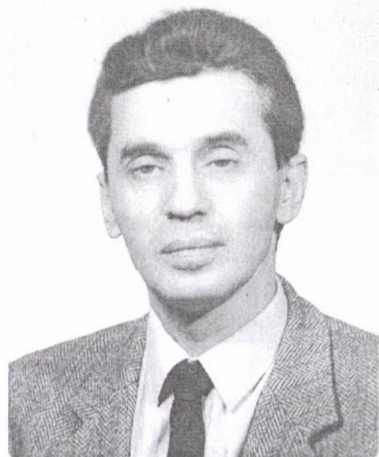


## „Mint A kis hercegben: csak ülnek és barátkoznak”

Beszélgetés Roska Tamás akadémikussal

*Roska Tamás ma az egyik legelismertebb magyar elektronikai mérnök-kutató. Ebben az egyszerű kijelentő mondatban két nagyon fontos jelző is megbúvik. Az egyik: magyar kutató. Nem magyar származású, nem külföldről vissza-visszatérő kutató, hanem olyan magyar tudós, aki itt él a családjával és munkájának nagy részét is Magyarországon, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében (SZTAKI) végzi, csapatával együtt. A mondat másik lényeges eleme az „elismert” jelző. Egy hatalmas léptekkel fejlődő, a 21. század számítástechnikájának élvonalába tartozó tudomány- és alkalmazásainak elismert tudósa ő, méghozzá nemcsak e kicsiny országban, hanem az Egyesült Államokban éppúgy, mint a világ más fejlett országaiban. Ez azért is figyelemre méltó, mivel életútjának kezdetei egyáltalán nem biztatták sikerrel.*



1945-ben, a háború végén 4—5 éves voltam, így abból nem sokra emlékszem. Édesapám Ózdon volt sebész főorvos a háború után, 1958-ban ott is érettségiztem. Érdekes élményem volt a gimnázium, talán mert egy kisvárosban könnyebben tud egy gimnazista szellemi életet élni, mint nagyvárosban. Nagyon jó, sőt több kiváló tanáromra is emlékezem. Az érettségi után nem jelentkezhettem egyetemre, mert az idő tájt édesapám — részben koholt, részben mai szemmel nézve elképzelhetetlen vádak alapján — internálótáborban volt. Budapestre jöttem és egy évet dolgoztam anyagmozgató segédmunkásként a Hang- és Kínotechnikai Gyárban. Már akkor élt bennem a vágy a tanulás iránt, és el is

fogott a félelem, mi lesz, ha a következő évben sem jelentkezhetek egyetemre. Mint egy mozdony készültem, fel is vettek a Műegyetemre, mert nagyon jól sikerült a felvételim, de azt hiszem, *Kozma László* professzor úr is segített egy kicsit az akkori adminisztrációs gondok áthidalásában. Az egyetemen több kiváló tanárom volt, de külön is ki kell emelnem *Simonyi Károlyt*. Azt hiszem, rajtam kívül még nagyon sok villamosmérnököt érintett meg személyes példája, tudása, szelleme. Ő az a professzor volt, aki a szaktárgyak tanításakor mélyebb filozófiai következtetéseket is levont, másrészt pedig a történetiségében is bemutatta a telekommunikációt és a fizikát.

*Nekem is professzorom volt, és jól emlékszem, hogy neki soha nem kellett katalógust tartania, így is mindig tele volt az előadóterem.*

Valóban így volt, csak egyre kellett figyelni, hogy pontosan ott legyen az ember az óra elején. Ezt azonban szinte mindenki betartotta, mert annyira tiszteltük. Életem másik meghatározó egyénisége édesapámnak jó barátja, az azóta már meghalt *Szendí Károly* volt. Ő a kutatómérnöknek azt a fajtáját képviselte, aki a gyakorlatban is járatos. Az utolsó egyetemi évemben volt egy fiatal külső előadónk, *Csurgay Árpád*, aki egészen új dolgokkal bővölte el a hallgatóságot. Az egyetem után a Műszeripari Kutatóintézetbe kerültem, majd pár év múlva az Távközlési Kutatóintézetbe (TKI), Csurgay Árpád főosztályára, aki később az intézetnek abban a részében tudományos igazgató is volt. Nagyon érdekes és izgalmas időszak volt ez, mert nemcsak elvben, hanem a gyakorlatban is ki kellett találnunk, meg kellett csinálnunk olyan dolgokat, amik léteztek ugyan a világban, csakhogy mi nem értünk hozzá.

