

**A beszédprodukció aktivációterjedéses modellje
hálózatelméleti megközelítésben**

Jelige: „Tigris”

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	1
I. Hálózatelmélet.....	2
I.1. Miért fontosak a hálózatok?.....	2
I.2. A hálózatelmélet rövid története.....	3
I.3. A nyelv mint skálafüggetlen hálózat.....	10
II. A beszédprodukción hálózatelméleti megközelítése.....	17
II.1. A beszédprodukción.....	17
II.2. Az aktivációterjedéses modellek.....	20
II.3. Aktivációterjedés egy skálafüggetlen hálózaton.....	22
Összefoglalás.....	28
Bibliográfia.....	30

Bevezetés

A jelen dolgozat megírásához vezető út úgy kezdődött, hogy a kezembe akadt egy tanulmánykötet a könyvtárban, mely a nyelvben előforduló hálózatokról írt. A tanulmányok ugyanahhoz a könyvhöz irányítottak: Barabási Albert-László Behálózva című, óriási hatású könyvéhez. Óriási hatású, mert úgy tűnik, hogy bármilyen kutató ismeri is meg a skálafüggetlen hálózatok elméletét, azonnal újraértelmezi kutatási területét, az informatikától a nyelvészetig, a biológiától a közgazdaságtanig.

Jómagam néhány éve olvastam a beszédprodukciós modellekről, és eszembe jutott egy modellfajta, amelyik szintén hálózatokban gondolkodik: az aktivációterjedéses modell. Adódott a kérdés: vajon jobbra, pontosabbá válik-e egy ilyen modell, ha hálózatát skálafüggetlen hálózatnak feltételezzük?

Ez a megközelítés egy meglehetősen új, még járatlan, feltérképezetlen út. A siker egy pillanatig sem bizonyos. A dolgozatomban később sokat idézett Kovács László ezt könyve bevezetőjében így foglalja össze:

„Az új megközelítési módok alkalmazása természetesen veszélyekkel is jár: elkerülhetetlen, hogy bizonyos gondolatokat spekulatív módon fogalmazzunk meg, illetve hogy a tudomány jelenlegi állásánál nem, vagy csak részben bizonyított (esetleg jelenlegi állásánál nem is bizonyítható) feltételezéseket írjunk le, abban bízva, hogy a közeljövőben lehetőség nyílik ezek empirikus adatokkal történő alátámasztására. Fel kell készülni arra is, hogy az új, felfedezendő út zsákutcának bizonyul, vagy hogy a megfogalmazottakat – mivel nem mindenben illeszkednek a hagyományos nyelvészeti paradigmákba – esetleg több kritika is éri.”(Kovács 2011: 7)

A kérdést úgy kellett vizsgálnom, hogy gondoljak azokra az olvasóimra, akik sem a skálafüggetlen hálózatokról, sem a beszédprodukciós modellekről nem hallottak még. Ezért az első fejezetben ismertetem, milyen hálózatokat nevezünk skálafüggetlen hálózatoknak, miért fontosak, és milyen jellemző tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezek után azt is ismertetem, hogy milyen nyomait találták ezeknek a tulajdonságoknak a nyelvben, amelyek alapján a nyelvi hálót is ilyen struktúrájának feltételezhetjük.

A második fejezet tartalmazza a tudnivalókat a beszédprodukció folyamatáról és modelljeiről. A fejezet utolsó oldalain fejtem ki, milyen megállapítások tehetők az addigiak alapján, vagyis hogy valóban jobb lesz-e az aktivációterjedéses modell a skálafüggetlen topológia (szerkezet) beillesztésével.

I. Hálózatelmélet

I.1. Miért fontosak a hálózatok?

Bárminek, aki a mai világban nyitott szemmel jár, nyilvánvaló lehet hálózatok jelenléte környezetünkben. Hálózatot alkot az Internet, a tömegközlekedés. Hálózatot hoznak létre az emberek ismeretségeik révén vagy a telefonok a köztük bonyolított hívások révén. Az utóbbi másfél évtizedben a hálózatok megértésére és modellezésére egész tudományág alakult ki, és alkalmazása elképesztő gyorsasággal terjed a tudomány legkülönbözőbb területein. Még nem tisztázott azonban, hogy a hálózatelméletet kezelhetjük-e önálló tudományként, vagy csupán a többi tudományághoz használt egyedi megközelítési módszerről van-e szó.

Minden ilyen tudományág eddig egy-egy jelenséget próbált egyszerre feltárni. Részleteiben próbált megérteni egy hatalmas szerkezetet, mondván: ha megértjük a darabjait, érteni fogjuk az egésznek a működését. Nem így történt. Egy-egy tudományterület átfogó, holisztikus megértésétől épp olyan messze vagyunk, mint bármikor korábban. A hálózatok elmélete végre segíthet, hogy megértsük egy nagy rendszer egészének működését (Barabási 2008).

Számos hálózatot sikerült már a különböző tudományterületek kutatóinak feltérképezniük. Készítettek ilyen hálózattérképet az Internetről, egymással üzleti kapcsolatban álló vállalatokról, a természetben egymásra ható fajokról, egy adott élő szervezet sejtjeiről és így tovább. A megdöbbentő az volt, amikor ezeket a térképeket egymás mellé rakták. Kiderült, hogy minden minket körülvevő hálózat hétköznapi vagy tudományos jellegétől függetlenül egymáshoz rendkívül hasonló. Ugyanazokat az elveket követik, ugyanazok a törvényszerűségek irányítják őket (Barabási 2008). Ez olyan tény volt, ami eloszlalt minden kétséget az új tudomány létjogosultságára vonatkozóan.

A szakirodalom a hálózatokkal kapcsolatos új diszciplínát hálózatelméletnek, hálózattudománynak, és hálózatkutatásnak is nevezi. Én a legelsőt fogom használni a továbbiakban, mivel a téma hazánkban legjelentősebb nyelvészeti vonatkozású kutatója, Kovács László is elsősorban ezt használja.

A hálózatelmélet akkor indult világhódító útjára, amikor Barabási Albert-László, erdélyi születésű magyar fizikus és munkatársai megalkották a skálafüggetlen hálózatok modelljét. Kutatásaikat, valamint annak szinte valamennyi előzményét és következményeit Barabási a Behálózva címet viselő, óriási hatású könyvében foglalta össze, mely eredetileg 2002-ben jelent meg. Mint írja, skálafüggetlen felépítés jellemzi a következő, egymástól elviekben rendkívül különböző hálózatokat: a nyelv mögötti hálózat, a sejtekben lévő

fehérjék közötti kötések, az emberek közötti szexuális kapcsolatok, a számítógépek chipjének huzalozási rajza, a sejt anyagcseréje, az Internet, a világháló, a hollywoodi színészek hálózata, a társszerzőséggel összekapcsolt kutatók, vagy éppen a gazdaság szereplőinek bonyolult együttműködési hálóját (Barabási 2008).

A kutatott hálózatok rendkívül eltérőek. Kutatójuk a legritkább esetben van felvértezve az összes szükséges ismerettel. A kutatást vagy az adott terület szakértője végzi (szociológus, neurológus, mérnök, nyelvész, stb.), aki kevesebb ismerettel rendelkezik a skálafüggetlen hálózatokról, vagy egy hálózatelméleti szakember, akinek viszont az adott szakterületről van kevesebb ismerete. Így a kapott eredmények esetleg megkérdőjelezhetőek lehetnek, és korántsem adnak teljes képet.

A hálózatok kutatásának alapvetően két típusa van. Az első a hálózatközpontú (network-driven) kutatás, ahol valamilyen adott diszciplína keretein belül folyó vizsgálódással próbálnak általánosan érvényes következtetéseket levonni a skálafüggetlen hálózatokról. A hálózatalapú (network-based) kutatás ennek a fordítottja: a már meglévő hálózatelméleti ismeretek segítségével vizsgálnak valamilyen jelenséget egy tudományterületen belül. Az elsőnek tehát az adott tudományterület a forrása, és maga a hálózatelmélet a célja, az utóbbinál pedig éppen fordítva (Kovács 2010a).

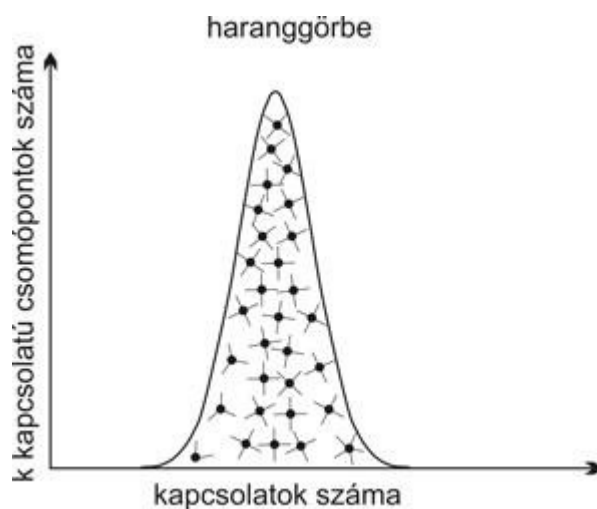
Vizsgálódásomban a nyelvet és azon belül a beszédprodukción termézetesen hálózatalapú megközelítésben elemzem. Mielőtt erre rátérnék, – forrásként leginkább Barabási (2008) könyvét használva – ismertetem, mik is azok a skálafüggetlen hálózatok, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, és hogy hogyan jutottak el ennek a modellnek a megalkotásához.

I.2. A hálózatelmélet rövid története

A kezdő lépést Leonhard Euler svájci matematikusnak köszönhetjük. Euler 1736-ban matematikai bizonyítást adott egy régi probléma megoldhatatlanságára. Königsberg várost (ma Kalinyingrád) az azt átszelő folyó két félre, valamint a kettő között több szigetre osztja, melyeket hidak kötnek össze. A város lakói azt szerették volna tudni: be lehet-e úgy járni a várost, hogy minden hídon csak egyszer megyünk át? Euler megmutatta, hogy ez lehetetlen. Azonban nem is annyira maga a bizonyítás vonult be a tudománytörténetbe, hanem a felhasznált módszer: a földdarabokat pontoknak képzelte el, és annyi vonallal kötötte őket össze, amennyi híd volt közöttük. Az ilyen ábrát, ahol valahány pontot valahány vonal (ún. él) köt össze, gráfoknak nevezzük. Euler óta egy egész tudományág, a gráfelmélet épült erre a fogalomra.

Az összekapcsolt számítógépek, testünk molekulái, a kereskedelem szereplői, az agy idegsejtjei vagy a hidakkal összekapcsolt szigetek mind ugyanarra példák: mindegyik gráf, más szóval hálózat. Mint a továbbiakban látni fogjuk: a magyar tudósok elévülhetetlen érdemeket szereztek a hálózatok modellezésével foglalkozó új tudományág létrejöttében.

