

INFORMÁCIÓELMÉLET

Komenczi Bertalan

MÉDIAINFORMATIKAI KIADVÁNYOK

INFORMÁCIÓELMÉLET

Komenczi Bertalan



Eger, 2011

Lektorálta:

CleverBoard Interaktív Eszközöket és Megoldásokat Forgalmazó és Szolgáltató Kft.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Felelős kiadó: dr. Kis-Tóth Lajos
Készült: az Eszterházy Károly Főiskola nyomdájában, Egerben
Vezető: Kérészy László
Műszaki szerkesztő: Nagy Sándorné

Kurzusmegosztás elvén (OCW) alapuló informatikai curriculum és SCORM kompatibilis tananyagfejlesztés Informatikus könyvtáros BA, MA lineáris képzésszerkezetben
TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0005

Tartalom

1. Bevezetés.....	11
1.1 Célkitűzések	11
1.2 A tantárgy általános leírása	11
1.3 A tananyag tartalma	12
1.4 A tananyag kifejtése	12
1.5 Tanulási tanácsok, tudnivalók	12
2. Anyag, energia, információ.....	14
2.1 Célkitűzés.....	14
2.2 Tartalom	14
2.3 A tananyag kifejtése	14
2.3.1 Az anyagfogalom	14
2.3.2 Az anyagfogalom értelmezése	15
2.3.3 Az anyag tulajdonságai	16
2.3.4 Az energia	17
2.3.5 Az entrópia	17
2.3.6 A Maxwell-démon	18
2.3.7 Az információ	19
2.3.8 Az információ sajátosságai	21
2.4 Összefoglalás.....	21
2.5 Önellenőrző kérdések.....	21
3. Az információfogalom értelmezései	22
3.1 Célkitűzés.....	22
3.2 Tartalom	22
3.3 A tananyag kifejtése	22
3.3.1 Az információ a természet általános alapentitása	22
3.3.2 Az információ az élő anyag attribútuma	22
3.3.3 Az információ a mentális szféra attribútuma – összefüggések	23
3.3.4 Az információ mint üzenet – a Shannon-séma.....	24
3.3.5 A Shannon-séma és a kibernetika fogalomrendszere.....	25
3.3.6 A kibernetikai rendszermodell kiterjesztése	26
3.3.7 Az információ, mint üzenet – evolúciós keretrendszerben	27
3.3.8 Az információ mint alakzat.....	28
3.3.9 Az információ, mint alakzat – evolúciós keretrendszerben	29
3.3.10 Az információ, mint pszichikus „mintázat”	29
3.3.11 Az exogramok mint információs alakzatok	30
3.3.12 Az alakzat- és üzenet modellt integráló artefaktumok	31
3.4 Összefoglalás.....	31
3.5 Önellenőrző kérdések.....	31
4. Matematikai információelmélet. bináris logika. kódolás.....	32
4.1 Célkitűzés.....	32
4.2 Tartalom	32

4.3	A tananyag kifejtése.....	32
4.3.1	Az információfogalom műszaki-matematikai értelmezése.....	32
4.3.2	Az információ matematikai elméletének alapgondolata.....	33
4.3.3	A matematikai információfogalom és a Shannon-modell.....	33
4.3.4	Az információmennyiség meghatározása (Hartley).....	34
4.3.5	Az információmennyiség meghatározása (Shannon).....	35
4.3.6	A kettesalapú logaritmus kitüntetett szerepe.....	35
4.3.7	A kettes számrendszer az informatika anyanyelve.....	36
4.3.8	A bináris logika.....	37
4.3.9	Az információmennyiség meghatározása felosztással.....	38
4.3.10	A bináris logika és a matematikai információ.....	39
4.3.11	Bináris logika és kódolás.....	39
4.3.12	Információ és valószínűség: a Shannon-képlet.....	41
4.3.13	Információmennyiség és entrópia.....	42
4.3.14	Természetes nyelvek matematikai információtartalma.....	43
4.3.15	Egy információforrás relatív entrópiája, redundancia.....	44
4.4	Összefoglalás.....	44
4.5	Önellenőrző kérdések.....	45
5.	Planetáris információs rendszerek.....	46
5.1	Célkitűzés.....	46
5.2	Tartalom.....	46
5.3	A tananyag kifejtése.....	46
5.3.1	Planetáris információs rendszerek.....	46
5.3.2	Az információs rendszerek fejlődéstörténete.....	46
5.3.3	A planetáris információfeldolgozás eredete.....	47
5.3.4	A planetáris információfeldolgozás szintjei.....	48
5.3.5	A planetáris információfeldolgozás első szintje.....	48
5.3.6	A planetáris információfeldolgozás második szintje.....	48
5.3.7	A planetáris információfeldolgozás harmadik szintje.....	49
5.3.8	A planetáris információfeldolgozás negyedik szintje.....	50
5.3.9	Algoritmikus gépek és molekuláris információs rendszerek.....	51
5.3.10	Kulturálisan programozható agyak és szervezett társadalmak.....	52
5.3.11	Az információs rendszerek közötti kapcsolatok.....	52
5.3.12	Pszichikumok és artefaktumok az információs társadalomban.....	53
5.4	Összefoglalás.....	53
5.5	Önellenőrző kérdések.....	54
6.	Információs folyamatok a molekulák szintjén.....	55
6.1	Célkitűzés.....	55
6.2	Tartalom.....	55
6.3	A tananyag kifejtése.....	55
6.3.1	Az evolúciós elmélet.....	55
6.3.2	A tulajdonságok átörökítésének értelmezése.....	55
6.3.3	Az örökítő anyag keresése – Weismann, Avery, Schrödinger.....	56
6.3.4	Az örökítő anyag keresése – a DNS szerkezetének megfejtése.....	57

6.3.5	A DNS molekula szerkezete	58
6.3.6	A DNS replikációja – az evolúció molekuláris alapjai	60
6.3.7	Molekuláris információátvitel – a genetikai kód.....	61
6.3.8	Molekuláris információátvitel és a sejt szerkezeti elemei.....	63
6.3.9	Molekuláris információátvitel – a transzkripció és a transláció	63
6.3.10	Molekuláris információátvitel – a transláció molekuláris logikája ...	64
6.1	Összefoglalás.....	65
6.2	Önellenőrző kérdések.....	66
7.	Az emberi agy mint információs rendszer	67
7.1	Célkitűzés.....	67
7.2	Tartalom	67
7.3	A tananyag kifejtése.....	67
7.3.1	Az emberi agy funkciói, az agykutatás alapkérdései	67
7.3.2	A valóság agykérgi reprezentációjának szintjei	69
7.3.3	Genetikai determináció és epigenezis	70
7.3.4	A génexpresszió és a környezeti hatások	71
7.3.5	Epigenezis és környezeti determináció	72
7.3.6	Agykérgi reprezentációk mint mentális objektumok	73
7.3.7	Aktivációs mintázatok az agyban.....	74
7.3.8	A valóságészlelés koherenciájának létrehozása	75
7.3.9	A reprezentációk tudatosulása.....	75
7.3.10	A valóságészlelés kartéziánus és szimulációs modellje	76
7.3.11	Aktivációs mintázatok és mentális objektumok.....	77
7.3.12	Az aktivációs mintázatok kiértékelése	77
7.3.13	Az agy-számítógép metafora.....	78
7.3.14	Az agy mint információfeldolgozó gép.....	78
7.3.15	Neumann János gondolatai a számológép és az agy működéséről	79
7.3.16	Az agyműködés digitális-analóg jellege	80
7.3.17	Az agy működésének alapvonásai	81
7.3.18	Az agyműködés leírásának episztemológiai korlátai	82
7.3.19	A mentális működések szubjektív értelmezése	82
7.3.20	A mentális működések objektív értelmezése	83
7.3.21	A tudat aspektusai és a test-lélek probléma	83
7.4	Összefoglalás.....	85
7.5	Önellenőrző kérdések.....	85
8.	információ, jel, jelentés a szemantikai információelméletben	86
8.1	Célkitűzés.....	86
8.2	Tartalom	86
8.3	A tananyag kifejtése.....	86
8.3.1	Információ, jelrendszerek és kultúra	86
8.3.2	A jeltudomány kialakulása és előzményei	87
8.3.3	A modern szemiotika megalapozói	87
8.3.4	A jelfogalom értelmezése.....	89
8.3.5	Jel, jeltárgy, jelentés, jelpéldány	89

8.3.6	A jetipológia.....	90
8.3.7	A jelfolyamat elemei és a közöttük kialakuló kapcsolatok	91
8.3.8	A szigmatikai dimenzió	92
8.3.9	A szintaktikai dimenzió	93
8.3.10	A pragmatikai dimenzió.....	94
8.4	Összefoglalás.....	94
8.5	Önellenőrző kérdések.....	94
9.	Információ és nyelvhasználat – a nyelvi jel.....	95
9.1	Célkitűzés.....	95
9.2	Tartalom	95
9.3	A tananyag kifejtése.....	95
9.3.1	Az emberi nyelv mint információs rendszer	95
9.3.2	A nyelvi jel.....	95
9.3.3	Lingvisztikai kulcskompetenciák.....	96
9.3.4	A nyelv hierarchikus tagolódása	97
9.3.5	A beszédfolyamat.....	98
9.3.6	A beszédfolyamat jelentésmezői.....	98
9.3.7	A nyelvi információátvitel tényezői és funkciói	99
9.3.8	Denotatív vagy referenciális funkció	100
9.3.9	Emotív vagy expresszív funkció	101
9.3.10	Konatív avagy pragmatikai funkció.....	101
9.3.11	A fatikus funkció.....	101
9.3.12	A metanyelvi funkció.....	102
9.3.13	A poétikai vagy stilisztikai funkció.....	103
9.3.14	A nyelv társadalmi funkciói	103
9.4	Összefoglalás.....	104
9.5	Önellenőrző kérdések.....	104
10.	Információ és kommunikáció a társadalomban	105
10.1	Célkitűzés.....	105
10.2	Tartalom	105
10.3	A tananyag kifejtése.....	105
10.3.1	Információs interakciók az élővilágban	105
10.3.2	A lehetséges és a tényleges valóság	106
10.3.3	A környezetre irányuló viselkedésformák az állatvilágban	106
10.3.4	Az információs interakciók etológiai értelmezése	107
10.3.5	Az állatok információs kapcsolatai és jelhasználata	107
10.3.6	Olfaktorikus információk.....	108
10.3.7	Auditív információk.....	108
10.3.8	Vizuális információk.....	109
10.3.9	Zooszemiótika.....	109
10.3.10	Az ember információs világának kialakulása – a korai emberfélék..	109
10.3.11	A Homo habilistól a Homo sapiensig	110
10.3.12	A neolitik forradalom	110
10.3.13	A szimbólumhasználat kialakulására vonatkozó elképzelések	111

10.3.14	A modern emberi elme – a tudat megjelenése	112
10.4	Összefoglalás.....	112
10.5	Önellenőrző kérdések.....	112
11.	Információrobbanás, virtuális világlékönyvtár	113
11.1	Célkitűzés.....	113
11.2	Tartalom.....	113
11.3	A tananyag kifejtése.....	113
11.3.1	Információrobbanás	113
11.3.2	Virtuális világlékönyvtár?.....	114
11.3.3	Vannevar Bush és a memex koncepciója.....	115
11.3.4	A hipertext.....	115
11.3.5	A multimédia.....	116
11.3.6	A hipermedia.....	118
11.3.7	A world wide web koncepciójának születése.....	118
11.3.8	A world wide web funkcionális alapelemei	119
11.3.9	A world wide web – a reális világlékönyvtár	120
11.3.10	Számítógépes információszolgáltatás	121
11.3.11	Az elektronikus információkezelés alapformái.....	123
11.3.12	Adatbázisok és keresőrendszerek.....	123
11.4	Összefoglalás.....	124
11.5	Önellenőrző kérdések.....	124
12.	Összefoglalás	125
12.1	A tananyagban kitűzött célok összefoglalása.....	125
12.2	Tartalmi összefoglalás.....	126
12.3	A tananyagban tanultak részletes összefoglalása	128
13.	Kiegészítések	129
13.1.1	Hivatkozások.....	129
14.	Ábrajegyzék	132
15.	Médiaelemek	133
16.	Tesztek.....	134
16.1	Próbateszt.....	134
16.2	Záróteszt A.....	138
16.3	Záróteszt B.....	143
16.4	Záróteszt C.....	147

1. BEVEZETÉS

1.1 CÉLKITŰZÉSEK

Az *Információelmélet – Információs jelenségek és folyamatok* című tananyag elkészítésének az a célja, hogy az általunk tervezett képzésben résztvevők számára összefoglaljuk az információ fogalmára és szerepére vonatkozó tudásrendszer legfontosabb alapelemeit és ezek összefüggésrendszerét. Munkánk során szem előtt tartottuk azt az ilyen jellegű tananyagokkal kapcsolatos követelményt, hogy a tananyag tartalmi összetevői oly módon legyenek összeválogatva és rendszerbe szervezve, hogy ezzel a hallgatók szemléletét is formáljuk, és használható gyakorlati segítséget nyújtsunk későbbi tevékenységükhöz.

A tananyag elkészítését az a törekvés motiválta, hogy a hallgatók számára olyan korszerű ismeretanyagot állítsunk össze, amely képessé teszi őket az információfogalom interdiszciplináris értelmezésére és releváns ismereteket közöl számukra az információs jelenségek és folyamatok különböző rendszerszinteken történő megnyilvánulásáról.

A tantárgy tanításának célja egy átfogó, az információ- és kommunikációelmélet legáltalánosabb fogalmi, technikai, történeti, és társadalmi összefüggéseit összefoglaló ismeretrendszer megismertetése az informatikus-könyvtáros képzés BA fokozatában résztvevő hallgatókkal. A tárgy tartalmi elemeinek megismerése során a hallgatók felismerik a széteágazó ismeretrendszer összefüggéseit, és olyan szemléletre tesznek szert, amely a változatos információs és kommunikációs jelenségek egységes értelmezésére teszi képessé őket. A tantárgyi követelmények teljesítése közben megismerkednek az információfogalom különböző értelmezési lehetőségeivel, betekintést nyernek az információelmélet illetve információtudomány alapvonásaiba, releváns ismereteket szereznek az információs jelenségek és folyamatok különböző rendszerszinteken történő megnyilvánulásáról.

1.2 A TANTÁRGY ÁLTALÁNOS LEÍRÁSA

Az *Információelmélet - Információs jelenségek és folyamatok* című tárgy az informatikus-könyvtáros képzés egyik alapozó elméleti tantárgya. Tartalma nem azonos a matematikai és műszaki tudományok azonos című diszciplinájával – az azok korpuszát képező matematikai információelméletnek csak néhány alapelemét ismerteti. Interdiszciplináris tárgyként az információtudomány bizonyos alapelemeit, illetve más, az információval kapcsolatos részterületeket foglal magában. Mivel átfogó, egyetemes, általános információelméletről, illetve kikristályosodott információtudományról még nem beszélhetünk, a tananyag készítője sem törekedhetett teljességre és véglegességre. Az összeállított ismeretanyag az információ fogalmának az értelmezésére, az információs jelenségek és folyamatok különböző rendszerszinteken történő megnyilvánulására, illetve az ember és az információ kapcsolatrendszerére irányul. A tartalom összeállítása rendszerszemléletű és evolúcióelméleti megközelítéssel történt. Tudomány-, technika- és társadalomtörténeti összefüggésekben gondolkodtunk, nem feledkeztünk meg az információ felhasználásával kapcsolatos antropológiai, szociológiai és filozófiai kérdésekről sem.

1.3 A TANANYAG TARTALMA

1. Bevezetés
2. Anyag, energia, információ
3. Az információfogalom értelmezései
4. Matematikai információelmélet. Bináris logika. Kódolás
5. Planetáris információs rendszerek
6. Információs folyamatok a molekulák szintjén
7. Az emberi agy mint információs rendszer
8. Információ, jel, jelentés a szemantikai információelméletben
9. Információ és nyelvhasználat – a nyelvi jel
10. Információ és kommunikáció a társadalomban
11. Információrobbanás, virtuális világlétezés
12. Összefoglalás

1.4 A TANANYAG KIFEJTÉSE

Anyag, energia, információ. Az információ fogalmának értelmezése. Az információ, mint üzenet – a Shannon-féle kommunikációs blokkcséma. Az információs alakzatok evolúciója. Az információ szerepe és jelentősége kibernetikai rendszermodellekben.

Matematikai információelmélet. A bináris logika és a kettes számrendszer kitüntetett szerepe az informatikai rendszerekben. Információ, valószínűség, redundancia és entrópia.

Az információ szerepe biológiai rendszerekben. Információs folyamatok a molekulák szintjén. Neuronális információs rendszerek. Az emberi agy szerkezetének és működésének alapvonásai.

Információ a szemantikai információelméletben. Jel, jeltárgy, jelentés. A jeltudomány kialakulása. Jeltipológia. A jelfolyamat elemei.

Információ és nyelvhasználat. A nyelvi jel. A beszéd-folyamat. A nyelvi információátvitel tényezői és funkciói. Elsődleges és másodlagos szóbeliség. A nyelv társadalmi funkciói.

Információ és kommunikáció a társadalomban. Az információfeldolgozás biológiai alapjai. Az állatok jelhasználata. Információs forradalmak az antropogenezis során.

Az információrobbanás és az arra adott válaszok: az elektronikus információkezelés alapformái (adatbázis és keresőrendszer, hipertext, multimédia, hipermedia, internet és világháló). Számítógépes információszolgáltató rendszerek.

1.5 TANULÁSI TANÁCSOK, TUDNIVALÓK

Mielőtt hozzátámasztaná a tanulás megkezdéséhez, ne feledje, hogy a tanulás munka: tudatos ismeretszerzés, ismeretrendszer építés és -bővítés, amely nem csekély kognitív és akarati erőfeszítéseket igényel. A tanulás eredményessége szempontjából a személyes energia- és időráfordítás a legfontosabb tényező. A befektetett szellemi erőfeszítés az, ami a mély megértéssel járó tudás kialakítását lehetővé teszi. Ebben a tankönyvben a tananyag tagolása, felépítése és logikai egybeszervezettsége olyan, hogy elősegítse az Ön önálló, eredményes tanulását. Az Ön részéről a legfontosabb a megfelelő tanulási stratégia és a motiváció.

Mivel az egyes leckék (amelynek megjelölésére a fejezet kifejezést szinonimaként használjuk) önálló, gyakran egy egész tudományterületet reprezentáló egységek, a könyvet

fejezetenként érdemes tanulni, olyan módon, hogy egy-egy alkalommal egy fejezetre koncentrálunk. Először figyelmesen olvassa át a leckét, és koncentráljon arra, hogy megértse tartalmát. Az összefüggések megértése nélkül történő magolás a tanulás legrosszabb hatásfokú formája. Ha viszont az ismereteket összefüggésekbe helyezve, értőn tanul, a tanultak sokáig megmaradnak és a megtanultak eltérő kontextusokban is alkalmazhatók lehetnek!

Az egyes leckék szövegében a tanuló kétféle kérdéssel fog találkozni. Vannak olyan kérdések, amelyek egy-egy probléma felvetését szolgálják, és ezekre a lecke további szövege adja meg a választ. Ha ilyen szövegközi kérdéssel, problémafelvetéssel találkozik, akkor mielőtt továbbsmenne, gondolkodjon el rajta, törekedjen arra hogy megértse a kérdésben rejlő problémát, és próbáljon saját maga is válaszolni, magyarázatot találni. A leckék végén található önellenőrző kérdések a megtanulandó tartalmak egyes elemeire és a közöttük lévő összefüggésekre kérdeznak rá. Az egyes témák kifejtése során gyakran találkozik definíciókkal. Ezeket minden esetben próbálja meg logikailag elemezni, ez ugyanis elősegíti a definíció részelemei közötti összefüggéseket megértését. Amikor pontokba sorolt felsorolásokkal vagy táblázatokba foglalt ismeretelemekkel találkozik, ezeket mindig tanulja meg olyan fokig, hogy képes legyen felidézni. Erre kiválóan megfelel a hagyományos módszer: válaszait felírja egy papírlapra, majd összehasonlítja az eredetivel, egészen addig, míg az egyezés nem teljes.

Általában legyen önnél papír és ceruza tanulás közben, és a lecke szövegében is alkalmazzon aláhúzásokat, kiemeléseket. Készítsen lapszéli, illetve lapvégi, sorközi jegyzeteket. Ez segíti az aktív, figyelmes tanulást, és elősegíti a későbbi újbóli felidézést.

2. ANYAG, ENERGIA, INFORMÁCIÓ

2.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy megismertesse a hallgatókat a világ természettudományos leírásának néhány alapkategóriájával és a közöttük lévő kapcsolatokkal. Sor kerül az információ fogalmának első közelítésben történő értelmezésére és annak a szerepnek a felvázolására, melyet az információ az anyagi világ felépítésében és az emberi társadalom fejlődésében betölt.

2.2 TARTALOM

Anyag, energia, információ. Az anyagfogalom értelmezése, az anyag általános tulajdonságai. Az energiafogalom értelmezése, entrópia, a Maxwell-démon mint gondolat kísérlet fogalmának szerepe az információ, rendezettség, program, döntés kategóriarendszer bevezetésében. Az információfogalom értelmezése, az információ sajátos, az anyagtól és energiától eltérő jellemzői.

2.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

2.3.1 Az anyagfogalom

A világ mibenlétéről – arról, hogy miből áll és miként működik – nyitott, érdekesítő filozófiai párbeszéd folyik évezredek óta. Az idealista, a materialista és a dualista szemléletek – e háromféle elképzelés – változatos argumentációkat dolgoztak ki vélt igazságaik alátámasztására, de máig sem sikerült tudományosan eldönteni, melyiknek van igaza. E különböző elképzelések más-más nézőpontból közelítik meg a kérdéseket, de mindegyikük fontos tudásokat közvetít a maga szemszögéből. A filozófia és a természettudományok történetén ezeknek az igazságoknak a keresése, bemutatása, és más elképzelésekkel való ütköztetése vonul végig. A modern tudományfilozófiai irányzatok ismeretelméleti következtetései (Karl R. Popper, 1935; Thomas Kuhn, 1962; Paul Feyerabend, 1970 és mások) szerint nincs abszolút tudományos igazságunk, csupán olyan modelljeink vannak, amelyek alkalmasak egyes dolgok praktikus közelítésére, prediktívek, és segítségükkel működő eszközök, berendezések készíthetők. E modellek az ismeretek gyarapodásával változnak, finomodnak, vagy átadják a helyüket más, jobban használható, de természetükből adódóan ugyancsak ideiglenes érvényű elképzeléseknek. A tananyagban felvetett kérdések megközelítéséhez a természettudományok által alkalmazott modellezési módszert választottuk: a természettudományos módszer alaphipotézise a személytelen, anyagi felépítésű, objektív törvényeknek engedelmeskedő kozmosz, amelyről kísérletileg igazolható, objektív ismeretek szerezhetők. A világ természettudományos értelmezésében kulcsszerepet töltenek be olyan fogalmak, mint az anyag, az energia és az információ.¹ Ezeknek az entitásoknak a szerepét a számunkra megnyilvánuló világ magyarázatában úgy összegezzük, hogy

¹ A XX. századig az anyagot és az energiát a természettudomány egymástól független létezőknek tekintette. Einstein óta azonban tudjuk, hogy az energia – a tömeggel együtt – az anyag egyik megnyilvánulási formája: minden energiához tömeg és minden tömeghez energia tartozik, vagyis a tömeg és az energia az anyag megjelenési formái.

„anyag nélkül nincs semmi; energia nélkül az anyag mozdulatlan; és információ nélkül az anyag és energia rendezetlen, tehát haszontalan.”² Nézzük meg részleteiben ezeket a fogalmakat!

2.3.2 Az anyagfogalom értelmezése

Az univerzum a természettudományos vizsgálódás számára anyagi felépítésűnek mutatkozik: a természet – annak élő és élettelen része – anyagból áll.³ Az anyag a világ létezésével egybekapcsolt alapfogalom, a természettudományok, mindenekelőtt a fizika és a kémia alapentitása.

Az anyag alapfogalom-jellegét a megnevezésére használt „matéria” kifejezés is jelzi, amely a latin *mater* = anya szóból származik.⁴ Arra a kérdésre, hogy mi az anyag, nehéz egyértelműen válaszolni. Más a fizika, más a filozófia és megint más a köznyelv anyagfogalma. Talán nem is ez a jól feltett kérdés az anyaggal kapcsolatban; kielégítőbb és használhatóbb válaszokat kapunk, ha az anyag attribútumaira, alapvető jellegzetességeire kérdezünk rá.

Amikor az érzékelhető, megfogható anyag felépítését, szerkezetét, összetevőit vizsgáljuk, egyik közelítésként azt mondhatjuk, hogy diszkrét, elkülönült részecskékből „tömegcskékből” épül fel. Ezt a modellt spekulatív úton a görög természetfilozófus, Démokritosz alkotta meg, és ő nevezte el az anyag ezen építőköveit atomoknak, oszthatatlanoknak, azaz tovább már nem darabolhatónak.⁵ Ezek a részecskék érzékszerveinkkel nem észlelhetők, csak megfelelő eszközök segítségével, amelyek ezeknek a részecskéknél valamilyen hatása alapján jeleznek. Mivel ezek a részecskék rendkívül parányiak, az érzékszerveinkkel érzékelhető legkisebb anyagdarabban is több milliárd található belőlük. Az anyagnak erre a szerkezeti modelljére utalva használjuk az anyagi halmaz kifejezést. Az anyag modellezésének van egy másik lehetősége is, a folytonos függvénnyel leírható fizikai mező (elektromos, elektromágneses stb.). Ez a két viselkedési forma a mikrojelenségek világában nehe-

² Anthony Oettinger aforizmáját Daniell Bell idézi „Az információs társadalom társas keretrendszere” című tanulmányában. In: Információs társadalom, 2001, I. évf. 1. szám, 8. o. (A tanulmány eredetileg 1979-ben jelent meg „The social framework of the information society” címen.)

³ René Descartes volt az, aki a vizsgálódó értelmet (a *res cogitans*) elkülönítette a vizsgálat tárgyától (a *res extensától*), s ezzel megalkotta az újkori természettudományok „természet” fogalmát is. A természet az, amit vizsgálunk, amit magára hagyunk, amiből kivontuk személyünket. Térben kiterjedt („anyaga van”), és ható okok mozgatják. A cél szükségképpen hiányzik belőle, hiszen az a vizsgálódó elme sajátja. (Csorba F. László tanulmánya alapján: Testvéri tantárgyak – Tanulmány a tantárgyi koherenciához. In: Új Pedagógiai Szemle, 2002/6.)

⁴ A természettudományok „anyagelvűsége” nem zárja ki azt, hogy a világban nem anyagi összetevők is létezzenek. Vannak filozófiai irányzatok, amelyek szerint a világ lényege a szellem, és az anyag csak ennek egy megnyilvánulási formája. A monoteista vallások (zsidó, keresztyén és iszlám) tanításai pedig a mai természettudományok „természet” fogalma helyett „teremtett világról” szólnak, ahol a teremtett létezők létének oka a Teremtő szándéka. Az anyag és a szellem kettősségének feltételezése, illetve az a kérdés, hogy a két szubsztancia közül melyik az elsődleges, végigvonul a filozófia történetén. A különböző filozófiai irányzatok csoportba sorolásának egyik lehetséges módja aszerint is történhet, hogy erről a kérdéstről mi az álláspontjuk. Az anyag elsődlegességét a materializmus, a szellem elsődlegességét pedig az idealizmus hirdeti. Ezek mellett a monizmusok mellett léteznek különböző dualista eszmerendszerek, amelyek a két összetevőt egyenrangúnak gondolják. Karl R. Popper filozófus „három világa” pedig pluralista ontológia, amelynek dualista és monista értelmezése is lehetséges.

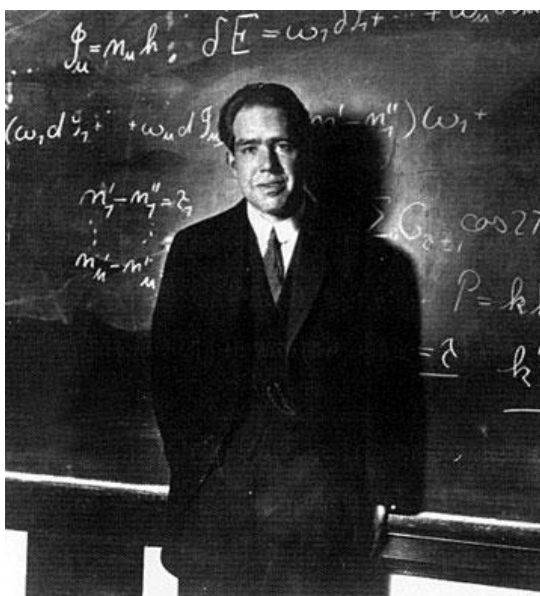
⁵ Azóta kiderült, hogy maguk az atomok is többszörösen összetettek, és az ún. elemi részecskék sokaságát fedezték fel az anyag „végső” építőköveiként.

zen különíthető el egymástól. Például a fény is és az elektron is – mindkettő egy-egy anyagfajta – vizsgálható és leírható fizikai mezőként, azaz hullámként, de vizsgálható és leírható részecskeként is. Ez a kétféle leírás (modell) ugyan ellentétes, a vizsgált jelenség merőben más megközelítését jelenti, teljes értékű leírásához mégis mindkettőre szükség van. (Szokták azt is mondani – nem kifogástalan pontossággal –, hogy a fénynek vagy az elektronnak „kettős természete” van.)

A modern természettudomány a szubatomi mikrovilág leírására alkalmas kvantummechanika eszköztudományának kidolgozása során találkozott azzal a különös esettel, hogy a fizikai valóság egyetlen, ellentmondásmentes képpel nem írható le. Ennek az emberi megismerés jellegét, illetve lehetőségeit illetően messzire vezető következményei vannak, amelyeket a komplementaritáselmélet fogalmazott meg először. Az elmélet megalkotása Niels Bohr dán atomfizikus nevéhez fűződik, aki a szokatlan gondolatmenet lényegének érzékeltetésére gyakran idézett egy latin szentenciát: „*Contraria non contradictionaria, sed complementaria sunt.*” (Az ellentétek nem ellentmondóak, hanem kiegészítik egymást.)

2.3.3 Az anyag tulajdonságai

Ha az anyag tulajdonságait vizsgáljuk, vagyis azt, hogy miként viselkedik az anyag, a következőket kell megjegyeznünk: az anyag kölcsönhatásokban nyilvánul meg, és ezeknek a kölcsönhatásoknak a vizsgálatával állapítható meg róla bármi.



1. kép Niels Bohr

Egyebek mellett például az, hogy az anyag tömege és az anyag mozgása kapcsolatban van egymással: egy tárgy a mozgatása közben nem gyorsulhat fel bármilyen nagy sebességre – a fénysebességhez közeledve a tárgy tömege egyre növekszik, azt elérve végtelen nagygyá válna, és nincs az az energiamennyiség, amely tovább gyorsíthatná. Einstein ennek a gondolatmenetnek a továbbvitelével jutott arra a következtetésre, hogy a testek tömege és

energiatartalma között kapcsolat van: az anyag ebben a két entitásban nyilvánul meg. Ezt az összefüggést fejezi ki a híres tömeg-energia ekvivalencia egyenlete: $E = mc^2$, ahol m a tömeg, c a fénysebesség. Az egyenlet által leírt kapcsolatnak megfelelően minden energiához tömeg és minden tömeghez energia tartozik, vagyis a tömeg és az energia nem egymást kizáró ellentétek, hanem ugyanannak az anyagnak a két oldalát, két megjelenési formáját képviselik. A XX. század előtt egymástól függetlenül megfogalmazott tömegmegmaradás és energia-megmaradás törvénye az addig két függetlennek gondolt entitásra vonatkozott, ez a relativitáselmélet szellemében kiterjesztve az anyag általános megmaradási törvényében egyesül: az energia minden növekedése vagy csökkenése tömegváltozással jár együtt: $\Delta m = \Delta E/c^2$; azaz a tömeg energiává alakulhat és viszont. Ezek az átalakulások a részecskegyorsító berendezésekben, az atomerőművekben és a nukleáris robbanószerkezetekben meg is valósulnak.

2.3.4 Az energia

Az energia görög eredetű szó, tevékenységet, munkát jelent. Thomas Young, akinek a fogalmat köszönhetjük, valóban a munka végzésére való képességként definiálta 1807-ben.⁶ Ekkor még fel sem merült az, hogy az energiában a tömegként észlelhető anyag egy másik megnyilvánulásáról van szó. Az energia különböző formákban jelenik meg: mechanikai energia, kémiai energia, hőenergia (belső energia), elektromágneses energia és nukleáris energia – ezek az alapformák. Elvileg minden energiatípus bármely tetszőleges másikba alakítható, de nem semmisíthető meg sohasem. A mechanikai munka pl. az energiaátadás egyik formája két anyagi rendszer kölcsönhatásában. Az energiaátadás iránya meghatározott: kiegyenlítőds történik, azaz a magasabb energiatartalmú részrendszer energiája csökken.⁷ Hasonló kiegyenlítőds folyamat zajlik például két különböző nyomású gáztartály összekapcsolásakor vagy a különböző hőmérsékletű testek érintkezésekor. Az energiaátadás során az adott energiatípus egy része minden esetben hőenergia formájában a környezetbe kerül. Ez azt jelenti, hogy a rendszer nem juthat vissza előző állapotába, mert kezdeti energiakészletének egy része szétszóródott a környezetében. Ez az energiavesztés az oka annak, hogy a környezetüktől elszigetelt rendszerekben megfordíthatatlan folyamatok mennek végbe. A megfordíthatatlanságot az entrópiának nevezett állapotjelző növekedése írja le.

2.3.5 Az entrópia

Az entrópia fogalmát Rudolf Clausius német fizikus vezette be 1865-ben. Clausius névéhez fűződik a termodinamika második főtételének egyik megfogalmazása is, amely szerint magára hagyott, zárt anyagi rendszerek entrópiája mindig növekszik – azaz bennük energiaszétszóródás, hőmérséklet-kiegyenlítőds megy végbe, egyre rendezetlenebbekké válnak, és nem juthatnak vissza eredeti állapotukba. Egzakt megfogalmazás szerint „az

⁶ A munkában manifesztálódott energia értelmezése – ahogyan W. Thomson (Lord Kelvin) megfogalmazta 1860-ban – ma is használható: „Az anyagi rendszer energiáján azon hatások mechanikai munkaegységben mért összegét értjük, amelyek a rendszeren kívül mennek végbe, amikor a rendszer bármilyen módon egy meghatározott állapotból egy önkényesen kiválasztott null-állapotba megy át”.

⁷ Ez statisztikus megközelítésben – makroszinten – igaz, mert az anyagi halmazon belül a részecskék egymás közötti véletlenszerű energiacsereje közben ütközések révén előfordulhat, hogy a nagyobb energiájú részecske energiája tovább növekszik.

entrópia az a mennyiség, amely a makroszkopikus termodinamikai jelenségeknél megszabja a jelenségek lefolyásának irányát” úgy, hogy a változás mindig a nagyobb valószínűségű állapotok kialakulása felé történik. A hőtan (termodinamika) egy másik megfogalmazásában ez úgy szól, hogy hidegebb testről melegebb testre hő nem megy át magától, hanem csak a melegebb testről a hidegebbre. (A hűtőgépeknél ez nem magától végbemenő, hanem kényszerített folyamat.) A maximális entrópiájú állapot elérésekor az anyaghalmaz egyensúlyi állapotba kerül, és ez az állapot állandósul. Az entrópiánövekedés elve szerint az egyensúly állapotában a rendszeren belül mindenütt ugyanakkora a hőmérséklet, a részecskék mozgása teljesen önkényes, ezért a rendszerben már nincs lehetőség a változásokra, a fejlődésre. Az entrópia ennek a rendezetlenségnek a mértéke. A Clausius gondolatmenete alapján levonható következtetés, mely szerint a világ a maximális entrópiájú állapot felé haladva a „hőhalál” állapotába jut – ekkorra a világ teljes energiakészlete a változásokat kísérő energiacserekek közben fellépő energiaveszteségek következtében hőenergiává alakul – csaknem száz évig elterjedt nézet volt.

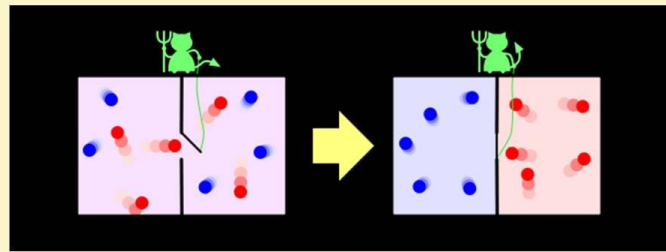
2.3.6 A Maxwell-démon

Az a felismerés, hogy a világ törvényszerűen a káosz és a rendetlenség, a „hőhalál” felé halad, nem mindenki számára volt elfogadható vagy magától értődő. James Maxwell például egy gondolat kísérletben megkérdőjelezte a törvény általános érvényességét. Elgondolása szerint egy képzeletbeli parányi lény (a híres „Maxwell-démon”), amely kifinomult érzékeivel képes lenne minden molekula mozgásirányát és sebességét meghatározni, szét tudná válogatni a mindenféle sebességű molekulákat. Ez azonban azt jelentené, hogy – a termodinamika második törvényével ellentmondásban – rendezetlen állapotból rendezett állapot állhat elő.⁸ A paradoxon sokáig megoldatlan maradt, mert a tudósok – Maxwellhez hasonlóan – adottnak vették azt az információt, ami a molekulák szétválogatáshoz szükséges. Először Szilárd Leónak sikerült megoldást találni a problémára, aki kimutatta – és kvantitatív formában is kifejezte –, hogy az információ megszerzéséhez és továbbításához energiafelhasználás szükséges, ami entrópiánövekedéssel jár.⁹ Tehát a képzeletbeli Maxwell-démon működése sem lehet kivétel a termodinamika második főtételének érvényességétől.

⁸ „... a molekulák egy levegővel teli edényben – egyenletes hőmérséklet esetén – semmi esetre sem egyforma sebességekkel mozognak. ...Tegyük fel, hogy egy ilyen edényt kettéosztunk, **A** és **B** részre egy olyan elválasztó fallal, amelyen van egy kicsi lyuk, és hogy egy lény, aki látja az egyes molekulákat, úgy nyitogatja és csukogatja ezt a nyílást, hogy a gyorsabb molekulák mehessenek át **A**-ból **B**-be, és csak a lassúbbak kerülhessenek **B**-ből **A**-ba. Ilyen módon ez a lény – munkavégzés nélkül – megemeli a **B** oldal hőmérsékletét és csökkenti az **A** oldalét, ami ellentmond a termodinamika második törvényének.” In: Maxwell, J.: The Theory of Heat, 1871. 308–309. o.

⁹ Über die Entropieverminderung in einem Thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. In: Zeitschrift für Physik, 53/840, 1929. „Szilárd végkövetkeztetése az volt, hogy a hőtan második főtétele szerint egy olyan értelmes megfigyelő, aki *lokálisan rendet teremt*, valahol *máshol szükségszerűen hőt ad le*, tehát a totális rendetlenség (entrópia) nem csökkenthető.” Marx György, i. m., 90.

1.1. Anyag, energia, információ



A Maxwell-démon

Az információ megszerzéséhez és továbbításához
energiafelhasználás szükséges, amely entrópia növekedéssel jár.

program döntési algoritmus irányítás

Über die Entropieverminderung in einem Thermodynamischen
System bei Eingriffen intelligenter Wesen Szilárd Leó, 1929

2. kép A Maxwell-démon

Az informatika fogalomrendszerét alkalmazva azt mondhatjuk, hogy a „Maxwell-démon” meghatározott program szerint tevékenykedik: fizikailag kódolt információkat tartalmaz (előzetes információfeldolgozás!), ezek határozzák meg viselkedésének célját, és azt is, hogy a környezet aktuális állapotáról szerzett információkat hogyan dolgozza fel ezeknek a céloknak az elérése érdekében.¹⁰ Ezek az információk csak anyaghoz vagy energiához kapcsolatosan közvetíthetők, így a démonnak végső soron több energiára van szüksége a molekulák szétválogatásához, mint amennyit a folyamat eredményeképpen nyerne. Egy olyan képzeletbeli lény ugyanis, aki megfigyeléseire támaszkodva lokálisan rendezi a molekulákat, a szükséges információk megszerzéséhez energiát használ fel, azaz szükségszerűen hőt ad le, tehát a rendszer entrópiája ezen a módon nem csökkenthető. Ahhoz, hogy a világban rend és szervezethez legyen, információra van szükség, információ azonban csak entrópiánövekedés árán hozható létre. Maxwell paradoxonja irányította a figyelmet az addig észrevétlen információra és annak „környezetére”: az előzetes programra, a döntési algoritmusokra, és a szabályozásra.

2.3.7 Az információ

Az információ – az anyaghoz és az energiához hasonlóan – nehezen definiálható: nincs egyetlen, átfogó, általános érvényű és mindenki által elfogadott meghatározása. A fogalom értelmezése nem csupán az anyagi világ egyes rendszerszintjein¹¹ eltérő, hanem mást-mást

¹⁰ „A Maxwell-démon algoritmus is megmutatta, az irányítás folyamata szükségképpen magában foglalja egy új információ (input) összehasonlítását bizonyos elraktározott mintákkal és utasításokkal (programmal) annak érdekében, hogy a szóba jöhető viselkedések (lehetséges outputok) előre meghatározott halmazából valamelyik mellett dönteni lehessen.” Beniger, J., i. m., 91.

¹¹ A természettudomány a világ dolgait rendszerekként vizsgálja. Minden rendszer *részrendszerekből* áll, amelyek maguk is további részekre bonthatók. Tudományos gondolkodásunk során az egyes rendszerszinteket esetenként elkülönítetten, önmagában vizsgáljuk, gyakran azonban felvetjük az ezek közötti átmenet, az egyes rendszerszintek egymásra történő visszavezethetőségének kérdését is.

értenek a kifejezés alatt egyes szakterületek és gyakorlatok is. Kérdéses az is, hogy az egy adott rendszerszinten bevezetett információfogalom értelmezési tartománya milyen mértékben terjeszthető ki más rendszerszintekre. Attól függően, hogy milyen modellben és értelmezési szinten használom, az információ más és más felfogása, aspektusa válik relevánssá: az információ mint alakzat, mint szenzoros érzékelés tárgya, mint üzenet, mint szabályzó jel, mint tudás, mint a szabályzó kör inputja, mint a fizikai jelenségekben jelenlévő információ stb. A világ dolgokból áll, amelyek rendszerek, s maguk is tagjai-elemei más rendszereknek. E dolgoknak vannak tulajdonságai (hol van és mikor, milyen részei vannak, hogy viszonyul a felsőbb szintekhez, élő vagy élettelen, mozog-e, van-e spinje stb.). E tulajdonságok összessége jelenti a dolgot. A dolgoknak a világban való jelenléte – részrendszer jellegükből adódóan – kölcsönhatás és kapcsolat is egyben. A különböző dolgok hatnak egymásra, befolyásolják egymás strukturálódását, módosítják egymás működését, „megtudnak” valamit a másikról. A dolgok tulajdonságaiból eredő hatások egy része tekinthető információnak. Ilyen értelemben információ fizikai szinten a kristályba rendeződés szögviszonya, a mézet jelentő virág színe, vagy az emberhez eljutó vonatfütyty. Információ az adrenalin molekula a szívizomsejteknek, és a visszavert ultrahang a denevérnek és a radarnak. Információk az érzékszerveken keresztül agyunkba eljutó hatások, amelyekből különböző értékelő mechanizmusok alapján válogatunk – így lesz jelentéssé az információ. Információ az agyunkban már meglévő információkból alkotott elképzelés, tudás, belátás, felismerés.

Az információfogalom értelmezése során az egyik lehetséges kiindulópont az élő anyagnak azon jellegzetessége, hogy kialakulása, fejlődése és működése látszólagos elmentmondásban van a termodinamika II. főtételével. Az élőlényekre illetve az általuk létrehozott eszközök és működtetett rendszerek egy részére – az élettelen természettel szemben – a rendezettség és szervezettség magas szintje jellemző.¹² Szervezett rendszerek kialakulását/kialakítását információfeldolgozás teszi lehetővé: információk segítségével lehet fenntartani illetve növelni a szervezettségben megnyilvánuló rendet.¹³ A földön a szervezettség először az egyszerű élő rendszerekben jelent meg. Ezek voltak az első, működésük fenntartására törekvő, célirányos struktúrák. „Minden élő rendszernek anyagot és energiát kell feldolgoznia ahhoz, hogy fenntarthassa magát az entrópia növekedésével, azzal az egyetemes tendenciával szemben, hogy minden szervezet a lebomlás, a randomizáció, a végső véletlenszerű elrendeződés állapota felé halad. Az anyag és az energia feldolgozásához irányításra van szükség, és az információ (...) alapvető jelentőségű az irányításban.”¹⁴

¹² Bizonyos szempontból ide tartoznak a kristályok is, amelyekben a részecskék kölcsönös elrendeződésének szögviszonya jelenti az információt. A kristályok szerkezetében megmutatkozó ismétlődő szabályosság azonban statikus rend, nem dinamikus szervezettség, és a rend a szervezettséghez képest viszonylag kevés információt tartalmaz. Beniger, J., i. m., 70.

