

Interdiszciplinaritás, számítógépes agykutatás, komplex rendszerek – Interjú Érdi Péterrel

Az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetének tanácsadója, a Biofizikai Osztály vezetője, egyetemi magántanár, a Michigan állambeli Kalamazoo College Komplex Rendszerek Központjának Henry R. Luce professzora és alapító igazgatója, az ELTE TTK Tudománytörténeti és Tudományfilozófiai Tanszékének vendégprofesszora. 1970-ben az ELTE vegyész-szakán végzett, később a Budapesti Műszaki Egyetemen kémiai kibernetikai szakmérnöki tanulmányokat is folytatott. A nyolcvanas évek óta több külföldi felsőoktatási intézményben oktatott, interdiszciplinaritás jegyében fogant, kémiát, biológiát, kibernetikát és filozófiát közös nevezőre hozó könyveket és tanulmányokat jegyez. Legismertebb munkája a Michael A. Arbib-bal és Szentágothai Jánossal közösen írt, MIT Press kiadású *Neural Organization (Structure, Function, Dynamics, 1997)*. Magyarul a válogatott cikkeit tartalmazó *Teremtett valóság* olvasható (Typotex, 2000).

Kémiai kibernetika

- A hetvenes évek első felében kémiai kibernetikával foglalkozott. Mit fed le, és hol tart ma ez a tudományág?

- A kibernetika sok helyen, különösen Amerikában szitokszó. Az MI bizonyos mértékig a kibernetikát meghaladva kívánta elérni az eredményeket, de azt hiszem, ez részben visszalépés volt.

Bizonyos mértékig követem a kibernetikus tradíciót. Hogy mit jelentett akkor a kémiai kibernetika? A hatvanas évek második

felében végzett generációban nőttem fel. Akkor kezdtek el Magyarországon számítástechnikai alkalmazásokkal foglalkozni. Vegyész-szakon végeztem az ELTE-n, ahol Benedek Pál, a vegyipari és kémiai számítástechnika magyarországi úttörője tanított. 1966-ban érkezett egy Gear nevű dán számítógép, 4K vagy valami hasonló volt a memóriája. Azért vették, hogy a Péti Nitrogénművek ammóniaszintézisének folyamatait számítógéppel irányítsák. A gép az Erzsébet királynő úti Vegyterv tizenhárom emeletes épületébe került. A kilencedik és tizedik emeleten volt egy különlegesen intelligens intézmény, a Magyar Vegyipari és Mérnöki Iroda, a gépet is ide helyezték el, és Benedek Pálnak is it volt a második, vagy talán az első munkahelye. Remélem, egyszer valaki megírja ennek az intézménynek a tragikomikus történetét. Mindenesetre, akkoriban hallottam olyan szavakat, hogy rendszer, modell-szimuláció, vegyipari technológiák számítógépes szimulációja. Erről a témakörrel írtam a szakdolgozatomat. Reveláció volt, hogy a felrobbanás veszélye nélkül lehet kémiai kísérleteket végezni. 1970-ben végeztem, Százhalombattán, a Dunai Kőolajipari Vállalat számítóközpontjában kezdtem dolgozni. Odavitték az egyik első 360/40-es IBM-gépet. Eleinte 64K memóriája volt, később 128-ra bővítették. Hihetetlen nagy számok voltak ezek abban az időben. Azt hittük, a vállalatnak is lesz valamilyen számítógépes folyamatirányítása. Már a második nap észrevettem, hogy semmi nem lesz belőle, és elkezdtem mással foglalkozni. A munkahely kicsit furcsa volt, semmit csinálni szabad volt, de mást csinálni nem. Ez a más a kémiai reakciók sztochasztikus szimulációja volt. Volt is Sipos Tamással és Tóth János matematikus barátommal néhány munkánk, amellyel azt hiszem, világelsők lehettünk volna, ha lett volna legalább

halvány fogalmunk, hogyan is kell publikálni. Később azért írtunk Tóth Jánossal a kémiai reakciók matematikai modelljeiről egy a Manchester University Press és a Princeton University Press kiadásaiban egy ma is vállalható könyvet.

A Műegyetemen kémiai technológiai kibernetikai szakmérnöki képzést is indítottak. Ide is beiratkoztam. Igaz, főleg azért, hogy remek könyvtárában tölthessek heti két napot.

