

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA KUTATÁS ÉS PSZICHOLÓGIA

Interjú Vámos Tiborral

Szerkesztőségi interjúnk alanya Vámos Tibor akadémikus, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet igazgatója. „Computer aided manufacture and artificial intelligence”, „A robot vision lab concept”, „Research works in the field of intelligent robots and possible applications”, „Pattern and speech recognition” című, 1980-ban és 1981-ben közölt tanulmányai, illetve előadásai nagy vonalakban jelzik munkássága irányulását.

Kérdés: Van-e kapcsolata a pszichológiával, és ha igen, milyen?

Válasz: Azt gondolom, hogy a pszichológiáról meglevő ismereteim nagyon szegényesek, megfelelnek annak az átlagpolgárénak, aki olvasmányai, irodalmi érdeklődése, társasági beszélgetései, egy-egy elkapott népszerűsítő-ismertető cikk kapcsán kerül kapcsolatba a pszichológiával. Ez az egyik oldala a dolognak. Ebben végigjártam – nem iskolát, hanem – azt az utat, amit a magam korabeli emberek általában végigjárnak: bizonyos érdeklődés a közvetlenül 45 előtti években és még egy kicsit utána is a freudizmus iránt, elsősorban irodalmi kapcsolatok alapján; volt bizonyos rokonsági ismeretségem és kapcsolatom az akkori magyar pszichológus társadalommal egy nagybátyám, Rácz Jenő Adler-tanítvány révén, aki nagyon korán meghalt és a Magyar Individuálpszichológiai Társaságnak volt, azt hiszem, a vezetője. A 45 és főleg 47–48 utáni periódusnak a szellemi öncsonkító időszakát végigjárva, ezek a szálak teljesen elszakadtak és csak később – ahogy az Magyarországon általában ezekben a körökben, amelyekben mozgok, jellegzetes volt – próbáltunk ismét újabb ismerethez jutni.

A dolog másik oldala, hogy a mesterséges intelligenciával foglalkozó számítástechnikusok óhatatlanul keresnek valamilyen kapcsolatot a pszichológiával: keresik azokat az utakat, modelleket, amelyek révén az emberi agy és az emberi idegrendszer a percepciót végzi. Ez a látás-kutatással összefüggésben különösen izgalmas – a látáspszichológia külön tudomány –, ahol is megpróbálunk ötleteket lopni a természettől és közben próbálunk beletörődni saját módszereink gyengeségébe. Újra és újra tudatosítjuk magunkban, hogy az emberi agy sokszorosan bonyolultabb szerkezet, mint ami nekünk valaha is – a belátható időben – rendelkezésre fog állni.

Kérdés: Forgat-e magyar nyelven – nem feltétlen magyar szerzőtől, de magyar nyelven – megjelent pszichológiai munkákat, és ehhez kapcsolódva van-e a magyar pszichológiáról valamilyen képe?

Válasz: A magyar pszichológiáról megbízható képem nincsen. Csak olyan pszichológiai vonatkozású könyveket olvastam, melyek szorosabban kapcsolódnak az én érdeklődési területemhez: például, Gregory-nak a látáspszichológiai munkája vagy Mel-sack-nak a fájdalompszichológiai könyve. Figyelembe kell vennem azt a rettenetes

helyzetet, hogy mivel itt adminisztrátor vagyok és mivel van egy konkrét tudományos témám, ez két bőr, amit önmagamról lehúzok. Ennek következtében az általános műveltségem messze alatta van annak, amit megkövetelnék saját magamtól; olvasmányaimban nem tudok kellőképpen lépést tartani a megjelenő szakirodalommal. Amellett mindig kétféle vonzaskörben van az ember, az egyik: megpróbál a témájához vagy legalábbis a közvetlen érdeklődési köréhez valamilyen módon kapcsolódó olvasmányokat olvasni, másfelől — ennek ellenpólusaként — megpróbál elszakadni ettől és valahogy teljesebb emberré válni, vagy megőrizni a korábbi teljesebb ember ideálját és ezért szigorúan nem a szakmához vagy a tudományokhoz kapcsolódó dolgokat, tehát szépirodalmat, képzőművészetet is olvasni, ez irányban is érdeklődni.

Kérdés: Az utóbbi években közzétett tanulmányait olvasva meglepő, hogy a gazdag szakirodalmi dokumentációban nincs pszichológiai munka. Vajon a mesterséges intelligencia kutatás önmagából generálja a pszichológiai ismereteket?

Válasz: A látásproblémákban például nem annyira a pszichológusokhoz, mint inkább a biológusokhoz kapcsolódunk — ha már kapcsolódunk valakihez. Tehát a Hubbel-Wiesel-féle dolgok számunkra nagyon megfogható ügyek, mert az elemzés lemegy neuronális szintre és megpróbálja az agy 3 dimenziós látáspercepcióját valahogy követni. Ezeknek a tudományterületeknek az egymáshoz való kapcsolatai — tehát a számítástechnikáé, a biológiáé és a pszichológiáé — természetüknél fogva gyengék, mert épp a kapcsolódó területek állnak nézeteikben majdnem legtávolabb egymástól. Nem abban, ahogyan nézik a világot, hanem metodikájukban: a neurológus megpróbálja a jelenségeket mikroszinten megfogni, tehát valahol a neuronális háló vidékén; a pszichológus makroszinten próbálkozik. A számítástechnikus pedig tulajdonképpen megpróbál produkálni vagy reprodukálni valamit, ami a két vonalból kissé kiesik, mert naivak azok, akik azt hiszik, hogy a neuronális hálózat modelljével realizálni tudják a látás- vagy halláspercepciót. Egyelőre, azt hiszem, csak ötletekért közeledhetünk egymáshoz. Tehát az az igény, hogy ebből a három területből összefüggő tudományt építsünk, rettenetesen korai. Mind a három tudományterület mai állása szerint nagyon korai, hiszen ehhez egyiknek sincsenek meg a szükséges eszközei. Sok tekintetben távoli csillagzatként kell egymást tisztelnünk és olyasféle módszerekkel kell egymáshoz közelednünk, mint ahogy ezt a közvetlen fizikai kapcsolatba lépni nem tudók próbálják. A szerénység kötelező mindazokon a területeken, amelyek saját tudományos gyengeségeik miatt nem tudnak egymáshoz közel férközni. Hogy ez 100 év múlva hogyan lesz, azt nem lehet tudni. Ezért van az, hogy nem találtam egyelőre olyat, ami hozzánk nagyon közel esne, de rettenetes erővel nem kutattam utána, ezt is meg kell vallanom. Tehát ha van ötletük, örömmel veszem, ha tudnak nekem olvasnivalót adni, szívesen elolvasom.