Az első hálózatmodellt Erdős Pál és Rényi Alfréd magyar matematikusok alkották. A legnyilvánvalóbb megoldást választották: véletlenszerűen kötöttek össze adott számú pontot, és az így kialakuló hálózatot írták le matematikailag. Úgy gondolták, az így kapott szabályok jó eséllyel minden hálózatra érvényesek lehetnek. Hosszú ideig – részben alternatíva hiányában – az ő modelljüket használták minden hálózat (gráf) leírásához. Ha vesszük egy ilyen Erdős–Rényi-féle véletlen gráf pontjainak fokszámait (azaz hogy mennyi éllel rendelkeznek), akkor látni fogjuk: a legtöbb pontnak átlagos fokszáma lesz. Rendkívül kevés pont lesz, melyre az átlagnál jóval alacsonyabb, vagy jóval magasabb fokszám lesz jellemző. Ha ezt grafikonon ábrázoljuk, akkor egy olyan görbét kapunk, melyet alakja miatt haranggörbének, vagy hivatalos elnevezéssel Poisson-eloszlásnak neveznek.



1. ábra: Poisson-eloszlás (Barabási 2006)

Ilyen eloszlást mutat többek között az emberek testmagassága is. A legtöbb emberé közel esik az átlaghoz. Nagyon kevés ember van, aki az átlagnál jóval magasabb vagy jóval alacsonyabb. Minél inkább közelítünk a szélső értékekhez, annál kevesebb példát találunk rá.

Idővel több olyan jelenséget fedeztek fel, melyek egy véletlen hálózatban nem fordulhattak volna elő. Ilyen volt az a megállapítás, hogy bizonyos hálózatok tetszőleges két pontjának meglepően rövid az átlagos távolsága.

Karinthy Frigyes „Láncszemek” című novellájában azt feltételezi, hogy a Föld bármely két lakója öt lépésben kapcsolódik, ha egy lépésnek veszünk egy ismeretségi kapcsolatot. 1967-ben Stanley Milgram, a Harvard University professzora kísérletekkel igazolta, hogy az USA bármely két állampolgára között átlagosan 5,5 lépés távolság van. Azóta sok hálózatban vizsgálták ezt a számot, és hasonlóképpen meglepően alacsony értékeket kaptak. A táplálékláncban a fajok két lépés távolságra vannak egymástól. A sejtekben a molekulák három kémiai reakciónyi távolságra vannak. A Föld teljes lakosságának ismeretségi hálózatában hatlépésnyi távolságot állapítottak meg. Egy ilyen érték természetesen az adott hálózat átlagos belső távolsága, ennél lehetnek jóval rövidebb és hosszabb utak is.

Barabási és munkatársai a World Wide Web mind nagyobb részletére számolták ki ezt a számot. Pontoknak az egyes weblapokat vették. Két weboldal között akkor van kapcsolat, ha az egyik tartalmaz linket a másikra. A világháló feltérképezését saját fejlesztésű crawler (azaz a weben keringő információgyűjtő) programjukra bízta, mely beprogramozott „robotként” róta a világhálót, és adott feladatrésszel elvégzése után kész térképekkel tért vissza. Azt kapták, hogy a teljes World Wide Web két weboldal átlagos távolsága 19. Ez az eddigi legnagyobb ilyen jellegű ismert szám. Azonban még ez is meglepően alacsony, ha figyelembe vesszük, hogy a weboldalak száma milliárdos nagyságrendű.

Mindenesetre lenyűgöző, hogy egy viszonylag nagyméretű valós hálózatban is meglepően alacsony az átlagos távolság, jóval alacsonyabb, mint azt az Erdős–Rényi modell engedné. Ha egy hálózat két pontja között jóval alacsonyabb az átlagos távolság, mint egy ugyanolyan pontszámú véletlen hálózatban, akkor kis-világ tulajdonságúnak hívjuk.

A jelenségre Mark Granovetter, a Harvard doktorandusz hallgatója adott egyfajta magyarázatot. Szerinte a társadalom zárt ismeretségi csoportok (ahol mindenki ismer mindenki mást) külső (ún. gyenge) kapcsolatokkal való összekapcsolódásával jön létre. Úgy találta: az emberek állást például inkább gyenge kapcsolatokon keresztül keresnek, és valójában ezek a gyenge kapcsolatok tartják össze a társadalmat.

Duncan Watts és Steven Strogatz – a Cornell Universityről – fejlesztették ezt az elvet teljes modellé. A Granovetter által megfigyelt csoportképződés mértékének megállapítására bevezették a csoporterősségi együtthatót: egy hálózat kapcsolatainak (éleinek) számát elosztjuk a lehetséges összes kapcsolat számával. (Ez a szám egyetlen pontra is értelmezhető, ilyenkor azt mutatja meg, hogy egy pont szomszédai mennyire

vannak egymással összekapcsolva.) A kapott szám megmutatja, mekkora az adott hálózat csoportterössége. Minél inkább közelíti ez az arányszám az egyet, annál erősebb. Ha a társadalom – vagy bármely más hálózat – valóban sok erősen összekapcsolt kisebb hálózat gyengébb sűrűségű összekötése, akkor csoportterösségi mutatójának nagynak kell lennie. Nemcsak a társadalomban, de más hálózatok esetében is sikerült ezt kimutatniuk. Watts és Strogatz nagyfokú csoportképződést figyelt meg a *Caenorhabditis Elegans* nevű féreg 302 idegsejtéből álló neuronhálózatában, vagy az Egyesült Államok nyugati felének elektromos hálózatában is.

Jon Kleinberg, a Cornell University számítástudomány-professzora felhívja rá a figyelmet: a kis-világ tulajdonságú hálózatok csak akkor működnek jól, ha ez a tulajdonság a pontjai számára ismert. Más szóval: nem elég tudni, hogy két pont között létezik egy rövid távolság, ezt meg is kell találni (Kovács, 2010a).

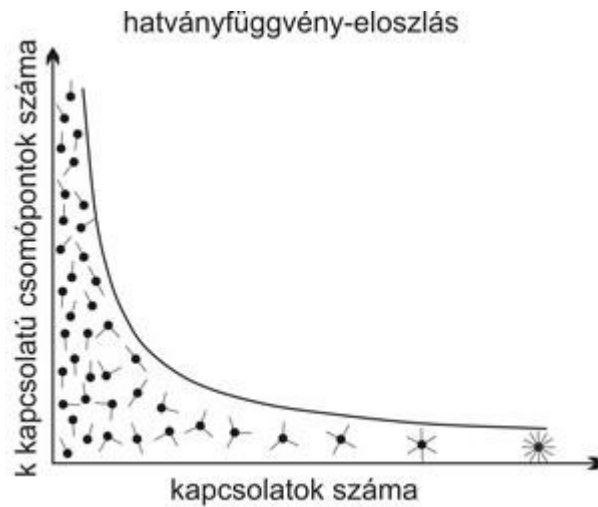
Barabási kutatócsoportja figyelt fel rá, hogy a Watts–Strogatz modell sem magyaráz meg minden megfigyelt jelenséget. Fentebb említett kísérletükben crawler programjuk számos olyan pontról (weboldalról) „számolt be”, melyek kiugróan magas számú éllel rendelkeznek, vagyis sok oldal mutat rájuk. Sok ilyen középpont létét sem az Erdős–Rényi-, sem a Watts–Strogatz modell nem teszi lehetővé.

Az említett kutatócsoport ilyen pontokat figyelt meg a hollywoodi színészek kapcsolatrendszerében is. Két színészt kapcsolatban állónak tekintettek, ha együtt játszottak valamely filmben. Az IMDb.com nevű filmes portál tartalmazta az összes információt, amire szükségük volt, így csupán a teszteket kellett lefuttatni. Sok olyan színészt találtak, aki kiugróan magas számú más színésszel játszott már együtt.

A megoldást Barabási csapata számára Vilfredo Pareto olasz közgazdász egy megfigyelése ihlette. Pareto megfigyelte, hogy a borsó 80 százalékát a hüvelyek 20 százaléka tartalmazza, vagy hogy a termőföld 80 százalékát a lakosság 20 százaléka birtokolja. A 80/20-as-, avagy Pareto-szabály kis változtatással sok mindenre érvényes: A bűnözők 20 százaléka követi el a bűncselekmények 80 százalékát, a világhálón a linkek 80 százaléka a weblapok 15 százalékára mutat, a hollywoodi kapcsolatok 80 százaléka a színészek 30 százalékára mutat és így tovább.

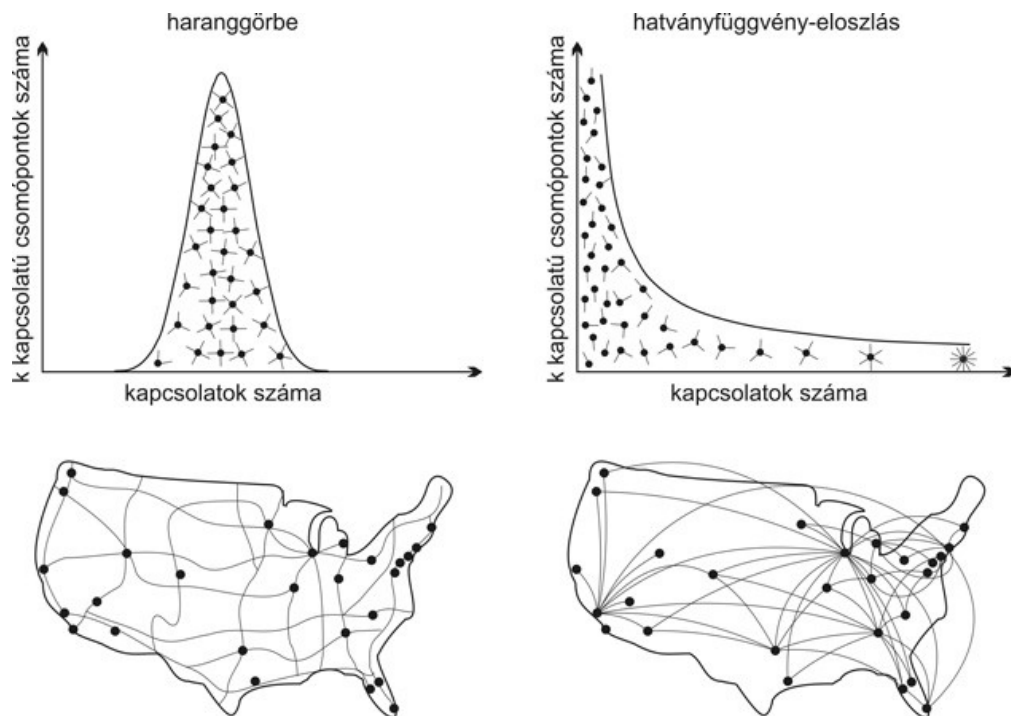
Barabási és társai feltételezték, hogy ez az arány akár hálózatokra is érvényes lehet: a pontok húsz százaléka birtokolja a kapcsolatok nyolcvan százalékát. Számos hálózatra készítettek hisztogramot, vagyis gyakorisági diagramot: megnézték, hogy adott élszámmal hány pont rendelkezik. Az így kapott grafikonok igazolták a sejtést: nem Poisson-eloszlást (haranggörbét) mutattak, hanem az úgynevezett hatványfüggvény alakját vették fel. Ebben

az esetben kevés pontnak van sok kapcsolata, és rengeteg pontnak van viszonylag kevés kapcsolata.