-Hogyan tért át neurokibernetikára?

- A nemlineáris dinamika kémiai alkalmazásain keresztül jutottam el az idegrendszeri modellezéshez. Egy idő múlva azután átkerültem az orvosi egyetemre, és a nyolcvanas évek legelején megismerkedhettem Szentágothai Jánossal. Ő terelte érdeklődésemet az agyelméletek felé. Munka- de főleg beszélgető viszonyban voltunk. Az idegrendszer önszerveződésével foglalkoztunk. Magyarországon eléggé ismeretlen maradt a Michael Arbib-bal és Szentágothaival írt könyvünk. Szentágothai lassan tíz éve meghalt, Arbib-et elsősorban a nyelvevolúció foglalkoztatja mostanában, erre majd még visszatérek. Szentágothai tisztán érezte, hogy az idegrendszer hálózatai sem nem teljesen determinisztikusak, sem nem teljesen véletlenszerűek. Ha reményei beváltak, akkor a mennyországból most nagy érdeklődéssel figyeli a hálózatelmélet izgalmas fejleményeit.

Kibernetika, agymodellek, számítógépes agy kutatás

- Mit gondol magáról a kibernetikáról?

- Amikában bizonyos mértékig szitokszó, eredeti céljainak viszont nem felel meg, ha *computer sciences*-szel helyettesítik. A

kibernetikusok hittek valamiféle számítógép-agy analógiában. Két forrása volt az optimizmusnak. Az egyik, hogy az idegrendszerek akkori modellje, a McCulloch-Pitts neuronok és a számítógépek akkori és mai modellje, a Turing-gépek lényegében ekvivalensek. „Lényegében”, mert azért van itt egy idézőjel: a Turing-gépek szalagja végtelen, a McCulloch-Pitts modellek viszont végesek. Az egyik az elemi hardver szintje, hiszen a McCulloch-Pitts-neuronok is kétállapotúak (a neuron tüzel, vagy nem tüzel) és a ferritelemek is vezetnek, vagy nem vezetnek, átengedik, vagy nem engedik át az áramot. A másik szint a matematikai modellek szintje. Már akkor gondoltak arra, amit csak később, 1956-ban bizonyított Kleene, hogy a Turing-gépek és a McCulloch-Pitts-neuronok ekvivalensek.

Amiről nem beszéltek, pedig a Neumann könyvben benne van, hogy az organizációs elvek nagyon különbözőek. Neumannt szokták vádolni azzal, hogy miatta beszélnek a számítógépekről túlságosan antropomorf kategóriákban. A vádat nem tartom megalapozottnak.

Minden tudományban az organizációs elvek érdekelnek...

A XX. század két nagy sikere a részecskefizika és „részecskebiológia”: az érdekes kérdés itt az, hogy mik az egységek, az építőkövek. A rendszer-, modell-szimulációs iskolák abban reménykednek, hogy a részekből összerakjuk az egészet. A kibernetikai tradíció ebbe az irányba mutatott, de túlságosan optimista volt. Az MI viszont azzal kezdődött, hogy lemondott a reális mechanizmusokról. „Foglalkozzunk csak funkciókkal, írjunk számítógépes programokat, sakkprogramot, de nem számít, hogy Botvinik sakkvilágbajnok hogyan játszik.” (Az elektromérnök Botvinik maga is próbált sakkprogramot készíteni.) Magam abba a táborba tartozom, akik azt hiszik, hogy