¹³ Ezek az objektumok, rendszerek és folyamatok – ahogyan azt Maxwell paradoxonjának megoldásával Szilárd Leó bebizonyította – azért nem sértik a termodinamika II. főtételét, mert a bennük végbemenő entrópia-csökkenést környezetük nagyobb mértékű entrópiánövekedése egyenlíti ki. Ilyenkor valójában mindig összekapcsolt rendszerekről van szó, ahol az egyes részrendszerek entrópiája csökkenhet (azaz rendezettségük növekedhet) úgy, hogy közben a többi részrendszer entrópiája ennél nagyobb mértékben növekszik (rendezettségük csökken). Tehát az általános entrópiánövekedés során egyes – megfelelő módon szervezett – rendszerelemek entrópiája csökkenhet, azaz tartósan magas fokú, illetve növekvő rendezettségű állapotban lehetnek.

¹⁴ Beniger, J., i. m., 36.

2.3.8 Az információ sajátosságai

Az információ előállításához, észleléséhez, közvetítéséhez, tárolásához és feldolgozásához anyag és energia szükséges, de az információ sajátosságai nem vezethetők le az anyag illetve az energia jellemzőinek kiterjesztéséből. Az információ elkülönül az anyag-energia létforma jegyeitől, egyszerűen szólva „sem nem anyag, sem nem energia.”¹⁵ Az információ az anyag és az energia mellett a tradicionális természettudományos vizsgálódás rendszerszintjén a fizikai világ harmadik alapentitásának tekinthető.¹⁶ Az anyag és energia megmaradására és átalakulására vonatkozó törvények az információra nem érvényesek. Az információ mennyisége nem szükségszerűen függ az azt hordozó anyag illetve energia mennyiségétől. Ugyanazon anyag/energia konfiguráció kontextustól függően eltérő információmennyiséget jelenthet. Az információ úgy megy át egyik helyről a másikra, hogy megmarad a kiindulási helyen is. Egy információ-forrás elvileg korlátlan számú vevőnek adhatja át ugyanazt az információmennyiséget. Az információnak nincs megmaradási tétele, keletkezhet a „semiből” vagy más információkból, korlátlanul előállítható, de el is veszhet, megsemmisülhet és megsemmisíthető. Megfogalmazható az információnövekedés tétele, amely szerint a földön az élőlények megjelenésétől kezdve az információ mennyisége gyorsuló ütemben növekszik.¹⁷ Mai világunk ennek az információnövekedésnek az eredménye, és az információ köré épül.

2.4 ÖSSZEFOGLALÁS

A leckében először a természet három alapvető összetevőjének definíciószerű értelmezésével foglalkoztunk, különös tekintettel az információfogalommal megragadható entitásra. Az ismeretelemeket a lehetőségek határain belül tudománytörténeti kontextusba helyeztük. Így az anyag-energia-információ fogalomrendszer értelmezésének történeti változásai-ból kiindulva az entrópia fogalmán keresztül jutottunk el az információ fogalmának első közelítésben történő értelmezéséig.

2.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Melyek a filozófiai világotértelezés alapkategóriái?
2. Miért modell jellegű a valóság természettudományos megközelítése, és mik ennek a modellnek az alapelemei?
3. Hogyan vezethető le a Maxwell-démon gondolat kísérletből az információ és a döntési program?
4. Miben áll az információ, az anyag és az energia különbözősége?

¹⁵ Ezt a megfogalmazást Norbert Wienernek tulajdonítják.

¹⁶ „Az információ másodlagos jelenség, az anyagi világ szervezettségéből származik, s létezése teljes mértékben függ attól.” Beniger, J. idézett mű, 36. oldal.

¹⁷ Fercsik János: Informatika (Informatika és számítógép 1.) Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1993. 21. o.

3. AZ INFORMÁCIÓFOGALOM ÉRTELMEZÉSEI

3.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy megismertesse a hallgatókat az információfogalom értelmezésének néhány alapkategóriájával és a közöttük lévő kapcsolatokkal. A hallgatók értsék meg az információ fogalmának szerteágazó, mégis logikailag összefüggő és evolúciós keretrendszerbe helyezhető értelmezési formáit, beleértve az információnak az anyagi világ felépítésében és az emberi társadalom fejlődésében betöltött szerepét is.

3.2 TARTALOM

Az információfogalom értelmezésének rendszerszintjei. Az információ üzenetként történő értelmezése, a Shannon-séma jelentősége, a kibernetikai rendszermodell általános használhatósága. Információ mint üzenet evolúciós összefüggésrendszerben. Az információ alakzatként történő értelmezése, az információ alakzatok alaptípusai – evolúciós keretrendszerben. Az alakzat- és üzenet modellt integráló artefaktumok.

3.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

3.3.1 Az információ a természet általános alapentitása

Néhány kutató szerint az információ az élettelen természet működésében is fellelhető, amennyiben ott rendezettség mutatkozik. Az élettelen természetben a rendszerek az információkat szerkezetükben, összetételükben hordozzák. Például a kősókristály felépülése során az újonnan belépő kloridionok valamint nátriumionok helyét az addigi kristályszerkezet egyértelműen meghatározza. Az információt a természet egyik alapentitásaként felfogó tudósok csoportjába sorolható a már említett James R. Beniger is. Szerinte azonban az információ ontológiai státusza nem azonos az anyag és az energia megfelelőjével: az anyag (mint tömeg és energia) elsődleges létező (legalábbis a világ természettudományos modellje szerint), az információ ezekre ráépülő másodlagos jelenség.¹⁸ Léteznek azonban olyan fizikai elméletek is, amelyek az információnak az anyaggal és az energiával egyenrangú státuszt tulajdonítanak, sőt, a meghatározó alapentitásnak (univerzális információprincípium) az információt tekintik.

3.3.2 Az információ az élő anyag attribútuma

Egy másik felfogás szerint az információ csak az élő rendszerekkel jelenik meg, és az élő anyag attribútuma. Az élő rendszerek önszervező és önfenntartó rendszerek, amelyekre a rendezettség igen magas szintje jellemző. Ezt a rendezettséget a környezetből felvett energiával és igen összetett információs folyamatok segítségével tartják fenn. Bolygónkon először az élő szervezetekként jelentek meg programozott struktúrák, amelyek információs

¹⁸ „Az információ másodlagos jelenség, az anyagi világ szervezettségéből származik, s létezése teljes mértékben függ attól.” Beniger, J., i. m., 36. o., illetve „az információ a fizikai világ másodlagos jelensége, ami megjelenik még az energiában és a holt anyagban is, amikor ezek például üstökösökbe és kristályokba rendeződnek.” Beniger, J., i. m., 69.

inputokat feldolgozva folyamatos döntéseket hoznak a szóba jöhető outputok kiválasztására vonatkozóan. Az információ minden élet kezdeténél jelen van a DNS makromolekulák szerkezetében kódolva (genetikai információ) mint az élőlény „terve” és „előállítási és működtetési munkaprogramja”. A DNS dinamikus információs rendszer, amely részben magában hordozza értelmezésének feltételeit; célirányos program, amely egy meghatározott élőlény szerkezetének kialakítására illetve adott környezetben történő optimális működtetésére irányul. Az élő szervezet kibernetikai rendszernek tekinthető, amely működése során folyamatosan információkat dolgoz fel; ennek az információfeldolgozásnak az eredményessége az élőlény fennmaradásában és szaporodási sikerében mutatkozik meg (a programok differenciális szelekciója játszódik le).¹⁹

3.3.3 Az információ a mentális szféra attribútuma – összefüggések

Mások szerint az információ kizárólag az emberi pszichikumban, a tudatban, a kognitív, mentális szférában létezik.²⁰ Akik ezt a felfogást képviselik úgy vélekednek, hogy mivel az információ interpretált létező, és ez az interpretáció az egyes emberek elméjében történik, ezért az információ értelmezési tartománya kizárólag a humán jelenségvilág lehet.²¹ A fizikai világ illetve más élő rendszerek információs tartott folyamatai csupán analógiák, antropomorf kiterjesztések.²²

Véleményünk szerint a három értelmezés nem zárja ki egymást. Kétségtelen, hogy ha az információt az anyaggal, energiával, térrel egyenértékű entitásnak tekintjük, akkor a fogalom túl általánossá válik az információfeldolgozás érdemi tanulmányozásához. Ugyanakkor nem nehéz belátni, hogy az információ értelmezési tartományának kiterjeszté-

¹⁹ „Amikor Maxwell kitalálta démonját, nem is gyaníhatta, hogy hipotetikus teremtményének lényege, vagyis a programozás, a döntés és az irányítás ott lüktet minden élő dolog minden egyes sejtjében a Földön.” Beniger, J., i. m., 100.

²⁰ B. C. Brookes a popperi ontológia keretrendszerében értelmezi az információt. Szerinte az információ a popperi 2. világban, a tudatban keletkezik, de a 3. világban, objektív formában tárolódik. Az információ nem fizikai entitás, és csupán a kognitív, mentális vagy információs térben létezik. (Brookes, B. C.: *The Foundations of Information Science I–IV*. In: *J. of Inf. Sci.* 2, 3, 1980.) Z. Karvalics László hasonló felfogást képvisel: „... az 'információ' értelmezési tartományát kizárólag a humán jelenségvilág részeként kezeljük, a megismerési képesség egyfajta 'atomjaként'. Az anyagi és élő rendszerek analógnak ítélt mozzanatait (genetikai „információ”, az információ mint a térrel, idővel, energiával azonos értékű „fizikai” entitás) emiatt kirekesztjük a tárgyalási univerzumból – abból kiindulva, hogy minden információ (kölcson)hatás, de nem minden (kölcson)hatás információ. Amikor a továbbiakban információról beszélünk, azt a speciális kölcsönhatást keressük, amellyel az ember alakító erővel képes kapcsolatot teremteni és tartani a környezetével.” (Kiemelés az eredeti szövegben) In: Z. Karvalics László: *Bevezetés az információ-történelembe*. Gondolat – Infonia, Budapest, 2004.

²¹ Ropolyi László írása nyomán: *Információ, tudás, társadalom*. Elektronikus dokumentum.

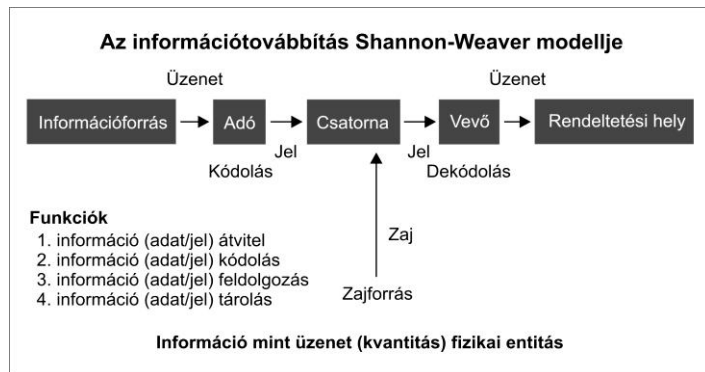
URL: http://www.itk.hu/web/docs/inf_tars/ropolyi_laszlo_inf tars.pdf

²² Ez a véleménye Csányi Vilmosnak is, aki egy kerekasztal-beszélgetésben a következőképpen fogalmazott: „Vitatnám azt az információfogalmat, amely a természetre is kiterjed. Mert mit is jelent az, hogy a DNS-ben információ van? A DNS összetett vegyület, amelynek vannak kémiai reakciói, és ezek többek között a sejtekben mindenféle folyamatokhoz vezetnek. Ez akkor információ, ha az ember lerajzolja egy papírra, és egy ábrát csinál arról, hogy ez a sejt miként működik. De ezzel a papírral nem lehet sejtet irányítani, illetve azt működtetni. Itt egyszerűen arról van szó, hogy egy emberi modellt antropomorf módon terjesztünk ki a külvilágra, és azt úgy próbáljuk megérteni, hogy belegyömöszöljük a saját információkonceptiónkat. ... Élesen meg kell különböztetni a természetre vonatkoztatható modelleket magától a modellezett természettől. A természetben nincs ilyen értelemben információ.” *Információ és tudás a társadalomban*. Kerekasztal-beszélgetés. In: Új Pedagógiai Szemle, 2003. 6.

se biológiai és gépi rendszerekre több egyszerű analógiánál. A molekulakristályok rendjétől a teleonomikus²³ genetikai programok szelekcióján keresztül az emberi pszichikum megjelenéséig és az információfeldolgozó gépek működéséig egy evolúciós folyamatsor kontinuitása figyelhető meg. Az egyes szakaszok közötti összekötő lánc az előreprogramozottság, amelynek alapján – az entrópiával szembeni szerveződés biztosítására irányuló – célirányos információfeldolgozás történik. A DNS-molekulákban kódolt információ vezérelte evolúció „konstrukciós” illetve szelektív kiértékelő mechanizmusa hozta létre az Univerzum általunk ismert legösszetettebb szerkezetét, az emberi agyat. Az agy – eltérően a genomtól – nyitott információs rendszer, az egyén élete során programozható és átprogramozható. Az emberi agyak információfeldolgozó tevékenysége és modellalkotó kreativitása eredményezte azt a felhalmozott tudást, amely lehetővé teszi számunkra információfeldolgozásra képes, programozható és átprogramozható gépek építését.²⁴

3.3.4 Az információ mint üzenet – a Shannon-séma

Az információ általános érvényű, egységes értelmezésére tett egyik megközelítés az információ „üzenetként” történő felfogása. Ilyenkor az információt az átadás, a továbbítás aspektusából elemezzük. Ennek a közelítésmódnak az alapelemeit a Shannon-féle kommunikációs blokk-séma foglalja össze.²⁵



3. kép A Shannon-féle kommunikációs blokk-séma

²³ A „teleonomikus” fogalom tartalmának megvilágítására Beniger Ernst Mayr biológust idézi: „valamely teleonomikus folyamat vagy viselkedés célra irányultságát valamilyen program működésének köszönheti”... a program pedig „kódolt vagy előre elrendezett információ, ami egy folyamatot vagy viselkedést adott cél felé irányít”. Beniger, J., i. m., 80.

²⁴ Mondhatjuk persze, hogy ezek a gépek csak jeleket dolgoznak fel, bennük csupán térben és időben szervezett fizikai kölcsönhatások játszódnak le – de hát az agyban nem ugyanez történik? Az, hogy az emberi elemében megjelent a tudatosság, azaz a mi információfeldolgozó rendszerünk „tudatában” van információfeldolgozó tevékenysége egy részének, bizonyos információkra reflektál, és ezekhez a folyamatokhoz érzelmek kapcsolódnak, olyan fenomén, amelynek a megértésétől még messze vagyunk. Ez azonban nem indokolja, hogy az információs folyamatoknak a fizikai világ különböző szintjein mutatókozó azonos vonásairól ne vegyünk tudomást, és ne kíséreljük meg ezeket a folyamatokat egységesen értelmezni.

²⁵ Shannon a kommunikáció illetve a hírközlés matematikai elméletének kidolgozása során használta eredetileg ezt a blokk-sémát.

Az információforrás üzeneteket állít elő, amelyeket a rendelkezésre álló jelkészletből állít össze. Az adó módosítja és átvitelre alkalmas jellé alakítja az üzenetet. A csatorna az átvívő közeg, amelyen keresztül a jel az adótól eljut a vevőhöz. A vevő tulajdonképpen fordított adóként működik, a leadott jeleket üzenetté alakítja vissza, és ezt a rendeltetési helyre továbbítja. A rendeltetési hely az a személy – vagy dolog! –, akinek (amelynek) az üzenet szól. Az átvitel során az üzenethez olyan dolgok, zavaró tényezők is hozzáadódhatnak, amelyeket sem az információforrásnak, sem az adónak nem állt szándékában létrehozni. Az átvitt jelle az átvitel során ráakódó elemeket zajnak nevezzük. Az üzenet előállítását illetve értelmezését egyértelműen meghatározott átfordítási eljárásokat (kódolás-dekódolás) foglal magában.

A Shannon-séma – az automata gépi rendszerek jelfeldolgozásától az emberi kommunikációig terjedően – széleskörűen használható az információs folyamatok kommunikációs aspektusának vizsgálatára és megértésére. Kiindulópontja lehet még olyan információs jelenségek értelmezésének is, amelyekre a blokk-séma egésze nem alkalmazható. Például ha mérést végzünk, nincs üzenetet összeállító, tudatosan kommunikáló adó (például egy radaros sebességmérés esetében), de van üzenet, amelyet a vevő maga generál.²⁶ Ugyanez a helyzet a tudományos kísérletek esetében is. Ilyenkor olyan feltételeket teremtenek egy fizikai rendszerben (legyen az egy részecskegyorsító vagy egy gyógyszerkísérlet), amely sajátos „üzenetek” formájában nyújt számunkra információt a vizsgált rendszer állapotváltozásáról. Mindkét esetben van csatorna, adás, kódolás, dekódolás és vevő. A molekuláris biológia információs kölcsönhatásainak bizonyos elemei is értelmezhetők a Shannon-séma segítségével. Itt nincs adó, üzenő és üzenet,²⁷ van viszont forrásábécé és kódolás. A kódolásra utal az egyes üzeneteket hordozó molekuláris összetevők neve („kodon” illetve „antikodon”) is. Az „üzenet” az a program, amely sajátos molekuláris szerkezetek kibontakozását vezérli azáltal, hogy olyan molekuláris kölcsönhatásokat hoz létre a sejt anyagcsererendszerében, amelynek eredményeképpen háromdimenziós fehérjestrúktúrák jönnek létre.²⁸ Ebben az esetben nyilvánvaló az információ kölcsönhatás jellege, amely hatásrendszer a biológiai információ esetében – az információ szó etimológiai értelmezésének megfelelően (informare = valaminek a megformálása) – ténylegesen alakzat formálásában nyilvánul meg.²⁹

3.3.5 A Shannon-séma és a kibernetika fogalomrendszere

Az információ üzenetként való értelmezése jellemzi a kibernetikai rendszermodelleket és az információ üzenet jellege nyilvánul meg a kibernetikai rendszerekben is.

²⁶ Elképzelhető a folyamat olyan értelmezése is, miszerint maga a gépkocsi az „adó”.

²⁷ A biológiai információátvitelnél az üzenet legfeljebb olyan, átvitt értelemben értelmezhető, hogy benne az előző generációk tapasztalatai testesülnek meg, kerülnek átadásra: „így éltünk (túl), így alkalmazkodtunk mi, próbáljátok meg ti is ezzel a túlélőkészlettel”.

²⁸ „Beszélni, közölni, olvasni és megérteni ezen a szinten annyit jelent, mint megkötni (= felismerni) a megfelelő komplementer molekuláris építőköveket (= nyelvi szimbólumokat), és azokat az információhoz hűen makromolekuláris lánczá (= írott mondattá) összecsatolni.” In.: Eigen, M.: 327. o.

²⁹ Egyetértve Z. Karvalics Lászlóval abban, hogy „minden információ (kölcsön)hatás, de nem minden (kölcsön)hatás információ.” (In: Bevezetés az információ-történelembe. Gondolat – Infonia, Budapest, 2004.) mégsem zárnam ki az információfogalom köréből fentebb említett jelenségcsoportot, hiszen azok a kölcsönhatások, amelyek például a fehérjeszintézis szabályozásában vagy a robotrepülőgép irányításában meg nyilvánulnak, kód, illetve jel jellegűkből adódóan eltérnek az anyagi világ egyéb kölcsönhatásaitól.

A kibernetika a második világháború alatt folytatott katonai célú kutatásokból nőtt ki. Születése – az információelmélethez hasonlóan – egy olyan könyv megjelenéséhez kapcsolódik, amely a tudományág alapkövének számít.³⁰ A könyv címe körvonalazza a tudományterület vizsgálódásának tárgyát, és megjelöli a további kutatások programját is: *Kibernetika, avagy kommunikációs és szabályozási folyamatok az állatoknál és a gépeknél* (*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*).³¹

A kibernetika abból a szempontból vizsgálja a rendszereket, hogy azok hogyan használják fel az információkat saját belső stabilitásuk fenntartására, illetve környezetükre irányuló célfeladatok optimális végrehajtására. Az üzenetek folyamatos generálása és értelmezése a rendszer működésének a szabályozását szolgálja.

Ahhoz, hogy a szabályozás fogalmát megértsük, a vezérlésből, illetve a vezérelt rendszer fogalmából kell kiindulni. Vezérelt rendszer esetében az információátvitel egyirányú. A rendszer egyik végpontján van egy vezérlő, az adó, amely a vezérlés tárgyát képező részrendszerre vonatkozó utasítást (kimenő jel) létrehozza. Az utasítás célja a részrendszer állapotának, helyzetének megváltoztatása. Ha a rendszer középponti egységében generált utasítás kimegy, nincs lehetőség annak visszajelzésére, hogy az utasítás elérte-e ezt a célt, tehát nincs mód a korrekcióra. A szabályozott rendszer esetében viszont a központ visszajelzést kap arról, hogy mi történt a periférián, tehát az output korrigálható. Szabályozott rendszerben lehetőség van a megtervezett, az elérni szándékozott állapotváltozás és a ténylegesen bekövetkezett változás mértékének összehasonlítására. A „van” és a „kell” értékek folyamatos összevetése – és a kimenő utasítás megfelelő módosítása addig tart, amíg a periférián be nem következik a kívánt mértékű változás. Az ilyen rendszer folyamatosan képes változtatni működését.

3.3.6 A kibernetikai rendszermodell kiterjesztése

A környezetükhöz illeszkedő automaták szabályozott rendszerek. A szabályozáson alapuló működésmódot az élő szervezetek fejlesztették tökéletességre. Jó példa erre az élőlények belső környezetének állandósága, a homeosztázis.

A belső környezet (milieu interieur) fogalmát egy francia orvos-biológus, Claude Bernard vezette be a 19. században. A szervezet belső folyadéktereit, a testnedveket és a vért jelölte ezzel a kifejezéssel, amelyekre jellemző, hogy az összetételük meglepő állandóságot mutat. A belső környezet paramétereinek állandó szinten, illetve nagyon kicsi intervallumon belül tartása ki-

³⁰ Norbert Wiener – az 1948-ban kiadott könyv szerzője – annak a mérnöksoportnak volt az egyik tagja, amelynek az volt a feladata, hogy oldja meg a légvédelmi ágyúk radarral történő tűzvezérlésének problémáit. Olyan komplex rendszer elemeinek összehangolt és eredményes működését kellett biztosítani, amelybe beletartoztak a légvédelmi lövegek, a radarok, a hírközlő rendszerek és az ezeket kezelő emberek is. (A rendszer független változója az ellenséges repülőgép volt.) A feladat megoldásához az egyes elemek közötti információs kapcsolatok optimalizálására volt szükség, tehát valójában információkezelési és -feldolgozási, kommunikációs problémáról volt szó. A feladvány megoldása során kristályosodtak ki a kibernetika olyan alapfogalmai, mint pl. a rendszer, a vezérlés, a szabályozás, a szabályozókörök és a visszacsatolás.

³¹ Wiener a következőképpen határolta körül az új tudomány tartalmát: „Elhatároztuk, hogy az önműködő vezérlésnek, illetve a hírközlés elméletének az egész területét, akár gépről, akár emberről van szó, a kibernetika névvel fogjuk jelölni, amelyet a görög kibernetész, vagyis kormányos szóból képeztünk. E kifejezés választásával azt is szeretnénk elismerni, hogy a visszacsatolási mechanizmusról szóló első jelentős tanulmány az a dolgozat, amelyet Clark Maxwell 1868-ban publikált, az eredeti angol címben szereplő governor kifejezés tulajdonképpen a kibernetész szónak egy latinositott módoszata. Szeretnénk utalni arra a tényre is, hogy a hajó kormány szerkezete valóban a visszacsatolási mechanizmusok egyik legkorábbi és legjobban kifejlesztett formája”.

menetek és bemenetek összehangolt szabályozását igényli. Ezt a folyamatot nevezte el az amerikai Walter B. Cannon homeosztázisnak. Az ember vérében például – a külső környezettől nagymértékben függetlenül – nagyfokú állandóságot mutat az ionösszetétel (izoionia), a hidrogénion-koncentráció, azaz pH (izohidria), a vérben oldott anyagok koncentrációja (izozmózis), a vér térfogata (izovolémia), a vér hőmérséklete (izotermia).

A külső környezethez történő alkalmazkodást ma már műszaki berendezéseink egy része is képes produkálni. Közismert példa a termosztát, amely egy adott környezet hőmérsékletét tartja állandó értéken. Érzékelő szerve egy hőmérő, amely kapcsolatban áll egy energiatermelő rendszerrel. A szükségesnél alacsonyabb hőmérséklet működésbe hozza, míg a magasabb leállítja az energiatermelő folyamatot. Jóval bonyolultabb rendszer ennél a célra programozott robotrepülőgép, amely a földfelszíni, illetve légköri viszonyoknak megfelelően képes korrigálni haladásának magasságát, irányát, sebességét. Az teszi képesé erre, hogy elektronikus szabályozó részelemei állandóan mérik a beprogramozott céltól való eltérést, és végrehajtják a szükséges korrekciókat.

3.3.7 Az információ, mint üzenet – evolúciós keretrendszerben

Az információ üzenetként való értelmezése evolúciós keretrendszerben is lehetséges. Az egyszerűbb élőlények esetében az üzenet automatikusan cselekvést vált ki, vagy folyamatban lévő cselekvést módosít. Ilyenkor gyors inger-válasz reakciók játszódnak le; a szenzoros felismerés és a motoros aktivitás közötti döntés előprogramozott, veleszületett mechanizmusok alapján történik.³² Fejlettebb aggyal rendelkező, tanulásra képes élőlények esetében egyre komplexebb folyamatokat jelent a bemenő információk kiértékelése és a válaszok megfogalmazása.³³ A döntéseket a bejövő információk és az agy saját aktivitása alapján kialakított, folyamatosan változó belső modellek³⁴ és a genetikai determinációk együttesen határozzák meg.³⁵ Az emberi kommunikáció esetében az üzenetek értelmezésének folyamatában a jelentés, a megértés, a szándéktulajdonítás, a reflexió a meghatározó az egyszerű ok-okozati összefüggések helyett.³⁶ Az üzenetek jelentésfunkciója kerül előtérbe,

³² A modern humánológia egyik legmegdöbbentőbb felismerése az volt, hogy az állati viselkedés mögött rejlő gépszerű automatizmusok az emberi viselkedés szabályozásában is jelen vannak.

³³ A tanulás alapelemei már az élet kezdeti formáinál megjelentek: a legegyszerűbb idegrendszerek is képesek modellezni a környezet bizonyos, az állat szempontjából lényeges elemeit. Ez a modellező képesség különösen fejlett a magasabb rendű gerincesek, a madarak és az emlősök agyában.

³⁴ Ezen a szinten a tanulás elemi formája a belső reprezentációk módosulása a környezettel történő kölcsönhatások során. Az élőlény folyamatosan pásztázza környezetét; annak alapján az agyában kialakult reprezentáció a külvilág egyszerűsített modellje, amely tartalmazza a környezetnek az állat fennmaradása szempontjából legfontosabb elemeit. A modell dinamikus, szimulációra és predikcióra alkalmas.

³⁵ Beniger Mayr (Mayr, E.: Behavior Programs and Evolutionary Strategies. American Scientist, 1974, 62(6): 650–659.) felfogását interpretálva kettős programozottságról beszél. Míg az egzisztenciát vagy létezést az élő rendszerekben zárt programok vezérlik, addig a tapasztalást vagy viselkedést nyílt programok szabályozzák. A nyílt program funkcionálisan egyenértékű a zárt programmal, és a szelekciós nyomás a teljes programozottságra irányul. (Beniger, i. m., 188.)

³⁶ A nyelv megjelenésével az ember világába belépett a modellalkotás új szintje, a szimbolikus invenció. A valóság nyelvi szimbólumokkal történő reprezentációja rendkívül hatékony modellalkotó és kommunikációs eszköz. A nyelv ugyanis több mint a valóság elemeiről alkotott reprezentációk egyszerű „megcímkézése”. A nyelvi szimbólumok közös társas entitások, ez adja azt a pragmatikai hátteret, amely lehetővé teszi, hogy megértsük mások kommunikációs szándékait (interszubsztantívitás). Ezen túl a nyelvi jelek többféle perspek-

ezért a válasz a vevő „előzetes programozásának”, a belső reprezentációk tartalmának függvényében igen összetett és áttételes, előre nem látható, nehezen kalkulálható lehet.

Végül „zárul a kör”: az ember által létrehozott információs rendszerek – akárcsak az egyszerűbb állati szervezetek – válaszadása az üzenetekre pontosan és egyértelműen, elő-reprogramozott automatizmusok szerint történik. Ahogyan fentebb a termosztát és a robot-repülőgép példáján bemutattuk, a Shannon-féle kommunikációs modell – és az információáramlás üzenetként történő értelmezése – az ember által létrehozott információfeldolgozó berendezésekre is kiterjeszhető.³⁷

3.3.8 Az információ mint alakzat

Az információ kifejezés etimológiai elemzése (informare = valaminek a megformálása) átvezet az információ alakzatként, mintázatként történő értelmezéséhez. Ez a megközelítés nem tételez fel szükségszerűen kommunikáló entitásokat. Az információ ebben az esetben valamilyen rendszer struktúrájában, állapotában vagy állapotváltozásában ragadható meg. A mintázatként felfogott információ igen gyakran valamilyen objektum, jelenség és annak reprezentációja közötti relációt jelent. Ebben a megközelítésben az objektumtól, jelenségtől elkülönült, azt leképező, arra utaló reprezentáció elválaszthatatlan egy tudatos, értelmező elmétől, amelyben a reprezentáció kialakul, illetve amely képes a mintázat és az eredeti közötti viszonyt észlelni vagy létrehozni. Ez az információkép nyilvánul meg azokban az elképzelésekben, amelyek az információt kizárólag a humán jelenségvilágban értelmezik.³⁸

Az információ mintázatként történő felfogása magától értődő az alaklélektanban is, amely az észlelés folyamatában a valóság elemeinek egészként – belső, veleszületett alaklépző mentális automatizmusok illetve múltbeli tapasztalatok alapján – történő egybeszerveződését tételezi. A strukturalista filozófia is úgy értelmezi a reprezentációk kialakulását, hogy az információfeldolgozást elemi információs struktúrák folyamatos transzformációjaként gondolja el.³⁹ Ugyancsak az információ valamilyen „alakzat” alapján történő értelmezését jelenti a kognitív pszichológia „kognitív séma” fogalma. „*A kognitív, vagyis megismerési, gondolkodási sémák olyan egységei a gondolkodásunknak, amelyek önmagukban is értelmesek, s amelyeknek önál-*

tívából jelentik meg a valóságelemeket, amelyek így függetlenek lehetnek az adott perceptuális szituációtól – vagyis a kommunikáció céljától függően ugyanazon dolgot többféleképpen lehet tekinteni.

³⁷ „Bizonyos szempontból kívánatos lehet a kommunikáció még tágabb értelmezését használni; azt, amely átfogja mindazokat az eljárásokat, amelyek révén az egyik mechanizmus (mondjuk egy automatikus berendezés, amely követi egy repülőgép útját és kiszámítja annak jövőbeni lehetséges helyzetét) hat egy másikra (mondjuk egy, a szóban forgó repülőgépet üldöző, távvezérelt rakétára).” In: Shannon C. E. – Weaver W.: A kommunikáció matematikai elmélete. Budapest, OMIKK, 1986.

³⁸ „...az információ előállításához mindenképpen szükségünk van két kontextusra (az egyikben a létező létezőnek, a másikban pedig valami másra utaló, más helyett álló jelnek mutatkozik), és a kontextusok között közvetítő interpretációra. ... Az interpretáció szükségképpen az individuum elméjében megy végbe, vagyis információ csakis ezen a »helyen« keletkezhet.” Ropolyi László: Információ, tudás, társadalom. Elektronikus dokumentum.

URL: http://www.itk.hu/web/docs/inf_tars/ropolyi_laszlo_infars.pdf

³⁹ „A világról szóló információk az emberi értelemben nem nyers adatokként, hanem erősen elvont struktúráként lépnek be, amelyek az érzékelési inputok lépésenként történő transzformációival előállított, még nem tudatosodott információkészletből jönnek létre. Minden transzformációs lépés magában foglalja az információ szelektív törlését egy olyan programnak megfelelően, ami eleve létezik az agyban. Az elsődleges érzékelési adatok bármely halmaza csak azután válik értelmessé, hogy a rajta végrehajtott műveletsorozat átalakította az adathalmazt valamilyen mintává, ami megfelel az eleve adott mentális struktúrának...” Stent, G. S. szövegét idézi: Beniger, i. m., 154.o.

*ló jelentéseik vannak. Aktívan irányítják az észlelést és a gondolkodást, miközben a felderített információk alapján maguk is folyamatosan módosulnak. A kognitív sémáknak bonyolult belső szerkezetük van, sokféle információ szerveződik össze bennük különféle relációk szerint.*⁴⁰

3.3.9 Az információ, mint alakzat – evolúciós keretrendszerben

Az információ alakzatként történő értelmezése is belehelyezhető egy evolúciós összefüggésrendszerbe. A kezdeteknél a DNS-molekula bázissorrendjében manifesztálódó információs mintázatot találunk (nukleotidszekvencia). Ez képezi a genetikai kódot, amely – a számítógépektől eltérően – nem bináris jelekből, hanem „négybetűs ábécéből” építkezik. A négy „jel” kombinációi kódolják az egyes élőlényekre jellemző fehérjealakzatokat. Az információ ezen a rendszerszinten tehát olyan mintázat, amely molekuláris kölcsönhatások révén programozza és vezérli további mintázatok kialakulását. A program zárt, nem módosítható és nem írható felül; utasításrendszer, amely a fogamzás pillanatában rögzül. Szigorúan determinált, oksági alapon működő kölcsönhatásokról van itt szó, és a létrejött rendszer szelektív kiértékelésnek van alávetve.⁴¹

A nukleinsav- és fehérje-makromolekulák mintázatainak időben és térben összehangolt dinamizmusa hozza létre az agyat, amelyben új típusú alakzatok jelennek meg: az emlékenyomok (engramok) és a neuronhálózatok elektromos aktivációs mintázatai. A neuronhálózatok elektrokémiai kölcsönhatásrendszeréhez kapcsoltnak jelennek meg – és játszódnak le – az emberi pszichikum magasabb rendű működései, amelyek a tudatot képezik. Az információ mintázatként történő felfogása a magasabb idegi működések szintjén az információnak az értelmezés, az összefüggés-felismerés, a létrehozás aspektusában történő megragadását jelenti.⁴² Ezen a szinten az információ hatása nem egyértelmű ok-okozati összefüggésként, hanem jelentés formájában nyilvánul meg – tehát az információk kiértékelésében nagyfokú szubjektivitás és szabadság nyilvánul meg. A mentális működések megértéséhez a neuronhálózatok aktivitási mintázatainak tanulmányozása ma még kevés segítséget ad.

3.3.10 Az információ, mint pszichikus „mintázat”

Arról, hogy az emberi pszichikum információs „mintázatai” hogyan jönnek létre és hogyan szerveződnek, jóformán semmit nem tudunk. Különösen így van ez az ún. magasabb idegrendszeri, tudatos működések esetében. Maga a „mintázat” kifejezés is inkább abszt-

⁴⁰ Méré László: Új észjárások. A racionális gondolkodás ereje és korlátai. Tericum Kiadó, 2001. Budapest.

⁴¹ „A gének vagy átkerülnek a következő nemzedékbe, vagy nem. Jellegüket nem módosítja a test fejlődésében való részvételük, de annak valószínűségét hogy öröklődnek-e, nagyon is befolyásolja azon test sikeres életben maradása, amelynek létrehozásában segítettek.” Dawkins, R.: A vak órásmester. Gondolatok a darwini evolúcióelméletéről. Budapest, 1994. 51. o.

⁴² Az információt reprezentációs célt szolgáló alakzatként értelmezve próbálta McKay annak minőségi, szemantikai jelentését megadni: „Mi információelméleten azoknak a folyamatoknak az elméletét értjük, amelyek révén a reprezentációk létrejönnek, azoknak az absztrakt jegyeknek az elméletével együtt, amelyekben a reprezentáció s a reprezentált dolog megegyeznek. X reprezentációján olyan események vagy dolgok halmozát értjük, amelyek... legalább egy szempontból az X helyzet összetevői közötti kapcsolatok mintáját mutatják. Információn azt a dolgot értjük, amely igazolja, alátámasztja a reprezentációs tevékenységet; azt a valamit, amelyre logikailag hivatkozunk, hogy a reprezentációt igazoljuk.” MacKay, Donald: A jelentés helye az információelméletben. In: Horányi Özséb (szerk.): A kommunikáció. I. A kommunikatív jelenség. Budapest, 1977, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.

rakció, hiszen csak annyit tudunk, hogy komplex jelenségről van szó, de azt nem, pontosan hogyan áll össze ez a komplexitás.

A részletek ismerete nélkül az általánosságok szintjén mindössze annyit mondhatunk, hogy az emberi pszichikum információs „mintázatai” több lépésben képződnek. A különböző érzékszervi csatornákon keresztül érkező külső ingerekből az idegrendszer fogadó és feldolgozó apparátusának határán alakulnak ki az információs inputok, elemi mintázatok.⁴³ A már meglévő belső mintázatok, jelentések alapján az elemi mintázat több transzformációs lépésen megy keresztül és egyre komplexebb, egyre magasabban szervezett sémák, információs alakzatok részévé válik.⁴⁴ Az agy a külső inputoktól függetlenül, az asszociációs kéreg központjaiból kiinduló impulzusok alapján is létrehoz aktivitási mintázatokat. Az agykéreg működésének domináns része a már meglévő reprezentációk aktiválását és transzformálását jelenti. Az agykéregben tárolt információk iteratív feldolgozásának, integrálásának, átalakulásának a folyamatait pedig úgy értelmezhetjük, mint minták, alakzatok folyamatos transzformációját, amely közvetlenül, külső információs input nélkül vezethet el új információk generálásához. E modell szerint az előrelátás, bölcsesség, meggyőződés, beállítódás, attitűd, a heurisztikus gondolkodás, az implicit mérlegelés és döntéselőkészítés, a belátás és az intuíció stb. materiális alapjai ilyen információs alakzatok.

Az egymással ok-okozati kapcsolatban lévő alakzatok legfelső szintjét – amennyiben a tudatosság egyáltalán alakzatnak vagy mintázatnak tekinthető – úgy tűnik, szakadék választja el az alsóbb rendszerszintektől.⁴⁵ A saját információfeldolgozó tevékenységének tudatában lévő és arra reflektáló információfeldolgozó rendszer egyelőre talány számunkra.⁴⁶

3.3.11 Az exogramok mint információs alakzatok

Az információs alakzatok harmadik csoportját a belső reprezentációk (engramok, pszichikus mintázatok) objektívációi, az emberi memórián kívülre helyezett, túlnyomórészt grafikus külső reprezentációs mintázatok, az ún. exogramok jelentik. Ezeknek a létrehozásához és értelmezéséhez mindig szükséges a tudatos emberi agy, illetve az ember által konstruált információfeldolgozó artefaktum (számítógép, vonalkód-leolvasó stb.). Az anyagi világnak ezek az információ rögzítésére, prezentálására, továbbítására és információ generálására felhasznált részelemei alkotják a „külső szimbolikus tárolás” eszközrendszerit. Az ide tartozó alakzatok a pszichikus szférában keletkező tudások, valós és kitalált

⁴³ Ez nem minden információval történik meg, csak azokkal, amelyek számunkra relevánsak. Azt a pszichikus komponenst, ahol a relevanciára vonatkozó döntés megszületik, szenzoros regiszternek nevezzük.

⁴⁴ „A külső hatások a belső feltételeken keresztül érvényesülnek.” (A debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem tanára, Ádám Péter pszichológia-előadásain gyakran elhangzott mondat az 1960-as évek végén.)

⁴⁵ Altrichter Ferenc ezzel kapcsolatosan így ír: „A probléma megoldásától azonban majdnem végtelen távolságra vagyunk még, és a jelenleg konceptuálisan belátható illetve respektálható megoldási lehetőségek is igencsak korlátozottnak tűnnek.” Idéz egy angol szerzőt is (Levine, J.), aki szerint „magyarázati szakadék tátong a fizikai sajátosságok és a tudat kvalitatív aspektusa között.” Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. In: *Agy és tudat*, Budapest, BIP, 2002. 142. o.

⁴⁶ „...ha gondolataink nem egyebek fizikailag leírható agyállapotoknál, mitől van az, hogy jelentenek valamit? Hogy kerül a jelentés egy tisztán anyagi világba?” Rauschenberger Péter, *Magyar Narancs*, 2009. február 19. 30–31.

történetek, tervek, tények logikai összefüggések, modellek, hipotézisek, működési leírások stb. reprezentációi, amelyek a mai ember kognitív habitusának⁴⁷ integráns részét képezik.

3.3.12 Az alakzat- és üzenet modellt integráló artefaktumok

Az információs alakzatok negyedik csoportját az előző bekezdésben leírt külső reprezentációs alakzatok egy sajátos változata jelenti. Ezek az alakzatok nem csupán és nem elsősorban információk tárolására szolgálnak, hanem képesek félautomatikus vagy automatikus műveletvégzésre is. Az új elem az, hogy a külső szimbolikus tár dinamikussá válik: elkezdődik az agy műveletvégző, „komputációs” tevékenysége bizonyos elemeinek a „kihelyezése” (exokomputáció). A műveletvégzésre alkalmas információs alakzatok mai formája a nyomtatott áramköri lapka (chip), amelyben a sajátos mintázatokat szilíciumkristály felületére mart apró elektronikai alkatrészek képezik. A chipok vagy gépi úton kiolvasható adatokat (információkat) tárolnak (memóriachip), vagy egyszerű matematikai műveletek sorozatának az elvégzését teszik lehetővé (processzorchip).

3.4 ÖSSZEFOGLALÁS

A leckében először az információfogalom értelmezésének rendszerszintjeit ismertettük. Ezt követően került sor az információ üzenetként történő értelmezésére (a Shannon-séma és a kibernetikai rendszermodell általános használhatósága, információ mint üzenet evolúciós összefüggésrendszerben), majd az információ alakzatként történő megközelítésének aspektusait vázoltuk fel, szintén evolúciós keretrendszerben. A leckét az alakzat- és üzenet modellt integráló artefaktumok bemutatásával zártuk.

3.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Értelmezze az információt üzenetként! Milyen részelemekből tevődik össze a Shannon-féle kommunikációs blokk-séma?
2. Mi jellemzi a kibernetikai rendszermodelleket?
3. Értelmezze az információt alakzatként!
4. Hogyan jelenik meg az információ üzenetként illetve alakzatként történő felfogásában az evolúciós nézőpont?

⁴⁷ A fogalmat Tomasello – Bourdieu habitusfogalmát kölcsönvéve – vezette be „Gondolkodás és kultúra” című könyvében (Budapest, Osiris Kiadó, 2002.). Tomasello felfogásában a kognitív habitus az egymást követő generációk hosszú sorának összeadódó társas konstrukciója eredményeképpen létrehozott eszköz, idea- és szimbólumvilág; adottság, amelybe az ember beleszületik, amely kiforrálja pszichikuma kultúraspecifikus sajátosságait, és amely egész élete során hatással van rá.

4. MATEMATIKAI INFORMÁCIÓELMÉLET. BINÁRIS LOGIKA. KÓDOLÁS

4.1 CÉLKITŰZÉS

Ebben a leckében a matematikai információelmélet néhány fontosabb alapfogalmáról lesz szó. Bemutatjuk, miért kitüntetett a kettes számrendszer és a kettes alapú logaritmus az információelméletben és az informatikában. A hallgató betekintést nyer a bináris logikának a valóság leírásában betöltött szerepébe. Megismeri az információelmélet kialakulásának és a számítógépek fejlesztésének néhány fontos történeti vonatkozását.

4.2 TARTALOM

Az információfogalom műszaki-matematikai értelmezése. Az információ matematikai elméletének alap gondolata. A matematikai információfogalom és a Shannon-modell. Az információ mennyiség meghatározása Hartley és Shannon megközelítésében. A kettes számrendszer és a kettes-alapú logaritmus kitüntetett szerepe, a bináris logika. Az információ mennyiség meghatározása felosztással. Bináris logika és kódolás. Információ és valószínűség – a Shannon-képlet. Információ és entrópia, redundancia, a természetes nyelvek matematikai információ tartalma.

4.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

4.3.1 Az információfogalom műszaki-matematikai értelmezése

Az előző fejezetben megvizsgáltuk az információ kifejezés különböző jelentéseit. A matematikai információ fogalma – ahogyan erre a bevezető idézet is felhívja a figyelmet – minden más információfogalomtól alapvetően különbözik. A szokásos információértelmezés vagy az információ jelentésére, vagy az információ és a befogadó – és kibocsátó – viszonyára vonatkozik. A matematikai információelmélet ezeket figyelmen kívül hagyja, és az információt elvont jelként felfogva mennyiségének mérésével, illetve kódolásának, dekódolásának és továbbításának kérdéseivel foglalkozik. Warren Weaver a hírközlési problémák három szintjét különbözteti meg:

1. Milyen pontosan vihetők át a hírközlési szimbólumok? (Technikai szint.)
2. Az átvitt jelek mennyire pontosan hordozzák a kívánt jelentést? (Szemantikai szint.)
3. A létrehozott jelentés milyen hatékonysággal váltja ki a kívánt hatást? (Hatékonysági szint.)

A matematikai információelmélet⁴⁸ az első szinttel foglalkozik. Weaver azonban már 1948-ban felhívta a figyelmet arra is, hogy az elméletnek mélyebb és általánosabb jelentősége van, ezért az alapösszefüggéseinek ismerete elengedhetetlen a két másik szint értelmezéséhez és megértéséhez. A matematikai információelmélet 1948-ban született, amikor Claude E. Shannon két alapvető írásában fejtette ki alapjait.⁴⁹ Ezt követte Warren Weaverrel közösen írt könyve, amely a következő évben jelent meg (The Mathematical

⁴⁸ Weaver 1948-ban „a hírközlés műszaki vonatkozásainak matematikai elmélete” kifejezést használta.

