

Neumann második eljövetele

Dr. BÁTFAI Norbert¹
BESENCZI Renátó²
BÁTFAI Mária Erika³
MONORI Fanny⁴

Kivonat

Mostanában értékeljük ki a kognitív mentális szervek létrehozásának lehetőségeit vizsgáló kísérleti modelljeinket. Ezek a modellek tipikusan szoftveres kísérletekben megvalósított szoftver ágensek. Egy ilyen ágens a SamuAgy, amely a saját terminológiája szerint egy Mentális Feldolgozó Egység, angol nevéből rövidítve MPU (Mental Processing Unit) megvalósítását célozza meg. Ez a modell 2 két dimenziós sejtrácson alapul, az első a bemenete, a második a kimenete az ágensnek: a kimenő rács minden cellájához egy COP (Consciousness Oriented Programming, Tudatosság Orientált Programozás) alapú Samu-motor van rendelve, melynek az a feladata, hogy előre jelezze a megfelelő bemenő sejt állapotát. Ezeket a specializált kimenő sejteket nevezzük MPU-knak. Ebben az előadásban megkezdjük a kognitív gyermekfejlődés eredményeinek olyan módszeres áttekintését, amelyek egyrészt segíthetnek tökéletesíteni a szóban forgó komputációs mentális szerveket, másrészt új ilyen szervek kialakítási ötletét támogathatják szoftveres kísérleteinkben.

1. Bevezetés

Jelenleg utópisztikus célunk egy olyan csevegő robot kialakítása, amely úgy képes beszélgetni mint az ember. E cél érdekében tett erőfeszítéseink összefoglaló neve Bátfai Samu, ahol a családnév szerepeltetése azt hangsúlyozza, hogy ez a robot nevelendő, még hozzá családi körben nevelendő! Bátfai Samu egy testetlen fejlődésrobotikus (Developmental Robotics, DevRob [DEVROB KÖNYV]) ágensgyűjtemény összefoglaló neve, mely mindenkori állapotában számos szoftveres kísérletünk eredményét integrálja. Samu nyílt forráskód alapú fejlesztés, így az érdeklődők természetesen forkolhatják és megvalósíthatják saját „családi” robotjaikat is.

1.1. Korábbi munkák

A [SAMU CIKK] magát a csevegő robot koncepcióját vezeti be, miszerint a bemeneten természetes (most angol) nyelvű mondatokat olvas, amelyekből SPO (alany-állítmány-tárgy) tripleteteket [SPO TRIPLET] bányászik ki a link-grammar [LG] komponense segítségével. Ezeket a tripleteteket egy egyszerű objektum-orientált nyelv utasításainak tekintve vizuális képzeletében szimulálja és a szimuláció pillanatfelvételeit a [DEEPMIND NATURE CIKK] ötlete alapján egy mélytanulósos Q-tanulási motornak adja át, ahol a COP (Consciousness Oriented Programming, Tudatosság Orientált Programozás, [COP]) elvnek megfelelően pozitív megerősítést akkor kap, ha a szimulációs képek alapján sikerrel előre tudja jelezni a beszélgetés következő mondatát. A kapcsolódó szoftveres gyors prototípusok bemutatása megtalálható a Nahshon szoftverkövetelmény [SAMU SRS]

1Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Információ Technológia Tanszék, e. adjunktus.

2Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Információ Technológia Tanszék, e. tanársegéd.

3Debreceni Egyetem, Egyetemi és Nemzeti Könyvtár, kiadóvezető.

4Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, BSc hallgató.

specifikációjában⁵. A [PSAMU1 CIKK] beküldött kéziratban a csevegő robot felől annak leginkább csak vizuális képzeletére, azon belül is hangsúlyosan a potenciális (Chomsky-féle) mentális szervek kialakítására koncentrálunk. A Mentális Feldolgozó Egységnek (Mental Processing Unit, MPU) nevezett szervvel végzünk számos szoftveres kísérletet. Maga a jelen munka címe a [PSAMU1 CIKK] cikk egy szekciója, amelyet most abban az irányban fejlesztünk itt tovább – élve az ottani feltételezéssel, miszerint az idegrendszer Neumanni elsődleges nyelve az anyanyelvhez hasonló, legalábbis abban az értelemben, hogy Samu COP-alapú „nyelvi” előrejelző motorját használja a kommunikációban – hogy feltesszük a kérdést: tudunk-e olyan szoftveres kísérleteket kialakítani, amelyekben a gyermekfejlődés egyéb jelenségeit is bele tudjuk látni? Maga a cím, mint az említett korábbi [PSAMU1 CIKK] fejezete is, Neumann [NEUMANN BRAIN KÖNYV] könyvének Paul és Patricia Churchland által írt előszaván alapszik.

2. A szoftveres kísérletek áttekintése

Egy MPU 2 két dimenziós sejtrácson alapul, az első a bemenet, amely tartalma a valóság érzékelését jelenti az ágens számára. A második a kimenete az ágensnek, ahol a kimenő rács minden cellájához egy COP-alapú Samu motor [SAMU CIKK] van rendelve, melynek feladata, hogy előre jelezze a megfelelő bemenő sejt jövőbeli következő állapotát. A két dimenziós bemenet alapján ezeket a kísérleteket tekinthetjük „vizuális” kísérleteknek. Ezzel szemben amikor a modell bemenetét 1 dimenziósra egyszerűsítjük, akkor ezt házi használatra, szimmetrikusan „audió” kísérletként is értelmezhetjük.

2.1. Vizuális kísérletek

A vizuális kísérletekben tipikusan háromféle inputot kellett megtanulnia az ágensnek, ezek rendre a következők voltak:

- a bemenet a Conway-féle életjáték [CONWAY] szabályainak megfelelően változik, ezek alapján 5 sikkó mozgását kell „megtanulnia” Samunak⁶
- az előző kísérlet egyszerűsítéseként egy olyan videót kell megtanulnia, ahol egy házikó előtt egy ember és egy autó mozog⁷
- további egyszerűsítés, hogy állóképeket (Stroop-féle [STROOP] színes szövegek) „tanuljon meg”⁸

Sorrendben a sikeres eredmények az alábbi videókon tekinthetők meg, a részleteket pedig a [PSAMU1 CIKK] kéziratban találhatja meg a kedves olvasó.

- <https://youtu.be/j6bus5efESU>
- <https://youtu.be/yOZj6j1kVRg>
- <https://youtu.be/VujHHeYuzIk>

A [PSAMU1 CIKK] kvintesszenciája a fenti három kísérlet integrálása egyetlen programba, amelyhez a gyermekfejlődési vizsgálatokból [GERVAIN KÖNYV] ismert habituációs/diszhabituációs globális folyamatokkal segítve vezéreltük a sejtter lokális ágenseit a „tanulásban”.

5 <https://github.com/nbatfai/nahshon/issues/1>

6 <https://github.com/nbatfai/SamuLife>

7 <https://github.com/nbatfai/SamuMovie>

8 <https://github.com/nbatfai/SamuStroop>

A kísérletek jól mutatják, hogy Samu a SamuBrain⁹ kísérletekben fel tudja ismerni és meg is tudja különböztetni a szóban forgó három bemenetet: <https://youtu.be/NXKdjKCSFG4>

2.2. Audió kísérletek

Egyszerűsítjük a kísérleteket: itt nem mátrix az MPU bemenet és kimenet, hanem csak vektor, ahol a vektor elemei betűk lehetnek. Tartalmi szempontból az életjáték, a mozgókép és az animált képek alkotta bemenetet szavak váltják fel, amelyeket egyfajta fényújsággként folytatunk végig a bemenő vektoron, ahogyan azt a bevezető SamuTicker¹⁰ kísérletben láthatjuk, ahol két különböző mondatot tanul meg az ágens. A SamuVocab¹¹ kísérletekben szavakat tanul az ágens. Az elsőben húszat¹² [20 LISTA], másodikban Sitton listájának [SITTON LISTA] 1200 szavát.