a mechanizmus lényeges. Velünk ellentétben tudva-tudatlanul (inkább az utóbbi) az MI tradícióját követi az a ma is divatos és sikeres felfogás, amely szerint, ha szimulálunk egy jelenséget, akkor lényegében értjük is. Nem értek ezzel a felfogással egyet. Ha túlságosan egyszerűek a modellek, mondjuk egy háromállapotú koronggal helyettesítjük az emberi viselkedést, akkor csak szimuláltuk, de nem értettük meg, vagy legjobb esetben felszínesen. Mindazonáltal, hogy egy modellt mikor tekintünk realiztikusnak, ez persze változik az idők során. A McCulloch-Pitts modellek 1943-ban, vagy még 1952-ben is azoknak számítottak. Bár McCulloch nagyon jól tudta, hogy rengeteg akkor is ismert részletet elhagyott, hiszen a tudás logikai szerkezete érdekelte. Az ötvenes évek végén, hatvanas évek elején megjelent Rosenblatt Perceptronról szóló munkái. A Perceptront reális neuronhálózati modellnek adta el. Minsky és Papert szétszedték: megmutatták, hogy (persze csak az egyrétégű) Perceptronnal nem lehet megoldani egy viszonylag egyszerű feladatot. Következésképpen az idegrendszer-modellezők közel húsz évig nem igazán kaptak támogatást, a reális neurobiológia mechanizmuson alapuló modellezést megvalósítani igyekvő kutatásokat visszaszorították.

Ma újra divatos a *computational neuroscience*, a számítógépes agykutatás, ami kimondja, hogy a reális agymodelleket is lehet közelíteni, modellezni. Ez a főtevékenysége kutatócsoportunknak. Persze egy modell soha nem reális, hiszen bármikor mondhatja egy speciális részlettel foglalkozó kísérletező: „igen, de az én molekulám hol van?”... Mindig akad, mondjuk egy neurokémikus, aki életét ráteszi egy molekulára, ami a mi szempontunkból éppen nem érdekes.

- Milyen – agyhoz kapcsolódó – témakörökkel foglalkozik mostanában?

- Három témakör van – kettőben csináltunk valamit, a harmadik hobbyszinten foglalkoztat, nem tettem benne semmit.

A számítógépes agykutatásnak és a kapcsolódó agyelméleteknek két nagy piaca van. A gyógyszer- és az egészségügyi ipar az egyik. Ha jobban megismerjük a normális és patológus agyműködést, milyen gyógyszer-terápiás stratégiákat tudunk mondani? (Létezik is egy a kilencvenes évek végén indult harmincéves japán program, három jelszava van: understanding the brain, protecting the brain, and creating the brain.)

Mi egyrészt számítógépes neurofarmakológia felé megyünk.

Bizonyos összefüggések vannak a szorongás és a kognitív képességek között. Vizsga előtt egy nappal az ember szorong, és jobban tanul. Ezekért a jelenségekért a hippocampus és a hippocampus környéki idegcentrumok felelősek. Hogyan tudják a potenciális farmakológiai ágensek úgy csökkenteni a szorongást, hogy a kogníció ne csökkenjen? Kalamazooi kalandom következtében a kérdéskörrel kapcsolatos elsőrendű gyógyszergyári kutatási adatokhoz és együttműködéshez jutottunk hozzá (a kísérleti adatok a világ legnagyobb gyógyszergyári cégénél, a Pfizernél dolgozó Mihály Hajós laboratóriumából származnak. Első közös cikkünk éppen most jelent meg a *Neurosci*ben, és azt hisszük, készülőben van még valami érdekes. De a gyógyszergyári játékszabályokat betartva erről majd máskor beszélek.)

Tehát a neurális és pszichiátriai rendellenességeknek a dinamikus rendszerek elmélete alapján való kezelése az egyik irány. Ma már sokan látjuk, hogy ezen rendellenességek nagy része a szabályozó rendszer meghibásodásából adódik, és így a terápiás

stratégiáknak ezen zavarok korrigálásával kell foglalkozniuk.

A másik irány szerint az idegrendszeri információfeldolgozásról szerzett ismereteink alapul szolgálhatnak új elvű „intelligens” rendszerek létrehozására. Minden húsz évben felmerül a kérdés, hogy mit mond a számítógép-tervező mérnököknek az agyra vonatkozó tudásunk. Mivel a hippocampus komoly szerepet tölt be a térbeli tájékozódásban, navigációban, és erről sokat tudunk, jönnek a nagy remények – például a Mars-robotokkal szemben. Negyed lábbal benne vagyunk egy ilyen, Robert Kozma, a memphisi Computational Neurodynamics labor igazgatója által szervezett NASA-projektben. Vajon mondanak-e valamit ezeknek a technikailag fontos problémáknak a hippocampuson alapuló navigációs mechanizmusok? Ezekben vagyunk érdekeltek. A kettő végső fokon egy, de erről is majd máskor.