⁴⁹ A Mathematical Theory of Communication, Bell System Techn. J., 27. évf. 1948. 379–423. és 623–656.

Theory of Communication). Ez utóbbi magyarul is napvilágot látott.⁵⁰ Ebben az alapvető műben részletesen kifejtették a tudományág alapelemeit, és megfogalmazták a továbbvezető kutatások irányait is. A könyv bevezető részében Shannon is felhívta a figyelmet a matematikai információ különös, a szokásostól eltérő értelmére: „Az üzeneteknek gyakran jelentésük van; ez azt jelenti, hogy valamely – bizonyos fizikai vagy fogalmi dolgokkal jellemzett – rendszerre vonatkoznak, illetőleg aszerint korreláltak. A hírközlés elméletének e szemantikai vonatkozásai közömbösek a műszaki probléma szempontjából.”⁵¹ Az azonban, hogy Shannon az információ szónak matematikai-műszaki jelentést adott, a szó addigi, szokásos jelentését is módosította.

4.3.2 Az információ matematikai elméletének alap gondolata

Az információ matematikai elméletének alap gondolata abban foglalható össze, hogy a határozatlanság (mint objektív helyzet és/vagy szubjektív állapot) és az információtartalom között egyértelmű összefüggés áll fenn. Ebből az összefüggésből adódóan valamely meghatározatlanság és sokféleség értékelésének a mértéke egyúttal az információ értékelésének mértéke is. Ugyanakkor az információ a meghatározatlanság csökkentésének, illetve kiküszöbölésének mértéke is. Voltaképpen statisztikai jellegű fogalomról van szó, amely mindig egy halmazra vonatkozik, amely halmaznak az elemei egy jelkészletet alkotnak.

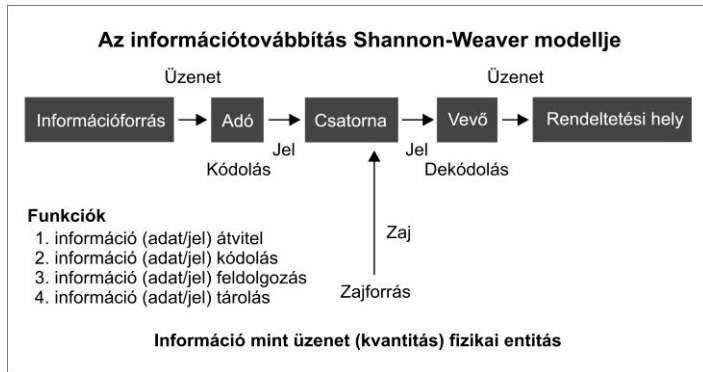
Minél nagyobb a jelkészletből összeállítható jelek (üzenetek) száma, annál több információt hordoz egy jel (üzenet). Azt is mondhatjuk, hogy az információ mennyisége a bizonytalanságcsökkenéssel arányos, amely akkor történik, ha megtudom, melyik jelről van szó. Az információ fogalma tehát nem az egyedi üzenetekre vonatkozik (mint a jelentés!), hanem mindig egy helyzetre, egy összetett rendszer egészére.

4.3.3 A matematikai információfogalom és a Shannon-modell

Az információelmélet problémáit Shannon egy – azóta széles körben használatossá vált – formális modell, blokk-séma segítségével fogalmazta meg. A modell az emberi kommunikáció folyamataiból lett absztrahálva, és ez is jelzi az átjárás lehetőségét a „hírközlési problémák” különböző szintjei között.

⁵⁰ Shannon C. E.–Weaver W.: A kommunikáció matematikai elmélete. Budapest, OMIKK, 1986.

⁵¹ I. m. 45. o.



4. kép A Shannon-féle modell

Shannon az egyes blokkok működésével kapcsolatos problémákat vizsgálta ennek a modellnek az alapján úgy, hogy az egyes elemeket, fizikai entitásokat matematikai mennyiségekké alakította és azok viselkedését matematikai modellekkel elemezte.

A felmerült kérdések közül a továbbiakban mi arra térünk ki, hogy hogyan mérjük az információ mennyiségét, miért kitüntetett itt a kettes számrendszer, mik a jellemzői a hatékony kódolási eljárásoknak, és mi jellemző a sztochasztikus lineáris jelsorozatokra.

4.3.4 Az információmennyiség meghatározása (Hartley)

Hartley 1928-ban – a Bell Laboratórium folyóiratában megjelent tanulmányában – már matematikai modellt használt az információátvitel értelmezésére.⁵² Hartley azt vizsgálta, hogy mi határozza meg azt, hogy hány hírt képezhetünk valamely jelkészlet jeleiből? Úgy találta, hogy egy jelkészletből összeállítható jelek száma a jelkészlet nagyságától függ, és ez a szám a hírek hosszával exponenciálisan nő. Megállapította, hogy minél nagyobb a jelkészlet, annál nagyobb egy belőle tetszés szerint kiválasztott hír váratlansága, és ezzel együtt a hírben foglalt, a hírhez tartozó információmennyiség is. A tízes számrendszer számjegyeiből álló jelrendszer jelkészlete 10 jelből áll (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9;). Ha az egyes számjegyek jelentik az üzeneteket (jelhossz = 1), akkor a jelkészletből 10 üzenet képezhető. Ha az üzeneteket két számjegyből állnak (jelhossz = 2), akkor a hírek száma $10^2 = 100$, ha pedig háromtagú jeleket képezünk, akkor $10^3 = 1000$ üzenetet tudunk összeállítani. Ha az egyes üzenetek hossza x , akkor az üzenetek lehetséges száma 10^x . Általános formában kifejezve az összefüggést: ha egy jelkészlet n számú jelet tartalmaz, és az üzenetek jelhossza x , akkor az adott rendszerben lehetséges hírek száma $H = n^x$. Hartley úgy gondolta, hogy az információmennyiség mérőszámát úgy kellene megválasztani, hogy az a hírhosszal ne exponenciálisan, hanem lineárisan növekedjen. Felismerte, hogy a logaritmusérték erre kiválóan alkalmas. Ha a lehetséges kombinációk számának logaritmusát vesszük, akkor az n számú jelet tartalmazó jelkészlet x jelhosszúságú jeléből összeállított hír információmennyisége $H = \lg n^x = x \lg n$. Az egy jel által hordozott információmennyiség pedig H , $H = \lg n$, és ez lesz az információ mértékegysége. Ilyenkor az információ éppen egységnyi. Ez a Hartley-képlet. Ha 10-es alapú logaritmust használunk a tízes szám-

⁵² Hartley R. V. L.: Transmission of information. In: Bell System Technical Journal, 1928.

rendszer számjegyeit tartalmazó jelrendszerből összeállított közlemények információ-mennyiségének kifejezésére, akkor az információ egysége 1 hartley.

4.3.5 Az információmennyiség meghatározása (Shannon)

Shannon az információ mértékéről a következőket írta: „*Ha a sorozatot alkotó üzenetek száma véges, úgy ez a szám vagy ennek bármely monoton függvénye úgy tekinthető, mint annak az információnak a mértéke, amelyet e készletből egyforma valószínűséggel kiválasztott bármelyik üzenet hordoz.*” Shannon a logaritmusfüggvény használatát tartotta célszerűnek, amit a következőkkel magyarázott:

- A gyakorlatban célszerűbb és kényelmesebb, mivel a technikai szempontból lényeges paraméterek (idő, sávszélesség, jelfogók száma stb.) lineárisan változnak.
- Az információmennyiség esetében a logaritmus mérték közelebb áll az intuitív érzésünkhöz. Úgy érezzük, hogy két lyukkártyán kétszer annyi információ tárolható, mint egyetlen, két, egyébként mindenben azonos paraméterű csatorna kétszeres információátviteli kapacitást jelent egyhez képest.
- Matematikai szempontból alkalmasabb, mert a számítási műveleteket logaritmusosan könnyebben el lehet végezni.

A logaritmusfüggvény használatának célszerűségét támasztja alá az információk additívításának szubjektív érzete és matematikai szükségszerűsége is. Az információk additívításának törvénye szerint egymást követő, egymástól független események információtartalma összeadható: $\log_2(x \cdot y) = \log_2 x + \log_2 y$. (Szorzat logaritmus megegyezik a tényezők logaritmusainak összegével.)

Az információmennyiség mérésénél használatos logaritmusfüggvény nem csak a tízes alapú logaritmus lehet. Használhatjuk a természetes alapú logaritmust (\ln) és a kettes alapú logaritmust (\log_2) is. A logaritmusalapot úgy célszerű megválasztani, hogy az a jelkészlet számának feleljen meg. Ebben az esetben egységként jól kezelhető egész számot kapunk. Ha a közlemény tízes számrendszerű egész számot (decimális digit) továbbít, akkor az információmennyiséget hartleyben (10-es alapú logaritmussal) a legegyszerűbb számolni. A természetes alapú logaritmust használva az információmennyiség egységének a neve nat (a logaritmus naturalis kifejezés után). Ha kettes számrendszert használunk, akkor célszerű a kettes alapú logaritmust választani. Az így kapott egységet bináris digitnek, rövidítve bitnek (binary digit unit) nevezték el, J. W. Tuckey javaslatára. (A bit kifejezés egyébként az angol nyelvben apró, csipetnyi darabkát is jelent, tehát a szó konnotációs mezejébe ez a hangulati elem is beletartozik.) A különböző alapú logaritmusos információmennyiség-egységek természetesen átválthatók egymásba.

1 hartley	= 3,3219 bit	= 2,3026 nat
1 bit	= 0,6931 nat	= 0,3010 hartley
1 nat	= 1,4427 bit	= 0,4343 hartley

4.3.6 A kettesalapú logaritmus kitüntetett szerepe

Fontos megjegyeznünk, hogy a kettesalapú logaritmus nemcsak matematikai és műszaki szempontból előnyös választás, hanem egyúttal a valóság leírásának természetes eszköze is. Meg fogjuk látni, hogy a kettes számrendszer a tízes alapúnál nemcsak egyszerűbb

ben, de mélyebb összefüggéseiben és alapvetőbben írja le a valós világ természetét.⁵³ A kettes számrendszer használatának gondolata – és az ebben rejlő logikai, ismeretelméleti és számítástechnikai lehetőségek felismerése – már a 17. század nagy polihisztor gondolkodójának, Leibniznek az írásaiban is fellelhető. Egyik levelében például így írt: „*a bináris aritmetikában mindössze két szám, a 0 és az 1 használatos, és ezekkel az összes többi szám is leírható... és ami még fontosabb, az ezen alapuló kétértékű logikai rendszer.*”⁵⁴ A digitális bináris számítógép működési elve is világos volt Leibniz számára: „*A bináris számításokat el lehetne végezni olyan géppel, amelyben nem lennének fogaskerekek. A gépnek olyan tárolói lennének, amelyek bemenete egy zárható nyílás lenne. Ennek a nyitott állapota az 1-nek, míg zárt állapota a 0-nak felelne meg.*”⁵⁵

Ezt követően csaknem kétszáz év telt el, míg egy fiatal angol matematikus, George Boole megalkotta „*a következtetés alapvető törvényeit az algebra szimbolikus nyelvén.*” Fő műve „*A gondolkodás törvényeinek vizsgálata*”⁵⁶ 1854-ben jelent meg. Boole hozzájárulását a számítástechnika kibontakozásához Herman Goldstine így méltatta: „*Minthogy Boole megmutatta, hogy a logika igen egyszerű algebrai rendszerekre redukálható... lehetőségessé vált, hogy egy számítógéphez olyan szerkezeteket tervezzenek, amelyek végre tudják hajtani a szükséges logikai feladatokat... Boole rendszerében 1 jelöli a teljes vizsgált tartományt, az összes szóba jöhető objektumok halmazát, 0 pedig az üres halmazt. Két művelet van a rendszerben, amelyeket nevezhetünk összeadásnak (+) és szorzásnak (×), de mondhatjuk azt is, hogy a két művelet neve »és«, illetve »vagy«. Nagy szerencse ránk nézve, hogy minden logika befoglalható egy ilyen egyszerű rendszerbe, mert egyébként a számítás automatizálása valószínűleg nem történt volna meg – vagy legalábbis nem akkor, mint így.*”⁵⁷

4.3.7 A kettes számrendszer az informatika anyanyelve

Claude Shannonnak nagy érdeme volt abban, hogy Boole újrafelfedezett gondolatai a számítógép-fejlesztésben felhasználásra kerültek. 1940-ben közzétett doktori értekezésében (Relés kapcsolókörök szimbolikus analízise) megmutatta, hogy olyan áramköröket lehet építeni, amelyekkel megjeleníthetők a Boole-algebra kifejezései.

Az első elektronikus digitális számítógép, az ENIAC még a tízes számrendszer alapján végezte a műveleteket. Egyik konstruktőre, Neumann János azonban már a kettes számrendszer előnyeit hangsúlyozta: „*Meg kell azonban jegyezni, hogy az imént felvázolt tízértékű jelölő nyilvánvalóan tíz kétértékű jelölőből álló csoportot testesít meg, tehát erősen redundáns (az adott célra több mint elegendő). Ugyanebben a keretben már négy kétértékű csoporttal is elérhetnők a kívánt eredményt... Kettes számrendszerben végezve a*

⁵³ Bár a decimális digit választása „kézenfekvő”, a bináris számrendszer a finoman differenciálódott emlősvégtagpár nyulványaira utaló számrendszernél mélyebben és alapvetőbben ragadja meg a természetet.

⁵⁴ Idézi Dyson, George B.: Darwin among the machines: the evolution of global intelligence. New York, Addison-Wesley Publishing Company, 1997. 7. o.

⁵⁵ I. m. 7. o.

⁵⁶ „A gondolkodás törvényeinek vizsgálata, amelyen a logika és a valószínűség matematikai elmélete alapul (An Investigation of the Laws of Thought, on which are founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities)”

⁵⁷ Goldstine, H.: A számítógép Pascaltól Neumannig. Műszaki Könyvkiadó, Neumann János Számítógéptudományi Társaság, Budapest, 1987.

műveletet, ... átlátszóbbá és szembeötlőbbé válik azok logikai jellege.”⁵⁸ Így aztán a következő gép, az EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) építéskor már a bináris rendszer alkalmazását javasolta. Goldstine már idézett könyvében az áttérés következményeiről így írt:

„Látható tehát, hogy a decimálisból a számok bináris ábrázolására áttérve az aritmetika jelentősen egyszerűsödik ugyan, ezt azonban olyan áron értük el, hogy a szükséges lépések száma jelentősen megnőtt. Elektronikus feldolgozás esetén ez az ár kifejezetten alacsony... A bináris aritmetika tehát rendkívüli egyszerűsége folytán vált az EDVAC és valamennyi modern számítógép csodaszerévé.”⁵⁹

A fentiek alapján nem lehet kétséges számunkra, hogy a kettes számrendszer az informatika anyanyelvének tekinthető. Azonban nemcsak a logikai formalizmus, a műszaki paraméterek és a matematikai egyszerűség támasztja alá ennek a számrendszernek a kitüntetett, ugyanakkor természetes jellegét, hanem az evolúció is. Az élő szervezetek idegpályáin haladó idegingerületek szintén digitális bináris jellegűek. Neumann János így írt erről:

„Az idegimpulzusok nyilvánvalóan kétértékű jelölökként foghatók fel a már korábban tárgyalt értelemben: az impulzus hiánya jelenti az egyik értéket (mondjuk: a kettes számrendszerbeli 0 jegyet), jelenléte pedig a másik értéket (mondjuk: a kettes számrendszerbeli 1 jegyet).”⁶⁰

4.3.8 A bináris logika

Ezek után azt kell megnéznünk, hogy a kettes számrendszer és a kettes alapú logaritmus felhasználásával hogyan közelítjük meg az információmennyiség fogalmát, és hogyan fejezzük ki azt számszerűen!

Ahogy láttuk, a legegyszerűbb kétjelű abc a kettes számrendszer. Jelkészletének elemei: 0 és 1. A kettes alapú logaritmust választva az információmennyiség egysége ebben a jelrendszerben $H = \log_2 2 = 1$ bit (kettes számrendszerbeli számjegy). Ez nem más, mint egyetlenegy igennel vagy nemmel megválaszolható, egyébként tetszőleges kérdésre adott válaszban foglalt információ, amelynek mennyisége 1 bit. Könnyen belátható, hogy egy olyan meghatározatlansági állapot, amelyet két egyenlő valószínűségű kimenetet (esetet) magában hordozó helyzet tartalmaz, egy bit információval küszöbölhető ki.

Egy bit információ egy meghatározatlansági mezőt a felére csökkent, vagy teljesen megszüntet, ha a meghatározatlansági mező két egyformán azonos valószínűségű kimenetet tartalmaz. A kettes alapú logaritmus és a kettes számrendszer választása azért természetes, mert világunk olyan rendszerekből tevődik össze, amelyek bármelyik eleme definiálható olyan módon, hogy a rendszer egészét vesszük egy meghatározatlansági, bizonytalansági mezőnek, és azt lépésről lépésre felezzük, míg eljutunk a keresett vagy meghatározni kívánt elemhez. Másképpen megfogalmazva: tetszőleges halmaz bármely elemének meghatározásakor úgy célszerű eljárni, hogy az egész halmazt, illetve egyre kisebb részeit mindig kétjelű jelkészlettel írjuk le, amivel azt az üzenetet fejezzük ki, hogy valami vagy ott van az adott rendszerfélben, vagy nincs ott. Bármilyen anyag és forma, szín és árnyalat,

⁵⁸ Neumann János: A számológép és az agy. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1972.

⁵⁹ I. m. 187. o.

⁶⁰ I. m. 187. o.

hang és zörej, fogalomkör és képzeletrendszer, szöveg, számsor, szimbólumrendszer tet-
szőleges eleme kiválasztható így – és ez az út fordítva is járható. A világon minden alávét-
hető ennek a digitális „felaprózásnak”.

4.3.9 Az információmennyiség meghatározása felosztással

Nézzünk meg egy példát, amely konkrétan megmutatja, hogyan lehet egy rendszert bi-
naris logikával megközelíteni! Tegyük fel, azt a játékot játsszuk, hogy valaki egy sakktábla
egyik négyzetére helyez egy százforintost, és valaki másnak – aki természetesen nem lát-
hatja a táblát – ki kell találnia, hogy melyik négyzetben van a pénz. A keresőnek kérdeznie
kell, és a válasz csak igen vagy nem lehet. Minden kérdés 10 forintba kerül, viszont ha
eltalálta a százás helyét, akkor övé a pénz. Érdemes elkezdni a játékot? Milyen esélyünk
van arra, hogy nyereséggel és nem veszteséggel fejezzük be? Hogyan tudjuk a legkisebb
befektetéssel megszerezni a százast? Ez attól függ, hogyan kérdezzük. Ha a négyzeteket
sorba kérdezzük, akkor lehet, hogy rögtön eltaláljuk a pénz helyét, és nagy lesz a nyeresé-
günk, de az is lehet, hogy az utolsó négyzetben van a pénz. Ekkor 640 forintot adtunk ki,
és így 540 forint veszteségünk lesz. Átlagban, nagyon sok végigkérdezést véve alapul a
pénz megtalálása $(10 + 20 + \dots + 640)/64 = 325$ forintba kerül, tehát nem éri meg a játékban
részt venni. Létezik azonban egy jobb kérdezési stratégia.

A táblát gondolatban két részre osztjuk, és megkérdezzük:

1. Az első négy oszlopban van a pénz?

Ha a válasz igen, akkor ismét felezünk, és megkérdezzük:

2. Az első két oszlopban van a pénz?

Ha a válasz nem, akkor így kérdezzük:

3. A harmadik oszlopban van a pénz?

Ha a válasz nem, akkor a negyedik oszlopot felezzük, és megkérdezzük:

4. A negyedik oszlop négy alsó négyzetében van a pénz?

Ha a válasz nem, akkor már csak négy lehetséges helyen lehet a pénz, a 49–52-es
négyzetekben, a kérdés:

5. Az 51–52-es négyzetekben van a pénz?

Ha a válasz nem, akkor következik az utolsó kérdés:

6. A 49-es négyzetben?

Ha a válasz nem, akkor a pénz az 50-es négyzetben van.

Hat kérdéssel mindig megtalálom a pénzt; megéri játszani, mert biztosan van 40 forint
nyereségem. (Ha én teszem fel a pénzt, ezt a játékot csak olyan partnerrel érdemes elke-
zdenem, aki nem ismeri a keresésnek ezt a felosztásos módszerét.) Azt mondhatjuk, hogy
 $64 = 2^6$ lehetőségből legfeljebb 6 igen-nem válasszal megválaszolható kérdéssel mindig
meg lehet találni egy adott lehetőséget. Ez az a legkisebb kérdésszám, amely az adott lehe-
tőség megtalálásához szükséges. Általában H kérdés szükséges ahhoz, hogy $n = 2^H$ lehe-
tőségből megtaláljunk egyet. Másképpen: $n = 2^H$ egyformán valószínű lehetőségből az egyik
bekövetkezését jelentő hír „információtartalma” H „igen-nem” egység (bit).

4.3.10 A bináris logika és a matematikai információ

A matematikai információ tehát a legkevesebb igen-nem döntések száma, amelyekkel egy lehetőségalmazból ki lehet választani egy adott lehetőséget. Ha egy igen-nem választást tekintünk egységnek, akkor a választássorozat információtartalma ezeknek az összege.

Példánkban a pénz megtalálásához 6 bit információra volt szükség, általánosabban fogalmazva: egy olyan jelkészletből összeállított hír információtartalma, amely 64 jelből áll – amennyiben valamennyi hír előfordulásának valószínűsége megegyező – pontosan 6 bit. A példa remélhetőleg szemléletesen mutatta be, mit is jelent a matematikai információ. Ezek után megkísérelhetünk egy egészen általános meghatározást alkotni: A matematikai információ egy halmaz meghatározott követelményeket és feltételeket kielégítő felosztásának a mértéke.

Láthattuk, hogy ennél a módszernél a közismert barkochbajáték szabályait alkalmaztuk. Nem is gondoltuk talán korábban, hogy ez az érdekes és szórakoztató játék egyúttal a valóság valószínűségi, információelméleti megközelítését is jelenti, és alkalmas az információ mérésére!

Nézzük meg ezek után ezzel a módszerrel a világ legbonyolultabb jelrendszerének, az emberi nyelvnek a szimbólumait, a fonetikai ábécét! Egyúttal azt is megtanuljuk, hogyan kapcsolódik össze az információ mértéke a kódolással.

4.3.11 Bináris logika és kódolás

Vizsgáljuk meg a 30 betűből és két további jelből, a pontból és a szóközből álló jelrendszer információtartalmát!

Mivel 32 jelről van szó, az egy jel által reprezentált információtartalom 5 bit. Nézzük meg, hogy jön ez ki, ha a felosztásos módszert használjuk. Jobbról balra kell haladnunk a „kérdésekkel”, a következők szerint: a betűsor jobb oldali felében van a keresett betű? Nem. A maradék betűsor jobb oldali felében van a keresett betű? Nem... stb., nem helyett 0-t, igen helyett 1-est írva a kapott válaszsorozatot helyettesítettem egy bináris számrendszeri számokból álló sorozattal.

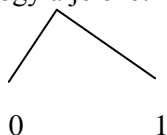
A 32 elemű halmaz egy elemének azonosításához az 5 kérdés eredményét tehát egyszerre felírhatom: ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy egyszerre teszem fel a kérdéseket. Pl.:

A Á | B C | D E É F | G H I J K L M N | O Ö P Q R S T U Ü V W Z X Y _ .

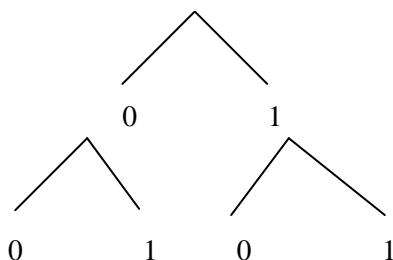
Az első négy betű kódja ezzel a módszerrel: 00000, 00001, 00010, 00011.

Ez a művelet a kódolás, és a számsorozatok az egyes kódszavak. Összesen 32 ilyen öttagú jelsorozattal minden, ebből a jelkészletből álló szöveget kódolni tudunk. Ez azt jelenti, hogy a kódszöveg éppen ötször annyi jelből fog állni, mint az eredeti betűkkel leírt szöveg.

Az eljárást úgy is leírhatjuk, hogy a jeleket két egyenlő csoportba osztjuk. Az egyiket 0 jelöli, a másikat 1.



Az így kapott csoportokat ismét két ágra bontjuk, így már négy csoportunk lesz; a „bináris fa„ ágait rendre 0 és 1 jelöli azonos módon.



A kapott csoportokba már 8 írásjel tartozik. Az eljárást mindaddig folytatjuk, amíg minden ághoz csak egyetlen írásjel tartozik. Ekkor az ágak mentén haladva leolvashatjuk az ötbetűs kódokat. Általánosságban elmondható, hogy bármely információ mennyiségét úgy mérjük, hogy az adott információt átírjuk, kódoljuk 0 és 1 jegyekből álló sorozattá a lehető legcélszerűbb módon! Ez akkor következik be, ha a lehető legrövidebb jelsorozatot kapjuk, és az így kapott jelsorozat (kódszó) hosszával (számjegyei számával) mérjük az információ mennyiségét. Az információ mennyiségének számszerű értéke tehát nem más, mint a legcélravezetőbb kérdés válaszainak számokkal történő kódolása.⁶¹ A kódolás inverz folyamata a dekódolás. Mielőtt továbbmennénk, foglaljuk össze a legfontosabb eddigi fogalmakat!

- A jel (vagy „betű”): az információ elemi hordozója, egy jelkészlet (halmaz, abc) eleme.
- A hír (közlemény, szó vagy üzenet): egy jelkészletből vett jelek véges sorozata.
- Kódolás: az az eljárás, amely egy nyelv véges abc-ből álló szavait egyértelműen hozzárendeli egy másik nyelv szavaihoz.
- Dekódolás: az előzővel ellentétes folyamatot jelent.

A kulturális, majd a technikai-technológiai evolúció során a különböző szimbólumrendszerek értelmezésére és továbbítására egyre komplexebb kódoló és dekódoló mechanizmusok alakultak ki. Természetesen olyan kódokat is lehet készíteni, amelyeknek kódszavai eltérő hosszúságúak. Ennek klasszikus példája a Morse-ábécé. A Morse-kód háromféle jelet használ: rövid szignál (grafikai szimbóluma pont), hosszú szignál (grafikai szimbóluma vonal) és szünet. Morse úgy alkotta meg szimbólumrendszerét, hogy figyelembe vette az angol ábécé betűinek gyakoriságát az angol nyelvű közleményekben. Az *e* betű előfordulási valószínűsége a legnagyobb (0,1031) míg a *z* betűé a legkisebbek egyike (0,0005), így aztán nem meglepő, hogy a Morse-ábécében az *e* betű jele egy rövid szignál (·) míg a *z* betűé két hosszú és két rövid szignál (– – · ·).

Egy kódrendszer kialakításakor fontos szempont az, hogy a kódolt szöveg a lehető legrövidebb legyen.

⁶¹ Ilyen ötbités kódokat használtak régebben, pl. az un. lyukszalagokon.

4.3.12 Információ és valószínűség: a Shannon-képlet

Az eddigiek során több alkalommal is említettük, hogy az információmennyiség egyszerű logaritmikus függvénnyel akkor fejezhető ki, ha az adott jelkészlet minden jele azonos valószínűséggel fordul elő. Ebben – és csakis ebben – az esetben a jelek száma az adott eseménytérnek az a mérhető tulajdonsága, amellyel a megfelelő műveletet elvégezve megkapjuk az információ mérőszámát. Ha egy kicsit utánagondolunk, akkor nyilvánvalóvá válik számunkra, hogy a valóságban használatos jelrendszerek nem ilyenek. Ezek elemei eltérő valószínűséggel fordulnak elő.⁶² Mi a helyzet ilyenkor az adott jelekhez tartozó információkkal?

Szubjektív és intuitív módon is megállapíthatjuk azt, hogy a valószínűség és az információ között fordított arányosság áll fenn: minél kisebb az esélye egy esemény bekövetkezésének, annál nagyobb az általa hordozott információ, és fordítva a nagy valószínűséggel bekövetkező események információtartalma csekély. Egy 100%-os valószínűséggel előforduló jel pedig $\log_2 1 = 0$ bit információt tartalmaz, vagyis egyáltalán nincs információértéke.⁶³

Megállapíthatjuk tehát, hogy az információ a jel előfordulási valószínűségének függvénye. A fordított arányosságnak megfelelően ilyenkor a valószínűségek reciprokból számoljuk ki az információ mennyiségét, az alábbi képlet segítségével: $I(A) = \log_2 \frac{1}{p(A)}$, ahol

$p(A)$ az A esemény bekövetkezésének a valószínűségét, $I(A)$ pedig az A által reprezentált információmennyiséget jelenti. Ezt az összefüggést először – egymástól függetlenül – Claude Shannon és Norbert Wiener fogalmazták meg. (A képletet a $\log_2 \frac{1}{x} = -\log_2 x$ össze-

függés alapján ebben az alakban is fel lehet írni: $I(A) = -\log_2 p(A)$.) A valószínűség tehát kitüntetett szerepet játszik az információelméletben. Az egyes jelekhez tartozó információértékek kiszámításának az a feltétele, hogy valószínűségeket tudjunk hozzájuk rendelni.

Ha egy jelrendszer egyes jeleinek előfordulási valószínűsége különböző, akkor – a korábban vizsgált „szimmetrikus” esetekkel szemben – az előző képlet alapján kiszámított információ-mérőszám csak az adott jelre, pontosabban arra a hipotetikus, virtuális jelrendszerre vonatkozik, amelynek minden jele az adott valószínűséggel előforduló jeltől állna.

A valóságos jelkészletre vonatkozóan – amely, mint említettük, különböző valószínűséggel előforduló jelekből tevődik össze – csak egy átlag információmennyiség kiszámítása lehetséges. Ez úgy történhet, hogy összegezzük az egyes eltérő valószínűséggel előforduló jelekhez tartozó információmennyiségeket. Az átlag kiszámításakor az egyes jelek előfordulási gyakoriságának megfelelően súlyoznunk is kell, azaz ki kell számolnunk a súlyozott átlagot.

Az egy jelre eső átlagos információ a Shannon-féle entrópia, amelyet H -val jelölünk:

$$H = p_1 \log_2 \frac{1}{p_1} + p_2 \log_2 \frac{1}{p_2} + \dots + p_n \log_2 \frac{1}{p_n}.$$

Másképpen felírva ugyanezt:

⁶² Az események valószínűségét 0 és 1 közé eső tört fejezi ki. A lehetetlen esemény valószínűsége 0, a biztosan bekövetkezőé 1. A $p = 1/2$ valószínűség azt jelenti, hogy az esemény bekövetkezésének és be nem következésének az esélye egyenlő.

⁶³ Biztos eseménynek (valószínűsége 1) nincs hírértéke. Például a mi kultúránkban ilyen információérték nélküli közlés lenne, hogy a karácsony este december 24-re esik.

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i.$$

Az események teljes eseményrendszert alkotnak, azaz $\sum p_i = 1$; valamelyiknek be kell következnie az egyébként egymást kizáró (diszjunkt) események közül. Az egyes $p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$ tagokra vonatkozóan azt kell észrevennünk, hogy a $\log_2 \frac{1}{p_i}$ kifejezés arra a homogén, virtuális halmazra vonatkozó információmennyiséget jelenti, amelyben a jelkészlet minden egyes eleme $\frac{1}{p_i}$ valószínűséggel fordulna elő.⁶⁴ A p_i súlyozó tényező ahhoz szükséges, hogy ez az adat beilleszkedjen a valós, heterogén halmazba. Segítségével megadjuk, hogy az adott jel által reprezentált esemény információmennyisége a reális halmaz bármely eleme által képviselt átlag információmennyiséghez milyen arányban járul hozzá.

4.3.13 Információmennyiség és entrópia

Nézzük meg ezt egy konkrét jelsorozaton! Vegyük ismét a kódolás bemutatásához felhasznált jelrendszert, amelynek jelkészletét a magyar nyelv elemi szimbólumai teszik ki. A jelekből összeállított jelsorozat lehet bármilyen hosszabb magyar nyelvű szöveg, akár ennek a tananyagnak a szövege is. Eseménynek tekintjük egy betűnek a szöveg kiválasztott helyén való előfordulását. A betűk előfordulásának valószínűségét egyszerűen kiszámíthatjuk. Ha a szöveg N számú jeltől áll (azaz N hosszúságú), és az egyes betűk előfordulásának száma rendre $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$, akkor a relatív gyakoriságok

$$p_1 = \frac{k_1}{N}, p_2 = \frac{k_2}{N}, p_3 = \frac{k_3}{N}, \dots, p_n = \frac{k_n}{N}.$$

A relatív gyakoriság tehát megadja a betű előfordulási valószínűségét.

Két általános feltételt kell még megemlítenünk: a szöveg legyen reprezentatív, és az N legyen lényegesen nagyobb n -nél. Esetünkben mindkét feltétel teljesült, hiszen a természetes nyelvben, amit használunk, az egyes betűk a szöveg jellegétől függetlenül körülbelül ugyanolyan gyakorisággal fordulnak elő, és a jegyzet szövege elegendően hosszú. A kapott adatokból ki tudjuk számolni a jelrendszerre a Shannon-féle entrópiát. Ez az egy jelre eső átlagos információ, bitekben kifejezve. Egy elegendő hosszúságú szöveg információtartalmát pedig úgy számíthatjuk ki, hogy az egy jelre eső átlagos információt megszorozzuk a szöveg hosszával: $I = N \times H$. A fentiek alapján belátható, hogy a Shannon-féle entrópia nem az egyes jeleknek, hanem a teljes jelrendszernek a tulajdonsága. Az entrópia tehát az információforrás rendszertulajdonsága.

Az információmennyiség tetszőleges nagyságú pozitív szám lehet, és nincs maximuma vagy határa. Az entrópia ezzel szemben jól definiálható maximummal rendelkezik. Az n jelszámú jelrendszer maximális entrópiája $H_{\max} = \log_2 n$. Meggyőződhetünk arról, hogy ha a Shannon-képletben a p_1, p_2, \dots, p_n helyére $\frac{1}{n}$ értékeket írunk, akkor az eredmény $\log_2 n$ lesz. Ez azt jelenti, hogy egy jelrendszer entrópiája akkor maximális, ha a jelkészlet minden eleme azonos valószínűséggel fordul elő.

⁶⁴ Ebből következik, hogy ekkor vagyunk a legbizonytalanabbak. Ennélfogva fejezi ki az információelméleti entrópiatörvény a határozatlanság, bizonytalanság mértékét is. (Shannon nem véletlenül vette kölcsön a termodinamikától az entrópia kifejezést.)

Minimális értéke viszont a jelrendszer entrópiájának nem értelmezhető, hiszen az ennek megfelelő nulla entrópia azt jelentené, hogy jelkészlet helyett csak egyetlen, nulla információt hordozó jel található, egy jel pedig nem tekinthető jelrendszernek. Egy jelrendszer entrópiájára az alábbi összefüggés írható tehát fel: $0 < H \leq \log_2 n$. A fenti összefüggésből következik, hogy egy jelrendszer entrópiája többféle értékkel is megadható, azaz többféle entrópia létezik.

4.3.14 Természetes nyelvek matematikai információtartalma

A természetes nyelvek, így a magyar nyelv esetében is az entrópia akkor lenne a legnagyobb, ha azzal a feltételezéssel élünk, hogy minden betű azonos valószínűséggel fordul elő. A magyar nyelv esetében ez az érték 5.5 bit, és természetesen minden jel esetében azonos. Ez az entrópia maximális értékével egyezik meg. Shannon a természetes nyelvek ilyen mesterségesen előállított betűsorokkal történő modellezését **nullarendű megközelítésnek** nevezte. Ha az egymást követő betűket egymástól függetlenül választjuk ki, de a kiválasztás valószínűsége a természetes nyelvénél megfigyelt értékek alapján történik, **elsőrendű approximációról** van szó. Ezt tettük akkor is, amikor ennek a jegyzetnek a szövege alapján kiszámoltuk a Shannon-féle entrópiát a magyar nyelvre. Pontosabban fogalmazva ez a **betűnkénti elsőrendű entrópia**, amelynek kiszámításakor úgy jártunk el, mintha a nyelv egymástól függetlenül előforduló szimbólumokból álló jelkészlet lenne, és az információforrás kizárólag az előzetesen kiszámított valószínűségek szerint állítaná elő a szimbólumsorozatokat, függetlenül attól, hogy milyen jelek szerepeltek korábban. (Az ilyen rendszert egyébként stochasztikus folyamatnak is nevezik.) Ebben az esetben a Shannon-képlettel kiszámolt átlagérték: a betűnkénti elsőrendű entrópia adódik, ami természetesen kisebb a maximális entrópiánál. Ez már jobban közelíti a valóságot. A természetes nyelvek esetében azonban az egymást követő betűk között szoros kapcsolat van, egy betű előfordulásának a valószínűsége nagymértékben függ a megelőző betűktől.⁶⁵ Itt tehát a stochasztikus folyamatok egy speciális esetéről van szó, amelyet Markov-sorozatnak nevezünk.

A természetes nyelveket így csak egy elegendően komplex stochasztikus folyamatrendszerrel lehet modellezni, illetve statisztikailag elemezni. A legegyszerűbb eset az, amikor a betűpárokat (digram-szerkezeteket) vesszük figyelembe. Ez azt jelenti, hogy más jelegységet választottunk. 30 betű esetén 900-féle betűpár állítható össze, amelyek előfordulásának valószínűsége nagyon eltérő. A betűpárokból álló jelrendszer entrópiáját jelölhetjük H_2 jellel. Ilyenkor is kiszámíthatjuk az egy betűre jutó átlagos információt, ami $\frac{H_2}{2}$ lesz. A H és a $\frac{H_2}{2}$ közötti összefüggés a következő: $\frac{H_2}{2} \leq H$. Az eljárást betűhármásokra, betűnégyesekre, szavakra folytatva a $\frac{H_n}{n}$ értékek egyre jobban közelítik az egy betűre jutó átlagos információ valós értékét. A $\frac{H_n}{n}$ értékeknek van egy határértékük, amely valamennyi $\frac{H_n}{n}$ értéknél kisebb, és a $\frac{H_n}{n}$ számokkal tetszés szerint megközelíthető. Jelöljük ezt H' -vel. Ez a határérték lesz a jelrendszer átlagos entrópiája, amely egyenlő a jelrendszer egy jelére jutó

⁶⁵ Pl. az „ng” kombináció gyakori (ing, engem, ringló stb.) de a „gn” ritka.

átlagos információval. Természetesen erre is teljesül a $0 < H' \leq \log_2 n$ egyenlőtlenség: értéke akkor lesz maximális, ha valamennyi jel azonos valószínűséggel fordul elő, és az egymást követő jelek teljesen függetlenek egymástól. Egy jelrendszer információelméleti szempontból akkor maximális hatékonyságú, ha $H' = \log_2 n$.

4.3.15 Egy információforrás relatív entrópiája, redundancia

Egy jelrendszer maximális entrópiája (H_{\max}) a $H_{\max} = \log_2 n$ képlettel könnyen kiszámítható. A valós állapotot megközelítő tényleges entrópia (H') közelítő pontossággal – mint láttuk – szintén kiszámítható. A kettő hányadosa $H' / H_{\max} = H_{\text{rel}}$, vagyis az információforrás relatív entrópiája. Ez jellemző az adott jelrendszerre, és a jelrendszer hatékonyságának a mértéke. A relatív entrópia értéke 0 és 1 között lehet ($0 < H_{\text{rel}} < 1$).

Nézzünk egy példát! Ha a relatív entrópia mondjuk 0,7, ez azt jelenti, hogy az információforrás az üzenet megfogalmazása során a jelkészlet elemeinek kiválasztásakor 70%-os szabadsággal rendelkezik. Ilyenkor 30% az üzenetnek az a része, amelyet nem az adó szabad választása, hanem a jelrendszer „grammatikája”, a szintaxis határoz meg. Az üzenetnek ez a része tehát kötött: a szimbólumok használatára vonatkozó konvenció határozza meg. Ezt nevezzük a jelkészlet redundanciájának. A redundanciát úgy számoljuk ki, hogy a relatív entrópia értékét kivonjuk 1-ből ($R = 1 - H_{\text{rel}}$).

A természetes nyelvek jelkészletét kölcsönös függőségek hatják át, ezért a közlemények összeállításához felhasználható szimbólumok összekapcsolása erősen szabályozott. A szintaktikai összefüggések olyan mértékben lecsökkentik az egy betűre jutó átlagos információt, hogy a jelek egy részének elhagyása vagy elveszése esetén is képesek vagyunk rekonstruálni az eredeti üzenetet. A természetes nyelvek redundanciája magas, legalább 50%-ot tesz ki. A redundancia helyes értelmezéséhez figyelembe kell venni, hogy az nem az egyes közleményekre, hanem a teljes jelrendszerre jellemző statisztikai fogalom. A köznapi szóhasználat redundancia fogalma viszont inkább szemantikai kategória, és az egyes közleményekben tapasztalható üresjáratokat, felesleges bőbeszédűséget értjük alatta.

4.4 ÖSSZEFOGLALÁS

A leckében az információfogalom műszaki-matematikai értelmezésének alapelemeit vázoltuk fel. Ismertettük az információ matematikai elméletének alap gondolatát, ezen belül a matematikai információfogalmat és a Shannon-modellt. Leírtuk az információ mennyiség meghatározásának elvét Hartley és Shannon megközelítésében. Megmutattuk a kettes számrendszer és a kettesalapú logaritmus kitüntetett szerepét, értelmeztük a bináris logika fogalmát. A továbbiak során bemutattunk egy példát az információ mennyiség felosztással történő meghatározására és kapcsolatba hoztuk a bináris logikát a kódolással. Végül ismertettük az információ és valószínűség, információ, entrópia és redundancia fogalomkört, és a Shannon-képletet.

4.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Miben tér el a matematikai információ fogalma a köznyelvi értelmezéstől?
2. Milyen összefüggés áll fenn egy jelkészlet nagysága, a belőle összeállítható hírek száma, és a közölt információ mennyisége között?
3. Milyen hosszúságú kódszavak szükségesek egy 16 jelből álló jelkészlet bináris digitekkel történő kódolásához?
4. Értelmezze információelméleti szempontból azt a tényt, hogy a magyar nyelven alkotott szövegek redundanciája kb. 50%-ot tesz ki!

5. PLANETÁRIS INFORMÁCIÓS RENDSZEREK

5.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy bevezesse a hallgatókat a földi (planetáris) információs rendszerek átfogó, egységes értelmezésének elméletébe. Ismerjék fel a sokrétű információs fenomének mögötti azonosságokat és az egyes információfeldolgozási szintek közötti evolúciós kapcsolatrendszer fő vonásait. Szerezzenek releváns ismereteket az információs rendszerek alapformáiról és azok karakterisztikus, egyedi jellemzőiről.

5.2 TARTALOM

Az információs rendszerek alapformái a Földön. Az információfeldolgozás planetáris fejlődéstörténetének alapvonásai. A planetáris információfeldolgozás eredete és az egyes szintek – molekuláris, kulturális, társadalmi, gépi technológiai – egymásra épülése. A planetáris információs szintek karakterisztikus vonásai és a közöttük lévő kapcsolatok logikai összefüggésrendszere.

5.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

5.3.1 Planetáris információs rendszerek

Ha bolygónkra földön kívüli intelligens lények érkeznének, egyik első benyomásuk a földfelszín benépesítő anyagi rendszerek sokféleségének és összetettségének az észlelése lenne. A bioszféra változatossága, az egész bolygóra kiterjedő civilizáció jelei, a forma- és funkciógazdag technikai eszközök sokasága, a különböző valós és virtuális hálózatok, kapcsolatrendszerek komplexitása, a sokféle hordozókra felvitt jelek tömkelege az idegen látogatókat arra a következtetésre készítetné, hogy nagy információsűrűségű égitesten vannak. Ha ezek a lények rendelkeznének megismerésre motivált, elemző és rendszerező elmével, először a változatos jelenségvilág mögötti egységesítő elveket, hasonlóságokat, azonosságokat keresnék, a sokféleség háttérében húzódó alapvető működési elveket. Ezt követően megpróbálnák kategorizálni a rendszerek sokaságát, és feltárni az így meghatározott alaptípusok közötti kölcsönhatásokat, horizontális kapcsolatokat és hierarchikus viszonyokat. A megértésre törekvő jövevények ezután valószínűleg virtuális időutazást végeznének: az egyes rendszer-alaptípusok jellemzőiből kiindulva megpróbálnának vissza-következtetni azok eredetére, mai formájuk kialakulásának előtörténetére.

5.3.2 Az információs rendszerek fejlődéstörténete

Az információfeldolgozás planetáris fejlődéstörténetének vizsgálatakor az elfogulatlan földönkívüli idegen feltételezett megközelítésmódja szerint járunk el mi is. Először bemutatjuk a bolygónk felszínét benépesítő változatos információs entitások működésének közös alapelveit illetve ezen entitások hierarchikus kapcsolatrendszerét és egymásra épülő

fejlődését, elsősorban James Beniger ma már klasszikusnak számító műve alapján.⁶⁶ A továbbiak során részletesebben tárgyaljuk az információs folyamatok genetikai-molekuláris szintjét, és körvonalazzuk a kulturálisan programozható agyak kialakulásának és működésének alapvonásait. Ezután vizsgáljuk az emberi információfeldolgozó rendszer, az agy kognitív architektúrájának fejlődését, Merlin Donald integratív megközelítésmódjára támaszkodva. Végül megnézzük, hogy a 15. századtól a 20. század közepéig (a digitális, számítógépes információtechnológia megjelenéséig) az információk sokszorosítására, tárolására, közvetítésére kifejlesztett gépek, eszközök, módszerek milyen hatást gyakoroltak az emberi információfeldolgozásra és kommunikációra, illetve általában a társadalomra. Mindebben Neil Postman, J. Meyrowitz, Marshall McLuhan és mások írásaira támaszkodunk.

