

# Ismerd meg!

## A meteorológia az időjárás tudománya

A meteorológia a légkörben végbemenő folyamatok, jelenségek vizsgálatával foglalkozó tudomány, amelyen belül különös hangsúlyt fektetnek az időjárás és éghajlati kérdések tanulmányozására. A meteorológia szó görög eredetű, magyarul légkörtannak nevezzük – sajnos ez a szépen hangzó szó, sem köznyelvünkben, sem szakirodalmunkban nem honosodott meg. A meteorológia nem új keletű tudomány, gyökerei a történelem előtti korokra nyúlnak vissza. Biztonsággal állíthatjuk, hogy már a primitív ősember is az időjárással kapcsolatos ismereteket megjegyezte, összegyűjtötte és utódainak, mint a létfenntartáshoz szükséges hasznos tapasztalatokat továbbadta. Az ókori nagy kultúrákban (kínai, babilóniai, föníciai, azték, inka) a csillagászat tudománya mellett, megjelennek a meteorológiával kapcsolatos fogalmak is. Az európai kultúrában a görögök vetik meg a meteorológia tudományának az alapjait. Az első fenmaradt írásos dokumentum a Kr.e. 5. századból való és az ókor nagy orvosának Hippokratésznek (460-377) a nevéhez fűződik. Hippokratész leír bizonyos betegségeket, amelyeket meghatározott időjárásbeli tényezők váltanak ki. Ez a mű lényegében a modern alkalmazott meteorológia egyik sajátos területének az orvosi meteorológiának egyik ágát alapozza meg, amely több mint kétezer évvel később meteoropatológia néven válik ismertté. Az első meteorológiai tankönyvet, amely a kor tudományos színvonalának megfelelően tárgyalja a légköri jelenségeket, Arisztotelész (385-322) írja. A mai értelemben vett tudományos igényű meteorológia a 17. században alakul ki, a légkörre alkalmazható alapvető fizikai törvények és mérőműszerek felfedezése után. Tárgyát és módszerét tekintve egy interdiszciplináris önálló tudomány, amelyet úgy is lehetne tekinteni, mint a fizika egyik ágának, a geofizikának az egyik részterületét, amely a Föld légkörében végbemenő fizikai jelenségeket vizsgálja. Mivel a meteorológia vizsgálatai sok esetben olyan jellegűek, hogy a légköri fizikai elemek és időjárás viszonyok területi eloszlását is figyelembe kell veyék, ezenkívül a vizsgált tájegység sajátos szerkezete (hegyvidék, tenger stb.) is befolyásolhatja a további változásokat, ezért egy ilyen jelenségcsoport teljes vizsgálata egyre inkább földrajzi jelleget ölt. A földrajz tudományán belül a meteorológia úgy jelenik meg mint annak egy alkalmazott segédtudománya.

Tartalmi és módszertani szempontból vizsgálva a meteorológiát, azt fel lehet osztani különböző részterületekre: a **fizikai meteorológia** a légkörben végbemenő folyamatok, állapotváltozások fizikai törvényeit kutatja, azok termodinamikai és hidrodinamikai értelmezését, a felhőképződési és sugárzási jelenségeket és általában a légkörben végbemenő optikai, elektromos és akusztikai jelenségeket; a **klimatológia** (éghajlattan) a rendszeres megfigyelések alapján, a fizika törvényeit is felhasználva, de elsősorban statisztikus módszerek alkalmazásával próbál kisebb vagy nagyobb kiterjedésű területekre érvényes szabályokat, törvényszerűségeket megállapítani (mikro- és makroklimatológia); a meteorológia egyik sajátos és igen jelentős területe az **alkalmazott meteorológia**. Gazdasági és társadalmi életünket egyre nagyobb mértékben befolyásolják az időjárással kapcsolatos jelenségek. Egyes területeken ezek sajátos