A harmadik témakörrel olvasgatok, illetve Arbib-bal váltottam néhány levelet. Ő a tükörneuron hipotézis megfogalmazója, az elméletépítés folyamatban van. A majmok bizonyos neuronjai akkor is tüzelnek, ha megfognak valamit, illetve ha látják, hogy majom és/vagy embertársuk hasonló fogási műveletet végez. A hipotézis szerint a nyelvevolúcióhoz nem kell lokalizáció, elegendőek a gesztusok. Valójában a siketnéma nyelv is így fejlődik, vokalizáció nélkül. Úgy tűnik, mindaz, amit nyelvevolúciónak tekintünk, valójában nem a biológia, hanem az arra épülő kulturális evolúciónak a része. A jelenlegi nyelvevolúciós modellek semmit nem mondanak a neurális mechanizmusokról. Tudunk-e (ha egyáltalán szükség van rá) kinetikus idegrendszeri modellt adni a nyelvevolúcióra? Erről mennek mostanában az előzetes levelezgetések.

**- Munkássága és írásai során több kulcsszó köszön vissza:
rendszer, interdiszciplinaritás, önszerveződés...**

- Kémikus vagyok, aki több mint húsz éve fizikai kutatóintézetben számítógépes és matematikai módszerekkel dolgozik biológiai témákon. Skizofrén helyzet, előnyökkel és hátrányokkal.

Messzebb mennék a rendszerelméletnél. A hatvanas évek generációjára, így rám is jellemző, hogy érdekel a filozófia. Közeli barátom volt Balassa Péter, a tavaly meghalt esztéta. A Magyar-tanárok Egyesületében megemlékezést tartottak róla – én írtam erről a korról, és a filozófia és a természettudományok viszonyáról is, amiről akkor jobb körökben nem illet beszélni. Azt lehetett gondolni, hogy az egész kérdéskör a dialmatosoké. (Ha tudja az ifjú olvasó, mi is az.) Tévedés volt. Filozófia és természettudomány viszonyáról értelmesen is lehet beszélni. A hatvanas-hetvenes évek interdiszciplinaritása a strukturalizmusból nőtt ki. Nagyon ellentmondásosak dinamikus strukturalizmust és önszerveződést hirdető elméletek – a disszipatív struktúrák elmélete (Prigogine), a Haken-féle szinergetika és a René Thom nevével fémjelzett katasztrófaelmélet. Kettőben van sztochasztikus szleng, míg a harmadik ultradeterminisztikus. Nagy divatok voltak, de tulajdonképpen folytatás nélkül haltak ki. Eltűnnek a divatok – hogyan fejlődnek és buknak el? Eltűnnek, csend van körülöttük, aztán valaki előbányássza őket. Érdekeltek ezek a szavak. A részek megközelítésében sikeres redukcionista tudománnyal ellentétben, valahogy megpróbáljuk összerakni az egészet. Egy időpontban eljutottam odáig, hogy világos, nem tudjuk összerakni, de akkor is jó, ha valami értelmeset kirakunk az eltört cserepekből. Nem biztos, hogy

pontosan azt, ami volt, de mégis valamit, egy koherens képet. Mindez rácsengett arra a szóra, hogy posztmodern. Nagyon érdekelt akkoriban; szintén szitokszó lett. Bizonyos mértékig joggal, de a Sokal-botrányt nem írom alá. Sokal rosszindulatú volt. A bölcsészvégzettségű szerkesztők gyanútlanok voltak. Elhitték a fizikus-szerzőnek, hogy a fizikáról írt börlaszke valódi tudományos szöveg volt, az ideológia viszont tetszet nekik. Így közölték a borzalmas szöveget. Amikor Sokal leleplezte magát, kitört a pánik.

Ugyanakkor világos, hogy sok posztmodern visszaél a természettudományokkal: nemlineáris színház, meg hasonlók. Viszont megragadott benne – és én is éreztem –, hogy a modern racionalitás bizonyos mértékig válságban van. A posztmodern rámutatott a racionalitás korlátaira.

- Egyáltalán létezik még posztmodern természettudomány?

