

Debreceni Egyetem
Bölcsészettudományi Kar
Magyar Nyelvtudományi Tanszék

Modellezési lehetőségek az evolúciós nyelvészetben

Témavezető:

Dr. Reszegi Katalin
egyetemi adjunktus

Készítette:

Mészáros Anna
Magyar nyelv és irodalom mesterszak
II. évfolyam

Debrecen, 2017

NYILATKOZAT

Alulírott Mészáros Anna
a Debreceni Egyetem Bölcsészettudományi Karának hallgatója ezennel büntetőjogi felelősségem tudatában nyilatkozom és aláírással igazolom, hogy
..... MODELLEZÉSI LEHETŐSÉGEK AZ
..... EVOLÚCIÓS NYELVÉSZET BEN
című diplomamunkám saját, önálló munkám; az abban hivatkozott nyomtatott és elektronikus szakirodalom felhasználása a szerzői jogok nemzetközi szabályainak megfelelően készült.

Tudomásul veszem, hogy diplomamunka esetén plágiumnak számít:

- szó szerinti idézet közlése idézőjel és hivatkozás megjelölése nélkül;
- tartalmi idézet hivatkozás megjelölése nélkül;
- más szerző publikált gondolatainak saját gondolatként való feltüntetése.

Alulírott kijelentem, hogy a plágium fogalmát megismertem. Tudomásul veszem, hogy plágium esetén diplomamunkám visszautasításra kerül.

Továbbá felelősségem tudatában nyilatkozom arról, és aláírással igazolom, hogy a Debreceni Egyetem Elektronikus archívumába (DEA) a <http://dea.lib.unideb.hu/dea/handle/2437/85081> címre feltöltött diplomamunkám mindenben megegyezik a benyújtott papíralapú és/vagy CD formátumú dolgozattal.

Debrecen, 2017 év április hó 18 nap

.....
aláírás

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés.....	3.
II. Tudománytörténeti áttekintés	
1. A modern tudományok közös problémája: a kulturális hagyomány.....	5.
2. Korai elképzelések a nyelv eredetéről.....	7.
3. A történeti-összehasonlító nyelvészet és a családfamodell.....	8.
4. A strukturalista nyelvleírás hatása a nyelvevolúciós elméletekre.....	11.
5. A generatív nyelvészet és a biolingvisztika.....	12.
III. Alternatív megközelítések a nyelvtudományban	
1. A kvantitatív nyelvészet.....	15.
2. Mesterséges intelligencia és gépi elmemodellek.....	19.
3. Módszertani és modellezési problémák a szociolingvisztika szemszögéből.....	23.
IV. Hálózatelvűség a komplex rendszerekben	
1. A gráfelmélet kezdetei és a random gráfok.....	26.
2. Skálafüggetlen hálózatok.....	27.
3. A skálafüggetlen hálózatok alkalmazási lehetőségei a nyelvészetben.....	29.
V. Összegzés.....	32.
Köszönetnyilvánítás.....	35.
Bibliográfia.....	36.

I. Bevezetés

Az evolúciós nyelvészet a nemzetközi interdiszciplináris kutatások rohamosan fejlődő területévé vált az elmúlt néhány évtized során. Mivel a szűkebb értelemben vett nyelvtudomány módszerei hosszú időn keresztül alkalmatlannak bizonyultak arra, hogy ezt a kérdést kellő igényességgel vizsgálják, a klasszikus értelemben vett természettudósok mindmáig létszámfölényben vannak a nyelvészekkel szemben a nyelv eredetével foglalkozó tudományos közösségekben. Bár a kutatások kiterjedt iránya, illetve az alkalmazott módszerek változatossága is megnehezíti a problémáról való kommunikációt, a legnagyobb akadályt az alapfogalmak következetlen használata és a jelenlévő paradigmák kuszasága jelenti. Mindemellett vitathatatlan az is, hogy a nyelv evolúciójának feltárása joggal érdemelte ki „a tudomány legnehezebb kérdése” címet.

Habár valóban az egyik legnehezebb kérdés, egyben rendkívül izgalmas is: már az ősidőktől kezdve foglalkoztatja az emberiséget, felbukkan mítoszokban, eredetmondákban, a legrégebbi iratok között. A nyelvészek a tudományág önállósodásának kezdetekor szintén foglalkoztak ezzel a problémával, majd hosszú szünet után a nyelv eredetének kérdése ismét felszínre került. Mind a kulturális, mind a nyelvészeti hagyományok meghatározzák, hogy az alapvető fogalmakat hogyan kezeljük, és ez az egész területre kihat: a nyelvészek és a biológusok, pszichológusok, matematikusok, informatikusok között számos félreértést okoz az eltérő fogalomhasználat és módszertan. A más tudományágakból érkezők csak felületesen ismerik a kurrens nyelvészeti irányzatot, a generatív nyelvészetet, mely azonban nem az evolúciós szempontokat helyezi előtérbe, és több szempontból sem alkalmas arra, hogy változó rendszereket írjunk le a segítségével.

Ez elsősorban két fő okra vezethető vissza: egyrészt a nyelvtudomány hagyományosan statikus modellekkel dolgozott az idők során, s ez a mai napig hatással van a nyelvfilozófiára, másrészt korábban a megfelelő technológia hiányában nem volt lehetőség olyan kísérletek elvégzésére, melyek rávilágítottak a folyamatok működési mechanizmusára. Azonban nemcsak a nyelvészetnek, hanem a klasszikus értelemben vett természettudományoknak is szembe kellett nézniük ezekkel a problémákkal. Az intenzív interdiszciplináris kommunikációt megkövetelő területek, mint amilyen az evolúciós nyelvészet, lehetővé teszik a nyelvtudomány számára, hogy a nyelvet más, hozzá kapcsolódó rendszerek összefüggésében lássa, és kritikával éljen saját modelljei és nyelvszemlélete irányában.

Alapvető fontosságú volna, hogy először a sokszor axiómaként kezelt alapfogalmakat vizsgáljuk meg új perspektívából, és amennyiben szükséges, újraértelmezzük őket. Ezt úgy tehetjük meg, ha a nyelvtudomány történetét tekintjük át; mind a mainstream irányzatok, mind a kevésbé közismert vagy a megszokottól eltérő elméletek szolgálhatnak fontos tanulságokkal. Egy megfelelő elméleti háttér felépítéséhez a nyelvfilozófia, a modellezés és a gyakorlati kutatások, illetve a kísérleti eredmények közötti folyamatos egyeztetésre van szükség. Az evolúciós nyelvészetben ezek az interakciók gyakran különböző tudományágak között zajlanak, ezért elengedhetetlen a konszenzuson alapuló, stabil fogalmi rendszer kialakítása; azonban nem szabad ragaszkodnunk olyan elképzelésekhez, amelyeket a gyakorlati eredmények meggyőzően cáfolnak.

Az evolúcióelmélettel konzisztens nyelvszemléletnek kezelnie kell a változást és a változatosságot, azonban azzal is számolnia kell, hogy a kulturális evolúcióban tapasztalt jelenségek nem egészen ugyanazok, mint amelyekkel a biológiai evolúcióban találkozhatunk. Ezenfelül nem hagyhatjuk figyelmen kívül a közösség szerepét, hiszen a nyelv a társas viselkedés egyik domináns formája az embernél, és feltételezhető, hogy erős nyomásként hatott a nyelv kialakulására. A kognitív apparátus és az anatómiai tényezők alakulása szintén kulcsfontosságú, hiszen ezek teremtették meg a beszédhez szükséges feltételeket; a koevolúciós folyamatok feltárásával közelebb kerülhetünk a nyelv evolúciójához is.

Bár az evolúciós nyelvészet sokkal több kérdést vet fel, mint amennyit biztosan meg tud válaszolni, abban talán minden kutató egyetért, hogy a nyelvet komplex, dinamikus rendszernek kell tekintenünk. Az ilyen rendszerek problémáira a matematikában és a fizikában is születtek már megoldások, ezek segítségünkre lehetnek olyan modellek megalkotásában, amelyek figyelembe veszik a számos releváns tényezőt, melyekkel számolnunk kell. A komplex rendszerek matematikai modelljei a természetben megfigyelt jelenségek leírására tesznek kísérletet, érvényesek az evolúciós folyamatokra, az agyműködésre és a társas viselkedésre is.

Habár a szociolingvisztika keretein belül gyakran születnek éles kritikák a mesterségesintelligencia-kutatásokon alapuló nyelvevolúciós modellekre, a technológiai háttér számottevő segítséget nyújthat a kutatások során. Dolgozatom célja, hogy olyan elméleti megkötetéseket vázoljon fel, melyek irányt adhatnak a társas-kognitív szemléletet érvényesítő számítógépes modellezéshez az evolúciós nyelvészetben felmerülő alapvető kérdések megválaszolása érdekében.

II. Tudománytörténeti áttekintés

1. A modern tudományok közös problémája: a kulturális hagyomány

A nyelvről alkotott tudományos elméleteink háttérében olyan filozófiai elgondolások állnak, melyek mind kulturális, mind történelmi szempontból mély gyökerekre vezethetők vissza. Különösen igaz ez a nyelv eredetével, kialakulásával kapcsolatos hipotézisekre, hiszen ez a kutatási terület közvetlen adatok híján sokszor nagyobb teret enged a kutatók fantáziájának. Ennek következménye, hogy az evolúciós nyelvészetben a képtelen vagy legalábbis annak tűnő elméletek száma viszonylag magas, ám ugyanakkor ez a tudományterület jól példázza azt is, hogy sokszor az említett kultúratörténeti és nyelvfilozófiai háttér az oka annak, hogy egy egyébként helytálló elméletet képtelennek, egy jóval megalapozatlanabbat pedig valószínűbbnek, elfogadhatóbbnak ítélünk meg.

Az evolúciós nyelvészetről jelenleg elmondható, hogy interdiszciplináris terület, ám főképp a természettudományos szemlélet a domináns, és a szakirodalom jó része kísérleti eredményeket, illetve számítógépes modellezési technikákat közöl, a tudományfilozófia, valamint az elméleti háttér csak implicit módon van jelen. Ennek elsődleges oka, hogy számos kutató klasszikus természettudományos háttérrel rendelkezik ugyan, ám nyelvészeti ismereteik már jóval kevésbé elmélyültek, és ez a hiányosság időnként tévútra vezet az egyébként jól felépített gondolatmenetet. Nagyobb baj azonban, hogy sokszor a nyelvészek nincsenek tisztában az evolúcióelmélettel, és a darwini gondolatok valamilyen tekintetben félreértett változatával alapozzák meg munkáikat, melyeket viszont a természettudósok nem fognak komolyan venni, s így nem is jön létre valódi párbeszéd a részdiszciplínák között. A nyelvészet lemaradása az evolúciókutatások tekintetében részben a Párizsi Nyelvészeti Társaság 1866-os tiltásának köszönhető, és sok nyelvész, újabban például NOAM CHOMSKY is a mai napig vallja, hogy felesleges és lehetetlen feladatra vállalkozik, aki a nyelv kialakulásának kérdéseire tudományos módszerekkel keresi a választ (HAUSER et al. 2014).

Mindebből az is következik, hogy a különböző nyelvészeti irányzatok közötti ellentétek csupán részben tehetőek felelőssé az evolúciós nyelvészetben gyakori inkonzisztenciáért. A nyelvészeti paradigmákkal ugyanis a kutatók nagy része nincs tisztában, és bár a szakmunkák elméleti háttérüket tekintve rendszerezhetők a generatív nyelvészethez fűződő viszonyuk szerint, ez a megközelítés meglehetősen egyoldalúan mutatná be a legtöbbször csak előfeltevésként működő nyelvfilozófiákat. Gyakran az egyes munkák közötti különbségek nem áthidalhatatlanok, csupán abból adódnak, hogy módszertani okokból a

kutatók kénytelenek a nyelvnek egy-egy, általuk fontosnak vélt jellemzőjére fókuszálni, hiszen egy komparatív viselkedéstani kísérletben vagy egy számítógépes modell elkészítése során lehetetlen számba venni valamennyi lehetséges faktort, a statisztikák készítésénél pedig különösen nagy körültekintéssel kell megválasztanunk, milyen korrelációkat veszünk figyelembe. Megfelelő elméleti háttér nélkül azonban minden módszer csak tapogatózás, ahogyan az elméletek sem érnek sokat, amíg kísérletekkel és empirikus adatokkal nem támasztják őket alá. Ezért volna fontos olyan nyelvfilozófiai rendszer kidolgozása, mely a biológiai és kulturális evolúcióról alkotott tudásunkkal összeegyeztethető, biztos alapot jelent a gyakorlati munkák megtervezése és az eredmények értelmezése során, ám kellőképpen flexibilis ahhoz, hogy az evolúciós nyelvészet számos különböző módszeréhez és megközelítéséhez alkalmazható legyen.