*Nagyon jó csapat gyűlt össze abban az időben a TKI-ban.*

Igen, azt hiszem ritkán akad olyan szerencsés konstelláció, amikor egy kiváló tehetségű ember, mint Csurgay Árpád, meg tudja győzni a vezetést arról, hogy különleges kedvezményekre ugyan nincs szükség, de érdemes különleges elbánást biztosítani a szellemi élet bizonyos fontos területén dolgozóknak. *Váradi Imre*, a TKI akkori igazgatója mindezt lehetővé tette és aktívan támogatta. Érdekes történet az is, hogy egészen fiatal emberként hogyan kerültem ki Berkeleybe. 1968-ban nem volt még triviális, hogy az ember külföldi konferenciákra jár, pláne nem egy ipari kutatóintézetben. Nekem sikerült kijutnom Prágába és az ottani találkozás nyomán *Emie Kuh* professzor meghívott Berkeleybe. Megpályáztam egy ösztöndíjat, de akkor „nem mehettem ki”, csak 1974-ben. *Váradi Imre* és egy munkatársa járt el az érdekemben, hogy mégis engedjenek ki egy fél évre. Szerencsés pillanat volt ez, mert ekkor ismerkedtem meg *Leon Chua* professzorral. Ő az idő tájt jött át egy másik egyetemről Berkeleybe és akkor kezdtünk együtt dolgozni.

*Úgy tudom, az édesapját akkor már rehabilitálták.*

Édesapámat úgy rehabilitálták, hogy egy jó ideig még rendőri felügyelet alatt állt, ami azt jelentette, hogy este 10 és reggel 6 óra között otthon kellett lennie. Abban az időben traumatológiai szakrendelőben dolgozott, és

bizony ugyancsak sietett haza, ha későig rendelt, hogy időben megérkezzen. Mi akkor a nagymamámnál laktunk, neki volt egy nagy szobája egy társbérleti lakásban Budapesten. Az egész család, nagymamám, szüleim, testvérem egyetlen szobában laktunk. Később bizonyítékok hiányában megszüntették édesapám büntetését, és néhány évre rá, egy következő hullámban végre rehabilitálták, vagyis új személyi igazolványt kapott, amibe nem volt már beírva, hogy rendőri felügyelet alatt áll.

### *Térjünk vissza találkozásához Chua professzorral!*

Engem régóta izgatott egy probléma, ami akkor már ismert volt, éppen Csurgay Árpád mutatta meg. Ő nem sokkal korábban Amerikában, a Polytechnical Institute of Brooklynban ismerkedett meg velem. E szerint kérdés, hogy az elektronikus szerkezetek modelljei a lineáris tartományukban mikor lesznek kauzálisak. A fizikában nyilvánvaló a kauzalitás, hiszen nem fordulhat elő, hogy gerjesztek valamit és az a gerjesztés előtt válaszol, de hát a modellekben ez is lehet. Erre ő egy nagyon szép elméletet dolgozott ki. Felvetődött: mi van akkor, ha nemlineárisak az elemek. Ez a kérdés nagyon izgatott engem, és találkozásunkkor kiderült, hogy Chua professzort is érdekelt. De akkor még túl sokat nem dolgoztunk együtt, inkább beszélgettünk néha. Berkeleyben eljutottam egy szintre a nemlineáris kauzalitásban. Ez nagyon elméleti probléma volt, ennél elméletibb a mi szakmánkban, az elektronikában nem nagyon lehetett, de abban az időben nem is volt túlságosan tanácsos praktikus dolgokba belemenni. Csaknem 15 év múlva, 1988-ban találkoztam újra Chua professzorral, Budapesten egy konferencián. Közben is tartottuk a kapcsolatot a nemlineáris elektronika elméleti problémáin dolgozva. Ekkor Budapesten kiderült, hogy bár két különböző témán dolgozunk, de érdekesen össze lehet őket kapcsolni.

*Közben azonban a nyolcvanas évek elején elég viharos időszak következett be a TKI-ban. Váradi Imre elment nyugdíjba.*

Ő már korábban készült nyugdíjba, meggyengült és már nem tudta tartani a hátát...

*...és a kerületi pártbizottságnak nem tetszett Csurgay Árpád, más jelöltje volt az utódlásra.*

Igen akkor jött egy forgószél, de végül is nagyon szerencsésen alakult a dolog. A KFKI-ban, ahol Csurgay rövid ideig dolgozott, nem óhajtották ezt a kis társaságot befogadni. *Vámos Tibor*, a SZTAKI igazgatója viszont úgy döntött, hogy ő igenis vállalja a rizikót, hogy ezt a hat embert egy kis elméleti csoportba felveszi és az intézet Várban lévő épületrészében helyezi el. Érdeemes erről szólni, mert fontos lenne, hogy itthon is bevezetődjék egy különleges lehetőség, a *sabbatical* fogalma. Voltaképpen mi akkor kaptunk egy-két év sabbaticalt. Ez azt jelentette, módunk nyílt arra, hogy megpróbáljuk az alapoktól megérteni az elektronika fejlődésének új szakaszát, tehát, hogy mi lesz a következő évtizedben az új elektronikai diszciplína, ennek mik az alapjai, a lehetőségei és hozzá a technológia. Sokat tanultunk, szemináriumoz-