Kérdés: Nem fordult még elő semmilyen, neurofiziológiából vagy pszichológiából származó ötlet, ami használható lett volna a mesterséges intelligencia kérdéskörében? A pszichológusok gyakran megpróbálják átvenni a számítástechnikusok ötleteit, olyan gondolatokat keresnek, amelyeket aztán használni tudnak a pszichológiai információfeldolgozásban.

Válasz: Attól félek, hogy túlbecsülik a számítástechnikát. Egyébként érdekes kísérletek folytak az Egyesült Államokban a pszichés magatartások számítógépes modellezésében, például a szellemi fejlődésben elmaradt gyerekek válaszainak modellezésébe, és ebből kiindulva próbáltak következtetéseket levonni arra, hogy lehetséges-e eset-

leg valamilyen módon ezeknek a gyerekeknek a számítógéppel segített oktatása. Ahogy én ezeket a munkákat ismerem, nagyon messze nem jutottak; általában — az amerikai tudomány egy lényeges és előretörő ágára jellemző módon — a tehetséges ember megírja a maga Ph.D.-jét, ami tele van sziporkázó gondolattal és van benne egy sor olyan demonstráció, ami alkalmas arra, hogy elhitesse az emberrel: ez járható út. Ezek után az illető elhelyezkedik valahol, egészen máshol — legtöbbször tudományos pályafutásukat be is fejezik, mert pénzt is kell keresni az életben — és az ügy abbamarad; aztán valaki továbbfűzőgeti egy másik Ph.D.-vel, de nem haladva tovább előre. Én nem tudok olyanról — de nagyon örülnék, ha tudnának mondani ellenpéldát —, hogy akár csak korlátozottan is használható számítógépes módszereket gyakorlatilag be lehetett vinni a pszichológiába. Természetesen nem statisztikai vagy egyéb olyan módszerekről beszélek, amelyek az általános tudományos metodika részévé váltak már. Visszatérve arra, hogy kaptunk-e ötletet: inkább a korlátokra kapunk ötletet és ez sem rossz dolog, mert nekünk korlátozott céljaink vannak. Egy műszaki ember előbb-utóbb megpróbál megvalósítani valamit, mint ahogy egy gyakorló pszichológus is szeretné a betegét meggyógyítani; és amit meg akarunk valósítani, azt korlátozott \$- vagy Ft-értékből kell kihozni. Megtörtént a csoda, nevezetesen az, hogy az egyszerűbb számítástechnikai eszközök ma már olyan olcsók, hogy sok feladat megoldható. Például kétdimenziósnak tekinthető tárgyakat — tehát lemezeket vagy olyan tárgyat, ami egyszerűen egy stabil kétdimenziós képből könnyen fölismerhető —, nagy megbízhatósággal föl tudunk ismerni. Az ideai feladat az, hogy ezt a fölismerő algoritmust mikroprocesszorokkal realizáljuk, tehát egy olyan szerkezettel, aminek az ára a nemzetközi piacon kamerával együtt 10 000 \$-os összár alatt kell, hogy legyen. Ez természetes határfeltétel; ha a gyakorló pszichológus számára kitalálnak egy eszközt, akkor annak olyannak kell lennie, hogy egy kórház meg is tudja venni. Ez korlátozza a feladatot, és tulajdonképpen az is a munka szépségéhez tartozik, hogy van egy általános feladatunk, meghatározzuk azokat a korlátokat, amelyek a korlátos eszközökön belül megvalósíthatók; régi Goethe-i mondás, hogy „erst in Beschränkung zeigt sich der Meister” (azt hiszem, valahogy így). Tehát így próbálunk továbblépegetni. Ezekben belül már egyre könnyebb kitapogatni — részben saját tapasztalatunk, részben a pszichológusoktól kapott képek alapján —, hogy hol vannak azok a határok, ahol a bonyolultság egyszerre kezd megnőni. Tehát úgy kell elképzelni, hogy keressük a térképen azokat az ingóványokat, amikbe nem szabad a magunk primitív eszközeivel belesülyedni, mert mi nem az emberi agyat imitáljuk — azt nem tudjuk.

Kérdés: Mondana ilyen határokat?

Válasz: Hogyne! Itt van egy nagyon bonyolult feladat: egymást takaró háromdimenziós tárgyak felismerése. Az ember minden egyes felismerési eljárásnál ismeretanyagára támaszkodik, tehát asszociál. Ezért gondolkoztam azon is az utóbbi időben, hogy azok a primitív hasonlatok, amelyek korábban a számítógépet összetették az emberi agyműködéssel — ahol külön szerepel egy processzor és külön szerepel a memória —, mennyire veszélyesek és rosszak. Hiszen az ember az egész processzálási tevékenységet asszociatív tevékenységgel kapcsolja össze. Saját memóriám romlása kapcsán veszem észre többek között azt is, hogy naiv az a korábbi felfogás, amiért nagyon lelkesedtünk, és amit annak idején Szent-Györgyi nagyon hangoztatott, nevezetesen, hogy az agyat nem kell túl sok ismeretanyaggal megterhelni, mert akkor nem jut elég

energiája a gondolkodásra. Az ember többek között éppen nagy ismeretanyaga alapján tud hasonló patterneket kiválasztani, tud gyorsan asszociálni, s minél több patternje van, annál szabadabban, annál kreatívabban tud eligazodni. Tehát a tárgyi tudás, az ismeretanyag – amit mi a mesterséges intelligenciában knowledge base-nek nevezünk – hallatlanul fontos.