- Bár kilencvenegyben írtam a témakörrel egy cikket, később a posztmodernre visszavontam magamban. Almási Miklós egyik cikke ébresztett rá: nem lehet egyezkedni. Vissza kellett lépni. Balassa Péter hívta fel a figyelmemet, hogy létezik a filozófiának egy ága, melyet hermeneutikának hívnak. 1984-ben, Orwell évében jelent meg a kulcsműve, Gadamer könyve a hihetetlenül hangzó *Igazság és módszer* címen.

Véletlen egybeesésként ugyan ebben az évben jelent meg japán barátom Ichiro Tsuda cikke egy japán fizikai folyóiratban az agy hermeneutikai folyamatairól. Ennek szellemében látjuk, hogy a megismerés iteratív folyamat, az agy nem a percepcióból motorikus eredményt, vagy gondolatot készítő transzformátor. A kimenet függ az elvárásainktól is. Ilyen módon, lényegében az idegrendszer is önszerveződő jelenség. A hermeneutika az

interpretációnak inkább a művészete, mint a tudománya.

Hasznos, és a biológiának nem kell szégyenkeznie, hogy nem fizika – tanulhat a filozófiától és a hermeneutikától is. Így azután eljátszottam a gondolattal, vajon segíthet-e a filozófiai hermeneutika kibékíteni a szélsőséges álláspontokat?

A két szélsőséges megközelítés egyike a fogaskerekekből és telefonközpontból álló gépészmérnöki szemlélettel jellemezhető, a másik a tudat visszavezethetetlenségét és a kimondhatatlant hangsúlyozza. Fenntartom, jó metafora az agyat hermeneutikai készüléknek tekinteni, és így a kibékítés nem reménytelen.

Ami viszont a filozófia attitűdöt illeti, a posztmodernt ebben a formájában ugyan visszavontam, de nem rehabilitáltam a dölyfös és kérlelhetetlen modernt.

- Mostanában Komplex rendszereket tanít Amerikában.

Hogyan kell ezt csinálni?

- Michigan állam egyik kis ékszerdobozában, a Kalamazoo College-ban dolgozom évi nyolc hónapot. Ez egy kis privát egyetem, ahol néhányan elhatározták, hogy a természet- és társadalomtudományok közötti hídverés érdekében hirdetnek egy programot, és fő eszközként matematikai modellezést, számítógépes szimulációt fognak oktatni. Erre a programra elnyerték a *Time* magazin egyik alapítója alapítványának támogatását, egy professzori állást. Ezt az állást megpályáztam, és elnyertem, így most ott „Henry R. Luce Professor of Complex Systems” címem van. Viszem, hozom a diákokat mind a két irányba. Lényegében tényleg komplex rendszerekkel foglalkozunk, azt tanítom. Érdekes, hogyan lehet ezeket undergraduate szinten oktatni. Nem sok helyen van ilyesmi, igazából senki nem csinálja, de úgy néz ki, nagy érdeklődés van

iránta. Egyébként nem új a most slágerszónak számító komplexitás kifejezés. Például amikor Benedek Pállal csináltuk a szimulációs programokat, ő a bonyolult műveleti egységek matematikai modellezése kifejezést használta. Vigyázni kell, mostanság sokan visszaélnék vele.

A komplex rendszerek kapcsán visszakerültem a hálózatelmélethez (akadémia doktori disszertációmát majd tizenöt éve *Kémiai és biológiai hálózatok kinetikája* címmel írtam.)

Írtunk mostanában egy-két cikket a hálózatfejlődési modellekről. Hasznunkra voltak a neuronhálózatokra vonatkozó ismereteink. A szabadalmak hálózatának elemzésébe is belekezdünk – nem tudom még, lesz-e belőle valami. Létezik egy nagy szabadalmi hálózat, amit lehet nézegetni. Azon spekulálunk, lehet-e ebből arra nézve jósolni, merre megy a technológiai fejlődés. Legalább visszafelé működni kellene: láthatjuk-e a hetvenes évek alapján, mi „fog” történni a kilencvenes években? A szabadalmak a csomópontok, a régebbi szabadalmakra hivatkozások az élek.