5.3.3 A planetáris információfeldolgozás eredete

Az információs társadalom kialakulásának problémáját James Beniger *Az irányítás forradalma* című művében rendszerszemlélettel és evolúciós perspektívából vizsgálta. Arra következtetésre jutott, hogy a mai jelenségek alapvető okainak mélyebb megértéséhez a földi élet eredetéhez kell visszamennünk. Szerinte bolygónkon az első primitív élő szervezetekkel jelent meg az információfeldolgozás képessége.⁶⁷ A ma változatos formában létező szervezett rendszerek úttörő csoportját – az első olyan nyílt anyagi rendszereket, amelyek sikeresen szálltak szembe az entrópia hatalmával, és képesek voltak szerveződésük információs mintázatának megőrzésére és továbbadására – ezek az egyszerű molekulahalmazok jelentették.⁶⁸ A szervezettségük megőrzésére és továbbadására képes nyílt rendszerek anyagfeldolgozó dinamikus struktúrák, amelyeknek állandó energiaforrásra van szükségük a folyamatos anyagátalakításhoz és -transzporthoz. Az anyag és az energia célirányos feldolgozásához irányításra és szabályozásra van szükség, ami információk felvételével, kiértékelésével és új információk generálásával megy végbe. A szervezettségüket megőrző nyílt rendszerek működése tehát belső állandóságuk, rendezettségük fenntartására és növelésére, a struktúrájukat meghatározó információk továbbadására irányul.⁶⁹

⁶⁶ Beniger, James R.: *The Control Revolution. Technological and Economic Origins of the Information Society.* Harvard University Press, 1986. Magyarul: *Az irányítás forradalma. Az információs társadalom technológiai és gazdasági forrásai.* Gondolat – Infonia, 2004.

⁶⁷ Richard Dawkins a jelenségre a „replikációs bomba”, illetve az „információs robbanás” kifejezéseket használja. Dawkins, R.: *Az önző gén.* Budapest, Gondolat, 1986.

⁶⁸ A fizikai univerzum működésének egyik alapvonása, hogy minden magára hagyott összetett, nyílt anyagi rendszer sorsa a szétszóródás (randomizáció): alkotóelemeinek elrendeződése az idő előrehaladtával a legvalószínűbb, azaz a teljesen véletlenszerű eloszlás állapota felé halad. Mégis léteznek olyan rendszerek, amelyek – ezzel az általános trenddel ellentétesen – rendezett struktúrákat alakítanak ki, és képesek annak fenntartására is.

⁶⁹ Ennek a célszerűségnek az értelmezésére több magyarázat létezik. A teleologikus felfogás szerint a világban az anyagon túlmutató, az anyag felett álló külső célszerűség uralkodik, és ez az oka a szervezett rendszerek célirányos működésének. A vitalizmus elmélete szerint az élő szervezetekben valamilyen sajátos, nem fizikai jellegű életerő (vis vitalis) működik, amely azokat a szervesetlen anyagi világtól alapvetően megkülönbözteti. A természettudományos magyarázat szerint az élő természetben megfigyelhető célszerűség oka mindig valamilyen fizikai formában létező információs rendszer, program, amely nem más, mint „kódolt vagy előre elrendezett információ, ami egy folyamatot vagy viselkedést adott cél felé irányít”. Ez utóbbi a célszerűség teleonómiai magyarázata.

5.3.4 A planetáris információfeldolgozás szintjei

Az élő rendszerekben az anyagátalakítást speciális programok irányítják. Az egyes programok az adott rendszer céljaira vonatkozó információkat (referenciaszint) illetve a célok elérését lehetővé tevő információfeldolgozási eljárások algoritmusait tartalmazzák. Beniger megfogalmazása szerint „Az irányítás folyamata szükségképpen magába foglalja egy új információ (input) összehasonlítását bizonyos elraktározott mintákkal és utasításokkal (programmal) annak érdekében, hogy a szoba jöhető viselkedések (lehetséges outputok) előre meghatározott halmazából valamelyik mellett dönteni lehessen.”⁷⁰ A programok tehát az adott rendszert alkalmassá teszik információk kiértékelésére és a kiértékelés eredményének megfelelő döntések meghozatalára. Ilyen tulajdonságokkal csupán az élő rendszerek, a társadalmak, valamint az információfeldolgozó artefaktumok⁷¹ rendelkeznek. Beniger ennek megfelelően a programok – és az azok által meghatározott működésmódok négy, egymásra épülő szintjét különbözteti meg.

5.3.5 A planetáris információfeldolgozás első szintje

Az információfeldolgozás első szintje a legegyszerűbb élő rendszerek kialakulásával jelent meg a Földön. A program – amelynek alapján az információk feldolgozása történik – az adott élő rendszer felépítésére, szerveztségének és működésének a fenntartására irányul. Ezt a programot a DNS-molekula struktúrája tartalmazza. A programozás során felhasznált jelkészlet a négy nukleotidbázis, amelyek hármásával képezik az egyes „üzeneteket” (genetikai kód). A programozásnak ez az alapszintje tehát molekulaszervezetbe kódolt előzetes információfeldolgozást jelent. Az információs folyamatok részben a DNS-molekula és közvetlen molekuláris környezete, részben a rendszer és környezete kölcsönhatásrendszerében játszódnak le. A genetikai programozás alapvetően próba-szerencse jellegű, az élő rendszer – Richard Dawkins találó kifejezésével: túlélőgépj – a mindenkori véletlenszerűen összeállt génkombinációkban kódolt információk alapján épül meg. A genetikai program zárt, későbbi korrekcióra, átprogramozásra – legalábbis az egyes „túlélőgépek” működésének intervallumában – nincs lehetőség. A planetáris információfeldolgozás eddigi történetének legnagyobb részében a genetikai program és a köré épült – nagyrészt fehérjemolekulákon alapuló – szabályozókörök képezték az egyetlen információs rendszert.

5.3.6 A planetáris információfeldolgozás második szintje

Az információfeldolgozás második állomása (Beniger kifejezésével: az irányítás második forradalma) az agy kialakulása volt. A túlélőgépj „interaktor”: sorsát a környezettel történő interakciók határozzák meg. Az agy olyan célszerv, amely ezeknek az interakcióknak az irányítására jött létre: biztosítja a túlélőgépj adott környezetben történő fennmaradását. Az egyszerűbb agyak struktúráját és működését – akár csak bármely más szervét – a genom határozza meg. Az agy programozása ezen a szinten alapvetően genetikai; a környezet szerepe eleinte csak az agy strukturális szerveződésének irányítására és funkcionális finomhangolására” korlátozódik. A program zárt, a beépített automatizmusok az élőlény

⁷⁰ Beniger, i. m., 91.

⁷¹ Az artefaktum kifejezés mesterségesen létrehozott eszközöket, gépeket, berendezéseket jelöl.

számára a túléléshez fontos környezeti hatások észlelését biztosítják, és az azokra történő adekvát válaszok generálását szolgálják.

Később a programnak lesznek nyitott részei, melyekbe a szükséges információkat a környezet írja be. Ekkor jelenik meg a második szint újdonsága: a genom mintegy megosztja a programozás műveletét a környezettel. A madarak és emlősök agyában a környezetből beírásra kerülő információk aránya megnövekszik, így a környező világ mintegy „leképeződik.”⁷² A random jellegű genetikai programozás próba-szerencse eljárása mellett egy célirányosabb, gyorsabb programozási mechanizmus segíti az élőlények adaptációját. A végzeteszerű „a priori” vak véletlen mellett belép a közvetlen instrukció: a környezet képes beírni és átírni a túléléshez esszenciális programrészek egy részét. A külső világ „leképezése” során különös jelentőségre tesznek szert azok a reprezentációk, amelyek a fajtársak viselkedésének utánzására épülnek. Megjelenik a spontán tanulás képessége. Végül – fajunknál – az utánzás, a spontán tanulás és tanítás sajátosan emberi formái alakulnak ki, és a célorientált, tudatos tanulással a programozott rendszer önmaga programozására is képessé válik. Ezzel kezdődik a kulturális átadás, a kulturális programozás – és önprogramozás – folyamata, és elindul az emberi társulásokra jellemző kumulatív kulturális evolúció. Az emberi agyak konstruktív kreativitása és együttműködése (szociogenezis) vezetett el az információs rendszerek még két további szintjének kialakulásához.

5.3.7 A planetáris információfeldolgozás harmadik szintje

Az információfeldolgozás harmadik szintje (az irányítás harmadik forradalma) a megatársadalmak kialakulásával nyeri el végső formáját. Előttörténete és kialakulásának feltétele az emberi agy információfeldolgozó- és kommunikációs képességének a korai emberi csoportokban lejátszódott evolúciója. (Ennek részleteivel egy későbbi fejezetben foglalkozunk.) A megatársadalmakban – akárcsak a soksejtű szervezetekben – a fejlődéshez és a stabilitás fenntartásához jól működő irányító, illetve szabályozó rendszerekre van szükség, amelyek a működés referenciaszintjeit tartalmazó programokkal, a folyamatos információfeldolgozás és kommunikáció hatékonyan és biztonságosan működő rendszereivel rendelkeznek. A programozás alapja és eszköze a nyelv.⁷³ A programok ebben az esetben szabályrendszerek (etikai normák, értékrendszerek, törvények, eljárásrendek, protokollok stb.), amelyek előírják a társadalmi alrendszerek működésének formáit, módozatait és ezzel meghatározzák az emberi tevékenységek egy részének normáit és paramétereit. A programozás kulturális és kollektív, az adott társadalom szerkezetétől, működési formájától függően az emberek kisebb-nagyobb csoportjának társas konstrukciója. Az irányító jellegű programok azoknak az intézményeknek a szerkezetében és működés módjában is tükröződnek, ahol az információk formális szabályok szerinti feldolgozása történik. A programokat tartalmazó struktúrák explicit formában külső szimbólumtároló eszközök, amelyekben a kódolt információk exogramok formájában rögzítettek. Ezek az információk a társadalom tagjainak agyában (az információfeldolgozás második szintje) jelentéssé transzformálódnak és egyéni akciókat váltanak ki.⁷⁴ A megatársadalmak működőképességének egyik alap-

⁷² Ezek a belső reprezentációk valójában nem képek, hanem a külvilág modelljei.

⁷³ „Az emberi társadalmak a nyelv kialakulásával szert tettek a társadalmi irányítás sok egymást átfedő rétegének programozási bázisára.” Beniger, i. m., 164.

⁷⁴ „A szimbólumok segítségével az irányítás nem ok-okozati összefüggés, hanem jelentés útján valósul meg. Az okot az egyedek szolgáltatják, akik a szimbólumot és annak jelentését is felismerik.” Beniger, i. m., 163.

feltétele az egyes emberek agyának olyan előzetes programozása, amely statisztikailag meghatározó arányban generálja az előírt és kívánt viselkedésformákat. További, elengedhetetlen feltétel a társadalom alrendszerének gépszerű működése, az információfeldolgozó struktúra személytelen viszonyának biztosítása a feldolgozandó információhoz.⁷⁵ Ez az emberi ügyek intézésének, a viselkedés megítélésének és irányításának egyértelműen definiálható és mérhető, objektív kritériumok alapján történő módját jelenti. Ezen a szinten formálódik ki a bürokrácia mint a társadalom hatékony irányítására kidolgozott információs technológia.

5.3.8 A planetáris információfeldolgozás negyedik szintje

Az információfeldolgozás negyedik szintje (az irányítás negyedik forradalma) az információfeldolgozó gépek megjelenése és rohamos elterjedése. Ezt a legutóbbi évtizedekben bekövetkezett változást „informatikai forradalomnak” is szokták nevezni. A korábbi szintekhez képest új elem az, hogy a külső szimbolikus táruk dinamikussá válnak: elkezdődik az agy műveletvégző, „komputációs” tevékenysége bizonyos elemeinek a „kihelyezése” („exokomputáció”). Ez a folyamat a számolás automatizálásával kezdődött, és az adatfeldolgozás gépesítésével folytatódott. Az elmúlt évtizedekben az emberi információs műveletek egyre több aspektusát sikerült algoritmizálni, digitalizálni és számítógépre vinni, illetve számítógéppel segíteni, és ezzel megkezdődött az algoritmizálható agymunka gépesítése.⁷⁶ Ezen a szinten a programozás alapvetően teleologikus, minden részletében előre megtervezett,⁷⁷ meghatározott célok elérésére, illetve bizonyos kritériumok teljesítésére irányuló tevékenység. Az információs folyamatok a számítógép elektronikai illetve optoelektronikai szerkezeti elemeiben játszódnak le.

A számítógépek teljesítményének szakadatlan növekedése, az egyre komplexebb algoritmusok (szoftverek) fejlesztése, valamint a kifinomult input- és outputkészülékek kidolgozása mára lehetővé tette, hogy a valóság majd minden elemének valamilyen modellje digitalizált formában a gépbe bevihető, tárolható, módosítható és eredeti természetének megfelelő formában újra visszaadható legyen. Elérhetőnek tűnik a teljesen automatizált, magas színvonalú gépi problémamegoldás, amely a jövő elektronikus vagy kémiai bázisú rendszerei esetében meghaladhatja az emberi agy teljesítőképességét. Vannak, akik úgy gondolják, hogy emberhez hasonló intellektuális képességű, akár az emberi intelligenciát túlszárnyaló gépek is létrehozhatók lesznek. Néhányan azt is elképzelhetőnek tartják, hogy

⁷⁵ „Az emberek könnyebben irányíthatók, ha dolgokként kezelik őket, ennek az az oka, hogy a rájuk vonatkozó feldolgozandó információk mennyisége ezáltal nagymértékben csökken, és ezért az irányítás foka – bármely állandó információfeldolgozási kapacitás mellett – jelentősen javul.” Beniger, i. m., 45.

⁷⁶ Bertalanffy megfogalmazása szerint az első számítógépek tervezői felfedezték a „szimbolikus varázs” egy fajtáját, „az algoritmus varázsát”: „az algoritmus [...] egy gondolkodó gép, amely a szimbólumok megfelelő összekapcsolásával műveleteket végez. Ily módon olyan eredményeket nyújt, amelyeket egyébként nehezen, vagy egyáltalán nem lehetne elérni. [...] minden egyes számítógép egy algoritmus materializálódása [...] amit tesz, az nem más, mint szimbólumok megfelelő rendszer szerinti összekapcsolása... Az algoritmus lényege tehát abban áll, hogy adva van egy megfelelő szimbólumkészlet, a »szókinccs« és vannak a hozzá kapcsolódó megfelelő játékszabályok, vagyis a grammatika. Amennyiben mindkettőt megfelelően választották meg, akkor a szimbólumok mint a dolgok helyettesítői kezelhetők, úgy lehet velük számolni, mintha maguk a dolgok lennének ...” Bertalanffy, Ludwig von: ... ám az emberről semmit sem tudunk = (robots, men and minds). Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1991.

⁷⁷ Az ún. „genetikus programozás” kivételével, ahol kulcsszerepe van a véletlennek és a szelekciónak.

az emberi elme mintegy szoftverként átvihető lesz számítógépekre. Ma még nem mérhető fel, hogy a „mesterséges intelligencia” létrehozására irányuló kutatások merre vezetnek majd a jövőben, sem az, hogy hol vannak a határok – és egyáltalán vannak-e –, amelyek a nagyigényű fejlesztéseknek gátat szabnának.

5.3.9 Algoritmikus gépek és molekuláris információs rendszerek

A planetáris információfeldolgozás négy szintjét összehasonlítva kitűnik, hogy az egyes szintekről való tudásunk jelentős különbségeket mutat. **Az algoritmikus gépekre vonatkozó ismereteink** gyakorlatilag teljes körűek. Ebben az esetben ugyanis minden részletében megtervezett konstrukciós folyamatokról van szó: az alkotó képzelet és a fizikai, materiális világ iteratív kapcsolatáról, amelynek során a popperi három világ összjátékának eredményeképpen egyre szofisztikáltabb információs artefaktumok jelennek meg. A programozás – ahogy korábban említettük – itt a szó arisztotelészi értelmében teleologikus, a konstruktőr a működés célját elképzeli, annak elérési módját meghatározó programozó. A programok működése automatizmusokban nyilvánul meg, a kimenetek egyértelműen determináltak. A véletlen és az előre meghatározatlanság azonban ezen a szinten is jelen lehet, de ilyenkor a véletlen tudatos szimulálásáról van szó.⁷⁸ Azt azonban nem tudhatjuk a priori, hogy az egyre nagyobb teljesítményű rendszerekben mikor jelenik meg, egyáltalán megjelenhet-e az emberi pszichikum tudatos működéseivel analóg jelenség.

Az információs rendszerek első, molekuláris szintjének alapvonásai is ismertek számunkra. A DNS-struktúrában megtestesülő genetikai programozás és az általa irányított és szabályozott folyamatok alapmechanizmusait az elmúlt fél évszázadban a molekuláris genetikai felderítette.⁷⁹ Megismertük a kód fizikai struktúráját, leírtuk az információátviteli folyamatok kémiai hatásmechanizmusait, megértettük ezek biológiai funkcióit. A gén megfigyelhető entitás, amely – a természettudomány kritériumai és konvenciói szerint – biológiai, kémiai, fizikai és informatikai szinten egyaránt jól definiálható. A programozás ezen a szinten is célirányos, anélkül azonban, hogy a célt egy konstruktőr, egy programozó eleve meghatározta volna. A gépi információfeldolgozáshoz hasonlóan itt is egyértelmű kölcsönhatásokon alapuló automatizmusok figyelhetők meg, azonban – a genom óriási információs kapacitásából, illetve az egyedfejlődés és az anyagcsere-folyamatok rendkívüli komplexitásából eredően – az ok-okozati összefüggések nagy része még tisztázatlan. Az eredet kérdése is megoldatlan még. Nem tudjuk, mi módon jöttek létre a replikációra képes információs makromolekulák, hogyan alakult ki a kódrendszer, miképpen alakultak ki a

⁷⁸ Bizonyos problémák megoldásánál, optimalizálási eljárások során olyan programokat alkothatunk, amelyek véletlen algoritmusváltozatokat generálnak, és a program az így létrejött változatok közül kiválogatja az adott paramétereknek leginkább megfelelőket. Az eljárás lényege az, hogy számítógép segítségével az evolúciós folyamatokat szimulálva fejlesszünk programokat (genetikus programozás, evolúciós algoritmusok, szimulált evolúció). Hasonló elven működnek a tanulási folyamat modellezésére létrehozott különböző neurális hálózatok.

⁷⁹ Az új évezred elején közel vagyunk a genomprogramok „lexikális” szakaszának befejezéséhez. „Mint tudott, 2001 első hónapjai óta már baktériumok, élesztő, a szőlőmuslica, fonálféreg és növények mellett az emberi genom teljes géntérképe rendelkezésre áll, a világháló adatbázisaiból lehívható és elemezhető. Ma mintegy négyezer faj genomjának teljes bázissorrendje ismert, további ezeröttszáz faj vizsgálata van folyamatban. Bár a gének annotációja (azonosítása) még sok időt vesz igénybe, ez a lexikális tudásanyag új genetikai információs minőséget jelent.” Falus András: Rendszerszemléletű biológia; posztmodern genomika túl a géneken? Magyar Tudomány, 2006/11.

mai sejtműködésre jellemző rendkívül komplex molekuláris kapcsolatrendszer szabályozókörei.

5.3.10 Kulturálisan programozható agyak és szervezett társadalmak

Az információs rendszerek harmadik, társadalmi szintjének működéséről kialakított tudásunk hézagos, de a meglévő ismeretek sem alkotnak egységes és egyértelmű tudásrendszert.⁸⁰ Ezért csekély mértékű az erre a területre irányuló elméleti rendszerek magyarázó ereje és előrejelző képessége. A társadalmak működését irányító programok pluralisztikusak, utasításaik gyakran ellentétben állnak egymással, hatásaik általában többszörös áttételeken keresztül nyilvánulnak meg. A társadalomnak mint információfeldolgozó rendszernek a leírása ma meg sem közelíti az előző két rendszer esetében elért egzakttságot és prediktivitást. Valószínűnek tűnik, hogy ez – a rendszerelemek és a közöttük lévő kölcsönhatások sajátos, a gépi és molekuláris rendszerektől alapvetően eltérő jellemzőiből és az egész rendszer rendkívüli komplexitásából adódóan – nem is lehetséges.

Az információs rendszerek második szintjének, a kulturálisan programozható agyaknak a leírása sok vonatkozásban megközelíti a molekuláris információfeldolgozás esetében elért pontosságot és objektivitást. Ismerjük az agy építőelemeit, a közöttük lévő kapcsolatok formáit, az építőelemek (neuronok) különböző célfeladatokra egybeszerveződött csoportjait – beleértve a különböző információk feldolgozásának és kiértékelésének központjait – és az ingerekre adandó válaszok megfogalmazásának és elindításának helyeit. Az információk kódolásának és előhívásának (memória) konkrét mechanizmusait illetően ismereteink bizonytalanabbak, és magyarázataink egyre bizonytalanabbá válnak, ahogy közelítünk az ember ún. magasabb idegműködéseire, a pszichikus információk világához, a tudatos elmeműködéshez. Az egzakt leírás helyét átveszik a pluralisztikus magyarázatok, az egymásnak ellentmondó elméletek. Ahogyan az első fejezetben utaltunk rá, az agy fiziko-kémiai sajátosságai és a tudat kvalitatív aspektusa között magyarázati szakadék tátong. Az információfeldolgozásnak ezen az általunk ismert (?) legmagasabb szintjén olyan szubjektív folyamatok jelennek meg, amelyek (egyelőre?) megközelíthetetlenek a természettudományos értelmezés számára.

5.3.11 Az információs rendszerek közötti kapcsolatok

Az információfeldolgozó rendszerek közötti kapcsolatok rendszere szerves fejlődésre utal és többszörösen hierarchikus. Evolúciós, mivel – ahogyan az egyes rendszerek jellemzésénél utaltunk rá – az újabb szintek mindig szervesen épültek rá az azokat megelőzőre.⁸¹ A hierarchikus jelleg alapvető megnyilvánulási formája az, hogy az információfeldolgozás molekuláris, neurális és pszichikus szintjei funkcionálisan egymásra épülnek, és kölcsönös függőségben vannak. A kulturálisan programozható agyak létezésének feltétele az agy kialakulását vezérlő gének létezése és működése. A neuronok citoplazmájában a fehérjemolekulák működésén alapuló komplex molekuláris folyamatok játszódnak le. Az egyes agyi területeken autonóm neuronok tömege kommunikál egymással. Erre a hihet-

⁸⁰ Jól jelzi ezt egy a közelmúltban megjelent kötet címében a többes szám: Német társadalomelméletek: Témák és trendek 1950-től napjainkig. Balassi Kiadó, 2000.

⁸¹ A „genealogikus” kifejezés jelentése: egymásra épülő, leszármazási (biológiai, evolúciós értelemben) kapcsolatban lévő.

lenül komplex hatásrendszerre épül valahogyan a tudatos pszichikus szint, amely bizonyos vonatkozásokban a genomban foglalt parancsokat is képes felülbírálni és átírni.

A társadalom működését fenntartó információfeldolgozás alapegységei – az információk generálásának és értelmezésének entitásai – az individuális elmék. Ebben az esetben a domináns szint az adott civilizáció komplex szabályozórendszere, amely alapvető információforrása az egyéni agyak programozásának. Az, hogy a társadalom érték-, norma- és szabályrendszere milyen mértékben meghatározó, függ az adott társadalom jellegétől. Az újkor szellemi áramlataival (felvilágosodás, individualizmus, romantika stb.) a korábbi társadalmak viszonylag homogén érték és normarendszerének fellazulása kezdődött meg, és mára ez a folyamat – számos elemző szerint – a civilizációt veszélyeztető mértékűvé vált. A 20. században kialakult zárt, diktatórikus társadalmak – amelyek minden eszközt igénybe vettek polgáraik agyának ideologikus programozására – csupán efemer közjátékot jelentettek az általános trendben. Úgy tűnik, hogy a nyugati világon kívüli vallási fundamentalizmusok jelentik ma a pszichikus homogenitásra törekvő kulturális programozás utolsó bástyáit.

5.3.12 Pszichikumok és artefaktumok az információs társadalomban

Az információs társadalomban a társadalmat működtető információfeldolgozás az emberi pszichikumok és az információfeldolgozó artefaktumok között megosztva történik. Világosan kirajzolódik az utóbbi évtizedekben az a trend, hogy a mindennapi információfeldolgozás egyre nagyobb részét végzik elektronikus információfeldolgozó gépek. Ennek olyan hatása is van, hogy társadalmi szinten csökkenhet az előzetes információfeldolgozás mértéke, ami egyrészt az autonómia erősödését, illetve visszaépítését jelentheti a különböző életvilágokban, másrészt pontos és aktuális információkat szolgáltat a problémák megoldásához a legkülönbözőbb élethelyzetekben.⁸² A gépek információfeldolgozó képességeinek rohamos fejlődése azonban olyan elképzeléseket és félelmeket is generál, hogy gépi szakértői rendszerek fogják majd átvenni a társadalmak működésének az irányítását, újrendezve esetleg ezzel a korábbi hierarchikus viszonyokat.

Az információs rendszerek második szintje több szempontból is kitüntetett, középponti helyzetben van. Az emberi agyban megjelenő pszichikus információk világában születtek és születnek meg azok a kreatív gondolatok (idea-konstrukciók), amelyek „megtestesülnek” a harmadik és a negyedik szinten. Ugyancsak az emberi pszichikum az, amely úgy modellezi az első szinten lejátszódó folyamatokat, hogy azokat információs kölcsönhatásként fogja fel. Az emberi elme tehát egyrészt a tőle függetlenül létező első szint értelmezője, másrészt oka, létrehozója, formálója és magyarázója a harmadik és negyedik szintnek.

5.4 ÖSSZEFOGLALÁS

A leckében az információs rendszerek alapformáit mutattuk be James Beniger klasszikus műve (*Az irányítás forradalma*) alapján. Felvázoltuk az információfeldolgozás planetáris fejlődéstörténetének alapvonásait. Elemeztük a planetáris információfeldolgozás erede-

⁸² Beniger az előzetes információfeldolgozás példaként említi a standardizált időzónák kialakítását. A mai informatika fejlettsége azonban már lehetővé tenné – írja, „*hogy visszatérjünk a helyi időkre alapozott rendszerhez, s ily módon az irányítást az információk előzetes feldolgozásáról visszahelyezzük aktuális feldolgozásukra – oda, ahol évszázadokon át a helye volt mindaddig, amíg a szállítás (a gőzenergiának köszönhetően) gyorsabb nem lett, mint a Nap haladása az égen.*” Beniger, i. m., 46. o.

tét és az egyes szintek – molekuláris, kulturális, társadalmi, gépi technológiai – egymásra épülésének módozatait. Leírtuk a planetáris információs szintek karakterisztikus vonásait és a közöttük lévő kapcsolatok logikai összefüggésrendszerét.

5.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Honnan eredeztethetjük az egyes információs rendszereket?
2. Milyen információs rendszereket különböztet meg James Beniger?
3. Melyek az információfeldolgozás egyes szintjeinek megkülönböztető jellemzői?
4. Milyen összefüggések mutathatók ki az egyes információs szintek kapcsolatrendszerében?

6. INFORMÁCIÓS FOLYAMATOK A MOLEKULÁK SZINTJÉN

6.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy betekintést adjon a hallgatóknak a molekuláris szinten lejátszódó információs folyamatokba. A tanulók megismerik, hogyan történik az élő rendszerekben a genetikai információ tárolása, továbbítása és feldolgozása, és arra vonatkozóan is ismereteket szereznek, hogy milyen szerepet játszik az információ ezeknek a rendszereknek a sejt szintű működésében.

6.2 TARTALOM

Az evolúciós elmélet alapelemei. A tulajdonságok átörökítésére irányuló korai tudományos elképzelések. Az örökítő anyag szerkezetének meghatározása. A genetikai kód. Információátvitel a molekulák szintjén: a DNS replikációja és a fehérjeszintézis.

6.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

6.3.1 Az evolúciós elmélet

Charles Darwin angol természettudós 1859-ben megjelent könyvében fejtette ki az élővilág változatosságának és célszerűségének a magyarázatára irányuló átütő erejű feltételezését, az evolúciós elméletet.⁸³ Az elmélet szerint az élők adaptív komplexitása a véletlen és a szükségszerűség összjátékára vezethető vissza. Az élőlények szaporodása során az utódok tulajdonságai kicsit különböznek egymástól és a szülői formáktól (változékonyság). A természet az eltérő változatok közül azokat részesíti előnyben, amelyek a legalkalmasabbnak bizonyulnak az adott környezetben történő túlélésre és szaporodásra (természetes kiválasztás). A folyamat eredményeképpen a populációk generációról generációra egyre jobban alkalmazkodnak az adott élőhely feltételeihez. A darwini elmélet olyan erős magyarázó elvnek bizonyult, hogy – azon kívül, hogy a modern biológia uralkodó paradigmájává vált – a kulturális és a technológiai változások, a tudományok haladása és a tanulás értelmezésére is jól használható.⁸⁴

6.3.2 A tulajdonságok átörökítésének értelmezése

Az evolúció gondolatával előtérbe kerül az a kérdés, hogy az utódokban hogyan reprodukálódnak a szülők vonásai, illetve a fajra jellemző, de a szülőkből meg nem nyilvánuló egyéb tulajdonságok. Ezzel új dimenzió jelent meg a biológiai gondolkodásban: az élőlény megjelenési formája, tulajdonságai (fenotípus) mögötti rejtett háttértényezők, az élőlényt leíró „tervrajz” jellegének a vizsgálata.⁸⁵ Darwin idejében ennek a terவrajznak a mibenlété-

⁸³ Darwin, Ch.: On The Origin of Species By Means of Natural Selection. London: John Murray, 1859.

⁸⁴ A téma részletes kifejtése többek között Garry Cziko kiváló könyvében olvasható. (Cziko, G.: Without Miracles: Universal Selection Theory and the Second Darwinian Revolution. Cambridge, Mass. MIT Press, 1995.)

⁸⁵ „Az öröklődés magyarázatára nem elég többé az anatómusok, hisztológusok, és fiziológusok által tanulmányozott szervezet, ez a másodrendű struktúra, amelyhez az élőlények formái és tulajdonságai kötődnek. Egy

ről és működéséről még semmit sem tudtak. A problémakört elvileg két síkon lehet vizsgálni. Meg lehet nézni, és matematikai módszerekkel elemezni, hogy a szülői tulajdonságok milyen szabályszerűségek szerint jelennek meg az utódokban. Ez a klasszikus genetikai megközelítésmódja. Ez esetben az élőlényt fekete doboznak tekintjük, feltételezve, hogy a megfigyelhető tulajdonságokat bizonyos diszkrét tényezők (Mendel ezeket faktorknak nevezte) alakítják ki. A másik megközelítési mód azt vizsgálja, hogy hol vannak a sejtekben ezek a diszkrét tényezők, milyen a felépítésük, és hogyan fejtik ki hatásukat. Jóllehet Darwin könyvének megjelenésével szinte egy időben történtek azok az alapvető felfedezések, amelyek a kétféle megközelítés tudományos alapkövének lerakását jelentették, még évtizedeknek, illetve csaknem egy évszázadnak kellett eltelti, míg a klasszikus, majd a molekuláris genetikai kibontakozott.

Gregor Mendel 1865-ben tette közzé a tudományos genetikát megalapozó dolgozatát.⁸⁶ Kortársai azonban – bár ismerték eredményeit – nem ismerték fel azok jelentőségét.⁸⁷ Csupán a századfordulón jutott el oda a biológiai gondolkodás, hogy befogadja Mendel felismeréseit. 1900-ban egymástól függetlenül három kutató is felfigyelt Mendel alapvető dolgozatának megállapításaira, és megindult a klasszikus genetikai rohamos fejlődése.

Azt a vegyületet, amelyet később az öröklődés materiális, kémiai alapjaként azonosítottak 1869-ben fedezte fel Friedrich Miescher: biológiai eredetű anyagokban foszfortartalmú nagymolekulájú szerves vegyületet mutatott ki (a dezoxi-ribonukleinsavat, DNS-t), amit ő nukleinnek nevezett el.

Míg Mendel felfedezése esetében a tudományos közösség szemlélete volt a befogadást gátló tényező, addig Miescher nukleinjének az öröklődés kémiai alapjait megvilágító molekulaként történő azonosításához a természettudománynak még több mint fél évszázados fejlődésére volt szüksége.⁸⁸

6.3.3 Az örökítő anyag keresése – Weismann, Avery, Schrödinger

A biológiai gondolkodás új dimenziójára irányuló kutatások elvezettek az öröklődésért felelős molekula azonosításához és szerkezetének megfejtéséhez. August Weismann német biológus és genetikus már a 19. században felismerte, hogy az öröklődés molekuláris szerkezetben kódolt információk továbbadását jelenti.⁸⁹ A biológusok keresni kezdték azokat a

magasabb rendű, még rejtettebb, a testben még mélyebben megbúvó struktúrához kell folyamodni. Az öröklődés memóriája egy harmadrendű struktúrában helyezkedik el.” François Jacob: A tojás és a tyúk. Az élők logikája. Budapest, Európa Könyvkiadó, 1974. 276. o.

⁸⁶ J. G Mendel: Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlung des Naturforschenden Vereins in Brünn 4, 3–47. 1865.

⁸⁷ „...ahogyan az alkimisták nem értették meg, hogy a vegyületekben változatlanok a kémiai elemek, ahhoz hasonlóan nem értették a biológusok az öröklődés mendeli kémiáját. ...Mendel egyszerű sorai és arányai azonban – akár egykor Lavoisier képletei a kémiában – az egész addigi gondolkodás megváltozását követelték, öröklés-algebrája – elvben – képletekké sűrítette az élőlényt, s megnyitotta az utat az öröklésnek sok ezer évig tartó alkimista periódusa után az öröklés kémiájához.” Vekerdi László: Befejezetlen jelen. Budapest, Magvető Könyvkiadó, 1971. 182–183. o.

⁸⁸ Fel kellett fedezni többek között a molekulák térszerkezetét, a röntgensugárzást, az elsődleges és másodlagos kémiai kötések természetét, a röntgendiffrakciós szerkezetmeghatározás módszerét, a radioaktív izotópokat és az izotópos nyomkövetési eljárásokat stb.

⁸⁹ „Az öröklődés lényege egy specifikus molekuláris struktúrájú sejtmagbéli anyag átvitele”. (August Weismann: Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen. Jena, 1892)

molekulákat, amelyekben az élőlények tulajdonságai vannak kódolva. A sejt szerkezetének és a sejtosztódás mechanizmusának megismerése nyomán vált ismertté, hogy az örökítőanyag a kromoszómákban van. A kromoszómákban azonban kétféle makromolekula található: fehérjék és nukleinsavak. Sokáig úgy gondolták, hogy az információk generációról generációkra történő továbbadásáért a fehérjék felelősek. A nukleinsavakat túl egyszerű összetételűnek tartották ahhoz, hogy az élet sokszínűségéért felelős örökítőanyagot lássák bennük.⁹⁰ 1944-ben azonban megjelent Avery tudománytörténeti jelentőségű, klasszikussá vált tanulmánya, amelyben leírta azokat a kísérleteit, amelyek egyértelműen bizonyították, hogy az örökítőanyag a kromoszómákban lévő nukleinsav, a DNS.⁹¹ Ugyanebben az évben Erwin Schrödinger, a Nobel-díjas fizikus közzétette *What is Life* (Mi az élet) című könyvét, amelyben ismertette az örökítőanyag fizikai szerkezetére vonatkozó sejtését. Szerinte az öröklődésért felelős kémiai anyag viszonylag egyszerű, a kristályokhoz hasonlóan szerkezetben is képes lehet az élőlények szerkezetét és működését leíró hatalmas információmennyiség kódolására.⁹² A hipotetikus információkódoló struktúrát Schrödinger aperiodikus kristálynak nevezte, utalva ezzel arra a lényegi különbségre, ami fennáll az elképzelt szerkezet és a kristályokra jellemző monoton periodicitás között.⁹³ Egy évtizeddel később sikerült meghatározni a tulajdonságok átörökítéséért felelős „aperiodikus kristály” háromdimenziós szerkezetét.

6.3.4 Az örökítő anyag keresése – a DNS szerkezetének megfejtése

Az erre irányuló kutatások párhuzamosan folytak a világ több szerkezetkémiai laboratóriumában. Végül a cambridge-i Cavendish Laboratórium két fiatal kutatójának sikerült a megfejteni a talányt. Francis Crick és James Watson úgy próbálta meg kitalálni, milyen lehet a DNS szerkezete, hogy a molekula térszerkezeti modelljének megépítésével kísérle-

⁹⁰ Míg a fehérjék 20–22 féle, önmagukban is változatos szerkezetű kismolekulából épülnek fel, addig a nukleinsavak csupán 6–7, viszonylag egyszerű molekulaféleségből állnak.

⁹¹ In 1944, Avery, MacLeod, and McCarty published their discovery that the transforming principle was DNA in „Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III.” in the *Journal of Experimental Medicine*. (J. Exp. Med., 79: 137-158. January 1944.)

⁹² “Indeed, the number of atoms in such a structure need not be very large to produce an almost unlimited number of possible arrangements. For illustration, think of the Morse code. ...What we wish to illustrate is simply that with the molecular picture of the gene it is no longer inconceivable that the miniature code should precisely correspond with a highly complicated and specified plan of development and should somehow contain the means to put it into operation.” In: *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*. 1944. Magyarul: *Schrödinger, Erwin: Válogatott tanulmányok*. Budapest, Gondolat, 1970.

⁹³ „The other way is that of building up a more and more extended aggregate without the dull device of repetition. That is the case of the more and more complicated organic moleculein which every atom, and every group of atoms, plays an individual role, not entirely equivalent to that of many others (as is the case in a periodic structure). We might quite properly call that an aperiodic crystal or solid and express our hypothesis by saying: We believe a gene – or perhaps the whole chromosome fibre – to be an aperiodic solid.” In: Schrödinger, Erwin, i. m.

teztek.⁹⁴ 1953 elején elkészült az elegáns kettős-hélix-modell, amely a modern molekuláris biológia, az élet és a késő modernkori tudomány szimbóluma lett.⁹⁵

A DNS-kettősspirál-szerkezet felfedezése az addigi egyre nagyobb mértékben interdiszciplináris biológiai kutatások csúcsteljesítménye, és egyúttal új elméletek és kísérletek inspirálója. Ettől fogva a biológiai kutatás fő árama a molekuláris biológia és a genetika összekapcsolódása, „*az öröklődés atomjaiként elképzelt absztrakt gén működésének feloldása konkrét materiális kapcsolatokká*”.⁹⁶ A biológiai kutatás új paradigmája az élőlények tulajdonságainak kibontakozását az evolúció és az egyedfejlődés szintjén – nukleinsav- és fehérjemolekulák finoman összehangolt együttműködésére vezeti vissza. Az új paradigmában a sejt információs rendszerként képeződik le, amelyben a DNS-makromolekula a program, ez tartalmazza az élőlény felépítésére és működésére vonatkozó utasításokat. Az anyag- és energiaátalakítási folyamatokat a ribonukleinsav (RNS) és fehérje-makromolekulákból szerveződött kibernetikai rendszer végzi. A továbbiak során felvázoljuk ennek a legalapvetőbbnek tekinthető molekuláris információs rendszernek az alapelemait és bemutatjuk működésének alapvonásait.

6.3.5 A DNS molekula szerkezete

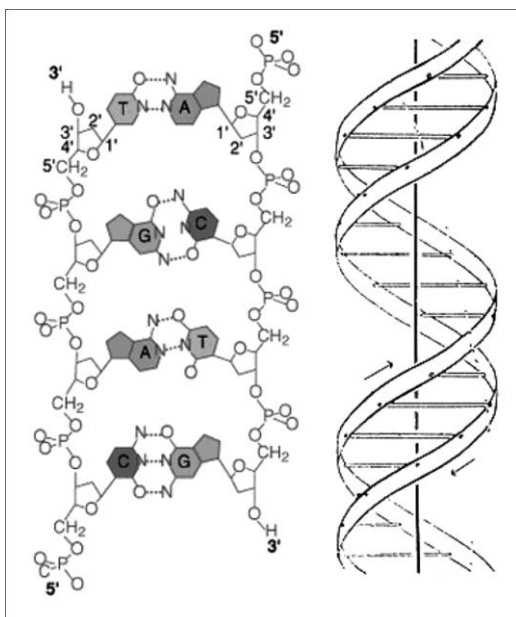
A DNS szerkezetének megfejtésével megtalálták azt a molekulát, amely a genetikai információ tárolásáért, továbbadásáért és – a benne lévő információk alapján – az anyagcserefolyamatok vezérléséért felelős. „Csupán” azt kellett megállapítani, mindegyikre hogyan képes. Az nyilvánvaló volt, hogy a megoldás a molekula szerkezetében rejlik.⁹⁷ Az öröklődésért és a sejtműködésekért felelős DNS (dezoxiribonukleinsav) kétszálú óriásmolekula (makromolekula). A két szál gerincét egymáshoz kapcsolódó cukor- és foszforsavmolekulák monoton láncolata alkotja. A „cukor” az 5 szénatomos, gyűrűs szénhidrátmolekula, a dezoxiribóz, innen a makromolekula neve: dezoxiribonukleinsav.

⁹⁴ Eközben Maurice Wilkins és Rosalind Franklin, a londoni King's College krisztallográfus kutatóinak az eredményeire támaszkodtak, akik jó minőségű röntgendiffrakciós felvételeket készítettek a kristályos DNS-ről.

⁹⁵ A biológia egyik legnagyobb felfedezéséről tudósító rövid – alig több mint 900 szavas – közlemény a Nature című folyóirat 1953. április 25-i számában jelent meg. A közlemény – amely a molekuláris genetika korszakának kezdetét jelentette –, az „Egy lehetséges dezoxiribonukleinsav-szerkezet (A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid)” címet kapta. Watson, J. D. – Crick, F. C.: A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. In: Nature, April 25. 1953, London.) Így kezdődött: „A dezoxiribonukleinsav (DNS) számára javasolunk egy szerkezetet. A szerkezet újszerű sajátosságai biológiai szempontból nagyon jelentősek.”

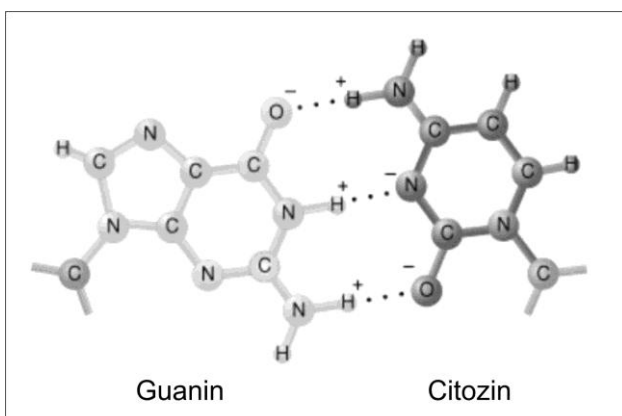
⁹⁶ Vekerdi László i. m., 219. o.

⁹⁷ Ez kézenfekvő volt a felfedezőknek is, hiszen a közleményt a következő mondattal zárták: „Nem kerülte el a figyelmünket, hogy az általunk hangoztatott specifikus párosodás közvetlenül egy lehetséges másolómechanizmust sugall a genetikai anyag számára.” In.: Watson, J. D. – Crick, F. C.: A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. In: Nature, April 25. 1953, London.



5. kép A deoxiribóz-molekula kémiai összetétele és térszerkezete⁹⁸

A cukormolekulák foszforsav-molekulákon keresztül kapcsolódnak össze hosszú lánc-cá. Minden cukormolekulához még egy-egy szintén gyűrűs nitrogéntartalmú úgynevezett nukleotidbázis kapcsolódik.



6. kép Nukleotidbázisok (molekulamodellék)

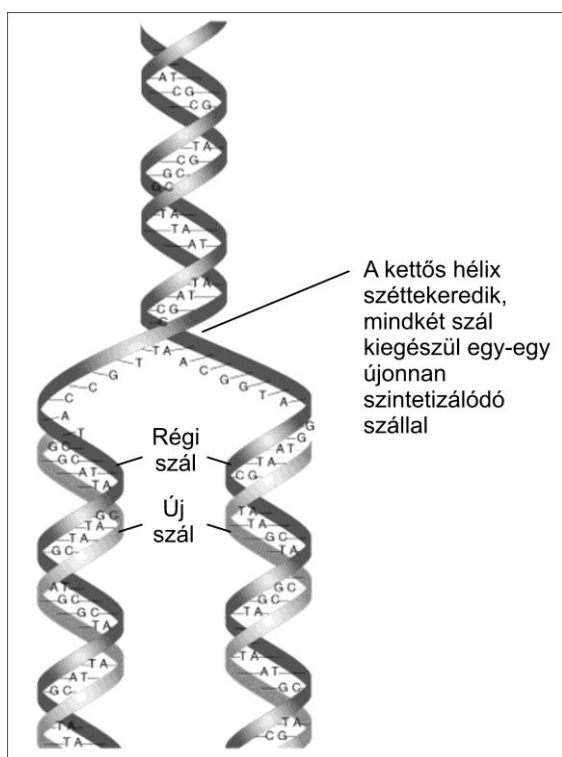
A két szál ezeken a bázisokon keresztül kapcsolódik össze, csavarmenetszerűen egymás köré tekeredve (kettős hélix vagy kettős spirál). A bázisok egymással ún. hidrogénkötésekkel (H-kötés) kapcsolódnak, a cipzár két szárához hasonlóan. Ez a kötésfajta a cukor-

⁹⁸ Az ábra Watson és Crick eredeti közleményében (A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. In: Nature, April 25. 1953, London) szereplő rajz.

foszforsav lánc kötéseinél egy nagyságrenddel gyengébb, ezért válik lehetővé a szálak szétnyílása. Négyféle bázis van: adenin (A), guanin (G), timin (T) és citozin (C); közülük kettő nagyobb, kettő kisebb méretű. A lánc tökéletes illeszkedésének feltétele, hogy kisméretű bázishoz mindig nagyméretű kapcsolódjék a túloldalon. Nemcsak a bázis mérete, hanem a hidrogénkötés „mintázata” is számít, ezért a nagy adenin mindig a kicsi timinhez, a kicsi citozin pedig a nagy guaninhoz kapcsolódik. Ez a folyamat a bázispárosodás. A két molekulafél, a két lánc kiegészíti egymást: komplementerek.