formában jelentkeznek és alapvető fontosságúakká válnak. Így a hajózásban, a légi közlekedésben vagy a modern mezőgazdaságban az időjárási viszonyoknak a lehető legpontosabb ismerete és annak a lehetséges előrejelzése ezeken a területeken létfontosságú kérdés. Ezért ezeken a tevékenységi területeken külön megszervezik a maguk sajátos meteorológiai megfigyeléseit, vizsgálatait és kidolgozzák a szükségleteiknek megfelelő vizsgálati és kutatási programot. Így az alkalmazott meteorológián belül a következő fontosabb ágazatokról beszélhetünk: repülési, hajózási, katonai, mezőgazdasági, ipari, egészségügyi, út- és vízügyi, törvényszéki stb. meteorológia. A folyóvizek és vízgyűjtőmedencék vízállásának a kérdése és annak előrejelzése szoros kapcsolatban van az időjárással, így ezeket a hidrológiai kérdéseket is vizsgálják és figyelik a meteorológiai állomások. Ezért a legtöbb nagyobb meteorológiai állomás mint hidrometeorológiai állomás tevékenykedik.

A meteorológia fő munkamódszere a megfigyelés, a különböző mérések, adatgyűjtések rendszeres feldolgozása. Ezenkívül a modern meteorológia egyre inkább alkalmazza a laboratóriumi vizsgálatokat, ahol a természetes körülményeket egyre jobban megközelítő klímaberendezéseken végezik a különféle vizsgálatokat. Különösen a mikroklimatológiai jelenségek értelmezésénél jelentősek ezek a vizsgálatok. A megfigyelési adatok, a mérési eredmények és a laboratóriumi vizsgálatok alapján az elméleti meteorológia próbál olyan modelleket kidolgozni, amelyekkel a rövidebb vagy hosszabb távú meteorológiai előrejelzést lehessen megvalósítani. A meteorológiai prognózissal kapcsolatos számításokat (számítógépes adatfeldolgozás, szimulációs prognózis stb.) a legkorszerűbb nagyteljesítményű számítógépeken végzik, a nagy meteorológiai kutatóintézetekben.

Az időjárással kapcsolatos megfigyeléseket ma már világszinten szervezett nemzetközi megfigyelőállomások hálózatán keresztül valósítják meg. Ezt a nemzetközi meteorológiai együttműködést az ENSZ égisze alatt működő Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization - WMO) biztosítja. A WMO 1947-ben alakult meg, székhelye Genf. Több mint 100 tagország tevékenységét irányítja, nem csak a megfigyelési rendszerek összehangolása, hanem a tudományos kutatás és a szakmai továbbképzés is a feladatkörébe tartozik (honlap: <http://www.wmo.ch> - lásd a hátsó címlapon).

Lényegében a Föld teljes felületét és annak légkörét lefedő meteorológiai megfigyelőhálózat ma már a legbonyolultabb méréseket és megfigyeléseket is képes elvégezni. Az egyszerű műszeres meteorológiai mérőszondától (meteorológiai ballon), a radaros földi és légi mérő- és megfigyelőállomásokon keresztül a meteorológiai műholdakig, a mérőberendezések ezrei naponta többmillió hasznos adatot szolgáltatnak a földi légkörre és vízáramlatokra vonatkozóan. Ezek az adatok eljutnak a WMO nagykapacitású szupergyors számítógépébe és a hasznosnak vélt adatokat tárolják. Ezek alapján elkészítik a rövid és középtávú időjárási előrejelzéseket (meteorológiai prognózis). Ezek az adatok ma már nem csak a meteorológus szakemberek számára hozzáférhetők, hanem az Internet hálózatról bárki lehívhatja. Ezeket az adatokat használják fel a regionális és a helyi vonatkozású időjárási prognózisok összeállítására, amelyet rendszeresen közölnek a rádió és Tv-állomások.