tunk. Másrészt pedig azoknak a tapasztalatoknak a birtokában kezdtünk újra az elméleti alapokkal foglalkozni, amit korábban csináltunk. A TKI-ban ugyanis kifejlesztettük és elvittük ipari bevezetésig az elektronikai áramkörök számítógéppel segített tervező rendszereit (a legkorábbiakat már a 70-es években öt vállalatnál telepítették). Mondhatnám, majdnem a filozófiai és matematikai alapoktól (Gödel-tétel és hasonlók) kezdve jutottunk el az elektronikáig. Igazából akkor kezdtem alaposabban foglalkozni a digitális rendszerekkel, nem a számítógéppel — a számítógéppel kezdettől fogva foglalkoztam —, hanem magával a logikai rendszerek alapjaival, majd a bonyolultabb digitális csipek fizikai korlátaival. Mindezt azért nagyon fontos elmondani, mert úgy érzem, ezek a váltások — az, hogy ember egyszer csak új helyzetbe kerül — nagyon lényegesek egy kutató fejlődése szempontjából.

*Ebből, úgy tűnik, az a tanulság, hogy egy kisebb baj néha szerencsét jelent, mert kizökkenti abból a kerékvágásból, amin nagyon sikeresen haladt addig, és most, kényszerből, át kell állni egy másik trajektóriára. Ezt Maguk sikeresen felismerték.*

Igen, most én is azt hiszem, hogy nagyon jól felismertük, de akkor csak kerestem a lehetőséget, hogy megint az alapokig el tudjak menni, hiszen nem voltak napi feladatok.

*Azért ez nem ment olyan egyszerűen, mert a SZTAKI-ban — finoman szólva — elég nagy kedvetlenséget váltott ki, hogy ez a társaság nem hoz pénzt.*

Nem csak a pénz miatt, bár az is számított, de egy kis pénzt azért hoztunk. Azt hiszem azonban, ez csak az egyik része volt az ellenállásnak, a másik része az volt, hogy minden közösségben kialakulnak egy idő után szellemi hierarchiák, vagy mondjuk, presztízsek. Teljesen természetes dolog, hogy ez zavart okozott. Mi szerencsére a Várban voltunk, messzebb az intézettől, egy darabig nem jártunk külföldi konferenciákra, tehát úgy érzem, hogy a SZTAKI-beli zavarokat azért sikerült áthidalni. Utána meg egészen más zavarok kezdődtek. Egyszer csak, 1982—83-ban néhány zenész, futballista, diplomata meg hasonlók, akik akkor külföldre jártak, elkezdtek behozni pc-eket. Egyébként amire kellett, ott voltak a mellettünk a Várban a nagy számítógépek...

*...a „nagy” CDC 3300, meg az IBM-gép...*

...és egyszer csak kiderült, hogy meztelen a király, mert ezek a kis asztali szerkezetek, a személyi számítógépek lényegesen megbízhatóbban működnek (a MTBF-jük, vagyis két meghibásodás közötti átlagos idejük közel ezerszer nagyobb volt már akkortájt) és ráadásul sokkal olcsóbbak, mint például a szocialista blokk úgynevezett ESZR gépei. Itt volt például az irodai infrastruktúra. A TKI-ban nekem főosztályvezetőként három titkárnóm volt, ezt az apparátust persze elvesztettem, amikor elkerültem, viszont megtanultam gépelni és egy év múlva már egészen jól bántam a szövegszerkesztővel. Már nem volt szükségem sem adminisztratív, sem számítástechnikai apparátusra, ami korábban elképzelhetetlen lett volna. Egyszerűen berob-

bant a személyi számítógép. Jöttek velem a számítógépes játékok — három kollégám, *Abos Imre*, *Bálint Lajos*, *Radványi András* briliáns játékokat is csinált, még pályázatokat is nyertek.

*Érzek itt egy ellentmondást. Az egyre többet tudó számítógépek digitális működésűek, és Maga mégis analóg programozással kezdett foglalkozni.*

Kicsit távolabbról kezdem a választ. Valamikor 1982 táján az Egyesült Államok Tudományos Akadémiájának folyóiratában, a *Proceedings of the National Academy of Sciences*-ben megjelent két cikk *John Hopfield* biofizikus kutatótól. Tulajdonképpen magukban a cikkekben nagy csodák nem voltak. Ő nevezte el neurális (vagy neuron) hálózatnak azt a modellt, amiben a neuronok nagyon egyszerű kis dinamikus analóg erősítők, ezeket összevissza kötögette, mindent összekötött mindennel, előre csatolva és minden outputot visszacsatolt valamilyen módon a bemenetekre.