Alapproblémánk a kombinatorikai robbanás, ezt kell mindig elkerülnünk. A kombinatorikai robbanás pedig abban áll, hogy ha végig kell keresni dolgokat, akkor a keresési eljárás nagyon hatékony egyszerű hálóban – amelyik háló könnyen áttekinthető, esetleg hurokmentes, és kevés hierarchikus elemet tartalmaz. Ez az oka annak, hogy egy sor eljárás, amit demonstrálnak akár a mesterséges intelligenciában is, bizalomkeltőnek tűnik. Van azonban a komplexitásnak egy ugrópontja, ez a kombinatorikai robbanás, amikor a háló mérete akkora lesz – és a belső kapcsolatok olyan bonyolultakká válnak –, hogy pillanatok alatt kiderül, a számítógép nem tudja megoldani. Itt van a sakk-probléma, ami a legpregnansabb példa, hiszen a sakk jól algoritmizálható lépésekből áll; a problémák többsége azonban még csak nem is jól algoritmizálható. Ezzel kapcsolatban jöttek rá a számítástechnikusok arra, hogy a metodológiát is a feladathoz kell szűkíteni, és így jöttek létre az expert system-ek.

A következő kombinációt csinálják: vesznek egy keresési eljárást és vesznek egy zárt tudásanyag adatbázist – de az nem tud mást, tehát nincs megzavarva azzal, hogy irodalmi vagy politikai ismeretei vannak, hanem mondjuk kizárólag csak egyfajta kristályoknak a kristályosodási tulajdonságait ismeri és semmi mást. Zárt világ (az első ilyen zárt világ volt a Winograd-féle játékvilág, ami tényleg zárt világ volt) – és ehhez hozzáveszik mankóként az adott zárt világban gondolkodó specialistának a gondolkodási metodikáját, tehát ahogyan ő szokott gondolkodni. Az expert system-nek a ténylegesen expert megalkotói főleg interjúkkal közelítik meg a kérdést: „Ha látsz egy kristályt, ami ilyen és ilyen, akkor hogy lépsz tovább?“, de ugyanez az eljárás az orvosi diagnosztikai módszereknél is stb., tehát lényegében véve beépítik azt a heurisztikát, amivel az emberi agy gondolkodik és azt csak ezen a szinten algoritmizálják. Vagyis tulajdonképpen eredményt algoritmizálnak és nem folyamatot. Ez a sakk-problémánál is sok tekintetben így van: megpróbálják a sakk-problémát a jó sakkozó stratégiáival kiegészíteni, ami már nem az a stratégia, amit a matematikai logika eszközeivel elképzelték, feltételezve, hogy ha ezt létrehozzák, akkor mindent magától megold. Ez mutatja a távolságokat és talán válasz arra a kérdésre, hogy hol találjuk meg és hogyan kerüljük ki az ingoványt, amely persze a pszichológia gyönyörű virágait rejti.

Kérdés: A pszichológusok mindig hangoztatták, hogy tulajdonképpen a legmegbízhatóbb, legjobban kimunkált és legszilárdabb talaj az érzékelés, azt ismerik legjobban, kísérletileg azt dolgozták ki legjobban és így tovább. Ugyanakkor az érzékelés pszichológiai megközelítési módjai, az észlelés számítógépes megközelítési módjai az összes terület közül talán a legnehezebben tudnak egymásra találni, feltehetőleg azért, mert ez az a terület, ami leginkább bekapcsolja a fiziológiai szempontokat, tehát egy harmadik szempontot is. Viszont a gondolkodásnál, probléma-megoldásnál, esetleg fantáziánál az együttműködésnek, az egymásrautaltságnak a mértéke nagyobb lehet. A sakk-problémánál az érdekesség az, hogy a pszichológia sem csinál többet, körülbelül ugyanígy kezeli ezt a kérdést. Amit a heurisztikákról tudunk, majdnem mindig csak annyi, hogy van egy bemenet és van egy kimenet; hogy közben mi történik, azt jó len-

ne tudni. Talán azzal a lehetőséggel, hogy a számítógép egy sor feltételezhető modellt ki tudna próbálni, közelebb tudnánk jutni a tényleges processzusoknak a leírásához.

Válasz: Ezt öröm hallani, de mi a számítógép képességeit illetően sok tekintetben jóval pesszimistábbak vagyunk, mint kezdetben. Ennek nagyon mély gyökerei vannak, hiszen a modern matematika egyik legnagyobb fölfedezése volt a Gödelé. Megjelent egyébként az utóbbi években egy kítűnő és szellemes könyv, a Bach–Gödel–Escher, amely végigviszi azt, hogy az algoritmizálhatatlanság milyen mélyen benne van a lényeges folyamatokban. Az a naiv, de gyönyörű elképzelés, ami a század elejéig élt, hogy csak szépen tovább kell haladni a tudományban és akkor mindent szigorú tudományos alapokra tudunk helyezni és minden a másikból következik, nagymértékben megdőlt és egyre több helyen dől meg. Hogy ezután mi jön, azt nem tudom.

Kérdés: A nem algoritmizálható jelenségek valamilyen formában állandóan jelen vannak a pszichikumban és azt lehet mondani, hogy a pszichikum egyik leglényegesebb teljesítménye az, hogy a nem algoritmizálható jelenségeken felülkerekedik, valamilyen formában tud rá megoldást.

Válasz: Mert van egy olyan patternje is, és a két pattern között nem muszáj, hogy logikus ugrása legyen, valahol kapcsolódik.

Kérdés: Az, hogy maga a megoldás nem algoritmizálható, nem jelenti azt, hogy az alkalmazott pattern nem algoritmizálható?

Válasz: Ez így van, de mivel a két pattern közötti átmenet nem algoritmizálható, vagy nem tudjuk, hogy azt jól algoritmizáljuk, ezzel már a dolog mélyébe való hatolás el van zárva. Nagyon jó, hogy erről beszélünk, mert ami modelleket én láttam, azok idáig jutottak el – például az elmaradott gyerekeknek a viselkedése. A fenomenológiai modellek könnyen elképzelhetők, de félrevezetnek abban a hitünkben vagy éppen hitetlenségünkben, hogy ezekkel a módszerekkel a dolgok mélyére lehet hatolni.

Kérdés: Viszont a pszichológiai probléma – és ez lenne talán az érdekes – pontosan az volna, hogy az algoritmizálható vagy az úgymond nem algoritmizálható folyamatok milyen dinamizmusban vannak egymással. Az ún. kognitív pszichológiai irodalom jelentős mértékben ezzel a kérdéssel foglalkozik.