6.3.6 A DNS replikációja – az evolúció molekuláris alapjai

A modell szerkezetéből következik a molekula önmásolásának (replikáció) lehetősége. Ugyanis ha a kettős hélix széttékeredik, akkor mindkét szál mintaként (templát) szolgál, és kiegészül egy-egy újonnan szintetizálódó komplementer szállal: az eredeti DNS-molekula ily módon megkettőződik. Az új molekula egyik szála a régi marad, ezért nevezik a folyamatot szemikonzervatív replikációnak.



7. kép A DNS-molekula replikációja

Az élők szaporodásának elemi eseményeit a DNS molekulák megkettőződése jelenti.⁹⁹ Mai tudásunk szerint a földön az élet akkor született meg, amikor az első önmaguk máso-

⁹⁹ L. Orgel biokémikus szerint: „ha az élet történetét visszafelé követjük az időben egészen a kezdetekig, a jellemző vonások fokozatosan eltűnnek, míg végül csupán a kiegészítő bázispárosodás marad.” Maynard Smith, John–Szathmáry Eörs: *A földi élet regénye*. Budapest, Vince Kiadó, 2000. 20.

lására képes molekulák, a „replikátorok” létrejöttek.¹⁰⁰ Ez a lépés egyúttal az evolúció kezdetét is jelentette, mert a molekulák másolódása során szükségszerűen keletkeztek hibák is, vagyis az „A” típusú replikátor mellett megjelent a „B” típusú is, így a változatok között megkezdődött a verseny.¹⁰¹ Az ősi replikációs mechanizmustól indul – Dawkins metaforáját használva – „a gének folyama”, amely nem áll másból, mint az élők felépítésére vonatkozó információs mintázatokból. A gének folyója digitális folyó – írja Dawkins – amely mind több és több ágra bomlva egyre változatosabb és komplexebb testeken át az időn és nem a téren folyik keresztül.¹⁰² Eközben a genomban egyre több információ halmozódik fel, hiszen a természetes szelekció nem más, „*mint a lehetséges alternatívák széles kezdeti mezejének a ténylegesen választott alternatívák mezejére való leszűkítése, ...olyan folyamat, amelyben információt töltünk a következő generáció génjeinek összességébe.*”¹⁰³ A DNS-szerkezetben rejlő önmásoló-képesség azonban még csak az eredeti információ megkettőződését jelenti. A DNS replikációja egyszerű, minta alapján történő másolat-készítés egy már eleve meglévő formáról felületi kölcsönhatások révén. A molekuláris biológusok számára az izgalmas kérdés az volt, hogy hogyan kódolja a DNS az információkat, mire vonatkoznak és hogyan realizálódnak ezek az információk, azaz: hogyan történik az információátvitel.

A DNS-molekula gerincét alkotó cukor-foszforsav lánc nem tartalmaz genetikai információt. Szerepe egyszerű hordozó, mint az írott szövegnél a papír, vagy a kompaktlemeznél a műanyag. A makromolekula információt kódoló része a tulajdonképpeni jelkészlet a négyféle nukleotid bázis. Az információ a bázisok sorrendjében (bázisszekvencia) van kódolva – lineáris kombinációk formájában. Mivel a bázisok elkülönült entitások, joggal mondhatjuk, hogy a genetikai információ digitális kódolású. Richard Dawkins megfogalmazása szerint: „*A Watson és Crick utáni molekuláris biológiában a legforradalmibb az, hogy digitálissá vált. Watson és Crick munkássága nyomán tudjuk, hogy a gének finom belső szerkezete merőben digitális információk hosszú fonalaiból áll.*”¹⁰⁴

6.3.7 Molekuláris információátvitel – a genetikai kód

Az információ két tulajdonsághalmaz közötti viszonyként is értelmezhető. Az egyik halmaz – a jelek halmazának struktúrája – kódolja a másik halmazra vonatkozó, annak struktúráját leképező és/vagy meghatározó információt. Ahhoz, hogy a genetikai kód értelmét megértsük, tudnunk kell, hogy mire vonatkozik az az információ, amit a DNS kódol, és hogy mi az a másik, a DNS-sel kapcsolatban álló rendszer, amelynek szerkezetét ez az információ meghatározza. A molekuláris biológiai kutatások vezettek el annak megértéséhez, hogy az élet sokfélesége, az élővilág forma- és funkciógazdagságának teljes spektru-

¹⁰⁰ „...az »A« replikátornak megvolt az az előzmény nélküli képessége, hogy a saját összetételére vonatkozó utasításokat, melyeket saját strukturálisan kódolt programjának nevezhetünk, lemásolja”. Beniger, i. m., 124.

¹⁰¹ Richard Dawkins – kiterjesztve a világmindenségre a földi élet kialakulásáról szerzett ismereteinket – kozmikus információterjedésről beszél, amelynek első lépése a „replikátorküszöb” átlépése „valamiféle önmásoló rendszer megjelenése, amely rendelkezik az öröklődő változékonyság valamely kezdetleges változatával s ahol a másolás során időnként véletlenszerű hibákkal számolhatunk.” Dawkins, R.: *Folyam az édenkertből*. Budapest, Kulturtrade, 1995.

¹⁰² Dawkins, R., i. m.

¹⁰³ Dawkins, R.: *Az ördög káplánja. Válogatott tanulmányok*. Budapest, Vince Kiadó, 2005. 137.

¹⁰⁴ Dawkins, R.: *Folyam az édenkertből*. Budapest, Kulturtrade, 1995. 24. o.

ma a fehérjemolekulák szerkezetére vezethető vissza.¹⁰⁵ A DNS ezeknek a fehérjéknek a szerkezetét határozza meg. A következő lineáris oksági láncolat fogalmazható meg:

DNS → fehérje → tulajdonság

Az eredeti kérdés tehát így módosul: mennyi információ szükséges a fehérjemolekulák szerkezetének leírásához, és ezt hogyan kódolja szerkezetében a DNS-molekula?

Minden fehérje kisebb molekulaféleségekből összerakott nagyméretű molekula (makromolekula). Ezekből a kisebb molekulákból – amelyeket aminosavaknak nevezünk – összesen húszféle létezik, és ez valamennyi élőlény minden fehérjemolekula-féleségének felépítéséhez elegendő. Egy ilyen aminosav egyértelmű kódolásához $\log_2 20$, azaz 4,32 bit információra van szükség. Mivel egy nukleotidbázis információtartalma 2 bit ($\log_2 4 = 2$), belátható, hogy egy aminosav kiválasztásához kettőnél több, háromnál viszont kevesebb bázisra van szükség. Mivel a bázisok diszkrét, oszthatatlan entitások, az az alternatíva adódik, hogy kettő vagy három bázis kódoljon egy aminosavat. Az első esetben csak 16 (2^4) jelünk lesz, ami kevés a 20 aminosav jelölésére.¹⁰⁶ Így marad a másik megoldás: három bázis kódol egy aminosavat. Ebben az esetben azonban túl sok a jel, hiszen egy bázishármas (triplet) 6 bit információt tartalmaz, ez pedig $2^6 = 64$ jelet szolgáltat. (A lehetséges variációkat úgy is kiszámíthatjuk, hogy az első esetben 4^2 , míg a másodikban 4^3 a jelek száma.) Mivel itt a szükségesnél több a jel, újabb alternatíva adódik: vagy kiválasztunk 20 jelet az aminosavak jelölésére, és a többi nem jelent semmit, vagy minden jelnek van jelentése a rendszerben. Ez utóbbi esetben azonban egy-egy aminosavat egynél több triplet is kódolhat. Az evolúció ezt az utóbbi megoldást választotta. Nem meglepő ez, hiszen az üzenet redundanciája a digitális jelátvitel biztonságát fokozza. Az ilyen típusú, úgynevezett degenerált kód a redundancia egy különleges formáját jelenti. Valójában a 64 lehetséges kombinációból 61 triplet aminosavat kódol (egy aminosavat 1-6 triplet), és a fennmaradó három a folyamat szabályozásában vesz részt (a fehérjeszintézis kezdőpontját (startkodon) illetve végpontját (stopkodon) határozzák meg).

A sejtek osztódása során ez a kódrendszer másolódik ősidők óta a korábban megismert replikációs mechanizmus szerint. A kódrendszer egyetemes érvényű a bioszférában: valamennyi élőlény minden sejtjében ugyanazok a tripletok ugyanazokat az aminosavakat kódolják. A replikáció nagy pontossággal történik, de a másolás során időközönként (ritkán) előfordulnak hibák, és ennek az a következménye, hogy esetenként kisebb változások történnek a bázis-sorrendben. Ezeket a változásokat nevezzük mutációknak. A génszerkezet változásai, a mutációk a legtöbb esetben hátrányosan érintik az utódot, de lehetnek kedvezőek is. A különböző változatok közül azok terjedtek el, amelyek az adott környezetben a legalkalmasabbnak bizonyultak a fennmaradásra és a továbbszaporodásra. A környezetnek ezt a válogató, az egyes változatokat kiértékelő hatását nevezzük természetes szelekciónak. A természet itt hibából erényt kovácsol: ez az egyik oka az élővilág gazdag változatosságának. A környezethez alkalmazkodott szervezetek az evolúció során génjeikben nagyon sok információt halmoztak fel. Ez egyféle tanulási folyamatként is felfogható, amelynek eredménye az, hogy az élőlények teste

¹⁰⁵ A 19. században Friedrich Engels az életet a „fehérjetestek” létezési módjaként határozta meg „A természet dialektikája” című munkájában, amely a marxizmus materialista természetfilozófiája alapművének számított. Bár a vulgármaterializmus felett eljárt az idő, a fehérjék alapvető szerepét Engels helyesen ítélte meg.

¹⁰⁶ Ha mégis ezt a megoldást választanánk, akkor lennének olyan jelek, amelyek több aminosavat kódolnak. Ez káoszhoz vezetne, hiszen a kódnak egyértelműnek kell lennie.

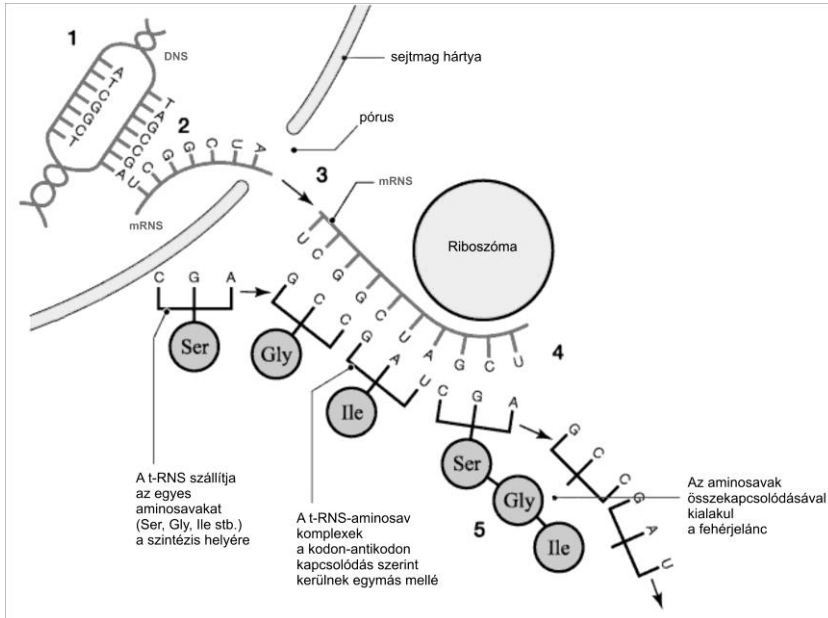
és szerveik – esetenként implicit módon – a környezetre vonatkozó információk tömegét tartalmazzák.

6.3.8 Molekuláris információátvitel és a sejt szerkezeti elemei

Miután a genetikai kód szerveződési elveit felismerték és azt is meghatározták, hogy az egyes bázishármasok milyen aminosavakat jelentenek, a kutatók figyelme a fehérjeszintézis részleteinek megfejtésére fókuszálódott. Hogyan történik az információátvitel, miképpen határozza meg a DNS lineáris nukleotidszekvenciája a fehérjemolekulák háromdimenziós szerkezetét? Ahhoz, hogy erre a kérdésre választ tudjunk adni, el kell képzelni magunk elé azt a parányi molekuláris kibernetikai rendszert, ami az élő sejt. A sejteket speciális felület, a sejthártya határolja. Ezen a hártán belül kisebb-nagyobb molekulák tömkelege található, amelyek egy része különböző hálózatosan összekapcsolódó rendszerek részét képezi (endoplazmatikus retikulum, Golgi-hálózat), mások diszkrét, különálló sejt szervecskéket alkotnak (mitokondriumok, lizoszómák stb.), megint mások állandó mozgásban vannak. Ez utóbbiakra jellemző, hogy kölcsönhatásokba lépnek egymással, és a megállapodottabb struktúrák felszínével is. A rendszer alapvetően fluid, lágy, ezért is nevezik az élő rendszert lágy automatának. A sejten belül található a sajátos membránnal körülhatárolt sejtmag, és ennek a belsejében helyezkednek el a DNS-molekulák. A fehérjemolekulák felépítése viszont a sejtmagon kívül, a citoplazmában történik. Ezért az első tisztázandó kérdés: hogyan jut ki a sejtmagból a citoplazmába a fehérjék felépítésére vonatkozó információ?

6.3.9 Molekuláris információátvitel – a transzkripció és a transláció

A DNS-makromolekula megfelelő részéről – arról, amelyik egy konkrét fehérjemolekula felépítéséhez szükséges információkat tartalmazza (ezt a DNS-szakaszt nevezzük génnek) – speciális enzimek közreműködésével másolat készül. Ez a másolat ugyanolyan kiegészítő bázispárosodással jön létre, mint ami a DNS-replikáció során történik, azzal a különbséggel, hogy ilyenkor az eredeti DNS-nek csak egy kis szakasza másolódik le, és a kettős hélixnek csak az egyik száláról készül a másolat. A folyamat eredményeképpen létrejött nukleinsavmolekula kémiai felépítése kicsit eltér a DNS-től, benne dezoxiribóz helyett ribóz található valamint a timin bázis helyett uracil (U). Ezért ezt ribonukleinsavnak nevezik (rövidítése RNS). A fehérjeszintézisnek ebben az első szakaszában még csak az utasítás, az üzenet átírása (transzkripció) történik meg.



8. kép A biológiai információáramlás

Az átírás eredményeképpen létrejött RNS-molekula kijut a sejtmagból, és az információ megérkezik a citoplazmába. Ezért nevezik ezt a molekulaféleséget hírvívő vagy küldönc (angolul messenger) RNS-nek, rövidítve: mRNS. Figyelembe véve azt a tényt, hogy egy fehérjemolekula felépítéséhez minimum néhány tucat, – de inkább átlagban néhány száz – aminosavat kell összeilleszteni, ahhoz, hogy ezek a megfelelő sorrendben tudjanak egymáshoz kapcsolódni, meg kellett oldani az mRNS rögzítését. Ezt a feladatot látja el az a sejtalkotó, amelyet riboszómának nevezünk. Az mRNS-molekulákhoz riboszómák kapcsolódnak, és az aminosavak összekapcsolása ezeknek a felületén történik a gén nukleotidszekvenciájának megfelelő sorrendben. A fehérjeszintézisnek ezt a második szakaszát transzlációnak, átfordításnak nevezzük. Ekkor történik meg az információ átvitele a nukleinsavrendszerből az aminosav-fehérje rendszerbe.

A genetikai kód elemi egységei szemantikai szempontból a bázishármasok, amelyeket kódszavaknak, kodonoknak nevezünk. A glicin nevű aminosavat például többek között a GGC bázishármas jelenti, az UAC pedig a tirozin nevű aminosav egyik kódja. Tételezzük fel, hogy egy fehérje szerkezetének kialakítása során ezeknek egymás mellett kell elhelyezkedniük a láncban. Hogyan képes a fehérjeszintetizáló rendszer (transzlációs apparátus) azt a feltételt biztosítani, hogy a két aminosav a térben egymás mellé kerüljön kapcsolódásra alkalmas, aktivált állapotban azért, hogy közöttük kötés alakulhasson ki?

6.3.10 Molekuláris információátvitel – a transzláció molekuláris logikája

A kulcs lépés ismét egy bázispár-képződési folyamat. Minden kodonnak létezik egy kiegészítő bázishármasa, az antikodon. Ez az antikodon egy újabb speciális RNS-molekulaféleség, az ún. szállító, **transzfer RNS** egy részletét alkotja. A tRNS funkciója a neve alapján kitalálható: ez a molekula viszi a megfelelő aminosavat az összekapcsolódás

helyére, a riboszóma felszínére. Példánkra visszatérve a glicinnek megfelelő tRNS CCG antikodonja hozzákapcsolódik hidrogénkötéseivel a mRNS GGC bázishármasához, amely a glicint kódolja. Közvetlenül mellette a tirozint vivő tRNS AUC antikodonja kötődik a tirozint kódoló UAC kodonhoz. Így kerül a két aminosav olyan helyzetbe, hogy közöttük kialakulhat a kötés. Az a tRNS, amelyik a glicint szállította, ezt követően leválik a mRNS-ről és eltávozik a riboszómáról. A tirozint szállító tRNS mellé pedig belép a kód szerint következő aminosavat hozó tRNS, kialakul az újabb kötés, és a folyamat így folytatódik egészen addig, amíg csak a teljes aminosavlánc el nem készül.

A következő kérdés az, hogy honnan „tudja” a glicin vagy a tirozin, illetve bármelyik aminosav, hogy neki melyik tRNS-hez kell kötődni, vagy másként fogalmazva: hogyan találja meg az aminosavat a szállítására specializálódott tRNS-molekula? Ez az információátvitelnek egy nagyon fontos lépése, hiszen a tulajdonképpeni átfordításról, az antikodon és a neki megfelelő aminosav összekapcsolódásáról van szó. Ebben a folyamatban kulcsszerepe van egy fehérjemolekulának, az ún. hozzárendelési enzimnek. Minden ilyen enzim egyféle tRNS-t kapcsol egy bizonyos aminosavhoz, és eközben még az aminosav aktiválását is elvégzi (energiával tölti fel, hogy össze tudjon kapcsolódni a másik aminosavval). Könnyen belátható, hogy egy ilyen enzimnek jelentős megkülönböztetési képességgel kell rendelkeznie: egyaránt képesnek kell lennie a tRNS és a neki megfelelő aminosav-molekula felismerésére. A molekula speciális, célorientált háromdimenziós szerkezetében kódolva hordozza ezt a „tudást”.

A fehérjeszintézis során tehát az információátvitel úgy történik, hogy egy lineáris jelsozrat, a nukleotidszekvencia egyértelműen meghatároz egy másik lineáris sorrendiséget, a fehérjeszerkezetet determináló aminosav-szekvenciát. A riboszómák felületén az aminosavak összekapcsolódnak. Az aminosavakból álló lánc egydimenziós struktúra, amely spontán átalakul – a láncot alkotó aminosavak oldalláncait alkotó kémiai csoportok bonyolult kölcsönhatásrendszerében – háromdimenziós, pontosan meghatározott térszerkezetű fehérje-makromolekulává.¹⁰⁷ Az élők szerkezetét elsősorban ezek a molekulák alakítják ki, és a legkülönbözőbb funkciók kivitelezéséért is ők a felelősek. Az élet a fehérjetestek létezési módja: a túlélőgépek fehérjemolekulákból épül, és fehérjemolekulák teszik lehetővé az élőlények számára hogy eredményes interaktorként adaptálódjanak környezetükhöz.

6.1 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében áttekintettük az élő sejtekben, molekuláris szinten történő információs folyamatok főbb jellemzőit. Eközben tömören összefoglaltuk az evolúciós elmélet alap-elemeit és a tulajdonságok átörökítésére irányuló korai tudományos elképzeléseket. Bemutattuk az örökítő anyag szerkezetének meghatározására irányuló kutatások történetét, ismertettük a genetikai kód fogalmát és fizikai struktúráját és felvázoltuk a biológiai információátvitel (a DNS replikációja és a fehérjeszintézis) molekulákis logikáját.

¹⁰⁷ „A molekulák reprodukciója annak köszönheti hatékonyságát, sőt talán lehetőségét is, hogy egyértelmű összefüggés van két sorrend-rendszer között: az egyik a kettős nukleotidszekvencia, amely mindig lineáris marad, és akadály nélkül másolódik le; a másik a fehérjét felépítő alapegységek szekvenciája, amely spontán és simán alakul át specifikus háromdimenziós szerkezetűvé. A térbeli komplexitás csak azért reprodukálható, mert egy lineáris szekvencia egyszerűségén alapul. Mert az élővilágban a rend rendje lineáris.” Jacob, F., i. m., 374. o.

6.2 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Hogyan történik az információk tárolása a molekulák szerkezetében?
2. Mi a genetikai kód, és hogyan nyilvánul meg hatása az öröklődés során?
3. Mi jelentenek a következő fogalmak: transzkripció, transláció.
4. Miért mondhatjuk azt, hogy a genetikai kód digitális?

7. AZ EMBERI AGY MINT INFORMÁCIÓS RENDSZER

7.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy az emberi agy információfeldolgozó működéseinek néhány alapvonásával megismertesse a hallgatókat. Felvázoljuk az információk agyi reprezentációjának szintjeit és az agy valóságértelmező működéséről szerzett ismereteink kulcselemeit. A tanulók megismerkednek az agy-számítógép illetve agy-elme-tudat fogalomrendszer összefüggéseivel és az itt mutatkozó megoldatlan problémákkal, vitás kérdésekkel. Eközben betekintést nyernek a világegyetem általunk ismert legösszetettebb információfeldolgozó berendezésének szerkezetébe és működésébe.

7.2 TARTALOM

Az emberi agy funkciói, vizsgálati módszerek, az agykutatás néhány alapkérdése. A külső világ agyi reprezentációjának szintjei. Az agyműködés értelmezése vonatkozó modellek, elképzelések. A reprezentációk kialakulása az agyban, aktivációs mintázatok és szimuláció. Az agy és a számítógép működésének összehasonlítása. Az agyműködés és a tudatosság kapcsolata.

7.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

7.3.1 Az emberi agy funkciói, az agykutatás alapkérdései

Az emberi agy az általunk ismert világegyetem legösszetettebb információfeldolgozó berendezése. Az átlagosan 1350 gramm tömegű „szerkezetben” több mint 200 milliárd elemi kapcsolóegység, neuron található, és az egy neuron által létesíthető kapcsolatok száma több tízezres nagyságrendű. Az agykéregben található idegsejtek egyenként 50–80 ezer ilyen kapcsolattal rendelkeznek. 1 mm³ agykéreg szövetben kb. 40 ezer neuron és 600 millió kapcsolódási pont (szinapszis) van. Így nem meglepő, hogy egy emberi agy lehetséges állapotainak száma meghaladja a világegyetemben található elemi részecskék számát. Ez a szinte határtalan variációs képesség megfelelő materiális alapot jelent a sajátos, egyedi, speciális emberi jellemzők végtelen változatosságának és az emberi kultúrák sokféleségének.¹⁰⁸

Az ember agya kettős funkciót lát el. Egyrészt monitorozza és optimalizálja a szervezet belső állapotát; erre a célra egy elkülönült anatómiai elemekkel is rendelkező funkcionális egység, a vegetatív idegrendszer szolgál. Másrészt a külvilág felé „fordulva” elkészíti annak reprezentációs modelljeit, állandó monitorozással és információk gyűjtésével ellenőrzi a modellek használhatóságát, és folyamatos döntésekkel optimalizálja helyzetünket, tevékenységünket ebben a külső világban. Alapvető feladata, hogy a „túlélőgép” túlélését biztosítsa, minden más ennek van alárendelve. Agyunk azonban arra is képes, hogy túllépjen

¹⁰⁸ A neurobiológusok között általánosan elterjedt az a felfogás, hogy az agy rendkívüli komplexitása kielégítő alapot ad az emberi jelenség magyarázatához. Changeux például így írt erről: „Az emberi agyban található összeköttetések változatossága és nagy számukból eredő kombinációs lehetőségeik elegendőnek látszanak az ember képességeinek magyarázatához.” Changeux, J.: Agyunk által világosan. A neuronális ember, avagy az agykutatás keresztmetszete (1983). Typotex Kiadó, Budapest, 2000. 283. o.

ezen a biológiai alapprogramon. A tudatosság, a kulturális szférába történő beágyazódás, a szimbólumhasználat lehetővé teszi új világok kreatív konstrukcióját és a közvetlen biológiai célokat és determinációkat meghaladó – esetenként azokkal ellentétes – programok megtervezését és megvalósítását.¹⁰⁹

Szervezetünk nagy gondot fordít ennek, a fennmaradásunk szempontjából legfontosabb szervnek a működtetésére. Bár tömege a testtömegnek mindössze 2,5%-át teszi ki, energiafelhasználása a szervezet össz-energiafogyasztásának 10%-a nyugalmi állapot esetén is. Amikor az agy egy-egy része intenzíven működik, sokkal több „üzemanyagot” használ fel, mint „alapjáraton”.¹¹⁰ Ezt a jelenséget hasznosítják a PET (pozitron emissziós tomográfia), illetve az MR (fMRI) (mágneses rezonanciás képalkotás) módszerrel történő agyműködést monitorozó vizsgálatok során. Ezeknek a „funkcionális agyi képalkotó eljárásoknak” a felhasználásával követni lehet képernyőn, hogy egy-egy speciális feladat végrehajtásakor az agynak milyen régiói működnek.¹¹¹ Ezekből a vizsgálatokból derült ki az, hogy különböző feladatok elvégzése során az agy több területén egyidejűleg alakulnak ki aktív zónák, a megfigyelő ezt térben és időben változó aktivitási mintázatokban látja a képernyőn. Az agy információfeldolgozó működése ezekhez a mintázatokhoz kapcsolódik. A kutatás egyik iránya, hogy azokat a mintázatokot azonosítsa és leírja, amelyek a mentális tevékenységekért felelősek.

Az agy valóságértelmezése és döntései azonban a már meglévő, tárolt információkra, a mentális reprezentációkra épülnek. Amikor az agyat információs rendszerként vizsgáljuk, az egyik alapkérdés az, hogy hogyan képezik le a belső reprezentációs mintázatok a külvilágot, azaz: hogyan kerülnek az információk az agyba? Fontos kérdés továbbá annak tisztázása is, vajon mikor és hogyan alakulnak ki az egyes emberi agyak közötti jelentős kü-

¹⁰⁹ Az emberi pszichikum világformáló erejét szépen fogalmazta meg Alison Gopnik, amerikai kognitív pszichológus: “For human beings the really important evolutionary advantage is our ability to create new worlds. Look around the room you’re sitting in. Every object in that room – the right angle table, the book, the paper, the computer screen, the ceramic cup was once imaginary. Not a thing in the room existed in the Pleistocene. Every one of them started out as an imaginary fantasy in someone’s mind. And that’s even more true of people – all the things I am, a scientist, a philosopher, an atheist, a feminist, all those kinds of people started out as imaginary ideas too. I’m not making some relativist post-modern point here, right now the computer and the cup and the scientist and the feminist are as real as anything can be. But that’s just what our human minds do best – take the imaginary and make it real. I think now that cognition is also a way we impose our minds on the world.” Alison Gropnik, Psychologist, UC-Berkeley; (Coauthor, *The Scientist In the Crib*) : WHAT HAVE YOU CHANGED YOUR MIND ABOUT? WHY? *The Edge Annual Question* – 2008.

¹¹⁰ „Az emberi agy anyagcsere-szükséglete jelentős mértékben különbözik a főemlősökétől. Az antropoid főemlősök az agy energiaellátásához az egész testre érvényes nyugalmi anyagcserének kb. 8%-át használják, más emlősök – természetesen nem az emberekről van szó – pedig csak 3, illetve 4%-át. Ugyanakkor az ember, a *Homo sapiens* az agy ellátásához sokkal többet, az úgynevezett nyugvó anyagcsere 25%-át használja. Vagyis az egész testre érvényes anyagcsere 25%-át az agy használja föl! Ez természetesen annyit jelent, hogy az energiaszükséglet jelentős mértékben különbözik minden más állattól, még a legközelebbi rokontól, az antropoid főemlősöktől is.” Hámori József: *Az emberi agy fejlődésének története*. Magyar Tudomány, 2006/12.

¹¹¹ „A funkcionális agyi képalkotó eljárások... tették lehetővé azt, hogy magasabb idegrendszeri működéseket tudjunk az élő emberi agyban lokalizálni... Mivel e vizsgálatok során leggyakrabban az idegrendszert működése közben »provokáljuk«, vagyis külső stimulációval (amely természetesen lehet egy kognitív feladat elvégztetése is) »aktiváljuk«, agyaktivációról (»brain activation«) beszélünk.” Gulyás Balázs: *Vizsgálható-e tudatos és nem tudatosuló agytevékenységek funkcionális képalkotó eljárásokkal?* In: *Agy és tudat*, Budapest, BIP, 2002. 142. o.

lönbségek, azaz hogyan szerveződik meg a világegyetem általunk ismert legbonyolultabb és érdekesebb entitása, az egyedi, személyes emberi agy?

7.3.2 A valóság agykérgi reprezentációjának szintjei

Az emberi agy a külvilág információit három jól definiálható szinten reprezentálja.¹¹² **Az első szint** az evolúció évmilliói alatt kialakult alapstruktúra, ez képezi az agy szerveződésének és működésének legáltalánosabb emberi determinációit.¹¹³ Ide tartoznak az emberi idegrendszer genetikailag kódolt szerkezeti elemei, az emberi agy szerveződésének és működésének keretfeltételei, illetve rendszerállapotainak azok a paraméterei, amelyeket kulturálisan invariánsnak tekinthetünk. Nevezhetjük őket antropológiai univerzáliáknak (anthropologische Universalien), illetve antropológiai konstansoknak (anthropologische Konstante) is.¹¹⁴ Ebbe a kategóriába tartozik a személyiség megismerő működéseinek alapszerkezetét képező kognitív architektúra „konzervatív”, merev része (elsődleges kognitív architektúra), amely a biológiai evolúció során, a természetes szelekció eredményeképpen jött létre (Pléh, 1998).¹¹⁵ Ezen a szinten „az egyéni különbségek eltörpülnek az agyszerkezet legfőbb vonásainak állandósága mellett. Bármilyen legyen is a népcsoport, az éghajlat vagy a környezet, a gének hatalma a faj egészénél biztosítja az emberi agy egységességét.”¹¹⁶

A külvilág reprezentációjának **második szintjét** az emberi egyedfejlődés első szakaszában (15-18 éves korig) „részben a génkifejeződés belső mechanizmusai, részben, pedig a környezettel folytatott kölcsönös interakciókat követő szabályozások alakítják ki.”¹¹⁷ Ezek vésik be az információfeldolgozás individuális különbségeinek alaprétégét – elsősorban a kisgyermekkorai aktivitás illetve korai környezeti hatások eredményeképpen. Ezen a szinten bontakozik ki a kognitív architektúra változékonyabb, flexibilisebb része (másodlagos kognitív architektúra), amely a megismerés kulturálisan kialakult „állványzatát” alkotja (Pléh, 2001). Ez az adott korra jellemző „életvilág” – és ennek részeként a mindenkori „kognitív habitus” – lenyomata, amely a kultúra közvetítésével épül be az egyéni megismerő rendszerekbe (Changeux, 1983, 2007; Donald, 1991; Grenfield, 1998).¹¹⁸ Ennek a

¹¹² „Következésképp az ember agya legalább háromféle reprezentációt tartalmaz és hoz létre, s ezeknek keletkezése és stabilitása a tizedmásodperctől az évmilliókig terjedő időközöket fed le.” Changeux, i. m., 285. o.

¹¹³ „Az agy szerveződésének főbb vonalai, amelyek az emberiség egységességét biztosítják, és amelyek a gének hatalma alatt állnak, szintén a világ egy »reprezentációját« adják.” Changeux, i. m., 285.

¹¹⁴ „Es gibt einfach formale Grundstrukturen, anthropologische Universalien, die niemals verändert werden können, die einfach aufgrund der Hardware, der Verknotung oder Verdrahtung des Gehirns gegeben sind.” Pöppel, Ernst: Auf der Suche in der Landkarte des Wissens, Interview mit dem Münchner Hirnforscher Ernst Pöppel, 1999.

¹¹⁵ Changeux könyvében az elsődleges kognitív architektúra kialakulásával foglalkozó fejezet „A gének hatalma” címet kapta. Changeux a fejezet bevető bekezdésében utal arra, hogy Linné rendszerében az ember azért kapta a Homo sapiens nevet, mert egy faj leírása az adott fajra jellemző állandó jegyeket tartalmazza, és a faj neve rövidített formában utal is erre. „A modern ember a Homo sapiens sapiens névvel illeti magát, nyilván azért, hogy egy az agyára jellemző tulajdonságot hangsúlyozzon.” Changeux, i. m., 179.

¹¹⁶ Changeux, i. m., 210.

¹¹⁷ Changeux, i. m., 285.

¹¹⁸ Erre vonatkozóan írja Donald Merlin, hogy „Az agy legjellegzetesebben emberi területei – különösen a homloki és az elülső halántéki lebenyek nagy kinövései – valószínű, hogy a természet legképlékenyebb, sokféle alakot felvevő neurológiai struktúrái”. In: Donald, M: Az emberi gondolkodás eredete. Budapest, Osiris, 2001.

reprezentációs szintnek részei azok a – nagyrészt nem tudatosodó, és így automatikusan működő – ismeretelemek, beállítódások, értékek és készségek is, amelyeket általános emberi háttértudásnak, illetve mikrovilágoknak nevezhetünk.¹¹⁹

A reprezentációk **harmadik szintje** a mindenkori jelen agykérgi „leképeződése.” A reprezentációknak ez a csoportja a környezet aktuális ingermintázata, a rövid távú és a hosszú távú memória kölcsönhatásrendszerében realizálódik. Ennek az információs rendszernek a szervező centruma a homloklebeny speciális területe, a rövid távú vagy munkamemória. A külső környezet és a pszichikum belvilágának bonyolult kölcsönhatásrendszerében két világ megjelenítése illetve felidézése történik itt. A munkamemóriában kialakuló reprezentációk átmeneti, dinamikus és mulékony képződmények, életidejük a másodperc töredékének nagyságrendjébe tartozik. A rövid távú memória képezi a szubjektív tudatosság efemer fókuszát, az emberi pszichikum valóságészlelő input- és valóságalkító output-készülékét. A munkamemória kettős interfészen keresztül olvassa be az információkat: működését az érzékszervek bemenetei és az aktív neuronhálózatok kimenetei determinálják. A reprezentációnak erről a szintjéről az egyén teljes életciklusa alatt továbbépül a másodlagos kognitív architektúra. A befolyásolás, a tanítás és a tudatos tanulás során ezt a bemenetet használjuk ki maradandó vagy hosszan tartó mentális reprezentációk (hosszú távú memória), programok, agyi automatizmusok kialakítására.

7.3.3 Genetikai determináció és epigenézis

Az egyedfejlődés során a három reprezentációs szint egymásra épülve, lépcsőzetesen alakul ki. A folyamat az agy morfológiai elemeinek kialakulását, a neuronok képződését meghatározó zárt genetikai programrész beindulásával kezdődik, melynek eredményeképpen kiformalódik a *Homo sapiens* fajspecifikus, egységes agyszerkezete.¹²⁰ A második fázisban a génexpresszió és környezet által befolyásolt epigenézis összjátékáról van szó: ennek a folyamatnak az eredménye az emberi agy, amely nyitott, folyamatos információ-felvételre, a meglévő reprezentációk egy részének át- és újraírására képes rendszer. A harmadik fázis az információk egész életen át történő feldolgozása, amelynek kiindulási tudásbázisát és programkészletét a genetikailag determinált alapszerkezet, és a „korai bevésődés” biztosítja. Nézzük meg ennek az egymásba fonódó folyamatrendszernek néhány jellemző és fontos részelemét!

Az emberi agy kialakulása minden más szervhez hasonlóan genetikailag determinált.¹²¹ Ez a determináció azonban más jellegű, mint a többi szerv esetében. A leglényegesebb különbség az, hogy az agy kifejlődését irányító genetikai programok nagymértékben nyitottak, kibontakozásukban a környezet meghatározó szerepet játszik.

¹¹⁹ „Az idegsejtek egyediségének »epigenetikai« összetevője tehát maga is »reprezentáció«, amely az idegsejtek közötti huzalokba vésődik be.” Changeux, i. m., 285.

¹²⁰ „...a (korai) fejlődési folyamatokat a gének szabályozzák, szigorú terv szerint. Még hozzá viszonylag kevés gén részvételével történő, morfogenetikus folyamatról van szó, amely kereteket biztosít az idegi hálózatok további, most már nyitott genetikai program útján történő fejlődéséhez, és működéséhez.” Changeux, i. m., 285.

¹²¹ „A gének összekapcsolódnak, egymásba fonódnak, láncolatná fűződnek össze, hogy meghatározott sorrendben és differenciáltan kifejeződve létrehozzák az emberi fajra jellemző agyi szerveződést. A génexpresszió térbeli és időbeli megismételhetősége biztosítja e szerveződés változatlanágát.” Changeux, i. m., 212.

A genetikai információ „leolvasását” az extracelluláris környezet molekuláris szignáljai indítják be az embrionális fejlődés során. Az idegrendszer kialakulása önszervező folyamat, a differenciálódó sejtek molekuláris környezete folyamatosan változik, az átalakulásokat a genom és környezete közötti dialógus vezérli. A képződő bipoláris idegsejtek megjelenésüket követően csoportokba kezdenek szerveződni a molekuláris szignálok alapján. Megkezdődik a fejlődő idegsejtek elektronikus aktivitása; ezek az elektronikus szignálok fontos szerepet töltenek be a további differenciálódásban.¹²² Ugyanis a neuronok nyúlványain át távolhatások is érvényesülhetnek a koordinációban, azaz lehetővé válik hogy a fejlődő szervezet idegrendszerében egy adott helyen bekövetkező változás egy másik, távolabbi helyen befolyásoljon génműködéseket. A neuronok jelzik egymásnak helyzetüket, jellegüket, más sejtekkel kialakított kapcsolataikat.

7.3.4 A génexpresszió és a környezeti hatások

Amikor az érzékszervek kezdenek kialakulni, a differenciálódó idegsejtek aktivitási mintázatait egyre inkább az ezekből érkező szignálok határozzák meg, így a génexpresszió – és ezzel az agy strukturálódása – egyre nagyobb mértékben kerül testen kívüli tényezők befolyása alá. A születést követően felerősödik a külső tényezők fejlődést befolyásoló hatása. Előtte a magzat idegrendszerének fejlődése elsősorban „aktivitásfüggő”, míg azt követően „tapasztalatfüggővé” válik.¹²³ A genetikai és epigenetikai faktorok összjátékának eredményeképpen intenzív, dinamikus hálózatosodás indul meg. A folyamat során túlkínálat van mind idegsejtekből mind kapcsolatokból, ezért különböző variációk bontakoznak ki próba-szerencse alapon. Intenzív hálózatépítés és -átépítés zajlik a környezet irányítása alatt.¹²⁴ A környezet megerősíti, stabilizálja a megfelelő mintázatokat; az eredetileg kialakult kapcsolatoknak csupán a harmada marad meg, sőt, a neuronok egy része el is pusztul. A darwini természetes szelekcióhoz hasonló folyamat történik, ezért a folyamatot neuronális darwinizmusnak is nevezik.¹²⁵ Az egyedi emberi agyak közötti különbségek alaprétege ebben a fejlődési szakaszban alakul ki.¹²⁶

¹²² „... az embrió és a magzat idegrendszerében már nagyon korán erős, spontán aktivitás indul el, ami a fejlődés alatt végig meg is marad. Ezzel egy időben az érzékszervek is fejlődnek.” Changeux, J.: Agyunk által világosan. A neuronális ember, avagy az agykutatás keresztmetszete (1983). Typotex Kiadó, Budapest, 2000. 229.

¹²³ Az idegsejtek lényegében már a születéskor készen vannak, de az agy bizonyos részein – főleg az agykéregben – még nem alakultak ki közöttük kapcsolatok.

¹²⁴ Az agysejtek nyúlványainak, az axonoknak és a dendriteknek a növekedése, differenciálódása és hálózatos összekapcsolódása az elsődleges oka a születést követő, az egész élővilágban példátlan agynövekedésnek. Az ember agya ugyanis születéskor nem nagyobb, mint egy csimpánzé: kb. 350 cm³. Mire azonban négyéves lesz, eléri az 1300–1400 cm³-es nagyságot.

¹²⁵ A francia neurobiológus Changeux „szelektív stabilizáció útján végbemenő epigenezisnek” nevezi a folyamatot, amelynek lényegét következőképpen foglalja össze: „A környezet az agyat minden generációban újraszervezi. Mégpedig kivételesen rövid idő alatt azokhoz a földtörténeti korszak hosszúságú időkhöz képest, amelyeket a genom evolúciója igénybe vesz. A szelektív stabilizáció útján végbemenő epigenezis időt takarít meg. A gének darwinizmusa után a szinapszisok darwinizmusa következik”. 278.

¹²⁶ Susan Greenfield szemléletesen írja le a folyamatot: „A neuronkörök a működő, aktív sejteknek megfelelően épülnek ki, ami viszont az egyén számára szükséges környezeti igényeket tükrözi. ... Ahogy a fejlődésünk folytatódik a születésünk után, a tolatkodó, nyugtalan agyi neuronok igencsak aktívak, amikor olyan új neuronköröket hoznak létre, amelyek tükrözni képesek az egyén körüli világban zajló történéseket. Az agyon belül egészen 16 éves korunkig ádáz küzdelem folyik a neuronjaink között, mégpedig az idegi összeköttetések létrehozásáért. Ha egy neuron nem hoz létre kapcsolatot egy célseljtellel vagy elégtelenül ingerelt, akkor előbb-utóbb elpusztul.” Greenfield, S.: Utazás az agy körül. Budapest, Kulturtrade, 1998. 111.

Ennek az elképzelésnek az érvényességét számos tapasztalat és kísérlet bizonyítja. Az agy és a környezet finom összjátéka jól tanulmányozható kísérletileg a látás kialakulásában. Közismertek azok a kísérletek, amelyek során kismacskáknak különböző időszakokban bekötötték a szemét, és azt vizsgálták, hogyan fejlődik látásérzékelésük. Az eredmény az volt, hogy ha bizonyos kritikus időszakokban nem távolítják el a kötést, akkor nem alakul ki normális látásérzékelés. A kísérletek olyan veleszületett látástanuló rendszer létezését bizonyítják, amely a kialakításához megfelelő időben megnyilvánuló külső optikai ingereket igényel. Mivel a fejlett látóképesség rendkívül komplex folyamatok eredője, genetikailag célszerűbb egy sok ponton nyitott látástanuló rendszert kódolni, mint egy komplett rendszert teljességgel „előrehazalozni”, illetve előreprogramozni.

7.3.5 Epigenézis és környezeti determináció

Felvetődik a kérdés, mi az oka annak, hogy az agyfejlődés jelentős mértékben nyitott, ami magával hozza a folyamat félresiklásának, a kialakuló struktúra torzulásának a lehetőségét is? A nyilvánvaló ok a lehető leghatékonyabb neuronkapcsolatok kialakítására való törekvés. Az agykérgi központok, az érzékszervek és a mozgató izomrostok koordinációja olyan bonyolult és olyan sok tényezőtől függ, hogy lehetetlen előre megtervezni minden részletében. Beépített belső kontrollmechanizmusokra van szükség, amelyek képesek a kialakulóban lévő megoldások funkcionális kiértékelésére. Ez a keretfeltételeiben és automatizmusában genetikailag meghatározott, de a struktúraalakító környezeti hatásokra nyitott fejlődési program az alapvető oka az emberi idegrendszer rendkívüli plaszticitásának.¹²⁷

Hogy az érzékszervi reprezentációs rendszerek kialakulása során a normális érző- és mozgás-szervi koordináció kialakításához mennyire fontos az élőlény saját aktivitása, jól mutatja az a kísérlet, amelyet Held és Hein végzett 1963-ban. Két kismacskának ugyanazt a környezetet mutatták naponta néhány órára (a nap többi részét sötétben töltötték) a látás és mozgáskoordináció kritikus időszakában úgy, hogy mindkettő kosárban volt, de az egyiknek a lábai kilógtak és aktívan mozoghatott, míg a másikat a kosárral együtt vitték. Az aktivitásában nem gátolt állapot látása és mozgáskoordinációja normálisan alakult, míg a mozgásában korlátozotté jelentősen károsodott.¹²⁸

Fentiekből következik, hogy az ember egyedi fejlődése során az idegkapcsolatok kialakulásának vannak érzékeny időintervallumai. Ilyenkor mintegy „kinyílnak ablakok” a megerősítő külső ingerek számára, amelyek később becsukódnak. Az ideghálózat elkészült, és később már csak jóval kisebb mértékben alakítható. (Többek között azért is, mert már van ott egy rögzült „modell”.) Ez érzelmi világunk és egész világszemléletünk kialakulására is érvényes. Hogy számunkra mi jelent értéket, milyen a mentalitásunk, milyen kultúrában érezzük otthon magunkat, másokhoz bizalommal vagy bizalmatlansággal köze-

¹²⁷ „...az idegrendszer fejlődésének a születés utáni döntő korszakában a genetikusan pontosan meg nem határozható pontatlanságokkal, tévedésekkel teletűzdelt folyamatok az emberi idegrendszer egyedülálló plaszticitását jelzik és teszik lehetővé – szemben az alacsonyabb rendűek (például béka, hal) genetikusan jóval szigorúbban meghatározott, specifikusabb idegrendszerével. Minél nagyobb a pontatlanságokban realizálódó tévedési lehetőség, annál optimálisabb lehet – a korrekciók révén – a környezeti tényezőkre is reagáló emberi agy-tulajdonságok kifejlődése.” Hámori József: Az emberi agy: a racionalizált bonyolultság. Magyar Tudomány, 2003/3.