Külön tanulmányt érdemelne az időjárási előrejelzés (prognózis) pontosságának, más szóval a "szavahihetőségének" a kérdése. Közismert tény - a mindennapos tapasztalatainkból tudjuk - hogy sokszor még a rövid távú meteorológiai előrejelzések is teljesen csődöt mondanak. A hosszú távú több hónapos vagy több éves prognózisokat senki sem veszi komolyan, maguk a

készítők is csak fenntartásokkal közlik. Mi az oka annak, hogy egy természet-tudományos jellegű, interdiszciplináris tudomány, amely a fizika, a kémia és a matematika eredményeire támaszkodva hozza meg a döntéseit ennyire bizonytalan eredményeket szolgáltat. Ami a prognózisok pontosságát illeti, legjobb, ha egy szakember véleményére támaszkodunk. A 70-es évek végén a WMO kongresszusa alkalmával az újságírók gúnyosan megkérdezték a kongresszus elnökétől, hogy hány százalékos bizonyossággal tudnak a meteorológusok hosszútávú előrejelzést szolgáltatni. Nem több mint 40 százalékos bizonyossággal - volt a lakonikus válasz. Hát akkor mire jó a meteorológia? - kérdezte az egyik újságíró, sokkal egyszerűbb lenne, ha minden prognózisuknak az ellenkezőjét közölnék és akkor mindjárt 60 százalékos pontosságot érnének el. Nem olyan egyszerű ez a kérdés - válaszolta az elnök, ebben az esetben még 20 százalékos pontosságot sem érnének el.

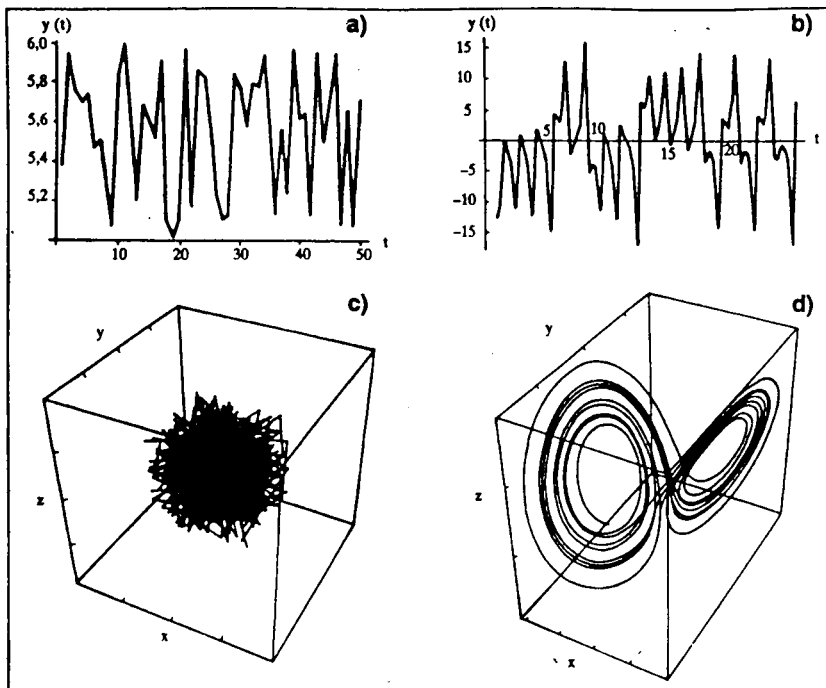
Mi az oka annak, hogy az egzakt tudományokra támaszkodó interdiszciplináris tudomány, amely a legkorszerűbb tudományos eszközöket és módszereket alkalmazza, ilyen gyenge eredményeket ér el? Ma már erre a kérdésre pontos tudományos választ tudunk adni a matematika segítségével.

A természettudományos világkép a 20. század elejéig a klasszikus determinizmusra épült, amely feltételezi, hogy ha egy rendszert véges számú változó segítségével le tudunk írni, és ismerjük a kezdeti feltételeket, valamint a rendszer változását leíró törvényeket, akkor annak jövőbeni viselkedése egyértelműen megadható. A hatvanas évek eleje óta köztudott, hogy ez az elvárás számos esetben nem teljesül. Kiderült, hogy az ún. nemlineáris rendszerek (a rendszer mozgását, változását leíró egyenletek, nemlineáris differenciál egyenletek) számos érdekes tulajdonsággal rendelkeznek. Legérdekesebb jellemzőjük, hogy a kevésváltozós determinisztikus rendszerek is viselkedhetnek véletlenszerűen, kaotikusan.