Válasz: Érdekes a kérdés, mert az ember elkezd gondolkozni azon, hogy a fenomenológiai modellek közötti kapcsolatok mennyiben fejleszthetik tovább a tudást. Egyáltalában a tudás kérdése nem jól definiált valami, mert amikor elvetettük azt, hogy minden egyszerűen megismerhető a maga egymásból való következősége révén, akkor tulajdonképp ott tartunk, hogy az ismeretek kútja is mélységesen mély. Amire azt mondjuk, hogy a modern tudomány a fizikában vagy a biológiában ezt meg ezt tudja a jelenségekről, az mélyebb szintről nézve – amit nem tudunk – majdnem ugyanolyan felületes ismeret, mint mondjuk az ókori embernek az összegyűjtött ismeretanyaga. Bizonyos távolságból nézve, egy hipotetizált isten távolságából nézve tulajdonképpen ez a tudás nem sokkal mélyebb, mert mondjuk, három lépcsővel mélyebb vagy öttel, de a lépcsők száma esetleg tízezer.

Kérdés: Induljunk ki abból, hogy a magyar pszichológusok egyáltalán nem ismerik azokat a munkákat, amelyek a mesterséges intelligenciáról itt folynak!

Válasz: A mi feladatunk nagyon prózai mérnöki gyakorlat. Egy példát mondok, ami megmutatja, hogy mi történik a világban a jelenlegi technika szintjén – és a jelenlegit extrapolálom legfőljebb öt évre, hiszen nagyon gyors a fejlődés. A legújabb, ez

évben megjelenő mikroprocesszornak a processzási teljesítménye lényegesen nagyobb, mint a Vár-beli Control Data gép processzora, pedig az sem nagyon marad el a legújabb IBM gépünknek a processzorától, amit egy vagy három lapkán megvalósítanak. Ennek az ára egyelőre 1500 \$, ami ott nem pénz, ez is kiinduló ár a friss fejlesztés miatt. Jelenleg természetesen még az amerikai piacon sem szabadon kapható, de ez gyorsan módosul. Ezek a határok tehát elég bővekek. A rendelkezésre álló processzási teljesítménynek, a félvezetőkbe beépíthető memóriának, továbbá a megvalósítható kamerának a segítségével egyelőre ipari feladatokat akarunk megoldani. Az első menetben föl kell ismerni a munkatérbe szállítószalagon vagy más módon érkező, véletlen elrendezésű tárgyakat, tehát nem rögzítetteket. A rögzítés általában szokásos az automatikus szerelésnél, de sok pénzbe kerül és minden egyes munkafajtaára külön kellene megcsinálni. Az első feladat a fajta szerinti fölismerés; a második feladat a helyzeté – tehát: hogyan kell a munkadarabot megfognia a robotnak –, a harmadik feladat pedig megvizsgálni, hogy a darab látható tulajdonságai szerint megfelel-e a beépítésnek. Ez az a feladat, amit egy betanított munkás vagy egy betanított segédmunkás végez.

A következő lépcső, amivel foglalkozunk, a szerelés maga, amikor három dimenziós fölismerést is kell végezni. Itt jelen van egy, a vizuálisnak megfelelő érzékelés, aztán – ahogyan az embert például csuklóban az erő-nyomaték érzékelői segítik – a mechanikai érzékelés. Ezenkívül bizonyos mértékig feladatmegoldást is kell végezni, azaz a szerelés általános utasítását – „rögzítsük ehhez ezt” – gépi úton fölbontani olyan mozdulat-sorozatokra, amelyek azt automatikusan elvégzik. Megadom – megint egy zárt világban – a feladatot, csak itt a zárt világ nem a tárgyakra vonatkozik és azok tulajdonságaira, hanem elsősorban az elvégezhető műveletekre, és az elvégezhető műveletekből automatikusan kell generálni egy olyan művelet-sorrendet, ami a funkciót teljes mértékben elvégzi. Tehát: felismerés – ellenőrzés – szerelésirányítás. Nagyon prózai, mérnöki feladat. Nekünk sokévi munka – a mesterséges intelligencia címet föl akasztani szép nagyképűség.

Egyéb, ilyen címen folyó kutatások:

A házban foglalkozik néhány ember programozáselméleti kutatással, azaz a programok lelkével. Sok tekintetben itt is hasonló a probléma: hogy kell a feladatot megadva félig-meddig automatizáltan programot írni? Megint arról van szó, hogy az ember egy célt tűz ki a gépnek, amihez rendelkezésére áll egy eljárásorozat; ezekből válogathat, és mindezeket kell úgy összeilleszteni, hogy összefüggő, a célt elérő eljárás-sorozatá válják. És itt van a hasonlóság. Ilyen munka nemcsak nálunk, hanem másutt is folyik.

Foglalkoznak az országban még légi fényképek fölismerési problémáival, ami mérnöki nyelvre lefordítva viszonylag egyszerű probléma, megoldásában azonban nagyon bonyolult. A beérkező légi fényképet először meg kell tisztítani a zajoktól – hogy a káros zavaroktól mentes legyen –, utána pedig diszkriminálni kell, tehát mondjuk, összegyűjteni az azonos felületeket, vonalakat és abból mondjuk, a búzamezőket kiemelni és lemérni. Ebből következtetni lehet arra, hogy akkor éppen milyen a terméskilátás.

Folynak bizonyos nagyon elemi biológiai kísérletek, de ezek nem annyira fölismerési kísérletek, mint inkább az emberi fölismerést segítő munkák; tulajdonképpen a lényegkiemelésre vonatkoznak. Ezeket általában segítik olyan módon is, hogy a tónu-

szos képeket (tehát a szürke különböző tónusait) pszeudo-színnel jellemzik és ezáltal az emberi szem számára, az emberi fölismerés számára jobban megfoghatók lesznek. Egy nagyon érdekes tapasztalatunk van ezzel kapcsolatban. Csoportom talán legtehetségebb tagja közvetítéssel elszerződött a Szentágothai János által irányított munkacsoportba, kifejezetten tanulási célból. Ők vettek egy elsőrendű, nyugati, felismerést segítő berendezést, amelyik automatikusan végzi a háttérelnyomást, bizonyos lényegkiemelésekkel, egyszerű számítási műveleteket különböző típusú felületeken (pl. felületnek a számítását egy adott alakzaton). Sejtbiológiai, tehát sejtfelismerési célokra próbálják ezt alkalmazni; a berendezéshez még egy kis számítógép is csatlakozik. Miután kollégám több hónapot eltöltött ott, kérdeztem tőle: „Mit tanultál? Ültél a mikroszkóp előtt, illetve a mikroszkóphoz kapcsolt, feldolgozott képet mutató képernyő előtt, mit tanultál? Hogy dolgozik a felismerő?” Nagyon határozottan az volt a válasza, hogy a biológus és az orvos nem a felismerési módszereket várja tőle, hanem a lényegkiemelés segítségét. Tehát ez a tényleg nagyon jól képzett, rendkívül érdeklődő ember, aki azzal a feladattal ült oda, hogy számítógépes módszerekkel megpróbálja megkeresni azt a részét a feladatnak, amit mi el tudnánk végezni és automatizálni, ezzel a teljesen negatív eredménnyel jött haza – mondom, több hónapos munka és elmélyedés után –, hogy ők tudják, mit akarnak és azzal a tudásanyaggal, amivel ők dolgoznak, a gép nem nagyon rendelkezhet, legalábbis eddigi ismereteink szerint.

