelmélet megalapozásával, az előrejelezhetőség elemzésével, majd az oksági összefüggések feltárására kiválóan alkalmas alacsonyrendű (kevés szabadsági

fokú) modellek – az ő szóhasználatával „játék modellek” – szerkesztésével foglalkozott. Emellett olyan, a meteorológiai fejlesztések jelenlegi homlokterében álló gyakorlati kérdéseket is elemzett, mint a modellek fizikai parametizációs eljárásaiban levő bizonytalanságoknak az ún. sztochasztikus fizika alkalmazásával történő számszerűsítése, vagy a járulékos megfigyelések kijelölésének problémaköre, amely az előrejelzések sikerességéhez alapvetően szükséges mérőhálózat optimális kialakítását tűzi ki célul.

Több mint hatvan szakcikket fellelő munkásságáért Lorenz számos elismerésben részesült. 1983-ban Crafoord-díjat kapott, amelyet a Svéd Tudományos Akadémia a Nobel-díjjal nem jutalmazható tudományágak jeles személyiségei számára alapított. 2000-ben a WMO neki ítélte legmagasabb kitüntetését, az IMO-díjat. Egy évvel később a Kyoto-díj részesévé vált, mint az a kutató, aki az indoklás szerint „... a determinisztikus káosz felfedezésével... Sir Isaac Newton óta az egyik leginkább drámai változást idézte elő az emberiségnek a természetről alkotott szemléletében”.

Lorenz egész életében megszállott természetjáró, hegymászó és síelő volt. Tudományos aktivitásának töretlenségére jellemző, hogy amikor 53 esztendei együttlét után, 2001-ben elveszítette feleségét, és környezetében felmerült a kérdés, hogy mi lesz az idős professzorral, egyöntetű volt a vélemény: még többet fog dolgozni. Leánya mesélte, hogy két és fél héttel a halála előtt édesapja még kirándulni indult, egy héttel korábban pedig az egyik kollégájával éppen befejeztek egy, a sztochasztikus parametizációval foglalkozó tanulmányt.

Alig huszonnégy nappal a 91. születésnapját megelőzően egy kivételes tudású és szorgalmú, végtelenül szerény és hallgatag egyén távozott az élők sorából.

**Götz Gusztáv  
Horányi András**