Az aktuális, szavakat felismerő és megkülönböztető kísérleteket úgy kezdtük, hogy az adott szó megtanulását követően az MPU többször egy „törlés” után újra megkapta az éppen megtanult szót, ekkor az első megtanulás után egy olyan szelektív folyamat indul el, amely megpróbálja a meglévő összes MPU-k közül valamelyikkel felismerni az inputot. Az elvégzett kísérletek sikeresek voltak, mindig a megfelelő MPU került kiválasztásra. Következő célunk az volt, hogy Sitton listájának mind az 1200 szavát megtanulja az ágens, ezek a kísérletek jelenleg is folynak¹³. Itt a teljesítmény javítása érdekében az említett többszöri helyes felismerést kivettük, így most hozzávetőlegesen 500 szó megtanulásáig tudunk eljutni a kísérletekben, az említett szószámig minden jól működik, de innentől technikai, memória problémák lépnek fel.

3. A kutatási cél kitűzése

A bevezetésben említett utópisztikus cél elérésének indikátorai egyértelműek: hiszen ez a Turing teszt [TURING TESZT] és az annak egy gyakorlati megvalósításának tekinthető Loebner díj [LOEBNER DÍJ]. Mi azonban egy közelebbi, egy DevRob jellegű célt tűztünk ki: legyen egy ágensünk, aki olyan viselkedésszempontokat, kognitív mintákat tud felmutatni, mint egy újszülött, egy pár hónapos csecsemő, egy 1 éves gyerek, és sorolhatnánk. Mindezt interpretálhatjuk úgy, hogy Turing tesztet egy ezekre a korosztályokra is érvényes teszté akarjuk átalakítani. Itt a Turing tesztben megszokott karakteres csevegő konzolos kommunikációt az adott eseteknek megfelelően még tovább kell egyszerűsíteni: ha például az ágens habituációs folyamatait akarjuk az ember csecsemők hasonló folyamataival összevetni, akkor ehhez olyan korlátozott környezetet kell definiálnunk, hogy az ne befolyásolja érdemben az összevetés lehetőségét.

A [PSAMU1] cikkben bevezetett szoftveres kísérleteinkben ki tudtunk egy olyan „megtanulás” definíciót alakítani az MPU-k tekintetében, amely működésében jól összhangba hozható a csecsemők és gyermekek vizsgálatában gyümölcsözően használt habituációs/diszhabituációs folyamatokkal. Jelen pillanatban kezdjük a kognitív gyermekfejlődés eredményeinek olyan módszeres áttekintését, amelyek egyrészt segíthetnek tökéletesíteni a már bevezetett MPU-kat, másrészt új ilyen komputációs szervek kialakítását támogathatják szoftveres kísérleteinkben.

Ismertek az anyák szubjektív ám igen hasonló beszámolóit a születés utáni pillanatokból [GOPNIK]. Ezt tekinthetjük az első jelenségnek a születés után s mint ilyen érdemes megvizsgálni

9 <https://github.com/nbatfai/SamuBrain>

10 <https://github.com/nbatfai/SamuTicker>

11 <https://github.com/nbatfai/SamuVocab>

12 <http://waldron.stanford.edu/~babylab/pdfs/Tardifetal2008.pdf>

13 <https://github.com/nbatfai/SamuVocab>

Networkshop 2016. március 30 – április 1.

abból a szempontból, hogy tudnánk-e olyan számítógépes modellt/kísérletet kialakítani, mint ahogyan az MPU-k „tanulásának” definiálásával jól összhangba hozható az emberi habituációs/diszhabituációs folyamatok működése. Most röviden felvetjük a kérdést, hogy tudunk-e erre az első konkrét jelenségre bármi szoftveres kísérletet alapozni?