Mint már említettem, a tudomány valamennyi területén találkozhatunk olyan esetekkel, melyek azt mutatják, hogy az elméleteket nagyban befolyásolhatja megalkotójuk kulturális háttere (ez alatt nagyobb közösségek, társadalmak kollektív világvélelétét értem). Ez teljesen természetes jelenség, a tudás felhalmozásának szükségszerű velejárója, és éppúgy befolyásolja a klasszikus értelemben vett természettudományok alakulását, mint a nyelvészetét. Az sem könnyít a helyzetünkön, hogy kognitív apparátusunk meglehetősen szegényes eszköztárnak bizonyul, ha a saját magunk és környezetünk működését kívánjuk megérteni, különösen akkor, ha túl szeretnénk lépni a közvetlenül megfigyelhető dolgok síkján. A kulturális–tudománytörténeti–filozófiai háttér és a kognitív rendszerünkből adódó gondolkodásmód tette és teszi nehezzé ma is az olyan folyamatok megértését és elfogadását, mint az evolúció (DAWKINS 2011: 7-12).

Meglehetősen közismert példa ALBERT EINSTEIN esete: az általános relativitáselméletből következik, hogy az univerzumnak dinamikusnak, folyton változónak kell lennie, ám a kultúránkban évszázadok óta gyökerező világvéleltek egytől egyig statikusak. EINSTEIN így hát bevezette egyenleteibe az ún. kozmológiai állandót, mely „korrigálja” a számolásokat, és statikussá teszi a modellt. Évekkel később úgy nyilatkozott, hogy ez volt tudományos karrierjének legnagyobb baklövése, ám korántsem ő volt az egyetlen olyan meghatározó személyiség a modern tudományban, aki egy-egy hipotézis visszavonására kényszerült. Mindebből tanulságként levonhatjuk, hogy valamennyi tudományágnak feladata az impliciten jelen lévő feltételezések feltárása, s ahogyan a fizikusoknak újra és újra meg kell kérdeznüik, hogy a kép, amelyet az elméleteik mutatnak a világegyetemről, mennyire van összhangban a valósággal, úgy a nyelvészeknek is meg kell vizsgálniuk, hogy a nyelvről

alkotott elméleteikből mi következik, és milyen viszonyban van ez azzal, amit megfigyelhetünk.

2. Korai elképzelések a nyelv eredetéről

A legkorábbi gondolatokat a nyelv eredetéről, sőt, az ezzel kapcsolatos „kísérletek” leírásait ókori iratokban találjuk, és bár meglepően hangzik, de ezeknek a naiv elképzeléseknek van néhány olyan eleme, amely később, a tudományos szintű nyelvészetben is tetten érhető. Mint már említettem, ez a legkevésbé sem szégyellnivaló, viszont annál súlyosabb problémákhoz vezetne, ha reflektálatlanul hagynánk ezeket az axiómaként kezelt, ám sokszor teljesen megalapozatlan feltételezéseket. Születtek már olyan munkák, amelyek ezeket a problematikus tételeket a nyelvtudományon belülről indulva, az anomáliákra és ellentmondásokra való rámutatással és kísérleti eredményekkel való összevetés révén tárták fel (például FEHÉR 2016), jelen dolgozat pedig mindezt kívülről, az evolúcióelmélet és más természettudományok szemszögéből kívánja vizsgálni.

Az első „kísérletek” hóbotos uralkodók nevéhez fűződnek, akik legtöbbször úgy próbáltak rátalálni az ősnyelvre, hogy gyerekeket neveltettek anélkül, hogy bárki is beszélt volna hozzájuk. Ami ennél is meglepőbb, hogy állítólag némelyikük eredménnyel is járt: a Kr. e. 7. században, I. Pszammetikosz fáraó „kísérletében” a gyermekek az iratok tanúsága szerint fríg nyelven szólaltak meg. Ezek az elképzelések évszázadokon át tartották magukat a köztudatban: a „kísérletet” a 15. században megismételte IV. Jakab skót király is, ő azt állította, hogy a gyermekek héberül szólaltak meg. Az egyetlen hitelesnek hangzó leírás kicsit korábbról, SALIMBENE ferences barát tollából származik, aki így számol be II. Frigyes német-római császár (12-13. század) kísérletéről: „hiába fáradozott, a gyermekek nem élhettek tenyerük csapkodása, gesztusok, a dajkálás és kedveskedés öröme nélkül” (CRYSTAL 1998: 360-361). Az ehhez hasonló korai próbálkozások mögött egy mitológiai-vallási alapú nyelvszemlélet rejlik: a nyelvet eleve adottnak, teljes egészében velünk születettnek vélik, mely változatlanul marad fenn az idők során, és mind az ősnyelv, mind a nyelvek közötti különbözőség isteni eredetű. Természetesen a tudományos igényű munkákban nem kaphatott helyet a mitológia, sem az efféle etikátlan kísérletek. A farkasgyermekek példájából azt is tudhatjuk, hogy a nyelvcsapáshoz biztosan szükség van legalább egy kevés nyelvi ingerre, s ezt talán még a legradikálisabb innatisták sem vitatják (bővebben PINKER 1999: 261-295).

A nyelv eleve adott, statikus modellje azonban időről időre felbukkan, mind a strukturalistáknál, mind a generatív nyelvtudományban. Az egymástól gyakran nagymértékben eltérő nyelvészeti elméletek között egy dolog viszont konzisztens, mégpedig az evolúciós gondolkodás hiánya: a nyelvtudományban vagy nem válik szemponttá a nyelv keletkezésének kérdése, vagy a darwini gondolatok félreértelmezett, hibás változatát alkalmazzák. DOBZHANSKY (1973) diktátuma kimondja, hogy a biológiában megfigyelhető jelenségekre csak evolúciós szempontból tudunk értelmes magyarázatot adni, s úgy tűnik, ez a megállás más tudományterületek esetében is helytálló. Olyan nyelvészeti modellek megalkotására kell törekednünk tehát, amelyek összhangban vannak az evolúció folyamataival, hiszen a biológiai, kulturális, technológiai stb. evolúcióban hasonló mechanizmusok működnek, így joggal feltételezhetjük, hogy a nyelvi folyamatok sem képeznek kivételt az általános tendencia alól.

3. A történeti-összehasonlító nyelvészet és a családfamodell

A nyelvtudományt a természettudományok közé való besorolása egyáltalán nem új keletű célkitűzés, a „naturalizmus” felé való törekvés már a történeti-összehasonlító nyelvészetben megjelent. Míg a korábbi munkák leginkább a retorikához, a vallási szövegek értelmezéséhez és egyéb, művészi vagy meggyőző célból létrehozott szövegek szerkesztéséhez kötődtek, s ily módon gyakran inkább előírásokat tartalmaznak, mint tényleges megfigyeléseken alapuló adatokat, a történeti nyelvészek elsőként tettek kísérletet arra, hogy az általuk megfigyelt jelenségekre tudományos igényű magyarázatot adjanak. A nyelv keletkezésének kérdése a történeti nyelvészek számára sem lehetett érdektelen, hiszen egy olyan pontot jelentett, amely összekapcsolja az ember evolúciójának kérdését a nyelvészeti kutatásokkal, így egyrészt kijelöl egy interdiszciplináris kutatási területet, másrészt a nyelvtudomány presztízsét közelíti a természettudományokéhoz.

AUGUST SCHLEICHER, a családfamodell megalkotója, munkáiban több olyan dolgot is felvet, melyek meglepően előremutatóak mind a tudományfilozófia, mind az evolúciós nyelvészet szempontjából. Először is kísérletet tesz arra, hogy a darwini gondolatokat beemelje a nyelvészetbe, és hangsúlyozza, hogy a nyelvekre ugyanúgy érvényesek az evolúció törvényei, mint az élővilágra. Másrészt kiemeli a beszédszervek és az agy szerepét, mely napjainkig fontos részét képezi a kutatásoknak, továbbá felismeri azt is, hogy a nyelv nem isteni sugallatra vagy hirtelen felfedezés eredményeként jött létre, hanem hosszú és

fokozatos evolúciós folyamatok révén. Ez utóbbi feltételezést később a biolingvisztikában cáfolták a hirtelen mutáció elméletének jegyében, annak ellenére, hogy logikus, és ma már genetikai bizonyítékokkal is alátámasztható. SCHLEICHER (1865) fontos következtetésként hangoztatja, hogy a nyelvészet a természettudományok közé sorolható, hiszen a beszédképesség alapját anatómiai tényezők adják, a nyelvet egyszerre tekinti a biológiai és a kulturális evolúció termékének; mindezen állításait pedig ma sem kérdőjelezzük meg.

A történeti-összehasonlító nyelvészet általánosan elfogadott tétele volt, hogy a nyelvet és a genetikát függetlenként kezelték, ám párhuzamot vontak a faj és a nyelv fogalma között. Bizonyos leírásokban azonban úgy tűnik, nem történik meg a LINNÉ-féle rendszertan és a darwini evolúcióelmélet paradigmáinak elkülönítése, hiszen, míg előbbi szerint élesen elkülönülő kategóriákkal kell számolnunk, *A fajok eredete* már elmosza ezeket a határokat. SCHLEICHER még viszonylag élesen elkülönülő kategóriákkal számol, és a „systema naturae”-t vonatkoztatja a nyelvek rendszerére, ám későbbi elméletek már figyelembe veszik, sőt, központi kérdésként tekintenek az átmenetekre. Ilyen SCHMIDT hullámelmélete, SCHUCHARDT szivárványelmélete és TRUBECKOJ modellje is: ezek mind abból indulnak ki, hogy nem feltétlenül kell egy alapnyelvet feltételeznünk, és az egyes nyelvekre nemcsak a visszavezethető rokonsági szálak voltak hatással, hanem a későbbi találkozások más nyelvekkel, tehát ők már a különböző nyelvcsaládba tartozó nyelvek közötti keveredést is kezelő modellt próbáltak felvázolni (FEHÉR 2011).

SCHLEICHER rendkívül haladó módon veti fel legközelebbi rokonaink, az emberszabású majmok vizsgálatának lehetőségét, illetve azt, hogy a korai hominidák kommunikációs rendszere valószínűleg az övékhöz hasonló lehetett. Meghúz azonban egy éles határt, mellyel a biolingvisztikában is gyakran találkozhatunk: az emberi beszéd és az állati kommunikációs rendszerek között később hagyományosnak tekinthető különbségtétel, hogy a nyelv képessé tesz az elvont gondolatok megfogalmazására magunkban és társaink felé egyaránt. Ez az elkülönítés évtizedeken keresztül tartotta magát: az állati kommunikációt veleszületett, zárt és motivált jelrendszerként definiálták, és számos szempontból szembeállították vele az emberi nyelvet (PAP–KENESEI–PLÉH 2011). A komparatív viselkedéstani kísérletekre pontosan abból az okból nem került sor, amiért a beszédszervek működésének és az agynak a pontosabb, experimentális és empirikus vizsgálatára sem: hiányzott hozzá a megfelelő technológia. A modellezés szintén gyerekcipőben járt még, az erre legalkalmasabb matematikai koncepció, a gráfelmélet csak évtizedekkel később vált komolyabb kutatások tárgyává, s a családfamodell problémái is jórészt ennek köszönhetőek. Jó

példa erre, hogy SCHLEICHER következetesen megkülönbözteti a tudományos módszerekkel kikövetkeztetett, hipotetikus alapnyelvet („Grundsprache”) és az ősnyelvet („Ursprache”), s bár tanulmányában a poligenezis mellett foglal állást, monoparentális modellezési módszert alkalmaz, ami következetlenségei révén számos félreértésre ad okot.

A családfamodellnek azonban olyan aspektusai is vannak, amelyek nyilvánvalóan nem veszik figyelembe, hogy a nyelv nem önálló biológiai entitás, és nem egészen úgy működik, mint a fajok (FEHÉR 2011). A faj nyilvánvalóan absztrakt kategória, de ténylegesen élő, szaporodó szervezetek halmazaként tekinthető, még ha gyakran nem is egészen világos, hol vannak ennek a halmaznak a határai. A nyelv azonban több szempontból is másképp működik: egyrészt nem gének által öröklődik, hanem a környezetünktől sajátítjuk el, és olyan korlátozás sem érvényes rá, hogy két nagyon különböző nyelvet ne sajátíthatna el ugyanaz a személy, illetve, hogy a nyelvek nem keveredhetnek. A biológiai faj kapcsán például tekintetbe vehetjük, hogy egyes kutyafajták mennyire eltérhetnek morfológiájukban (mint a németjuhász és a csivava), ám elvileg mégis szaporodóképes utódokat hozhatnak létre egymással, más fajoknak lehet közös utódjuk ugyan, de az nem szaporodóképes (ilyen az öszvér), de az egymástól nagymértékben eltérő fajok a legvadabb genetikai kísérletekben sem keverednek egymással. A nyelvekre mindez nem igaz, lehet egy beszélő két- vagy többnyelvű, léteznek kontaktnyelvek (kreolok és pidzsinek), és az is megesik, hogy bizonyos kulturális közegekben keverednek nyelvek, pl. a popkultúrában megjelenő *japanese english* (ROBERTS 2011).