2. ábra: Egy hatványfüggvény (Barabási 2006)

Ilyen eloszlást találtak a már említett hollywoodi színészhálózatban, a sejten belüli molekuláknál, vagy a folyóiratok cikkeinek hivatkozási hálózatában. Három görög számítástudós testvér, a Faloutsos testvérek hasonló eredményeket kaptak az Internet routerei (forgalomirányító csomópontjai) alkotta hálózat esetében. Az Egyesült Államok autópálya-hálózatának fokszámoszlási diagramján Barabásiék haranggörbét, míg a légi közlekedés diagramján hatványfüggvény eloszlást figyeltek meg:



3. ábra: Az autópályák és a légi közlekedés fokszámoszlása (Barabási 2006)

A hatványfüggvénnyel leírható hálózatokban az egyes pontoknak nincs jellemző fokszámnagysága. Nincs egy átlag, egy skála, amihez viszonyítsunk. Ezért ezt a típusú hálózatot, amelyben a fokszámeloszlást hatványfüggvény írja le, skálafüggetlen hálózatnak nevezték el. Mint láttuk, a legkülönbözőbb hálózatokban fedezték fel ezt a típusú hálózati struktúrát. Valóban úgy tűnik, hogy sok egymástól látszólag rendkívül különböző hálózatot azonos törvényszerűségek mozgatnak.

A legfontosabb különbséget az Erdős–Rényi-féle véletlen hálózatok és a skálafüggetlen hálózatok között akkor láthatjuk, ha megfigyeljük a fokszámeloszlásukat ábrázoló függvények jobb szélét. A Poisson-görbe jobb oldala exponenciálisan csökken, nagyon gyorsan közelít a nullához. Ezért rendkívül sok kapcsolattal rendelkező csomópontok létét szinte kizárja. Egy véletlen hálózatban gyakorlatilag nem léteznek középpontok. Ezzel szemben a hatványfüggvények jobb oldala sokkal lassabban, jóval kisebb mértékben csökken. Ezzel lehetővé teszi jó néhány nagy középpont létét. Azóta, hogy Barabási csoportja 1999-ben megalkotta modelljét, ők és más kutatók a skálafüggetlen hálózatok sok fontos tulajdonságát fedezték fel. Mint látni fogjuk, szinte valamennyit a középpontoknak köszönhetjük.

A skálafüggetlen hálózatokat a véletlen hálózatokkal szemben rendkívül nagy fokú hibatűrő képesség jellemzi. Nagyon nagy mennyiségű pontnak kell meghibásodni, hogy a rendszer részeire essen szét. Barabási és munkatársai 2000-ben végzett szimulációjukban az Internet routereinek nyolcvan százalékát is el tudták távolítani úgy, hogy a maradék még mindig összefüggő hálózatot alkotott. A jelenség magyarázata abban rejlik, hogy ha véletlenszerűen választunk ki eltávolításra pontokat, akkor legtöbbször kevés kapcsolattal rendelkező pontot iktatunk ki, hiszen a középpontok sokkal ritkábbak. Célzott támadások esetében azonban más a helyzet. Ha fokszámuk sorrendjében vesszük ki a pontokat (előbb a legnagyobb fokszámú középpontot, majd a második legnagyobbat, és így tovább), a skálafüggetlen hálózat már néhány pont kivétele után részekre eshet.

Hogyan terjednek az ingerek, információk a hálózatokban (pl.: egy új gyógyszer az orvosok körében, egy vírus a számítógép-hálózaton, egy új termék a fogyasztók között, stb.)? Véletlen hálózatoknál társadalomtudósok és járványkutatók úgy találták: minden hálózat rendelkezik egyfajta küszöbértékkel, melyet az adott újítás terjedési értékének túl kell lépnie. Ha ez nem sikerül neki (pl. egy új infokommunikációs eszközről kiderül, hogy megbízhatatlan), akkor az újítás hamarosan eltűnik. Természetesen a tapasztalat ismét ellentmondott az Erdős–Rényi modellnek. Megfigyelték, hogy rengeteg számítógépes vírus jóval megjelenése után is jelen volt az Interneten, és újabb gépeket fertőzött meg.

Romualdo Pastor-Satorras és Alessandro Vespignani spanyol fizikusok 2000-ben leltek rá a megoldásra, amikor Barabási kutatócsoportjának tanulmányát olvasták. A két fizikus véletlen hálózatok helyett skálafüggetlen hálózatokban modellezték a vírusok terjedését. Az eredmény meglepő volt: ezekben a hálózatokban a küszöbérték eltűnt! Egy nem túl fertőző vírus tehát még jóval megjelenése után is létezhet és fertőzhet. A jelenséget a véletlen hálózatokban nem létező, de skálafüggetlen hálózatokban megtalálható középpontok magyarázzák. Mivel sok bejövő kapcsolattal rendelkeznek, nagy az esélye, hogy egy fertőzött gép hozzájuk is eljuttatja a vírust. A középpontok ezután valamennyi helyre elküldik, amellyel kapcsolatban állnak. Így válnak az információ cirkulációjának motorjaivá.

Pastor-Satorras és Vespignani modelljei nem csak számítógépekre érvényesek: le tudták írni fertőző betegségek, új eszmék vagy éppen újonnan megjelenő termékek terjedését is. További kutatásaikban ők és más tudósok azt is megállapították, hogy ha egy hálózatban a középpontok ismertek, és célzottan őket kezeljük egy adott fertőzés ellen, akkor a küszöbérték újra megjelenik. Tehát középpontokat célzó kezeléssel egy vírus adott idő után megállítható és eltüntethető.

Amikor a skálafüggetlen hálózatok modelljét megalkották, nem vettek figyelembe egy olyan tulajdonságot, amely ezek közül sokra jellemző: az egyes kapcsolatok esetleges irányítottságát. Az Internet routereinek hálózata kétirányú kapcsolatokkal rendelkezik: bármelyik küldhet bármelyiknek adatot. A World Wide Webben azonban a weboldalak hivatkozása egy másikra mindig egyirányú. Barabási szerint az irányítottság következményeként a világháló négy jól elkülöníthető részre oszlik. Létezik egy központi rész (ez többnyire a legnépszerűbb weboldalak, vagyis a középpontok hálózata), melyek egyfajta magként funkcionálnak a rendszerben. Itt bármelyik weboldalról elérhető bármelyik másik. A világháló más oldalairól viszont csak a mag felé találhatók linkek, azokra nem juthatunk vissza. Olyanok, mint egy rendszer bemeneti része. Egy harmadik típusú weboldalra pedig a középpontok adhatnak linkeket, de belőlük nem juthatunk vissza a magba. Ez a típus egyfajta kimenetként funkcionál. Egy negyedik típus lehet azon weboldalak halmaza, amelyek el vannak szigetelve a többitől: ezek csak a saját kis szigetük más oldalaira mutatnak.

Barabási és társai egy erős ellentmondást is megpróbáltak feloldani. Minden összetett rendszer képes – és képesnek is kell lennie – több feladat egyidejű végrehajtására. Ezt moduláris felépítésének köszönheti: elkülönülő, de egymással kapcsolatban álló modulokra bontható. Azonban sem az Erdős–Rényi-féle véletlen hálózati modell, de még a

skálafüggetlen hálózat modellje sem indokolja modulok létezését. A megoldást Barabásiék számára három olyan tudós cikke hozta, akik Portóban együtt dolgoztak a problémán. Ebben a cikkben kimutatták: minél több kapcsolattal rendelkezik egy pont, annál kisebb a csoportterösségi együttthatója. Ez azt jelenti, hogy egy adott középponttal kapcsolatban álló pontok egymással kevésbé kapcsolódnak – tehát külön modulokba tartoznak. A nagy középpontok ezek szerint nem közvetlenül a moduloknak a részei, hanem az egyes modulok összeköttetéseit biztosítják.

A skálafüggetlen modell tehát nem zárja ki modulok létezését. Sőt, ezáltal lehetővé teszi az egymásba ágyazottságot is: egy hálózat adott pontjáról kiderülhet, hogy maga is egy kisebb hálózat, esetleg külön modul (Kovács 2010a).

Röviden összefoglalom az eddigieket. Skálafüggetlen hálózatnak nevezzük azt a hálózatot, amely kis-világ tulajdonságú (két pont közti átlagos távolsága kisebb, csoportterösségi együttthatója nagyobb, mint a véletlen hálózatoké), és fokszámeloszlása hatványfüggvény alakú. A skálafüggetlen hálózat nagy hibatűrő képességű, az ingerek pedig nagy sebességgel terjednek, és sokáig megmaradnak – kivéve, ha a középpontokat célozzuk. A kapcsolatok lehetnek irányítottak, ez esetben a hálózat bemeneti részre, központi magra, kimeneti részre és elszigetelt területekre osztható. Egy skálafüggetlen hálózat többnyire modulokból áll, ezek lehetnek egymásba ágyazottak is.

Barabási Albert-László könyvében megjegyzi: a vázat, a hálózatok struktúráját már értjük, hiszen ez a modell megmutatta nekünk. A következő lépés az lenne, hogy megértsük a folyamatokat is, melyek ezeken a vázakon lejátszódnak. Nagy jelentősége lehet ebben a nyelvészeti kutatásoknak, hiszen a nyelvi hálózaton rengeteg folyamat megy végbe.

I.3. A nyelv mint skálafüggetlen hálózat

Balázs Géza nyelvész tanulmányában (Balázs 2010) arra mutat rá, hogy a nyelvészek régóta használnak hálózatokat. Nyelvtani szabályok alapján létrehozott hálózat a szintaxis. Valószínűleg bonyolultabb (esetleg nyelvészek által egyedül nem leírható) hálózat a szemantikai háló. Biztosan van hálózat a szövegtanban, egy adott szöveg elemei között. Végül feltételezhető egy hálózat a pragmatikában is, a nyelvi közlések nyelvhasználati tulajdonságaikkal kapcsolódhatnak egymáshoz.

Azonban nem minden nyelvészeti kutatást nevezünk hálózatalapúnak, amely a nyelvben, vagy annak valamely részében hálózatokat feltételez. Csupán azok tartoznak ide, melyek skálafüggetlen hálózatként elemzik a nyelvet, vagy ilyen hálózatokat mutatnak ki

benne (Fóris 2007). Noha ez viszonylag új kutatási irány, skálafüggetlen hálózatokat és kis világokat találtak már a nyelvtani- és szemantikai hálózatokban, a szociolingvisztikában, vagy az agy neurális hálózatában (Kovács 2010a).

Szociolingvisztikai kutatási területeken leginkább a kis-világ tulajdonságot vizsgálták. Kis világot, külön nyelvi modult alkotnak az egyes dialektusok, szociolektusok, de az egyes nyelvváltozatok, regiszterek is. Egy adott személy ilyen értelemben vett nyelvi moduljainak száma összefügghet társadalmi helyzetével. A nyelvi divat és a nyelvújítás is lehet a skálafüggetlen topológia következménye: a kiemelkedő egyének, vagyis a középpontok nyelvhasználatát, egy-egy újítását veszik át a többiek (Balázs 2010).