*Ez volt a celluláris hálózat.*

Ez még nem. Ebben a neuronok még nem voltak sejtyszerűen összerendezve. Minden erősítőt elneveztek mesterséges neuronnak, és minden kimenetet megint visszakötöttek minden másik bemenethez. Ezeknek az összekötéseknek volt egy súlytényezője, ezzel súlyozták a jeleket. Ezt elnevezték Hopfield-féle hálózatnak. Nagyon hamar, már 1987-ben megszervezték az első nemzetközi konferenciát a neuro-számítógépekről San Diego-ban. Több mint ezer ember jött el, a siker óriási volt, óriási ígéretekkel. Ugyanaz történt, mint annak idején a mesterséges intelligenciával. Amikor felbukkan egy új tudományterület, akkor az ígéretek óriásiak. Itt is ez történt. Engem 1985 táján már érdekelt a kérdés, elkezdtem tanulni a neuro-számítógéppel kapcsolatos dolgokat és észrevettem, hogy az a matematikai és elektronikai elméleti apparátus, amivel én a nemlineáris hálózatokra vonatkozóan rendelkeztem, nagyon jól alkalmazható a neurális hálózatokra is. Írtam két vagy három dolgozatot erről 1985-87-ben és 1988-ban. Ez utóbbi egy IEEE konferencián jelent meg, azóta is idézgetik, pedig nem is publikáltam folyóiratban. Ebben a pár évben kezdtem rájönni arra, hogy ezek az analóg, nagyon sok kis elemi processzoros vagy erősítős — kollektívan, dinamikusan egyszerre működő — szerkezetek tényleg nagyon sok mindenre képesek. De akkor már az is látható volt, hogy azért ezt nem olyan egyszerű megcsinálni, mert nem voltak olyan csipek, amelyekkel meg lehetett volna valósítani. Volt egy másik tényező, ami ebben az időben fontos volt számomra. Megjelent egy ismeretterjesztő könyv, *Nem tudja a jobb kéz, mit csinál a bal címmel. Hámori József* volt a szerzője. Én nem tudtam, ki az a Hámori, de megvettem a könyvet. Egyszer lekéstem a repülőt és mivel nálam volt ez a könyv, nekiestem és elkezdtem olvasni. Nem tudtam letenni. Akkor valamit megsejtettem. Ebben a könyvben az agy két féltékéjének együttműködése van leírva, és ez csodálatosan példázza, hogy hogyan lehetne az analóg sokprocesszoros dinamikát összekapcsolni a digitális logikával. Akkor, 1987-ben írtam is erről egy dolgozatot, valaki meglátta és ennek nyomán meghívtak egy workshopra a laxenburgi nemzetközi rendszerelméleti intézetbe, az IIASA-ba. Elkezdtem gondolkodni azon — még írtam is róla —, hogyan

lehetne ezt a kétféle processzálási módot praktikusán is összekötni. Ez volt az a pont, amikor 1988 nyarán Leon Chua Budapestre jött egy nemlineáris oszcilláció témájú konferenciára, és akkor újra összetalálkoztunk. Ő elmondta, hogy felfedezte a neurális hálózatoknak egy újfajta konstrukcióját, amit celluláris neurális hálózatoknak (angol rövidítéssel CNN) nevezett el. Ezek sejtautomata-szerűek, de folytonosak, analógok. Én pedig elmondtam, hogy megpróbálom összekombinálni az analóg neuronhálózati modellt a logikai digitálissal. Pillanatok alatt kiderült, hogy ebből valami nagyon érdekeset tudnánk együtt csinálni, és meghívott, hogy 1989 tavaszán menjek ki Berkeleybe. Igen ám, de egyre késett a vízumom! Addig, amíg teljesen elméleti dolgokkal foglalkoztam, meg tartott az enyhülés, 1974 körül, még ment a dolog, de bármilyen furcsa is, 1988-ra még nem volt triviális, hogy egy csúcstechnológiához egészen közeli területen ügyködő embert innen beengedjenek az oroszlan barlangjába, a Szilícium-völgybe, Berkeleybe is. Végül Chuanak személyesen kellett értem garanciát vállalni a State Departmentben, hogy megkapjam a vízumot. Így aztán megindult az együttműködésünk, és attól kezdve minden simán ment. Minden évben két-három hónapra tavasszal kiutazhattam dolgozni. 1992-ben kidolgoztuk az új számítógépelvet, az analogikai CNN Univerzális Gépet. Aztán egy-két év múlva lett egy NSF grantünk, majd az Office of Navy Research támogatásával évente kétszer kb. két hónapra kiutaztam. 2000. januárban a tizenkettedik tél kezdődött, amit nem töltök itthon.

