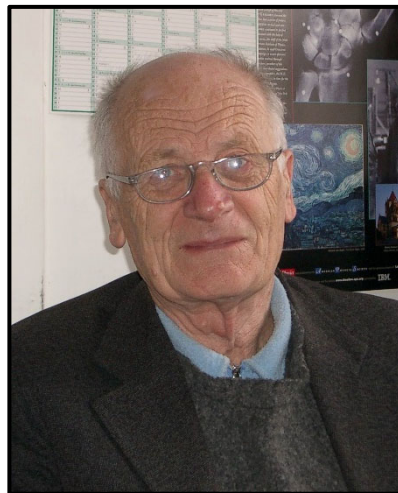


Búcsúunk Gábos tanár úrtól

Az erdélyi magyar fizikusok közössége, a romániai és magyarországi fizikus társaság mély megdöbbenéssel értesült arról, hogy életének 94. évében, 2018. április 9-én, hosszú betegség után elhunyt Dr. Gábos Zoltán a Babeş-Bolyai Tudományegyetem professzor emeritusa, a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) külső tagja. Búcsúztatására április 13-án az Egyetemiek Házának Tükörtermében került sor a református egyház szertartása szerint.

Gábos Zoltán 1924. október 24-én született Bánffyhunyon. A matematika iránti vonzódása már kisiskolás korában megnyilvánult. Tehetséges zenész lehetett volna, de érdeklődését csak a matematika kötötte le. Kántortanító édesapja hamar felismerte kitűnő zenei halálását, zongorázni is ő tanította meg, remélte, hogy sikeres zenész lesz fiából. Hiába a zenei tehetsége, gyakorolni nem szeretett, csak a matematika kötötte le figyelmét. A zenei gyakorlatok alatt a kottatartón a kotta helyét matematika könyv foglalta el. A kolozsvári református kollégiumban érettségizett 1943-ban. 1943–44 között a budapesti József Nándor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki karának volt hallgatója, majd a kolozsvári Bolyai Tudományegyetemen szerzett matematika-fizika szakos tanári oklevelet.

Tudományos tevékenységét Fényes Imre neves termodinamikusnál kezdte el. Nála írta doktori disszertációját és szerezte meg 1949-ben a fizikai tudományok doktora címet. Tőle sajátította el a termodinamika alapjait, keltette fel érdeklődését a fizika ezen ága iránt, mely egész pályafutása alatt az egyik kedvenc területe maradt. Első könyve 1957-ben jelent meg A kémiai termodinamika alapjai címmel. Ezt követte a bukaresti Akadémiai Kiadó által megjelentetett, az első modern felfogásban írt, román nyelvű termodinamika könyv (Termodinamica fenomenologică, 1959), amely a román kollégák körében is osztatlan elismerésnek örvendett. Fényes 1950-beni távozása után, az akkori politikai viszonyoknak köszönhetően, megszűnt kapcsolata vele. Ekkor egy másik elméletifizika-tanár, Teofil Vescan vette pártfogásba. Hatására fordult érdeklődési köre az általános relativitáselmélet felé. Első jelentősebb nemzetközi visszhangot keltett cikke 1960-ban jelent meg az Il Nuovo Cimento folyóiratban, melyre olyan híres fizikusok is felfigyeltek, mint Nathan Rosen és Asher Peres. E tudományos közleményben tárgyaltak folytatását már csak itthoni folyóiratban tudta közölni, ennek ellenére dolgozatára a neves orosz asztrofizikus V. A. Brumberg is hivatkozott orosz nyelven írt Relativisztikus égi mechanika című könyvében. Sajnos, az 1990 előtti romániai viszonyok nagy mértékben gátolták az itthoni tudományos kutatók tevékenységét. A határon kívüli információk hiánya, valamint a publikálási nehézségek miatt (a külföldi publikálásnak a kommunista párt általi jóváhagyásának szükségessége, a különlenyomatok kiküldésének hatósági engedélyezése stb.) Gábos tanár úr nemzetközi tudományos karrierje ren-



geteget veszített. Csak utólag értesült például arról, hogy a NASA arra vállalkozott, hogy az általános relativitáselmélet helyességét újabb kísérleti eredményekkel igazolja. Ezen kísérletek alapját L.I. Schiffnek, a *Physical Review Letters*-ben 1960-ban megjelent, a forgó központi test sodró és pörgető hatását tanulmányozó elméleti leírása képezte. A plusz relativisztikus forgási effektust 2011-ben sikerrel bebizonyították. E kísérletre a tanár úr egy évvel korábban, 1959-ben közölt egyenleteit is használhatták volna, amelyek azonban egy romániai szaklapban jelentek meg, román nyelven. Nyilván ez gátolta a nemzetközi megismerését.

1962-ben adja ki D. Mangeron és I. Stan társszerzőkkel a *Fundamentele mecanicii* című könyvet. Ugyanebben az évben bízzák meg a termodinamika és statisztikus fizika előadások mellett az elemi részek fizikája speciális előadás megtartásával. Ez változást hozott tudományos tevékenységében. Ekkor került kutatásai középpontjába az elemi részek fizikája. Ezen a területen is jelentős eredményeket ért el. Azon szerencsések közé tartozom, akik hallgathatták csodálatos előadásait, melyek könnyedsége, logikus felépítése, a Tanár Úr magabiztossága, a szépen rendszerezett és precíz táblavázlat lehetővé és élvezetessé tették e nagyon nehéz tantárgy elsajátítását. Elegáns előadói stílusával szinte megszelídítette a kvantumtérelmélet riasztó egyenleteit.

Nagy elismerést váltottak ki a Kolozsváron kiadott könyvei, az 1982-ben megjelent *Az elméleti fizika alapjai*, melyet a *Korunk* folyóirat Bolyai-díjjal tüntetett ki, valamint a 2000-ben napvilágot látott *Statisztikus fizika*. Ezek előzményeinek tekinthetők a „Termodinamică și fizica statistică” (társszerző Oliviu Gherman, 1964) és a „Curs de termodinamică și fizica statistică” (1981) című könyvek.

Gábos Zoltán nemcsak a magas tudományok művelője volt. Számos népszerűsítő cikke jelent meg, többek között a *Természet Világa*, *Fizikai Szemle*, *FIRKA* folyóiratokban. Külön érdemes megemlíteni az erdélyi magyar fizika történetével kapcsolatos írásait. Több folyóirat szerkesztőbizottságának volt a tagja: *Természet Világa*, *Múzeumi Füzetek*, *FIRKA*.

Rendkívül eredményes oktatói pályafutását a Bolyai Tudományegyetem elméleti fizikai tanszékének tanársegédjeként kezdte (1948–50). 1950 és 1952 között adjunktus, majd docens (1952–59) amikor a Kémia Karon is elméleti fizika előadásokat tartott. 1957-től a Bolyai Tudományegyetem 1959-ben bekövetkezett felszámolásáig tanszékvezető. Az egyesítés után 1959 és 1962 között a Babeş-Bolyai Tudományegyetem docense, majd 1962-től az önállósult Fizika Kar professzora és dékán-helyettese (1962–1965), majd dékánja (1966–76). 1970-ben megkapja Románia érdemes egyetemi tanára címet. 1976 és 1986 között, az önálló elméleti fizika tanszék megszüntetéséig, tanszékvezető, 1990-től emeritus professzor. Oktatói tevékenysége széleskörű, eredményessége lenyűgöző. Az elméleti fizika minden fő tantárgyát tanította, de voltak anyagszerkezeti, fizikai kémiai és matematikai analízis előadásai is. Tökéletes előadásokat tartott. Erre csak olyan valaki képes, aki szereti és teljes mélységében érti a fizikát. Számára a fizika tanítása nem mesterség, hanem elhivatottság, szenvedély volt, amellyel sok volt hallgatóját sikerült megfertőznie. Ezt igazolja a neves külföldi és hazai egyetemeken, kutatóintézetekben tanító és dolgozó fizikusok nagy száma és a sok általa nevelt kitudó középiskolai tanár. Óráit szenvedéllyel, odaadással és hatalmas szaktudással tartotta. Tanárként feladatának tekintette, hogy a szűkszavú és teljességre törekvő írott tudomány holt anyagát élővé tegye, tanítson olvasni, fedje fel tudományának rejtett szépségeit. Tisztelte hallga-

tóit. Véleménye szerint ha a tanár megköveteli, hogy a hallgató a vizsgán ne használjon segédeszközt, akkor ezt a követelményt a tanárnak is be kell tartania az előadásain. Mindig ehhez tartotta magát, soha semmiféle jegyzetet nem hozott magával óráira.