Amikor a születése utáni percekben belenézünk egy újszülött szemébe, önkéntelenül felvetődik bennünk az a kérdés: vajon mire koncentrálni annyira, vajon mire gondolhat? Az egyik társszerző, sok anyához hasonlóan [GOPNIK], úgy érezte, hogy valami örök közös tudás és erős érzelmek kapcsolja össze az babákkal, hogy beleég a retinájába az mély, bölcsnek tűnő első pillantás – aminek az értékéből az sem von le, ha tudja, hogy az újszülöttek rövidlátók, éles- és színlátásuk csak fix távolság esetén tökéletes [GERVAIN KÖNYV]. (Megnyugtató tudni, hogy mindezek ellenére már a pár órás kisbabák felismerik az anyjuk arcát [WALTON].)

Akinek volt már ilyen „születés utáni” élménye, könnyen válik nativistává és ért egyet azzal, hogy az embergyerekek kis programcsomagokkal, velük született pretudással kezdik el az életüket, mely szociális és kognitív modulok segítenek bennünket a megismerésben, a beszédelsajátításban és a társadalmi beilleszkedésben egyaránt.

Kérdés, hogy produkálható-e számítógépes kísérleteinkben és hogyan a kisbabák fogékony éber nyugalmi állapota [NUGENT], amikor ebben a szinte pislogás mentes, tágra nyitott szemű figyelmes nézelődéssel dolgozzák fel a környezeti hatásokat.

Külső szemlélőként a szóban forgó gyermek-szülő kapcsolatból például egy Jibo [JIBO1, JIBO2] jellegű társas robottal, vagy legalább annak monitorra alkalmazott, megvalósított szoftveres absztrakciójával a kísérlet „szülői oldalát” elvben könnyű lenne megvalósítani. A kapcsolat másik oldala, hogy a „gyermek fejében” mi történhet/történjék a kísérletekben, nos ez most az igazán érdekes kérdés, amire lehetséges válaszokat kell adnunk. Már a csevegő Samu tervezésének alapeleme volt, hogy a konzolon keresztül a „legmegbízhatóbb” gondozóval kommunikál. Ez adhatná a minimalista választ azzal, hogy az ennek megfelelő „üzemmódját” a szóban forgó gyermek-szülő kapcsolat gyermek oldalának feleltetné meg. Egészen konkrétan ebben a módban egy olyan privilegizált megerősítést vezethetnénk be a használt Q-tanulási algoritmusokba, ahol jóval nagyobbak választhatnánk a megerősítési rendszer pozitív illetve negatív megerősítését.

3.1. További komputációs mentális szervek

3.1.1. Az intellektuális dimenzió ihlette MPU csomópont osztályozás

Az MPU-k lokális információkat vesznek fel, tanulásukat a globális habituációs/diszhabituációs folyamatok vezérlik, ahol a [PSAMU1 CIKK] bevezette definíció alapján a helyes predikciók mozgó átlagát vizsgáljuk. Már a [PSAMU1 CIKK] felveti, hogy az MPU-k előrejelző csomópontjai által „kibányászott” szabályok tekintetében az MPU-kat egyfajta „orchestrated machine” [ORCH MACH] megvalósításnak is tekinthetjük. Ebbe az irányba elindulni komoly szoftver kísérletes kihívás jelentene, mert ugyan habituációs/diszhabituációs folyamat megvalósításaink elvben megfeleltethetőek a Turing gépek megállás fogalmának – jelesül a tanulás megáll, ha az MPU megtanulta az inputot – ám a gyakorlatban a habituációs/diszhabituációs folyamatok megvalósítása számos heurisztikus elemet tartalmaz, ami a megfeleltetést nem teszi olyan egyértelművé, amilyennek az fogalmi szinten előre sejthető esetleg. Konkrétan elindulásként azt kellene vizsgálni, hogy hogyan alakulnak a különböző inputok mentén a [IDIM] intellektuális dimenzió $\log_{MPU-k\ száma} \text{ sikeres közös lépések száma}$ alakú becslései, azaz például azt kellene a kísérletekben kutatni, hogy ha a tanulás megtörtént, akkor mennyi csomópont tudna együttesen és

folyamatosan mennyi helyes előrejelzést adni?