A természetben végbemenő véletlenszerű folyamatok lehetnek determinisztikusak, ezeket kaotikus folyamatoknak nevezzük. Ismerjük a folyamatot irányító belső törvényszerűségeket, de ezek matematikai szempontból olyan nemlineáris rendszerek, amelynek a pontos megoldása gyakorlatilag sohasem adható meg, ezért időben tekintve a folyamatot, véletlenszerű eseménysorozatnak tűnik.

A véletlenszerű folyamatoknak egy másik csoportját képezik a nemdeterminisztikus véletlenszerű folyamatok. Ezeket a matematikusok sztochasztikus véletlenszerű folyamatoknak nevezik, ezeknél nem ismerjük a folyamatot irányító belső fizikai törvényszerűségeket. Az egyik fontos kérdés ezzel kapcsolatban az, hogy hogyan lehet egymástól megkülönböztetni a két jelenségtípust, a kaotikus és a sztochasztikus véletlenszerű jelenségeket.

A sztochasztikus véletlenszerű jelenséget (pl. zaj jelenségek) meg lehet különböztetni a kaotikustól, ha azokat a saját változóik állapotterében az ún. fázistérben ábrázoljuk. Jelöljük  $x, y, z$ -vel mindkét jelenség változóit. Mindkét rendszerben egy-egy  $x, y, z$  koordinátájú pontnak megfelel a rendszer egy állapota. A rendszerben végbemenő folyamatok során annak állapota folytonosan változik, így az állapotot jellemző pont helyzete is folytonosan változik, mozgása során egy sajátos görbét ír le, amit a rendszer **attraktorának** neveznek. Az attraktort úgy tekinthetjük, mint a rendszerben végbemenő eseménynek a sajátos geometriai képét. A zaj jelenség attraktora egy elkent felhő alakzat, az állapotpont ezen a felhőn mozog (1.c. ábra), míg a determinisztikus rendszer esetében egy egészen más alakzatot kapunk, egy sajátos görbesereget a **kaotikus attraktort** (1. d. ábra).



1 ábra. A kaotikus és a sokváltozós véletlenszerű rendszer tulajdonságai. Míg az egyes dinamikai változók mind a véletlenszerű (a), mind a kaotikus rendszerben (b), rendszertelenül változnak, addig a mozgás változóinak terében (itt  $x$ ,  $y$ ,  $z$ -vel jelölve) a kaotikus rendszer egy jellegzetes "valamin", a kaotikus attraktoron (d), a véletlenszerű pedig egy elkenet felbőn mozog (c). A (d) ábrán látható attraktor az ún. Lorenz-attraktor, amely egy háromváltozatos meteorológiai modell ábrázolása az  $x$ ,  $y$ ,  $z$  eseménytérben az idő függvényében.

A kaotikus jelenségek elmélete ma már a modern matematika és az informatika sajátos kutatási területe, de létrejött a meteorológiához kapcsolódik. 1963-ban a Massachusetts Institute of Technologyban egy **Edward Lorenz** nevű meteorológus egy leegyszerűsített meteorológiai modellt vizsgált, amely mindössze három változót tartalmazott és a háromváltozós nemlineáris differenciálegyenletről kimutatta, hogy bár fizikai szempontból a rendszer egy mechanikailag determinisztikus rendszer, a végállapota lehet **teljesen véletlenszerű**. Az ilyen típusú nemlineáris rendszereket ezután már részletesebben kezdték vizsgálni a matematikusok is, és 1975-ben **James Yorke** a Marylandi Egyetem matematikusa kaotikus rendszereknek nevezte el, amelyek bár fizikailag determinisztikusak, de fellépnek benne véletlenszerű események, mivel a kezdeti feltételeket sohasem adhatjuk meg kellő pontossággal.