Gábos tanár úrral 1962-ben kerültem kapcsolatba. Akkor alakult meg az önálló fizika kar a Babeş-Bolyai Tudományegyetemen, váltak el a fizikusok a matematikusoktól. A tanár úr, dékánhelyettesként, a felvételi bizottságnak volt az elnöke. Már akkor nagyon megragadta a figyelmemet az a kedvesség, közvetlenség, amellyel bennünket fogadott. Ahogyan tárgyalt velünk, viszonyult hozzánk, olyan vizsgalétkört hozott létre, mellyel eloszlatta a felvételitől való félelmünket. Kapcsolatunk az 1980-as évektől vált közelebbivé. Ekkor kerültem a Román Tudományos Akadémia elméleti fizika kutatócsoportjától a tanár úr által vezetett elméleti fizika tanszékre fizikusként. Ez teremtette meg a lehetőséget a gyakori találkozásokra, beszélgetésekre, hogy megismerhessem közelebbről, felfedezzem emberi és tudósi értékeit, nagy tudása mellett is csodálni való szerénységét. Elkápráztatott kitűnő memóriája, fantasztikus matematikai tudása, munkabírása, határtalan segítőkészsége. Mindig készen állt a fiatal kollégák megsegítésére. Volt hallgatóinak sorsát, életútját állandóan követte, több évtized távlatából is pontosan emlékezett majdnem mindegyikre. Soha nem szűnt meg követni a fizika kar sorsát, ezen belül a magyar nyelvű fizikaoktatás helyzetét. Nyugdíjba vonulása után is, szinte minden nap bejött az egyetemre érdeklődni, tanácsokkal ellátni a fiatalabb kollégákat. Súlyos betegsége alatt, beszélgetéseink alkalmából, első kérdése mindig arra vonatkozott, hogy mi történik a „fizikán”. Határtalan volt a fizika iránti szeretete, kutatómunkájával soha nem állt le. Amikor nagyon legyengült szíve miatt kórházba került, kérdéseimre, hogy mire van szüksége, csak papírt és ceruzát kért. A kórházi ágyon számolta ki utolsó dolgozatának egyenleteit, melyet 91 évesen közölt.

A romániai fizikusok körében nagy tekintélynek örvendett. Ennek köszönhető, hogy megválasztják a Romániai Fizikai Társulat alelnökévé (1974-80), később az Erdélyi Múzeum Egyesület választmányi tagja (1990-98), illetve tiszteleti tagja lett. Az 1990-ben megvalósult nyitás végre meghozta a magyarországi és nemzetközi elismeréseket is. 1991-től az Eötvös Lóránd Fizikai Társulat tiszteletbeli tagja, 1995-ben megválasztják a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjának.

Számos kitüntetés birtokosa, 1994-ben Fényes Imre-díjat kapott. 2005-ben a Magyar Tudományos Akadémia Arany János Életmű-díjjal ismerte el munkásságát. 2010-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend tisztikeresztje kitüntetését, míg 2011-ben a Simonyi Károly-díjat vehette át.

Nagyon nehéz elfogadni, de tudomásul kell vennünk, hogy többé nincs közöttünk mindenki Gábos bácsija, a nagy tekintélyű, kedves öreg professzor, kinek tiszta gondolkodása, okfejtése, derűs nyugalma mindig lenyűgözött mindenkit. Fájó szívvel, de a megváltoztathatatlanba lassan belenyugodva búcsúzunk tőle kollégái, volt tanítványai, barátai. Nyugodj békében! Emléked örökké megőrizzük.

Karácsony János

Stephen Hawking (1942–2018)

2018. március 14-én, 76 éves korában Cambridge-i otthonában elhunyt Stephen Hawking, korunk talán legismertebb és legnépszerűbb fizikusa. Mi volt az oka ennek az Einstein óta szinte páratlan népszerűségnek? Először is Hawking kutatásaiban olyan témákkal foglalkozott, amelyek mindenkinek megmozgatják a fantáziáját: világegyetemünk keletkezése, a miénkkel párhuzamos világegyetemek létezése és ezek esetleges kimutatása, a kozmikus fekete lyukak különleges tulajdonságai stb.

Másodszor a tudományos vizsgálatain kívül igen nagy tehetséggel és hozzáértéssel népszerűsítette is a tudományt. Legelső könyve, *Az idő rövid története* (1988) bestseller lett, több mint 10 millió példányban fogyott el. A világegyetem eredetéről és jövőbeli sorsáról, az idő kezdetéről és irányáról, a fizika egységes elméletéről olyan izgalmasan és szemléletesen írt, hogy a nem szakemberek is rajongva olvasták. Azóta egyedül vagy társszerzőkkel újabb könyveket is írt hasonló témában, amelyek kiegészítik és más megvilágításba is helyezik a témát, ezek közül kiemelkedik *A világegyetem dióhéjban* (2001) és a Leonard Mlodinow-val közösen írt *A nagy terv* (2010).

Harmadszor az embereket meghatotta és megrendítette Hawking különleges akaratereje, kitartása és optimizmusa. 21 éves korában az orvosok amiotrófiás laterálszklerózissal diagnosztizálták, ami egy olyan gyógyíthatatlan betegség, amely a mozgatóidegek elsovadásával jár. Az orvosok akkor azt jósolták, hogy 2-3 évnél nem élhet tovább. Ennek ellenére hihetetlen akaraterejével és agyának állandó intenzív használatával még 55 évet élt. 1969-től kerekesszékre kényszerült, beszédkézsége is egyre romlott, majd 1985-ben teljesen megszűnt. Egész technikai csapat dolgozott azon, hogy kommunikációképességét fenntartsák. Egy darabig egy különleges billentyűzetet kezelt egyetlen mozgó ujjával, egy beszédsszintetizátor segítségével így előadásokat is tartott. Később, amikor elveszítette maradék kézmozgását, egyetlen még mozgó arcizmához rögzítettek egy szenzort, és a hozzá kapcsolt számítógép és különleges programok segítségével írt és beszélt.

Hawking fiatalkorában, az 1960-as évek közepén vált bizonyossá, hogy a világegyetemünk egy nagyon sűrű és forró állapotban keletkezett az ősrobbanás (Big Bang) következtében, és azóta tágul. Mai tudásunk szerint az ősrobbanás 13,8 milliárd éve történt. Hawking doktori dolgozatát az angliai Cambridge egyetemén ebben a témában írta: a világegyetem keletkezésekor megjelenő téridő-szingularitást vizsgálta, amely azért jelenik meg, mert az energiasűrűség végtelen felé tart.

Tudományos szempontból legismertebb eredménye a fekete lyukak sugárzásával kapcsolatos felfedezése, amit ma Hawking-sugárzásnak hívnak. A fekete lyukak olyan nagy tömegű égitestek, amelyeknek olyan erős a gravitációs vonzásuk, hogy a bennük lévő anyagot végtelen sűrűségű (szinguláris) állapotba sűrítik össze, és semmit nem engednek szabadulni gravitációs terükből, még a fényt sem. Ezért feketék, ezért nem látjuk őket, csak a gravitációs hatásuk alapján tudjuk érzékelni őket. (Innen tudjuk például, hogy galaxisunk, a Tejútrendszer közepén egy több millió naptömegű fekete lyuk van.) Tehát a gravitáció elmélete szerint a fekete lyuk mindent elnyel, de semmit sem sugároz ki. Hawking ezt az elképzelést írta felül, egyszerre alkalmazva a fekete lyukra a gravitáció

elméletét és a kvantumtérelméletet. Számításai szerint az eseményhorizonton (azon a felületen a fekete lyuk körül, ahonnan még éppen el lehet hagyni a fekete lyuk vonzásterét) részecske-antirészecske párok keletkezhetnek. Az antirészecske, behullva a fekete lyukba semlegesíti ott az anyag egy részét, míg a részecske elhagyja a fekete lyukat. Kívülről azt látjuk, hogy a fekete lyuk részecskéket sugároz ki magából, miközben tömege csökken. Az így keletkezett Hawking-sugárzás annál erőteljesebb, minél kisebb a fekete lyuk. A nagy fekete lyukak esetében, mint amilyen a Tejútrendszer közepén található, a jelenség elhanyagolható.

A fekete lyukkal kapcsolatban jelenik meg az információs paradoxon is. Hawking 1970-es évekbeli érvelése szerint, ha valamilyen részecskék behullnak a fekete lyukba, azok hullámfüggvényében tartalmazott információ elvesz, ami ellentmond a kvantummechanika általánosan elfogadott értelmezésének, ezért sok fizikus nem értett egyet Hawking következtetésével. Később, a 2000-es években Hawking elismerte, hogy tévedett, és az információ valamiképpen megjelenhet a kibocsátott Hawking-sugárzásban. Megjegyezzük, hogy Roger Penrose, Hawking kollégája és munkatársa nem ért egyet evvel a fordulattal. Így azt mondhatjuk, hogy az információs paradoxon a mai napig nem tisztázott.