Kérdés: Lát-e munkalehetőséget a pszichológus számára? Milyen irányban kelle-ne kutatnia annak, aki például az észlelés pszichológiájával foglalkozik? Szó volt a szín-átalakítóról; esetleg volnának ötleteik a pszichológusoknak arról, hogy a diszkrimináció-növelést milyen irányban lehetne megvalósítani.

Válasz: Beszélgetésünk alatt gondolkoztam azon, hogy ez nagyon jó alkalom arra, hogy elkezdjünk tanakodni, hogyan tudnánk kapcsolatot teremteni.

Kérdés: A hasonló beszélgetések mögött az a gondolat húzódik, hogy vannak viszonylag távolabbi területek, amelyek között érzésünk szerint jelentősebb érintkezés van, mint amennyit tudatosítunk ebből.

Válasz: Megnőtt az étvágyam ez iránt. Kétségtelenül él bennünk a vágy a kapcsolatteremtésre; ha tudunk akár egy mégoly kis területet is találni, ahol kapcsolódhatunk, az legalább egy híd lenne e fölött a szépséges mocsár fölött.

Kérdés: Talán érdemes visszamenni – mintha egy kicsit gyorsan mentünk volna el mellette – a segéd munkás intelligenciáját reprodukáló feladathoz, amikor a szalagon véletlenszerűen elébe kerülő tárgyakat kell felismernie. Mi történik a gépben, ha a gépet úgy képzelné el egy pszichológus, mint egy embert, mit csinál, mi megy végbe benne? És még egy kérdés: vajon az eddig vázolt felismerési feladatok jelentik a pillanatnyi határt?

Válasz: A gyakorlati feladatmegoldáshoz elsőrendű követelmény, hogy a feladatot nagyon leszűkítsük. Tehát: a segéd munkás elvégzi a kívánt munkát, de ezenkívül fölismeri feleségét és gyerekeit és még rengeteg minden más funkciót végez; hétvégén drukkol, megnézi a tv-t, véleménye van, tehát nem a segéd munkást általában helyettesítjük, hanem *egy meghatározott* funkcióját, igazi elidegenedett lényként kezelve; abban a pillanatban, amikor továbbmennénk, tehát ezt a funkciót emberi funkcióként fognánk fel, máris rátérnénk az ingoványra. Ugyanez vonatkozik minden más kísérletre is. Tele van ma az irodalom olyan kísérleti eredményekkel – amelyek most már kez-

denek átmenni a gyakorlatba —, amelyek egy-egy cél elérését eléggé közelivé vagy már megoldottá teszik. Ilyenek a sejtfelismerő eljárások, de egy ilyen eljárás csak a kérdéses egy dolgot ismeri föl, tehát csak vérszöveteket vagy csak ködkamraképet vagy csak légi felvételt stb., stb. Ezek általában mit csinálnak? Először is meghatározzák a tárgy kontúrját. Az első feladat szétválasztani — vagy kontúr alapon vagy felület alapon — azokat a pontokat, amelyek egy felületen belül vannak és kívül vannak. Nem könnyű feladat, ez egy nagy tudomány!

Például a felület alapon történő szétválasztásnál — ezzel mi is kísérletezünk — egy megvilágítási szintet, a fényvisszaverődés egy szintjét kötjük össze egy felület fogalmával. Ha megvannak a geometriai alapelemek — akár felületek, akár kontúrok —, és azoknak a kapcsolódásai, akkor első menetben megpróbálunk nagyon egyszerű diszkriminációs módszert alkalmazni. Ha van két tárgyunk és az egyik nagy, a másik kicsi, akkor lemérjük, hogy mennyi az egyiknek a felülete, mennyi a másiké, s ha nagy, az A, ha kicsi, az B. Többet nem kell róla tudni. Ha 100 tárgy nagyság szerint megkülönböztethető, megint roppant egyszerű dolgunk van. A következő lépés az, hogy általában kiszámítjuk a tárgynak a centroidját, ami szintén egyszerű számítás; aztán elkezdjük nézni a centroidtól való távolságot (egy körnél teljesen egyenletes): hosszúság-e a tárgy vagy kerekded, szögletes vagy lekerekített, van-e benne luk vagy nincs, tehát nagyon egyszerű, durva ismeretanyaggal dolgozunk (ahogy az embernél leírják: magas, barna, kékszemű, 162 cm-es).

Azt csináljuk — például a kétdimenziós módszernél —, hogy: összeállítunk egy sor, jóval tíz fölötti diszkriminációs módszert, ilyeneket, amiket felsoroltam. Ezek után betanítjuk a gépet minden egyes alakzatnál a megfelelő indexre, mert ez mind kifejezhető egy-egy indexszel. Mondjuk a kör alakú = 1, amelyik pedig egy vonal, az = 0, és ami a kettő között van, az valamilyen indexszel kifejezhető. Ezek után megvizsgáljuk azt, hogy az adott halmazon belül ezek egyenként és csoportosan hogy diszkriminálnak. Most például van 500 figuránk; mindenki, aki jön a laborba, kívág egy papírfigurát, megkapja a nevét, azt betanítjuk. Az 500 figurát jól meg tudjuk különböztetni. Az első menetben ráállítunk erre a megkülönböztetésre néhány jellegzetességet, tehát nem mindet számoljuk végig, csak néhányat. A gép az 500-ból ad mondjuk 5 vagy 10 választékot: „ez az 5 vagy 10 között lehet”. A következő menetben erre az 5-re vagy 10-re automatikusan rááll a teljes diszkriminációs sor, tehát az összes részletet megnézi (a rendőrségi nyilvántartásban is mindig végignézik az egészet és utána ami gyanús, azt alaposabban megnézik — diagnosztikában ez mindenütt így van). A következő menet gyakorlatilag minden esetben egyértelmű választ ad. Ha véletlenül nem, akkor a display-en megjelenik: „ez a kétfajta lehet, te mondd meg!”