A történeti-összehasonlító nyelvészet klasszikus irányára és az újgrammatizmusra egyaránt jellemző, hogy a nyelvet rendszerként kezelik, a legkisebb alapegységnek pedig a hangot tételezik fel, s a hangváltozási törvényeket tekintik a nyelvi változás fő magyarázó elvének. Az evolúcióbiológiában a csak később, a 20. század elején felfedezett géneket tekinthetjük alapegységnek, eelőtt az egyed, az alfaj, a faj és a bioszféra állnak, mint nagyobb kategóriák, a nyelvet tekintve azonban nyilvánvaló, hogy a hagyományosan definiált nyelvi szintek (hang, morféma, szó, mondat, szöveg) nem feleltethetőek meg ezeknek. Nem igazán tudhatjuk, hogy a kulturális evolúció tekintetében milyen alapegységekkel találkozhatunk, melyek olyan tulajdonságokkal bírnak, mint a gének. Ennek a problémának egy lehetséges megoldására dolgozta ki az evolúcióbiológus RICHARD DAWKINS a mémek koncepcióját 1976-ban. A mém egy olyan kulturálisan terjedő egység, amely replikálódik, és a génekhez hasonlóan képes a mutációra. A memetikai kutatások a mai napig fontos szerepet játszanak a kulturális evolúció kutatásában, ám ennek a fogalmi bázisnak az alkalmazása a

nyelvészetben még mindig problémás, nem egészen biztos, mit tekinthetünk nyelvi mémnek: hangkapcsolatokat, szavakat, esetleg kifejezéseket; ellenben a hang a memetika felfogása szerint nem számít önálló létezőnek. A rendszernyelvészet által felállított szintek nem alkalmasak tehát arra, hogy a kulturális evolúció folyamatait írjuk le a segítségükkel.

4. A strukturalista nyelveírás hatása a nyelvevolúciós elméletekre

Az evolúciós szemléletnek a nyelvtudományba való integrálását azonban nemcsak a Párizsi Nyelvészeti Társaság döntése vetette vissza, hanem a strukturalista szemlélet térhódítása is. Ugyanis az, hogy a nyelv keletkezésének kérdését ekkor még megfelelő módszerek híján nem lehetett tudományos igénnyel kutatni, nem feltétlenül jelenti, hogy az evolúcióelmélet egyáltalán nem is alkalmazható a nyelvészetben, hiszen az általános alapelvek ugyanúgy érvényesek, a különbségek pedig abból adódnak, hogy a kutatási tárgy jellege különbözik a biológiáétól. Ez a már tárgyaltakon felül azzal is jár, hogy a nyelv nem fosszilizálódik, és az írásos emlékek tanulmányozása sem vezet elég messzire az időben. A strukturalisták ezeket a problémákat olyan súlyosnak és megoldhatatlannak látták, hogy úgy vélték, nem célravezető foglalkozni velük, és inkább a nyelv jelenbeli állapotának minél részletesebb leírását helyezték előtérbe.

A modern nyelvtudomány atyjának sokan SAUSSURE-t tartják, és ennek nagy jelentősége van arra nézve, hogy milyen szempontokat ítélték elsődlegesnek évszázadokon át a nyelvtudomány művelői kutatásaik során. Mivel SAUSSURE a szinkrón nyelvészetet, a statikus állapotok leírását vélte előbbre valónak, a mainstream nyelvészeti irányzatok még nagyon sokáig követték ezt a trendet, ám annak, hogy minden leírt jelenségnek valahogyan ki kellett alakulnia az ember evolúciója során, nem szenteltek figyelmet a leíró szemléletű munkákban. A *Bevezetés az általános nyelvészetbe* (1967) valójában nemcsak az a mű, ami a modern nyelvtudományt megalapozza, hanem az is, ami egyben szétválasztja a „tiszta nyelvészetet”, azaz a szinkrón nyelveírást az általa „evolútív nyelvészetnek” nevezett történeti iránytól, mely interdiszciplináris jellege révén a természettudományok felé volt nyitott. A strukturalista nyelvészet művelői a tudományág önállósítására törekedtek, és inkább a társadalomtudományok közé sorolták magukat.

Mindemellett a saussure-i jelfogalomnak is vannak olyan következményei, melyek a mai napig tetten érhetők bármely nyelvészeti irányzatban, beleértve az evolúciós nyelvészetet

is. Ez pedig nem más, mint az önkényesség fogalma, SAUSSURE szerint ugyanis a nyelvi jelek és a jelentés közötti kapcsolat önkényes; ezzel szemben a korban ismert nyelvkeletkezés-elméletek valamiféle motiváltsággal számoltak. Az önkényesség és motiváltság problémája azonban később újra felmerült a kognitív tudományok és a jelnyelvi kutatások megjelenésével. Bár az ókori retorikákból eredő stilisztikai hangszimbolikát a legtöbben pszeudotudományosnak bélyegzik, a nyelvi jelek önkényes volta is vitatható. A kézjelekkel történő kommunikációt éppúgy nyelvnek tekintjük, mint a beszédet, a jelnyelvben azonban feltűnőbbek és könnyebben azonosíthatóak azok az elemek, amelyek valamilyen hasonlóság (forma, hely, irány stb.) alapján motiváltak. A beszélt nyelvben is joggal tételezhetjük fel, hogy a hangutánzó szavakon kívül más elemek is valamilyen módon motiváltak, ezzel kapcsolatban azonban csak a 20. század elején kezdtek kísérleteket végezni, melyek közül a legismertebb a kiki/buba effektus. A klasszikus kísérlet a következőképp zajlik: a résztvevőknek ki kell választaniuk egy kerek és egy szögletes jellegű alakzat közül, melyiknek mi a neve. A résztvevők 95%-a a szögletes formához a „kiki”, a kerekhez a „buba” nevet kapcsolja; ráadásul úgy tűnik, az effektus univerzálisan érvényes (RAMACHANDRAN – HUBBARD 2001).

5. A generatív nyelvészet és a biolingvisztika

A leíró nyelvészet tárgya SAUSSURE szerint a homogén beszédközösség nyelve, és az egyén tudatában, gondolkodásában zajló folyamatokat nem tekinti igazán relevánsnak a kutatások szempontjából, inkább egyfajta társadalompszichológiai jelenségként kezeli őket. NOAM CHOMSKY ennek a dichotómiának a másik oldalára helyezkedik, és egy individualista nézőpontot részesít előnyben, egy ideális beszédközösség ideális beszélőjének képességeire, elméleti folyamataira fókuszál. Az a szemlélet, miszerint a környezetre adott válaszok helyett innát képességeket és elméleti folyamatokat érdemes vizsgálni – többek közt CHOMSKY SKINNER-recenziójának (1967) köszönhetően – elterjedt más tudományokban is, és magával hozta a kognitív fordulatot. A generatív modell mindennek ellenére egyértelműen statikus, bár CHOMSKY komolyan foglalkozik a nyelvvelsajátítással is, de korai munkáiból hiányzik az evolúciós szemlélet.

CHOMSKY pályájának kezdetén egyáltalán nem törekedett arra, hogy bármivel is magyarázza a nyelv keletkezését, viszont a nyelvészetet ismét a természettudományok felé igyekezett fordítani, s ennek következményeképpen megindult a kommunikáció a tudományterületek között. Le kell azonban szögeznünk, hogy mindig voltak olyan

nyelvészek, akik a mainstream irányzatoktól eltérő módon végezték munkájukat, és olyanok is akadtak közöttük, akik nem igazán törődtek a Párizsi Nyelvészeti Társaság tiltásával (róluk bővebben a következő fejezetben esik szó). CHOMSKY olyan nyelvelvárási módszert szeretett volna alkotni, amely megfelelően magyarázza a behaviorizmus által egyszerűen negligált képességeket, és amelynek segítségével a mesterségesintelligencia-kutatások is előrehaladhatnak. Ez azonban a SAUSSURE-éhez hasonlóan szinkrón nyelvelvárást eredményezett, ám a kognitív tudományok közötti interdiszciplináris térben CHOMSKY-nak szembe kellett néznie olyan evolúcióbiológusok kritikáival is, mint JOHN MAYNARD SMITH (1995). A vitából egy új, interdiszciplináris kutatási terület született, a biolingvisztika: a kifejezés használata meglehetősen következtelen, én a generatív nyelvészlelet és főképp az evolúcióbiológia összefogását értem alatta.

Bár maga CHOMSKY 2003-ig nem publikált a témában nagyobb lélegzetű cikket, többen a generatív kereten belül maradvá igyekeztek olyan hipotéziseket felállítani, melyek valamilyen módon megválaszolják a nyelv kialakulásának kérdését. Ilyen volt a hirtelen mutáció elmélete is: sokan korábban is vallották – mint például MAX MÜLLER – hogy olyan kvalitásbeli szakadék van az emberi nyelv és az állati kommunikációs rendszerek között, amelyet hosszú évezredek evolúciós folyamatai sem lettek volna képesek áthidalni, tehát egy nagy ugrásnak kellett bekövetkeznie az emberré válás során. A folytatólagosság hiányát genetikai okokkal magyarázták, nevezetesen azzal, hogy egy hirtelen bekövetkező, nagymértékű mutációnak köszönhetjük nyelvi képességeinknek azt a részét, amely egyedülállóvá tesz bennünket az állatvilágban. Való igaz, hogy kis genetikai eltérések is okozhatnak nagy különbségeket, de egy egész új szerv – a CHOMSKY által feltételezett nyelvi szerv – véletlenszerű kialakulását aligha.

Az evolúcióbiológia, a genetika és a neurológia eredményeinek újbóli beemelése a nyelvészlethe azonban azzal járt, hogy egyre több elmélet vált kísérleti úton tesztelhetővé, ezek közé tartozott az említett nyelvi szerv vagy nyelvlelsajátító készülék, a LAD is. Bár külön ilyen részt az agyban nem találtak, sőt, a hagyományosan nyelvi központoknak tartott Broca- és Wernicke-területekről is kiderült, hogy meglepően flexibilisek, képesek a helyváltoztatásra és nem tekinthetőek kizárólagosan felelősnek a nyelvi készségekért (SZATHMÁRY 2002), CHOMSKY számos kollégájával együtt fenntartja, hogy a rekurzió képessége egyedül az emberben van meg. A sokat idézett CHOMSKY–HAUSER–FITCH (2003) tanulmányban a szerzők egy olyan ememodellt vázolnak fel, melyben helyet kap a tágabb értelemben vett nyelvi képességek (FLB) között minden olyan tulajdonság (szenzomotoros rendszer,

konceptuális-intencionális képességek és egyéb elemek), melyek az állatvilág más tagjainál is megvannak, és a szűk értelemben vett nyelvi képesség halmazába (FLN) kerül a rekurzió. Ezek a tanulmányok programadók voltak az elkövetkező évtizedek komparatív viselkedéstani kutatásaihoz is. FITCH (2010) későbbi kötetében tisztázza, hogy miként vélekedik az ott felvázolt modellről: ő maga egyáltalán nem ragaszkodik hozzá, hogy az FLN halmazába sok tulajdonság kerüljön, sőt, minél kevesebb, annál jobb. Ha ugyanis minden kétséget kizáró bizonyítékokat sikerülne szereznünk arról, hogy az emberi nyelv és az állati kommunikáció között lévő különbségek nem minőségbeliek, az nagyban megkönnyítené az evolúciós nyelvészek dolgát.

Ennek ellenére a területen nem elhanyagolható számban vannak jelen azok a kutatók, akik kitartanak az áthidalhatatlan „nyelvi Rubikon” mellett. Az egyik legismertebb ilyen nyelvész DEREK BICKERTON (2004), aki az új nyelvek speciális helyzetekben történő kialakulásával, a pidzsinizáció jelenségével kívánta modellálni a nyelv evolúcióját. BICKERTON az univerzális grammatika ösztönszerű, innát voltát magyarázza azzal, hogy a különböző anyanyelvű emberek közösséggé válása során a felnőttek egy egyszerűbb pidzsinet kezdenek beszélni, de a gyerekek, akik ezt anyanyelvként sajátítják el, már teljes nyelvtannal beszélnek, így lesz a nyelvből kreol. Ez a feltételezés társadalomtörténeti szempontból is cáfolható, ráadásul úgy tűnik, a pidzsinnek nem fejlődnek tovább kreolokká (MUFWENE 2008). Ahogy a biolingvisztikában szinte mindenkinél, BICKERTONnál is a szintaxis játssza a kulcsfontosságú szerepet, a „Rubikont”, ami a kutatások előrehaladtával egyre vékonyabbá váló határvonalat jelenti az ember és a többi állat között. Az érvelésnek ez a pontja azonban a szakemberek között is vitatott, születtek már szintaktikai elemzések a madárénekek struktúráját tekintve (BERWICK *et al.* 2011) és úgy tűnik, a szintaxisban kulcsszerepet játszó rekurzió jelensége sem feltétlenül van jelen az emberi nyelvekben, vagy legalábbis nem mindegyikben az általunk megszokott módon (EVERETT 2005). A generatív szemléletű nyelvészek közül sem ragaszkodik már mindenki a „szintaxis Rubikonjának” elképzeléséhez, hiszen a neurolingvisztikai és genetikai vizsgálatok, valamint a komparatív viselkedéstan eredményei is alátámasztják, hogy a nyelv jelentős minőségbeli eltéréseket nem igazán mutat, és az evolúcióelmélettel sem a nagy evolúciós ugrások, sem az átjárhatatlan szakadékok feltételezése nem konzisztens (TALLERMANN 2014).