A világegyetem keletkezésével kapcsolatban Hawking sok érdekes elméletet dolgozott ki. Az egyik arra vonatkozik, hogy a világegyetem valószínűleg a semmiből keletkezett, mint a vákuum egy kvantumfluktuációja, de az energiamegmaradás tételének a tiszteletben tartásával. Ez úgy lehetséges, hogy a világegyetem teljes energiája ma is nulla: az anyagban felhalmozódott pozitív energiát kiegyenlíti a gravitációs vonzásból származó negatív energia. A másik elmélet az idővel kapcsolatos. Kijelenti, hogy nincs értelme annak a kérdésnek, hogy mi volt az ősrobbanás előtt, mert az idő a világegyetemmel együtt keletkezett. Ez nem új gondolat (már Szent Ágostonnál is megjelenik ez előtt 1600 évvel), de Hawking kidolgozta ennek a matematikai formalizmusát: a korai univerzumban összekeverednek a tér- és időkoordináták. Azt a tényt, hogy az ősrobbanás előtti időről értelmetlen beszélni, úgy magyarázta, hogy az Északi-sarkon állva semmiképp sem tudunk észak felé indulni, csak dél felé mehetünk. Az ősrobbanástól számítva is az idő csak az egyik irányban létezik, visszafelé értelmetlen.

Reménykedett abban is, hogy egyszer sikerül kidolgozni a mindenség elméletét, egy olyan egyenletrendszerrel, amely minden jelenséget a világon megmagyaráz, a világegyetem keletkezésétől annak pusztulásáig. Később azonban rájött, hogy ez az elmélet valószínűleg soha nem lesz teljes. Ennek ellenére mélyen hitt abban, hogy a világegyetem keletkezése önmagából megmagyarázható, nincs szükség egy külső erőre, mely azt „megteremti”.

Bár Hawking elméleteinek jelentős részét még nem igazolták kísérletileg, munkásságával egyértelműen beírta magát a tudomány történetébe. Különleges kitarását, fizikai állapota ellenére az absztrakt gondolkodásából származó különleges eredményeit Roger Penrose úgy jellemezte, mint a szellem győzelmét az anyag felett. Bár a teste gyenge volt, a szelleme meghódította a világot.

Nagy László



LEGO robotok

XVI. rész

III.3.2. A Bricx CC környezet

A Bricx Command Center (BricxCC) a LEGO MINDSTORMS, a CyberMaster és a Spybot robotrendszerrel való könnyebb munkavégzésre készült. A Dave Baum által kidolgozott, jelenleg John Hansen által fejlesztett NQC (Not Quite C Compiler) köré épül, amely lehetővé teszi az EV3, RCX, a Scout, a Cybermaster és a Spybot téglák programozását egy C-hez hasonló nyelven.

A BricxCC környezetet eredetileg Mark Overmars alkotta meg, ma pedig szintén John Hansen fejleszti.

Az RCX-re fejlesztett NQC nyelv hamarosan kibővült az NXT-re, így született meg az NXT (Not eXactly C).

A programozás elsajátítása előtt ismerkedjünk meg a Bricx CC környezettel!

Napjaink tendenciája, hogy a fordítóprogramokat *környezettel* lássuk el, mely integrálja a különböző elemeket. Legfontosabb kritérium, hogy a környezet egy szövegszerkesztővel rendelkezzen, amelyben meg tudjuk írni a forráskódot, közvetlenül lehessen hívni a fordítóprogramot vagy a szerkesztőt, a környezet tartalmazzon egy jól megírt kontextusfüggő súgórendszert is (*help*), amely a nyelvléírást és az egyes modulok, eljárások, függvények stb. bemutatását tartalmazza lehetőleg sok példaprogrammal.

Ezeket a környezeteket IDE-nek (*Integrated Development Environment*), *beágyazott fejlesztési környezeteknek* nevezzük.

Egy modern fordítóprogram környezete a következő elemeket tartalmazza:

- szövegszerkesztő,
- fordítórendszer,
- szerkesztőrendszer (linker),
- futtatórendszer,
- súgó,
- kódkiegészítők, sablonok,
- varázslók, kódgenerátorok,
- tervezőfelület (vizuális tervezés elősegítése: folyamatábrák, UML tervezési lehetőségek stb.),
- projekt kezelése, egyszerre több forráskód-állomány szerkesztése,
- debugger, nyomkövető (töréspontok definiálása, részletes futtatás, változók értékeinek nyomon követése, kifejezések kiértékelése stb.),
- szimbólumkövető,
- verem, regiszterek tartalmának kijelzése, gépi kód,
- adatbázis-tervező (relációk megadása),

- csoport- és nemzetközi programozás támogatása,
- automatikus dokumentációkészítő,
- tennivalók listája (ToDo),
- más környezeti eszközök, beágyazott lehetőségek (pl. ikon rajzolóprogramok stb.).

A 145. ábrán látható Bricx CC környezet a következő főmenü-pontokkal rendelkezik:

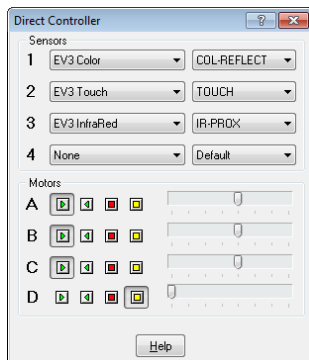
- *Fájl menü (File)*: innen létrehozhatjuk, megnyithatjuk, elmenthetjük, bezárhatjuk a forráskódokat tartalmazó állományokat. A BricxCC lehetővé teszi a forráskódok nyomtatását. A menü alján található egy hasznos lista a nemrég megnyitott állományokról.
- *Edít menü (Edit)*: Mint bármely szövegszerkesztőben, itt megtaláljuk a visszavonási (Undo) és visszaállítási (Redo) funkciókat, valamint a vágást (Cut), másolást (Copy), beillesztést (Paste) és törlést (Delete). Itt van a mindent kijelöl (Select All) funkció is. A Speciális beillesztés lehetővé teszi, hogy HRML vagy RTF formátumban szűrjünk be szöveget. A Következő mező (Next Field) funkció (F10) kiemeli a következő idézőjelek közé tett szöveget. A sablonokkal (F9) együtt használva, ez a funkció felgyorsítja a programírást. Például, ha behozunk egy `for` ("init"; "condition"; "increment") { "body" } sablont, akkor F10-et nyomva először az "init"-re ugrik a kurzor, majd a "condition"-ra, az "increment"-re és végül a "body"-ra. A menü utolsó pontja a Beállítások (Preferences...), ahol a környezetet, a fordítókat, sablonokat, makrókat szabhatjuk testre.
- *Keresés menü (Search)*: innen megtalálhatunk és helyettesíthetünk egy szöveget a programban (mint bármely más szövegszerkesztőben). Egy pontos sorszámra léphetünk vagy megnyithatjuk az eljárások listáját. A kereséshez a *grep* linuxból jól ismert segédprogramot is felhasználhatjuk.
- *Nézet menü (View)*: Ezzel a menüvel változathatjuk az összes panel és eszköztár láthatóságát. Hasznos ablak a Kód / Hiba lista (F12). Itt láthatjuk a fordított program kódját (ha sikeresen fordítják) vagy a hibás sorokat.
- *Fordítás menü (Compile)*: Innen lehet lefordítani, futtatni, letölteni, elindítani, leállítani a programot.
- *Eszközök menü (Tools)*: A környezet egyik leghasznosabb menüje, a következő fejezetben részletesen foglalkozunk vele.
- *Ablak menü (Window)*: Itt beállíthatjuk a gyerekablakok elhelyezkedését, a pozíciójukat akár le is menthetjük, majd betölthetjük.
- *Súgó menü (Help)*: Innen megnyithatjuk az online útmutatót, a régi NQC útmutatót, a Névjegy doboz (About), és a hivatalos BricxCC weboldalt is, ahol frissítéseket, mintákat és dokumentumokat érhetünk el.

III.3.3. A Bricx CC eszközei és segédprogramjai

A John Hansen készítette eszközök nagyon hasznosak a téglával való kommunikálás, az információnyerés, adatfolyam szempontjából.

Közvetlen vezérlés (Direct Control): Innen kapcsolhatjuk be és ki a motorokat mindkét irányban, bármely sebességgel, beállíthatjuk az érzékelők típusait és módjait. Ezt a segédprogramot hibakeresési célokra fejlesztették.