*Bölcsen teszi, mert azért Kaliforniában mégiscsak kellemesebb az időjárás.*

Igen, de ott földrengés szokott lenni, tehát sehol sincsenek tökéletes állapotok. Megemlítek még egy érdekes momentumot. Régi tradíció volt, hogy a finn és a magyar Akadémia két évente felváltva szervezett közös kutatói találkozókat. Csurgay Árpád, aki akkor az MTA főtítkárhelyettese volt, tudta, hogy engem mennyire izgat ez a jobb-bal félteke kérdés és azt is tudta, hogy Hámosri József könyvet írt róla. Ezért azt javasolta 1990-ben vagy 1991-ben, hogy a következő, Finnországban szervezendő összejövetel témája legyen a számítógépek és az agy. Megszervezte, hogy Hámosri József mint agykutató és én mint elektronikával foglalkozó kutató menjünk ki vele. Így ismerkedtem meg Hámosri Józseffel. Útközben sokat és intenzíven beszélgettünk. Nagyon hamar elkezdődött a közös munka, egy-két éven belül létrehoztunk egy közös posztgraduális központot, doktori iskolát. Ez az együttműködés azóta is nagyon intenzíven tart. A két kutatócsoport együtt — fiatal doktoranduszainkkal közösen — csinálta meg az első celluláris neurális hálózatú CNN biológiai modelleket. A látás különböző fázisaira egészen szép modelleket készítettünk el, tulajdonképpen ezek voltak az első CNN modellek a látásban. Pár hónap múlva, amikor legközelebb kimentem, Berkeleyben egy szemináriumot szerveztünk. Főleg Kaliforniából — San-Diegóból, a Caltech-ről, Berkeleyből — jött el néhány nagyon neves biológus és számítástechnikus, elektronikus mérnökök. Ott ajánlották, hogy szóljunk Frank Werblinnek, a világhírű retinaszakértőnek. Érdekes, hogy alig néhány helyre szólunk, mégis zsúfolásig telt a nem is kis terem. A végén odajött Werblin és elmondta, hogy ez az a modell, amit ő évek óta keresett. Egy-két év múlva elkezdtünk együtt dolgoz-

ni: Leon Chua, Frank Werblin és én. Ebből a munkából hamarosan egy érdekes felismerés született: nevezetesen, hogyan lehet magának a retinának a működését és a különböző érzékelő modalitások (hallás, tapintás stb.) kombinációját megvalósítani az analogikai CNN számítógépen. Egyébként a következő történet mutatja, mennyire szokatlan még ma is ez a gondolat. 1999 december elején Washingtonban a finanszírozó szervezetek, az ONR, a Navy Research Laboratory, a DARPA és egyebek együtt szerveztek egy technológiai bemutatót. Miután mi elmondtuk a mondókánkat, egy kolléga az egyik washingtoni laboratóriumból felvetette: ez mind nagyon szép, de csipen megvalósíthatatlan. Mondtuk neki, hogy most következik Sevillából *Angel Rodriguez-Vazqueznek* az előadása (az ő csoportjával is nagyon szorosan együttműködünk), aki majd elmondja, hogyan lehet ezt megvalósítani egyetlen csipen. Szóltunk, hogy a szünet után a szomszéd szobában megmutatjuk a működő rendszereket. A kolléga azonban oda már nem jött el, mert nem akarta a blamázt vállalni: az orra előtt bemutatják, hogy nem csak megcsinálták, hanem működik is a csip, ráadásul nehéz feladatokat is képes megoldani. Ha összehasonlítunk egy 400 megahertzes Pentiumot ezzel a kis szerkezettel, akkor láthatjuk, hogy a mienk 8000-szer gyorsabban old meg egy elég nehéz feladatot. Erről egyébként részletesen beszámoltunk 1999 végén a hazai sajtó előtt is. Visszatekintve tehát elmondhatjuk, hogy már 1992-93-ban kiderült, lehet tárolt programú számítógépet csinálni, analog tér-időbeli dinamikára építve. Hozzá kell tenni, hogy az Intel már 1994 körül kijött az első neuron-csippel, ami még nem volt tárolt programozható számítógép, de már úgy tűnt, hogy lépést tett ebben az irányban. A nagy Intelnek nem számított a pár millió dollár, ez ugyanis nem lett siker. Akkor azt mondták, csinálunk olyan neuron számítógépet, amelyben digitálisan emuláljuk a dinamikákat, de az NI-1000 sem lett sikeres. Akkor kezdett világossá válni, hogy ez az út jó lehet egy-egy konkrét feladat megoldásához, de a lényeg másutt található. Abban a képességben, ami *Neumann János* legnagyobb hozzájárulása a számítógép ügyéhez: a tárolt program alkalmazásával. Ugyanis a tárolt programmal — az adott szerkezet korlátain belül — kitarul a világ az emberi intellektus számára. A tárolt programozáson keresztül szinte végtelen gazdagságú kombinatív lehetőség nyílik. Ezen dolgoztam abban az időben, mert sikerült a tárolt programozást bevinni abba a világba, aminek az elemi utasítása a digitális számítógépek számára a legnehezebb: egy nemlinearis hullámegyenlet megoldása. Frank Werblin mondta egyszer, tulajdonképpen a CNN hálózatot a neurobiológusoknak kellett volna felfedezniük, mert a retina eklatánsan mutatja a működését, ráadásul a retinán nagyon jól lehet tanulmányozni is.