A biolingvisztika egy fontos és előremutató próbálkozás volt a nyelvtudomány részéről az interdiszciplináris kommunikációra, azonban az akadálytalan progressziót bizonyos előfeltevések jelenléte gátolta meg. Ezek a generatív irányzat nyelvfilozófiájában

rejlének: a homogén beszélőközösség feltételezése nagyjából olyan, mintha az egyes fajokat (LINNÉ rendszertanához hasonlóan) tekintenénk egyneműnek, ez pedig ellentétben áll az evolúcióelmélet lényegével, a változás és a változatosság ugyanis az evolúciós folyamatok legfontosabb hajtóereje (SÁNDOR–KAMPIS 2000). Az az elgondolás, hogy az emberi nyelv (és általában, az ember) minőségileg különbözik az állatoktól, sem anatómiai szempontból nem támasztható alá, másrésztől valóban egy evolúciós „szakadékot” kreál az ember és más állatok között, ami ellentmond annak a ténynek, hogy a humánevolúcióban ugyanazok a mechanizmusok játszottak szerepet, amelyek máshol is megfigyelhetők. Az az elgondolás, miszerint az ember valami minőségileg más, különleges lény, tudomány- és kultúrtörténetileg is a legrégebbi időkre nyúlik vissza, ettől függetlenül célravezető lenne, ha az evolúcióelmélet és az újabb kísérletek értelmében felülvizsgálnánk.

III. Alternatív megközelítések a nyelvtudományban

1. A kvantitatív nyelvészet

Annak ellenére, hogy a nyelvészetben belül általában SAUSSURE neve merül fel, mint a modern nyelvtudomány megalapozója, a jelenleg térhódító irányzatok, mint amilyen a korpuszelemzés vagy a számítógépes nyelvészet, egészen más gyökerekre vezethetők vissza. Tekintve, hogy a kvantitatív megközelítés különösen hasznosnak bizonyult a modellezés szempontjából is, érdemes említést tennünk GEORGE KINSLEY ZIPF (1935) munkásságáról, hiszen az általa felfedezett szógyakorisági törvény nemcsak a nyelvre, hanem a kulturális evolúció valamennyi termékére – gazdaság, népességeloszlás, internetes hivatkozások stb. – is érvényes. ZIPF törvénye a közgazdaságban Pareto-eloszlás néven ismert; lényege, hogy egy adott halmaz adott elemének gyakorisági eloszlását adja meg a halmaz mérete és a vizsgált elem gyakorisági rangja alapján.

Képlettel az alább látható módon írható le, a jelölések a következők: N a halmaz elemeinek száma (a szövegünkben található szavak), k az adott elem sorrendi rangja (tehát a leggyakoribb lesz az első, a második leggyakoribb a második, stb.,) az s pedig az eloszlást jellemző exponens értéke.

$$f(k; s, N) = \frac{1/n^s}{\sum_{n=1}^N (1/n^s)}$$

Ebből következik az elemekre érvényes inverz eloszlásfüggvény, ami annyit tesz, hogy a második leggyakoribb elem előfordulási gyakorisága megközelítőleg a fele az első elem gyakoriságának, a harmadik elemé a harmada stb. A Zipf-eloszlást koordináta-rendszerben ábrázolva egy ún. „hosszú farokkal” rendelkező függvényt kapunk, ezekben a rendszerekben ugyanis néhány nagyon gyakori elem található, viszont több olyan van, melyek kis gyakorisággal fordulnak elő (esetünkben ezek a ritkán használt szavak).

Kezdetben a szógyakoriság-elemzést leginkább kódfejtésre, kriptográfiai problémák megoldására használták, és ezekre igen hatékonynak bizonyult, hiszen a Zipf-törvény nemcsak szavakra, hanem betűkre is érvényes, mivel a módszert elsősorban írott szövegekre fejlesztették ki. Ebből adódik, hogy élőnyelvi vizsgálatokra csak bizonyos módosításokkal alkalmazható, és a terjedelmesebb szövegkorpuszok elemzése csak akkor vált lehetségessé, mikor a technológiai háttér megfelelő szintre fejlődött. ZIPF feltételezte, hogy a nyelvi elemek eloszlása azért működik így, mert egy beszélgetés során nem fordítunk egyformán teljes figyelmet mindenre, és a „lényegét” többszörös utalások útján tudjuk megragadni, ám később azt is kimutatták, hogy a véletlenszerűen generált elemekből álló rendszerek is így működnek (WENTIAN LI 1991).

A korpuszelemzés a nyelvet zárt halmaznak tekinti, melyben az egyes szavak, morfémák diszkrét elemekként vannak jelen. Ez azonban nem feltétlenül jelenti, hogy az így feltárt törvényszerűségek ne lennének érvényesek a valóságos, dinamikus nyelvben. A szövegkorpuszt ugyanúgy egy kipreparált mintának kell tekintenünk, mint ahogyan a paleontológusok a fossziliákat, hiszen a kőületek morfológiai és genetikai vizsgálata során rengeteget megtudhatunk az adott élőlényről, a táplálkozásáról, életmódjáról stb.; a viselkedéséről azonban úgy vonhatunk le pontosabb következtetéseket, ha a vizsgált élőlény ma élő rokonait vizsgáljuk, és homológákat keresünk. A korpuszelemzéssel hasonló a helyzet, ám sosem téveszthetjük szem elől, hogy a nyelv nem önálló biológiai entitás, hanem teljes mértékben a beszélőktől függő, társas interakciókból adódó kulturális produktum.

A szavakat vagy morfémákat sem feltétlenül célravezető minden esetben diszkrét elemnek tekintenünk: a szó fogalma, ha lehet, még homályosabb és meghatározhatatlanabb, mint az, hogy mit tekintünk nyelvnek. A hagyományos rendszernyelvészeti felosztás, mint említettem, evolúciós kutatások szempontjából meglehetősen használhatatlan, de akkor sem járunk jól vele, ha kvantitatív módon szeretnénk vizsgálni bizonyos jelenségeket, mint amilyen a gyermeknyelv, az írásbeliség nélküli nyelvek, vagy akár a jelnyelv. Az is szembetűnő, hogy tipológiailag nagymértékben eltérő nyelvek esetében a szógyakoriságelemzés nem feltétlenül hoz egymással összevethető eredményeket, hiszen egy flektáló vagy agglutináló nyelv esetében egész mást tekinthetünk szónak, mint egy inkorporáló nyelv vizsgálata során.

A kvantitatív módszerek a modern természettudomány alapvető sajátosságai. A mérhetőségnek azonban feltétele, hogy valamilyen alap- vagy mértékegységet tudjunk adni vizsgálatunk tárgyának. Ez lehet önkényesen kiválasztott, mint mondjuk a hossz vagy a térfogat – bár gyakran ezeket is valamilyen praktikus dologhoz kötötték – de adódhat a vizsgált anyag tulajdonságaiból, mint a moláris tömeg a kémiában. Az alapegység azonban minden esetben attól függ, hogy milyen aspektusra vagyunk kíváncsiak a mérések során, a mérőműszereket ehhez állítjuk be, és ez alapján jutunk eredményre, azonban bármilyen mintából is dolgozunk, az eredményeink érvényességének túl kell mutatnia a minta halmazának határain, alkalmazhatónak kell lenniük a valóságra. A nyelvészetben ez azonban problematikus lehet, hiszen vizsgálatunk tárgya nem feltétlenül materiális: a beszéd által keltett hanghullámokat például mérhetjük műszerekkel, de ez sem a neurális, sem az evolúciós szempontból nem vezet eredményre.

A kvantitatív módszerek alkalmazásakor a mintánk egy írott szöveg, alapegységként választhatóak egyes írásjelek, melyek egyes hangokat vagy morfémákat reprezentálnak, illetve lehetnek szavak is. Az ezek között felfedezett relációk és erőtvények azonban érvényesek az ezzel a módszerrel közvetlenül nem vizsgálható jelenségekre. Az ilyen általános érvényű erőtvények esetében fel kell tennünk a következőt, méghozzá a DARWIN által is alkalmazott LYELL-elv alapján: ha a jelenben megfigyelhető jelenségek most így működnek, akkor nagy valószínűséggel hasonló elvek alapján működtek a múltban is. Tekintve, hogy a Zipf-eloszlás nem csupán a nyelvben, hanem rengeteg más komplex rendszerben megfigyelhető, melyek nemcsak az ember sajátjai, feltételezhetjük, hogy ez egy mélyen gyökerező tulajdonság, melyet az emberré válásunk előttről hoztunk magunkkal.

Ezek után szembesülhetünk a problémával, hogy evolúciós szempontból milyen alapegység kiválasztása lenne a legmegfelelőbb. Egy önkényesen megválasztott egységgel, mint amilyen a szó vagy a mondat, nem feltétlenül járunk jól, hiszen ezek nem természetes kategóriák, ennek ellenére nem haszontalan az sem, ha ezek valamelyikére alapozzuk modellünket, gondosan meg kell azonban választanunk, hogy milyen módszert alkalmazunk. A tudományosság próbáját egészen biztosan nem fogja kiállni egy olyan proto nyelv-rekonstrukció, amely túl messzire nyúlik vissza az időben, viszont a történeti-összehasonlító módszert alkalmazza, és az egyébként is hipotetikus alapnyelveket felhasználva következtet vissza egy alapnyelvre: ezt a történeti nyelvészek legnagyobb része is teljességgel tudománytalannak tartja, mivel a rekonstrukciók bizonytalansága az eltelt idő hosszával arányosan növekszik (SZILÁGYI N. SÁNDOR 1996). Vehetünk azonban egy tetszőleges magánhangzót –vagy magánhangzó-szerű hangot, melyet a főemlősök is képesek produkálni – és ennek segítségével elindíthatunk egy számítógépes modellt, mely imitáción alapszik. Az egyes szereplők lehetnek egyszerű, önálló számítógépes programok, amelyek némi eltéréssel replikálják az alaphangot, s egy idő elteltével azt fogjuk látni, hogy az eltérések új magánhangzók létrejöttét és komplex rendszerré való szerveződését okozzák (DE BOER 2000). Egy ilyen modellezési technika teljességgel az evolúciós mechanizmusokon alapszik, mint amilyen a replikáció és a mutáció, a végeredmény pedig az a hangrendszer lesz, amelyet a legtöbb természetes nyelv használ.

A nyelvelsajátításra vonatkozó kísérletekből – legyenek ezek a természetes nyelvek elsajátításával kapcsolatosak, vagy mesterséges nyelveken alapulóak – arra következtethetünk, hogy a különböző nyelvtani szerkezeteket statisztikai úton tanuljuk meg. Az AGL-paradigmában („artificial grammar learning”) végzett kísérletek egyik legfontosabb kérdése, hogy statisztikai vagy algebrai úton sajátítunk el struktúrákat, azonban úgy tűnik, nem is igazán lehet olyan kísérleteket tervezni, melyek eredményei nem magyarázhatóak statisztikai szempontból (SAFFRAN 1996, MARCUS 1999, idézi FEHÉR 2016). A bayes-i statisztikai tanulás koncepciója a következőt takarja: egy sorozatban különböző elemek különböző valószínűséggel fordulnak elő egymás mellett, és azokat a kombinációkat fogjuk egy egységként kezelni, amelyek nagy valószínűséggel fordulnak elő együtt. Hogy mit tekintünk egy elemnek, még mindig lehet önkényes: SAFFRANÉK kísérlete például három nyílt szótagból álló szavakon alapult, de számos AGL-kísérlet betűsorok memorizálását írja elő a résztvevők számára (FEHÉR 2016).

Ahhoz, hogy egy olyan alapegységet válasszunk, ami a kognitív képességeket tükrözi és elsődleges az íráshoz képest is, legcélszerűbb, ha gyerekeket vizsgálunk meg. Számos kísérlet kimutatta, hogy az óvodás korú gyerekek, akik egyébként már elsajátították anyanyelvüket, nem teljesítenek jól a fonémabontásos feladatokban, ellenben a szótagolásban jó eredményeket érnek el (KASSAI 1999). Fontos, hogy ezek a szótagok nem feltétlenül egyeznek meg azokkal, amelyeket a helyesírási szabályok szerint képzünk, inkább olyan hangok klasztereinek tekinthetjük őket, melyek szignifikáns gyakorisággal fordulnak elő együtt. Egy ilyen hangcsoportot tekinthetünk egységnek, hiszen úgy látszik, mind a kognitív tevékenységek szempontjából, mind evolúciós szempontból nézve különleges szerepük van. Mindennek alapján feltehető, hogy a gyermeknyelvi kísérletek segíthetnek a nyelvi mémek körüli viták eldöntésében is.