Diagnosztika (Diagnostics): Ez a segédprogram kiírja az összes rendelkezésre álló információt a csatlakoztatott tégláról: a firmware verzióját, az akkumulátor feszültségét, ahogyan a tégla csatlakozik a számítógéphez (USB vagy Bluetooth), annak nevét és Bluetooth címét, a szabad memória mennyiségét stb.



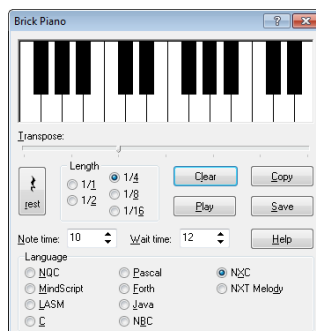
147. ábra: A közvetlen vezérlés



148. ábra: A diagnosztika

A tégla követése (Watching the Brick): Ez a segédprogram egy teljesen átfogó párbeszédablak, amelyben információkat kaphatunk a tégla érzékelőiről, a szervomotorok paramétereiről, az üzenetekről stb. A megfigyelt esemény grafikonjait is nyomon követhetjük. Sajnos, az EV3 tégla esetében ez a funkció az ismertett verzióban nem működik!

Zongora (Piano): Ezt az eszközt a zenészek használhatják, hogy dallamokat írjanak bármely programozható tégla számára. A legenerált kódot különböző programozási nyelvekbe exportáljuk.



149. ábra: A zongora

```

#include <config.h>
#include <dsound.h>
#include <tm.h>

static const note_t music[] = {
    { PITCH_E4, 40 },
    { PITCH_E4, 40 },
    { PITCH_F4, 40 },
    { PITCH_G4, 40 },
    { PITCH_G4, 40 },
    { PITCH_F4, 40 },
    { PITCH_E4, 40 },
    { PITCH_D4, 40 },
    { PITCH_C4, 40 },
    { PITCH_C4, 40 },
    { PITCH_D4, 40 },
    { PITCH_E4, 40 },
    { PITCH_D4, 40 },
    { PITCH_C4, 40 },
    { PITCH_C4, 40 },
    { PITCH_END, 0 }
};

int main(int argc, char *argv[]) {
    dsound_set_duration(10);
    dsound_set_internote(0);
    dsound_play(music);
    wait_event(dsound_finished, 0);
    dsound_set_duration(
        DSOUND_DEFAULT_16th_ms);
    dsound_set_internote(
        DSOUND_DEFAULT_internote_ms);
    return 0;
}

task main() {
    PlayTone(330, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(330, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(349, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(392, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(392, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(349, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(330, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(294, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(330, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(294, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(262, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(262, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(294, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(330, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(294, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(262, 400);
    Wait(480);
    PlayTone(262, 400);
    Wait(480);
}

```

A C/C++ kód

Az NXC kód

25. táblázat: A zongora generált kódjai

Joystick: Ezzel az eszközzel szabályozhatjuk a különböző hajtásrobotokat (például Tribot, JohnNXT vagy Turtle). A kormányozás vagy tank üzemmódban is vezethetjük a robotot, az egyik motorral vezetve a kerekeket, a másikkal pedig kormányozhatunk.

Távírányító (Remote): Mind az RCX, mind a Scout a Mindstorms távírányítóval vezérelhető. Ebben az ablakban emulálhatjuk a távoli parancsot azzal, hogy a téglával egyenértékű parancsokat küldünk.

Konfigurálható követés (Configurable Watch): Ez az eszköz hasonló a *tégla követése* ablakhoz, kivéve, hogy kézzel kell hozzáadnunk a kiválasztott források monitorjait.

Értékek beállítása (Set Values): Ezzel a párbeszédablakkal bármely írható forrás/érték kombinációt bármilyen olvasható forrás/érték kombináció értékére állíthatunk be. A források és az értéktartományok listája attól függ, hogy melyik téglát választottuk ki.

Spybot EEPROM: Ezt az eszközt az EEPROM értékek követésére használhatjuk.

Intéző (Explorer): Ez az eszköz a téglá flash memória állománybongészője. Segítségével állományokat másolhatunk, törölhetünk, indíthatunk. A téglá teljes linux-os állományrendszere látszik.

Képernyőmentő (Screen Capture): Ez a segédprogram lehetővé teszi a téglá képernyő tartalmának megjelenítését és lementését képként a számítógépen. Hasznos egy nem elérhető téglá képernyőjének megtekintéséhez vagy a téglá távoli vezérléséhez is. Segítségével a téglá nevét is beállíthatjuk. JPEG, PNG, BMP és GIF formátumban tudjuk lementeni a képernyőt, de AVI-ban mozgóképekben is tárolhatjuk ezt. Akár 4-szeres nagyításban is lementhetjük a képeket. Ez az eszköz akkor is nagyon hasznos, ha ki akarjuk vetíteni a téglá képernyőjét.

Követendő lista (Watch List): a debugolás során követendő elemeket és ezek értékeit tartalmazza.

Üzenetküldés (Send Messages): A téglák képesek reagálni az üzenetekre, egymásnak üzeneteket küldhetnek, vagy a számítógéppel is kommunikálhatnak így. Az üzenetküldés azonban eléggé lassú művelet, körülbelül fél másodpercig tart, míg a robot reagál.

Datalog: Az RCX az adatokat egy belső adatnaplóba is írhatja, amelyet fel lehet tölteni a számítógépre.

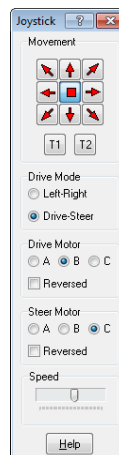
Memóriatérkép (Memory Map): Itt a téglá memóriájával kapcsolatos információkat kaphatjuk meg. Akkor hasznos, ha hibát keresünk, vagy a téglában memóriaproblémák merültek fel. Az eszköz különösen akkor hasznos, ha gyanítjuk, hogy nincs elegendő memória a programjainkhoz.

Memóriatisztítás (Clear Memory): Használjuk ezt a parancsot, ha ki akarjuk törölni a téglá memóriáját! Ez a parancs minden programban eltávolítja az összes feladatot és a programot, és kitörli az RCX adatnaplót is. A memória törlése fontos a nagy programok betöltése esetén, mivel a téglá megtartja az összes programot és feladatot akkor is, ha kikapcsoljuk.

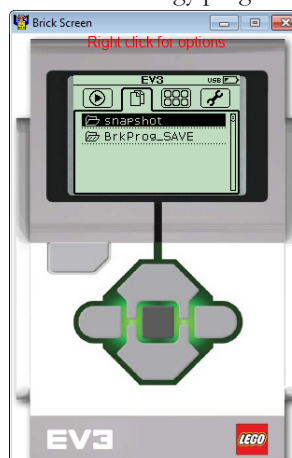
MIDI átalakítás (MIDI Conversion) és Hang átalakítás (Sound Conversion): Ezek az eszközök egy MIDI vagy WAV hangállomány konvertálására szolgálnak egy kódba vagy egy RSO állományba. Mielőtt átalakítanánk egy WAV állományt, konvertálnunk kell mono (csak egy csatorna), 8 bites 8 kHz-es formátumra. Az RSO állományt tömöríthetjük, hogy helyet takarítson meg a téglán.

Egyszerű terminál (Simple Terminal): Ez az eszköz egy egyszerű kommunikációs terminálablak.

Élő érzékelők (Live Sensors): Az összes ki és bemeneti – A, B, C, D és 1, 2, 3, 4 – portot tudjuk követni a segédprogram segítségével. Megjelennek a csatlakoztatott eszközök, le tudjuk olvasni ezek értékeit.

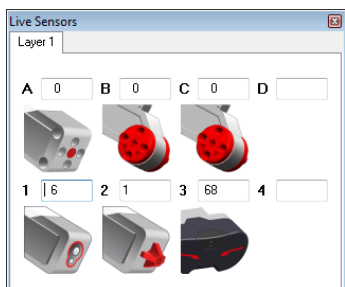


150. ábra
A joystick

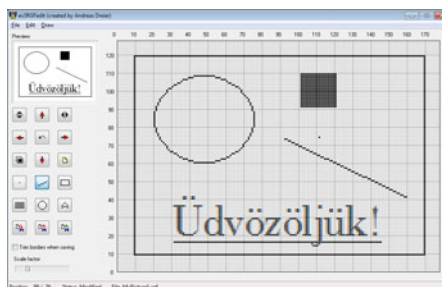


151. ábra: A képernyőmentő

A *Képszerkesztő* (Image Editor) segítségével képeket, grafikákat tervezhetünk az EV3-tégla kijelzője számára. A képet .RGF (Robot Graphics File) formátumba menthetjük le. Lehetőség van a kép eltolására, tükrözésére, különböző betűtípusú szövegek írására stb.