*Eljuttunk egy érdekes kérdéshez. Divatos manapság a harmadik hullám elmélet. Ez a misztikus kifejezés azt takarja, hogy a 21. század elején az informatikának, a számítástechnikának a harmadik fejlődési szakaszához értünk. A tömeges alkalmazások első nagy fellendülési hullámát a mikroelektronikai technológiák (közkeletű néven: a csipek) fejlődése indította útjára. A második hullámot a kommunikációs technológiák, az optika és az elektronika összefonódása indukálta — ez az informatikai hálózatok meg a multimédia robbanásszerű kiterjedésének kora, ami még most is a tetőzés felé halad. A harmadik hullámot a mechanika, a mikroelektronika és a beépített intelligencia együttese gerjeszti. A mikroelektronikai-mechanikai rendszerek*

*(angol rövidítésükkel a MEMS-ek) bizonyos mértékig a mechanika meg az analóg feldolgozás reneszánszát is hozzák. Itt ismét nagy jelentősége lesz az analogikái programozású CNN-eknek.*

Valóban, az első hullám a mikroprocesszorok megjelenése volt, amikor olcsó lett a digitális számítási teljesítmény. Ez vezetett a nyolcvanas években a személyi számítógép- (pc-) iparhoz. Azután a nyolcvanas évek végén megjelent az olcsó lézer, olcsók lettek a nagy sávszélességű berendezések és az átvitel. Így jutottunk el a kilencvenes években a távközlés forradalmához, az internet iparhoz. Most pedig a szenzorok forradalmának kezdetén vagyunk, amikor olcsón lehet előállítani különböző, nagyon sokrétű célt szolgáló „intelligens” — azaz processzort és tárolót tartalmazó — érzékelőket. A legegyszerűbbek a nagy felbontóképességű kamerák, de szinte minden érzékelő modalitás, még a szaglás is feldolgozható velük, már most is beszélnek például elektronikus orrról.

*Tehát máris itt vannak köztünk — és előreláthatólag rohamosan fognak terjedni — az ún. „okos” (smart) érzékelők és persze a beavatkozók is.*

Igen, a mikro-beavatkozók, távvezérelt beavatkozók és hasonlók. Ez azt is jelenti, hogy nem csak egy-egy érzékelő, hanem érzékelők ezrei lesznek olcsón hozzáférhetők. Ma például egy egész jó videokamerát már 500 dollárért lehet kapni és most már az egymillió pixeles kis fényképezőgépek is ebbe a kategóriába esnek. Egy-két év és egymillió fényérzékelő egész szépen tud majd képeket továbbítani másodpercenként 25—30 képkocka sebességgel. Egyszer csak olyan információmennyiségről lesz szó, amely már nagyon nehezen kezelhető. Másfelől, az élőlények, így az ember érzékelőiben csodálatos szabályozó mechanizmusok vannak. Ezeket nem tudjuk úgy közelíteni, másolni, hogy fogunk egy buta érzékelőt, azt digitalizáljuk és a jeleket odaadjuk feldolgozásra egy számítógépnek. Például van egy kis, egymillió vagy akár félmillió pixeles érzékelőnk (például egy kamera-csip), akkor annál szabályozni tudjuk a zársebességet, hogy meddig integráljon — ha kevés a fény, akkor hosszabb ideig, ha nagy a fény, akkor rövidebb ideig. Igen ám, de a szemünk nem úgy működik, hogy beállítom a zársebességet az összes, a százmillió pixelre, fotoreceptorra, hanem minden egyes pixel érzékenysége attól függ, hogy a képnek azon a részén éppen milyen a megvilágítás, és mi van ott. Ennek olyan a dinamikája, hogy már egyetlen fotont is érzékelni tudok egy fotoreceptorral és tíz-tizenkét nagyságrendet — dekádöt — tudok átfogni. Ha pedig egy réteggel tovább lépek a szemben, ott már csak 1 a 20-hoz a dinamika. Megpróbálunk ellesni és megérteni dolgokat a csodálatos természettől. Tehát ezt a hatalmas tartományt másképp nem lehet átfogni, mint hogy a 12 dekádós dinamikában a 2 dekádnál is kisebb tartományt tologatjuk ide-oda és minden egyes pixel — attól függően, hogy ott mekkora a környező megvilágítás és milyen objektumok vannak még ott — beállítja a maga érzékenységét és erősítését.

*Amiket most itt elmondott, egyértelműen bizonyítja, hogy bomlóban vannak a határvonalak a különböző tudományágak között, hiszen igen nehéz megmondani, hogy mindez fizika vagy biológia, élettudomány vagy elektronika.*

*ka. Ön szerint az elkövetkezendő években erősödni fog-e ez az átjárás, vagy pedig a kutató — a fizikus, a kémikus, a biológus — megy tovább a maga meghatározott szakmai pályáján?*

Azt hiszem, nagyon sok függ attól, hogy egy kutatónak milyen az életpályája. Ha valaki fiatal korától kezdve két, de inkább csak másfél diszciplínát tanul — nem hiszem, hogy kettőnél többet, de persze akadnak különleges tehetségek is —, akkor már előkészült arra, hogy egy multidiszciplináris team aktív tagja legyen. A tipikus továbblépés a különböző diszciplínákban nagyon mélyen elmerülő, de egymást megértő emberek kooperációja. Más az enciklopédikus összefoglalás, de amikor valaki életkortól függetlenül az ismeretek frontvonalain akar haladni, akkor elég nehéz egyszerre több diszciplínát művelnie.