2. Mesterséges intelligencia és gépi elmemodellek

A mesterségesintelligencia-kutatások több szempontból is relevánsak lehetnek a nyelvészet számára: egyrészt a természetes nyelvek és a programnyelvek közötti különbségek feltárása, illetve az ember-gép kommunikáció kérdései jelenthetnek kihívást, másrészt, mint azt DE BOER kísérleténél (2000) láthattuk, már egyszerűbb programok is alkalmasak lehetnek nyelvi változások modellezésére. DE BOER kísérletének másik érdekes aspektusa, hogy ugyanúgy „imitation game”-nek nevezi módszerét, mint ahogy a mesterséges intelligencia első nagy úttörője, ALAN TURING utalt az általa felvázolt tesztre (1950), a különbség az, hogy míg az utóbbinál egy gép kísér meg minél hihetőbben és pontosabban „eljátszani” egy embert, előbbinél a programok imitálják egymást, szándékolatlan tökéletlenül. Az imitáció szintén központi kérdés a nyelvészeti célú modellezésben és kísérletekben: a nyelvelsajátításban – legyen szó anyanyelvről vagy második nyelvről – az egyik legalapvetőbb szerepet az utánzási képességünk játssza, és az egyik ok, amiért a főemlősökkel végzett nyelvtanulási kísérletek mindegyike sikertelen, az, hogy a majmok utánzási képességei elmaradnak az emberétől (HAUN–CALL 2008). Természetesen a hangképző szerveik elhelyezkedése is gátolja őket a beszédben, különös tekintettel a légzsákokra (DE BOER 2012), viszont a jelnyelveket sem sajátítják el olyan könnyen, mint egy ember, és ebben az imitációs szokásaik is szerepet játszanak. A nyelvevolúcióval kapcsolatban gyakran említett aspektus a tükörneuronok működése is, melyek az empátiáért és az imitációért is felelősek (ARBIB 2000). A tükörneuronok, bár megtalálhatóak más állatoknál, az embernél

különösen fontos szerepet játszanak a társas életmód valamennyi aspektusában, mint amilyen a nyelv és a kulturális tanulás.

TURING problémafelvetése azon kívül, hogy napjaink számítógépei még mindig az ő elvei alapján működnek, más szempontból is érdekes kérdésekhez vezet, melyekre JOHN SEARLE (1980) világított rá a kínaiszoba-hipotézis néven ismert gondolat kísérlete során. Ennek lényege, hogy amennyiben egy gép át is megy a Turing-próbán, az még nem feltétlenül jelenti azt, hogy kognitív képességeit tekintve is emberinek minősül, tehát különbséget kell tennünk aközött, hogy az alanynak van-e elméje, vagy csupán imitálja azt. TURING tanulmánya azonban nem feltétlenül megy szembe a kognitív megközelítéssel, hiszen felveti, hogy mindannyian feltételezzük másokról a gondolkodás képességét („theory of mind”), viszont az ő vélekedése szerint ez a gépekre is kiterjeszthető. A gépi „elme” ugyanis a programozótól és a technikai feltételektől függően bárhogyan felépíthető, huzalozható, és minél többet tudunk meg az emberi agyról és gondolkodásról, annál több lehetőségünk nyílik arra, hogy ehhez hasonlóan működő gépeket építsünk modellezési célból, elfogadva mindemellett a tényt, hogy különbségek mindig lesznek. Elsősorban a tervezettséget fontos megemlítenünk, hiszen a gépeket gyakran adott célra építjük és programozzuk, bizonyos tekintetben optimálisabbak lesznek természetes megfelelőiknél. Érdekes azonban megjegyezni azt, hogy a technológiai fejlődésre is éppúgy érvényesek az evolúció törvényei, mint a természetes életformákra.

A számítógépek és az emberi agy közötti hasonlóságokat és különbségeket részletesen TURING kortársa és kollégája, NEUMANN JÁNOS taglalja *A számológép és az agy* című komparatív jellegű munkájában (1959). A közös pont a természetes és a mesterségesen előállított alkatelemek között az, hogy mindkettőnek vannak digitális aspektusai: az idegsejtekben futó impulzusok értelmezhetők kétértékű jelölőkként, amennyiben csak hiányukat vagy jelenlétüket tekintjük relevánsnak vizsgálatunk szempontjából. Analógnak tekinthetők azonban abból a szempontból, hogy külső ingerekre reagálnak, és ezekre adnak különböző válaszokat számos szinten, ezenfelül a szinapszisok képesek az összeadódásra is, és inkább impulzusok sorozataként viselkednek, mint egyszeri, statikus értéként. Hatékonysági mutatókat vizsgálva a mesterséges elemek már NEUMANN korában is felülmúlták a neuronokat reakcióidő tekintetében, azonban az agy térfogata és energiafogyasztása jóval gazdaságosabbnak bizonyult, s ez ma sincs másként.

Az agy egészét tekintve is párhuzamba állítható a számítógépekkel, még hozzá abban az értelemben, ha parancsokat végrehajtó és memóriával rendelkező rendszerként tekintjük. A memória kérdése különösen érdekes, és nyelvészeti szempontból is releváns, hiszen a nyelvelsajátítási folyamatok, a nyelvi gondolkodás és az afáziás jelenségek mind a memóriával hozhatók összefüggésbe. Bizonyos viselkedésmódok, reakciók értelmezhetőek programként, az utánpótlás például TURING alapján a rövidprogram analógiája lehet. A korai számítógépekben az inputot a gép kezelője által beadott utasítások jelentették, ám azóta számos olyan rendszer készült, amelyek rendelkeznek valamiféle kognitív apparátussal, tehát érzékelik a külvilágot, és önállóan választják ki a reakciót saját repertoárjukból, valamint a tanulásra is képesek. A nyelvtanuló programok kifejlesztése miatt vált szükségessé, hogy soha nem sikerült szótárak és grammatikai szabályok betáplálásával olyan gépet készíteni, amely átmegy a Turing-teszten: ezzel is bebizonyosodott, hogy a nyelvhasználatnak más fontos aspektusai is vannak, és az olyan modellek, melyek kizárólag a mentális lexikont és az ezzel operáló szabályokat feltételezik, legfeljebb csak egy részét írják le annak, amit nyelvnek nevezünk.

Bizonyos technikai korlátai vannak azonban annak, hogy az emberi agytól csak anyagában különböző mesterséges rendszert hozzunk létre, s ennek okaira részben már NEUMANN (1959) is rámutat: a fent taglalt eltéréseken túl ugyanis egy alapvető és igen fontos különbséggel is számolhatunk, ez pedig az impulzusok értékelésében keresendő. Az egyes impulzusokra adott reakció ugyanis az ingerlés intenzitásától és gyakoriságától függ, az agy tehát statisztikus jelfeldolgozó rendszerként működik, s emiatt jóval több hibát képes problémamentesen kezelni. A számítógépek ezzel szemben digitális természetűek, és ennél fogva soros berendezésként hatékonyabban működnek, míg az idegrendszerénél a párhuzamos felépítés a célravezetőbb. Ez a két elrendezés nem teljesen feleltethető meg egymásnak, és nem lehet átépíteni egyiket a másikba. Egy másik, meglehetősen nyilvánvaló különbség az, hogy egy gépi hardver és szoftver jóval kevésbé függ egymástól, mint az emberi idegrendszer és az elme, hiszen előfordul ugyan, hogy egyes számítógépek valamilyen okból nem kompatibilisek szoftverekkel, de a memóriájuk tetszés szerint törölhető, s az előhívott dolgok sem változnak meg vagy tűnnek el az idő során. Az embernél az emlékeket törölni nem lehet, viszont mindenféle behatásra változhatnak, és az elme egyik része sem tölthető le vagy másolható át egy másik ember agyába (egyelőre), mindemellett az agy nagymértékű plaszticitása és egyedisége sem figyelhető meg a mesterséges rendszerekben. A

„sétáló elme” elmélete az emberi tudat és az agy között olyan összefüggésekre mutat rá, melyekről a gépek esetében nem lehet beszélni (KIS TAMÁS 2003).

A különbségek ellenére NEUMANN hasonló álláspontra helyezkedett, mint TURING, hiszen úgy vélte, hogy egy rendszer minősülhet élőlénynek és akár gondolkodónak is, függetlenül attól, hogy milyen anyagból épül fel. Napjainkra a kettő közötti határ még inkább elmosódott, hiszen mind a kibernetika, mind a programozás olyan szintre ért, ahol a TURING és NEUMANN által felvázolt problémák kézzelfogható formát öltenek, ilyenek a mechanikus testrészek és testbe építhető érzékelők, vagy az evolúciót modellező programok is. Ezek a mesterséges életformák („artificial life” vagy „A-Life”) változtatható fittségi, valamint replikációs és mutációs rátával néhány perc alatt képesek bemutatni, hogyan zajlanak le folyamatok a biológiai evolúcióban akár évszázadok alatt, és rendkívül hasznosak lehetnek morfológiai és genetikai változások vizsgálata kapcsán (DAWKINS 2011: 63-104).

Mint láhattuk, az agykutatás és a számítástechnika a kezdetektől fogva erősen motivált volt egymás eredményei által, és ez nincs másként napjainkban sem. Amellett, hogy az agy vizsgálatához szükséges eszközök mind a modern technológia vívmányai, az agyról való gondolkodást mindig befolyásolta az is, hogy hogyan építjük fel a számítógépeket, és fordítva. Ennek eredménye az informatikában korszakalkotónak tekintett neurális hálók koncepciója, amely alkalmas lehet arra, hogy kognitív nyelvészeti modelleket is készítsünk. Habár ezek a hálók nem egészen úgy épülnek fel, mint ahogyan – napjaink neurológiai modelljei szerint – az emberi agy, inkább egy modularista megközelítésbe illeszkednek, de kiindulópontnak megfelelőek. Továbbra is kérdéses, hogyan tudnánk mechanikus úton készíteni olyan egységeket, mint a neuronok, ezzel kapcsolatos kísérletek még folynak például félvezetők kapcsán vagy olyan robotok készítésével, melyeket valódi, emberi idegsejtek irányítanak (WARWICK 2010).

Bármilyen magas szintű mesterséges intelligenciát sikerül is építenünk, és bármennyire is megközelíti ennek felépítése az emberi agyat, azt aligha várhatjuk egy ilyen rendszertől, hogy nyelvészeti szempontból is megfelelő modell legyen a számunkra, különös tekintettel arra, hogyha evolúciós problémákra keresünk választ. A nyelvnek, mely primer funkcióját tekintve mégiscsak kommunikációs eszköz, nem is lett volna értelme kialakulnia társas környezet nélkül, és az evolúciós nyelvészek jó része egyetért abban, hogy a nyelvre ható szelekciós nyomások a szociális viselkedéshez köthetők, legyen ez anya-gyermek közötti kapcsolat, szolidaritás kifejezése, viták rendezése vagy akár az udvarlás. A nyelvi

változatosság kialakulása is csak többszereplős modellben magyarázható, mint amelyet már láthattunk DE BOER munkái kapcsán. Hasonló kísérletet tervezett LUC STEELS (2000), aki komplexebb felépítésű robotikus ágensek segítségével az interakciók során létrejövő elnevezéseket vizsgálja („naming game”). A kísérleti alanyok képesek nyelvi elemek produkciójára és percepciójára, s ezek segítségével lépnek kapcsolatba egymással, valamint a külvilággal is. A nevek – elsősorban a főnevek – a kognitív szemlélet szerint prototipikus megnevezései a dolgoknak, és gyakran motiváltak valamiféle jellegzetes tulajdonság alapján (RESZEGI 2009). STEELSnél is ezen elvek alapján működnek a megnevezések, a társas interakciók pedig a játékelméletek keretein belül zajlanak.

A játékelméletek elvei számos komplex rendszerben érvényesülnek, elsősorban arra alkalmasak, hogy egyes önálló – de nem feltétlenül tudatos – döntéseket meghozó egyedek más egyedekkel szembeni viselkedését leírják (NEUMANN–MORGENSTERN 1944). Alkalmazhatóak politikai, gazdasági és evolúciós problémák esetében is, a biológiai evolúcióra pedig JOHN MAYNARD SMITH (1982) vonatkoztatta először. Alkalmas az olyan nyelvevolúcióval is kapcsolatba hozható viselkedések magyarázatára, mint a rokonszelekció (FITCH 2004), vagy az altruizmus bármilyen formája. A nyelvészet egyik fontos dilemmájára is választ adhat ez a megközelítés, nevezetesen arra, hogy valamennyien kicsit eltérő genetikai háttérrel, agyszerkezettel, emlékekkel és világképpel rendelkezünk, és még az egy családban felnövő gyerekek is kicsit másképp beszélnek ugyanazt a nyelvet, de egy nyelv beszélői általában mégis megértik egymást. A játékelméletek alkalmasak arra is, hogy különböző társas viselkedésmintákat írjanak le formális eszközökkel.

3. Módszertani és modellezési problémák a szociolingvisztika szemszögéből

A klasszikus szociolingvisztika alapelvei már számos, az előzőekben felmerült problémára nyújtanak megoldást. A LABOV (1972) által megalapozott élőnyelvi vizsgálatok adatai sokkal jobban tükrözik a valóságos nyelvhasználatot, mint az írott korpuszok, ám ugyanúgy kvantitatív módszerekkel értékelik ki őket, ezáltal a mérhetőség kritériuma teljesül, és az irányzat természettudományos keretek közt marad. Szintén nagy előny, hogy az így elkészített statisztikák elemzése során a nyelvi jelenségeket nem önmagukból, a nyelven belülről magyarázzák, hanem nagyobb rendszerek részeként: ilyen a társas viselkedés, az identitás, a kognitív rendszer működése és a kulturális tanulás. A nyelv társas funkciójának középpontba helyezése evolúciós szempontból is rendkívül célravezető, és nem csupán a

nyelv kialakulására ható nyomás feltárásában, hiszen megfigyelhetjük, hogy ez az erő azóta is hatással van a nyelvi változásra. A nyelvi változások, mint minden más változási folyamat, a DARWIN által is alkalmazott Lyell-elv szerint működnek, tehát a napjainkban megfigyelhető folyamatok vizsgálata közelebb visz bennünket a régebben lezajlott változások megértéséhez.