Az egésznek a filozófiája egyébként nem az, hogy egy teljesen automatikus rendszert hozzunk létre — a robotrendszerrel sem! —, hanem az ember—gép kapcsolatban egy sajátos felügyeletet. Mondjuk, van 10 robot, ami dolgozik, ezeket egy ember — az operátor — egy képernyőn ellenőrzi, és ahogy a segédmunkás a mesterhez tud fordulni, ha valamivel ő nem tud megbirkózni, itt is megjelenik a képernyőn: „Nem tudok továbbmenni, segíts!” Ekkor belép az ember. Ezek az egyszerű felismerési módszerek, amelyek már nagyon jól mennek.

A következő a textúra elemzése — ezt is csináljuk. Nagyon sokfajta módszer van, az egyik, amit mi dolgoztunk ki, a textúra anizotrópiáját ellenőrzi; egyébként úgy tör-

ténik, hogy a centroidon keresztül szépen végigforgat egy egyenest és megnézi, hogy a különböző irányokban a textúra hogyan metszi azt. Ha izotróp, akkor egyenletesen, ha anizotróp, akkor nyilván egy bizonyos irányítottsággal kiemelkedően és aszerint diszkriminál. Nagyon sok másfajta textúraellenőrzés is van — megint egy nagy tudomány —; el lehet képzelni, hogy ez automatizálható folyamat, a textúra-kontúrok dektálhatók.

A következő lépés, ami már sokkal nehezebb, a nyelvészeti módszerekkel való fölismerés; strukturális hierarchiába rendezzük a tárgyakat — tehát úgy írjuk le, hogy megadjuk a nevet, utána az alapvető alkotórészeket — ha fölülről lefelé elemzünk: fej, törzs, kezek, lábak —, utána a fejre megírjuk, hogy szem, fül stb., stb., míg végül eljutunk az atomokhoz, az alapelemekhez, amelyek vonalak és körívek — mert vonalakból és körívekből szépen le lehet rajzolni mondjuk egy embert — és ezek között relációkat is kell csinálni (tehát alatta-fölötte, kicsi-nagy, bent-kint); meg lehet mutatni, hogy egy tulajdonképpen geometriai leíró nyelvvel le lehet írni a képeket, ahogy az ember is használhat rögzítettebb leíró nyelvet. A pszichológusnak szintén vannak nyelvei, a Rorschach-tesztre például lehet nyelvet írni. A páciens mond egy csomó mindenfélét, és ezt a diagnosztika osztályozza és így kulcsok vannak.

Kérdés: Csakhogy ezek a kulcsok nem olyan egyszerűek és szigorúan meghatározottak, mint például egy 16 tételes személyiséginventárnak vagy attitűd-skálának a kulcsai. A Rorschach-teszt értékelésének a megtanulása ezért kíván hosszú, speciális kurzust az egyébként „kész” pszichológustól is.

Válasz: Hát itt vannak a problémáink.

Kérdés: Nagyon egyszerű esetekben „könnyű” az említett rögzített leíró nyelvet megadni, csak éppen ahol igazán érdemes lenne, ott vagyunk tanácstalanok.

Válasz: Kitűnő! Egy nyelven beszélünk!

Kérdés: A pszichológiai teszteknel föl lehet vetni egy általános elvet: minél nagyobb a produkció felülete, annál szóródottabbak a válaszok.

Válasz: Egész tudományunkkal így van! Ha a tárgy bonyolult, a leírások is bonyolultak lesznek — bár kidolgoztunk egy csomó heurisztikus metodikát, amelyekkel a keresést gyorsítani lehet. Ha sok tárgy van, ha a kontúrok nem teljesen biztosak, akkor furcsa helyzet áll elő. Az ember, ha megnézi a tárgyat, annak ellenére, hogy ködös a kép (ez a látáspszichológiából ismert), tudásanyagából rögtön kideríti, hogy az biztos egy kutya. Látja például, hogy farka van, tehát mindjárt úgy látja, mint egy kutyafarkot. Így látjuk a felhőt és így látunk mindent, tehát nem tudunk eredeti élményeinktől függetlenül látni. A gép sajnos eredeti élményeitől függetlenül lát, előítéletmentes, és ez „tragédia”, mert ennek következtében az ő számára minden bizonytalanság egy sor variánst vet föl, amit az ember azonnal eldob.

Kérdés: A gépnek mindig minden új?

Válasz: Borzasztó élmény volt számunkra, amikor például megnéztünk a képernyőn egy képet: ez jól fölismerhető, hogy micsoda, mondtuk. Ráeresztettük fölismerő algoritmusainkat, és az teljesen tehetetlen volt, elkezdett iszonyú módon keresgélni, teljes tájékozatlanságban, mert valóban neki mindig minden új, nincsenek előítéletei és előítélet nélkül élni nem lehet. Ennek következtében ha túl sok új lehetséges, tehát túl sok a variáns — és ez majdnem minden gyakorlati esetben így van —, akkor egyszerre jön a már említett kombinatorikai robbanás.

Kérdés: Tanuló gépekkel nem lehet valahogy ezt ellensúlyozni?

Válasz: Tanuló rendszerrel hogyan! De akkor vissza kell menni a tudásreprezentációhoz; van egy sor modell, a modelleknek leírásuk van, akkor azokon végig kell menni. Volt egy csomó módszerünk is, például a „fülcimpa” ötlet. Hegel írja valahol, hogy az ember és az állat arról különböztethető meg, hogy az ember az az állat, amelynek van fülcimpája, állítólag az állatoknak nincs. Roppant egyszerű: minden képet meg kell nézni, hogy van-e fülcimpája vagy nincs, ember vagy nem ember! Tehát azt mondtuk, hogy jellegzetes ábrarészletet kell kiragadni (ahogy az ember gondolkodik: ha egyszer tornya van, az templom, ha egyszer fölhajtója van, az palota). Igen ám, csak hogy azokat a módszereket megtalálni, hogy a gép megkeresse a házon a torony helyét, a fölhajtó helyét és összekösse az elemi vonalakkól, mondjuk egy fölhajtónál az ívelt vonalakkól az ábrát — ez sem egyszerű dolog.