3.1.2.A neurális Turing gépek alkalmazása

Egy további érdekes kísérlet lehet, hogy a [NTM] cikk alapján definiálunk egy munkamemóriát, majd ezzel kiegészülve végzünk az ágensen bizonyos tesztek. Munkamemóriával kapcsolatos vizsgálatokat gyakran végeznek különböző korosztályokban, ezzel elsősorban egy beszélgetés vagy egyéb tevékenység közben mérhetjük az egyed bizonyos tulajdonságait. A számunkra fontos aspektus, hogy a valós populációra jellemző eredményeket összevetve az ágens eredményeivel következtethetünk, pontosabban megbecsülhetjük annak pillanatnyi „tudását”: tehát, hogy az ágens éppen hány éves gyermekkel van ekvivalens fejlettségi szinten.

Jelenleg ez még egy távlati cél, hiszen egyrészt az emberi memóriefogalom konkrét szoftveres implementációban nem képezhető le direktben az informatikai memóriefogalomra, mivel előbbi egy sokkal összetettebb, képlékenyebb, bonyolultabb rendszer. Másrészt meg kell vizsgálnunk, hogyan lehet MPU-hoz kapcsolni egy ilyen „memóriaegységet”, vagy érdekesebb egy külön mentális szervet építeni, mely egyfajta „rekeszekből” épül fel, és ezek a rekeszek kapcsolódnak direktben MPU-khoz.

4. Összefoglalás és következtetések

Neumann célja a [NEUMANN BRAIN KÖNYV] könyvben az agy matematikai vizsgálata volt, amelytől egyértelműen azt várta, hogy a vizsgálatok eredményei magát a matematikát is megváltoztatják majd. Mire gondolhatott? Csak találgathatunk, mert a szóban forgó vizsgálódást nem tudta befejezni. Turingnak az Enigma technológiai szintjén megalkotott, az emberi gondolkodás lépéseit megragadni igyekvő matematikai gépfogalma például hozott ilyen változást. Konkrét példa lehet erre a véletlen sorozat értelmes definiálása, ez a Turing gépekre (és a Kolmogorov bonyolultságra) építve az átlagos programozó hallgatónak szinte magától értetődő (lásd például [RÓNYAI KÖNYV, 237-238 oldal]). Erejében hasonló statisztikai kritérium (lásd például [KNUTH KÖNYV, 153-174 oldal]) az átlagos programozó hallgatónak szinte sohasem lesz érthető. Ez a példa jól kidomborítja a két megközelítést elválasztó paradigma váltást, amelyet egyértelműen a Turing gép definiálásából származtathatunk.

Ebben a Neumann-i irányban a mi vízióink egy (absztrakciós szintjén a Turing géphez hasonló) matematikai gépfogalom megalkotása, amely gép egyaránt képes lenne a tanulásra és a fejlődésre. Intuitíven a törzsfajlás és az egyedfejlődés során egyaránt kifejlődő/kifejlődött idegrendszer tekintenénk ennek az esetlegesen létező fogalom implementációjának. Meglehet, hogy ez a vízió még a bevezetésben említett ember módjára beszélgetni képes csevegőrobotnál is utópisztikusabb, de mindenesetre izgalmas cél. Samu csevegő koncepciója működésének alapja a jövő COP alapú előrejelzése, amely ugyanúgy értelmezhető az emberinél kevésbé fejlett idegrendszerekre, sőt általában bármilyen ágens vezérlésre. A Samu születés előtti állapotát tárgyaló [PSAMU1 CIKK] cikkünkben különböző mentális szervek konstruálására alkalmaztuk Samu COP alapú előrejelző motorját. A jelen munka írásakor ezeknek a szerveknek olyan változataival kísérletezünk, a melyek bemenő abc-jét a megszokott betűk alkotják. Ugyancsak napirenden vannak a korábbi kísérletek továbbfejlesztései. Egyetlen konkrét esetet vizsgálva: kiindulva a SamuBrain¹⁴ projektből, de csak a mozgó kép tanulásra koncentrálva: először megtanítjuk Samunak külön az álló ház és külön-külön a mozgó ember és autó fogalmát, miután azt várjuk, hogy ha a bemenetére kapcsoljuk a mozgó képet, melyben az álló ház előtt mozog az ember és az autó, akkor felismeri mindhárom korábbi fogalmat.