Hálózatalapú kutatásokat eddig leginkább a mentális lexikonnal kapcsolatban folytattak. Gósy Mária a következőképpen definiálja: „Az agyban van egy tároló rendszerünk, amelyben a nyelv és a beszéd különféle egységeit, szabályait, működési módozatait tároljuk. Ezeket alkalmazzuk a beszédprodukció, a beszédpercepció egyes szintjein, az anyanyelv-elsajátítás folyamatában, avagy olvasáskor. Ezt a tároló rendszert nevezzük mentális lexikonnak.” (Gósy 2005: 193) Három része különíthető el: az aktív és a passzív szókincs, valamint az éppen aktivált rész. Pontos nagyságáról nincs egyértelmű információ, az sem tisztázott, mit tekintünk egy egységének. A felépítésével kapcsolatos elméleteket két csoportba sorolhatjuk. Az atomgömb-elméletek szerint a mentális lexikon szemantikai mezőkből épül fel. Ezek olyan, úgynevezett atomgömbökből állnak, melyek bizonyos tulajdonságok megtestesítői, és amelyek egyszerre több mező részei is lehetnek. A pókhálóelméletek szerint a szemantikai egységek úgy kapcsolódnak egymáshoz, hogy egy egység több más egységgel tart fent közvetlen kapcsolatot – vagyis hálószerűen. A pszicholingvisztikai kísérletek során ez utóbbi elfogadhatóbb bizonyítást nyert (Gósy 2005). A mentális lexikon hálózatelméleti megközelítése tehát indokoltnak tűnt a kutatók számára.

Az első ilyen jellegű vizsgálódásokhoz Zipf 1945-ös törvénye adta az alapot, mely bő fél évszázaddal a skálafüggetlen hálózatok leírása előtt elének tárt egy hatványfüggvényt. Zipf a következőket mondta ki: Rendezzük egy adott szövegtörzset szavait gyakoriságuk szerint sorba! Ekkor a szavak gyakorisági sorszámának és előfordulásai számának szorzata konstans, vagyis a két mennyiség fordítottan arányos. Ha ezt grafikonon ábrázoljuk (egyik koordináta a szavak sorszáma gyakoriságuk szerint, a másik pedig az előfordulásaik száma), akkor hatványfüggvényt kapunk. Zipf azt is kimutatta, hogy hasonló összefüggés van a szavak gyakorisága és fonémáik száma között, valamint a szavak gyakorisága és

jelentéseik száma között is. Ez utóbbit nyelvészeti vizsgálatok igazolták: minél ritkább egy szó, annál konkrétabb, annál inkább egyértelmű a jelentése.

A Zipf-törvény teljesülését irodalmi korpuszokon vizsgálták. Szógyakorisági hatványfüggvényt mutattak ki a következő korpuszokon: Radnóti Miklós összes versei és versfordításai, Arany János összes verse, Móricz Zsigmond Rózsa Sándor a lovát ugratja c. műve, Madách Imre Az ember tragédiája c. műve, illetve a Többet ésszel, mint erővel c. mesegyűjtemény (Fóris 2007).

Korpuszokon tanulmányozták a mentális lexikon elemeinek grammatikai összefüggéseit is. Dominich és Kiezer 2005-ben a magyar nyelvvel kapcsolatban végzett számítógépes korpuszelemzést az alábbiakon: Arany János és Jókai Mór összes műve, a Vizsolyi Biblia, a Pallas Nagy Lexikon, Magyar Web-korpusz. Egymással nyelvtanilag kapcsolatban állónak tekintették azon szavakat, amelyek előfordultak egymás mellett. A mondatokat nem vették figyelembe, vagyis egy mondat utolsó szavát és a következő mondat első szavát egymással kapcsolatban állónak tekintették, ami helytelen következtetéseket is eredményezhetett. Mindegyik esetben hatványfüggvényt kaptak, valamint kimutatták a kis-világ tulajdonságot. Az egyes korpuszok rendkívül eltérő jellege miatt a magyar nyelv egészére érvényes következtetéseket nem lehet levonni. Az is megjegyzendő, hogy a fentebb felsorolt korpuszok hatványfüggvényei egymáshoz és más nyelveken végzett kutatások eredményeiként kapott hatványfüggvényekhez képest is eltéréseket mutatnak, vagyis pontos matematikai képletet a nyelv hálójának egészére még nem sikerült adni. Azonban ezek mindegyike kimutatta a nyelv skálafüggetlen hálószerkezetét (Fóris 2007, Kovács 2007).

A mentális lexikon szemantikai jellegű kapcsolatait is széles körűen vizsgálták. Fontos és hasznos eredmények várhatók a jövőben a WordNet projekttől. Ez egy olyan elektronikus formában létező hierarchikus adatbázis, mely a szavakat jelentés és szófaj szerint kapcsolja össze egy hálózattá. Ehhez a legkülönbözőbb pszicholingvisztikai kísérletek eredményeit használják fel. Mivel a WordNet projekt több nyelvből tartalmaz hálózatokat (2001 óta a magyar nyelv is ezek közé tartozik), a jövőben lehetővé teheti olyan rendszer létrehozását, mely interfészként működik egyes nyelvek között (Fóris 2007, Kovács 2007). Sigman és Cecchi a WordNet adatbázis elemzésével kis-világ tulajdonságot állapítottak meg. Négy szemantikai kapcsolatfajtát vizsgáltak külön: alá- és fölérendeltség, ellentétek, rész-egész viszonyok, illetve poliszémia. A négy külön hálózatot ezután egyesítették. A kis-világ karakter a poliszém kapcsolatok hozzáadása után jött létre, ami kiemeli e kapcsolattípus jelentőségét (Kovács 2011).

Kovács László több olyan korpuszvizsgálatot is felsorol, melyeket szemantikai kapcsolatokkal (antonima, homonima, szinonima, stb.) felépített teauruszokon végeztek. Ezek kimutatták az egyes korpuszok szavainak rendkívül rövid átlagos távolságát, a rendszer skálafüggetlenségét, és központi elemek létezését. Noha ezekben a kísérletekben a gráfélek nem voltak súlyozva, Kovács szerint az eredmények arra mutatnak: ezek a tulajdonságok a fogalmak szemantikai szerveződésének általános jellemzői lehetnek. Előrejelzik, de egyelőre nem bizonyítják egyértelműen a mentális lexikon hálózatának skálafüggetlen jellegét (Kovács 2010b).

Ma a mentális lexikon vizsgálata asszociációs módszerrel történik, mely Galton nevéhez fűződik. Az asszociáció kétségbe vonható módszer, de a mentális lexikon egyes egységeinek kapcsolatvizsgálata jelenleg más módon nem elképzelhető (Kovács 2010b). Szóasszociációs tesztek során a kísérleti személy egy hívószót kap, melyre az első eszébe jutó szót kell megadnia. Ezeket a párokat kapcsolatként felfogva építhetők fel szemantikai hálózatok. Lengyel Zsolt ilyen jellegű kutatásainak eredményeit felhasználva Kovács László a következőket állapította meg: A szóasszociációk alapján olyan fogalmi hálózat építhető fel, amely legjobban a súlyozott, irányított pszeudográf kifejezéssel írható le. Pszeudográf, mert egy pontnak lehet éle saját magához, egyfajta hurokként, hiszen egy adott hívószóra lehetett ugyanaz a szó a válasz. Irányítottá és súlyozottá azáltal válik, hogy számon tartjuk mind az asszociációk irányát (melyik szóra melyik szó volt a válasz), mind azok erősségét egy konkrét számadat formájában (hányszor történt meg egy adott asszociáció a kísérletek során). Természetesen érkezhettek két szó egymásra válaszként, ám nem feltétlenül azonos számú esetben, így ezt két külön kapcsolatként értelmezzük. A kapcsolatok erősségét befolyásolja a válaszügy, vagyis hogy mennyire gyorsan adta meg az adott kísérleti személy az adott válaszsót. Kovács a fogalmak különböző kis világokba, domaine-kbe való tartozását is kimutatta: a gyerek hívószóra például négy témakörből érkeztek válaszok: életkorral, családdal, valamilyen játékkal vagy gyermeki tulajdonsággal voltak kapcsolatosak. Így ez a szó ebbe a négy kis világba tartozik (Kovács 2007, 2012).

Javasolt modelljét Kovács munkatársaival az Agykapocs nevű projekt keretein belül valósította meg. Az agykapocs.hu címen elérhető oldalra bárki regisztrálhat. A felbukkanó program egy adott szót kínál fel, erre kell a kísérleti személynek begépelnie az első eszébe jutó szót. Ha nem jut semmi eszébe, egy kattintással új hívószót kérhet. A program egy adatbázisban rögzíti a kialakuló asszociációs hálót, számon tartja a kapcsolatok irányát és súlyát (azaz az adott asszociáció gyakoriságát és gyorsaságát). A felhasználónak különböző statisztikai adatokat is meg kell adnia (kor, nem, nyelvismeret, végzettség),

mellyel különböző statisztikák készíthetők. A projekt 2008 áprilisában indult egy 100 szavas listával, azóta folyamatosan bővül.

Már a projekt kezdetekor felmerült több probléma a módszerrel kapcsolatban. Nem tudjuk, hogy tényleg az első eszébe jutó szót gépelte-e be a felhasználó. Nem tudjuk, mennyire befolyásolja az eredményt, hogy számítógép előtt ülve, gépelt formában kell válaszolnia. Születtek hagyományos szavaktól eltérő válaszok is (pl.: a mosoly szóra a „:)” karaktorsor). Ennek ellenére, mivel a részvétel önkéntes, a beérkező információ kellően nagy mennyiségű, és minden választ kutatók hagynak jóvá, így az Agykapocs-kutatás jövőbeli eredményei kellően megbízhatóaknak tekinthetők (Kovács 2008).

Az Agykapocs projekt egyelőre részeredményekkel szolgál. Az induláskor a rendszerben lévő száz szó esetében, ha nem vették figyelembe a kapcsolatok irányát, minden szótól minden szóig találtak utat, az átlagos távolság 1,84 lépés volt. Ha figyelembe vették az irányítottságot is – vagyis hogy bizonyos kapcsolatokon csak egy irányba lehet közlekedni –, akkor 198 szópár esetében nem találtak elérési utat. Ahol igen, ott az átlagos távolság 2,38 lépés volt.

A vizsgálat műveletigénye óriási, minden szó kapcsolatát meg kell vizsgálni minden másik szóval. Az említett száz szó esetében ez 12-14 órát vett igénybe. A teljes, a lekérdezés pillanatában 14620 szavas magyar nyelvű hálózat esetében ez 213 millió kapcsolat lekérdezését jelentette volna, ami mai eszközökkel megoldhatatlan. A lekérdezést néhány napos futás (kb. 60.000 kapcsolat vizsgálata) után megállították, a részeredmény a következő volt: nem irányított esetben 3,6 lépés, irányított esetben 5,1 lépés átlagos távolság a szavak között. Az adó, hitel, pénz és áfa szavak vizsgálatakor megállapították: mind a bejövő-, mind pedig a kimenő kapcsolatok súlyai hatványfüggvény-eloszlást mutattak. A teljes korpusz bemenő kapcsolatai hasonló képet mutattak. A kimenő kapcsolatokat nem lehetett így modellezni, hiszen a hívószavakat nem a felhasználó választotta, hanem maga a program (Kovács 2010b).

