

A MESTERSÉGES ÉS TERMÉSZETES INTELLIGENCIA

VÁMOS TIBOR

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézete, Budapest

A természetes és mesterséges intelligencia kapcsolata óhatatlanul eszünkbe juttatja Karinthy zseniális ötletét a férfi és nő viszonyáról: „kik hogyan érthetnék meg egymást? Hisz mind a kettő mást akar — a férfi a nőt, a nő a férfit.” A számítógépek adta logikai lehetőségek első felcsillanásától, Turing és Neumann, McCulloch és Pitts munkásságával kezdődően izgalmas szellemi csábítás lett a párhuzamok keresése az emberi agy működése és a gépi problémamegoldás között. A számítástechnikusok egy része az agyi struktúrákban ideális képleteket keresett a gépek architektúrájának kialakításához, processzálási módszereihez. Más részük azzal az igénnyel próbált fellépni, hogy a gépi problémamegoldásokat az emberi tevékenységgel azonos vagy azt túlhaladó szintre képzelje. A biológusok és pszichológusok azt remélték, hogy jól érthető modellekre lelnek a gépi struktúrákban és ezen keresztül lényegesen közelebb kerülhetnek a magasabb rendű idegrendszeri tevékenység megértéséhez. A leegyszerűsített azonosítások heves ellenérzéseket is kiváltottak, amik egyes időszakokban és helyeken majdnem teológiai jellegű vitákra és ítéletekre vezettek. Úgy gondolom, hogy minden olyan szimplifikáció, amely nem bármelyik pillanatban eldobandó hipotézisként kezelhető, erősen tudománytalan. A számítástechnikusok, neurobiológusok és pszichológusok türelmes, előítéletmentes párbeszédre van szükség. A kölcsönös analógiák ezekben a munkákban eddig nem afelé vezettek, hogy egyértelmű megfeleltetéseket végezzünk, és rendkívül messze vagyunk attól, hogy e három terület egymással való szerves összefüggéseit feltárjuk, akár a neurobiológusok mikrostrukturális tényeit a pszichológia makroeredményeivel hozhassuk kapcsolatba, akár az emberi információfeldolgozás lényeges processzáló eljárásait képesek legyünk formalizálni. Ugyanakkor a haladáshoz feltétlen szükséges fogalomalkotásban, így az információ és vezérlés elvi kérdéseinek tisztázásában, valamint a kísérleti technikában le nem kicsinyelhető közös eredmények születtek.

A következőkben néhány példát szeretnék ismertetni a jelenlegi helyzetről a mi tudományterületünk szemszögéből nézve, ezek között egy-két saját tapasztalatot is. A mi munkánk felől nézve az emberi agytevékenység legizgalmasabb területe a látás. Az emberi információbevitelnek ez az egyik legfontosabb formája és a neurológusok és pszichológusok egyaránt kedvelt kísérleti

célja. A mi feladatunk háromdimenziós tárgyak gépi felismerése, ennek eddigi leegyszerűsített menete a következő:

A gép a tárgy képén felületeket határoló éleket és összefüggő felületeket keres, megállapítja ezek főbb geometriai jellemzőit és egymáshoz való kapcsolatát. Ebből építi fel a tárgy hierarchiáját, amit a tárgyról alkotott előző ismeretanyaggal vet össze. Ez a hierarchia természetesen már az emberi absztrakció előmunkájából készül. Vico ezt zseniális felismeréssel a feje tetejére állítva vette észre: a dolgok csak Isten számára testek, az ember számára csak felületek. A roppant egyszerűnek tűnő gondolatmenet nehézségekkel terhes úton realizálódhat. Ezeknek a nehézségeknek két csomópontja van. Az egyik a zaj, tehát az a körülmény, hogy a beérkezett információ nem pontos. A másik bajunk az, hogy a tárgyaknak a nézőponthoz és egymáshoz viszonyított helyzete rendkívül sokféle lehet, így a tárgyak mindig másképp látszódnak, más-más részleteik takartak. Az *indefinitség* és a *komplexitás* valósága tehát az egyszerű gondolkodás és eljárások fő ellensége. Számunkra is megdöbbenő volt, hogy a televíziós képcsövön látott, tehát már kétdimenziós tárgykép, amit az emberi agy — bármilyen elmosódott is — könnyen fel tud ismerni, mennyire megfoghatatlan nehézséget okozott a gépi feldolgozásnak, mennyire kevés információt tudott szolgáltatni annak eldöntésére, hogy mit látunk. Így számunkra jól érezhető volt az a látáspszichológusok által közismert tény, hogy az emberi képfeldolgozás minden egyes fázisa szorosan kapcsolódik a már tárolt emberi ismeretanyag segítségéhez. Csak így érthető meg, hogy agyunk viszonylag szegényes információ alapján is gyors és határozott döntést hozhat. Ez a rendkívül nagy, tanult tudásanyag, ami a percepció minden fázisát vezérli és ami a gépi megoldások számára ma még bizonyosan elérhetetlen. Jellegzetes példa az a feltevés, hogy az optikai csalódások nagy részét a két dimenzióban látott elemek képzeletbeli háromdimenziós interpretációja hozza létre. Az agy a maga feldolgozó munkájában nehezen tud az előítéletektől megszabadulni, amely előítéletek egyébként legfőbb támaszai a megértésnek. Hasonló mechanizmusok működnek az általam említett másik akadélynál. Kellő előismeret nélkül a gép kénytelen az összes lehetséges variánst végigdolgozni, tehát az előfeldolgozás alapján kapott körvonalképet és felületkonstrukciót minden lehetséges tárgy minden lehetséges kombinációjával, nézetével összehasonlítani. Heurisztikát, azaz kihagyásos, gyors kereső módszert akkor alkalmazhatunk, ha előzetes ismeretanyagra támaszkodhatunk, hipotéziseket készíthetünk. Vonható tehát bizonyos analógia a több szintes, vezérelt információbevitel — tárolás — feldolgozás gépi és emberi folyamatai között. Kezdetből világos, hogy az emberi agy működése sokkal párhuzamosabb jellegű, mint az eddig konstruált számítógépek, e párhuzamosság megközelítésére azonban csak vérszegény modelljeink vannak (holográfikus modell, sejtautomaták stb.), pedig ezek a neurális párhuzamos processzorok teszik lehetővé az igazi lényegkiemelő információsűrítést. Maga a processzor — memória analógia sem szimpli-

fikálható. Úgy tűnik, hogy a biológiában lényeges a *procedurális tudás*, amelynek pontos fiziológiai mechanizmusa szintén nem világos. Kísérletsorozatot végeztek egy-egy bonyolultabb térbeli alakzat különböző szöggel való elforgatásával és mérték, hogy a megfigyelő mennyi idő alatt ismeri fel az azonos-ságot. A tapasztalat az elforgatás mértékével nagyjából arányos időt mutatott, ami arra utal, hogy az agy a forgatást „lejátssza”, nemcsak a képek, hanem eljárások is rögződnek. A vizuális cortex háromdimenziós elrendezésének, tehát a háromdimenziós képeknek az agyban is valahogyan térbeli reprezentációja következményei sem világosak még. Sejtjük, hogy az agy a tárgyak formáit azok mozgásképeiből is következteti, a háromdimenziós kép mintegy merev testként mozog az agyi reprezentációban az emberi felismerés folyamán. A más élőlényeken végzett látásvizsgálat mind arra utal, hogy a processzálásoknak és reprezentációknak az emberi magatartástól sokszor erősen különböző formáit fejlesztették ki, amelyek az ő életműködésükben fontosak. Ez a filogenetikai fejlődés változataival szemben talán nagyobb sokoldalúság arra utalhat, hogy az agytevékenység természeti rögzítettsége a legkisebb, azaz ami ennek sokkal pozitívabb duálja: a legmagasabbrendű idegtevékenység biztosítja a fajta és az egyén számára a legtöbb szabadságfokot. Nem véletlen, hogy a mesterséges intelligencia is valamire e szabadság felé halad: a software és hardware szabad kombinációja, nem determinisztikus belső programvezérlések, az információk és eljárások kölcsönös felcserélhetősége, az egyes eljárások egymást nem hierarchikusan is módosító kölcsönhatásai. Az egyes bonyolult eljárások kapcsolói, váltói önmagukban is bonyolult eljárások. A modellben az nem világos, hogy az automatikussá vált és a még nem automatikus, de azonos feladatú eljárások funkcionálisan mennyire válnak szét.