152. ábra: Élő érzékelők



153. ábra: Képszerkesztő

Téglakereső (Find Brick), *Tégla lezáró (Turn Brick Off)* és *Kapcsolatlezáró (Close Communication)*: Ezen segédprogramok funkcionalitása magától érthető. A téglakereső működését már bemutattuk, a tégla lezáró lekapcsolja, lezárja a beindított téglat, a kapcsolatlezáró pedig bontja az aktuális élő kapcsolatot.

Firmware letöltő (Download Firmware): amint már láttuk, ez az eszköz alkalmas arra, hogy frissítsük a tégla firmearé-t.

Firmware kinyitása (Unlock Firmware): A firmware biztonsági beállításait adhatjuk itt meg.

Eszközök beállítása (Configure tools): Itt állíthatjuk be a BricxCC-t makrók és külső programok futtatásához.

III.3.4. Az EV3-as tégla programozása Bricx CC környezetben

III.3.4.1. A „Helló, világ!” program

A „Helló, világ!” programok olyan számítógépes programok, melyek egyszerűen kiírják a megjelenítő eszközre: „Helló, világ!” (angolul: „Hello world!”). Mivel ez a program többnyire a legegyszerűbbek közé tartozik, gyakran használjuk arra, hogy kezdő programozókat megismertessük a nyelv alapvető szintaxisával, illetve arra, hogy teszteljük a fejlesztői környezet helyes telepítését.

Itt is ezzel fogunk kezdeni a környezettel való ismerkedés után.

A File (Állományok) menüből válasszuk a New (Új) menüpontot.

Ekkor egy *Untitled1 (Névtelen1)* fülecske jelenik meg a szövegszerkesztőben, ide már beírhatjuk a programot.

Mentsük le az üres programot, hogy az állománytípusnak megfelelően beinduljon a környezet szintaxis kiemelője (Syntax highlighting).

A File / Save menüpont segítségével adjunk egy nevet a forráskódot tartalmazó állományunknak, legyen ez pl. *bn.c*, válasszuk ki a C++ Files (*.c, *.cpp, *.hpp) opciót, és mentsük el a forrásszövegünket.

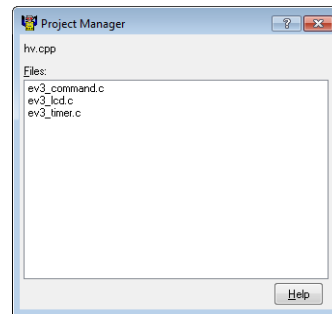
Írjuk be a következő forráskódot:

```

1. #include <stdio.h>
2. #include <unistd.h>
3. #include "C:\Apps\Bricx\API\ev3_lcd.h"
4. #include "C:\Apps\Bricx\API\ev3_command.h"
5.
6. int main()
7. {
8.     LcdInit();
9.     LcdText(1, 0, 0, "Hello, vilag!");
10.    Wait(SEC_1);
11.    LcdExit();
12.    return 0;
13. }

```

A View / Project Manager menüpont segítségével hívjuk elő a projektmenedzser ablakot. Kattintunk a jobb egérgombbal, majd válasszuk az Add... (Hozzáadás) lehetőséget. A megjelenő párbeszédablakban navigálunk a Bricx CC telepítési mappájában az API mappára, majd innen válasszuk ki az *ev3_command.c*, *ev3_lcd.c*, *ev3_timer.c* állományokat, majd zárjuk be a projekt menedzsert. A lementett forrásszöveget tartalmazó mappában így létrejön egy *hw.prj* nevű szöveges állomány.



154. ábra: A projektmenedzser

Sajnos az így létrejött állományba be kell írunk az elérési útvonalakat is, így a File / Open menüpont segítségével nyissuk meg a *hw.prj* nevű állományt, így ez az IDE egy új fülecskéjében fog megjelenni.

Minden sor elé írjuk be az elérési útvonalat is – ahova az API mappát létrehoztuk (*C:\Apps\Bricx\API*), majd mentjük le az állományt:

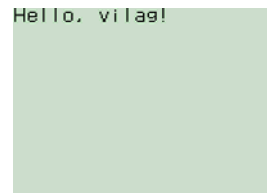
```

1. C:\Apps\Bricx\API\ev3_timer.c
2. C:\Apps\Bricx\API\ev3_command.c
3. C:\Apps\Bricx\API\ev3_lcd.c

```

Így megvan a fordításhoz szükséges két állomány, a forráskód és a projekt. Vigyázzunk, hogy a fordítás előtt mindig mentjük le a forráskódot, különben a régibet fordítja le!

A Compile / Compile (F5) menüpont segítségével fordítsuk le a programunkat. Ez megtörténik hiba nélkül. Ha hibaüzenet jelenne meg, akkor a View / Show Code/Error|Warning Listing (F12) segítségével megnézhetjük a pontos hibaüzenetet és azt a sort, amelyik a hibát okozta.



155. ábra: Hello, világ!

A fordítás után a Compile / Download and Run (Ctrl+F5) menüpont segítségével tölthetjük le a lefordított programot a téglára, és futtathatjuk ott. A Compile / Download (F6) segítségével csak letölthetjük, a Compile / Run (F7) segítségével pedig futtathatjuk a programot, amelynek az eredménye a 155. ábrán látszik.

Kovács Lehel István

Agyi hálózatok modellezése egy távolságszabály alapján

Napjaink egyik leggyorsabban fejlődő tudományága az agykutatás (idegtudományok, neuroscience), amely orvosokon és biológusokon kívül egyre több mérnököt, fizikust és informatikust is bevon. A kísérleti technológiák fejlődése lehetővé teszi, hogy egyre több adatot kapjunk az agy szerkezetéről és működéséről. Ezeknek feldolgozásához szükség van a mai hatékony számítógépekre is. Nem csak a kutatók kíváncsisága hajtja ezt a tudományágat, ezenkívül fontos szociológiai motivációk is vannak: a neurológia az orvostudomány egyik legköltségesebb ága. Európában a költségek 35%-át fordítják erre, pl. 2010-ben 798 milliárd euróra becsülték. Ehhez képest a 10 évre tervezett Emberi Agy Projekt (Human Brain Project) kutatási költsége kb. 1 milliárd euró.

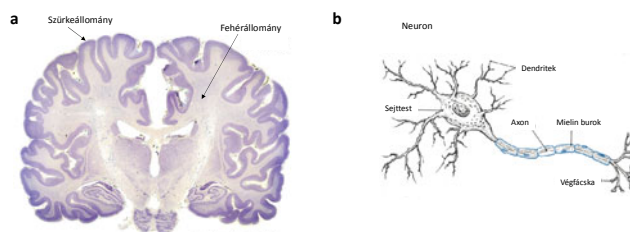
A számítógépek nagyon sokat fejlődtek az utóbbi évtizedekben, ellenben érdekes módon teljesen másfajta struktúra és dinamika alakult ki mint a biológiában. A chipek szép rendezett struktúrájúak és előnyben részesültek a digitális gépek, ahol minden diszkrét lépésben történik. Az algoritmusokat úgy dolgozzuk ki, hogy ne fűggenek attól, hogy éppen melyik számítógépen szaladnak le a programok.

Az agyunk nagyon más: a software és hardware szoros kölcsönhatásban van. A sok milliárd idegsejtből (neuronból) álló rendszer, ezeknek a kapcsolási rajzát nevezzük konnektomnak. A dinamika, az algoritmus szorosan összefügg a fizikai struktúrával, és a neuronok térbeli elhelyezésével is. Minden folytonos időben történik, nem diszkrét lépésekben. Távoli neuronok között a jelek csak bizonyos idő alatt jutnak el. Igaz, hogy ez szuper gyors 50-60m/s, de amikor a rendszer dinamikájáról van szó, akkor nem elhanyagolhatók és mutatják, hogy mennyire fontos a térbeli elhelyezkedés. A neuronok szintjén a konnektom folyton változik, a szinapszisok (kötések) erősödnek, gyengülnek, változnak, az élményektől függően. Hogy pontosan milyen módon tárolódnak emlékeink, vagy pl. hogyan alakul ki a tudatosság, csak kevés a sok megválaszolatlan kérdés közül.

A gondolkodás, memória, tudatosság, nyelv szempontjából az agyunk legfontosabb része az agykéreg, vagy szürkeállomány (cortex) (1a. ábra). Ez egy 2–4 mm vastag burkolat, amelyen belül 6 rétegben helyezkednek el az idegsejtek. Körbeveszi az agyat mint egy burkolat. Nagyon gyűrött struktúrája van, ha kiegyenesítenénk egy gömbfelületre, kb. 5-ször akkora fejünk kellene legyen. Középen van a fehérállomány, ez nagyrészt axonkötegekből áll. Ezek az axonkötegek kötik össze az agy különböző funkcionális területeit. Míg a szürkeállományon belül csak egymáshoz közeli neuronok tudnak kommunikálni, ezek a hosszú axonok fontosak a különböző távolabbi funkcionális zónák közti kommunikáció irányításában.