Összességében a projekt empirikus adatokat szolgáltatott a mentális lexikon kis-világ karakteréről, skálafüggetlen eloszlásáról. A kapcsolatok valóban irányítottak és súlyozottnak tűnnek. Kovács a rendszerben előforduló kapcsolatok alábbi típusait különítette el: nyelvtani, szemantikai, szaknyelvi (domainek, az egy fogalomkörhöz tartozó kifejezések), asszociatív (pl. napsütés – tengerpart), személyes (az adott egyénre jellemző kapcsolatok), kulturális, kollokációs, fonetikai, enciklopédikus (tárgyi ismereteken alapul, pl. király – István), valamint ekvivalencia (többnyelvűeknél). Ez azt jelenti, hogy ennyiféle részhálózatot biztosan elkülöníthetünk a mentális lexikonban (Kovács 2011).

Saját és más kutatók hasonló eredményeit Kovács számtalan területen érzi felhasználhatónak. A mentális lexikon jobb megismerése lehetővé teszi az alább felsoroltak alaposabb és új szemszögű vizsgálatát: prototípus-elmélet, különböző típusú kapcsolatok és részhálók, jelentést hordozó és nyelvtani szavak kapcsolata, kétnyelvűek mentális lexikonja, a lexikon eltérése különböző nem, kor vagy kultúra esetén. A gyakorlatban segíthetik az idegennyelv-oktatást, az anyanyelv-elsajátítás vizsgálatát, a kontrasztív nyelvelemzést, a marketing és reklám területét. Talán magukról a skálafüggetlen hálózatokról is kaphatunk új ismereteket.

A számítógépek előtt is új lehetőségek nyílnak. Lehetővé válhat olyan fogalmi rendszerek kialakítása, amelyek a számítógépek számára is értelmezhetőek és használhatóak. Új szintre léphetnek az internetes keresők, a fordítói rendszerek, a döntéshozó és -támogató rendszerek, a mesterséges intelligencia kutatása, a tudásmenedzsment, illetve az információ-kinyerés és szövegbányászat (Kovács 2007, 2011). Kínai és olasz kutatóknak valóban sikerült hálózatelméleti ismereteket felhasználva dokumentumokban olyan kulcsszavakat azonosítani és kiemelni, melyek pontosan adták vissza a szöveg tartalmát (Kovács 2011).

Összefoglalva az eddigieket, a nyelv jelenlegi hálózatelméleti vizsgálódásai a nyelv egy-egy részét vizsgálják csupán, nem terjednek ki a nyelv egészére. Az eddigi eredmények összefoglalása még várat magára. Azt már most sejteni lehet, hogy a nyelv sok tulajdonságát magyarázza a skálafüggetlen topológia. A nyelv kis-világ tulajdonsága jelenik meg a hallott és olvasott szövegek produkálásánál, illetve feldolgozásánál: a szükséges információ csupán néhány lépésben, rendkívül rövid idő alatt elérhető. Ezért tudunk a mentális lexikonból rövid idő alatt megfelelő elemet kiválasztani a nagyszámú elem közül. A hálózatok hibatűrő képességének köszönhető, hogy a nyelv kevésbé sérülékeny, például hogy szabályainak bizonyos megsértése ellenére is működik a megértés, mivel a hiányzó információt a sűrű hálózat pár lépésben pótolni tudja (Fóris 2007). A hálózat egymásbaágyazottsága teszi lehetővé helyettesítő szavak (pl. névmások) használatát akár hosszabb jelentésegységek helyett is (Balázs 2010). A kapcsolatok súlyozottsága és irányítottsága magyarázza meg, hogy a sok kapcsolat aktiválása nem terheli túl az agyat: nem kell több ezret aktiválni, csak az adott kontextus szempontjából relevánsakat (Kovács 2010b).

Az aggyal kapcsolatos további megállapítás, hogy habár a nyelvben és az agy neuronszerkezetében is kimutatták a skálafüggetlen hálózati szerkezetet, a kettő kapcsolata, összefüggései még nem tisztázottak (Balázs 2010b).

Mint az eddigiekben láttuk, a nyelv több területén is kimutatták skálafüggetlen hálózatok létezését. Tudomásom szerint a beszédprodukció folyamatát még nem vizsgálták hálózatelméleti szemszögből.

II. A beszédprodukciónálózatelméleti megközelítése

II.1. A beszédprodukciónáló

John Field angol nyelvész a következőket írja:

„A beszéd az egyik legösszetettebb kognitív folyamat, amit az ember végez. A normál angol nyelvű beszéd percenként körülbelül 150 szót jelent. Ez azt jelenti, hogy a beszélő másodpercenként két-három szót hív elő mintegy 30,000 szavas hétköznapi szókincséből. Ráadásul ezt nagyon hosszú időn keresztül és lenyűgöző pontossággal teszi (kb. ezer szavanként egy hibával).” (Field 2008: 283)

A beszéd, azon belül maga a beszédprodukciónáló kognitív folyamat. Ennek következtében vizsgálták már természettudósok (neurológusok és neurobiológusok) épp úgy, mint társadalomtudósok (szociológusok és pszichológusok) és természetesen nyelvészek (Huszár 2005).

Beszédprodukciónáló alatt azt a folyamatot értjük, amely a megszólalás szándékától a kiejtésig tart. A pszicholingvisztika elsősorban a spontán beszédet tanulmányozza. Nem foglalkozik interpretatív beszéddel, amely mások által leírt gondolatok elmondását jelenti (pl. egy vers felolvasása). A beszédprodukciónáló végső, artikulációs, fonetikus szintjével sem foglalkozik – ez a fonetika feladata (Gósy 2005).

A beszédpercepciónálóval ellentétben a beszédprodukciónálóval foglalkozó könyvek, könyvfejezetek, tanulmányok, publikációk száma jóval alacsonyabb. Az ok a folyamat jellege. Percepciónáló esetén a folyamat inputja (a megértendő szöveg) és az outputja (hogy mit értett meg belőle az illető) is tanulmányozható. A beszédprodukciónáló esetében a kutatók számára csak az output hozzáférhető (Huszár 2005). Mivel a spontán beszéd folyamatai közvetlenül nem tanulmányozhatók, sajátos módszerekre van szükség (Gósy 2005).

Kezdetben a folyamat végeredményét figyelték meg, a kiejtett szöveget. Főképp fonetikai és akusztikai jelenségeket vizsgáltak. Kiemelt jelentősége volt a szünetek, kitöltött szünetek és hezitálások megfigyelésének. Ezek főleg szintagma- és mondathatáron fordultak elő, ezért úgy gondolták, ezek a beszédprodukciónáló alapegységei. A szünetekkel ekképpen elkülönülő fonológiai frázis azonban nem csak a szintagmahatáron érhet véget. Lehet főnévi vagy igei csoportok határan, esetleg egy tartalmas szót követően (Field 2008, Gósy 2005, Huszár 2005). Ebből már feltételezhető, hogy a beszédprodukciónáló többszörösen összetett folyamat.

Az 1960-as évektől indult meg a beszédprodukciónáló elemzése a produkált beszédben előforduló hibákon keresztül. Az alapfeltevés az, hogy a folyamat hibáit ugyanazok a

mechanizmusok okozzák, mint amik a hibátlan folyamatot működtetik (Eysenck 2003, Gósy 2005, Huszár 2005). Példa ezekre a „nyelvem hegyén van” jelenség („tip of the tongue”, azaz TOT). Ilyenkor a beszélő egy adott szó hangalakját nem képes felidézni, de számtalan más tulajdonságát igen: szemantikai tartalmát, szótagszámát, kezdőbetűjét, esetleg hangrendjét is. A jelenség láthatólag frusztrációval jár, és amikor a beszélő megtalálja a kérdéses szóalakot, a megkönnyebbülés igen nagy. A TOT jelenség alapján állapították meg a kutatók, hogy a produkciós folyamat, illetve azon belül a lexikai hozzáférés legalább két részre bontható, egy hangzás előtti (preverbális) és egy fonológiai jellegűre (Eysenck 2003, Field 2008, Huszár 2005).

A hibás beszédprodukciós folyamat elemzésére újabb lehetőséget az afáziakutatás területe adott, ahol neurológusok és nyelvészek közösen igyekeznek empirikus kutatások eredményeiből következtetéseket levonni, és újabb kérdéseket feltenni. Az utóbbi évtizedek pedig remek lehetőséget adtak a neurolingvisztikai kutatások megindulásához: megjelentek az olyan képalkotó berendezések, mint az MRI, az fMRI, a PET, az ERP vagy a MEG. Ezekkel mind az egészséges, mind az agykérgi sérült személyek agyi tevékenysége tanulmányozható beszédprodukció közben (Huszár 2005).

A fenti módszerek eredményei alapján számos beszédprodukciós modell született. Huszár a beszédprodukciós modellekről az alábbiakat írja:

„A modell olyan konstruktum, amely megpróbálja fizikai vagy szimbolikus formában reprodukálni a vizsgált objektumok vagy erők között feltételezett viszonyokat. A funkcionális izomorf modelleknek – ezek közé tartoznak a beszédprodukciós modellek is – nem kell hasonlítaniuk a szimulált eseményhez, de működési módjuknak azonos eredményt kell hozniuk. A beszédprodukciós modelleknek ezen kívül meg kell felelniük a racionális modellekkel szemben felállított általános követelményeknek: ellentmondásmenteseknek és ellenőrizhetőeknek kell lenniük, kumulatív, fejleszthető, egyenes jellegűeknek. Az egyenes jelleg azt jelenti, hogy a modell leírása csak az input és a paraméterek kapcsolatát szabhatja meg, az outputot nem.” (Huszár 2005: 52)

Field szerint egy beszédprodukciós modellnek a következő lépéseket kell tartalmaznia: konceptuális-, szintaktikai-, lexikális-, fonológiai- és fonetikai szakaszok. A modellnek ezen kívül tartalmaznia kell egyrészt az előretervezés lehetőségét (pl. hanglejtés vagy érthetőség szempontjából), másrészt egy tárolót, ami tárolja az összeállított szövegrészt a kiejtési folyamat befejezéséig, és végül lehetőséget a beszélő számára az önellenőrzésre, korrekcióra (Field 2008).

A TOT jelenségnél említettem, hogy a különböző megakadásjelenségek és nyelvbtlások típusai alapján a beszédprodukción többlépcsős folyamatnak képzelték el. Ezért az első modellek a folyamatot a gondolat szintjétől a hangzó beszédig egymástól viszonylag független modulok sorozatának működéseként szemléltették: az egyik modul kimenete a következő modul bemeneteként szolgált. Ezeket autonóm szeriális modelleknek nevezzük (Huszár 2005).

Merrill Garrett a hetvenes és nyolcvanas években, részben a generatív szintaxis hatására dolgozta ki modelljét. A beszédprodukción és -percepción folyamatokat egymás fordított sorrendű megfelelőinek tartotta. Négy szintet különített el: az üzenet szintjét, a funkcionális (szintaktikai-szemantikai) szintet, a pozicionális (morfológiai) szintet, illetve az artikulációs (fonetikai) szintet. Garrett modellje nem magyarázta meg a nyelvbtlások összes típusát, és nem tartalmazott lehetőséget az önkorrekción sem (Eysenck 2003, Huszár 2005).