Hiszen a gép alapjában véve buta elemeket kap, pontokat, abból össze kell tennie vonalakat, és a vonal még mindig értelmetlen; az első értelmes valami a vonalnak meghatározott együttese, 3–5 olyan vonal, amiből már egy rajzoló jellegzetességet tudunk fölfedezni, illetőleg egy rajzoló jellegzetességet tud neki adni. Ez is megannyi asszociációval jár és mennyi bizonytalansággal! Hogy hol kell kezdenie, azt az emberi agy tudja; ha nekem van egy házrajzom, tudom, hogy az összefüggő vonalakat hol kell keresni ahhoz, hogy a tornyot megtaláljam. A gépnek végig kell keresnie aljától a tetejéig az egészet, nem beszélve arról, hogy az emberi agy pillanat alatt megfordítja az ábrát, tehát ha fejjel lefelé van nekem egy épület, akkor sincs különösebb bajom. A gépnek tudnia kell, hogy hova kell fordulni, s akkor is végig kell keresnie az egész kontúrt és minden kontúrt, a megtanult kontúrokat is. Nem az a feladat általában, hogy van egy templom, amit keresni kell, hanem sokfajta kell keresni sokfajtaból. Úgyhogy itt bukunk bele azután a komplexitásba.

Kérdés: Mi a helyzet az elvárással a modellezésnél? Amikor az ember templomot lát, azért is ismeri fel nagyon gyorsan, mert számít rá, hogy templomot fog látni. Ha Londonban sétálunk és szembe jön egy pesti barátunk, nehezen ismerjük föl.

Válasz: A programozott keresést alkalmazzuk. Megmondjuk a programnak, hogy „most pedig keres egy csavart!”, „Keress egy hosszú orrút!”, sőt megmondjuk ezen belül is: „Keress egy csavart és ezt úgy keresd, hogy először nézd meg a fejet és ezt úgy keresd, hogy először nézd meg azon belül ezt és azt, úgy keresd hogy először nézd meg azon belül azt!”, tehát ezeket tanítás során programozzuk, sőt olyat is programozunk, akár tanuló statisztika alapján, hogy: „először meg kell nézni ezt, ha ez jó, akkor menj ide, ha nem jó, akkor menj oda, valószínűleg!”. Ezeket a laza logikákat viszonylag könnyen be tudjuk építeni programjainkba, és néhány évvel ezelőtt nagyon hittük, hogy ezzel meg is váltjuk a világot. Sajnos nem sikerült.

Kérdés: Ez a dezilluzionálódás azt jelentette-e, hogy nagyon nagy ugrás történt visszafelé a korábbi várakozásokhoz képest? Picit pontosabban: a korábbi várakozásokban valami olyasmi volt, hogy fokozatosan megtörténhet a pszichológiai funkcióknak teljes átvétele. Ehhez a várakozáshoz képest sokkal kevesebb az, ami ma reálisnak tűnik?

Válasz: Először is különböztessük meg a magyar helyzetet az amerikaitól. Magyarországon ugyanis elég későn kapcsolódtunk be a dologba. Láttuk, hogy ez nem olyan egyszerű. Amikor ott kint elindultak a dolgok, akkor azt remélték, hogy egysze-

rú modellekkel megoldják a világ problémáit. Emlékszünk a perceptronidőkre és sok minden másra. Ehhez képest valóban óriási a különbség. A ma egyszerűbbnek tűnő gyakorlati feladatokon dolgozó csoportok azzal indultak, hogy egy ismeretlen égítes-ten egy robotot kell irányítani, amelyik a földi irányító központtal nem tud közvetlen kapcsolatba lépni, mert a távolság akkora, hogy a visszaszólási idő nagyobb, mint a robot cselekvéséhez, önvédelméhez — tehát hogy ő jó helyre lép — szükséges válaszidő: a helyszínen egymagában kell eldöntenie, hogy mit csinál. Ilyesféle volt az elképzelés; ettől már nagyon messze vagyunk, és a gépi intelligenciával kapcsolatos első naiv elképzelések ugyanolyan bukásra voltak ítélve, mint azok, amik a kezdeti neuronmodellekkel függtek össze, amikor is azt hitték: modellezek egy neuront, utána van egy gépem, és akkor modellezek 100 neuront, 1000 neuront, 1 millió neuront és kész az emberi agy! Utána kiderült, hogy az emberi neuront nem tudjuk modellezni. Kiderült, hogy a neuron nem logikai egység, hanem valami olyan processzor, amiről még nem tudjuk pontosan, hogy mit processzál, de azt tudjuk, hogy amikor a neuronok egymással kapcsolatba lépnek, akkor valami olyan minőségi ugrás következik lépésről lépésre, ami teljesen elképesztő. Pedig tényleg az volt a kezdeti hiedelem, hogy megvan a modell, összerakjuk és kész! Hát ilyenek a távolságok. Mi elég későn kapcsolódtunk be ebbe a dologba, egy évtizeddel ezelőtt kezdtük el, akkor már jobb helyeken tudták, hogy ez nem oly egyszerű. Viszont az, hogy a dolgok mégis mennek, tehát egy sor tárgyat a gépünk föl- ismer, s ennek gyakorlati alkalmazása lehet, az olyan öröm, ami kárpótolja az embert a világmókért. Ha egy pszichiáter nem tudja a paranoiának vagy a skizofréniának az általános gyógy módját, de eléri, hogy egy beteget 3 hónapig tisztességgel tud boldogulni a világban, akkor már boldog, igaz? Ha érzi azt, hogy valamivel hatni tudott, ez az öröm kárpótolja. Ez nem modellezhető pszichés probléma: a konkrét szerény eredmény kárpótol az egész mennyország-elképzelésért.

Kérdés: Ez a szerény eredmény végül is mit jelent ma (értve ezen mondjuk öt évet) a mesterséges intelligenciában? Mit jelent ma Önnek a mesterséges intelligencia?