E. Lorenz egy leegyszerűsített, három függetlenváltozós meteorológiai modellt vizsgált számítógépes szimulációs módszerrel. A program beindításakor megfelelő kezdeti értéket adott a változóknak (négy tizedes pontossággal). A gép elemi lépésenként kiszámította, hogyan alakul a változók értéke az idő függvényében. Ugyanazon kezdeti értékek mellett többször is lefuttatta a programot, és meglepve tapasztalta, hogy ugyanazon kezdeti értékek mellett mindig más-más eredményt kap. Először arra gondolt, hogy vagy a gépben vagy a program-

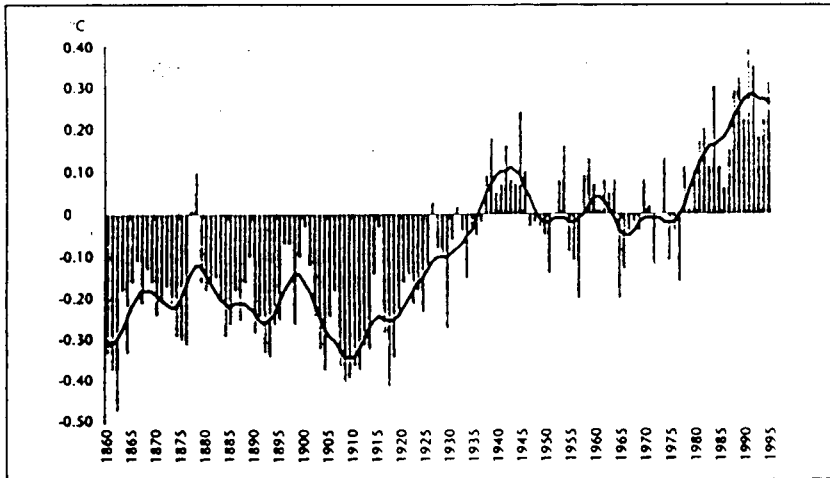
ban van a hiba. Lorenz végül is rájött, hogy az eltérések onnan adódnak, hogy a kezdeti értékek mégsem teljesen azonosak a különböző esetekben, mert a gép ötötizedes pontossággal tud dolgozni, ezért az ötödik tizedest maga a gép írta be automatikusan és véletlenszerűen. Az eltérés a kezdeti értékek között  $10^{-5}$  nagyságrendű volt, az állapotok között mégis egy idő múlva egyre nagyobb eltérések mutatkoztak. A matematikai vizsgálatok azt igazolják, hogy minden három vagy annál többváltozós nemlineáris egyenletrendszer sajátos belső tulajdonsága a determinisztikus káosz.

Ezekután érdemes egy kicsit közelebről is megvizsgálni a Lorenz modell attraktorát képviselő "görbesereget", amelyet úgy tekinthetünk, mint a vizsgált térrész "éghajlati állapotának" a geometriai képét. Induljunk ki egy állapotpontból (egy pont az attraktoron). Továbbhaladva a görbén az egyik szárnyon futunk végig kóralakú pályán (1. d. ábra), ezután a másik szárnyra kerülünk, majd ezek az átváltások szabálytalan időközönként végtelen számossággal ismétlődnek. Ránézésre az attraktor a háromdimenziós állapottérben fekvő egyszerű felület látszatát kelti, valójában azonban rendkívül bonyolult geometriai alakzat. Az állapotpont pályái sohasem érinthetik vagy metszhetik egymást, minden pályagörbe más-más síkban fekszik. Az egymásután következő pályák végtelen közel vannak egymáshoz annélkül, hogy érintkeznének. A pályasíkok számossága egy véges kis szakaszon belül is megszámlálhatatlanul végtelen (kontinuum végtelen). Kimutatható, hogy a Lorenz attraktor görbeserege egy sajátos felületet hoz létre, amely egy tört dimenziojú fraktál-struktúra, melynek a dimenziója 2,063-nak adódik, tehát több mint egy kétdimenziós hagyományos felület.