*Maguk most mégis valami hasonlót próbálnak megvalósítani az oktatásban, a Pázmány Péter Egyetemen létrehozandó karon.*

Igen, ezt kulcskérdésnek érzem. Ez azonban nem a biomedical engineering, tehát nem az a fajta mérnökség, amikor valaki tanul elektronikát, számítástechnikát és azután valamilyen orvosi területen műszaki segítő funkciókat lát el. Itt arról van szó, hogy alapjaiban meg kell érteni a másik diszciplínából is valamit. Az Egyesült Államokban az elmúlt egy-két évben több kezdeményezés ebben az irányban lép tovább. Néhány híres kaliforniai egyetem közösen próbál olyan fakultást létrehozni, ahol különböző diszciplínájú tanárok párhuzamosan tanítanak ismereteket. Ezáltal az itt tanuló diákok többre lesznek képesek, mint a tanáraik, mert a tanáraik jórészt csak egyetlen diszciplínában járatosak. Ezt szeretném megcsinálni, ha itthon nem fűrészelik el. Úgy érzem, elsősorban „zöldmezősen” lehet megvalósítani, mert nagyon nehéz egy meglévő környezetben egészen újat bevezetni. A Pázmány Péter Katolikus Egyetem felkérése nagyon jó lehetőséget teremt, hogy a kollégáimmal, társaimmal, akikkel együtt dolgozom, közösen tudjunk egy újfajta információs technológiai kart létrehozni. Ennek az a lényege, hogy a modern elektronika — tehát a számítástechnika, távközlés — alapjainak megtanulása mellett az élettudományokból is megtanuljanak valamit a hallgatók. Az első két év nagyon mély alkalmazott természettudományos bevezetés lesz, ahol az élettudományok is szerepet kapnak. Reménykedem, hogy azok a tehetséges fiatalok, akik ma nem mennek fizikusnak (az ELTE-n 72 ponttal vettek fel fizikus, 80 ponttal matematikus hallgatókat az elmúlt évben, miközben 120 pont a maximum), talán jobban vonzódnak majd ehhez a komplex szakhoz. Reméljük, hogy évente 100 hallgatónak sikerül először emelt szintű alapképzést, majd egy erős kutatóegyetemi képzést adni, ugyanakkor megadni a számítástechnika és a távközlés praktikus alapjait is. Ez utóbbi egyébként kulcskérdés, hiszen nem készül mindenki kutatónak, és fontos, hogy ők is sikeresen el tudjanak helyezkedni.

*Úgy érzem, rendkívül lényeges dologról szolt az előbb, amikor azt mondta, hogy miközben egy-egy szakmában el kell mélyülnie az embernek, kollektívában is tudnia kell együttműködni, akár egészen más irányultságú szak-*

*emberekkel együtt is. Maga híresen jól tud kollektívában dolgozni és kollektívát szervezni: Magyarországon kialakított egy közel húsz fős csapatot a SZTAKI-ban és nemzetközi téren is nagyon sok emberrel van kapcsolata. Ez adottság vagy fel lehet rá készülni?*

Azt hiszem, hogy a körülmények szerencsés alakulása is benne van ebben, de készülni is lehet rá. Azokban az években, amikor én kezdtem dolgozni, nagyon nagy szerencsém volt, hogy olyan emberekkel kerülhettem kapcsolatba, mint Simonyi Károly vagy Csurgay Árpád, másrészt pedig olyan kutatókkal tudtam együtt dolgozni, mint Leon Chua, Hámori József vagy Frank Werblin. Úgy vélem, hogy a multidiszciplináris együttműködés kulcskérdése a másik szakma fogalmainak türelmes megértése. Barátkozni kell a fogalmakkal, meg kell érteni a másik kutató gondolkodásmódját. Mint A kis hercegben, hogy csak ülnek és barátkoznak. Ami a kutatócsoportot illeti, itt nagyon nagy segítséget jelentett nekem, hogy amikor elkezdtem ezekkel az új dolgokkal foglalkozni, akkor kiváló, tapasztalt munkatársaim mellett volt 4–5 nagyon tehetséges és egyben nagyon szorgalmas doktoranduszom, lelkes fiatalember, akiket motiválni tudtam ebben az irányban. Amikor pedig nekem megadatott a lehetőség, hogy évente mehettem Berkeleybe, el tudtam érni, hogy a csoportból is mindig mentek külföldre, hatan—nyolcan Berkeleybe, néhányan Leuvenbe, mások Japánba, Lausanne-ba, Sevillába, tehát a szakterületünk legjobb helyeire el tudtam őket küldeni. Egy új szakterületen persze könnyebb sikeresnek lenni, mint egy harminc éve művelten. Kialakult végül is egy kritikus tömeg a csoportban, ahová érdemes eljönni külföldről. Nagyon sok fiatal kutató jön hozzánk egy hétre, egy hónapra, csak azért, hogy benne éljen abban a világban, ahol tizenöt-húsz ember egy viszonylag szűk — bár egyre bővülő — területen koncentráltan dolgozik. Ha a publikációkat és az idézettséget nézzük, akkor ezen a területen a mienk valóban messze a legerősebb és a legmeghatározóbb csoport a világon. Chua professzor szokta mondani, hogy a súlypont Budapesten van, bár persze ezen vitázunk.