A beszédprodukción legismertebb és legelismertebb modelljeit Willem Levelt holland nyelvész dolgozta ki. 1989-es modellje három modulból áll. Az első modul, a fogalomalkotó (conceptualizer) két lépést is elvégez. A makrotervezés során történik a kommunikatív célok meghatározása, és az üzenet elemeinek kiválasztása. A mikrotervezés folyamata sorrendbe rendezi ezeket az elemeket, és eldönti, hol lesz az üzenet hangsúlyos része. A fogalomalkotó modul kimenete egy preverbális üzenet. Az átalakító modul (formulator) felelős a szintaktikai és fonológiai tervezésért. A kész fonológiai terv kivitelezése pedig az artikulációs modul (articulator) feladata. Levelt moduljai párhuzamosan futnak, mindegyik egy lépéssel előrébb jár – ez a kitétel a modell működését nagymértékben felgyorsítja. Az első két modul a különálló mentális lexikonhoz kapcsolódik. Itt minden elem rendelkezik a megfelelő szemantikai-, szintaktikai-, morfológiai- és fonológiai tulajdonságokkal. Kempen és Huijbers 1983-ban egy elem szintaktikai-, nyelvtani-, valamint szemantikai tulajdonságait lemmának, míg ugyanezen elem morfológiai- és fonológiai tulajdonságait lexémának nevezték. Ezt a két részre osztást Levelt is alkalmazza modelljében, a mentális lexikonon belül. Ez a modell – bár több fajta nyelvbtlást tud magyarázni, mint Garretté – magán viseli a szeriális modellek hibáit: merev, és nem tartalmaz lehetőséget önellenőrzésre és korrekción (Field 2008, Gósy 2005, Huszár 2005). Szintén feltűnő, hogy a mentális lexikon nem vált a modell szerves részévé: külön információforrásként, mintegy háttértárolóként működik.

1999-ben ezért Levelt újabb modellt dolgozott ki. Külön lépésbe foglalta a fonológiai kódolást, a fonetikai kódolást, valamint az artikuláción. Beiktatta az önellenőrzés

lehetőségét a fonológiai kódolás után, valamint a kiejtés után is. Figyelembe véve azonban, hogy ezt az önellenőrző folyamatot pontosan nem magyarázza, valamint hogy ez a modell csupán a lexikális szelekciót modellezi, még mindig nem ad kellően pontos képet a beszédprodukciónak működéséről (Lukács–Pléh 2003).

II.2. Az aktivációterjedéses modellek

A beszédprodukciónak kutatásában tehát a szeriális modellek nem váltak be. Jóval kedvezőbb eredményeket hoztak az úgynevezett aktivációterjedéses modellek. Ezek kialakulásához több, a nyolcvanas években elterjedő elmélet is hozzájárult.

McClelland és Rumelhart az évtized elején javasolta a beszéd produkciós- és percepciós modelljeire is a függőleges- és a vízszintes párhuzamosság elveinek alkalmazását. Az előbbi szerint az egyes szintek párhuzamosan működnek, mindig egy lépéssel előrébb járva, mint az előző. Az utóbbi azt mondja ki: egy szinten több elem feldolgozása is lehetséges egyidejűleg (Huszár 2005).

A két párhuzamossági elvet a konnekcionalista modellek gondolták tovább. Ezekben az információ kezelése párhuzamos működés eredménye. Nincsenek szigorúan elkülönült szintek, a folyamat eredménye a párhuzamos folyamatok eredményeinek összegződéseként jön létre. Az interaktív modellek megmaradtak a moduloknál, de a szeriális modellek továbbfejlesztései kívántak lenni. Jellemző tulajdonságuk, hogy a később működésbe lépő modulok visszahatnak a korábbiakra. Tehát nem csak fentről lefelé, hanem lentől felfelé is történnek folyamatok, sőt, ezek ugrálhatnak is a szintek között. Az aktivációterjedéses modellek legfőbb előzményei azonban a nyolcvanas-kilencvenes évek kognitív architektúrái és komputációs modelljei voltak. Ezek asszociáció alapú tanulásmodellek voltak, melyek célja az emberi tanulás teljes egészének modellálása volt. Eszközüln az aktiváció terjedését használták. Ez azt az energiát jelenti, amely ebben az asszociációs hálóban terjedt, mintegy működtetve azt. A modell alapján különböző szoftvereket fejlesztettek, melyek jól működtek. A komputációs modellek a beszédprodukciónak is képesek voltak szimulálni, így több kutató kísérletezett ezekkel, és alkotta meg saját változatát (Gósy 2005, Huszár 2005).

Gary Dell – jelenleg az Illinois-i Egyetem pszichológiai karának professzora – a nyolcvanas évek elején egy Garrett-éhez hasonló szeriális modellt próbált megalkotni. Amikor a modell hibái nyilvánvalókká váltak előtte, a konnekcionalista, az interaktív és a komputációs elméletek hatására új modellt hozott létre. Megtartotta az általa eredetileg felvázolt négy szintet (szemantikai-, szintaktikai-, morfológiai- és fonológiai szint), de

ezeket egyszerre működő folyamatokként képzelte el, ahol minden szint egy lépéssel előrébb tart. Ezek a folyamatok egy bonyolult hálózaton működnek, melyen az aktiváció terjedését az egyes szintek kategóriális szabályai irányítják (pl. a mondattani szint a megfelelő szintaktikai struktúrákat határozza meg). A hálózat csomópontjai fogalmaknak, szavaknak, morféimáknak és fonémáknak felelnek meg. Amikor egy csomópont aktiválódik, a vele kapcsolatban álló többi csomópontnak is ingerületet küld. Az aktiváció minden irányba folyik, így egy csomópont többször is aktiválódhat. Végül a behelyettesítő szabályok kiválasztják a lehetséges elemek közül a megfelelőt: azt, amelyiknek a legnagyobb az aktivációja. Miután produkálásra kerültek, az adott elemek elvesztik aktivációs szintjüket (Eysenck 2003, Gósy 2005, Huszár 2005).

Dell modellje számos pozitívummal rendelkezik. Takarékosan tárolja a nyelvi információkat: mivel több elem van egyszerre aktivált állapotban, nem teszi szükségessé – a Field által említetthez hasonló – munkamemória működését. Egyaránt le tudja írni a beszédprodukción és a beszédpercepción folyamatait ugyanazon a hálózaton, így nem szükséges ezek magyarázatára két külön modell. Továbbá felhasználható sokféle összefüggés kezelésére az elemek között. Előnyeként szokták még említeni, hogy hálózatos felépítése rendkívül hasonlít ahhoz a neurológiai hálózathoz, amelynek modellálására hivatott. Ez azonban nem teljesen egyértelmű, a neurológiai rendszer és a nyelv összefüggéseiről túl keveset tudunk még ahhoz, hogy reális összehasonlításokat tehessünk. Mindenesetre az aktivációterjedés elmélete miatt erősen utal a beszédprodukción és más kognitív tevékenységek közötti kapcsolatra. Az említett előnyöket jogosan állapították meg: a múltban gondosan kidolgozott kísérletsorok támasztották alá Dell modelljének működését. Ez az oka, hogy az aktivációterjedéses modellek közül az övé a legtöbbet idézett és használt modell (Eysenck 2003, Huszár 2005).

A modell a beszédprodukción hibákról is sok mindent megjósol. A tévesen kiválasztott elem valószínűleg ugyanahhoz a kategóriához fog tartozni, mint a helyes (pl.: főnév). A hibák nagy részének anticipációs hibának kell lennie: ilyenkor a mondat valamely eleme a túlságosan nagy aktiváció miatt hamarabb elhangzik, mint kellene. Ez akár felcserélést is eredményezhet: a fel nem használt elem – mivel neki még megvan az aktivációja – a hamarabb kiejtett elem helyére kerül (pl. *Írnom kell egy feleséget a levelemnek*). Feltételezhető, hogy a kiejtésben tévesen előbbre vagy későbbre kerülő elemek eredeti helyüktől nem kerülnek messze. Ennek oka, hogy csak akkor lehet elég magas az aktivációs szintjük a kiválasztáshoz, ha valahol a mondanivaló aktuális részében kell szerepelniük. Szintén valószínű, hogy a hiba eredménye egyébként is létező szó vagy

morféma lesz. A párhuzamosan működő folyamatok miatt az is lehetséges, hogy egy hibás elem többfajta tévesztés eredményeképp jön létre (pl. szemantikai és fonológiai is) (Eysenck 2003).

Az igazsághoz hozzátartozik, hogy Dell modelljét bírálókat is érték. A feltételezett nagy számú kapcsolat, és az ezeken terjedő szintén nagy számú aktiváció nemcsak a hibázás statisztikai valószínűségét növelné meg, hanem az agyat is túlterhelné. Ezt az ellentmondást azzal szokták feloldani, hogy különböző erősségű aktivációkat feltételeznek. Ez jó elgondolásnak látszik, de az aktivációk erősségének mérése nehezen megoldható. Szintén bírálják a modellt amiatt, hogy hálózata leginkább lexikai információkra támaszkodik, és nem ad kellő magyarázatot a grammatikai szabályok működésére (Eysenck 2003, Huszár 2005).

II.3. Aktivációterjedés egy skálafüggetlen hálózaton

A beszédprodukciónak tagláló szakirodalmak (pl. Gósy, 2005; Huszár, 2005) a beszédprodukciónak működését részletesen többnyire Levelt modelljén keresztül ismertetik. Noha számos hibáját ismerik el, mégis ezt a modellt tartják a legindokoltabbnak.

Dell modellje a nyelvet hálózatként fogja fel. Mint azt egy korábbi fejezetben ismertettem, számos kutatás mutatott rá, hogy a nyelvi hálózat skálafüggetlen tulajdonságokat mutat. Az alábbi részben megmutatom, hogy ha a Dell aktivációterjedéses modelljének alapjául szolgáló nyelvi hálózatot súlyozott és irányított skálafüggetlen hálózatnak feltételezzük, akkor ez a modell részletesebbé és indokoltabbá válik, mint Levelt. Ehhez feloldom a Dell modelljének felrótt hibákat, ismertetem az előálló modell felépítését, utalok a modell számos előnyére, és megmutatom, hogy sok nyelvi jelenség magyarázhatóvá válik általa.

Dell nagy számú kapcsolatot feltételezett az elemek között, amelyeken nagy mennyiségű aktiváció terjed. Ezzel sikerült elérnie, hogy biztosan eljusson a megfelelő aktivációmennyiség a megfelelő elemekig. Azonban nem tudta megmagyarázni, hogy miért nem terheli túl ez a nagy mennyiségű aktivációs energia az agyat, vagy hogy miért nem eredményez így a folyamat több hibát. Ha a nyelvi háló egészére alkalmazzuk Kovács László elképzelését a mentális lexikonról, miszerint az súlyozott, irányított gráfként írható le, akkor meg tudjuk magyarázni a jelenséget. Olyan kapcsolatokat feltételezünk, melyek lehetnek egyirányúak és kétirányúak is, de utóbbi esetben a két irány súlya jelentősen eltérhet. A kapcsolat súlya arra utal, hogy mekkora aktivációs szint szükséges ahhoz, hogy

az működésbe lépjen. A nagy erősségű kapcsolatok már kevés energiával is működnek, a gyenge kapcsolatokat viszont csak nagy mennyiségű aktiváció hozza működésbe. Egy ilyen gráfon nyilvánvalóan csak a megengedett irányokba terjedhet az aktiváció, és csak olyan mennyiségben, amennyit a kapcsolat súlya megenged. Ezáltal a szükséges aktiváció mennyisége a minimálisra csökken. Nem okoz túlterhelést, és kisebb eséllyel jönnek létre hibák.