Bár a szociolingvisztika első hulláma még inkább a társadalomtudományok felé tendált, napjainkban nem annyira a társadalom, hanem a dunbari értelemben vett közösség koncepciója (DUNBAR 1992) áll a középpontban, melynek szintén erőteljes evolúciós és etológiai vonatkozásai is vannak. A szociolingvisztikában felmerülő problémákra a biológia is segíthet megoldást találni, ilyen például a klasszikus beszédközösség-fogalom, mely bizonyos tekintetben homogenizálja a beszélőket; a homogenitás azonban kerülendő egy olyan keretben, melynek egyik legfőbb újítása a változatosság beemelése a kutatásokba. A faj fogalmával kapcsolatban ugyanis nagyon hasonló kérdések merültek fel az evolúcióbiológiában, így a fajok diverzitása nem csupán az egyes nyelvek sokféleségének analógiája lehet, hanem akár az egyes közösségeké és nyelvváltozatoké. A lényeg, hogy olyan modelleket építsünk, melyekben helyet kap a változatosság és a dinamika, de megjelennek az egyes kategóriák is. Számos elképzelés ezen pontok valamelyikén bukik el: bár az evolúciós gondolkodás lényege a változás megragadása, nem mindegyik modellnek sikerül kezelnie a dinamikát, és inkább arra tesznek kísérletet, hogy a beszédképtelen, majomszerű közös őstől a modern nyelvig vezető legrövidebb utat leírják. DARWINTÓL tudhatjuk, hogy az evolúció vak, és semmiféle céltudatosság nincs benne, így a valóságban a változások bizonyára nem a legrövidebb útvonalat követték. A szociolingvisztikai statisztikákat szemlélve láthatjuk, hogy ez ma sincs másképp, és a nyelv egy „kifejlett állapotának” és az ehhez vezető lépcsőknek a feltételezése helyett egy folyton mozgásban lévő rendszert kell elképzelnünk. Ennek modellezéséhez a matematika segítségére is szükségünk lesz, ahogyan azt EDGAR SCHNEIDER (2007) is alkalmazta a posztkoloniális angol nyelvváltozatok társasnyelvészeti alapú leírásában.

A kvantitatív szempont tehát a szociolingvisztika módszertanában is érvényesül, azonban a számítógépes modellezéstől a legtöbb társasnyelvész ódzkodni látszik. Legyen szó egy-egy nyelvi jelenségről vagy mesterséges intelligenciáról, a társas szempont a legritkább esetben jelenik csak meg a faktorok között. Mint az fentebb már kifejtésre került, a gépek számára korántsem létfonosságú a társas közeg, s bár az utánzásra lehet őket programozni, az empátia képessége ezzel nem jár együtt. A főemlősöknél ezzel ellentétben megfigyelhető a társas viselkedés valamennyi aspektusa, és az érzelmek kifejezése is, ám nyelvi képességek

tekintetében elmaradnak tőlünk: bár néhány száz jelet megtanulnak, és bizonyos szinten ezek kombinálására, sőt, új kifejezések megalkotására is képesek, az ő „nyelvük” komplexitás tekintetében jócskán elmarad az emberétől.

Az olyan többszereplős számítógépes modellek, mint STEELSÉ (2000), szintén problematikusak lehetnek a társasnyelvészet szempontjából. A gépi ágensek ugyanis egyformák, homogén közösséget alkotnak valódi szociális kötelékek és identitás nélkül, ezek pedig kulcsfontosságúak lennének a szociolingvisztika számára. Ne feledjük azonban, hogy az ilyen lecsupaszított modellek is fontos eredményekkel szolgálnak egy-egy részrendszer tekintetében, és ha így is mutatják azokat a jelenségeket, amelyekre a kísérlet tervezője kíváncsi volt, akkor egy kevésbé komplex rendszer is megfelel a célnak. Hasonló a helyzet az AGL-kísérletekkel, ahol gyakran nemcsak a társas közeget, de még a jelentést is leválasztják a nyelvről, ám ennek ellenére a tanulási mechanizmusok működnek. Ha az önszerveződés mechanizmusait sikerül egy ilyen modellel megmagyarázni, az eredmények összevethetőek a társasnyelvészeti módszerekkel leírt nyelvi változásokkal, s ilyen módon tesztelhető a hatékonyságuk is.

IV. Hálózatelvűség a komplex rendszerekben

I. A gráfelmélet kezdetei és a random gráfok

Akár az elmét, akár a társas kapcsolatokat vizsgáljuk, mindenképp olyan modellre van szükségünk, melyben érvényesülnek a kapcsolati rendszerek, ám a kategóriák sem tűnnek el. A klasszikus modularista elmélet élesen elhatárolódó kategóriákkal számol, melyek belső szerkezetét nem tárja fel, egy radikális konnektionista modellben viszont csak a kapcsolatok lennének jelen. Társas-kognitív szempontból mind a kettő előnytelen, hiszen a kategorikus percepció elmélete által vázolt „bolyhos szélű” halmazokat és a nyelvi változások terjedésében megfigyelhető tendenciákat egyik sem reprezentálja kellő pontossággal (SZILÁNYI N. 1996, 110-115). A hálózatelvűség szükségességét alátámasztják a neurológia eredményei: az agyban plasztikus, elmosódott területek jelenlétét mutatták ki, melyek különféle erősségű kapcsolatban vannak egymással, s az egyes neuronok is különböző valószínűséggel kapcsolódnak egymáshoz. A nyelv elsajátítása és használata szintén társas interakciók, kapcsolatok révén folyik, figyelembe kell vennünk azonban, hogy a közösség tagjai különböző viszonyban vannak egymással, és ez nagyban kihat a nyelvi jelenségekre is. Az evolúciós szempont ezenfelül megköveteli, hogy olyan hálózatmodellt építsünk, mely képes a folyamatos változások kezelésére, és nem válik statikussá egy adott állapot elérésével.

A klasszikus gráfelmélet ezeknek a feltételeknek csak részben tesz eleget, viszont kiindulópontként szolgálhat ahhoz, hogy megértsük a hálózatelvű modellek általános működési elveit. A gráfelmélet kezdetei EULER nevéhez kötődnek, aki egy egészen hétköznapi problémával találkozott a Königsbergi hidak kapcsán. Königsberg – ma Kalinyingrád, Oroszország – nevezetessége hét hídja volt, melyek négy földdarabot kötöttek össze. A hidak megépítése után a helyiek között elterjedt, hogy szórakozásképp megpróbálták olyan útvonalat találni, mely valamennyi hidat magában foglalja, és a végpont egybeesik a kiindulóponttal; azzal a kitételrel, hogy minden hídon csak egyszer szabad átmenni. EULER matematikai módszerekkel bizonyította, hogy ez nem lehetséges: egy gráffal modellezte a problémát, melyben a földdarabok csúcsoknak, a hidak pedig a gráf éleinek feleltek meg, s így láthatóvá vált, hogy nem létezik olyan útvonal, amely eleget tenne a fenti feltételeknek, mivel ehhez az szükséges, hogy a páratlan fokszámú csúcsok száma 0 vagy 2 legyen (BARABÁSI 2017, 2.1). A történet minden szempontból

szerencsés véget ért: a königsbergiek építettek még egy hidat, a gráfelmélet pedig új perspektívákat nyitott meg a matematikában.

A gráfok alkalmasak arra, hogy ettől sokkal bonyolultabb rendszereket is reprezentáljanak, többek között a korábban említett neurális hálók vagy a mesterséges nyelvtanok szabályait. A komplexitás megragadását célzó első és talán az egyik legismertebb modell az ERDŐS-RÉNYI (ER) random gráf. Mint minden gráf, ez is adott számú csúcsok halmaza, melyeket tetszőleges számú éllel kötünk össze. Modellezési szempontból a csúcsok reprezentálják a halmaz elemeit – tehát bármit, amit alapegységnek tekintünk, ezek lehetnek szavak, idegsejtek stb. – az élek pedig a közöttük lévő kapcsolatokat. Az ER-gráfok a következőképp épülnek fel: adott a csúcsok halmaza, illetve a kapcsolatok száma, mely a gráf sűrűségét adja, ettől függ, hogy két tetszőleges csúcs között mekkora valószínűséggel található él. Minél sűrűbb a gráf, annál több a kapcsolat, és annál nagyobb az egyes csúcsokba befutó élek száma, azaz a fokszám. Ha az élek számát növeljük, minden egyes új kapcsolat teljesen esetleges, tehát random módon oszlik el a csúcsok között; mivel azonban a csúcsok száma nem növekszik, csak a kapcsolatoké, egy ponton bekövetkezik az, hogy minden csúcsból vezet él az összes többi csúcsba, s ekkor a rendszer statikussá válik (ERDŐS–RÉNYI 1959). A random gráfok, bár elméleti szempontból fontos előrelépést jelentettek, nem alkalmasak a legtöbb valóságban létező komplex rendszer modellezésére. Az ER-modell alapján nem jósolható meg például, hogy milyen erőtvények érvényesülnek a kapcsolatok kialakulásakor. Amennyiben a nyelvészetben sikeresen alkalmazható matematikai modellt keresünk, a következő szempontokat kell figyelembe vennünk: a hálózatnak meg kell mutatnia a kapcsolatokat, ám kezelnie kell az összetartozó kategóriákat is, érvényesítenie kell a Zipf-törvény eloszlási mutatóit, mindemellett alkalmazhatónak kell lennie az evolúciós folyamatok kezelésére.

II. Skálafüggetlen hálózatok

Mind evolúciós, mind társas szempontból megközelítve a problémát, az tűnik a legegyszerűbbnek, ha a nyelvi változások terjedésének sajátosságait vesszük alapul. A korábbiakban már megállapítottuk, hogy a nyelv legfőbb funkciójának a kommunikációt tekinthetjük. Ebből kiindulva érdemes megvizsgálni, hogy miként zajlanak le a társas interakciók az egyes beszélők között; könnyen felmérhető például, hogy a telefonhívások

vagy az e-mailek milyen hálózatot rajzolnak ki az egymással kommunikáló felek között. A valós hálózatok kutatása a kilencvenes években kezdődött, és azért is vált az interdiszciplináris tudományterületek fontos részévé, mert módszereivel feltárhatóakká váltak a társadalmi, gazdasági és biológiai folyamatok mögött meghúzódó általános alapelvek. Az első komolyabb kísérlet valós hálózatok leírására a WATTS–STROGATZ (WS) modell, mely a random gráfok közé sorolható, de megragad olyan tulajdonságokat is, amelyekben a valós hálózatok eltérnek ezektől: a klaszterezettséget és a kisvilág-tulajdonságot.

A WS-modell elkészítéséhez DUNCAN WATTS és STEVEN STROGATZ (1998) olyan valós rendszereket vettek alapul, mint a fonálférgek idegrendszere, az Egyesült Államok nyugati részének áramellátása és filmszínészek kollaborációs hálózata, ám feltételezték, hogy egy megfelelő hálózatmodell még ettől is szélesebb körben lesz érvényes. A modell elsődleges célja a random gráfok „újrakalkulálása” olyan módon, hogy alkalmazható legyen a dinamikus rendszerek önszerveződésének leírására. A random gráfokban már megfigyelhető, hogy a csúcsok között mérhető átlagos távolság – tehát, hogy egy tetszőlegesen kijelölt csúcsból hány csúcson keresztül juthatunk el egy szintén tetszőleges másik csúcsba – meglehetősen rövid, egészen pontosan hat lépés, ezt nevezzük kisvilág-tulajdonságnak. Az elnevezés egy egészen hétköznapi tapasztalatból ered: mikor új ismeretségeket kötünk, gyakran kiderül, hogy az illető már ismeri valamelyik barátunkat. Az interneten, a közösségi oldalakon jól megfigyelhető ez az egész emberi populációt átfogó ismeretségi rendszer. Egy másik jellegzetessége az ilyen hálózatoknak a klasztereződés, mely általánosságban kisebb, szorosan összetartozó csoportokat jelent. A WS-modell ezeket a klasztereződési együttható bevezetésével próbálja kezelni, azonban a többi random gráfhoz hasonlóan ez a koncepció is csúcsok zárt halmazával operál, s ebből következik, hogy nem alkalmas a növekvő hálózatok leírására, így az evolúciós szempont és a komplexebbé válás jelensége itt is magyarázat nélkül marad.

A mindmáig legsikeresebb megközelítés a BARABÁSI–ALBERT (BA) modell vagy skálafüggetlen hálózat, mely képes arra, hogy magyarázza a növekvő hálózatok működési elveit. A BA-modell (1999) legnagyobb újítása, hogy elszakad a klasszikus gráfelmélet kereteitől, és nem zárt halmazokkal operál, hanem folyamatosan növekvő hálózatokkal. Míg az eddigi modellekben az élek voltak változók, a skálafüggetlen hálózatokban azt vizsgáljuk, hogy mi történik, ha új elemeket adunk a rendszerhez. Egy erőtvényen alapuló képlet jósolja meg, hogy az új elemnek mekkora valószínűséggel lesznek kapcsolatai a már meglévőkkel, méghozzá aképpen, hogy egy hozzáadott új elem mindig nagyobb

valószínűséggel kapcsolódik olyan korábbi elemekkel, melyeknek nagyobb a fokszáma. A dinamikusság mellett egy másik nagy előnye is van: az egyes csúcsok fokszámainak eloszlása a random gráfokkal ellentétben nem a közepes átlaggal számoló Poisson-eloszlást, hanem a Pareto- vagy Zipf- eloszlást mutatja, a hálózatban tehát néhány kiugróan magas fokszámú összekötőt, azaz *hub*-ot találunk, az alacsony fokszámú csúcsok pedig jóval nagyobb mennyiségben vannak jelen. A skálafüggetlen hálózatok definíció szerint is erőtvények alapján működnek.