Még egy példázat az emberi látásról, amit egyik kiváló keramikusunktól, Gádor Istvántól hallottam: az embereket a képzőművészek tanítják látni; a XVIII. és a XIX. század elejének sötét, zöld-barna tónusai az akkori látásvilágot tükrözték, az impresszionizmus tanított a szabad levegő élénk színeire, mai környezetünk szép, színes világa, az erre feltámasztott érzékünk és igényünk a század első felének képzőművészeti és ipari forradalmának együttes eredménye.

A kontextus alapján történő feldolgozásnak másik két szép példája a beszéd-felismerés és a sakk-probléma. A beszéd-felismerés az a terület, ahol a mesterséges intelligencia kutatók talán legnehezebben jutnak előre, 15–20 évvel ezelőtt elért néhány 10 szavas szótár felismerését még a legnagyobb és leggyorsabb gépekkel is alig tudták a 100-as határ fölé emelni. A nehézség világos számunkra akkor, ha meggondoljuk, milyen feladatot adnánk egy gyorsírónak, ha számára ismeretlen nyelven közvetített telefonüzenetet kellene feljegyeznie. Megint a feldolgozás és felismerés összehangolódott és szét nem választható mechanizmusával állunk szemben. A sakk-probléma triviálisnak tűnne ezekhez viszonyítva, hiszen jól formalizálható. A mai gépi megoldások

azonban nem annyira az egyszerű logikai lépésekből leszámaztatható stratégiák felé mutatnak, hanem igyekeznek emberi stratégiákat tanulmányozni és azokat átvinni gépi formalizmusba. Megjegyzem, hogy roppant koncentrált és nagy háttérrel megvalósított eredmények a körülbelül 2000–2100 pont köré hozták fel a legjobb gépi programokat, tehát legfeljebb egy gyenge mesterjelölt szintjére.

A múlt évben — némileg provokáló szándékkal — publikáltak egy fényképfelvételt, amely megmutatja, hogy a legkorszerűbb áramköri rajzolatkészítő technikával körülbelül egy nagyságrenddel nagyobb lineáris sűrűséget lehet elérni, mint amit a neuronális alakzatok mutatnak, ami a gépi megoldások optimistáinak egyszerű extrapolációjával három dimenzióban három nagyságrendet jelent. Teljesen világos, hogy az agyi komplexitás mélyebb szinteken van, részben ott, hogy a neuron nem egyszerű logikai elem, hanem önmaga is egy bonyolult, adaptív és tanuló processzor, a neuronális kapcsolatok pedig szintén mutatnak adaptív és tanuló tulajdonságokat. A gépi percepció lassú, de kétségtelen előrehaladása naponta szolgál számunkra újabb bizonyítékokkal ahhoz a tulajdonképpen jól érzett tényhez, hogy az emberi percepció útjait, lehetőségeit és korlátait még nagyjából sem ismerjük. Ez az oka annak, hogy minden korábbi tudományos optimizmussal szemben ma is a mélyen szubjektív a racionálisabb, azaz az emberi agy által végzett szubjektív feldolgozások, ítéletek, felismerések — egyes jól számítható esetek kivételével — sokkal megbízhatóbban összegezik a jelenségeket, mint absztrakt sémáink leegyszerűsítő és az általunk nem ismert részleteket elhagyó, voluntarista vagy tudattalan, vélt racionalizmusa.

Mi a tanulság mindebből? A műszaki gyakorlatban az antropomorf és az antropomorftól magukat elhatároló gondolkodásmódok kezdettől fogva küzdöttek. Ebben sem szabad semmiféle előítéletet táplálnunk. Nincs bizonyítva az sem, hogy a gépi megoldások optimális vagy lehetséges útja emberi analógiákra épülhet-e, és fordítva, hogy milyen mértékig modellezhető vagy nem modellezhető az emberi agy gépi eszközökkel. Jóslásokba sem szabad bocsátkoznunk, mert nem ismerjük sem a határokat, sem a lehetőségeket. A legfontosabb tanulság tehát az előítélet-mentes további kutatás. Az világos, hogy a jelenleg ismert technikai eszközökkel az emberi agytevékenység számos funkciója nem közelíthető meg. Másfelől azt is látjuk, hogy nagyon sok emberi, szellemi munkával végzett tevékenység géppel máris jobban végezhető. Az ember és gép, a műszaki-matematikai, a neurobiológiai és pszichológiai módszerek szimbiózisa tehát tartós lesz, a szintézisek pedig legjobb esetben hasznos közbenső lépésőfokai a haladásnak.