¹²⁸ A passzív, mozgatott állat a vizuálisan irányított viselkedés, a mélységpercepció és a vizuális elhárító reakciók tekintetében károsodott, míg az aktív, mozgó állat a nem deprivált kontrollal megegyező reakciót mutatott.

lítünk – mindezen személyiségjegyek alapvonásai koragyermekkorai tapasztalatok és élmények hatására rögzülnek neuronhálózatainkban. Az a kultúra, amelybe beleszületünk, és amelyben felnövünk, hatással van agyunk szerkezetének kialakulására. A gyermekkorai mikrovilágokban, a tanulási környezetben manifesztálódó kulturális hatásokból olyan idegrendszeri finomszerkezet (mikrostruktúra) alakul ki, amely felnőttkorban már csak korlátozottan befolyásolható.

7.3.6 Agykérgi reprezentációk mint mentális objektumok

Az agykérgi reprezentációk mindenkor aktuális állapotainak kialakulásával kapcsolatban fontos kérdés, hogy a neuronok mi módon hozzák létre ezeknek a reprezentációknak a fizikai szerkezetét?¹²⁹ Az agyi képalkotó eljárásokból tudjuk azt, hogy a külvilág objektumainak tulajdonságai az idegsejtek sokaságának kapcsolódási mintázataiban „disztributív” módon kódoltak. Minden neuron csupán részeleleit jelöli egy-egy objektumnak, és egy neuron több objektum „leképezésében” is részt vesz. Hasonlóképpen szerveződő neuronális aktivitási mintázatok képezik az alapját a belső pszichikus állapotoknak és jelenségeknek, fogalmak és elképzelések megjelenésének, programok kifermálódásának és aktiválódásának, döntések bekövetkezésének stb. A kódolás alapelveit és mikéntjét, a mintázat és a tudatos pszichikus jelenség kapcsolatának logikáját még nem ismerjük. Az aktivitási mintázatok emléknymok (engramok) formájában történő rögzítéséről és későbbi felidézésük konkrét fizikai mechanizmusairól szerzett ismereteink ugyan rávilágítanak néhány részletkérdésre, de a kép még nagyon töredékes.¹³⁰

További kérdés, hogy a mentális reprezentációkon belül melyek azok az elemi egységek, amelyek egy-egy objektumnak vagy fogalomnak tovább már nem redukálható fizikai alapját jelentik? Changeux – Hume nyomán – mentális objektumokról beszél, és a következőképpen definiálja ezeket: „*az észleletek, az emlékképek, és a fogalmak a mentális reprezentációkat megvalósító fizikai egységek különböző formái vagy állapotai, amelyeket mi egységesen „mentális tárgyakként” fogunk nevezni.*”¹³¹ A mentális objektumokról ismét csak általánosságban mondhatjuk el, hogy azokat neuronok időlegesen együtt aktiválódó csoportjai kódolják, és hogy egy-egy mentális objektum gráfjának létrehozásában változó számú neuron vesz részt. A német neurobiológus, Wolf Singer szerint: „*Ahogy véges*

¹²⁹ Érdekes, hogy egyre több érv és adat szól amellett, hogy az információ betöltésnek ez a harmadik szintje, az individuális tapasztalás és tudásszerzés is tartalmaz szelekciós elemeket. A szelekciós tanulásemélet alap gondolata már Changeux idézett könyvében megjelent: „Igen vonzó az a feltételezés, hogy rekombináció által spontánul különféle neuroncsoportosulások bontakozzanak ki, amelyek azután rezonancia útján szelektálódnak... Alkalmazható ez a modell a gondolkodás »legkreatívabb« aspektusaira is? A tudás elsajátítására is érvényes volna?” Changeux, J.: *Agyunk által világosan. A neuronális ember avagy az agykutatás keresztmetszete* (1983). Typotex Kiadó, Budapest, 2000. 286.

¹³⁰ Freund Tamás a következőképpen foglalta össze azt, amit erről 2004-ben tudni lehetett: „Egy memória-nym tárolásához ... több százezer vagy millió idegsejt adott mintázatai között kell a kapcsolatnak tartósan megerősödni, s a későbbiekben ennek a sejt-kombinációnak az együttes kisülése jelenítheti meg tudatunkban ezt az emléknymot. Egy komplex emléknymban számos érzékszervi információ kapcsolódik össze, például egy kerti sétára visszaemlékezve egyszerre jut eszünkbe a virágok színe, illata, a madarak éneke. Ezeknek az egyes érzékszervi információknak az elsődleges agykérgi feldolgozása más-más kéregterületeken történik, majd egy speciális kérgi régióban, a hippocampusban kapcsolódnak össze egy egységes perceptummá (érezletté) a tartós beégetődés során.” Freund Tamás: *Hullámtörés – a marihuána hatása az agyhullámokra és a memóriára. Mindentudás Egyeteme* 2004. nov. 22.

¹³¹ Changeux, i. m., 141.

*számú betűkészlet kombinációjával végtelen sok szó és mondat képezhető, ugyanúgy neuronok rekombinációjával végtelen sok észlelési és képzeletbeli objektum hozható létre.*¹³²

7.3.7 Aktivációs mintázatok az agyban

Amikor azt kérdezzük, hogy hogyan működik az agy, elsősorban azoknak a sajátos emberi pszichikus folyamatoknak a neuronális alapjaira gondolunk, amelyek Linnét a „sapiens” megkülönböztető jelző választására készítették fajunk tudományos nevének meghatározása során. Ezek a „magasabb idegi működések” az agykéreghez kapcsolódnak, de kialakulásukban számos kéreg alatti neuroncsoport is fontos szerepet játszik.

Az ember agykérge jelentősen különbözik legközelebbi rokonaink, a csimpánzok agykéregétől. Míg a csimpánz agykérge egy A4-es lapnyi felületű, az emberé ennek négyszerese. Az agykéreg egyes területeinek aránya is eltérő a két faj között. Az embernél a homloklebény dominanciája figyelhető meg, míg a csimpánznál és általában az emberszabású majmokban a nyakszirti lebeny. Ez nem véletlen, hiszen a sajátos humán mentális működésekért felelős asszociációs mezők nagy része a homloklebényben található. Ez az ún. prefrontális kéreg a macskák agyában az összfelületnek mindössze 3%-át, csimpánznál 17%-át, míg az embernél 29%-át teszi ki. Ehhez az agyrészhez kapcsolódnak elsősorban a kognitív folyamatok. Minél nagyobb ez a rész egy élőlénynél, az annál nagyobb szabadsággal rendelkezik a környezetével való kapcsolatok kialakítását illetően.¹³³

A kérgi központok működésének számos elemét ismerjük, azonban ezekből a részstudásokból még nem állt össze koherens kép a működés egészének logikájára vonatkozóan. Azt az elképzelést, hogy az agyba jutó különböző ingerek szeriális feldolgozás során egyre magasabb kérgi központokba jutnak és ezekben a központokban – ahol minden összefut – kialakul a kép, az érzet, megszületik a döntés, nem erősítették meg az új agyi képalkotó eljárások. Kiderült, hogy az információk feldolgozásának csak az első lépései szeriálisak, ezután a feldolgozás több kérgi központban játszódik le párhuzamosan (paralel feldolgozás).¹³⁴ Az agy működése során megnyilvánuló aktivációs mintázatok az agyban disztributív módon szerveződnek, decentralizáltak. Komplexebb, több érzékszervből bejövő információ feldolgozásából kialakuló reprezentációk esetében sem azonosítható egy legfelső konvergenciacentrum.

¹³² Singer, W.: Die Nachtseite der Vernunft: Philosophische Implikationen der Hirnforschung. Festspiendialoge 2007.

¹³³ „A prefrontális kérget Changeux a civilizáció szervének nevezte el, hiszen az előhomloki lebeny az, ami minden érzékszervtől állandóan információkat kap, és ezeket az információkat összehozza, kombinálja, méghozzá (általában) hasznos következtetésekre is jut. A prefrontális kéreg állandóan tartalmaz aktív reprezentációt, méghozzá a munkamemória aktív reprezentációját; a céloknak és a célokkal kapcsolatos kontextusoknak a reprezentációja is az előhomloki lebenyben található. Az agy intellektuális és emocionális aktivitása is itt kapcsolódik egymáshoz. Az elmúlt hárommillió év, az emberi fejlődés hárommillió éve során a prefrontális kéreg nagysága hatszorosára nőtt, míg az agy és a neokortex nagy része tulajdonképpen csak háromszorosára. Ez is jelzi a prefrontális kéreg különleges és kiemelkedő jelentőségét az emberré válásban.” Hámori József: Az emberi agy fejlődésének története. Magyar Tudomány, 2006/12.

¹³⁴ „Az agyban a szenzoros információ továbbítása és feldolgozása során sohasem egy neuron populáció, egy régió aktív csupán, hanem az idegpopulációk egész hálózata aktiválódik” – írja Gulyás Balázs a vizuális információk feldolgozását elemezve. In: Gulyás, i. m., 68.

Wolf Singer – ugyancsak a vizuális reprezentációk keletkezését vizsgálva – úgy fogalmaz, hogy a szeriális információfeldolgozás az elsődleges látókéregig jól követhető, azután viszont minden „összekuszálódik” (dann beginnt das große Verwirrspiel). In: Singer, W.: Vom Gehirn zur Psyche.

7.3.8 A valóságészlelés koherenciájának létrehozása

Mindez felveti a kérdést: akkor hogyan áll össze ezekből a folyamatokból koherens világkép, amelynek alapján döntéseinket meghozzuk, és megfogalmazzuk cselekvési programjainkat? Hogyan lehetséges az, hogy ezek az elkülönült agyi aktivitások egységes tudatállapotokhoz vezetnek? A megfigyelések és kísérletek alapján a neurobiológusok körében ma az a felfogás a leginkább elfogadott, hogy az agyműködés során megfigyelhető saját rendszerállapotok lennének felelősek a koherencia létrehozásáért. Az agy ezekkel a saját maga által generált meghatározott frekvenciájú kisülésekkel képes integrálni a különböző helyeken egy időben fellépő aktivitásokat. Mindent, ami egy-egy ilyen periódusban történik, azt az agy egyidejűnek és összetartozónak értelmezi.¹³⁵

Ezek az oszcillációs periódusok 30–40 ms ideig tartanak, de ezeken az időintervallumokon belül nincs további időfelbontás. Ezek az „időlyukak” a biológiai időérzékelés elemi egységei: időtlen (atemporális) időszakaszok, amelyek a racionális információfeldolgozást lehetővé teszik. Az agy ezek segítségével képes arra, hogy az érzékszervek által összeszedett információk kaotikus halmazában rendezett struktúrákat hozzon létre.¹³⁶

Fontos kérdés az is, hogy az így egybekapcsolt információk egymásra vonatkoztatása hogyan történik meg? Az agykérgi integráció következő foka azoknak a vertikális „időablakoknak” a sora, amelyek az emberi agy munkaplatformját képezik. Egy-egy ilyen intervallum 2-3 másodpercig tart, és közöttük kb. 0,5 másodperces szünetek vannak. Ami egy-egy ilyen 2-3 másodpercre felnyíló „jelenvalóság-tárolókban” történik, az az együvé tartozás szubjektív érzetét kelti. Az információkat az agy beleilleszti a jelenvalóságnak és összetartozásnak ezekbe az ablakaiba. A kontinuitás kialakítása úgy történik, hogy minden ilyen ablakban befoglalt információ tartalma automatikusan kapcsolódik az őt megelőzőhöz. Ez a szemantikai egymásra vonatkoztatottság adja az összefüggőség és folytonosság szubjektív érzését.¹³⁷

7.3.9 A reprezentációk tudatosulása

Az agy működésével kapcsolatban az egyik legnehezebb kérdés az, hogy hogyan történik – hogyan történhet – a reprezentációk tudatosulása? Azt tudjuk, hogy a tudatos folyamatok a rövidtávú memória aktivációs állapotaihoz kapcsolhatók. Az agy mindenkor érzeteinek, döntéseinek tudatosuló tényezői a deklaratív memóriában tárolt (ezért nyelvi állítások formájában kifejezhető) tudás, szabály és értékrendszerből hívhatók elő. A döntések háttérében mindig vannak nem tudatosuló tényezők is: mérlegelési és értékkelő stratégiák, rejtett tudások, meggyőződések és motivációk, melyek genetikai determináció, kisgyermekkorú bevésődés, illetve implicit, tudattalan tanulás során alakulnak ki. A tudatosulás jelensége nagy valószínűséggel kapcsolatban van azokkal az agykérgi területekkel, amelyek az evolúció során legkésőbb alakultak ki, és amelyek nem közvetlenül az érzékszervekből, hanem az agykéreg érző (és mozgató) területeiről érkező információkat

¹³⁵ Singer, W.: Über Bewußtsein und unsere Grenzen: Ein neurobiologischer Erklärungsversuch.

¹³⁶ Pöppel, Ernst: Zeit – im Takt der Kulturen. Zeitschrift für Kulturaustausch. 3/98.

¹³⁷ A formális agyi struktúrákat természetesen nem érezzük, csak a tartalmakat, amelyek egymásra vonatkoztatottsága okozza, hogy értelmes összefüggő egészként értelmezzük az információfolyamatot.

dolgozzák fel.¹³⁸ Ezek az ún. asszociációs mezők a már meglévő reprezentációkra reflektálnak, iteratív módon. Az így kialakuló reprezentációk a korábbiakat reprezentálják: metarepresentációk, melyek nem a külvilágot, hanem agyon belüli folyamatokat képezik le. Ez teszi lehetővé modellek felépítését, szimulációk végrehajtását, különböző észlelési- és cselekvésiterv-verziók összevetését és mérlegelését, döntések előkészítését.

7.3.10 A valóságészlelés kartézianus és szimulációs modellje

Az agykéreg asszociációs területeinek tevékenysége alapvető szerepet játszik a valóság agykérgi reprezentációjának a kialakításában. Az intuíciónkkal összhangban lévő hagyományos, kartézianus elképzelés szerint az objektív valóság közvetlenül leképeződik, mintegy tükröződik a tudatunkban. Ez úgy történik, hogy érzékszerveinken keresztül információk jutnak be az agyunkba, és ezekből az információkból épül fel a valóság képe – pontról pontra. Agyunk valóságészlelésének ez a „bottom-up” modellje ma már túlhaladott. Az utóbbi évtizedek kutatásai alapján úgy gondoljuk, hogy az agy állandóan hipotéziseket formál a valóságról, és az így megkonstruált szimulációs modellt a kívülről felvett információk segítségével teszteli. A környezetből érkező jelek nem kirajzolják a külső valóság képét, hanem arra adnak választ, hogy az a belül létrehozott „virtuális valóság”, amit a tudatunkban reprezentáltunk, modelleztünk, egybevág-e a külvilággal. Reprezentációink – a valóságészlelés „top-down” modellje szerint – nem a külvilág passzív leképezését, „tükrözését” adják, hanem belső neuronális aktivitás alapján létrejött konstrukciók.¹³⁹

Richard Dawkins „A valóság újraszövése” című tanulmányában vázolja fel a „top-down” modell jellemzőit, hangsúlyozva annak logikáját, racionális és gazdaságos jellegét. Dawkins abból indul ki, hogy az érzékszerveink által közvetített információk erősen redundánsak. Az agy, miközben a valóság képét alkotja és ellenőrzi, ezt a redundanciát használja ki. Az érzékelésben szerepet játszó sejtek csak a világban észlelhető változásokat jelzik az agynak, és az agy ezeknek az információknak alapján alkotja meg, rekonstruálja a teljes képet, egyféle virtuális világot épít fel. Ez azért lehetséges, mert a világ állapotát viszonylag standard, legtöbb paramétere állandó, vagy meghatározott szabályok szerint előre jelezhető és kiszámítható. Ez a folyamat – ellentétben a pontról-pontra történő leképezéssel – rendkívül gazdaságos.

Az agy felépít „számunkra” egy szimulált, virtuális világot. A „nagyteljesítményű ultrarealista szimulációs szoftver”¹⁴⁰ által generált valóság teljesebb és tökéletesebb, mint az érzékek által közvetített töredékes kép, ezért szimulált voltára csak szellemes kísérletekkel jöttek rá a kutatók. Az álomban, a hallucináció, a látomás során generált virtuális valóságot ugyanolyannak érzékeljük mint az „eredetit”, amelyet ébren tapasztalunk – azzal a különbséggel hogy ez utóbbit a valóság kontrollja korlátok között tartja.¹⁴¹

¹³⁸ Singer, W.: Die Nachtseite der Vernunft: Philosophische Implikationen der Hirnforschung. Festspiel-Dialoge 2007.

¹³⁹ „Az emberi agy alapvető aktivitása, hogy jelentést kölcsönözzön fizikai képződményeknek, és – az input-output kibernetikai modelltől eltérően – belül generált alakzatokat projiciál a világba, és teszteli azokat.” Changeux, J.: Creation, Art and the Brain. In: Changeux et al.: Neurobiology of Human Values. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.

¹⁴⁰ R. Dawkins használta a kifejezést a „Szivárványbontás”-ban.

¹⁴¹ „Életünk minden éjszakáján álmodunk. Szimulációs szoftverünk nem létező világokat épít fel: embereket, állatokat és helyeket, amelyek soha nem léteztek, esetenként nem is létezhetnek. Az adott pillanatban valóságként éljük át ezeket a szimulációkat – különös tekintettel arra, hogy a valóságot is ugyanígy éljük meg:

7.3.11 Aktivációs mintázatok és mentális objektumok

Az agy működésének elemi műveleteit, az algoritmusokat, a kódokat, a neuronhálózatok szintaxisát és szemantikáját még nem ismerjük. Annyit tudunk csupán, hogy az információk feldolgozási stratégiája, az ezt megvalósító programok, algoritmusok a neuronhálózatok kapcsolódási topológiájában, a kognitív architektúrában vannak rögzítve. Úgy tűnik, modalitástól függetlenül ugyanaz a feldolgozási elv érvényesül minden kérgi területen. Olyan, az evolúció során kialakult információfeldolgozási algoritmusról van itt szó, amely univerzális, és – egyelőre előttünk ismeretlen módon – egyúttal alkalmas azoknak a sajátos emberi mentális képességeknek a generálására is, amelyek képessé tették fajunkat a kulturális evolúcióra.¹⁴² Az egyidejű aktivitási mintázatok értékelése önszervező folyamat keretében történik, melynek során a különböző mentális objektumok kompetitív módon összevetésre kerülnek. Hogy ezek közül melyik fog stabilizálódni és felismeréssé vagy cselekvési intencióvá válni, az a neuronális hálózat szerkezetének és az agy mindenkori dinamikus rendszerállapotának a függvénye. Az evolúció során a legkésőbb kialakult asszociációs agykérgi területeken modalitástól független asszociációk alakulnak ki, amelyek között a nyelvi területek jelentik a szimbolikus, absztrakt valóságmodellezés csúcsteljesítményét. A homloklebe ny asszociációs területeihez olyan magas szintű mentális tevékenységek kapcsolódnak, mint a társas viselkedés szabályrendszere, erkölcsi értékrend, énkép és öntudat. Ahogy fentebb már utaltunk rá, az agynak ezek a legfiatalabb – és így a legemberibb – területei mintegy zárt rendszert alkotnak, önmagukba fordulva folyamatosan azzal a hatalmas információtömeggel foglalkoznak, amelyet – architektúrájukban kódolva – a világról összegyűjtöttek. Ez az oka annak, hogy az elképzelt és észlelt dolgok aktivációs mintázata alig különbözik egymástól, és hogy hallucinációs állapotban, vagy álomban az agy által szimulált és a valós közötti különbség teljesen eltűnik.

7.3.12 Az aktivációs mintázatok kiértékelése

Az agykéreg sok milliárd összekapcsolt és kölcsönható neuronja által generált állapotok olyan összetettek, hogy megértésük meghaladja képzelőerőnket. Intuitív módon azért is nehéz a rendszer működésének megközelítése, mert gondolkodásunk a folyamatok lineáris ok-okozati értelmezéséhez szokott.¹⁴³ Ezzel szemben az agy nemlineáris dinamikus rendszer, amelynek „funkcionális architektúrája egy sokdimenziós állapottérben” folyamatosan változik, és sohasem kerül vissza ugyanabba az állapotba.¹⁴⁴ Az ilyen rendkívül sokelemű, dinamikus rendszerek olyan tulajdonságokat és állapotokat is mutathatnak, amelyek komponenseikből (legalábbis emberi megfigyelő számára) nem vezethetők le: kreatívak. Ezért

szimulációs modellekként.” Dawkins, R.: Szívárványbontás. Tudomány, szemfényvesztés és a csoda igézete. Vince Kiadó, Budapest, 2001.

¹⁴² Singer, W.: Die Nachtseite der Vernunft: Philosophische Implikationen der Hirnforschung. Festspie-Dialoge 2007.

¹⁴³ Nem az agyunk az egyetlen magas komplexitású nemlineáris rendszer. A társadalom és számos bonyolult alrendszere, valamint a bioszféra is ebbe a kategóriába tartozik. Ha az ilyen rendszerek működését befolyásolni próbáljuk, a rendszer önszervező kapacitását általában alábecsüljük, ugyanakkor túlértékeljük saját képességeinket és eszközeinket a rendszer befolyásolására és irányítására.

¹⁴⁴ Ez az egyik oka annak, hogy az idő haladását egyirányúnak érezzük. Ha egy már észlelt tárgyat másodszor látunk, reprezentációjának aktivációs mintázata más lesz, mert bár ugyanannak ismerjük fel, de reprezentációja azzal a járulékos információval bővül, hogy már láttuk egyszer.

képes az agy gyorsan, elegánsan és hatékonyan megoldani olyan bonyolult információfeldolgozási problémákat, mint pl. mintázat-felismerés, kategóriaképzés, nagyszámú, egyidőben változó komponensből álló halmaz elemeinek integrációja stb. A komplex nemlineáris rendszerek igen alkalmasak információfeldolgozásra, és az agynak ezt a tulajdonosságát az evolúció tökélyre fejlesztette. A neurobiológusok elképzelése szerint az agy azzal a „trükkal” operál, hogy az érzékszerveink által szolgáltatott egyszerű jelmintázatok az agykérgi sokdimenziós állapotterbe transzformálódnak, valamilyen, számunkra (egyelőre?) ismeretlen módon, ott feldolgozásra kerülnek, majd az eredményt a számunkra megszokott és belátható, egyszerű, jól ismert lineáris kauzalitás formájában prezentálja. Valószínűleg ez az oka annak az intuitív érzésünknek is, hogy agyunkban egy központi szabályozó instancia mintegy karmesterként vezérli a folyamatokat.¹⁴⁵

7.3.13 Az agy-számítógép metafora

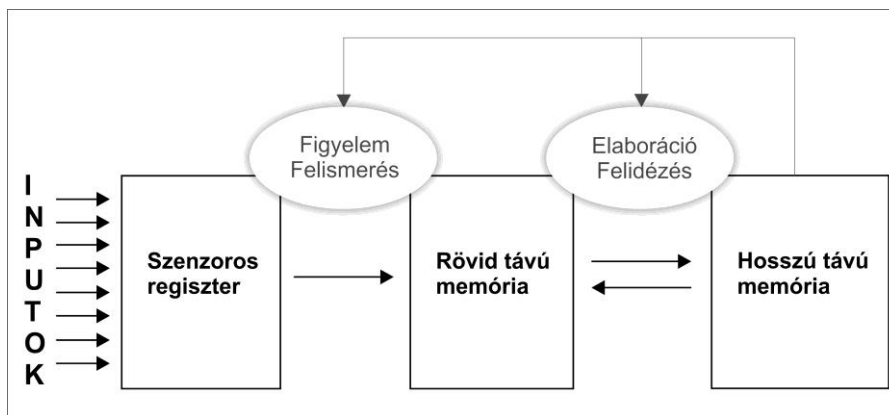
Az elektronikus számológép és az agy a világegyetem általunk ismert két legösszetettebb információfeldolgozó berendezése. A számítógép a legbonyolultabb gép, amit az ember valaha alkotott. Természetesen adódik a két rendszer összehasonlítása. Az első modern számítógépek megjelenésekor az újságírók és a laikusok rögtön „gépagyról” kezdtek beszélni, mintegy spontán megfogalmazva azt a metaforát, miszerint a számítógép nem más, mint egy agyat utánzó gép, gépi agy, amely magában rejtje azt a lehetőséget is, hogy egyszer túlszárnyalja az emberi értelmet. A metafora fordított alkalmazása, vagyis hogy az agy a számítógéphez hasonlatosan működik, a múlt század 50-es éveiben a kognitív tudományok kialakulásával egy időben jelent meg. A „gépagy” metafora szenzációkereső felszínességével szemben ez utóbbi megközelítés az agyműködés egyes aspektusait értelmező modellek alkotása során hasznosnak és eredményesnek bizonyult. Az agy-számítógép metafora illetve analógia jegyében alkotott magyarázó modellek szerint az emberi agy információfeldolgozó szerkezet (akárcsak egy számítógép), és működésének megismeréséhez elsősorban ennek az információfeldolgozásnak a részfolyamatait kell megértenünk.

7.3.14 Az agy mint információfeldolgozó gép

Ennek a megközelítésnek egyik változata a tanulást értelmezni próbáló többszöröstármodell, amely emlékeztet Shannon kommunikációs blokk-sémájára (Shannon-Weaver, 1948.). Az elképzelés szerint az információfeldolgozásban az agy három területe (tárak, amelyekbe az információ betöltődik) játszik kulcsszerepet: a szenzoros regiszter (SR), a rövid távú memória (short term memory, STM) és a hosszú távú memória (long term memory, LTM). Az egyes tárak abban különböznek egymástól, hogy mennyi információ tárolására képesek, hogy milyen tartós bennük az információk tárolása, és hogy milyen információkezelési folyamatok játszódnak le bennük. Az információk kódolása és az egyes tárak közötti átvitele jelenti az alapműveleteket. A rövid távú memória jellemző pszichikus folyamatai a figyelem és a felismerés, a rövid és a hosszú távú memória közötti interfészen pedig a fenntartó és az elaboratív¹⁴⁶ ismételtetés, az információ-tárolás és –visszanyerés.

¹⁴⁵ Singer, W.: Das Gehirn – ein Orchester ohne Dirigent. Max Planck Forschung, 2/2005.

¹⁴⁶ Lépésről lépésre kidolgozó.



9. kép A tanulás információfeldolgozás-modellje

Az elme működésének ez a számítástechnikai elmélete (*the computational theory of mind*) az agyműködés részleteit vizsgáló modern kutatások domináns paradigmája. Az ennek a felfogásnak a jegyében végzett vizsgálódások végső törekvése az, hogy az ismeretszerzést, a gondolkodást és a tudatos működések minden elemét fizikai folyamatokra vezessék vissza. Az agy természettudományos megközelítésére a számítógépes metafora hasznos munkahipotézis, amely az elmeműködés és a tudatosság kutatásának egy lehetséges fogalmi keretrendszerét adja.

7.3.15 Neumann János gondolatai a számítógép és az agy működéséről

Az a kérdés, hogy milyen mértékű analógia van a két rendszer működése között, már Neumann Jánost is foglalkoztatta, aki „A számítógép és az agy” című, 1959-ben kiadott munkájában hasonlította össze a számítógép és az agy működésmódját.¹⁴⁷ Az akkori ismeretek alapján az volt az általános felfogás, hogy – mivel mind a számítógépek alapegységei, mind a neuronok kétállapotú elemek – a számítógépek működését és az agy neuronális hálózatainak viselkedését hasonló logika írja le.¹⁴⁸ Ezt a felfogást Neumann is osztotta, azonban – ahogy könyve utolsó fejezetének címe is jelzi: *Az agy nem a matematika nyelvét használja* – világosan felismerte az analógia korlátait is.¹⁴⁹ Rámutatott arra az igen lényeges különbségre, miszerint az agyban az információk feldolgozása nem digitálisan, determinisztikusan, hanem statisztikai úton történik. Végső soron ez teszi képessé az idegrendszert arra, hogy noha aritmetikai pontossága a számítógépekhez képest csekély, logikai megbízhatósága felülmúlhatatlan. Az is a különbségek közé tartozik, hogy az idegrend-

¹⁴⁷ Neumann János: A számítógép és az agy. Budapest, Gondolat Könyvkiadó, 1972.

¹⁴⁸ „Ezen analógia hasznosságába vetett hitet erősíthették azok a matematikai tételek, amelyek szerint a számítógépek matematikai modelljei – az ún. Turing-automaták – és az idegrendszer matematikai modelljei – az ugyancsak 1943-ban kidolgozott McCulloch-Pitts (MCP) hálózatok – lényegében ekvivalensek egymással.” In: Érdi Péter, Aradi Ildikó, Gröbner Tamás és Barna György: A matematikai modellek szerepe az idegrendszerkutatásban.

<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/eloado/neuro/index.html> (2009. január 25.)

¹⁴⁹ „A mi matematikánk külső formái nem feltétlenül relevánsak annak mérlegelésére, hogy milyen matematikai vagy logikai nyelvet használ valójában a központi idegrendszer.” In: Neumann, hivatkozott mű.

szerben általában párhuzamos információfeldolgozás történik. Az elemi egységek szintjén is jelentős eltérés van a két rendszer között. Míg a relék, elektronsövények (ezek voltak a számítógépek műveletvégző alapelemei amikor Neumann a könyvét írta) majd később a különböző típusú tranzisztorok, nyomtatott áramköri elemek egyszerű kétállapotú kapcsolók, addig a neuronok igen bonyolult, a környezeti hatásoktól sokféleképpen függő rendszerek. Bár a neuron is kétállapotú, azt azonban, hogy az akciós potenciál kialakul-e, az összetett hatásrendszer eredője dönti el.¹⁵⁰ Neumann úgy fogalmazott, hogy a neuronok működése kontextus függő. Véggövetkeztetésként azt állapította meg, hogy az idegrendszer működése a digitális és az analóg jelfeldolgozást integrálja.¹⁵¹

7.3.16 Az agyműködés digitális-analóg jellege

Vizsgáljuk meg kicsit közelebbről az idegrendszer működésének digitális, illetve analóg jellegét! Nézzük meg először a „távvezeték-funkciót”. Ha az axon tovaterjedő ingerületi állapotának kialakulását nézzük, akkor is azt tapasztaljuk, hogy ha az ingerhatás erőssége elér egy bizonyos szintet (ingerküszöb), akkor van kisülés, ha nem, akkor nincs. Ebben a vonatkozásban az idegrendszer valóban digitálisan működik, és könnyen belátható az is, hogy ez az egyértelmű jelképzést és a biztonságos jeltovábbítást szolgálja. Az üzenetek erőssége azonban analóg módon az elektrokémiai impulzusok szaporaságában kódolódik, ahogyan Neumann János is utalt rá. Ez az átvitel az ún. impulzusfrekvencia-moduláció. Az így terjedő hatás analóg az átvitt jel erősségével, bár az átvivő impulzusok digitális jellegűek.¹⁵²

Az idegsejtek „kommunikációja” során is az analóg-digitális kettősség nyilvánul meg. A szinapszisok működésmódja analógnak fogható fel, hiszen serkentő vagy gátló hatásuk

¹⁵⁰ Hogy mennyire bonyolult az akciós potenciál kialakulásának feltételrendszere (a számítógépek determinisztikus egyszerűségével szemben) jól mutatja a matematikus-neurobiológus megjegyzése: „A neuronról mondhatjuk azt, hogy tüzel vagy nem tüzel, tehát jellemezhetjük binárisan, vagy foglalkozhatunk azzal az egész elektrokémiai masinériával, amely akciós potenciált, vagyis egy jelet generál. Ilyenkor jónéhány differenciálegyenlet kell ahhoz, hogy egyetlen neuron viselkedését leírjuk. 10¹⁰ neuron esetén ez nyilvánvalóan lehetetlen.” Internetes forrás: Beszélgetés az agyról és a számítógépről Borosy Andrással, Érdi Péterrel és Szirtes Gáborral. 2001. <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/teazo/interju/neuro.html> (2009. január 25.)

¹⁵¹ Hogy az idegrendszerben mennyire egybefonódik a digitális, illetve az analóg jellegű működés jól mutatja, hogy két vezető magyar neurobiológus közül az egyik digitálisnak, a másik analógnak nevezi a neuronhálozatban zajló kommunikációt: „Az idegrendszer elemei, az idegsejtek analóg elven működnek.” – fogalmazott Hámori József. (Hámori József: Mit tud az emberi agy? Előadás, Mindentudás Egyeteme, 2002. okt. 28.) Ezzel szemben Vízi E. Szilveszter a következőképpen ír: „Az agyban és a perifériás idegrendszerben a ma már tankönyvi adattá vált jelátviteli modell, a szinaptikus, digitális, igen-nem rendszerben működő és a másodpercek milliomod része alatt lezajló információáramlás...” (Vízi E. Szilveszter: Az agy és a tudat kapcsolata, digitális és analóg ingerületátvivő rendszerek, Magyar Tudomány, 2001/10.)

¹⁵² Richard Dawkins a töle megszokott szemléletességgel a következőképpen magyarázza ezt a kettősséget: „Az idegrostokon terjedő hullámok kilengésének mértéke ... változhat, amint a hullám tovahalad, ez azonban lényegtelen. A kód nem vesz róla tudomást. Vagy ott van a kémiai impulzus, vagy sem, akárcsak két elkülönült feszültség szint a digitális telefonnál. Ilyen értelemben az idegrendszer digitálisnak mondható. Csak hogy az idegi impulzusok nem szorulnak bitekbe: nem alkotnak elkülöníthető kódszámokat. Ehelyett az üzenet erősségét (a hangerősséget, a fényerőt, talán még az érzelmek hőfokát is) az impulzusok szaporasága kódolja. A mérnökök impulzusfrekvencia-modulációnak nevezik ezt a mechanizmust, amely az impulzuskód-moduláció alkalmazása előtt nagy népszerűségnek örvendett körökben. Az impulzusok gyakorisága analóg mennyiség, ha maguk az impulzusok digitálisak is: vagy ott vannak, vagy sem, középút nincs. Az idegrendszer ugyanazt a hasznot húzza mindebből, mint bármely más digitális rendszer.”

mértéke folyamatosan változik az általuk kibocsátott transzmitter mennyiségének függvényében.¹⁵³ Ugyanakkor az axon eredésénél – és ahogy fentebb láttuk –, az axon egész hosszán a rendszer kétállapotú: vagy van impulzus, vagy nincs. Hámori József az agyféltekék működésének jellemzésénél használja a digitális-analóg elvet. Eszerint a logikai, nyelvi, racionális, időben tagolt, tudatos működések centrumaként ismert bal agyfélteke inkább digitálisan, míg a holisztikus, a képzelőerő, kreativitás, muzikalitás, vizualitás domináns központjaként ismert jobb agyfélteke inkább analóg módon működik.¹⁵⁴

7.3.17 Az agy működésének alapvonásai

Az agy-számítógép metaforával kapcsolatban felvetődik a szoftver és a hardver viszonyának kérdése is. Itt egyértelműen megmutatkozik az analógia korlátozottsága. Az agyban ugyanis – a digitális információfeldolgozó gépektől eltérően – nem különíthető el a program és a program „futását” megvalósító szerkezet. A rendszer működésmódját, az információfeldolgozás mikéntjét a neuronok mindenkorai kapcsolódásának mintázata határozza meg. Ebből következik a rendszer konzervativizmusa is: a neuronális struktúrában rögzített algoritmusok univerzálisak és alapjában véve nem sokat változhattak az agyak evolúciója során.

Az agy rendkívül összetett információs rendszer, amelyet nem ismerünk kielégítően ahhoz, hogy működésének alapvonásait illetően – akárcsak metaforikus formában is – valamilyen gépezet szerkezete alapján kísérletet tegyünk meg következtetéseket levonni. Kétségtelen azonban, hogy az agyműködés bizonyos aspektusainak értelmezéséhez a számítógépes metafora alkalmazása sokat segíthet. Eközben szem előtt kell tartani azt is, hogy bár az agyat általában digitális, szimbólummanipulációs gépezetként modellezik, számos érv szól az analóg számítógépes modell mellett. Az alapvetően párhuzamos működésmód, a „számítások” mögötti folytonos biokémiai, elektrokémia folyamatok, az eredmények optimalizálási döntés jellege – mindezek azt sugallják, hogy az agyműködés során „maga az anyag kalkulál” mint egy analóg biológiai számítógép.¹⁵⁵

¹⁵³ Kifejezetten analóg módon hatnak a már említett neurohormonok és néhány más vegyület, például a nitrogén-monoxid az agy működésére. A rendszer egyik felfedezője és nemzetközi híru kutatója, Vízi E. Szilveszter így írt erről: „Az agyban (...) az idegsejteknek egymás közötti kommunikációjának van egy másik formája is, amire az analóg-rendszer elve a jellemző. Az idegsejtek kémiai anyagok segítségével, az extracelluláris teret felhasználva diffúzió útján nem-szinaptikus kapcsolatokat tudnak létrehozni, és ezzel sok millió idegsejtet egyszerre tudnak tartósan befolyásolni”.

¹⁵⁴ „Digitális elven működik a bal félteke, a másik félteke analóg. Miért érdekes ez? Az idegrendszer elemei, az idegsejtek analóg elven működnek. De amikor nagyobb egységekről van szó, úgy látszik a bal félteke még mindig a jóval általánosabb komputer technikával, digitális technikával működik. A bal félteke logikus és analitikus. A logika időnként borzasztóan veszélyes, mert nem mindig azonos a teljes realitással. A szűkre szabott logika gyakran téveszméken alapuló láncolat, ami inkább az »irracionális«, egyben holisztikus jobb félteke bizonyos előnyeit mutatja; ugyanakkor logikára persze szükség van.” Hámori József: Mit tud az emberi agy? Előadás, Mindentudás Egyeteme, 2002. okt. 28.

¹⁵⁵ „...az agyunk azért képes megtalálni optimális állapotokat, mert anyagból van. Az agyban az optimalizálási folyamatok lényegében ugyanolyanok, mint amilyenek a fizikai jelenségek szintjén megfigyelhetők. Ez az érteleme tehát annak a kijelentésnek, hogy az agyban (analóg számítógépben) maga az anyag végzi a számítás... az agyat, ha nagyon kell, lehetséges ugyan valamiféle digitális Turing gépnek, vagy valamilyen algoritmusokat végrehajtó logikai gépnek tekinteni, de nem nagyon érdemes. Sokkal inkább érdemes olyan analóg számítógépnek tekinteni, melyben párhuzamosan futó folyamatok egymásra hatásának eredményeként áll elő az adott belső állapot és a válasz.” Geier János: Dinamikus rendszerek egyensúlyának megtalálása evolúciós algoritmussal. Előadás, MAKOG'99, Visegrád.

7.3.18 Az agyműködés leírásának episztemológiai korlátai

Az agy természettudományos leírhatóságával kapcsolatban két alapvető episztemológiai kételem merül fel. Az egyik probléma abból adódik, hogy az agy kutatása során a megismerésre törekvő és a megismerés objektuma azonos. „A magyarázatot kereső agy saját kognitív eszközeit használja fel önmaga megismerésére, és nem tudjuk, hogy ez a vállalkozás sikerülhet-e. [...] Egy kognitív rendszer önmagát szemléli saját tükrében.”¹⁵⁶ A másik probléma onnan ered, hogy kognitív képességeink azokon a neuronális mechanizmusokon alapulnak, amelyeket az evolúció szelekciós mechanizmusa formált. Az evolúció viszont igen pragmatikus és opportunistá fejlesztő: az éppen „kéznél lévő” változatokból a mindenkori aktuális környezetben a túlélésre legalkalmasabbakat részesíti előnyben. Neuronális rendszerünk nem a világ egészének objektív leírására lett kialakítva, hanem a túlélésre. A kettő pedig nem ugyanaz. Kognitív apparátusunk úgy konstruálja és interpretálja számunkra a világot, hogy abban fennmaradjunk. Észleleteink értelmezése, összefüggésekbe illesztése és a mindenkori válaszok megszervezése a lehető leggyorsabban és leggazdaságosabban történik – az evolúció természetéből adódóan. Ezért észlelésünk és gondolkodásunk korlátozott, és ami ezeken a korlátokon kívül van, azt nem vagyunk képesek sem elképzelni, sem megérteni. Ez a korlátozottság kiterjed a korlátok mibenlétéről és jellegéről való tudásunkra is.

7.3.19 A mentális működések szubjektív értelmezése

Az episztemológiai korlátok bizonyára közrejátszanak abban, hogy mentális működéseinket csak két, egymással össze nem egyeztethető képen tudjuk leírni.¹⁵⁷ Az egyik leírás szubjektív, és az „Én” perspektívájából történik a megfogalmazása. Tárgyát olyan jelenségek képezik, amelyek emberi mivoltunk alapját, önértelmezésünk lényegét jelentik. Ide tartoznak érzéseink, valóságészlelésünk, önmagunk megtapasztalásának mindenki számára jól ismert tartalmai és sajátos minőségei. Ezek a jelenségek az emberi kultúrához és a tudatosságához kapcsolódó pszichikus állapotok és események: élmények, szándékok, irányultságok és tartalmak. A szándékok, irányultságok és tartalmak összefoglaló neve az elmefilozófiában és a pszichológiában: intencionalitás.¹⁵⁸ A sajátos emberi érzetminőségek, élmények megjelölésére pedig a „qualia” fogalmat használjuk.¹⁵⁹ Intencionális, autonóm lényeknek érezzük magunkat, akiknek a világra vonatkozó képzeik és szándékaik vannak, akik céltudatosan cselekednek, szabadon kezdeményeznek és döntenek. Érzetminőség-

¹⁵⁶ „Das Erklärende, unser Gehirn, setzt seine eigenen kognitiven Werkzeuge ein, um sich selbst zu begreifen. Ein kognitives System beugt sich über sich selbst, um sich zu ergründen und im Spiegel seiner eigenen Wahrnehmung zu erkennen. Wir wissen nicht, ob dieser Versuch gelingen kann.” Singer, W.: Über Bewußtsein und unsere Grenzen: Ein neurobiologischer Erklärungsversuch.

¹⁵⁷ Nem tudjuk azt sem, hogy a leírások össze nem egyeztethetősége a dolgok (előttünk egyelőre (?) rejtett) lényegéből adódó, alapvetően elvi természetű-e, vagy csupán korlátozott kognitív képességeink és/vagy tudományos eszközeink és módszereink nem megfelelő fejlettsége az ellentmondások okozója.

¹⁵⁸ „A lelki jelenségek mindig valamilyen magukon kívüli dologra utalnak. Az érzékek például az érzékelt tárgyakra, az érzelmek az érző személy reakcióira, a gondolatok pedig az egyes ember éppen zajló képzeik túlmutató objektív gondolatra.” Pléh Csaba: A pszichológia örök témái. Budapest, Typotex Kiadó, 2008.

¹⁵⁹ „A rózsá valamilyennek látszó, a szimfónia valamilyennek hangzik, a paprika valamilyennek érződik, a zsbibadás és a fájdalom is valamilyennek érződik. Az ilyen valamilyennek látszódások, hangzások és érződések alkotják a tapasztalat és az élmény kvalitatív, fenomenális sajátosságait, olyan sajátosságait, amelyeket például az született vak, süket vagy született íz-vak ember nem ismer és talán logikailag nem is ismerhet.” Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. In: Agy és tudat, Budapest, BIP, 2002. 141.

geink, vagyis az, hogy a dolgok valamilyennek látszanak, hangzanak, érződnek, az, hogy örömet és haragot, boldogságot, megrendülést, fájdalmat és áhítatot érzünk, a belső világunk meghatározó realitásai. Átéljük, ahogy a mentális, lelki folyamatok lejátszódnak bennünk, tudatos énünk észleli, előhívja, értékeli és – bizonyos határok között – befolyásolja, rendezi őket. Ezek a – szubjektív valóságészlelésünk integráns részét képező – jelenségek számunkra az anyagi világtól különböző szellemi dimenzióval rendelkeznek, ezekre épülnek értékeink, döntéseink, morális felelősségünk és szabad akaratumk. Lélekkel rendelkező lényeknek érezzük magunkat, akik részesei egy anyagtalan, szellemi szférának, amelynek jelenségei csak a szubjektív tapasztalás számára hozzáférhetőek.