*Valóban, az elmúlt hónapokban nem egy esetben fordult elő, hogy néhány IEEE Transactions szinte „magyar szám” volt, mert Roska Tamásnak és munkatársainak igen sok közleménye jelent meg benne. Van azonban a kommunikációnak egy másik oldala is, amit sokan vagy lenéznek vagy nem tartják eléggé fontosnak. Ez a népszerűsítés. Magától értetődik, az is népszerűsítés, ha egy kutató oktat az egyetemen, de az bizonyos mértékig könnyebb, mert nem kell mindent megmagyarázni, és magasabb intellektusokhoz szólhat. Amikor azonban nem könnyű fogalmakat egyszerű embereknek kell elmagyarázni, akkor az már jóval nehezebb feladat. Valljuk be, eleinte Maga is ódzkodott tőle, de Amerikában megtanították, hogy nagyon fontos az adóízetők tájékoztatása.*

Korábban nem nagyon kerültem kapcsolatba az ismeretterjesztéssel, mert egyrészt senki nem kért rá, másrészt nekem nem volt rá szükségem. Amikor azonban 1993 nyarán Berkeleyben a már említett szemináriumunkat tartottuk, egy ismerősünk szólt, hogy erről kellene valamit írni a San Francisco Chronicle-ba. Ez persze nem egy Le Monde, ezért mindnyájan

húzódottunk is tőle, de mese nem volt, az adófizetők tájékoztatása nagyon fontos dolog. Charles Petit, a lap tudományos újságírója (egyébként akkoriban ő volt az amerikai tudományos újságírók szövetségének elnöke) nagyon rátermett ember. Három napot töltött el a campuson, egy napig beszélt velem, egy napig Chuával, majd Werblinnel, elkért anyagokat és úgy 10 nap múlva megjelent egy elég nagy cikk a címlapon és belül is. Akkor döbbentem rá, hogy ez egy fontos műfaj, amihez különleges képesség és adottság kell. Igény van egy fajta társadalmi visszacsatolásra, ami persze nem jelenti, hogy az alapkutatónak mondjuk meg, mit kutasson. Nemzetközileg is fontos tényező egy olyan kutatás-fejlesztési politika, ami egyrészt figyel az adott társadalom igényeire, másrészt pedig olyan programrendszerek hajtják végre, akik ezt nagyon szakszerűen tudják csinálni.

*Ami azt is jelenti: nem biztos, hogy a legjobb tudós egyúttal a legjobb menedzser.*

Nem biztos, sőt, könnyen lehet, hogy ez a kettő esetleg üti is egymást, bár természetesen vannak kivételek.

*Ezt a beszélgetést a gyermekkorával és ifjúságával kezdtük, most fejezzük be azzal, hogy néhány szót szól élete további alakulásáról és a családjáról.*

Azt hiszem, a kutatói életmódot nem mindig könnyű egy családban elviseelni, elég nagy türelem kell hozzá. Ráadásul az sem egyszerű dolog, ha a feleség pályája is teljes embert kíván. Az én feleségem zongoraművész, a Zeneakadémián tanít tehetséges fiatalokat. Számomra az a családi háttér, amit az évek során a feleségemtől és a gyerekeimtől kaptam, nagyon jelentős támogatást jelentett. Érdekes módon egyik gyermekem sem követte az én kutató-mérnöki pályámat, bár az egyik fiam, aki orvosi egyetemet végzett, idegtudományokból nemsokára megszerzi a PhD fokozatot. A másik fiam katolikus pap, a lányom pedig a Pázmány egyetemen diplomázott, teológiát, filozófiát tanult, amellett énekelni is tanul. Tehát a zene és a tudomány is megmaradt a családban, de nem azon a területen, ahol én dolgozom. Nagyon sok könyvben odairják, hogy ez a könyv nem születhetett volna meg, ha a feleség vagy a gyerekek nem tanúsítottak volna kellő toleranciát a szerző iránt. Én is így vagyok ezzel. Az alapvető segítséget, egy harmonikus és mélyebb szinten közösen vállalt küzdelemnek a biztonságát valószínűleg akkor érzi igazán az ember, amikor a hiánya merül fel, például, amikor egyedül van külföldön. Kétségtelenül áldozattal is jár, hogy egy család támaszaként vagy a gyermekek nevelőjeként is helyt kell állni, de nagyszerű élményekkel is gazdagodik tőle az ember. Hadd említsek egy példát: ha koncertre megyek, ha a feleségem zongorázik vagy korábban a gyerekeim gyakoroltak meg zenéltek, a zene hallgatása közben néha sokkal több ötlet jut eszembe, mint ha csak az íróasztal mellett ülnek.

*Köszönöm a beszélgetést és további sikereket kívánok.*

*Szentgyörgyi Zsuzsa*