Egy felnőtt ember agyában kb. 86 milliárd neuron van, olyanok mint egy sűrű bozótos erdő. A becslések szerint átlagban 10000 kapcsolata van egy neuronnak (1b. ábra), vagyis 10000 különböző ponton érintkezik más neuronokkal. Az már szinte 1 billiárd kapcsolat a hálózatban. Csak egy összehasonlításként, a Tejútrendszerben levő csillagok számát 200–400 milliárd közé becsülik. 100 milliárd idegsejt hálózata túl nagy ahhoz, hogy genetikailag kódolva legyen. Természetesen sok véletlenszerű tulajdonság van, és sok egyedi tulajdonság ami tanulás során alakul ki, és mindegyikünk agyában más. Egyelőre képtelenségnek tűnik,

hogyan az emberi konnektomot feltérképezzük, milliószor annyi kötés van, mint ahány betű a génállományban. Eddig az egyetlen konnektom amit sikerült feltérképezni az a C. Elegans fonálféregé, amely kb. 300 neuront és 7000 kötést tartalmaz, így is egy évtizedbe került a pontos hálózat felrajzolása.



1. ábra

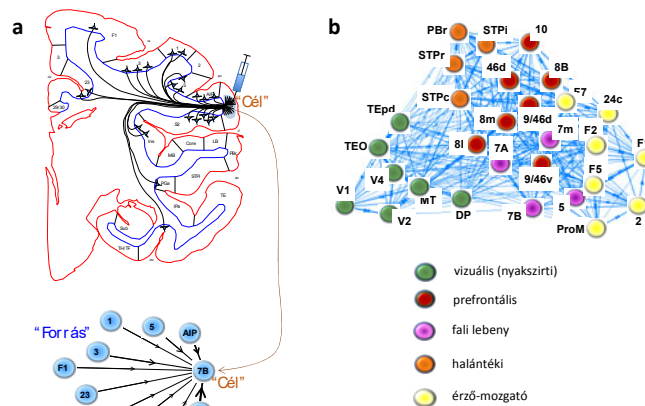
- a) Az agy keresztmetszete. A szürkeállomány (cortex) tartalmazza az idegsejteket, a fehérállományt pedig főként a hosszú, különböző funkcionális zónákat összekötő axonok töltik ki.
 b) Vázlatos rajz az idegsejtről. Ha a sejttest elég sok gerjesztő jelet kap, akkor a neuron egy elektromos pulzust bocsát ki. Ez a jel az axon mentén halad tovább, és a végén neurotranszmittereket bocsát ki, amelyek vagy gerjesztik vagy blokkolják a következő kapcsolódó neuront. Ezeket a kapcsolatokat nevezzük szinapszisoknak.

Ezért az agy hálózati tulajdonságait egyelőre magasabb szinten tanulmányozzuk: az agy különböző funkcionális területeinek a hálózatát vizsgáljuk. Tudjuk, hogy az agykéreg különböző funkcionális zónákra osztható, mindegyik különböző feladatokért felelős. Pl. a nyakszirti lebenyben vannak a vizuális zónák, a magasabb szintű elvont gondolkodásért főleg a prefrontális zónák felelősek, ezek sokkal fejlettebbek az emberben mint a majmokban. Néha egyértelműen látható a területek közötti határ, mint pl. a V1 és V2 vizuális zónák között, de általában nem egyszerű megállapítani. Ennek ellenére van egy eléggé elfogadott térkép a majom agyáról, amely 91 zónát azonosít. Ezek mind egyszerre, párhuzamosan működnek és a köztük levő erős kommunikáció teszi lehetővé azt a sok komplex műveletet amire képes az agy.

Kísérleti módszerek

Annak ellenére, hogy ismerjük ezeket a funkcionális agyterületeket, nem triviális lemérni ezeknek a hálózatát. Melyik zónák kötődnek egymáshoz és milyen erősen? A kísérleti biológusok sok új technológián dolgoznak, de egyelőre az egyik legprecízebb módja az úgynevezett „retrograde tracing”, amikor olyan különleges fluoreszcens anyagokat injekciónak be egy állat agyába, amely a végfáciskákon szívódik be az idegsejtbe, végighalad az axonon és végül megszínezi a sejttestet. A 2a. ábra mutatja egy ilyen kísérlet vázlatát.

Természetesen az injekciózás területén belül nagyon sok neuron megszíneződik, de lesznek megjelölt neuronok távoli zónákban is, és ez azt jelenti, hogy ezeknek a távoli neuronoknak az axonjai végighaladnak a fehérállományban és összekötik a két különböző területet.



2. ábra

- a) A kísérletek vázlatja: a célterületbe injekciózva sok távoli neuron is megszíneződik. Ezeket megszámlálva becsülik meg a zónák közötti kötések erősségét. Ha az injekciózás pl. a 7B nevű területbe történik, akkor az oda bejövő kötések erősségéről kapunk információt.
- b) A 29 injekciózott terület hálózata: a csomók a funkcionális területek, a színek különböző lebenyeket illetve funkcionális kategóriákat jelölnek.

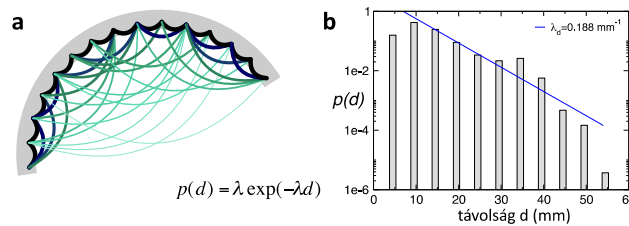
Automatizált szoftverrel, 40 mikrométer vastag szeletenként elemzik a képeket és megszámlálják a megfestett neuronokat. Amit a mérésekből kapunk, az a funkcionális zónák közötti hálózat. Egy injekciózás esetén az adott funkcionális zónába beérkező kötések kapjuk meg és ezek erősségét, ami a megszínezett neuronok számával arányos (leosztva az összesen megszínezett neuronok számával, hogy 0 és 1 közötti értékeket kapjunk). Ugyanakkor megbecsülik a távolságot is a zónák között a fehérállományban haladó legrövidebb utat követve. Egy térben elhelyezett, súlyozott és irányított hálózatot kapunk. Ezeket a kísérleteket Dr. Henry Kennedy csapata végezte el Lyonban, az INSERM kutatóintézetben [1-3]. A 91 területből egyelőre 29-be injekciótak, ez is sok évi munka eredménye, de így már ismerjük a 29x91-es kötésmátrixot, sőt ami még fontosabb a 29 injekciózott zóna hálózatában (2b. ábra) már minden információnk megvan, ezt tanulmányozva jellemezhetjük a teljes háló tulajdonságait.

Az exponenciális távolságsszabály

Ezeket a hálózatokat tanulmányoztuk Toroczka Zoltánnal, a Notre Dame Egyetem professzorával együtt. Itt röviden összefoglalnék pár eredményt, bővebb részletek az idézett cikkekben található [4,5].

Már a 2b. ábrán látható, hogy a hálózat nagyon sűrű. Pontosabban lemérve kiderül, a lehetséges kötéseknek 66%-a van jelen. Más valós hálózatokban általában ez sokkal kisebb, gondoljunk pl. ismeretségi hálózatokra, vagy az internetre. Itt a legérdekesebb információ a kötések súlyaiban rejlik, amelyek több mint 5 nagyságrenden keresztül változnak. A lemért távolságokat felhasználva kimutattuk, hogy a kötések erőssége csökken a távolsággal. Egész

pontosan, ha megszámoljuk a megfestett neuronok számát, ez exponenciálisan csökken a távolsággal: ezt nevezzük exponenciális távolságszabálynak (EDR – Exponential Distance Rule, 3. ábra)[4]. Ha belegondolunk, ez egyszerűen abból adódhat, hogy a hosszú axonok nagyon energiaigényesek, a biológia és az evolúció mindig próbálja csökkenteni az energia igényt. De felmerül a kérdés, hogy egy ilyen egyszerű szabály jelenléte mennyire határozza meg a hálózat tulajdonságait?