7.3.20 A mentális működések objektív értelmezése

A másik leírás objektív, természettudományos, és az egyes szám harmadik személy perspektívájából fogalmazódik meg. Eszerint olyan szerkezetek vagyunk, amelyek az evolúció műhelyéből kerültek ki, létezésüket és konkrét megjelenési formájukat az anyagi világban lejátszódó önszervező folyamatoknak köszönhetik, beleértve agyuk szerkezetét és működését is. A természetes kiválasztódás vezetett az agy különböző formáinak kialakulásához; az emberi agy is ugyanolyan elemekből épül fel mint bármely állaté, ugyanúgy szerveződik és ugyanolyan algoritmusok szerint működik. A természettudományos módszerekkel kimutatható különbségek mennyiségiek: a homóagy – a főemlősök agyával összevetve – nagyobb tömegű, több neuront és ezáltal több kombinációs lehetőséget tartalmaz. Az emberi viselkedést generáló agyműködés ugyanúgy visszavezethető a neuronhálózatokban lejátszódó elektrokémiai folyamatokra, mint az állatoké. Az utóbbi évtizedek kutatásai és a legújabb eredmények természettudományos értelmezése mára olyan képet alakított ki az emberi agy működéséről, amely összeegyeztethetetlen az önmagunkról kialakított szubjektív elképzelésekkel. Az emberi agy természettudományos képe egy rendkívül bonyolult elektrokémiai gépezetre utal, amely – a saját szerkezetében kódolt információk és szabályok alapján – determinisztikusan működik, és amelyben a szabad akarattal rendelkező, mindent átlátó és ellenőrző belső én illúzió, csupán a gépezet által kreált virtuális konstrukció.

7.3.21 A tudat aspektusai és a test-lélek probléma

Az intenzív kutatás ellenére két alapkérdés azonban – egyelőre? – megválaszolatlan. Nem tudjuk hogy a neuronhálózatok aktivitási mintázataiból hogyan vezethetők le a szubjektív tudatosság jelenségei, mindenekelőtt az intencionalitás és a qualia.¹⁶⁰ A másik, nem kevésbé

¹⁶⁰ „A reduktív elméletek – például a logikai behaviorizmus és a típusazonossági elmélet – a pszichikus állapotokat azonosítják az ilyen vagy olyan, de fizikailag jól megragadható állapotokkal és folyamatokkal, például a nem intencionálisan jellemzett aktuális és lehetséges viselkedési sémákkal, vagy a központi idegrendszerben lejátszódó, végső soron fizikai-kémiai folyamatokkal. Nem szólva az ilyen elméletek egyéb irányú súlyos problémáiról, roppant nehéz belátni, hogy egy viselkedési séma vagy egy neurofiziológiai folyamat miként rendelkezhet az intencionális állapotok nyilvánvaló szemantikai tulajdonságaival... Sem a viselkedési sémák, sem a neurofiziológiai folyamatok önmagukban nem hordoznak szemantikai tulajdonságokat.” Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. In: Agy és tudat, Budapest, BIP, 2002. 137.

„A qualia esetében a probléma azonban az, hogy bár mind az explanandum, mind a feltételezett explanans teljesen világos számunkra, egyáltalán nem világos az, hogy a javasolt explanans miként magyarázza meg az explanandumot, azaz hogy mi is a konceptuális és episztemológiai összefüggés a megmagyarázandó kvalitatív sajátosság és a magyarázatul felhozott fizikai sajátosság között.... magyarázati szakadék tátong a fizikai sajátosságok és a tudat kvalitatív aspektusa között.” Uo. 142.

nehéz kérdés: mi módon képes egy párhuzamosan működő részekből (disztributív) szerveződött kognitív rendszer önmagáról képet kialakítani, és magát autonóm, szabad akarattal rendelkező ágensnek érezni? Így aztán a neurobiológia legújabb eredményei sem változtatnak a tényen: az emberi jelenség szubjektív átélése és objektív nézőpontból történő leírása továbbra is összeegyeztethetetlen.¹⁶¹ A test és lélek, agy és elme, mentális és fizikai ellentétpárokkal jelölt jelenségek koherens rendszerben történő egységes értelmezése, egymásra visszavezethetősége úgy tűnik, meghaladja intellektuális lehetőségeinket.¹⁶² Számos olyan elmélet jött létre, amelyek megpróbálnak valamilyen magyarázattal szolgálni, de ezek nagy száma önmagában arra utal, hogy még nem jött létre általánosan elfogadott megoldás.¹⁶³

A skála egyik végpontján vannak a *dualista elméletek*, amelyek szerint tudat és anyag két független szubsztancia, amelyek egymásra visszavezethetetlenek.¹⁶⁴ A dualista felfogás értelmében az ember részese egy szellemi dimenzióknak, amely a materiális világtól ontológiailag elkülönül. A dualizmus egyik változata a *parallelizmus*, amely szerint minden mentális eseménynek megfelel egy vele egy időben, párhuzamosan lejátszódó fizikai esemény: egy sajátos érzetnek egy sajátos neuronhálózati aktivitás, de kölcsönhatás nincs közöttük. Ezzel szemben az *interakcionizmus* – mint a nevében is kifejeződik – kölcsönhatást tételez fel a két entitás között. A dualizmusok ellentétpárja az *eliminatív materializmus*, amely az elmét az anyagra redukálja, mondván, hogy mentális események nincsenek, csak idegrendszeri folyamatok. Az egyik legitím és széles körben elterjedt természettudományos megközelítés az *emergenzizmus* vagy *emergens materializmus*. Eszerint a mentális szférát a neuronhálózatok aktivitása hozza létre, de az egy új szintet jelent, amelynek megjelenéséért ugyan az összekapcsolt idegsejtek rendszerében lejátszódó elektrokémiai folyamatok a felelősek, de az új szinten olyan tulajdonságok jelennek meg, amelyek erre a rendszerre nem vezethetők vissza. Gerhard Roth neurobiológus szerint ilyen emergencia-jelenség például az „Én”-képzet, amely az agy által létrehozott virtuális cselekvő az ugyancsak az agy által konstruált világmodellben.¹⁶⁵

¹⁶¹ „Egy dolog azonban biztos, mégpedig az, hogy az elmúlt 400 évben a szubjektív és az objektív nézőpont episztemológiai szakadéka határozta meg a tudatfilozófiai diskussziókat, és ez a különbség áll még a jelenkori filozófiai viták középpontjában is.” Uo. 136.

¹⁶² „We have every reason to believe that consciousness and decision making arise from the electrochemical activity of neural networks in the brain. But how moving molecules should throw off subjective feelings (as opposed to mere intelligent computations) and how they bring about choices that we freely make (as opposed to behavior that is caused) remain deep enigmas to our Pleistocene psyches.” Pinker, S.: p. 240.

¹⁶³ „Elég a Journal of Consciousness Studies számainak tanulmányozni és rögtön meggyőződhetünk arról a tényről, hogy manapság a megoldást illetően majdnem teljes intellektuális káosz uralkodik. A vitákban minden lehetséges módszer, minden lehetséges elmélet, minden lehetséges és lehetetlen javaslat is elhangzik: például, egyesek egyszerűen tagadják a qualia létezését, mások a reprezentációval azonosítják a tudatosság kvalitatív formáját. Megint mások az agyi jelenségek hihetetlen komplexitásával magyarázzák a minőségi sajátosságok megjelenését, megint mások a kvantummechanikai hullámfüggvénynek a citoskeletális mikroszövegekben a gravitáció által előidézett kollapszusával magyarázzák a tudatosságot, megint mások a tudatosság elemi részecskéjének, a pszichonnak a bevezetését javasolják, és persze megint mások a hagyományos dualizmusban, az epifenomenalizmusban, a panpszichizmusban vagy a teljesen szégyentelen idealizmusban vélik a probléma megoldását fellelni.” In.: Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. 11. lábjegyzet.

¹⁶⁴ Ennek a felfogásnak egy változatát fejti ki közös könyvükben a Nobel díjas neurobiológus, Eccles és a tudományfilozófus Popper. A könyv címe önmagáért beszél: *The Self and its Brain*.

¹⁶⁵ „Dieses Ich ist nicht der Steuermann... Vielmehr ist es ein virtueller Akteur in einer von unserem Gehirn konstruierten Welt, die wir als unsere Erlebniswelt erfahren.” Roth, G.: Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. Suhrkarap Verlag, Frankfurt am Main, 2001.

Sok neurobiológus, pszichológus és filozófus nem találja kielégítőnek a mai elképzeléseket és elméleteket. Ezek egy része abban hisz, hogy a tudomány majd megtalálja a megoldódást, mások – mint 137 évvel ezelőtt Emil Du Bois-Reymond – eleve megoldhatatlannak tartják a problémát.¹⁶⁶ Steven Pinker így foglalja össze a jelenlegi helyzetet: „*A rejtélynek van egy bosszantóan holisztikus aspektusa. A tudatosság és a szabad akarat – úgy tűnik –, minden szinten elfedi a neurobiológiai folyamatokat, és nem vezethető vissza sem a részlemek kombinációjára, sem azok kölcsönhatásaira.*”¹⁶⁷ Bármilyen legyen is a kölcsönhatás mikéntje a neuronok és a szellem világa között, nem változtat a tényen, hogy az emberi agy szerkezetében és működésében két világ lenyomata nyilvánul meg. A biológiai evolúció objektív és racionális szelekciós folyamatai során kialakult materiális agyunk – az állati agyaktól eltérően – beágyazódik egy szellemi, kulturális környezetbe is. Attól fogva, hogy ez a szféra első kezdeményeiben megjelent, a további – igen gyors és intenzív – fejlődés a biológiai és a kulturális evolúció kettős hatásrendszerében történt. A mai ember pszichikumának információfeldolgozó képességei (kognitív architektúra) ennek a koevolúciónak a folyamatában, több egymásra épülő szakaszban alakultak ki.

7.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében az emberi agyat mint komplex és kitüntetett információs rendszert vizsgáltuk. Az agyműködés vizsgálati módszereiből kiindulva felvázoltuk az agykutatás néhány alapkérdését, bemutattuk a neurális információs rendszer funkcióit, rendszerbe foglaltuk a külső világ agyi reprezentációjának szintjeit. Ismertettünk az agyműködés értelmezésére vonatkozó modelleket és a reprezentációk kialakulására, az aktivációs mintázatok szerepére vonatkozó elképzeléseket. Foglalkoztunk az agy és a számítógép működésének összehasonlításával, valamint az agyműködés és a tudatosság kapcsolatával is.

7.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Melyek az emberi agy alapfunkciói és az agykutatás alapkérdései?
2. Milyen szinteken képezi le az agy a külső világot?
3. Mi a szerepe az agy aktivációs mintázatainak az agy megismerő működésében?
4. Melyek az agyműködés leírásának episztemológiai korlátai?

¹⁶⁶ A neves német természettudós-orvos egy 1872-ben tartott előadásában fejezte ki azt a meggyőződését, hogy a tudatosság kérdése a tudomány számára megoldhatatlan problémák közé tartozik. „*Dies neue Unbegreifliche ist das Bewusstsein. Ich werde jetzt, wie ich glaube, in sehr zwingender Weise darthun, dass nicht allein bei dem heutigen Stand unserer Kenntniss das Bewusstsein aus seinen materiellen Bedingungen nicht erklärbar ist, was wohl jeder zugiebt, sondern dass es auch der Natur der Dinge nach aus diesen Bedingungen nie erklärbar sein wird.*” Bois-Reymond, E. Du: Über die Grenzen des Naturerkennens.

¹⁶⁷ „These puzzles have an infuriatingly holistic quality to them. Consciousness and free will seem to suffuse the neurobiological phenomena at every level, and cannot be pinpointed to any combination or. interaction among parts.” Pinker, S.: p. 240.

8. INFORMÁCIÓ, JEL, JELENTÉS A SZEMANTIKAI INFORMÁCIÓELMÉLETBEN

8.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy betekintést adjon a jelek és jelentések világába. A tananyag áttanulmányozása során a hallgató meg fogja érteni, hogyan vezethető le az elemi információs jelenségekből a jelek és jelentések világa. Megismeri a jelekkel foglalkozó tudomány előtörténetét, kialakulását, és elsajátítja a fontosabb alapfogalmakat. Betekintést kap a szemiotika néhány fontosabb részterületébe, képet alkot a tudományterület néhány problémájáról.

8.2 TARTALOM

Információ, jel, jelentés, kognitív habitus és kultúra. A jeltudomány kialakulása és előzményei. A modern jeltudomány megalapozói. Jel, jeltárgy, jelentés, jelpéldány. Jeltipológia. A jelfolyamat elemei és a közöttük kialakuló kapcsolatok. A jelhelyzet elemzése, a szemiózis dimenziói.

8.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

8.3.1 Információ, jelrendszerek és kultúra

Az információ alakzatként, mintázatként történő értelmezése elvezet a jelek és jelentések világába. A jelentés az információ sajátos minőségi (kvalitatív) aspektusa, amelyet a jelek kódolnak, közvetítenek, jelenítenek meg, idéznek fel. Az információ kvantitatív értelmezése csupán azt jelenti, hogy hány lépésben lehet egy adott szimbólumelrendezés pontos, egyértelmű azonosításához eljutni. A kvalitatív megközelítés viszont az információ tartalmára, értelmére, jelentésére irányul. A természetben és a társadalomban – a gépi rendszerektől eltérően – az információ és jelentése általában szétválaszthatatlan egységet képez. Az emberi társadalomban a jeleknek és a jelek dinamikus hatásrendszerének, a kommunikációnak meghatározó, konstitutív szerepe van a kulturális szféra működésében.¹⁶⁸ Az ember jelhasználó, jeleket létrehozó és jeleket felismerő lény. Az emberi kultúra egésze jelekből és jelrendszerekből tevődik össze. A Homo sapiens kognitív habitusa a jelek és a jelentések világa, ez képezi fajunk sajátos kulturális ökológiai fülkáját. „Az ember szimbolikus aktivitásának fejlődésével párhuzamosan távolodik el a fizikai valóság közvetlen hatásaitól. A dolgokkal való foglalkozás helyett bizonyos értelemben folyamatosan önmagunkkal társalgunk. Oly mértékben vesszük körbe magunkat nyelvi kifejezésekkel, mívesen megformált képekkel, mitikus szimbólumokkal, vallási szertartásokkal hogy való-

¹⁶⁸ John Dewey írta 1915-ben, *Demokrácia és nevelés* című könyvében: „Nemcsak úgy áll a helyzet, hogy a társadalom átadás-átvétel [transmission] által, közlés-közlekedés [communication] által marad fenn, de joggal mondható, hogy az átadás-átvételben, a közlés-közlekedésben létezik. Több mint verbális kapcsolat van a közös, közösség, közlés-közlekedés között. Az emberek a közösen bírtak révén élnek közösségben; s a közösen birtokoltakhoz a közlés-közlekedés juttatja őket.” (Dewey, *Democracy and Education*, New York: Macmillan, 1915. 4. o.) Idézi: Nyíri Kristóf: Bevezetés a kommunikációfilozófiába. Stúdiumvázlat. http://nyitottegyetem.phil-inst.hu/kmfil/bevkm_long.htm (2011.05.04.)

*ságészlelésünk és tudásszerzésünk egy közénk és a valóság közé beékelődött mesterséges médiumon keresztül történik.*¹⁶⁹

8.3.2 A jeltudomány kialakulása és előzményei

A jelek mibenlétével, a jelek és jelrendszerek kategorizálásával, a jelrendszerek elemeinek egymás közötti, valamint a jel és a jelentés kapcsolata illetve a jel és tárgy közötti viszony elemzésével foglalkozó interdiszciplináris tudomány a szemiotika (a jel tudománya, jeltudomány).

Mint oly sok más tudományág kezdetei is, a jeltudomány első nyomai a görög filozófiában találhatók meg. A szemiotika, illetve szemiológia szavak is görög eredetűek: a széma – jel, illetve a szémeiotike – jelmegállapítás kifejezésekre vezethetők vissza. A szémeiotike kifejezést Galenus és követői az orvosi gyakorlatban „tünettan” értelemben használták. A sztoikus filozófusok szavak jelentésével kapcsolatos vitái, Szókratész, Platón és Arisztotelész ismeretelméleti és logikai fejtegetései egyaránt a szemiotika előfutárának tekinthetők. A középkorban a skolasztikus gondolkodást, az ismeretelméleti és logikai vitákat – gondoljunk csak a nominalisták és a realisták harcára – áthatotta a mai szemiotika körébe tartozó problémák tudatossága. **Szent Ágoston** definíciója a jelről ma is használható: „*Jel az, ami az érzékelésnek önmagát, a léleknek pedig önmagán kívül valami mást tár elébe.*”¹⁷⁰ **John Locke**, az újkor nagyhatású filozófiai gondolkodója volt az, akinek az Értekezés az emberi értelemről című művében (An Essay Concerning Human Understanding, 1690) a modern jeltudomány bizonyos alapelemei már fellelhetők. Ennek a művének utolsó részében Locke a tudományok rendszerezésével foglalkozik. Szerinte a tudományokat vizsgálódásuk irányultsága alapján három csoportra lehet osztani: füziké (természetfilozófia), praktiké (a hasznos és jó célok elérésének módszertana, amelynek legfőbb része az etika) és szemiotiké (amely a jelek tudománya, a jelek természetét vizsgálja).¹⁷¹

8.3.3 A modern szemiotika megalapozói

A modern szemiotika megalapozójának két, a 19. század második felében alkotó tudós, az amerikai **Charles Sanders Peirce** (1839–1914) és a svájci **Ferdinand de Saussure** (1857–1913) tekinthető.

Peirce filozófus, matematikus, csillagász volt, és a pragmatikus filozófia rendszerének egyik kidolgozója. Logikával is foglalkozott, ő tette ismertté Amerikában George Boole logikai algebráját, 1867-ben. A logika részének tartotta a szemiotikát is, olyan tudománynak, amely is-

¹⁶⁹ Ernst Cassirer szövegét Neil Postman idézi: „Physical reality seems to recede in proportion as man's symbolic activity advances. Instead of dealing with the things themselves man is in a sense constantly conversing with himself. He has so enveloped himself in linguistic forms, in artistic images, in mythical symbols or religious rites that he cannot see or know anything except by the interposition of [an] artificial medium.” Cassirer, E.: An Essay on Man, 1956. In.: Postman, N.: Amusing ourselves to death. New York, Viking Penguin, 1984. 10.

¹⁷⁰ Idézi: Fülöp Géza: Az információ. Egyetemi és főiskolai jegyzet. Budapest, ELTE, 1996.

¹⁷¹ „... ezt az ágazatot szemiotikének vagy a jelek tudományának lehetne nevezni, amelyek között a legszokottabbak a szavak, de elég alkalmas volna logiké, logika néven emlegetni. Ennek a feladata megvizsgálni azoknak a jeleknek a természetét, amelyeket az elme használ a dolgok megértésére vagy tudásának másokkal való közlésére. Mert mivel ama dolgok közül, amelyeket az elme szemlél, magát az elmét kivéve, egyik sincs jelen az értelemben, szükséges, hogy valami más, a vizsgált dolgok valami jele vagy ábrázolása legyen ott, és ezek az ideák. Locke, John: Értekezés az emberi értelemről. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1979. 2. kötet, 340.

meretelméleti kérdések körébe tartozó problémákat tanulmányoz (a jel és jelölt közti oksági viszonyokat). A jelek logikai módszerrel történő csoportosítása – amelyet először ő végzett el – máig meghatározó a szemiotikai gondolkodásban.

Saussure nyelvész volt, és számon tartjuk a modern nyelvtudomány egyik megalapozójaként is. Életműve elsősorban a szemantika megalapozására terjedt ki. Úgy gondolta, hogy a szemiotika a pszichológia részét képezi, a nyelvtudomány pedig a szemiotika rész tudománya. A „Bevezetés az általános nyelvészetbe” című művében az alábbiak szerint határozta meg az új tudomány tárgyát és helyét a tudományok között: „Elképzelhetünk tehát egy olyan tudományt, amely a jelek életét tanulmányozza a társadalmi életen belül, ez a társaslélektan és következőképpen az általános lélektan része lenne, amelyet mi (a görög szemion – jel – szó alapján) szemiológiának nevezünk.¹⁷² Ez arra hivatott megtanítani bennünket, miben állnak a jelek, s milyen törvények igazgatják őket”.

Az első összefoglaló szemiotikai mű az amerikai **Charles W. Morris** fő műve, a *Foundations of the Theory of Sign* (A jelek elméletének alapjai) 1938-ban jelent meg.¹⁷³ Morris vezette be a szemiotika három részterületének, a szemiózis elemeit képező szemantikának, szintaktikának és pragmatikának a megkülönböztetését.

Morris ismertette meg Peirce munkásságának eredményeit a szakmai közönséggel, és kora tudományait – mindenekelőtt a filozófiát, pszichológiát és nyelvészetet – szemiotikai nézőpontból elemezte. Érdekes idézni fő művének bevezető sorait: „Az ember a legfőbb jelhasználó állat. Természetesen a többi állat is tud úgy reagálni bizonyos dolgokra, mint más valaminek a jeleire, de ezek a jelek nem érik el azt a bonyolultságot és kidolgozottságot, amelyet például az emberi beszéd, az írás, a művészet, a kísérleti eszközök, az orvosi diagnózisok és a jelzőberendezések felmutatnak. A tudomány és a jelek elválaszthatatlan kapcsolatban állnak egymással, mert egyrészt a tudomány igen megbízható jelekkel látja el az embert, másrészt pedig a tudományos eredmények is jelrendszerekben öltenek testet. Az emberi civilizáció léte jelektől és jelrendszerektől függ, és az emberi szellem elválaszthatatlan a jelek funkcionálásától, ha ugyan nem azonosítható az emberi szellem működése ezzel a működéssel.”¹⁷⁴

A 20. században sok kutató foglalkozott szemiológiai kérdésekkel, többek között a lengyel filozófus Adam Schaff, az orosz nyelvész Roman Jakobson és az olasz Umberto Eco, a szemiológus esztéta. Az első szemiotikai világkongresszust 1962-ben tartották. Azóta a szemiotika az információkkal foglalkozó, egymással kapcsolódó és egymást részben átfedő tudományterületek egyikeként vált közismertté. A modern szemiotika részben interdiszciplináris, határterületi tudomány, amely összekötő szerepet játszik a különböző tudományok

¹⁷² „A szemiológia és a szemiotika kvázi szinonim kifejezések. A szemiotika kifejezés inkább az angolszász nyelvterületen használatos, elsősorban a Peirce-féle jeltudományi felfogás alapján ill. manapság többnyire így jelölik ezt a diszciplínát más nyelvterületeken is, de Saussure a szemiológia megnevezést használta az általa felvázolt nyelvtudományra, így francia (valamint olasz és spanyol) nyelvterületen ez a kifejezés terjedt el. Etimológiailag mindkét megnevezés a görög szemiótiké, azaz 'jelmegállapítás' szóból származik (alapja a széma, azaz 'jel' kifejezés).” In: *Irodalom, irodalomtudomány, irodalmi szövegelemzés*, ELTE munkacsoport. <http://germanistik.elte.hu/irodbev/> (2009. február 16.)

¹⁷³ A könyve az *Egyesített Tudomány Nemzetközi Enciklopédiája* című sorozatban jelent meg. A sorozatot az Amerikába emigrált Bécsi Kör meghatározó személyiségei – közöttük Otto Neurath és Rudolf Carnap – indították, és nagyigényű célját címe is jól kifejezi. Nem véletlen, hogy Morris munkája ebben a sorozatban látott napvilágot, hiszen ő a szemiotikát a tudományok egyesítése felé vezető út egyik lépcsőjének tekintette.

¹⁷⁴ Idézi: Fülöp Géza: *Az információ. Egyetemi és főiskolai jegyzet*. Budapest, ELTE, 1996. 84. o.

között, ugyanakkor van a szemiotikának egyféle transzdiszciplináris jellege is, hiszen egyik alapvető célja a jelek világának általánosan érvényes leírása.¹⁷⁵

8.3.4 A jelfogalom értelmezése

Mi a jel? Erre a kérdésre nem könnyű válaszolni, pontosabban egyetlen, minden jelformára és minden jelviszonyra alkalmazható, tehát átfogóan és maradéktalanul érvényes definíciót nem lehet adni. A sok létező meghatározásból azonban ki lehet választani néhányat, amelyek egymást kiegészítve és megerősítve segítenek a fogalom értelmezésénél. Elsősorban a jeltudomány klasszikusainak definícióit idézzük.

Saussure szerint *„Jelen azt az egészet értjük, amely egy jelölőnek egy jelölttel való aszociációjából jön létre.”*

Peirce meghatározása: *„A jel vagy helyettesítő (representamen) az, ami valamit valaki számára valamely tekintetben vagy minőségben helyettesít.”*

Morris a következő meghatározást adja: *„... a jel valami egyebet reprezentál vagy helyettesít, mint önmaga.”*

Georg Klaus szerint: *„A jel, jelzés, valamely információ hordozója. A jel mindig egy üzenetet, információt vagy információ alkatrészét tartalmazza. A jel valami magától különbözőre, vagyis egy tárgyra, viszonyra stb. utal, amelyet megjelöl. Ez a tárgy stb. a jel jelentésének forrása.”*

Umberto Eco szellemes és közérthető választ fogalmazott meg: *„Az ember olyan állat, amely fajtársainak meg tud jeleníteni térben és időben távoli dolgokat, vagy érzékeivel nem észlelhetőket. Ehhez használja a jeleket. Szemiotika az a tudomány, amely mindazzal foglalkozik, amivel az ember hazudni képes.”*¹⁷⁶

8.3.5 Jel, jeltárgy, jelentés, jelpéldány

Valamennyi meghatározásból az olvasható ki, hogy a jel mindig helyettesít valamit. A helyettesített dolgot vagy dolgok csoportját jeltárgynak vagy jelöltnek nevezzük, a jel és a jelölt egymásra vonatkoztatásának, összekapcsolásának a folyamatát pedig szemiózissnak.

Rendszerszemléletű megközelítéssel azt is mondhatjuk, hogy a szemiózis két rendszer egymásra vonatkoztatása, két tulajdonsághalmaz közötti reláció realizálása, amely reláció többféleképpen létrejöhet. A jelként szereplő rendszer struktúrájában kódolva van a jelölt struktúraleírása. A jelként szereplő rendszer mindig egyszerűbb, általánosabb és elvontabb mint a jelölt, amely ellenben komplexebb, egyedibb és konkrétabb. A jel tehát az a tulajdonság, vagy azoknak a tulajdonságoknak az összessége, amely a jelöltet helyettesíti.

A jel anyagi hordozója a jelpéldány. (Köznapi szóhasználatlalt ezt nevezik jelnek.) A jelrendszerek általában véges számú jelet tartalmaznak, míg a jelpéldányok száma potenciálisan végtelen. Vannak olyan jelek is, amelyeknek csak egy jelpéldányuk van. Ilyen pél-

¹⁷⁵ „A szemiotika attól függően, hogy kutatástípusként vagy tanként, elméletként vagy módszeregyüttesként határozzuk-e meg, számos tudomány vagy doktrína eszközt alkalmazhatja a logikától és matematikától a nyelvészetig, esztétikáig és valamennyi társadalomtudományig”. Alice Jardin szövegét „A jel tudománya – szemiotika” c. kötetből idéztük. Horányi Özséb – Szépe György (szerk.): A jel tudománya – szemiotika. General Press, 2005, Budapest. 403. o.

¹⁷⁶ Idézi: Smith, John Maynard: Die Entwicklung der Kommunikation unter Tieren. Teleakademie, Südwestfunk, 1998.

dául egy műalkotás. Az ebbe a kategóriába tartozó jeleket Peirce egyszeri jelként (sinsign) különbözteti meg.

A jelpéldány és a jel kapcsolatát a kommunikáció folyamatában vizsgálva beszélhetünk szignifikánsról és szignifikátumról. A szignifikátum a jel értelmét, az információt jelenti, míg a szignifikáns ennek fizikai hordozója. A kettőt együtt kommunikátumnak nevezük.¹⁷⁷

A jel a legtöbb esetben nem egyetlen dolgot, jelenséget, hanem azok csoportját helyettesíti. A jelek helyettesíthetnek dolgok, jelenségek közötti viszonyokat, de jelenthetnek olyan elvont fogalmakat is, amelyeknek osztályai nem határolhatók körül egyértelműen. A jelöltek és a jelpéldányok a valóságban léteznek, míg a tudatunkban, az agyban a jelek és fogalmak megfelelői, a reprezentációk találhatók. A jelek kapcsolják össze a jelölteket (a jelpéldányon keresztül) és a tudati képeket (a reprezentáción keresztül).

8.3.6 A jetipológia

Az információfogalom értelmezése során a szemiotika gazdag és szövevényes tudáskorpuszából számunkra különösen a jelek megnyilvánulási formáinak számbavétele fontos, mivel ez egyúttal az információ-közvetítés alaptípusait is jelenti. A jelek első – és azóta is legátfogóbb – osztályozását a jeltudomány klasszikusa, Pierce végezte el még a 19. században. Ő a jeleket három szempont szerint osztályozta, amely szempontok közül számunkra a jelek tárgyukhoz való viszonya érdekes. A jel és tárgya (jelölő és jelölt) viszonya alapján a jelek három osztálya különböztethető meg: az index, az ikon és a szimbólum.

Az **index** olyan jel, amely közvetlen, ok okozati kapcsolatban van tárgyával. Ilyen kapcsolat van a tűz és a meleg (a füst, a fény stb.); a villámlás és a mennydörgés; a szél és a falevelek zizegése; a pókhálóba belecsapódó légy és a háló rezdülése; a sült hús és a sercegés; a lopakodó macska és látványa; a kerítésnek ugró kutya és a velejáró zöreje, a kutya és ugatása stb. között. Index az, amikor az élőlény számára közvetlen környezete fizikai hatásaiban nyilvánul meg: a világ indexek közvetítésével „képezi” le önmagát.¹⁷⁸

Az **ikon** (ikonikus jel) esetében a jel vizuálisan emlékeztet tárgyára, mintegy leképezi azt – ez a leképezés pontossága széles skálán mozoghat: a néhány vonalas skicctől az élethű hologramig. Ikonikus jel a mellékhelységek ajtajára montírozott férfira-nőre utaló párvonalas vázlat; a kapun a kutyafejes embléma; a számítógépes képernyőn látható sok kis ábrácska; egy festmény, szobor vagy fénykép; egy egyiptomi hieroglifa; a térkép; az esetleges vadfelbukkanásra figyelmeztető tábla ugró szarvasábrázolása stb. Az ikonikus jel esetében a jel és tárgya szétválik, a közöttük lévő kapcsolat alapja a hasonlóság. Az ikon

¹⁷⁷ „...a kommunikátum egy szignifikánsból és szignifikátumból álló pár, ahol a szignifikátumot, mint jelentést, értelmet vagy információt tekinthetjük (így például az »Esik az eső.« mondat jelentését, értelmét vagy a benne foglalt információt), a szignifikánst pedig ezen szignifikátum fizikai hordozójának (vagyis például az »Esik az eső.« mondat leírásakor leírni szükséges betűket, írásjeleket és magát ezek elrendezettségét).” Horányi Özséb: Az információs társadalom koncepciójától az információ kultúrája felé. Elektronikus dokumentum. <http://ebooks.gutenberg.us/Wordtheque/hu/AAACJE.TXT>.

¹⁷⁸ Peirce megfogalmazásában: „Indexnek nevezzük azt a jelet vagy ábrázolást, amely tárgyára nem azért utal, mert hasonlít hozzá, illetve analógiát mutat vele, vagy olyan általános jegyekkel társítható, amelyek történetesen e szóban forgó tárgyban is megtalálhatók, mint inkább azért, mert dinamikus (és ezen belül térbeli) kapcsolatban van mind az egyedi tárggyal, mind annak az érzékeivel, illetőleg emlékezetével, aki jelként veszi igénybe. Az idézet forrása: A jel tudománya. Szerk.: Horányi Özséb–Szépe György. Budapest, Gondolat, 1975.

nem egyedi tárgyakat, jelenségeket, dolgokat, hanem ezek teljes osztályát jelenti. Az ikonikus jel absztrakció és kategóriaképzés eredménye.¹⁷⁹

A **szimbólum** esetében a jel és a jelölt közötti kapcsolat konvencionális, esetlegesség vagy tudatos választás, megjelölés eredménye.¹⁸⁰ (A Morse-ábécé jeleit tudatosan állították össze, míg a „kutya”, „Hund”, „dog” „coőaka” szavak az adott nyelvek evolúciója során spontán és esetleges módon alakultak ki négy lábú társunk megjelölésére.) Szimbólumok: a nyelvek szavai; a vegyjelek és képletek, a számok és a matematikai jelölésmódok; a zászlók és zászlójelzések; a közlekedési jelek többsége; a színek, amikor jelentést tulajdonítunk nekik; számos vizuális kompozíció (címer, logó, emblémák, járulékos jelentéssel felruházott ikonok) stb. A szimbólumok olyan jelek, melyeket az ember szabadon alkotott. A jel és tárgya közötti ilyen kapcsolatteremtés képessége és készsége mai tudásunk szerint az emberi faj megkülönböztető sajátossága.

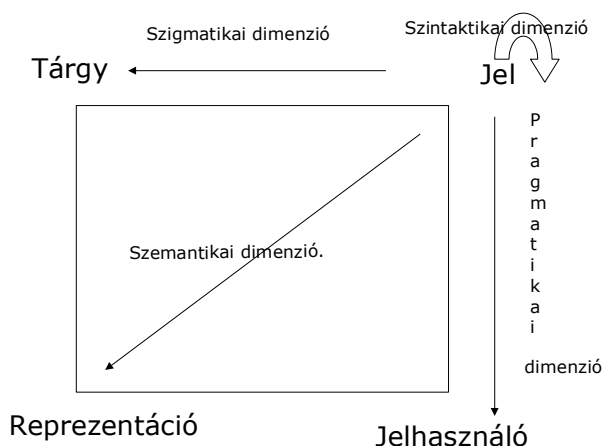
8.3.7 A jelfolyamat elemei és a közöttük kialakuló kapcsolatok

A szemiózis (jelfolyamat) fogalom Charles Morristól származik, és ez alatt a jelfolyamat egyes elemei közötti kapcsolatokat értette. A mai szemiotikában a jelfolyamat vagy jelhelyzet elemzésekor abból indulunk ki, hogy négy alaptényezővel és négyféle relációval kell számolnunk. A négy tényező: a jel, a jelölt, a tudati képmás, valamint a jelölő és jelhasználó ember. A jelhelyzet elemei között kialakuló viszonyok pedig – amelyeket a szemiózis dimenzióinak is neveznek – a következők:

1. A szigmatikai dimenzió – a jel és a jelölt objektum közötti viszony
2. A szintaktikai dimenzió – a jelek egymás közötti viszonya
3. A szemantikai dimenzió – a jel és a tudati képmás közötti viszony
4. A pragmatikai dimenzió – a jel és a jelértelmező, jelhasználó ember közötti viszony

¹⁷⁹ Peirce megfogalmazásában: „Az ikon olyan jel, amely az általa jelölt tárgyra csupán önmaga tulajdonságainál fogva vonatkozik, akár jelen van ez a tárgy aktuálisan, akár nincs.” Az idézet forrása: Fülöp Géza: Az információ. Egyetemi és főiskolai jegyzet. Budapest, ELTE, 1996. 85.

¹⁸⁰ Peirce megfogalmazásában: „A szimbólum olyan jel, amelyet pusztán vagy főleg az a tény tesz jellé, hogy jelként használják és értik meg, függetlenül attól, hogy természetes-e vagy konvencionális ez a szokás; tekintet nélkül azokra az indítóokokra, amelyek eredetileg szabályozták a kiválasztását.” Az idézet forrása: A jel tudománya. Szerk.: Horányi Özséb–Szépe György. Budapest, Gondolat, 1975.



10. kép A szemiózis dimenziói

Nézzük meg, mi jellemzi ezeket a viszonyokat!

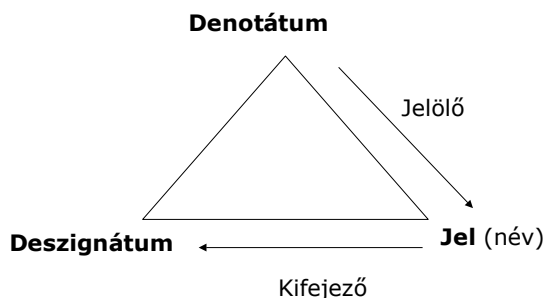
8.3.8 A szigmatikai dimenzió

A **szigmatika** a jelölő viszonyt, a jelnek a jelöltre vonatkoztatását vizsgálja. Gyakran együtt tárgyalják a szemantikával: Morris is csak szintaktikai, szemantikai és pragmatikai dimenzióról beszélt. Ennek ellenére célszerű külön tárgyalni a két viszonyt, mivel a jel és jelölt kapcsolatának különböző aspektusairól van szó. Más dolog ugyanis jelölni, és megint más jelenteni valamit. A jelfolyamat elemei közötti kapcsolatot először Gottlob Frege értelmezte 1892-ben. Szerinte a jelfolyamat három eleme a jel, a jelölt dolog (a jel referense, denotátum – a valóság)¹⁸¹ és a jel értelme (deszignátum – fogalom). A jelfolyamat résztvevői között három viszonyt állapított meg:

1. A jelölő vagy denotáló viszony jelnek a jeltárgyhoz, a denotátumhoz való viszonya (denotáció).
2. A kifejező vagy deszignáló viszony a jelnek a fogalomhoz, a deszignátumhoz való viszonya (deszignáció).
3. A fogalomnak a valóságra, a deszignátumnak a denotátumra vonatkozó viszonya.

A jel egyaránt jele a valóságos objektumoknak, és ezek tudati megfelelőjének. Például az asztal (table, der Tisch) jel egyaránt jelöl valóságos asztalokat és az asztal fogalmát.

¹⁸¹ Referensznek is írják, és jelöltnek is mondják.



11. kép A Frege-háromszög

Ha a jel egy konkrét dolgot, tárgyat, jelenséget jelöl, akkor a jel referenséről vagy denotátumáról beszélünk. A dolgok, tárgyak, jelenségek azon virtuális halmaza, amelyre a jel vonatkozatható, az adott jel deszignátuma. Ebben az esetben, ha a jel egy teljes osztályt jelöl, akkor a jel deszignátumáról beszélünk. Ha az osztálynak csak egy tagja van, akkor a denotátum és a deszignátum egybeesik. Ilyenek például a tulajdonnevek. A legtöbb esetben azonban a deszignátum és a denotátum nem fedi egymást. Ebben az esetben egy osztálynak több tagja van. Ha a jel által jelölt osztálynak nincs egyetlen tagja sem, akkor üres a halmaz. Ebben az esetben csak deszignátuma van, de nincs referense. Ebbe a csoportba képzeletbeli lények nevei tartoznak, a nimfák, faunok, kentaurok, illetve a „nimfa”, „faun”, „kentaur” szó. Deszignátuma értelemszerűen minden jelnek van, referense viszont nem. Ebből következik, hogy a jelölő viszonyban elsődleges a deszignáció.

8.3.9 A szintaktikai dimenzió

A **szintaktika** a jelek egymáshoz való viszonyával, kapcsolataikkal foglalkozik. A jelek viszonya a legegyszerűbb esetben mindössze annyiban érdekes, hogy képesek legyünk azonosítani vagy egymástól megkülönböztetni őket. Egyszerű jeleknél, szignáloknál ennél többre nincs is szükség. Legtöbbször azonban általában összetett rendszerben jelennek meg, és ezek a térben összekapcsolódott és/vagy időben egymás után következő jelek bizonyos szabályok szerint szerveződnek. Azoknak a szabályoknak az összességét, amelyek meghatározzák, hogy egy jelrendszerben a jelek milyen csoportosításai megengedettek, az illető jelrendszer szintaxisának nevezzük. A mindössze egy idődimenzióban szerveződő jelsorozatok szabályrendszerét viszonylag könnyű elemezni. Ebbe a csoportba tartozik a kultúra két meghatározó jelrendszere, a nyelv és a zene is. A szintaxis ismerete lehetővé teszi, hogy hibás jelsorozatokot korrigáljunk a jelek sorrendjének átrendezésével, illetve, hogy hiányos jelsorozatokot kiegészítsünk. A szintaktikai szabályok nem egyszer s mindenkorra adott, megváltoztathatatlan rendszerek, hanem az időben változnak. A szemantikai dimenzió

A **szemantika** központi kategóriája a jelentés; a jel és a mentális reprezentáció viszonyával foglalkozik. A jelentés nagyon bonyolult hatásrendszer eredményeképpen nyilvánul meg a jel hatására az interpretáló tudatában. Azonos jelek, jelsorozatok jelentése például különböző társadalmakban, eltérő kultúrákban illetve szubkultúrákban más és más lehet. A jelértelmezés számos tényezőtől függ: az értelmező kulturális háttérétől, a jel környezetétől, a kontextustól, a szituációtól stb. Pontos, egyértelmű szabályrendszer nem létezik és elvileg sem lehetséges. A szintaktikai szabályok konvenciók, amelyet elvileg mindenki

ismerhet. A szemantika viszont csak részben konvenció, inkább egyéni szemantikai rendszerekről beszélhetünk, amelyek eltérnek egymástól. A kommunikációt ezeknek a szemantikai rendszereknek a részbeni átfedései teszik lehetővé és az, hogy a közös elemekből kiindulva van lehetőség az eltérő szemantikai rendszerek egyeztetésére, korrekciókra. Mivel minden jel jelentése révén tölti be jelölő funkcióját, így a szigmatikának is van szemantikai meghatározottsága. Különösen szembeötlő ez akkor, amikor a konnotáció jelenségéről van szó. A **konnotáció** többszörös jelölést vagy többszintes együttjelölést jelent. Általában a denotáció mint alapjelentés mellett, azon túl jelenik meg a másodlagos vagy többszörös jelentés. A denotáció és konnotáció aránya a különböző jelrendszerekben eltér egymástól. A matematika és a különböző programnyelvek par excellence denotatív jelrendszerek, az egyes jelek jelentése teljesen egyértelmű, nincs másodjelentésük. Ezzel szemben a műalkotások olyan összetett jelrendszerek, amelyek értelmezésében a denotáció és a konnotáció megkülönböztetésének döntő jelentősége van.

8.3.10 A pragmatikai dimenzió

A **pragmatika** a szemiotikának az a területe, amely a jelhasználat kérdéseivel foglalkozik. Amíg a szintaxisnál a jelek egymással való viszonya, a szigmatikánál és a szemantikánál a jel és a jelölt, illetve a jel és a jelentés viszonya a meghatározó, itt a jel és annak használója közötti viszony képezi az elemzés tárgyát. A pragmatika igen szerteágazó terület, végül is átfogja az ember teljes „társadalmi praxisát”. Olyan kérdéseket vizsgál, amelyek egyúttal a kommunikációelmélet, szociológia, pszichológia témakörébe is beletartoznak.

A szemiotika tudománya abból indul ki, hogy azok a jelkapcsolatok, amelyeket vizsgál, társadalmi jelenségek. Társadalom nélkül nincs szemiózis – vallja a tudomány több képviselője. A tananyag további fejezeteiben az információ, a jelölés, jelértelmezés és jelentés folyamatait társadalmi-technikai dimenzióban vizsgáljuk tovább.

8.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében az elemi információs folyamatokból kiindulva röviden és vázlatosan bemutattuk a szemiotika néhány alapelemét. Röviden körvonalaztuk az információ, jel, jelentés, kognitív habitus és kultúra fogalomkört, ismertettük a jeltudomány kialakulásának és előzményeinek néhány meghatározó epizódját. Utaltunk a modern jeltudomány néhány meghatározó személyiségére és munkásságukra, felvázoltuk a jeltipológia egy fontos szegmensét, leírtuk a jelfolyamat elemeit és a közöttük kialakuló kapcsolatokat, körvonalaztuk a szemiózis dimenzióit.

8.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Mik voltak a szemiotika kialakulásának fontosabb előzményei?
2. Hogyan látták tudományuk feladatait és szerepét a szemiotika megalapozói?
3. Hogyan csoportosíthatjuk a jeleket? Milyen összefüggés van a jel, a jel tárgya és a jel jelentése között?
4. Mi jellemző a jelfolyamat elemeire, és milyen kapcsolatba hozhatók egymással?

9. INFORMÁCIÓ ÉS NYELVHASZNÁLAT – A NYELVI JEL

9.1 CÉLKITŰZÉS

A lecke áttanulmányozása során a hallgatók megismerik a nyelvi kommunikáció Roman Jakobson-féle modelljét, és a nyelvi jel különleges jellemzőit. Betekintést nyernek az emberi nyelvhasználat biológiai alapjaiba és evolúciójába. Meg fogják ismerni a beszéd folyamat elemeit, ezek összetevőit és jellegzetességeit. Áttekintést kapnak a nyelv társadalmi funkcióiról, és képet tudnak alkotni az elsődleges, illetve a másodlagos szóbeliség jellemzőiről.

9.2 TARTALOM

Az emberi nyelv mint kitüntetett információs rendszer. A nyelvi jel. Lingvisztikai kulcskompetenciák. A nyelv hierarchikus tagolódása. A beszéd folyamat elemei és összetevői. A nyelvi információátvitel tényezői és funkciói. A nyelv társadalmi szerepe.

9.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

9.3.1 Az emberi nyelv mint információs rendszer

Az emberi nyelv az általunk ismert legnagyobb teljesítőképességű üzenetközvetítő, információs mintázat-aktiváló és -generáló rendszer. Az elsődleges, természetes nyelvi jelrendszer a beszéd (Az írás másodlagos, származtatott és információtechnika jellegű nyelvi kód. A beszédképesség kialakulása tette lehetővé, hogy a kommunikációban részt vevő partnerek a szimbólumok szintjén kilépjenek az információcsere konkrét téridejéből, és időben vagy térben távoli, illetve elképzelt dolgokat jelenítsenek meg egymásnak.¹⁸² A beszéd folyamat ugyanolyan egyszeri, átmeneti, dinamikus jelenség, mint az agyban lejátszódó folyamatok, azzal a különbséggel, hogy azok extraszomatikus kivetítéseként az elgondolt és közlésre szánt agyi tartalmakat a jelenlévők számára is érzékelhetővé teszi. Az emberi kultúra a jelek birodalma. Ebben a bonyolult jelrendszerben a nyelvi jeleknek meghatározó szerepük van.