A kaotikus viselkedést az attraktor segítségével úgy magyarázhatjuk, hogy a kezdetben igen közeli pontok (lényegében egymástól szétneválasztható kezdőfeltételek) az állapottérben az idő múlásával rendkívül gyorsan, exponenciálisan távolodnak egymástól, és a bizonytalanságnak ez a formája a pálya minden részén jelen van. Ezek alapján úgy tűnik, hogy az időjárási prognózisnak nem jósolhatunk valami nagy jövőt. A hosszú távú prognózisokra a kilátások továbbra sem kecsegtetőek, de már a középtávú (10 - 20 nap) előrejelzés a mi mérsékelt övi övezeteinkre a fejlettebb meteorológiai modellek (háromnál jóval több változót vesznek figyelembe) és a jelenleg ismert legkorszerűbb mérési és megfigyelési eljárásokkal nyert adatok felhasználásával már elfogatható eredményeket szolgáltatnak.

#### Ciklikus változások Földünk klímájában

A meteorológiai modelleken végzett vizsgálatok egyik érdekes problémája az időjárási ciklusok kimutatása. Közismert dolog, hogy ha hosszabb távon vizsgáljuk a Föld légkörének a hőmérsékletét, akkor lehűlési és felmelegedési szakaszok váltogatják egymást. A 2. ábrán látható a földi légkör felszíni középhőmérsékletének a változása az elmúlt 135 év során. A Marylandi Egyetem kutatói végeztek elsőként vizsgálatokat a földi légkör globális felszíni hőmérsékletének változására vonatkozóan olyan meteorológiai modelleken, amelyeknél csak a belső hatásokat vették figyelembe, tehát semmi külső zavaró tényezőt nem vettek figyelembe (antropogén hatások, vulkáni kitörések stb.) és meglepő módon a 2. ábrán közölt adatokkal nagyságrendben is jó megegyezést mutató eredményre jutottak. Ezekből a vizsgálatokból arra következtethetünk, hogy a külső természeti és emberi beavatkozások az utóbbi évszázadban döntő módon még nem befolyásolták a légkörünk hőmérsékletét.



2. ábra. A globális légkör felszíni középhőmérsékletének az 1951. és 1980. közötti időszakra átlagához viszonyított eltérései az elmúlt 135 esztendő során. A folytonos görbe az éves anomáliához legjobban igazodó simított változást szemlélteti.

A meteorológiai modelleken végzett numerikus számítások a különböző időskálákon több ilyen belső ciklust generálnak, amelyek érdekes módon külső jelenségekkel is összefüggésbe hozhatók, bár a modell-számításnál ezeket egyáltalán nem vették figyelembe. Így a modellen kimutatható egy 11 éves hőmérsékleti ciklus, ami jó egybeesést mutat a szintén 11 éves napfolt ciklussal. A földtörténeti negyedkor legelegzetesebb éghajlati ciklikus változása a glaciális (eljegesedési) és interglaciális szakaszok periodikus ismétlődése. A paleoklimatológiai vizsgálatok kimutatnak három ilyen főperiódusú szakaszt, amelyeknél az eljegesedési minimum (legalacsonyabb a hőmérséklet) 100.000 éves, 42.000 és 23.000 éves periódussal ismétlődik. Ugyanakkor ismeretes, hogy a földpálya excentricitása 105.000 éves, a földtengely dőlése 41.000 éves és a tavaszpont (a földpályán a napéjegyenlőségi pont) 23.000 éves periódusú precessziós mozgást végez. A meteorológiai modell szimulációkon is kimutathatók ezek a periodikus változások, de a numerikus számítások egy nagyságrenddel kisebb hatást eredményeznek. Egyes meteorológusok ezt az eredményt úgy magyarázzák, hogy a rendszer belső struktúrájában már benne vannak ilyen nagyobb fokú periodikus ingadozások, az előbb említett külső tényezők csak beindítják, felerősítik és bizonyos értelemben irányítják ezeket a ciklikus változásokat. Ha a jövőre nézve is érvényesnek tekintjük ezeket a ciklikus változásokat, akkor érdemes végiggondolni, hogy mikor fognak bekövetkezni ezek a glaciális mélypontok. A legközelebbi 5000 év múlva, a következő 22.000 év múlva és a harmadik mélypont, amelyik a legkihangsúlyozottabb az nagyjából Kr.u. a 60.000. esztendőben fog bekövetkezni.