3. ábra

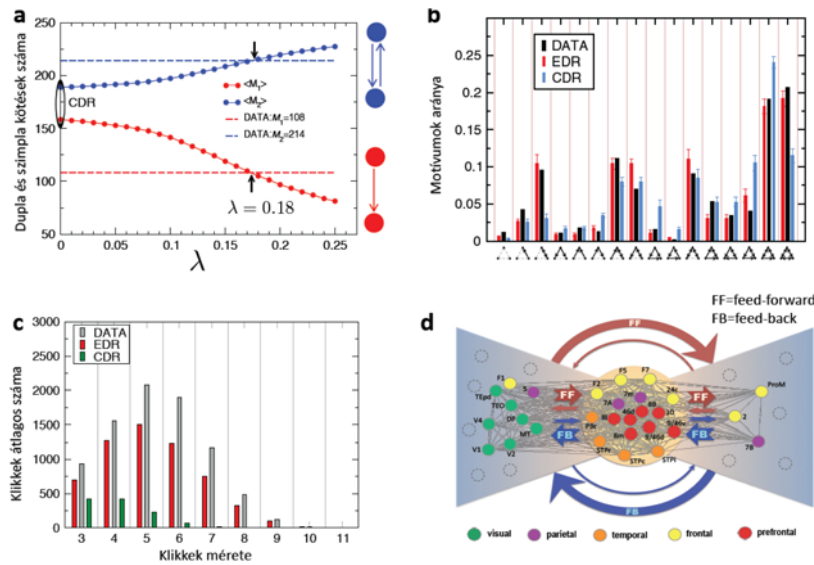
Az exponenciális távolságszabály.

- a) *A közeli zónák erősebben, a távoliak sokkal gyengébben kötődnek egymáshoz.*
 b) *A megfestett neuronok száma exponenciálisan csökken a távolsággal.*
*A kísérleti adatokból kapott eloszlásuk $p(d)$ (szürke hisztogram),
 a folytonos vonal az exponenciális függvény $\lambda=0.188 \text{ mm}^{-1}$ paraméterrel.*

A hálózatelemzés és az EDR modell

Egy hálózat elemzésekor sokféle tulajdonságot lemérhetünk, de mindig felmerül a kérdés, hogy mihez viszonyítjuk. Pl. egy irányított hálóban lemérhetjük, hogy hány darab duplakötés (egyszerre létezik $i \rightarrow j$ és $j \rightarrow i$) és hány szimpla (egyirányú) kötés van, de mit mondanak ezek a számok? Nyilvánvaló, hogy a hálózat sűrűségétől is függ, hiszen ha a sűrűség 100%, vagyis minden kötés jelen van, akkor csak duplakötések vannak. Minél nagyobb a sűrűség, annál több lesz a duplakötések száma. Általában a hálózatunkat egy ugyanolyan sűrűségű véletlenszerű háléhoz akarjuk hasonlítani (null-modell), hogy láthassuk, milyen tulajdonságai speciálisak.

Ebben az esetben mi még ezt a távolságszabályt is ismerjük, ezért ezt is bevisszük a null-modellbe. Ezt neveztük EDR modellnek. A következőképpen generáljuk a hálókat: figyelembe vesszük a területek között lemért távolságokat, és betartva egy adott λ paraméterű távolságszabályt, véletlenszerűen „dobálunk” axonokat a területek közé. Több axon is kerülhet két terület közé, ez adja majd a kötés súlyát. Amikor a hálózat sűrűsége elérte a 66%-ot, ami a kísérletben is van, akkor leállunk. Több λ paraméterre generálunk hálókat, és ezeknek az átlagos tulajdonságait hasonlítjuk össze a kísérleti adatokkal. Pl. a $\lambda=0$ eset egy konstans távolságszabályt jelentene (innen jön a CDR jelölés a 4. ábrán - Constant Distance Rule). Megállapítható, hogy milyen λ paraméternél jósol legjobban a modell. Ha ez elég jól egyezik a 3b. ábrán is látható kísérleti adatokból fittelt (illetszített) paraméterrel, akkor azt jelenti, hogy az EDR modell jól visszaadja az adott tulajdonságot, tehát a hálónak ez a tulajdonsága ennek a távolságszabálynak a következménye (hiszen minden egyéb random a modellben).



4. ábra

- a) A dupla és szimpla kötések átlagos száma az EDR modell által generált hálózatokban különböző λ paraméterértékeknél. A vízszintes szaggatott vonal a kísérleti értéket jelöli.
- b) A 16 lehetséges háromszögmotívum aránya (gyakorisága) az adatokban, az optimális $\lambda=0.18$ értékkel generált EDR hálózatban és a $\lambda=0$ CDR hálózatban.
- c) A klikkek átlagos száma az EDR ($\lambda=0.18$) és CDR hálózatban, összehasonlítva az adatban mért számokkal.
- d) Az agy mag-periféria struktúrájának illusztrálása. Figyelembe véve, hogy az agyban levő funkcionális hierarchia alapján a kötéseket feed-forward és feed-back csoportokba kategorizálják, a háló egy csokornyakkendő struktúrával is felrajzolható [5].

A hálózatnak nagyon sok tulajdonságát jósolja meg az EDR modell [4]. A 4a. ábrán látható a dupla és szimpla kötések függése a λ paramétertől. Láthatjuk, hogy a görbék a $\lambda=0.18$ -nál metszik a kísérleti adatokat jelentő vízszintes vonalakat, ez nagyon közel van a fittelt 0.188 kísérleti értékhez. Egy másik mérték amit nézni szoktunk, a háromszögmotívumok gyakorisága, ezek eloszlása a hálóban. A 4b. ábrán látható, hogy az EDR modell ($\lambda=0.18$) sokkal jobban megközelíti a kísérleti adatokat mint a CDR modell ($\lambda=0$).

A hálózatban a klikkek számát nézve is azt kapjuk, hogy csak a távolságszabály jelenléte képes megmagyarázni a nagy klikkek létezését (4c. ábra). Klikknek nevezünk egy olyan algráfot, amelyen belül minden kötés jelen van. Ezek a nagy klikkek nagyon fontosak az agy struktúrájában, egyfajta mag-periféria (core-periphery) struktúra észlelhető (4d. ábra), ahol a magban nagyon magas a sűrűség (>95%) a perifériában viszont alacsony (<50%).

Más bonyolultabb hálózati tulajdonságokat is vizsgáltunk, mint pl. a globális és lokális kommunikációs hatékonyság, gráfsajátértékek stb., részletek az idézett cikkekben [3-5].

Következtetések

Azóta az egérben [6,7] és patkányban [8] is kimutattuk az exponenciális távolságszabály létezését, és vizsgáltuk az EDR modell jósló erejét. Természetesen a λ paraméterek különböznek a fajok között, mivel az agyak mérete is különböző, de a hálózatok struktúrája sok hasonlóságot mutat. Az EDR egy hasznos null-modell, amihez a kísérleti adatokat hasonlítva rá tudunk mutatni biológiailag specifikus tulajdonságokra, amelyeket már nem határoznak meg csak a fizikai és térbeli megszorítások. Ezeknek a specifikus tulajdonságoknak a fajok közti összehasonlítása egy ígéretes következő lépés ezen a kutatási területen belül.

Bibliográfia

- [1] N.T. Markov, P. Misery, A. Falchier, C. Lamy, J. Vezoli, R. Quilodran, P. Giroud, M.A. Gariel, M. Ercsey-Ravasz, L.J. Pilaz, C. Huissoud, P. Barone, C. Dehay, Z. Toroczkai, D.C. Van Essen, H. Kennedy, K. Knoblauch. "Weight consistency specifies regularities of macaque cortical network" *Cerebral Cortex*, vol. 21(6), 1254-1272, 2011
- [2] N.T. Markov, M. Ercsey-Ravasz, M.A. Gariel, A.R. Ribeiro Gomes, C. Lamy, J. Vezoli, P. Misery, A. Falchier, R. Quilodran, J. Sallet, R. Gamanut, C. Huissoud, S. Clavagnier, P. Giroud, D.S. Marinier, P. Barone, C. Dehay, Z. Toroczkai, K. Knoblauch, D. C. Van Essen, H. Kennedy, "A weighted and directed interareal connectivity matrix for macaque cerebral cortex", *Cerebral Cortex*, vol. 24, pp. 17-36, 2014
- [3] N.T. Markov, M. Ercsey-Ravasz, C. Lamy, A.R. Gomes, L. Magrou, P. Misery, P. Giroud, P. Barone, C. Dehay, Z. Toroczkai, K. Knoblauch, D.C. Van Essen, H. Kennedy. "The role of long-range connections on the specificity of the macaque interareal cortical network" *PNAS* vol. 110, pp. 5187-5192, 2013
- [4] M. Ercsey-Ravasz, N.T. Markov, C. Lamy, D.C. Van Essen, K. Knoblauch, Z. Toroczkai, H. Kennedy, "A predictive network model of cerebral cortical connectivity based on a distance rule.", *Neuron* vol. 80, pp. 184-197, 2013
- [5] N.T. Markov, M. Ercsey-Ravasz, D.C. Van Essen, K. Knoblauch, Z. Toroczkai, H. Kennedy, "Cortical High-density Counter-stream Architectures", *Science* vol. 342, pp. 1238406:1-15, 2013
- [6] Sz. Horváth, Răzvan Gămănuț, Mária Ercsey-Ravasz, Loïc Magrou, Bianca Gămănuț, David C. Van Essen, Andreas Burkhalter, Kenneth Knoblauch, Zoltán Toroczkai, Henry Kennedy, "Spatial embedding and wiring cost constrain the functional layout of cortical networks in rodents and primates", *PLoS Biol.*, vol. 14, e1002512, 2016. († indicates equal contribution).
- [7] Răzvan Gămănuț, Henry Kennedy, Zoltán Toroczkai, Mária Ercsey-Ravasz, David C Van Essen, Kenneth Knoblauch, Andreas Burkhalter, The Mouse Cortical Connectome, Characterized by an Ultra-Dense Cortical Graph, Maintains Specificity by Distinct Connectivity Profiles, *Neuron* 97, 698-715. e10, 2018.
- [8] H. Noori, J. Schottlet, M. Ercsey-Ravasz, A. Cosa-Linan, M. Varga, Z. Toroczkai, R. Spanagel, *PLoS Biology*, 15 (7), e2002612 2017