Nem kizárólag elméleti matematikai problémák megoldása során fedezték fel őket, hanem akárcsak a WS-modell, nagyon is valós rendszerek megfigyelése során születtek, ráadásul sokkal nagyobb és bonyolultabb rendszerek leírására is alkalmasak, mint például a közösségi oldalak felhasználói közötti kapcsolatok, cégek felépítése, titkos szervezetek vagy a vírusok terjedése. Mindemellett természetesen számos más hálózat szerkezete is feltárható, azonban ezek a példák a leginkább relevánsak a számunkra, hiszen emberek, vagyis beszélők közötti kapcsolatokról van szó. Nyelvészek számára is feltűnt már, hogy a nyelvi jelenségek terjedése nagyban hasonlít a vírusokéra (MUFWENE 2008, 22-27), és ez nem véletlen, hiszen a társas interakciók, mint azt a digitális kommunikáció megfigyelése során gyűjtött adatokból is látható, a skálafüggetlen hálózatok térképére illeszkednek.

Az, hogy egy-egy beszélő között van-e kapcsolat vagy nincs, jó kiindulópont, de nem ez az egyetlen faktor, amivel számolnunk kell, hiszen az emberek egymáshoz való viszonyulása igen sokféle lehet: vannak, akik gyakran és sokat beszélgetnek, mások legfeljebb udvariasságból váltanak pár szót, és vannak, akik sosem jutnak túl a köszönésen. Mindez nagyban meghatározza az egyes nyelvi jelenségek terjedésének valószínűségét. A kapcsolatok erősségének feltárására is lehetőség van a BA-modellben, ezeket súlyozott hálózatoknak nevezzük. Talán nem meglepő, hogy ennek szükségessége pont a társas kapcsolatok modellezése alapján merült fel, ám a természetben előforduló komplex rendszerek legkülönbözőbb típusaira alkalmazható: a tudó működése, kutatói együttműködések, járványok terjedése, sőt, az ökoszisztéma felépülésében is nagy szerepet játszanak a különféle erősségű kapcsolatok. A kutatók ugyanis gyakran azt vették észre, hogy nemcsak a sok kapcsolattal rendelkező összekötők, vagy az erősebb kapcsolatok játszanak fontos szerepet a rendszerek vagy közösségek életében, hanem gyakran az adott csoporton kívülre vezető, gyengébb kapcsolatszálak is. Ezek leírása matematikailag egy új kihívás a hálózatkutatók számára, hiszen az új modelleket folyamatosan össze kell vetni a valóságos hálózatokkal. Tökéletes megoldás bizonyára nincsen, számunkra viszont egyelőre elég az is, hogy a közösségek

felépülését és változásait már meglehetősen pontosan le tudjuk írni a súlyozott skálafüggetlen modellel (YOOK–YEONG–BARABÁSI 2001).

3. A skálafüggetlen hálózatok alkalmazási lehetőségei a nyelvészetben

Létezik tehát olyan modell, amelynek segítségével mind társas, mind pedig neurális szinten zajló változások leírhatóak, sőt, szimulálhatóak is. A skálafüggetlen hálózatok kifejezetten alkalmasak evolúciós folyamatok vizsgálatára, hiszen egyik legszembevetőbb jellemzőjük az, hogy fokozatosan válnak egyre komplexebbé. Ez mind a biológiai, mind a kulturális evolúció tekintetében kulcsfontosságúnak tekinthető, hiszen a hirtelennek tűnő változások „rejtélye” is ebben rejlik: ahogyan egyre több eleme lesz a hálózatnak, úgy alakulnak ki az összekötő pontok a preferenciális kapcsolódás által. A külső szemlélő számára ez gyakran hirtelen változásnak tűnhet, főleg, ha csak a hálózat növekedését figyeljük, azonban a hubok kialakulása is fokozatosan megy végbe. A klaszterek, tehát a szorosabban összekapcsolt kisebb csoportok a random hálózatoknál erősebben vannak jelen a BA-modellben, mely szintén ideálissá teszi arra, hogy nyelvi jelenségekre is alkalmazzuk (BARABÁSI 2017, 5.10).

Legalább egy fontos probléma azonban itt is felmerül, ez pedig nem más, mint a már említett alapegység kérdése. Mint láthattuk, valamennyi hálózat, a legegyszerűbb Euler-féle gráftól a folytonosan növekvő, súlyozott skálafüggetlen modellig éllekké és csúcsokkal operálnak. Az élleket könnyen megfeleltethetjük bármilyen kapcsolatnak, legyen az kölcsönös vagy egyirányú – az irányított hálózatok képesek kezelni a sorrendiséget is –, azonban a csúcsokat egy elvont rendszer esetén, mint amilyen a kulturális evolúció bármilyen terméke, már nehezebb konkrét fizikai entitásoknak megfeleltetni. A nyelv esetében tekinthetjük a beszélőket csúcsoknak, és vizsgálhatjuk az ő társas interakcióikat. Megfigyelhetjük egy-egy nyelvi jelenség (szó, kifejezés, szólásmondás stb.) terjedését és alakulását a közösségekben, vagy akár több közösséget vizsgálva összehasonlíthatjuk, hogy mely jelenségek terjednek az egyes csoportok között, és melyek azok, amelyek a klasztereken belül maradván közösségi nyelvként, csoportszlengként funkcionálnak. A két- vagy többnyelvűségi helyzetek is látványosan szemléltethetőek a modellben, hiszen akár egy-egy klasztert tekintünk egy nyelvnek, akár az internet modelljeihez hasonlóan két- vagy többrészes (ún. *bipartite*) hálózatot alkalmazunk, könnyen követhetjük az egyes kölcsönhatásokat, és számszerű adatokhoz is juthatunk.

Ha a kognitív szempontot kívánjuk előtérbe helyezni, a skálafüggetlen hálózatok segítségével feltérképezhetjük az agy működését, hiszen az idegsejtek pontosan úgy kapcsolódnak egymáshoz, ahogyan azt a BA-modell megjósolja. A modell alkalmazása már széleskörűen elterjedt az orvostudományban, hiszen ezek az elvek általános érvényűnek bizonyultak a biológiai szervezetek felépülésében. Ha azt szeretnénk tehát megtudni, hogy hogyan is van jelen a nyelv az agyban, az alapegységünk lehet egy neuron, a Broca- és Wernicke-területek klaszterek lesznek, számos területen kívüli kapcsolattal és jelentős plaszticitással. A BA-modell arra is megfelel, hogy segítségével az afáziás jelenségeket folyamatukban térképezzük fel: egy skálafüggetlen hálózat azért rendkívül stabil rendszer, mert ha random módon iktatunk ki csúcsokat, az összekötők a hálózatot erősen összetartják, ezt nevezzük a hálózat robusztusságának. Ha azonban az összekötőket célzottan támadjuk, a hálózat nagyon hamar szétesik (BARABÁSI 2017, 8.4).

Mindezekon felül érdemes lenne megpróbálni, hogy a konkrét biológiai entitásokon kívül alkalmazható-e a modell kissé „elvontabb” jelenségekre is, mint amilyenek a kulturális evolúció termékei, különös tekintettel a nyelvre és annak kialakulására. Az alapegység kérdése itt válik egészen problematikusává, hiszen, ahogy már korábban is láthattuk, a klasszikus rendszernyelvészeti kategóriák nem feleltethetőek meg sem a biológiában alkalmazott egységekkel, sem pedig a valóságos nyelvhasználattal – ettől függetlenül az ilyen típusú vizsgálatok sem haszontalanok. Írott szövegek elemzése során könnyebb a dolgunk, például szavak eloszlása és sorrendi kapcsolódásai esetén. Ebben a kategóriában születtek is már figyelemreméltó munkák, például FERRER I CANCHO–SOLÉ (2001), melyek kimutatták, hogy írott szövegekben található szavak sorrendisége skálafüggetlen hálózatokkal modellezhető. A legjobb megoldás azonban mégiscsak az lenne, ha természetes egységekkel dolgoznánk, hiszen ezek segítségével egészen a kezdetektől fogva feltárható lenne, hogy nagyjából milyen utak vezethettek a főemlősök hangjaitól a komplexebb emberi beszédig.

A gyermeknyelvi kísérletek eredményei számos tanulsággal szolgálhatnak ebben a kérdésben. Az újszülöttekkel végzett kísérletekből kiderül, hogy ők már képesek felismerni az anyanyelvük prozódiaját és intonációját, és ezt meg is különböztetik, sőt, preferálják a számukra addig nem hallott nyelvekétől. Erre rakódnak rá később a fonotaktikai mintázatok, tehát a hangsormintákat szótagokra, pontosabban szótagszerű elemekre tagolják (FEHÉR 2016, 135-169). Mindebből fontos tanulságokat vonhatunk le a nyelv evolúciójával kapcsolatban: ezek szerint az ún. holisztikus protonyelv elmélete a Lyell-elv és a mai kutatások fényében igen valószínű feltételezés, tehát jó esély van rá, hogy az első hominidák kommunikációs

rendszere a majmokénál komplexebb, „dallamosabb” volt, majd később, ahogy az artikulációhoz szükséges szervek biológiailag is alkalmassá váltak rá a szelekciós nyomás hatására, fokozatosan tagoltabbá és artikuláltabbá vált. A gyermeknyelvi kutatások természetesen nem feleltethetőek meg egy az egyben az evolúciós folyamatoknak, hiszen ők a közösségtől sajátítják el az anyanyelvüket, viszont a feltárt működési alapelvek mentén építhető olyan modell, mely alkalmas a nyelvevolúció szimulációjára.

A mesterséges intelligencia és a robotikus modellek ebben a kérdésben nem elvetendő, azoban az előzőekben feltárt elvek alapján kell megépítenünk a modellünket: STEELS-hez hasonlóan többszereplős kísérleteket kell végeznünk, hiszen evolúciós szempontból csak ennek van értelme. Az egyes szereplőknek képesnek kellene lenniük a tanulásra, pontosabban az utánzásra és arra, hogy ezt némiképp egyedi módon, tehát adott hibafaktorral tegyék. Ez a replikáció és a mutáció jelenségének kulturális megfelelője. A szereplők közötti kapcsolatok a természetes közösségekben megfigyelt skálafüggetlen hálózatok térképére épülnének, egymás között eszerint kommunikálnának, és ez mutatná meg a szelekciós hatásokat. Egy ilyen mesterséges intelligencián alapuló modell alkalmas lehet arra, hogy valós képet alkosson arról, hogyan alakulhatott ki a nyelv, hiszen figyelembe veszi az evolúciós mechanizmusokat, és nem hagyja figyelmen kívül, hogy a nyelv társas közeg és az ezen belüli egyedi eltérések nélkül nem alakulhatott volna ki.

V. Összegzés

Napjainkra a tudományosság egyik legfőbb kritériumává vált, hogy a különféle tudományterületek összhangban vannak-e az evolúciós gondolkodással. Ez egy olyan szűrő a tudományban, melynek segítségével azonnal különválasztható egymástól az igényes tudományos munka és az áltudomány. A nyelvtudomány valamennyi irányzatának bele kell építenie a nyelvről alkotott képébe, hiszen az evolúció folyamatának léte és működési mechanizmusai olyan tudományos tények, melyeket a modern tudomány semmilyen ágának nem szabad figyelmen kívül hagynia. Az evolúcióban felfedezett legfontosabb alapelvei jelen kell legyenek az olyan munkákban is, melyek nem kifejezetten a nyelv kialakulását helyezik fókuszba.

Az evolúció fényében a következő mechanizmusok jelenlétével kell számolnunk: a replikációval, mely esetünkben nyelvi jelenségek más beszélők általi utánzását jelenti, és a

mutációval, mely valamiféle szándékolt vagy szándékolatlan részleges változás a reprodukált formában. Az evolúció továbbá „vak” is, tehát nem halad egy meghatározott irányba, hiszen a szelekció csak pillanatnyi előnyök alapján hat. Mivel nincs egy meghatározott kezdő- vagy végpontja, sem genetikai, sem kulturális szempontból nem jelölhetünk ki egy pillanatot, melytől fogva a korai hominidák élesen elváltak a főemlősök többi csoportjától, így azt nem fogjuk tudni megmondani, mikor kezdtek el beszélni, vagy hogy egyáltalán mi az, ami már beszédnek számít. Bár sokan szívesen tekintik az embert az evolúció csúcsának, ez sem igaz: fajunk egy folyamat része, és nem a fejlettebb állapotok felé tart, legfeljebb bizonyos szempontból komplexebbé válik, de az is lehetséges, hogy evolúciós zsákutcaként hamarosan kihál. A nyelv sem „kész termék”, nagy tévedés áldozata tehát, aki a nyelv evolúcióját bármilyen tekintetben befejezettnek tartja.