Ezek a klímaváltozások, a glaciális minimum és az interglaciális maximum közötti átmenetek nem gyors változási folyamatok. A természet élő világa részben fel tud rá készülni, tud alkalmazkodni a kevésbé alkalmazkodni tudó egyedek viszont kipusztulnak. Az emberi faj is átvészelt már egy jégkorszakot: részben alkalmazkodott az akkori klíma mostoha viszonyaihoz, mérsékelten délebbre vándorolt a melegebb egyenlítő környéki tájakra, amely mindig jégmentes, melegebb

övezet volt. A következő évezredek kultúrembere számára a várható klímaváltozások már nem fognak olyan nagy megpróbáltatást jelenteni mint a kőkorszakbeli elődeinknek. A kor technológiai színvonala majd lehetővé teszi a könnyebb alkalmazkodást.

**Puskás Ferenc**

## A Java nyelv

### II. rész - alapok, osztályok

A Java a jövő programozási nyelve, legalábbis erre volt felkészítve. Már a karakterkészlete is más, mint a többi ma létező nyelve. A Java az *Unicode* karakterkészletet használja, amelyben a karakterek 2 byte-on vannak ábrázolva, így tartalmazza az összes ékezetes karaktert, sőt több nyelv (japán, mongol stb.) ábécéje is jól megfér benne. A Java forráskódokban tetszőleges Unicode karakterek szerepelhetnek. A fordítónak ezt a `\u` előtaggal és egy hexadecimális számmal adhatjuk meg. Pl. `á - \u00e1`, `é - \u00e9`, `í - \u00ed` stb.

A Java azonosítók betűvel kezdődnek, betűvel vagy számmal folytatódnak. Az azonosítók hossza tetszőleges lehet és a betűket bármelyik Unicode-os ábécéből vehetjük. A betűk közé tartozik az `_` és a `$` jel is. A nyelv több mint 50 kulcsszava nem lehet azonosító (**abstract, boolean, char, do, if, while** stb.). A nyelv három speciális literált is tartalmaz:

**null**: a null objektum referencia. Bárhol szerepelhet, mert bármilyen objektum referencia típusnak megfelel.

**true**: a logikai igaz,

**false**: a logikai hamis értékek jelölésére szolgál.

Habár a Java teljesen objektumorientált nyelv, léteznek benne primitív típusok is, amelyeket objektumok nélkül is használhatunk, az eddig megszokott programozási nyelvekhez hasonlóan. Természetesen ezeknek a típusoknak is megvannak az objektumorientált változataik, amelyek konkrét objektumokhoz kapcsolódnak, ezért létrehozni és inicializálni kell őket a **new** operátor segítségével.

Primitív típusok:

**boolean**: logikai típus (**true** vagy **false** lehet).

**char**: 2 byte-os Unicode-os karakter.

**byte**: 1 byte-os szám

**short**: 2 byte-os előjeles egész.

**int**: 4 byte-os előjeles egész.

**long**: 8 byte-os előjeles egész.

**float**: 4 byte-os lebegőpontos szám.

**double**: 8 byte-os lebegőpontos szám.

Ha objektumorientált változatukat (*Boolean, Character, Integer, Long, Float, Double*) használjuk, akkor a *MIN\_VALUE* és a *MAX\_VALUE* mezők deklarálják az adott típus értéktartományának korlátjait. A *Float* és *Double* osztályok, az IEEE