Ercsey-Ravasz Mária^{1,2}

¹Babes-Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar, Magyar Fizika Intézet

²Transylvanian Institute of Neuroscience, Kolozsvár

Miért lettem fizikus?

VI. rész

Interjúalanyunk Dr. Tunyagi Arthúr, a kolozsvári Babeş–Bolyai Tudományegyetem Fizika Karának adjunktusa. 2000-ben végzett a Kar Mérnöki Fizika szakán, doktori fokozatát 2004-ben szerezte meg a nemlineáris optika területén. Pályafutásának első öt évében tudományos kutatóként dolgozott a Babeş-Bolyai Tudományegyetemhez tartozó Ioan Ursu kutatóintézetben. 2010-től a Fizika Kar adjunktusaként egyetemi oktató.



Mi adta az indítást, hogy a fizikai pályára lépj?

Gyerekkorom óta vonzott az elektromosság, az elektronika, vagyis mindaz ahol villogott egy izzó vagy forgott egy motor. Soha nem gondoltam arra, hogy fizikus legyek, hanem mindig is a műszaki pálya érdekelt jobban. Számomra a fizika az a tantárgy volt, ahol az elektromosságban a kondenzátor, a hőtanban a gáz ideális, míg a mechanikában a csigának nincsen súrlódása. Tizenegyedikes voltam, amikor egy fizika órán a tanár az univerzum felépítéséről beszélve megemlítette, hogy létezik egy maximális sebesség, melyet nem lehet átlépni, semmi sem száguldhat bármilyen gyorsam. Gondoltam magamban, biztos ez megint valami leegyszerűsítés, modellezés, csak azért, hogy a következő példákat könnyebben meg lehessen oldani. De a fizika óra folytatódott, és egyre több furcsaság került fel a táblára úgy, hogy az óra végén már a testek tömege is függött a sebességtől. Hát, ami sok az sok, biztos valahol valami nagy tévedés van, de hazamegyek, és délután kibogozom! Több mint egy fél évig egyedül, délutánonként, délelőttönként vagy reggelenként bogozgattam mire rájöttem, hogy mégis van valami ebben, és a világ körülöttem egy picit más, mint ahogy azt ezelőtt elképzeltem. Bizonyossággal állíthatom, hogy számomra ez volt az a valami, ami eldöntötte, hogy fizikus legyek.

Kik voltak az egyetemi évek alatt azok, akiknek meghatározó szerepük volt az indulásnál?

Számomra minden tanárom fontos volt és mindegyiknek volt valami befolyása a végeredményben. Viszont, minden kétségen kívül, a legfontosabb szerepe Burda Ioan tanárnak volt. Másodévesként ismertem meg a tanár urat, ebben az időben már jól érttem az analóg és digitális elektronikát, viszont semmi tapasztalatom nem volt a programozható elektronika területén. Annyira megváltó volt ez az új terület számomra, mintha egy új dimenziót fedeztem volna fel és mai napig, bármilyen elektronikai kihívást a programozható elektronika szemszögéből próbálok megközelíteni.

Miért éppen a kísérleti fizika került érdeklődésed középpontjába?

Egyrészt el kell mondanom, hogy mindig közelebb éreztem magam a kísérlethez, mint az elmélethez. Másrészt annyira dinamikus időket élünk, hogy egyszerűen nehéz követni az új technológiai irányokat. Szinte naponta jelennek meg újabb és újabb eredmények, egyszerűen kár lenne ezeket nem felhasználni a kísérletezésre.

Milyen kihívások, célok mentén építetted tudományos karriered?

A programozható elektronika, vagyis a beágyazott rendszerek (egy beágyazott rendszer olyan speciális számítógép, melyet egy konkrét feladat ellátására terveztek) megismerése óta a legfontosabb kihívás számomra az volt, hogy hogyan lehet univerzális módon megoldani a többfeladatos, párhuzamos, valós idejű kihívásokat operációs rendszer nélkül. Ha az egyetemi éveim alatt szerencsém volt megismerni Ioan Burda tanárt, a doktori éveim során újra szerencsés voltam, sikerült egy kitűnő tanárral együtt dolgozni. Klaus Betzler volt ez tanár, aki doktori disszertációm vezetője is volt, Németországban, Osnabrückben. Doktori dolgozatom témája a nemlineáris optika egyik nagyon érdekes területéhez állt közel, az ún. másodharmonikus keltés problémáját kellett vizsgálnom. Kísérleti téma volt, számomra legfontosabb kihívással, hogy az összes kísérleti berendezést, amit felhasználtunk a mérések során magunk építettük meg. Ezalatt az idő alatt jöttem rá, hogy nem elég a műszerek elektronikai működését megérteni, és hogy mennyivel többre van szüksége egy kísérleti fizikusnak. Át kell látnia a fizikai részt, vagyis mi az, amit el lehet hanyagolni, és mi amire nagyon oda kell figyelni ahhoz, hogy a mért eredmények pontosak legyenek.

Kérlek mutasd be röviden kutatói tevékenységed megvalósításait, eredményeit

Első tudományos cikkem 2003-ban jelent meg a Physical Review Letters szaklapban. Azóta közel 30 cikk publikálásában vettem részt. 2004-ben jelent meg az első szabadalmam Klaus Betzler tanárral közösen, amely egy nagyon egyszerűen megépíthető, sugárirányban polarizált fényforrás működési elvére és elkészítésre vonatkozott. Az utóbbi 15 év alatt több kutatási projektben vettem részt, melyeknél a feladatom mindig valami kísérleti berendezés megépítése volt. Itt említenék meg egy Ioan Burda tanár úrral közös tudományos kutatási szerződést, melynek eredménye egy 3 dimenziós SPIDAR (Space Interface Device for Artificial Reality) rendszer megépítése volt, mellyel valós időben vezéreltünk egy NT-MDT Ntegra AFM (Atomic Force Microscopy – atomerő-mikroszkóp) típusú mikroszkópot. Érdeemes megjegyeznünk, hogy ez a nanométer tört részével megegyező felbontású mikroszkóp (megkülönböztethető vele két olyan pont, amelyek távolsága a nanométernél kisebb), ami ezerszer jobb, mint a legjobb optikai mikroszkópé.

Melyek a jövőbeli akadémiai terveid?

Jelenleg két irányra gondolok. Elsősorban szeretném magam jobban beleásni az újonnan megjelent Internet Of Things (IOT) eszközök világába. Az utolsó időben jelentősen csökkent a beágyazott rendszerek energiafogyasztása. Ez új irányokat nyit meg az autonóm mérőberendezések készítésére. A második irány az lenne, hogy Simon Alpár kollégámmal együtt megírjunk egy könyvet a beágyazott rendszerek használatának népszerűsítésére a középiskolai fizika órákon. Szeretnénk egy olyan laboratóriumi munkasorozatot készíteni, a beágyazott rendszerekkel, amely nagyon korlátozott költségvetéssel megvalósítható. Így majd a legtöbb középiskola megengedheti magának a beszerzését.

Tanárként miért választottad a BBTE-t?

Egyetemista korom óta nagyon vonzódtam a Babeş-Bolyai Tudományegyetemhez. Mindig kellemes volt a környezet és jó volt a kapcsolatom a tanáraimmal. Nem utolsó sorban úgy gondolom, hogy manapság, Erdélyben nem létezik jobb munkahely egy egyetemi oktató számára.