A tudománytörténeti áttekintés során láthattuk, hogy a különféle nyelvészeti irányzatok hogyan kezelték a nyelv evolúciójának kérdését. Az evolúciós nyelvészet társtudományainak eredményeivel összevetve kritikát alkothatunk arról, hogy melyek azok a hipotézisek, nyelvfilozófiák és protonyelvmodellek, amelyek részben vagy egészben felhasználhatóak új kutatásokhoz. Egy konzisztens, evolúcióelméletre épülő nyelvfilozófia általános elterjedése nagyban segítené a természettudományos területről érkező kutatók munkáját. Amint azt láthattuk, a mesterségesintelligencia-kutatást és az ezeken alapuló nyelvi modelleket a társas-kognitív szemlélet egyáltalán nem zárja ki, inkább segít feltárni az alapvető különbségeket ember és gép között, s ezek számbavétele és lehetőség szerinti csökkentése jelentős előrelépésekkel járhat mind a nyelvészet, mind az informatika területein.

A skálafüggetlen hálózatok felfedezése új fejezetet nyitott a modern tudományban, hiszen nemcsak azt mutatja meg, hogy milyen erőtörvények érvényesülnek a komplex rendszerek, mint például a nyelv működésének során, hanem azt is megmagyarázza, hogy ezek hogyan és miért jöttek létre. Mint minden más tudományágban, a nyelvészetben is rengeteg lehetőség van a skálafüggetlen modell alkalmazására: az elmében lezajló folyamatok, mint amilyen az anyanyelv-elsajátítás vagy a nyelv elvesztése ugyanúgy leírható vele, mint a szlengek használata, az idegennyelvből átvett szavak terjedése, és megjósolható az is, hogy milyen új kifejezések terjednek el nagyobb valószínűséggel egy tetszőleges közösségekben. Ahogyan ebből kiindulva bizonyos előrejelzéseket tehetünk a jövőre nézve, úgy – kellő óvatossággal – a múltba is bepillantunk általa. Eredményeinket azonban soha nem tekinthetjük véglegesnek, és teljesen biztosak sem lehetünk bennük, hiszen a komplex rendszerek

működésének alapvető elveit megismerhetjük bár, de ezek nem szolgálnak pontos eredményekkel, inkább az egyes lehetőségek valószínűségét tárják fel.

Bár a korábbiakból úgy tűnhet, hogy a nyelv evolúciójában a beszéd kialakulása a legfőbb kérdés, ez korántsem igaz. A beszélt nyelv csak az egyik része annak, amiben az ember kicsit komplexebb lehet az állatvilág többi tagjától, ilyen például a zene vagy a gesztusok. Ezek mind szorosan összefonódnak a beszéddel, és valamilyen szempontból a nyelv részét alkotják. A nyelv nemcsak vokális, hanem nagymértékben vizuális is, így nem vitathatjuk el a gesztusok és a testbeszéd evolúciós nyelvészetben való jelenlétének jogosultságát. A jelenlegi elméletek nyelvfilozófiai szempontú kritikájával egy olyan közös platformot teremthetnénk meg az evolúciós nyelvészetben, melyre az interdiszciplináris kutatások mindegyike támaszkodhat, ezzel segítve a közös munka előrehaladását.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Reszegi Katalinnak a munkám során nyújtott segítséget, türelmet és a rendkívül szerteágazó témában való iránymutatást. Köszönöm a visszajelzéseket, a biztatást és az érdekes információkat oktatóimnak, Dr. Fehér Krisztinának, Dr. Kis Tamásnak és Dr. Tóth Valériának.

A legtöbbet azonban édesapámnak, Dr. Mészáros Sándornak köszönhetem, aki fizikusként nemcsak a szakmájához kapcsolódó részeket ellenőrizte és korrigálta, de tőle sajátítottam el gyerekként, talán már az anyanyelvvel együtt a természettudományos gondolkodás alapjait is.

Bibliográfia

ARBIB, MICHAEL (2000): Mirror systems: evolving imitation and the bridge from praxis to language. In: TALLERMAN, MAGGIE – GIBSON, KATHLEEN R. (szerk.): *The Oxford Handbook of Language Evolution*. Oxford. 207-216.

BARABÁSI ALBERT-LÁSZLÓ (2016): *Network Science*. Cambridge. Online: <http://barabasi.com/networksciencebook/> hozzáférés: 2017. 03. 23.

BARABÁSI ALBERT-LÁSZLÓ – ALBERT RÉKA (1999): Emergence of scaling in random networks. *Science* 286. 509-512.

BICKERTON, DEREK (2004): *Nyelv és evolúció*. Budapest.

CHOMSKY, NOAM (1959): A Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35, No. 1. 26-58.

CHOMSKY, NOAM – HAUSER, MARC – FITCH, TECUMSEH W. (2002): The Language Faculty: What is it, who has it, and how did it evolve? *Science* 298. 1569-1579.

CRYSTAL, DAVID (1998): *A nyelv enciklopédiája*. Budapest.

DAWKINS, RICHARD (1986): *Az önző gén*. Budapest.

DAWKINS, RICHARD (2011): *A vak órás*. Budapest.

DE BOER, BART (2000): Self organization in vowel systems. *Journal of Phonetics* 28 (4). 441-465. Online: <http://ai.vub.ac.be/~bart/papers/deBoerJOP2000.pdf> hozzáférés: 2015. 02. 12.

DE BOER, BART (2012): Loss of air sacs improved hominin speech abilities. *Journal of Human evolution* 62/1. 1-6. Online: <http://ai.vub.ac.be/~bart/papers/deBoerJHE2012.pdf> hozzáférés: 2015. 04. 03.

DOBZHANSKY, THEODOSIUS (1973): Nothing in Biology Makes Any Sense Except in the Light of Evolution. *American Biology Teacher* 35/3: 125–129.

DUBAR, ROBIN (1996): *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*. Cambridge.

ERDŐS PÁL – RÉNYI ALFRÉD (1959): On Random Graphs. I. *Mathematicae* 6: 290-297.

EVERETT, DANIEL (2005): Cultural constraints on grammar and cognition in Piraha. *Current anthropology* 46. No 4. 621-646.

FEHÉR KRISZTINA (2011): *Az affinitástól a hálókig, avagy a nyelvek filogenezise (előadás)*. Debrecen.

FEHÉR KRISZTINA (2016): *Útban egy más nyelvészet felé – Elméleti-módszertani problémák a 20. századi magyar nyelvtudományban*. Debrecen.

- FERRER I CANCHO, RAMON – SOLÉ, RICHARD V. (2001): The small world of human language. Online: <http://complex.upf.es/~ricard/SWPRS.pdf> hozzáférés: 2017. 04. 10.
- FITCH, TECUMSEH W. (2004): Evolving Honest Communication Systems: Kin Selection and “Mother Tongues”. In: OLLER, D. K. – GRIEBEL, U. (szerk.): *Evolution of Communication Systems: A Comparative Approach*. Cambridge, Massachusetts. 275-296. Online: http://homepage.univie.ac.at/tecumseh.fitch/wp-content/uploads/2010/08/FitchKin2004_large.pdf hozzáférés: 2015. 02. 12.
- FITCH, TECUMSEH W. (2010): *The evolution of language*. New York.
- HAUN, DANIEL – CALL, JOSEP (2008): Imitation recognition in great apes. *Current Biology* 18/7. Online: http://www.eva.mpg.de/psycho/pdf/Publications2008_PDF/Haun_CURBIO.6254_FINAL%20PROOFS.pdf hozzáférés: 2015. 04. 06.
- HAUSER, M. – YANG, C. – BERWICK, R. – TATTERSALL, I. – RYAN, M. – WATUMULL, J. – CHOMSKY, N. – LEWONTIN, R. (2014): The mystery of language evolution. *Frontiers in Psychology* 5. 401.
- KASSAI ILONA (1999): Szótaghatárok és fonológiai jólformáltság nagycsoportos óvodások intuitív szótagolásában. In: KASSAI ILONA (szerk.): *Szótagfogalom — szótagrealizációk*. Budapest. 131-142
- KIS TAMÁS (2003): Az evolúciós gondolkodás a nyelvészetben (előadás). Online: <http://mnytud.arts.klte.hu/tananyag/nyelvkialak/dab-ea.htm> hozzáférés: 2015. 02. 27.
- LABOV, WILLIAM (1972): *Sociolinguistic patterns*. Philadelphia.
- MUFWENE, SALIKOKO (2008): *Language evolution: contact, competition and change*. London.
- NEUMANN JÁNOS (1959): *A számológép és az agy*. York. Online: <http://mek.oszk.hu/01200/01255/html/> hozzáférés: 2015. 02. 27.
- NEUMANN JÁNOS – MORGENSTERN, OSKAR (1953): *Theory of games and economic behaviour*. Princeton.
- BERWICK, ROBERT – OKANOYA, KAZUO – BECKERS, GABRIEL – BOLHUIS, JOHAN (2011) Songs to syntax: the linguistics of birdsong. *Trends in Cognitive Sciences*, 15/3. 113-121 online: <https://pdfs.semanticscholar.org/c356/f4fb400f3fa86dd6d2dd362e48ca8ace14f7.pdf> hozzáférés: 2017. 04. 11.
- PAP KLÁRA – KENESEI ISTVÁN – PLÉH CSABA (2011): Állati kommunikáció – emberi nyelv In: KENESEI ISTVÁN (szerk.): *A nyelv és a nyelvek*. Budapest. 17-43.
- RAMACHANDRAN, V. S. – HUBBARD, E. M. (2011): Synaesthesia: a window into perception, thought and language. *Journal of consciousness studies* 8/12. 3–34.

- RESZEGI KATALIN (2009): A tulajdonnevek mentális reprezentációjáról. *Névtani Értesítő* 31. 7-16.
- ROBERTS, SEÁN (2011): The death of language. Előadás. Online: <http://www.replicatedtypo.com/why-evolutionary-linguists-shouldnt-study-languages/4112.html> hozzáférés: 2014. 02. 26.
- SAUSSURE, FERDINAND DE (1967): *Bevezetés az általános nyelvészetbe*. Budapest
- SÁNDOR KLÁRA – KAMPIS GYÖRGY (2000): Nyelv és evolúció. *Replika* 40. 125-143.
- SCHLEICHER, AUGUST (1865): *On the significance of language for the natural history of man*. Weimar. Online: http://www.forum-transregionale-studien.de/fileadmin/pdf/zukunftphilologie/lecture-cum-seminar/SchleicherA_OnTheSignificanceOfLanguage.pdf hozzáférés: 2015.03. 13.
- SCHNEIDER, EDGAR (2007): *Postcolonial English: Varieties around the world*. Cambridge.
- SEARLE, JOHN (1980): Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences* 3/3. 417-457. Online: <http://cogprints.org/7150/1/10.1.1.83.5248.pdf> hozzáférés: 2017. 04. 11.
- SMITH, JOHN MAYNARD (1982): *Evolution and the theory of games*. Cambridge.
- SMITH, JOHN MAYNARD (1995): Genes, memes and minds. *The New York Review of Books*. Online: <http://www.nybooks.com/articles/1995/11/30/genes-memes-minds/> hozzáférés: 2017. 04. 12.
- SZATHMÁRY EÖRS (2002): Az emberi nyelvkészség eredete és a „nyelvi amőba”. *Magyar Tudomány* 2002/1. 42. Online: <http://www.matud.iif.hu/02jan/szathmar.html> hozzáférés: 2017. 04. 11.
- SZILÁGYI N. SÁNDOR (1996): *Hogyan teremtsünk világot?* Kolozsvár. Online: <http://adatbank.transindex.ro/vendeg/htmlk/pdf3367.pdf> hozzáférés: 2017. 04. 10.
- STEELS, LUC (2000): The emergence of grammar in communicating autonomous robotic agents. In: HORN, W. (szerk.): *ECAI2000: Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Life*. Amszterdam. 764-769.
- TALLERMANN, MAGGIE (2014): Is the Syntax Rubicon more of a mirage? In: CARTMILL, ERICA – ROBERTS, SEÁN – LYN, HEIDI – CORNISH, HANNAH (szerk.): *The evolution of language*. Bécs. 318-326.
- TURING, ALAN (1950): Computing machinery and intelligence. *Mind* 59. 433-460. Online: <http://www.loebner.net/Prizef/TuringArticle.html> hozzáférés: 2017. 03. 21.
- WARWICK, KEVIN (2010): Implications and consequences of robots with biological brains. *Ethics and Information Technology* 12/3. 223-234.

WATTS, DUNCAN – STROGATZ, STEVEN (1998): Collective dynamics of „small-world” networks. *Nature* 393. 440-442.

WENTIAN LI (1991): *Random texts exhibit Zipf-law-like word frequency distribution*. Online: <https://pdfs.semanticscholar.org/5150/72b98cf20362ff865c03cd7c49416c412a7e.pdf> hozzáférés: 2017. 04. 10.

YOOK, S. H. – JEONG, H. – BARABÁSI ALBERT-LÁSZLÓ (2001): Weighted evolving networks. *Physical Review Letters* 86, 25. 5835-5838. Online: <http://barabasi.com/f/92.pdf> hozzáférés: 2017.04.10.

ZIPF, GEORGE KINSLEY (1935): *The Psycho-Biology of Language*. Cambridge, Massachusetts.