Érdekel a harmadik kultúra mozgalom. Bölcsészbarátaimnak időnként igyekeztem elmagyarázni, hogy Newton törvényeit legalább annyira illik ismerniük, mint nekünk a klasszikus irodalmi műveket. A harmadik kultúra mozgalom engem a kibernetika optimizmusára emlékeztet. Evolúcióelmélet, agytudomány, nyelvészet, robotika, mesterségesintelligencia-kutatás, mesterséges élet, mesterséges érzelmek elmélete: minden mozgásban, és kölcsönhatásban van.

- Mindezek fényében hogyan látja az MI-kutatás helyzetét?

- Már csak azért se vagyok MI-kutató, mert a természetes

intelligencia jobban érdekel. Azt gondolom, hogy az intelligenciát nem lehet a biológiai szubsztrátumok nélkül megérteni. Szükség van a szénre, nem elég a szilícium. Az is világos, hogy elő kellett jönniük a mesterséges- és mesterségesérzelem-projekteknek. Abban a boldog korban vagyunk, hogy megint lehet mindenről beszélni.

Ma korongok vannak, és a korongoknak van néhány állapota, változója. Be tudunk-e valamit vinni a hippocampusról szerzett ismereteinkből korongokba? Érzelmi tájékozódást, döntéshozatalt, nem tudom mit... Mindenki mesélget, de ezek a korongok színtelen-szagtalan, tulajdonságok nélküli valamik. Ugyanezt mondom a hálózatelméletről is: a Barabási-modell alapváltozatánál csak az élek száma számít. A barátság-hálózatok fejlődésére alkalmazva: remélhetjük, hogy a barátaink száma nemcsak kapcsolataink létező számától, hanem saját állapotunktól, karakterünktől is függ. Tehát a belső állapotok számítanak, és nemcsak az élek. Belső állapotokat szeretnék tenni a korongokba. Neurális adottságokkal rendelkező robotokat szeretnék építeni. Valójában nem érdekel minket a szintek közötti integráció. Benedek Páltól tanultam egy szót: hierarchia. A hierarchikus dinamikus rendszereknek nincs becsületos elmélete, és nagyon nehéz létrehozni. Valahogy tényleg integrálni kell a szinteket. Mivel azt gondolom, hogy a szintek közötti integráció számít, azt is gondolom, hogy neurális dolgokat kell bevinni az MI-projektekbe.

- Miben látja a kutatásfejlesztési projektek sikerének, eredményességének titkát?

- Úgy értem a kérdést, hogy egyrészt fejlesztésre, másrészt kutatásra kérdez. Fejlesztéshez biztosan nem értek, noha Apám műszaki fejlesztéssel foglalkozott. Közel hatvan évet töltött újpesti bõrgyárakban. Hihetetlen, mennyire érdekelte a bõripari technológiák fejlesztése.

Ami a kutatást illeti, a vélt titok egy része közhely: „Erkezz jókor!”

Néhány példát említek. Nicolas Rashevsky és Ludwig von Bertalanffy a harmincas évek második felétõl tudták és használták a majdani „dinamikus strukturalizmus” fogalmait és módszereit, az aratást azonban Prigogine, Haken és Thom nevéhez fûződik.

A nyolcvanas években kidolgozott és igen népszerűvé vált Hopfield féle neuronhálózati modell szilárdtestfizikai analógián alapul. Cragg és Temperley már 1955-ben látták, hogy a ferromágneses anyagok „emlékezőképessége” a biológiai memóriának is modelljéül szolgálhat. Hopfield azonban programot adott a fizika módszereit a konvencionális fizika határait is kiterjeszteni igyekvõ fizikusoknak. Azt mondtam „programot”, bár igazából új legelõterületet. (Hraskó Pétertõl tanultam a kifejezést „Itt legel a nyáj”.) A nyáj azóta továbbvonult új, ígéretes dús földekre, amelyeket Ökonofizika, majd a Szociofizika névvel láttak el. A Szociofizika földjén a szociológusok elég régen táboroznak, és kissé zsörtölõdve vették tudomásul az elsõsorban Barabási Albert László nevével fémjelzett hálózatelmélet hódításait. A „kis világ” és „hatlépéses távolság” (angolul jobban ismert: *six degree of separation*) fogalmakat már javában használták, amikor Barabásiék az internet topológia szerkezetére és a hálózatfejlõdésére adtak remek modellt.