Hogyan épül fel egy ilyen hálózat? Barabási az irányított skálafüggetlen hálózatokat empirikus kutatások eredményei alapján bemeneti, központi és kimeneti részekre osztotta. Dell modelljében bemeneti részként a konceptuális, fogalmi szintet tekinthetjük, mely összeállít egy preverbális üzenetet. Hogy ez hogyan áll elő, azt leginkább pszichológusok és neurológusok tudnák megválaszolni, csak nyelvészeti eszközökkel ez nem vizsgálható. Be kell érünk a ténnyel, hogy ez az üzenet egy külön szemantikai-fogalmi részhálózatban jön létre. Tartalmazza a közlendő információt, a fogalmakat, melyekről kommunikálni akarunk, illetve ezek viszonyait.

A modell kimeneti része az, amely az előállított fonémasorozatot mint tervet kivitelez, azaz elvégzi a kiejtés folyamatát. Akárhogyan is áll össze a kiejtendő üzenet, mindenképpen a kiejtés lesz az utolsó lépés, tehát az erre szolgáló részhálózat a modell kimeneti része.

Számunkra a kettő közötti rész a fontos. Az a folyamat, amely a preverbális üzenetből egy fonémasorozatot gyárt. Barabási felosztását alapul véve ez a rész a központi mag. Csakhogy a skálafüggetlen központi mag bármely pontjából eljuthatunk bármely másik pontjába! Ez a jelen modellel kapcsolatban azt jelentené, hogy a beszédprodukción során a szintaktikai, a morfológiai, vagy éppen a fonológiai tulajdonságok egyszerre aktiválódnának. Ha jobban megnézzük Dell modelljének a leírását, éppen ezt látjuk: az aktiváció minden irányba folyhat, a szintek egyszerre működnek, és a szükséges információk aktiváció küldésével segítik egymás kiválasztódását. Ez meglepő és újszerű gondolat lehet azoknak, akik a beszédprodukción folyamatát eddig szigorúan szeriális folyamatként képzelték el.

Természetesen a kapcsolatok típusai alapján a központi magban elkülöníthetünk részhálózatokat (pl. szintaktikai, fonológiai stb.). Ezek lesznek skálafüggetlen hálózatunk moduljai. Azonban a szeriális elméletek modulfelfogásával ellentétben ezek egymáshoz számos olyan ponton kapcsolódnak, melyek mindegyike jó eséllyel sok kapcsolattal rendelkező középpont. A kommunikáció sem kizárólag egyirányú a modulok között.

Milyen részhálózatokat, modulokat különíthetünk el a modellben? Ennek megválaszolásához idézzük fel, hogy milyen kapcsolattípusokat különített el Kovács László az Agykapocs projekt eredményei alapján. A különböző típusú kapcsolatok különböző részhálózatokat definiálnak számunkra.

A szemantikai, asszociatív, kulturális és enciklopédikus kapcsolatok olyan részhálózatokat határoznak meg, melyek valószínűleg a bemeneti hálóként működő konceptuális hálózat részei. Az eredmények alapján lexikonszervező szerepük kiemelkedő jelentőségűnek látszik.

A fonetikai és a nyelvtani kapcsolatok hozzájárulnak a központi magban található fonetikai és nyelvtani hálókhoz. Ez utóbbit valószínűleg több alhálózatra is bonthatjuk, legalább kétfelé: a Dell-féle szintaktikai és morfológiai kapcsolathálókra. A nyelvtani típusú kapcsolatok feltérképezésére skálafüggetlen szempontok alapján tudtommal még nem történtek kísérletek. Azt azonban már tudjuk az eddigiek alapján, hogy léteznek, ezzel pedig megválaszoltam a Dell modellje ellen felhozott utolsó érvet, miszerint nem ad kellően számot a grammatikai szabályok működéséről. A grammatikai kapcsolatok egyértelműen meghatározzák, hogy mi grammatikus az adott nyelvben, és mi nem az. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy ne tudnánk agrammatikus mondatokat létrehozni. A humornak például kiapadhatatlan forrása a nyelvi szabályok megsértése, de néha nyelvi változások is történnek egy-egy grammatikai szabálysértésből kiindulva. Ebben a modellben ez is lehetséges, ehhez azonban nagyságrendekkel nagyobb aktivációs energia szükséges. Emiatt a nagyobb „erőfeszítés” miatt érezzük ezeket a mondatokat kényelmetlennek, furcsának.

A Kovács által leírt többi kapcsolattípus, a személyes, kollokációs és szaknyelvi kapcsolatok valószínűleg összetett jelenségek. Több részhálózat közösen hozza létre őket (pl. fonetikai és szemantikai egyszerre).

Felépítésének ismeretében megvizsgálhatjuk, hogy a modell hogyan értelmezi a mentális lexikon fogalmát. Mint láttuk, Levelt modellje nem tudta integrálni a mentális lexikont, az külön modulként működik, ahonnan a folyamat a szükséges információt nyeri. Dell modelljének esetében a mentális lexikon fogalma úgy értelmezhető, hogy az a rendszerben szereplő, általunk a beszédprodukció során felhasználható információmennyiség, vagyis az elemeknek és azok kapcsolatainak összessége. Tulajdonképpen maga a rendszer az. Az a nyelvi eszköztár és az a kompetencia, amellyel megnyilatkozásainkat létrehozunk.

A lexikon egy eleme („szó” vagy „kifejezés”) ebben az értelmezésben egy kisebb, egyéni hálózat, amely a beszédprodukciós modulok megfelelő elemeiből, pontjaiból, és azok kapcsolataiból áll össze. Egy szó ezen egyéni hálózata tartalmazza a használatára vonatkozó összes szükséges információt (minden modulból a megfelelőeket), és meghatározza az adott kifejezés használatának lehetséges módjait. Látható, hogy ez a felfogás kombinálja a mentális lexikon atomgömb-elméleteit a pókhálóelméletekkel. A szavak valóban hálószerűen kapcsolódnak egymáshoz, mint a pókhálóelméletekben, azonban maguk is kisebb hálózatok – innen ered ezen skálafüggetlen hálózat „egymásbaágyazottsági” tulajdonsága. Az egyes szavak, fogalmak egyéni hálópontjaik egy részén osztozhatnak, ha az adott tulajdonságokkal mindegyik rendelkezik – ez egybevág az atomgömb-elméletek feltételezéseivel. Egy példával élve, a „kutya” és „macska” szavak egyéni hálózatainak sok közös része, másképp fogalmazva nagy metszete lesz. Morfológiai és szintaktikai hálók csaknem teljes egészében meg fognak egyezni, és szemantikai hálók is elég nagy metszetet fognak egymással mutatni. Fonológiai hálók már inkább különbözőek.

Itt említendőek az úgynevezett kibővített jelentésegységek. Ezek olyan rendszeresen együtt kiválasztott elemek, melyek együttes jelentése egyéni jelentéseikből nem kikövetkeztethető (Balaskó 2010). Ilyenek például az idiómák vagy a kollokációk. A tárgyalt modellben ezekre is van lehetőség. Egyszerűen arról van szó, hogy a preverbális üzenet megfelelő eleme ez esetben nem egyetlen szót, hanem egy egész morfémásorozatot aktivál.

Az alábbiakban a skálafüggetlen aktivációterjedéses modell néhány további előnyét részletezem. Először is ez a modell nagyon rugalmas. Ezt az magyarázza, hogy számos más skálafüggetlen hálózathoz hasonlóan dinamikus felépítésű. Változhat benne minden: létrejöhetnek vagy eltűnhetnek pontok és kapcsolatok, változhat az egyes kapcsolatok iránya és súlya (pl. ha egy szót új jelentésben kezdünk el használni).

Dell modellje a skálafüggetlen felépítéssel rendkívül gyorsá válik. Ennek egyik oka a kis-világ tulajdonság: bármilyen hatalmas is a nyelvi hálózat, két pont átlagos távolsága rendkívül kicsi marad. Bármely szükséges elem elérhető néhány lépésben. A modulok fentebb leírt párhuzamos működése is gyorsítja a folyamatot. A produkálандó kifejezések tulajdonságai (pl. mondatbéli helyük, morfológiai tulajdonságaik, fonémaik stb.) nemcsak hogy párhuzamosan aktiválódnak, de egymás felé is küldenek aktivációs energiát. Ezáltal bármely tulajdonságok is aktiválódnak először, azok siettetni, gyorsítani fogják a többi tulajdonság aktiválását. Így nagyon rövid idő alatt minden szükséges információ

rendelkezésre fog állni. Sokkal gyorsabban, mintha a megfelelő szintek szeriális működését feltételeznénk.

A modellnek ez a tulajdonsága a hibázás esélyét is csökkenti. A kifejezések nyelvi elemei elősegítik egymás aktiválódását, így nagyobb az esélye, hogy a megfelelő tulajdonság éri el először a kiválasztásához szükséges aktivációs szintet. Még kevesebb létrejövő hibát feltételezhetünk, ha figyelembe vesszük a skálafüggetlen hálózatok nagy hibatűrő képességét. Nagyszámú pont meghibásodása esetén is összefüggő marad a hálózat, és alkalmas lehet bizonyos fajta beszédprodukcióra. Az is valószínűsíthető, hogy ha mégis előfordul valamilyen hiba, annak két oka lehet. Egyfelől „téves forgalomirányítás”, vagyis ha az aktiváció nem megfelelő módon, mennyiségben vagy irányban terjed. Másrészt akkor fordulhat elő jelentős hiba egy ilyen skálafüggetlen modellben, ha bizonyos középpontok azok, amelyek meghibásodnak, hiszen ezek kiemelkedően fontos szerepet játszanak a folyamatban.

Az előző részben is láttuk, hogy egy beszédprodukciós modellnek a hibás produkciót is meg kell tudnia magyarázni. Nem tárgyalom e helyütt sem az afáziás emberek beszédprodukcióját, sem az ép beszédképességekkel rendelkező emberek bizonytalanságból, hezitációjából adódó beszédprodukciós hibáit. Csak a kivitelezési hibázásokra térek ki, vagyis azokra az esetekre, amikor a beszélő pontosan tudja, mit akar mondani, de mégis hiba csúszik a folyamatba. Gósy Mária a következőket sorolja fel (Gósy 2005): elszólás, kontamináció, téves szótalálás, téves szókezdés, „nyelvem hegyén van” jelenség, újraindítás, perszeveráció, anticipáció, metatézis, egyszerű nyelvbtlás.

Elszólást az okozhat, ha valamilyen okból – például mert azokra gondolunk beszéd közben – bizonyos kiejteni nem szándékozott kifejezés aktivációs szintje megnő. Amikor egy ilyen szóval szoros kapcsolatban álló – egyéni hálók nagy részén osztozó – másik szót akarunk használni, az tovább növeli az előbbi aktivációs szintjét, és végül ez a kiejteni nem szándékozott kifejezés választódik ki (pl.: *korlátolt feleségű... felelősségű társaság*).