Válasz: Rossz kérdés, illetve jó kérdés! Mindazon metodikák kutatását, amivel az ember által végzett tevékenység valamilyen módon automatizálható. Ez nem annyit jelent, hogy az emberi tevékenység, tehát a segédmunkásra hozott korábbi példa nagyon releváns. Nem arról van szó, hogy az autó két lábon szalad és a nők után szalad, hanem arról van szó, hogy az autó 4 keréssel mechanikusan megy, valami mást csinál, de azért eredményében a járásnak egy funkcióját elvégzi. Ezeket a tevékenységeket próbálja a mesterséges intelligencia kutatás valamilyen módon mechanizálni; inkább gépi intelligenciának nevezném, bár mi jobban szeretjük a probléma-megoldás szót. Hogy melyek a jelenleg látható határok? Ilyen látható határ az, hogy a vizuális fölismerési feladat az ember által végzett mechanikus tevékenységek többségénél megoldható, tehát a gyártás során gyorsan fejlődik a gépi ellenőrzés; hasonló például a screening, tehát az orvosi tömegellenőrzés, ahol a specifikumot az embernek kell kiválasztani: a gép ellenőriz 100 000 röntgenképet, abból kidob 1000-et, és azt mondja, hogy ezt nézze meg egy szakértő. Ez óriási lépés. Jön a hangfelismerés is, egyelőre meghatározott szótárral, jól, világosan kiejtett bemondások, parancsok alapján. Könnyen lehet, hogy 20–30 év múlva gyártmány lesz a nem nagyon rossz diktálás után megértő rendszer, itt persze mindig vissza kell kérdezni. A különbség azonban óriási, mert mondjuk ezt a szalagot leírják, Önök megnézik és az egésznek 1–5 %-a az, amit le kell írni, vagy vissza

kell hallgatni. Az egész nyelvet kell ehhez ismerni. Mindig azt a példát hozom, hogy végy egy gyorsírónőt, diktálj neki olyan nyelven, amit nem ismer. Meg fogja oldani? Nem tudja megoldani. A gépnél ugyanez a helyzet, erről beszéltünk is, hogy neki min- den új. Csak az tudja megoldani, aki nemcsak az összes szót tudja, hanem mindazt a kontextust, amiről szó van, például diktál az ember egy unintelligens, de jó gyorsíró- nőnek, megőrül attól, amit leír!

Kérdés: A szótárzás, tehát a szótárral történő felismerés hol tart jelenleg?

Válasz: 1000 szó volt az amerikai hadügyminisztérium által kitűzött cél, amit 2–3 évvel ezelőtt néhányan demonstráltak – feltéve, ha 2–3 nagyságrenddel gyorsabb gép van. Ezt hamarosan el fogják érni.

Kérdés: Az ilyen nagyságrend váltása jelenleg mennyi időt igényel?

Válasz: Ezt nehéz megmondani, mert nemcsak arról van szó, hogy az elemeknek kell gyorsabbnak lenniök, hanem párhuzamos megoldásokat is lehet alkalmazni; ez pénzkérdés is. Az előrejutás azért is definiálható nehezen, mert az egyszerű probléma- megoldó rendszerek mind ember–gép kapcsolatrendszerek lesznek. Végeredményben van egy display-nk, egy diagnosztikai eljárásunk, közöljük a géppel azt, hogy eddig mi van, ő a teljes tudásanyagot, tehát az összes irodalmat fel tudja dolgozni, az azonos ese- teket kiértékeli ebből, s azt mondja, hogy „ez az 5–10 eset van, a gépi vélemény ez és ez. Nézzen még utána ennek!”. Ilyen dialógus kapcsolat érvényesülhet az orvosi diag- nosztikában, üzemzavar elhárításában, kriminalisztikában és egy sor más területen. Na- gyon javaslom, hogy kezdjenek el foglalkozni ezzel a közigazgatásban: a gépesíthető közigazgatási döntések és a judíciumot igénylő közigazgatási döntések szétválasztása érdekében. A misztikum mindig ott jön létre, amikor a hivatalnok a teljesen automati- zálható és algoritmizálható döntést úgy adja elő, hogy „én így határoztam, mert ke- gyes vagyok veled szemben, vagy mert nagyon szigorú vagyok”. Ilyen dolgokban nagy jövője van a gépi intelligenciának, továbbá mindazokban az operációutatósi feladatok- ban, amelyekben egy rendszeren belül kell rugalmasan cselekedni, különböző hálózat- okat stb. irányítani. Ezek a módszerek előbbre fognak törni a gépi berendezések diag- nosztikájában: mi baja van a tv-nek vagy mi baja van egy szerszámgépnek; technológia- kiválasztásban a gépiparban ezzel foglalkoztatunk: adott feladat megoldásához milyen eljárásokat kell alkalmazni.

Kérdés: És a valószínűleg-előrejelző rendszerek? Rettenő rossz az ember becslé- se, és emiatt kidolgoztak sajátos rendszereket. A diagnózist nem bízzák a vezetésre, csak a döntést.

Válasz: Management célokra ilyenekkel nem foglalkoztunk, de identifikációs célok- ra igen, például egy bonyolult ipari folyamatnál, amelynél állandóan értékelni kell, hogy belső paraméterei hogyan változnak, módosulnak. Ezek a módszerek nagyon fej- lettek; moving average és egyéb algoritmusokra támaszkodó módszerek vannak. Mi a folyamatirányítási oldalról fogtuk ezt meg; nyilvánvaló, hogy hasonló módszerek alkalmazhatók máshol is. Még egy dolog van, ami ehhez csatlakozhat. Az egyik munkatár- sunknak nagyon szép munkái vannak a sztochasztikus programozásban. A statisztikus idősor-analízisek szintén valószínűleg ebbe a körbe tartozhatnak.

Kérdés: Mi az, ami belátható időn belül még reálisan befér a mesterséges intel- ligenciába?

Válasz: Isten tudja. Amiket elmondtam, azokkal foglalkozgatnak, de hogy ezenkívül még mi jön...?

Kérdés: Nem lehet látni, nem jósolható be egyáltalán?

Válasz: Én általában anti-futuroológus vagyok; most már gyönyörű irodalma van annak, hogy a futuroológiai írások milyen mértékben mondtak csődöt, mert ami igazán új, az nem predikálható, mert attól igazán új, hogy nem volt predikálható. Az is nagyon jellegzetes az emberi tudomány haladásában, hogy amikor van egy lényeges új eredmény, ahhoz kezdetben általában olyan reményeket fűznek, amelyek nem válnak be. És millió dolog van, amiről az ember azt hitte, hogy már itt van, a kézben van és kiderült, hogy ó, hol tartunk! „Hypothesen non fingo!”