14 <https://github.com/nbatfai/SamuBrain>

Networkshop 2016. március 30 – április 1.

Ezt a kísérletet még nem programoztuk be, de elvben könnyű győzelemnek ígérkezik, hiszen Samu habituációs/diszhabituációs folyamatai úgy vannak behangolva, hogy az input változó részeit vizsgálják. A forráskód¹⁵ ismeretében tehát az a várakozásunk, hogy nem kell mást tenni, csak ezt a vizsgálatot nem az inputhoz, hanem az előrejelzésekhez igazítani. Ezekben a kísérletekben a Samu névvel illetjük a kísérletek ágensét, de ez jelen pillanatban nyilván nem a csevegő Samut jelenti, hanem csak a célkísérletek mindenkori ágensét.

Ugyanilyen továbbfejlesztés az „audió” kísérletekre is értelmezhető, itt az lehet az imént említett „vizuálissal” analóg első várakozásunk, hogy összetett szavak részszavait is fel tudja ismerni Samu.

Nem tudjuk, milyen messze vagyunk a Neumann áhíthatta, akár a matematikán is – ha ez egyáltalán lehetséges – gondolkodni képes absztrakt gép megalkotásától. De azt a fejlődésrobotikába belesimuló utat követjük, amikor az emberi egyedfejlődés korai jelenségeit olyan megközelítéssel tanulmányozzuk, hogy hogyan tudnánk azokat beprogramozni egy Samu jellegű ágensbe. Ezt tettük már a habituáció/diszhabituáció tekintetében a [PSAMU1 CIKK] cikkben is impliciten, a jelen munkában pedig már explicit módon ez a megfogalmazott kutatási programunk további iránya. Ebben az értelemben, ha sikerül megalkotnunk a gondolkodni képes absztrakt automata fogalmát, akkor Neumann második eljövételéről beszélhetünk majd.

5. Irodalomjegyzék

[DEVROB KÖNYV] A. Cangelosi and M. Schlesinger, **Developmental Robotics: From Babies to Robots**. Cambridge, The MIT Press, 2014.

[SAMU CIKK] N. Bátfai, **A disembodied developmental robotic agent called Samu Bátfai**, ArXiv e-prints, 2015, <http://arxiv.org/abs/1511.02889>

[SPO TRIPLET] D. Rusu, L. Dali, B. Fortuna, M. Grobelnik, and D. Mladenic, **Triplet Extraction From Sentences**, Proceedings of the 10th International Multiconference Information Society - IS 2007, vol. A, pp. 218–222.

[LG] opencog/link-grammar, 2015, <https://github.com/opencog/link-grammar>

[DEEPMIND NATURE CIKK] V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. A. Rusu, J. Veness, M. G. Bellemare, A. Graves, M. Riedmiller, A. K. Fidjeland, G. Ostrovski, S. Petersen, C. Beattie, A. Sadik, I. Antonoglou, H. King, D. Kumaran, D. Wierstra, S. Legg, and D. Hassabis, **Human-level control through deep reinforcement learning**, Nature, 2015, vol. 518, no. 7540, pp. 529–533.