A kontamináció a nyelvi jelek vegyülése (*felforr az agyamban a pumpa*). Ez akkor fordulhat elő, ha két hasonló kifejezés (pl. két kollokáció) aktivációja egyforma mértékben nő meg, mert bizonytalanok vagyunk, melyiket is akarjuk használni. Mind a kettő aktiválja a saját elemeit (pl. megfelelő morfémak, fonémák), végül a kettő elemeinek egy, a beszélt nyelvben nem létező kombinációja jön létre.

A téves szótalálás (*európai lendület... rendelet*) és a téves szókezdés (*már okt... novemberben*) ugyanarra a jelenségre vezethetők vissza azzal a különbséggel, hogy az utóbbi esetben a beszélő időben észreveszi a hibát, és javít. Az ok egy kifejezés helyett egy

másik hasonló kifejezés téves aktiválása. A modell valóban megjósolja a Dell modelljének leírásánál említetteket: a hiba eredményeképp létrejövő szó a helyes szóhoz rendkívül hasonló lesz, vele számos tulajdonságában (vagyis egyéni hálózatának valamekkora részében) meg fog egyezni.

A középpontok működési hiányosságaira vezethető vissza a „nyelvem hegyén van” jelenség. Mint azt az első fejezetben láttuk, a skálafüggetlen hálózatokban az információ rendkívül megbízhatóan terjed. Ahhoz, hogy megakadjon az aktiváció, és a beszélő ne tudjon eljutni egy kifejezés fonémáinak aktiválásáig, ahhoz fontos modulközi csomópontoknak kell hibásan működni.

A hibás mértékű aktivációra több jelenség is visszavezethető. Újraindítás (*any... anyagi*) a kiejtéshez szükséges aktivációs energia idő előtti elhalása esetén következik be. Ilyenkor a beszélőnek újra kell indítania a közlési folyamatot. Ennek ellentéte lehet ilyen szempontból a perszeveráció. Ez az a jelenség, amikor egy hang vagy szó aktivációs szintje túl sokáig, a kiejtésén túl megmarad, és hibát okoz egy későbbi elem produkciója során (*szövegszörkesztés*). Az anticipáció során egy hang vagy szó aktivációs szintje túlságosan megnő, és túl hamar kerül produkálásra (*fékenye áfonya dzsem*). Ez okozhat metatézist, azaz felcserélést is: ilyenkor a nem produkált szó vagy hang aktivációs szintje megmarad, ezért ez lesz a már hibásan, túl hamar kiejtett szó vagy hang helyén kiejtve (*süti a víz a napot*). Ezt érzékeli a beszélő úgy, hogy felcserélt bizonyos hangokat, morfémákat vagy szavakat. Szintén aktivációs hiba az egyszerű nyelvbtlás, de ez a kimeneti részen, kiejtéskor keletkezik. Betoldunk, kihagyunk vagy felcserélünk egy hangot, mivel túl magas, esetleg túl alacsony aktivációt kapott, vagy tévesen másik fonéma aktiválódott helyette.

Összefoglalás

Dolgozatomban megmutattam, hogy az aktivációterjedés beszédprodukciós modellek komoly alternatíváját nyújthatják a jelenleg elfogadottabb szeriális modelleknek, ha az általuk használt hálózatot skálafüggetlen topológiájúnak feltételezzük. Ehhez először ismertettem a skálafüggetlen hálózatok elméletének történetét és az ilyen hálózatok jellemző tulajdonságait. Ezután bemutattam jó néhány kutatást, melyek a nyelv különböző hálózataiban skálafüggetlen tulajdonságokat találtak. Kovács László munkássága és az általa létrehozott Agykapocs projekt eredményei különösen nagy hangsúlyt kaptak. A beszédprodukció és a beszédprodukciós modellek fogalmainak meghatározása után előbb bemutattam két szeriális elméletet, majd ismertettem a legismertebb aktivációterjedéses modellt, Gary Dell-ét. Végül megvizsgáltam, milyen tulajdonságokkal rendelkezne egy ilyen modell súlyozott, irányított skálafüggetlen felépítés esetén.

A skálafüggetlen aktivációterjedéses modell moduláris felépítésű, a modulok között az aktivációs energia a kapcsolatok által meghatározott szabályok szerint áramlik. A modellen értelmezni tudtam a mentális lexikon fogalmát is. A modell valamennyi nyelvi jelenséget képes produkálni, ezen kívül rugalmas, gyors, nagy hibatűrő képességű (egy vagy több hibásan működő pont még nem feltétlenül eredményez hibás produkciót), és viszonylag kevés hibát enged létrejönni. Az empirikus módszerekkel megfigyelt hibajelenségekről számot tud adni.

Feltűnő lehet, hogy – noha ezt a beszédprodukciós modellektől megkövetelik – ezzel a modellel kapcsolatban nem ismertettem az önellenőrzés folyamatát. Ennek oka nem az, hogy nem illeszthető be a modellbe. Ellenkezőleg: szinte túl sok működési elv képzelhető el, ami biztosítaná a beszédprodukció eredményeinek ellenőrzését. Talán mégis megőriznek a produkált elemek valamennyi aktivációs energiát, megmarad egy gyenge kapcsolat a produkció „nyomaként”, és egy kevés energia újraküldése ezen az úton megmutathatja, ha valahol hibás lépés történt. Egy másik megoldás lehet, ha a produkált elemek azért veszítik el aktivációs szintjüket, mert az energiát visszaküldik a rendszerben. Ha ez az „újraaktiváció” visszafelé is végig ugyanazokat az elemeket aktiválja, melyeket már egyszer kiválasztott a folyamat, akkor helyes volt a produkció – ellenkező esetben a felfedezett eltérésekből a rendszer azonnal meg tudja állapítani, hol történt a hiba. Az is lehetséges, hogy a produkciós folyamat minden pillanatában folyik visszafelé is az aktiváció. A felsoroltakon kívül további elgondolások is lehetségesek. A legjobb megoldás

kiválasztása további kutatást, gondolkodást, valamint empirikus adatokkal történő összevetést igényelne.

Láthattuk, hogy a felvázolt modell rendkívül összetett. Ráadásul minden ember beszédprodukciós hálózata más és más, és az is állandóan változik, ezért általános érvényű modell megadása rendkívül nehéz. A bemutatott modellt mégis tanulmányozásra, továbbgondolásra érdemesnek vélem fent ismertetett számos előnye miatt.

Jelen dolgozatomban nem volt céлом új beszédprodukciós modell alkotása. Ennek ellenére, az eddigiekre visszatekintve néhol meglehetősen közel kerültem hozzá. Ehhez azonban még jelentős pontosításra és fejlesztésre szorul. Jelenlegi állapotában leginkább a Dell-féle modell igazolásának, pontosításának tekinthető.

Az már bizonyos, hogy alkalmazásához és esetleges fejlesztéséhez a nyelvészek mellett számos más szakemberre is szükség lesz. Pszichológiai, neurológiai és szociológiai eredmények segíthetnének a modell bemeneti (szemantikai-fogalmi) hálózatának feltérképezésében és jobb modellezésében. Izgalmas lehetőségnek tűnik a számítógépes megvalósítás és modellezés is, ehhez informatikusok és programozók munkájára lenne szükség. A számítógépes szimuláció eredményei igazolhatnák, vagy cáfolhatnák a dolgozat állításait.

Nyelvészeti téren a központi mag nyelvtani jellegű kapcsolatainak kutatása, ezek leírása lehet egy követendő irány. Ha ezeket pontosítani tudjuk, illetve pontosabban fel tudjuk őket osztani típusokra, akkor talán felvázolható lesz a jövőben egy új, skálafüggetlen nyelvtan.

Ha más nem, egy dolog mindenképpen kiderült: a jövőben számolnunk kell a skálafüggetlen hálózatok elméletének további terjedésével és alkalmazásával nemcsak a pszicholingvisztikában, de a nyelvtudomány más részterületein is.

Bibliográfia

- BALASKÓ MÁRIA (2010): Amikor a nyelv hálózatai metszik egymást: kibővített jelentésegységek. In: BALASKÓ MÁRIA – BALÁZS GÉZA – KOVÁCS LÁSZLÓ (szerk.): *Hálózat kutatás. Hálózatok a társadalomban és a nyelvben*. Budapest: Tinta Könyvkiadó. 98–108.
- BALÁZS GÉZA (2010): Minden mindennel összefügg? Hálózat kutatás a nyelvben. In: BALASKÓ MÁRIA – BALÁZS GÉZA – KOVÁCS LÁSZLÓ (szerk.): *Hálózat kutatás. Hálózatok a társadalomban és a nyelvben*. Budapest: Tinta Könyvkiadó. 18–25.
- BARABÁSI ALBERT-LÁSZLÓ (2006): A hálózatok tudománya: a társadalmotól a webig. *Magyar Tudomány*. 2006./11. <http://www.matud.iif.hu/06nov/03.html> (Utolsó hozzáférés: 2012. november 3.)
- (2008): *Behálózva. A hálózatok új tudománya*. Második, bővített, átdolgozott kiadás. Budapest: Helikon Kiadó.
- EYSENCK, MICHAEL W. – MARK T. KEANE (2003): *Kognitív Pszichológia*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- FIELD, JOHN (2008): *Psycholinguistics: The key concepts*. New York: Routledge.
- FÓRIS ÁGOTA (2007): A skálafüggetlen hálók nyelvészeti vonatkozásai. *Alkalmazott nyelvtudomány*. VII/1-2. 105–123.
- GÓSY MÁRIA (2005): *Pszicholingvisztika*. Budapest: Osiris Kiadó.
- HUSZÁR ÁGNES (2005): *A gondolatról a szóig. A beszéd folyamata a nyelvbotlások tükrében*. Budapest: Tinta Könyvkiadó.
- KOVÁCS LÁSZLÓ (2007): Mentális lexikon és kis világok. *Alkalmazott nyelvtudomány*. VII/1-2. 141–150.
- (2008): Nyelvi hálózatok a mentális lexikonban: Agykapocs kutatás. *Alkalmazott nyelvtudomány*. VIII/1-2. 177–196.
- (2010a): Hálózatelmélet és nyelvészet. In: Balaskó Mária – Balázs Géza – Kovács László (szerk.): *Hálózat kutatás. Hálózatok a társadalomban és a nyelvben*. Budapest: Tinta Könyvkiadó. 9–17.
- (2010b): A mentális lexikon vizsgálata hálózatelméleti megközelítésben. In: Balaskó Mária – Balázs Géza – Kovács László (szerk.): *Hálózat kutatás. Hálózatok a társadalomban és a nyelvben*. Budapest: Tinta Könyvkiadó. 109–121.
- (2011): *Fogalmi rendszerek és lexikai hálózatok a mentális lexikonban*. Budapest: Tinta Könyvkiadó.
- KOVÁCS LÁSZLÓ – OROSZ KATALIN – POLLNER PÉTER (2012): Magyar szóasszociációk hálózata. *Magyar Tudomány*. 2012./6. <http://www.matud.iif.hu/2012/06/07.htm> (Utolsó hozzáférés: 2012. november 3.)
- LUKÁCS ÁGNES – PLÉH CSABA (2003): A nyelv idegrendszeri reprezentációja. In: PLÉH CSABA, et al. (szerk.): *Kognitív Idegtudomány*. Budapest: Osiris Kiadó. 528–560.