A sikerhez az is kell ma, hogy az eredményt három szóban össze lehessen foglalni. Walter Freemanről mindenki tudja: „káosz az idegrendszerben”. Mindenkinek van is róla véleménye. Sokan ingerülten elvetik, mások pedig azt hiszik, hogy az idegrendszeri információfeldolgozás megkerülhetetlen paradigmáját adta. Freeman esetében a siker tehát messze nem az, hogy mindenki hozsannázza, hanem, az, hogy mindenkinek van véleménye róla. Van egy másfajta recept a sikerhez. Jó időben találj egy jó mérési technikát (lehetőleg két korábban elterjedtnek a kombinációját.) Szerencsés esetben egy szerkezetnek finomabb részleteit láthatod, mint a korábbi eszközökkel. A módszert sokan alkalmazzák, igen nagy lesz a citációs indexed.

- Ha visszamehetnénk az időben, és most lenne egyetemista, mivel foglalkozna legszívesebben? Milyen témakörben, kutatási területben látna komoly perspektívát?

- Illetlen választ fogok adni. Egyáltalában nem vagyok biztos abban, hogy természettudományos pályára mennék. Anyám hatására talán inkább voltak bölcsészhajlamaim. A prózairodalom mindig is nagyon érdekelt. Kissé általánosabban mondva, a „teremtett valóság”, a szellemi konstrukciók világa valahogy mindig is jobban érdekelt, mint a realitás. Természettudományos kutatóként ez hiányosság is, a lehetséges (pláne a lehetetlen), jobban érdekel az aktuálisnál. Regényírással sajnos nincs tehetségem, de lehettem volna irodalomkritikus, vagy például tudománytörténész is. Minthogy azonban a fogalmak lehetőleg pontos használatát fontosnak tartom, szenvedtem volna a bölcsészvilágban.

Rendben, adok szabályosabb választ is. Diákjaimnak azt mondom, hogy a számítógépes agykutatás kitart az ő nyugdíjba

vonulásukig (az akadémiai kutatóhálózatra nem mondanám ugyanezt). Előbb utóbb (inkább előbb), szembe kell azzal nézni, hogy az idegrendszer-kutatás által szolgáltatott adatsereget koherens képpé kell szervezni, és ezt nem lehet modellek nélkül elvégezni.

Tényleg úgy tűnik, hogy az Élő Gépek és Humanoid Robotok sci-fi ízű projektjeiben komoly előretérés várható.

- Milyen alapelveket érdemes képviselni ahhoz, hogy a csúcstechnológiai kutatásokban komoly eredményeket érjünk el?

- Gondolom, a többes szám első személye itt Magyarországot jelenti. Nem tudom megítélni a nemzeti, illetve az európai kutatási stratégiák jelentőségének arányát. Elárulom, úgy adódott, hogy néhány olasz technológiafejlesztési pályázatot bíráltam, és életrajzi körülményeimnél fogva részt vettem európai és teljesen nemzetközi pályázatban is.

Úgy látom, olyan kis ország, mint Olaszország (!), nem lehet versenyben a nagy összefogással benyújtott pályázatokkal.

Másrészt viszont, a nagy pályázatok kissé álságosak. Mindenki igyekszik azt csinálni, mint eddig, a senior pályázatiírók feladata az, hogy a bírálókkal úgy láttassák, hogy „az egész több a részek összegénél”.

<http://www.matud.iif.hu/03dec/006.html> (Érdi Péter:

Neurobiológia és informatika),

http://www.tyopotex.hu/book/e_0004.htm (Érdi Péter: Teremtett

valóság),

<http://www.es.hu/pd/display.asp?channel=PUBLICISZTIKA042>

[7&article=2004-0705-0919-18VAJ](http://www.es.hu/pd/display.asp?channel=PUBLICISZTIKA042&article=2004-0705-0919-18VAJ) (Érdi Péter: Hiába:

(teremtett) valóság),

<http://www.rmki.kfki.hu/biofiz/cneuro/highl.html> (Michael R.

Arbib, Péter Érdi, János Szentágothai: Neural Organization),

<http://cc.kzoo.edu/~perdi> (Péter Érdi, Kalamazoo College),

http://cnd.memphis.edu/IDS_2004 (2004 Symposium on

Intentional Dynamic Systems)