[COP] N. Bátfai, **Conscious Machines and Consciousness Oriented Programming**, ArXiv e-prints, 2011, <http://arxiv.org/abs/1108.2865>

[SAMU SRS] Bátfai Norbert: **Bátfai Samu/Egy testetlen fejlődési robotikus ágens**
<https://github.com/nbatfai/nahshon/issues/1>

[PSAMU1 CIKK] Norbert Bátfai, Renátó Besenczi: **Samu in His Prenatal Development**, 2016 (beküldött kézirat)

[NEUMANN BRAIN KÖNYV] J. Neumann, **The Computer and the Brain**, New Haven, Yale

15 <https://github.com/nbatfai/SamuBrain/blob/master/SamuBrain.cpp>

Networkshop 2016. március 30 – április 1.

University Press, 1958.

[CONWAY] R. T. Wainwright, **Life is universal!** in Proceedings of the 7th Conference on Winter Simulation - Volume 2, ser. WSC '74. Winter Simulation Conference, 1974, pp. 449–459.

[STROOP] J. R. Stroop, **Studies of interference in serial verbal reactions**, Journal of Experimental Psychology, 1935, vol. 18, pp. 643–662.

[GERVAIN KÖNYV] J. Mehler, E. Dupoux, J. Gervain: **Ember születik**, Budapest, Gondolat, 2008, pp. 72-74.

[20 LISTA] Twila Tardif, Paul Fletcher, Weilan Liang, Zhixiang Zhang, Niko Kaciroti, Virginia A. Marchman: **Baby's first 10 words**, Dev Psychol., 2008, 44(4), pp. 929–938.

[SITTON LISTA] Sitton, R.: Spelling Sourcebook, Egger Publishing, 1995.

[TURING TESZT] A. M. Turing, **Computing machinery and intelligence**, Mind, 1950, vol. 59, no. 236, pp. 433–460.

[LOEBNER DÍJ] S. M. Shieber, **Lessons from a Restricted Turing Test**, ArXiv e-prints, 1994, <http://arxiv.org/abs/cmp-lg/9404002>

[GOPNIK] Alison Gopnik, Andrew Meltzoff, Patricia Kuhl: **Bölcsék a bölcsőben**. Budapest, Typotex, 2010. p. 39-40.

[WALTON] Gail E. Walton, Erika S. Armstrong, T.G.R. Bower: **Newborns learn to identify a face in eight/tenths of a second?** 2002, DOI: 10.1111/1467-7687.00016

[NUGENT] Kevin Nugent: **The competent newborn and the neonatal behavioral assessment scale**. 2013, DOI 10.1111/jcap.12043

[JIBO1] Guizzo, E.: **Cynthia Breazeal Unveils Jibo, a Social Robot for the Home**. IEEE Spectrum, 2014.

[JIBO2] Pranav Rane, Varun Mhatre, Lakshmi Kurup: **Study of a Home Robot: JIBO**, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol. 3 Issue 10, 2014, <http://www.ijert.org/view-pdf/11428/study-of-a-home-robot-jibo>

[ORCH MACH] N. Bátfai, **Are there intelligent Turing machines?** CoRR, vol. abs/1503.03787, 2015, <http://arxiv.org/abs/1503.03787>

[IDIM] N. Bátfai, **Turing's Imitation Game has been Improved**, ArXiv e-prints, 2015, <http://arxiv.org/abs/1509.00584>

[NTM] A. Graves, G. Wayne, I. Danihelka: **Neural turing machines**, ArXiv preprint arXiv:1410.5401, 2014, <http://arxiv.org/abs/1410.5401>

[RÓNYAI KÖNYV] Rónyai L., Ivanyos G., Szabó R.: **Algoritmusok**, Typotex, 2008.

Networkshop 2016. március 30 – április 1.

[KNUTH KÖNYV] D. E. Knuth: **A számítógépprogramozás művészete 2. szeminumerikus algoritmusok**, Budapest: Műszaki, 1994.