

Káosz az előrejelzésben – a káosz előrejelzése

Mintegy száz évvel ezelőtt forradalmi változásokat élt át a fizika tudománya. Korábban úgy tűnt, hogy a klasszikus fizika által megteremtett világkép teljes, és megváltoztathatatlan, legfeljebb az apróbb részletek kidolgozása van még hátra. Az atomi méretű világ felfedezése viszont a teljes rendszer újragondolását tette szükségessé. Ennek a tudományos forradalomnak az egyik leghíresebb képviselőjeként szokták emlegetni **Albert Einsteint** és **relativitáselméletét**.

A XX. század első évtizedeiben újrateheremtett tudományos világkép elsősorban az atomi parányok mérettartományában jelentett újdonságot, a korábban megismert természeti törvények nagy részét változatlanul hagyta, a legtöbb esetben viszont megadta a törvények alkalmazhatóságának pontos határait, azaz azt a méret- és sebességtartományt, amelyekben továbbra is korlátozás nélkül érvényesnek tekinthetjük azokat.

Változatlanok maradtak a mechanikának és a termodinamikának azok az alapelvei is, amelyekre korábban, így pl. a VIII. fejezetben is hivatkoztunk, és amelyeken az időjárás folyamatok, pontosabban a légköri áramlások tulajdonságainak **számítógépes előrejelzése** is alapszik. Úgy tűnik tehát, hogy a világnak ezen a részén mindent jól leírnak a természeti törvények, és azok matematikai alakja, azaz az itt ismert természeti folyamatok determinisztikusak. Miért nem lehet akkor teljesen pontos időjárás előrejelzéseket készíteni? Miért tér el a légköri áramlások előrejelzett képe a valóságtól egyre jobban, ahogy távolodunk a kiindulási időponttól? Mégsem érvényes az impulzus-, az anyag- és az energiamegmaradás elve minden mozgásra, minden áramlásra és minden hőtani folyamatra? Ezekre a kérdésekre sikerült választ adnia **Edward Lorenz** amerikai matematikusnak, a Massachusetts-i Műszaki Egyetem (MIT) Meteorológiai Tanszékén, megvetve ezzel az azóta elhíresült **káoszelmélet** alapjait. Einstein nevét és a relativitáselméletet gyakran emlegetjük még napjainkban is, pedig közvetlen tudományos hatást csak meglehetősen szűk körben fejtett ki. A káoszelmélet ezzel szemben valóságos hódító útra indult az elmúlt évtizedekben. Matematikusok és fizikusok mellett biológusok és vegyészek, orvosok és pszichológusok, sőt társadalomtudósok, így pl. filozófusok és közgazdászok hada hivatkozik az elmélet alapfogalmaira, és igyekeznek saját területén alkalmazni annak eredményeit. Az lassan már feledésbe is merül, hogy az elmélet felfedezése egy meteorológiai példán keresztül történt meg.

Edward Lorenz az 1960-as évek elején kezdte vizsgálatait a légköri áramlások számítógépes modellezése területén. Arra volt kíváncsi, milyen feltételek mellett ismétli magát az időjárás, azaz mikor válnak az áramlások periódussá. Egy-egy kísérletét többször megismételve arra döbrent rá, hogy nemcsak az előre meghatározható hosszúságú periódusok hiányoznak az áramlási mezőkből, hanem egyes esetekben egymástól alig-alig különböző kiindulási adatokból is egymásra egyáltalán nem hasonlító előrejelzéseket készít a számítógép. Lorenz kimutatta, hogy ezeknek az eltérések okát nem a kiindulási adatok minőségében, vagy az alkalmazott számítási algoritmusban, még kevésbé a számítógép működésében kell keresni. Lorenz példát mutatott egy determinisztikus, azaz természeti törvényekkel pontosan leírt, matematikailag zárt alakban megformulázott **aperiodikus áramlásra**, azaz a **káoszra**.

A káosz megnevezés ebben az esetben kicsit félrevezető. A hétköznapi életben káosz az, amikor áttekinthetetlen a helyzet, amikor bármi lehetséges. A légköri áramlások ezzel szemben minden általunk ismert esetben megtartják rendezett voltukat, egymáshoz többé-kevésbé hasonló helyzetek követik egymást. Az időjárásról sem mondja azt a káoszelmélet, hogy egymást követő időpontokban bármi lehetséges, egy kánikulai napot például nem fog követni kiadós havazás. A légköri áramlások kaotikus volta inkább az előrejelezhetőség problémakörére irányította rá a figyelmet. Ahogy arra Lorenz már közel negyven évvel ezelőtt rámutatott, a légkör pillanatnyi fizikai állapotából csak korlátozott pontossággal lehet megállapítani a jövőbeni áramlási képet, és ennek a korlátozott pontosságnak a mértéke is időről időre változik. Vannak erősen és vannak kevésbé változékonny áramlási mezők, azaz vannak könnyebben és vannak nehezebben előrejelezhető időjárású helyzetek.

Ezt a gondolatot alkalmazzák sikerrel a meteorológusok néhány év óta. A legnagyobb előrejelző központokban 30-50 párhuzamos, egymástól csak némileg különböző kiindulási állapot alapján számolt számítógépes előrejelzés készül, és a napi prognózis megfogalmazásakor ezeknek az együttes előrejelzéseknek az adataiból igyekeznek a szakember kiolvasni a várható időjárást.

Megjegyzés: Aki a témáról bővebben szeretne olvasni, annak figyelmébe ajánljuk **Götz Gusztáv Káosz és prognosztika** című könyvét, ami az Országos Meteorológiai Szolgálat gondozásában jelent meg 2001-ben.

Gyuró György