9.3.2 A nyelvi jel

A nyelv jelei szimbólumok, így a nyelvi jel és tárgya közötti kapcsolat konvencionális. Ha nem így lenne, csak egyetlen nyelv létezhetne a világon. Ugyanakkor ez az önkényesség evolúciós keretben érvényesül. A nyelv ugyanis történeti képződmény, amely folyamatosan változik ugyan, de bizonyos kezdeti, illetve folyamatközi esetleges szimbólumválasztások többé nem vonhatók vissza, nem tehetők semmissé. A jeltárgy és a jeleszköz kapcsolatát a beszélő közösség, az adott nyelvet használó csoport több száz, esetenként

¹⁸² „Ugyancsak különleges helyet foglal el a kommunikációban a nyelv azon képessége, hogy más időkre és helyekre utal (»elmozdulás«), és teljesen új mondatokat generál, amelyek mindazonáltal érthetők (»produktivitás«). A metonimiák révén, vagyis egy résznek az egész bemutatására való felhasználásával és a metaforák segítségével, vagyis az ismeretlennek valamely ismert dologgal történő megjelenítésével a nyelv meghaladta még azt a kötöttséget is, hogy a kommunikációban a befogadó számára minden referens (a tárgy, amit a jel jelöl) előzetesen ismert legyen.” Beniger, J., i. m., 149–150. o.

több ezer éves gyakorlati nyelvhasználata rögzíti. Így a nyelvi jel és az általa jelölt fogalom kapcsolata – ha egyszer létrejött – nem változtatható meg önkényesen. Ezt a felismerést úgy is kifejezhetjük, hogy a nyelvi jel konvencionális, de nem arbitrális. A nyelvi jelek konvencionális jellege abban is kifejezésre jut, hogy ugyanazt a valóságot a különböző nyelvek eltérően tagolják. Az egyes szavak egyszerű egymásnak történő megfeleltetése a különböző nyelvek esetében csak ritkán lehetséges. Ez teszi nehezzé a fordítók munkáját, különösen abban az esetben, ha a nyelv poétikai üzenetét szeretnék átvinni egyik nyelvről a másikra. A szimbolikus nyelvi jelek mellett vannak indexikus és ikonikus jelek is.¹⁸³

A nyelvi jelek evolúciója során valószínűleg az index és a szimptóma¹⁸⁴ jelenthették az első, korai stádiumot, ezekre épült rá a szignál- majd a szimbólumfunkció. Az index, szimptóma és szignál – mint nyelvi jel – az állatvilágban is jelen van.

Karl Bühler felfogása szerint a nyelvnek három alapvető funkciója van: ábrázoló funkció (Darstellungsfunktion), parancskiváltó, illetve utasításadó funkció (Auslöse-Befehlsfunktion), és kifejező funkció (Ausdrucksfunktion). A kifejező és az utasításadó funkció, amely az – ebben a tágabb értelmezésben „nyelvként” felfogott – akusztikus jelzésrendszer két első fokozata, az állatoknál is megfigyelhető. A nyelv felhívó, parancsadó funkciója általában szignál (a német Auslöse kifejezés szó szerint arra utal, hogy a „nyelvi jel” ilyenkor kivált valamit). A kifejező funkció szignál és szimptóma, de akár ikonikus jelleget is felvehet. A nyelv ábrázoló, reprezentatív, szimbolikus funkciója csak az emberi kommunikáció jellemzője.

A szimbolikus, leíró, reprezentatív nyelvhasználathoz a szignálfunkció továbbfejlődése vezethetett el. Ez több fokozaton keresztül, több százezer év alatt történhetett, egyre összetettebb és éppen ezért a valóságot egyre hajlékonyabban modellező információs eszköz jött létre. Az agyban felépülő reprezentációs modellek egyre tökéletesebb megfelelést tettek lehetővé a külső és a belső világ „valósága” között – anélkül azonban, hogy valamiféle objektív tükrözésről lenne szó.

9.3.3 Lingvisztikai kulcskompetenciák

A beszédképesség a génexpresszió és a környezeti hatások összjátéka következtében ki-fejlődő adottságunk. Az értelmes beszédhez bizonyos, jól definiálható képességek megléte szükséges, amelyeket lingvisztikai kulcskompetenciáknak nevezünk.

1. A lexikális kompetencia – a tartalom- és funkcióhordozó szavak ismerete.
2. A szintaktikai vagy grammatikai kompetencia – a szavak összefűzése hibátlan mondatokká.
3. A szemantikai kompetencia – értelmes mondatok alkotása és a megértése.

¹⁸³ Amikor a Bühler-féle belső állapotot kifejező funkció értelmében történő nyelvhasználatról van szó, akkor – az ok-okozati viszony alapján – a nyelvi jel indexként nyilvánul meg. A konvencionális azonban itt is jelen van. Ha nem így lenne, akkor minden nyelvben ugyanazok a fájdalomkifejezések és indulatszavak fordulnának elő. A hangutánzó szavaktól pedig nem lehet elvitatni bizonyos ikonikus jelleget sem. Természetesen ebben az esetben „akusztikus ikonokról” van szó, azaz a nyelvi jel ektoszemantikai sávjában kódozunk az adott szóval jelölt jelenség számunkra index formában megnyilvánuló „hangképét”.

¹⁸⁴ A szimptóma viszonya az indexhez emlékeztet az állókép–mozgókép relációra. A szimptóma olyan folyamatos időbeli jelsorozat, amely egy élőlény belső állapotára utal, illetve aktuális tevékenységében nyilvánul meg – nem szándékos jelölési célzattal. Ebbe a csoportba tartoznak például az állatok udvarló viselkedése, az emberi gesztusoknak és a mimikának szándékolatlan megnyilvánulásai, a részeg tántorgása, a fázó, főlő, felindult ember reszketése stb.

4. A fonetikai kompetencia – a beszédhangok képzésének, kimondásának képessége.
5. A prozódiai, intonációs kompetencia – a beszédfolyam megfelelő tagolása.

Ezekhez további, a társas-társadalmi nyelvhasználathoz szükséges kompetenciák társulnak: a kognitív kompetencia, a pragmatikai kompetencia és a szociális kompetencia. A kognitív kompetencia a megismerést szolgáló nyelvhasználatra való képesség, míg a pragmatikai kompetencia a beszéd célszerű felhasználásához elengedhetetlen. Szociális kompetencia alatt pedig a megfelelő beszédhelyzetek kialakításához szükséges kapcsolatteremtő képességeket értjük. Beszédhelyzetben ezek a kompetenciák működésbe lépnek – és anélkül, hogy tudatossá válnának – vezérlik és szabályozzák mondanivalónk megformálását és kifejezését.

9.3.4 A nyelv hierarchikus tagolódása

Meg kell vizsgálnunk azt is, hogy hogyan tagolódik, milyen alrendszerekből tevődik össze az a bonyolult információs szuperrendszer, amit nyelvnek nevezünk. Abból kell kiindulnunk, hogy hierarchikusan épülő rendszerről van szó. Minden alrendszer saját elemekkel és kombinációs szabályokkal jellemezhető. Felfelé haladva az egyes szinteken egyre összetettebb nyelvi képződményekkel és a közöttük lehetséges kapcsolatokat definiáló egyre komplexebb viszonyokkal találkozunk.

- A legalsó szint a ritmus, amely meghatározott, periodikus agyi aktivitásokon alapul (részletesebben később).
- A következő szint a fonémák rendszere. A fonémák az elemi hangoknak olyan absztrakt osztályát jelentik, amelynek tagjai bár beszélőktől függően, kontextusonként és az időben változnak, mégis eléggé hasonlítanak egymáshoz – és különböznek más fonémaosztály tagjaitól –, hogy azonosítani lehessen őket. A fonémák a nyelv alapegységei, a beszédhangok pedig ezek beszédbeli megfelelői. A fonémák segítségével tudjuk a jeleket megkülönböztetni, így a fonéma nem más, mint a nyelvi jelek elkülönítésének legkisebb egysége.
- A következő egység a szótag, nem jelentéstani, hanem akusztikai egység. Olyan hangcsoport, amelyet egyszeri szájnyitással mondunk ki.
- Morfémának nevezzük azt a legkisebb fonémaszekvenciát, amelynek saját jelentése van. A fogalom nyelvészeti és szemiotikai értelmében ez a tulajdonképpeni nyelvi jel. A morfémák funkciójuk alapján fogalom-, illetve viszonyjelölők lehetnek, alakjuk szerint szavak és toldalékok.
- A következő szint a lexéma, amely elemi szavakat jelent.
- A glosszéma morfémákból összerakott, mondatépítésre alkalmas beszédbeli egység, amely saját jelentésén túl mondatban való viszonyt is kifejez.
- A szintagma szószerkezet, két glosszéma meghatározott kapcsolata.
- A mondat pedig a legmagasabb szintű részrendszer, szintaktikai és szemantikai szempontból egyaránt egységet alkot. „*A mondat tehát alulnézetben önálló funkcionális egység, felülnézetben viszont a legkisebb egység, amely a nyelvi kommunikáció alapvető egysége.*”

káció folyamatában csak a beszédben, a szöveg szerkezeti keretében nyer igazi értelmet, töltheti be feladatát” (Fülöp, 1996).¹⁸⁵

- A szöveg olyan szóbeli vagy írásbeli közlés, amely mondatokból áll. „*Ez a nagyságrend a kommunikáció valódi közege: gondolatainknak társadalmilag érvényes formába öntött és mások számára érzékelhetővé tett közvetlen valósága.*”¹⁸⁶

9.3.5 A beszédfolyamat

A beszédfolyamat az információátvitel materiális, fizikai megvalósulása. A spontán beszéd az emberi agy „munkaplatformjában” szerveződik (részletesebben lásd az agyról szóló részben). Egy-egy ilyen szintaktikai egység 2-3 másodpercig tart, majd következik egy kb. 0,5 másodperces szünet, amely alatt a következő szintaktikai együttes tervezése, összerakása történik. Ez az újabb egység aztán a következő 2-3 másodperces intervallumban realizálódik, és így tovább, amíg a beszédfolyamat tart. A szünet gyakran paralingvisztikus vokalizációval töltődik ki. Ezek az intervallumok „az agyban felnyíló ablakok” és minden ilyen ablakban foglalt információ automatikusan kapcsolódik az előzőhöz. Ez a szemantikai egymásra vonatkoztatottság adja az összefüggőség és folytonosság szubjektív érzését. A formális agyi struktúrák működése természetesen nem tudatosul, a „gép” észrevétlenül működik a háttérben, mi csak a tartalmakat és jelentéseket észleljük, és értelmes összefüggő egészként értelmezzük az információáramlást.¹⁸⁷

A beszéd szemantikai és szintaktikai szegmentálása mögött a nyelv – és a beszédfolyam – alapelemeinek, a beszédhangoknak a szekvenciális folyama, lineáris elrendezettsége rejlik. Minden fonémának van egy variációs intervalluma, és a beszédhangoknak – amelyek fonémaváltozatok – ebben az intervallumban kell elhelyezkedniük ahhoz, hogy képesek legyünk felfogni és értelmezni őket. Az értelmezés műveletét megnehezíti az, hogy az egymást követő akusztikus jelek egymásba hatolnak és komplex hangfolyam alakul ki. Az adott nyelvet ismerő értelmező bizonyos fokú észlelési invarianciával rendelkezik, így számára az összefonódott beszédhangok diszkrét és invariáns elemekként azonosíthatók. Ez viszont megszűnik, ha nincs jelen emberi megfigyelő. Ezért olyan nehéz a spontán emberi beszéd megértésére képes rendszerek megépítése.

9.3.6 A beszédfolyamat jelentésmezői

A beszédhangok egymásra következése, a beszéd szegmentális sávja hordozza a beszédkommunikáció szemantikai jelentését. Ez adja az információátvitel denotatív, illetve konatív funkcióját (részletezve a következő részben). Az információátvitelnek ez a sávja digitálisnak is tekinthető.

¹⁸⁵ Fülöp Géza, i. m., 96.

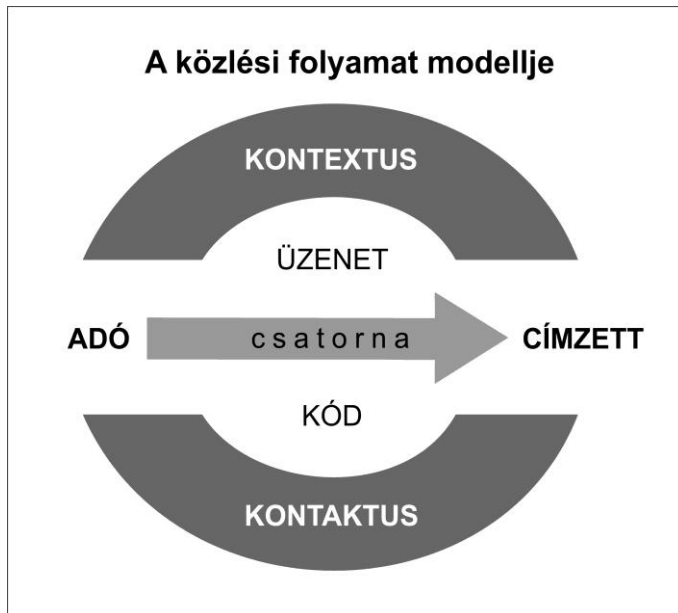
¹⁸⁶ Fülöp Géza idézi Deme Lászlót, i. m., 96.

¹⁸⁷ Az információfelvétel során a beszéd spontán, természetes ütemére hangolódik rá a beszédértelmező rendszer. Ha valaki hosszan és monoton módon olvas fel egy szöveget, akkor ezt a természetes rendet sérti, így a hiányzó szövegtagolás, az elmaradt frazeálás miatt nem tudunk kellően koncentrálni: az információátvitel rossz hatásfokú. Bizonyítható és megfigyelhető, hogy az emberi agy 2-3 másodperces jelenvalóság-tárolóiba a verssorok is beleillenek. Az, hogy a költők úgy reprezentálják az információt, hogy az a jelenvalóságnak és összetartozásnak ezekben a munkaplatformjaiba beleillő legyen, nem tudatosan történik. Ez a költők „implicit”, tapasztalati, veleszületett tudása.

Ugyanakkor a hangfolyam – a nyelvi jelrendszer konvencionális jellegétől függetlenül – alkalmas más információk átvitelére is, de analóg módon. Ezek olyan információk, amelyek a beszélő belső állapotáról, a kommunikációs helyzetre és az átvitt információkra vonatkozó vélekedéséről, a beszédhelyzet körülményeiről informálják a vevőt. Ezek az információk esetenként szándékoltan hangsúlyosak, máskor semlegesek, és sem az adó, sem a vevő nem fordít rájuk különösebb figyelmet. Az is előfordul, hogy információcsere közben leplezni próbálják az esetleg árulkodó jelzéseket, de lehet őket tudatos megtévesztésre is használni. A hangokból következtethetünk arra is, hogy a beszélő honnan származik, milyen környezetben él stb. Ezeket az információkat a hangszín, a hanglejtés, a hangnyomatéka, időtartama és intenzitása hordozza. Ezen kívül a hangfolyam még nem diszkurzív, „experimentális” szimbólumként is szolgálhat.¹⁸⁸ Éles, pattogó hangok képzésével katonás keménységet, gügyögéssel gyerekességet, raccsolással előkelőséget stb. fejezhetünk ki. Valamennyi, ebbe a kategóriába tartozó jelzést a beszéd fizikai csatornája, a levegőrezgés folyamatosan változtatható tulajdonságai hordozzák. A jelzéseknek ezt a körét ektoszemantikai tényezőknek, a beszédfolyam szupraszemantális sávjának nevezük. Következésképpen a beszédfolyammal történő információátvitel egyszerre analóg és digitális jellegű.

9.3.7 A nyelvi információátvitel tényezői és funkciói

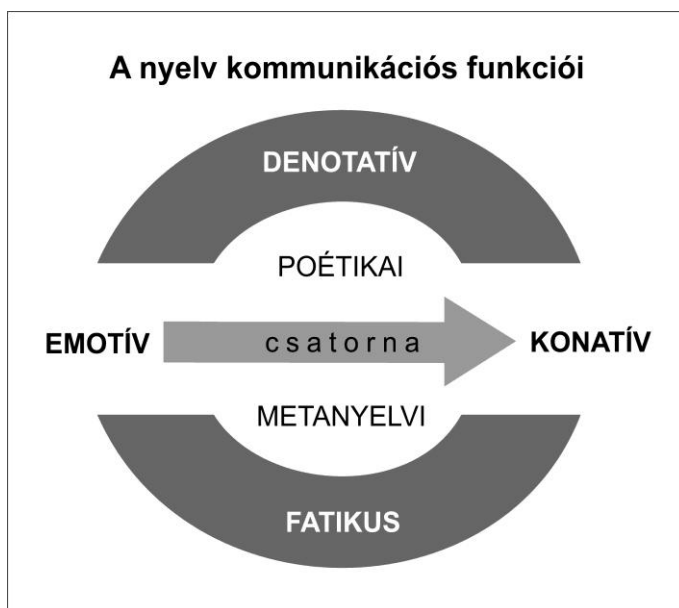
A Shannon-sémához hasonló Roman Jakobson-modell felhasználásával jól megragadható és érzékeltethető a nyelvi kommunikáció széles spektruma, kifejezési lehetőségeinek gazdag tárháza.



12. kép A nyelvi kommunikáció tényezői Jakobson modellje szerint

¹⁸⁸ Bertalanffy, Ludvig von, i. m., 37.

A nyelvi közlés folyamatmodellje a következő tényezőket foglalja magában: az adó, a csatorna, a kód, az üzenet, a címzett vagy vevő, valamint a modell két integráló eleme, a kontextus és a kontaktus. A kontextus az az összefüggésrendszer, amelyben az információátvitel végbemegy. A beszélők az üzenetek tartalmát abban a szimbólumkörnyezetben értelmezik, ahol a közlés történik, a szituáció, a szövegösszefüggések, illetve a közösen osztott tudás, tapasztalatok és beállítódások alapján. A kontaktus annak a helyzetnek a fizikális, technikai megvalósulását jelenti, amelyben az információcsere lehetősége megteremtődik. E hat tényező mindegyike a nyelv más-más funkcióját határozza meg – írja Jakobson, aki a nyelvi információátvitel hat jól definiálható aspektusát illetve funkcióját különbözteti meg.¹⁸⁹



13. kép A nyelv kommunikációs funkciói Jakobson szerint

9.3.8 Denotatív vagy referenciális funkció

A nyelv szerepének megismerés-középpontú racionalista felfogása szerint ez a nyelvi információátvitel elsődleges funkciója.¹⁹⁰ A kontextusra irányul, és abban kap értelmet. Ide tartozik a mindennapi élet dolgaival, tényeivel, eseményeivel kapcsolatos információk átvitele, tények, vélemények és ismeretek közlése, valós vagy fiktív történetek elmondása. A tudományos információk esetében a nyelvnek az objektív valóság megismerését szolgáló, kognitív-konstruktív funkciója jut érvényre.

¹⁸⁹ Roman Jakobson: Nyelvészet és poétika. In.: *Hang, jel, vers*. Fónagy Iván és Szépe György (szerk.), Budapest, 1972. Gondolat Kiadó, 229–244.

¹⁹⁰ „...a nyelvben a gondolatalkotás a legfontosabb” – idézi Sapirt Jakobson, i. m.

9.3.9 Emotív vagy expresszív funkció

Az üzenetnek ez az aspektusa a közlőre, az üzenet adójára vonatkozik, és benne a közlőnek az üzenet tárgyával, a kontextussal, illetve a címzettel kapcsolatos belső reakciói, érzelmei, beállítódásai mutatkoznak meg. A hanglejtés, a hangintenzitás, a hangszín, a hangmagasság stb. tartoznak ide. Mindezek együttesét paravokális vagy paraverbális elemeknek nevezzük. Ezek képezik és a nyelvi információátvitel „szupraszegmentális” vagy „ektoszemantikai” dimenzióját. Főleg ezek a nyelvi elemek okozzák a közvetlen, szemtől-szembe történő kommunikáció „hozzáadott” értékét.¹⁹¹ A paralingvisztika tudománya tanulmányozza a nyelvi jelenségeknek ezt a körét. Ez a nyelvi funkció szorosan kapcsolódik a vizuális, nonverbális, metakommunikációs jelzésekhez, a gesztusok, az arcjáték, a testjelek gazdag tárházához. Az emotív hatások elválaszthatatlanok a beszélt nyelv referenciális információátvitelétől. Intenzitásuk széles sávban változó, általában akarattunktól függetlenül, spontán nyilvánulnak meg, és dekódolásuk is automatikus idegi mechanizmusokon keresztül történik. Esetenként ezek kinyilvánítása jelenti a kommunikáció elsődleges célját, máskor a beszélő szándékosan próbálja elrejteni beszédének emotív kísérőjelenségeit. Ilyen jelzéseket szándékosan, félrevezetési, manipulálási célzattal is lehet kelteni.

9.3.10 Konatív avagy pragmatikai funkció

A nyelvnek ez az aspektusa átfedésben van a Bühler-féle felosztás szerinti felhívó, valamint viselkedésmódosulás kiváltását megcélzó funkcióval. Az üzenet címzettjére irányul, felszólító, utasító, illetve befolyásoló szándékú. Az üzenő az üzenet vevőjét valamilyen cselekvésre szeretné rávenni, illetve állásfoglalásra készíteni. Természetesen ez a funkció is képezheti az üzenet kizárólagos tartalmát, az információátvitel egyedüli célját. Ilyenkor a konatív jelleg explicit megnyilvánulásáról beszélünk.¹⁹² A nyelvi információátvitelnek ez az összetevője nagyon gyakran van jelen implicit formában. Ilyenkor inkább a befolyásoló szándék mutatkozik meg – tudatosan vagy tudattalanul. Ősi nyelvi funkció ez, rokonságban van a mágiával (szómágia), a nyelv varázslatos erejében való hittel.

9.3.11 A fatikus funkció

A nyelv fatikus funkciója a kontaktusra irányul, célja a beszélők közötti kapcsolat létrehozása és fenntartása. Olyan nyelvi elemeket foglal magában, amelyek a kapcsolat megteremtésére, illetve meglétének ellenőrzésére vonatkoznak. Azt is mondhatjuk, hogy ez a funkció a csatorna működésének az ellenőrzését szolgálja.¹⁹³ Ez a nyelvi funkció, illetve

¹⁹¹ Az elsődleges nyelvi kód másodlagos nyelvi kóddá való átírása során ezek az elemek veszendőbe mennek, illetve csak az irodalmi értékű próza és a költészet képes megjeleníteni ezeket is – áttételes és szublimált formában.

¹⁹² „A CÍMZETT felé irányuló KONATÍV funkció legtisztább grammatikai kifejeződése a vocativus és imperativus (vagyis a megszólítás és a felszólítás nyelvtani kategóriája), ami szintaktikailag, morfológiailag és gyakran még fonológiai szempontból is eltér más főnévi és igei kategóriáktól.” Jakobson, R., i. m.

¹⁹³ Vannak üzenetek, amelyeknek elsődleges céljuk, hogy létrehozzák, meghosszabbítsák vagy megszakítsák a kommunikációt, ellenőrizzék, hogy a csatorna működik-e (*Halló, hall engem?*), felébresszék a beszélők figyelmét, vagy meggyőződjenek folyamatos figyelmükről („*figyel?*”, vagy Shakespeare-nél „*Lend me your ears!*”) Jakobson, R., i. m.

ennek gyakorlása a beszédnyelvi közlés kizárólagos célja is lehet.¹⁹⁴ Példa erre az olyan beszélgetés, amelynek egyetlen célja, hogy két ember között a hallgatást megtörje. Gyakori és szokásos, kizárólagosan fatikus célzatú információcsere az, amikor a technikai csatorna működőképességének fenntartását biztosítják megszabott eljárásrend szerint lezajló ellenőrzésekkel. Ez a nyelvi funkció fontos szerepet játszik a gyermekek nyelvelsajátításában, az ún. „közös figyelmi jelenetek”¹⁹⁵ létrehozásában és fenntartásában.

9.3.12 A metanyelvi funkció

Az üzenet ilyenkor magára a nyelvre irányul, a kódra, amit közlésre, illetve információk átvitelére használnak. Tulajdonképpen a kontextus egyik eleméről, illetve a kontaktus biztosításának egy másik – ez esetben nyilván nem technikai – szintjéről van szó. A beszélők ellenőrzik, hogy az információátvitel mindkét végpontján ugyanazt a nyelvet használják-e, és a jeleknek ugyanazt a jelentést tulajdonítják-e.¹⁹⁶ Ez az egyik alapvető feltétele az egyértelmű és sikeres kommunikációnak. *„A metanyelvi funkció használatára minden olyan esetben szükségünk van, amikor pontosabb információátadásra törekszünk, mint amit a nyelv (a metanyelvi funkció alkalmazása nélkül) lehetővé tesz... Vagyis éppen a metanyelvi funkció az a közvetett eszköz, amely lehetővé teszi a szemantikai tartalmak pontos továbbítását. ... A metanyelvi funkció nem a »tökéletes nyelv« – »tökéletlen beszélő« ellentmondás feloldására szolgál (bár kétségkívül ilyen céllal is használjuk); metanyelvi funkció nélkül maga a nyelv is tökéletes lenne, és teljességgel alkalmatlan lenne a pontos, megbízható kommunikációra...”*¹⁹⁷ A metanyelvi funkció jelenti az egyik alapvető különbséget a nyelv és más jelrendszerek között. A nyelv ugyanis nem csupán arra alkalmas, hogy használatával magára a nyelvhasználatra reflektáljunk, hanem metanyelve minden más jelrendszernek is.¹⁹⁸

¹⁹⁴ „Az a törekvés, hogy elindítsák és fenntartsák a kommunikációt, az egymással csivitelő madarakra jellemző. Így a nyelv fatikus funkciója az egyetlen, amelyben nyelvük az emberekével közös vonást mutat. Ez ugyanakkor az első verbális funkció is, amelyet elsajátítanak a gyerekek. Ők készek a kommunikációra, mielőtt képesek volnának informatív közlemények adására vagy vételére.” Jakobson, R., i. m.

¹⁹⁵ Tomasello alkotta kifejezés, angol formája: „joint attentional interactions”, In: Tomasello, M.: Gondolkodás és kultúra. Budapest, Osiris Kiadó, 2002.

¹⁹⁶ „A metanyelv ... jelentős szerepet játszik mindennapi nyelvünkben is. Molière Jourdain úrjához hasonlóan, aki prózában beszélt anélkül, hogy tudta volna, használjuk a metanyelvet anélkül, hogy felismernénk műveleteink metanyelvi jellegét. Valahányszor az adó és/vagy címzett szükségét érzi, hogy megállapítsa, vajon azonos kódot használnak-e, a beszéd a kódra irányul: ez a METANYELVI (azaz magyarázó) funkció. »Nem tudom követni önt – mit mondott?« – kérdi a címzett. Vagy Shakespeare-nél: »What is't thou say'st?«», Jakobson, R., i. m.

¹⁹⁷ Andor Csaba: Jel – kultúra – kommunikáció. Budapest, Gondolat, 1980. 137–138. o. Ugyanitt olvasható a következő fontos megállapítás is: „Ha a feladó nem akar lemondani sem az eredetiségről, sem a pontos információátvitelről, akkor rendszerint már közlendője érdemi részét megelőzően kénytelen a metanyelvi funkcióra támaszkodva definíciókat adni, fogalmakat tisztázni, illetve olyan közleményekre utalni, amelyekben ez már megtörtént. Ilyenkor a feladót többnyire tudósnak nevezzük”.

¹⁹⁸ „Ez azt jelenti, hogy bármely jelrendszer bármely vonása leírható a természetes nyelv segítségével... Vagyis a nyelvnek mint jelrendszernek éppen ez a funkció a differentia specificája.” Andor Csaba, i. m. 137–138. o.

9.3.13 A poétikai vagy stilisztikai funkció

A poétikai funkció az üzenethez kapcsolódik.¹⁹⁹ Ez a közleménynek az az aspektusa, amelyik információelméleti megközelítésmóddal nem, szemantikai, illetve kognitív módon nehezen és csak elégtelenül elemezhető. Ennek legnagyobb erejű megnyilvánulásai az emberi alkotóerő eredményeként és példáiként mutatkoznak meg. Csúcsa a széppróza és a költészet, amely a nem algoritmizálható eljárások összességét, a kreatív, innovatív, művészi és mágikus nyelvhasználatot jelenti. „*A poétikai funkció a verbális művészetnek nem egyetlen, hanem csupán uralkodó, meghatározó funkciója, míg minden más nyelvi tevékenységben másodlagos, járulékos alkotóelemként vesz részt. Ez a funkció a jelek érzékelhetőségének elősegítése által elmélyíti a jelek és a tárgyak alapvető kettéválását. Ezért, amikor a nyelvészet a poétikai funkcióval foglalkozik, nem korlátozódhat a költészet területére...A poétika szó tágabb értelmében a poétikai funkcióval nem csupán a költészetten belül foglalkozik, ahol ez a funkció a nyelv más funkciói fölé van rendelve, hanem a költészetten kívül is, ahol valamilyen egyéb funkció van a poétikai funkció fölé rendelve.*”²⁰⁰

Ritka az olyan nyelvi közlés, amelyben a nyelvnek e funkciói közül csak egy-egy nyilvánulna meg. Az ember nyelvi kommunikációja legtöbbször komplex, dinamikus – funkcióinak pillanatnyi súlyozottságában állandóan változó – információfolyamként jelenik meg. Az értelmes és hatásos beszéd generálása és megértése, a mondanivaló kódolása és dekódolása magas fokú kognitív, procedurális és affektív képességeket igényel.

9.3.14 A nyelv társadalmi funkciói

A nyelv társadalmi képződmény, a társas étellel járó információs kapcsolatok, az interperszonális kommunikáció eszközeként alakult ki. Korábban megvizsgáltuk már, hogy hogyan fejlődhetett a korai embercsoportok társas kapcsolataiban a mai, kifinomult esz-közzé. Most nézzük meg azt, milyen szerepet tölt be a nyelv a mai emberi társadalomban!

Bár a nyelvhasználat teljes területét maradéktalanul lefedő egyértelmű és logikailag kifogástalan csoportosítás nem létezik, mégis célszerű összefoglalni a nyelv társadalmi funkcióit egy egyszerű felosztásban.²⁰¹ Eszerint öt alapvető funkciót különböztetünk meg, amelyek a következők: közlő, közvetítő, kumulatív, jogi-erkölcsi szabályozó és kulturális funkció.

- *Közlő funkció:* A nyelv a társadalomban információk, ismeretek, tapasztalatok, eszmék átadását, gondolatok cseréjét teszi lehetővé.
- *Közvetítő funkció:* Akaratunkat, érzéseinket, vágyainkat a nyelvi eszközök segítségével tudjuk „átvinni”, közvetíteni más emberek felé. Az érvelés, a meggyőzés, de egyúttal a manipuláció és a félrevezetés eszköze is a nyelv. A nyelvnek ez a szerepe a konatív, illetve emotív funkciók révén valósul meg a társadalomban.
- *Kumulatív funkció:* A nyelv egy közösség kollektív memóriarendszere is. Segítségével halmozódtak fel az előző generációk tapasztalatai, összegyűjtött tudása, kul-

¹⁹⁹ „A KÖZLEMÉNYRE mint olyanra való »beállítás«, a koncentráció a közleményre magáért a közleményért, a nyelv POÉTIKAI funkciója.” Jakobson, R., i. m.

²⁰⁰ Jakobson, R., i. m.

²⁰¹ Péntek János: Teremtő nyelv. Bukarest, Kriterion, 1988.

turális teljesítményei, művészete. A nyelvi közeg a történelmi folytonosság és a történelmi tudat létrehozója.

- *Jogi-erkölcsi szabályozó funkció:* A nyelv nem kizárólag tudást és tapasztalatot közvetít és halmoz fel, hanem irányítja a társadalomban élő emberek viselkedését is. Magatartási normákat, értékeket, példákat örökít át, amelyek hatással vannak ránk, befolyásolják cselekvéseinket, szabályozzák mindennapi életünket. „Gondolatainkat formálva a nyelv egész egyéniségünket, jellemünket is formálja”.²⁰²
- *Kulturális funkció:* A nyelv kulturális képződmény, évezredekken át csiszolódott szellemi érték. A kultúra szervezője, és a szellemi tevékenység inspirálója. A kultúra éltető közege a kommunikáció, és ennek legfőbb (bár nem egyetlen) eszköze a nyelv. Főleg nyelvi formában él a mitológia, az irodalom és a tudomány. Az emberi közösségek intellektuális fejlődése, a kulturális evolúció a nyelvhez kapcsolódik. A társadalom tagjai számára az anyanyelv teszi lehetővé a nemzeti kultúrába történő bekapcsolódást és a szellemi értékek megismerését.

9.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében az emberi nyelvet mint kitüntetett információs rendszert mutattuk be. Elemeztük a nyelvi jelet, felsoroltuk a lingvisztikai kulcskompetenciákat, ismertettük a nyelv hierarchikus tagolódását. Felvázoltuk a beszédfolyamat elemeit és összetevőit, Jakobson modellje alapján bemutattuk a nyelvi információátvitel tényezőit és funkcióit, számba vettük a nyelv társadalmi szerepének összetevőit.

9.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Hogyan értelmezi a nyelvi kommunikációt a Jakobson-féle modell?
2. Milyen jellegzetességei vannak a nyelvi jelnek?
3. Milyen elemekre bontható fel a beszédfolyamat?
4. Melyek a nyelv társadalmi funkciói?

²⁰² Fülöp Géza: i. m. 93. o.

10. INFORMÁCIÓ ÉS KOMMUNIKÁCIÓ A TÁRSADALOMBAN

10.1 CÉLKITŰZÉS

A lecke áttanulmányozása során a hallgató áttekintést fog kapni az állatok információs kapcsolatairól és jelhasználatáról, és az emberi társadalomra jellemző kommunikáció formáinak változásairól. Meg fogja érteni, hogy az emberré válás során hogyan vált fajunk egyre alkalmasabbá a valóság részletekben gazdag, finom belső reprezentációjára, és ennek eredményeképpen összetett információs interakciókra, társadalmi kommunikációra. Meg fog ismerkedni néhány modellel és elmélettel, amelyek az emberi társadalom kulturális és technológiai evolúcióját, illetve ezek kölcsönhatását értelmezik.

10.2 TARTALOM

Az élőlények interakciói a környezettel, és az ennek eredményeképpen kialakuló valóság-leképezésük sajátosságai. A külvilágra irányuló viselkedésformák eredete és jellemzői. Az állatok információs kapcsolata és jelhasználata. Az állatok számára releváns információk kategorizálása – zooszemiotika. Antropogenezis – az ember információs világának kialakulása.

10.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

10.3.1 Információs interakciók az élővilágban

Minden élőlény nyílt rendszer, amely a környezetével állandó, interaktív kapcsolatban van, és csak az anyag, energia és információ állandó áramlása következtében maradhat fenn. Témánk szempontjából különösen érdekes számunkra az információs interakciók területe. A következő kérdésekre keressük a válaszokat: Hogyan lép az élőlény kölcsönhatásba környezetével? Hogyan képes a számára fontos információkat kiválasztani, feldolgozni, és azokra megfelelő válaszokat adni? Milyen képet alkot – és egyáltalán alkot-e képet magának – az élőlény a világról? Mi jellemző az állatok jelhasználatára? Az ember megismerő, világképképző, tudatos tevékenysége alapvetően különbözik-e a többi élőlényre jellemzőtől, vagy vannak evolúciós előképei? Hogyan fejlődött ki az állatvilágból a nyelvhasználó, eszközkészítő tudatos emberi lény?

A környezetétől elhatárolódott élőlény számára az információk határoló felület (sejthártya, membrán) közvetítésével jutnak a sejtbe. Ez az elhatároló felület a molekulák összetartásához szükséges (az élő sejt „lágyműködés”, így érhető el az, hogy a molekulák egymás akciórádiusában legyenek). A membrán egyúttal speciális kapcsolatrendszer kialakulását is lehetővé teszi a biológiai rendszer és környezete között, összeköti az élőlényt külvilágával. Bizonyos anyagok aktív vagy passzív szállítási (transzport) folyamatok révén bejutnak a sejtbe, de energia is átjut a membránon.

Az élőlényeknek már egysejtű formában is szükségük van arra, hogy képesek legyenek különbséget tenni a környezet tulajdonságai között, felismerjék és kiválasszák a számukra fontos környezeti tényezőket. Soksejtű állapotban speciális sejtcsoportok alakulnak ki, amelyek képesek a környezet különböző hatásainak finom megkülönböztetésére és a szervezet működésének optimalizálására, növelve ezáltal az élőlény túlélési esélyeit. Az evolú-

ció során az érzékelési képesség finomodott, bővült a környezetre vonatkozó információk köre. Az élőlényeknek különböző, változatos és egyedi szerkezetei és módszerei alakultak ki a külvilág kifürkészésére.

10.3.2 A lehetséges és a tényleges valóság

François Jacob „A lehetséges és a tényleges valóság” című könyvében nagyon szemléletesen ír erről:

„...minden élő organizmus számára abszolút szükségszerűség, hogy érzékelje környezetét, vagy legalábbis környezetének azokat a tényezőit, amelyek életének követelményeihez kapcsolódnak. A legegyszerűbb organizmusnak, a legalacsonyabb rendű baktériumnak is »tudnia« kell, hogy milyen táplálék áll rendelkezésre, hogy annak megfelelően szabályozhassa be anyagcseréjét.”

„Minden organizmusnak megvan a maga fölszerelése ahhoz, hogy bizonyos mértékig érzékelhesse a külvilágot. ...minden egyes faj a maga egyedülálló érzéki világában él, amelyre más fajok részben vagy teljesen vakok lehetnek. A specifikus eszközök egész sora fejlődött ki... Amit egy organizmus a környezetében felfedez, az mindig csak egy része annak, ami körülötte van. Ez a rész pedig az organizmustól függően különböző.”

„A világ percipiálásának módja így minden egyes faj számára egyrészt érzékszerveitől függ, másrészt attól, ahogyan agya az érzékszervi és motorikus eseményeket integrálja. A különböző fajok »huzalozása« még azokban az esetekben is sajátos vonásokat választ ki a környezetből, amikor az ingereknek ugyanazt a skáláját érzékelheti. A különböző fajok percepciók környezetét az idegi feldolgozás olyan gyökeresen különbözővé teheti, mintha az általuk érzékelt ingerek különböző világokból erednének. Mi magunk is olyan mélységesen rabjai vagyunk annak a világbábrázolásnak, amelyet érzékszerveink és agyunk, más szóval génjeink lehetőségessé tesznek, hogy alig-alig tudjuk elképzelni azt a lehetőséget, hogy ugyanazt a világot más módon szemléljük”.²⁰³

10.3.3 A környezetre irányuló viselkedésformák az állatvilágban

Azok a külvilágra vonatkozó, veleszületett idegrendszeri modellek, amelyek az állatokat jellemzik, nagymértékben zártak. Ezért az állatok viselkedése többnyire automatizmusokban nyilvánul meg, amelyekre a környezet kétféleképpen hat.

1. 1. Ha a környezet valamilyen hatása kiváltja a megfelelő automatizmust, akkor **kulcsingerről** beszélünk. Ebben az esetben a külső információ csak aktiválja a már meglévő cselekvési programot.
2. 2. Más esetekben a környezetből származó információknak nagyobb szerep jut az állat viselkedésének kialakításában. Ilyenkor az állat a környezetéhez illeszkedő viselkedés bizonyos elemeit örökli, de a programban vannak olyan helyek, amelyekbe a környezetből származó információ épül be. Az ilyen program a környezetre irányuló félkész tudás, amely tanulással szerzett információkkal kiegészítve válik kompletté. Ez arra jó, hogy a környezet előre nem látható jellemzőihez is lehessen alkalmazkodni. Ilyen a Konrad Lorenz által leírt **imprinting** jelensége is.

²⁰³ Az idézetek forrása: Jacob, Françoise: A lehetséges és a tényleges valóság. Budapest, Európa, 1986.

Az állatok viselkedésüket illetően bonyolult automatáknak, kibernetikai gépeknek tekinthetők. Az állatok viselkedését leíró tudomány, az **etológia** ezt a modellt számos esetleírással támasztja alá. Nézzünk meg ezek közül néhányat!

10.3.4 Az információs interakciók etológiai értelmezése

Niko Tinbergen a tüskés pikók viselkedését tanulmányozta. A hím tüskés pikónak vörös a hasa, és ez az egymással szembeni fenyegető viselkedés kiváltásának a kulcsingere. Tinbergen nemcsak vörösre festett halmodellekkel szemben figyelt meg fajtársa agressziót, hanem akkor is, amikor egy vörösre festett postakocsi haladt el az ablak előtt. Az ezüstsirály-fiókák táplálékot koldulnak szüleiktől úgy, hogy azoknak a csőrén levő piros foltot csipegetik. Tinbergenék kimutatták, hogy egy, a szülő fejére nagyjából emlékeztető kartonpapírra mázolt piros folt elég a táplálékkoldulási viselkedés kiváltására. Jean-Henri Fabre, a nagy francia rovarkutató nőstény kaparódarazsak viselkedését vizsgálva fedezett fel „irracionális” automatikus viselkedést. A darázs a megbénított rovarlárvét leteszi a fészke elé, és mielőtt bevinné, bemegy körülnézni, minden rendben van-e. Ha közben a zsákmányt picit odébb húzzuk, akkor a darázs visszahúzza az előző helyre – és megint bemegy körülnézni – ezt írja elő a zárt program! És akárhányszor odébb húzzuk a zsákmányt, ő mindig végigcsinálja ezt a teljes programot. A pulykaanyák védik a ragadozóktól fiókáikat. Mindennek odacsapnak kemény csőrükkel, ami a fészkekhez közelítve fenyegetheti a pulykacsibéket. Egy megsüketített pulyka a kicsibéit vagdosta agyon – mivel nem észlelhette azt az egyetlen jelet, amelynek alapján azonosította őket, a csipogást. A kísérletet fordítva elvégezve: a feléje tolt kitömött kis görényt – amelynek pulykacsipogást lejátszó magnetofon volt a hasában – óvón szárnyai alá vette.

10.3.5 Az állatok információs kapcsolatai és jelhasználata

Akár viselkedési automatizmusról, akár tanulással kiegészített viselkedési formák kialakításáról van szó, az állatoknak képeseknek kell lenniük arra, hogy „értelmezzék” környezetük jeleit. Az állatok és környezetük információcseréjének részleteivel az etológia résztudományának is tekinthető zoosemiotika foglalkozik. A zoosemiotika egyben a szemiotika, jeltudomány egyik rész tudománya is.

Ha az emberi információcsere evolúciós előképeit vizsgáljuk, jó megközelítésnek látszik az, hogy megnézzük, milyen funkciói vannak az állat életében az állat és környezete, illetve az állat és fajtársai közötti információs kapcsolatoknak. Ezek a kapcsolatok az állat önfenntartását és szaporodását biztosítják. Azt is mondhatjuk, hogy ezeknek a kapcsolatoknak az eredményességén múlik az állat evolúciós sikere. Az információs kapcsolatok minősége, hatékonysága tehát a rátermettség legfontosabb fokmérőjét jelenti.

Az állatnak a környezet számos paraméterét kell jól felmérnie, és helyesen értékelnie ahhoz, hogy életben maradjon. Táplálékot kell keresni, és el kell rejtőzni – vagy elmenekülni – a ragadozó elől. Menedéket kell találnia az időjárás viszontagságaitól. A környezettel való kapcsolatok közül kiemelkedik a fürkésző, **exploratív magatartás**, amely gyakran eredményezi adekvát magatartásminták megválasztását. A magatartás-kiválasztással járó tanulás (**operáns kondicionálás**) is ebbe a kategóriába tartozik.

„Az exploratív magatartásban az az egyedülálló, hogy az állat jószívrrel a rendelkezésre álló valamennyi magatartásformát kipróbálja az érdeklődését felkeltő tárgyon” – írja Konrad Lorenz.²⁰⁴

Az állat számára a külvilág kitüntetett objektumai a hozzá hasonló felépítésű élőlények, a fajtársak világa. Génjeinek fennmaradása, szaporodási sikere ebben a világban dől el. A fajtársakkal történő információs kapcsolatok a következők szerint csoportosíthatók:

- A fajtársak felismerése
- Szaporodási viselkedés
- Territoriális viselkedés
- A veszedelem jelzése
- Táplálékforrás jelzése

Az állatok számára a környezet többféle entitása szolgáltat információkat, funkcionál jelként. A jelek materiális hordozói, valamint a szignálok átvitelét biztosító közeg, illetve energiafélék alapján az állatok jelvilága, információs univerzuma három fő részterületre bontható.

10.3.6 Olfaktorikus információk

Az olfaktorikus információátvitel esetében a környezet különböző kémiai objektumai, speciális szerkezetű molekulák, illetve bizonyos ionok szerepelnek szignifikánsként. A jeleket szolgáltató – szándékosan vagy a nélkül – kibocsátja ezeket az anyagokat, a jeleket vevő pedig értelmezi. A kémiai jelek hordozó közege a levegő vagy a víz. Az egyes állatok saját információs világa rendkívüli differenciáltságot és tökéletesnek tűnő alkalmazkodást mutat ezen a területen is. A kutyák kiváló szaglása az egyik közismert példa a kiemelkedő érzékszervi teljesítményekre. A rovarok képesek észlelni parányi mennyiségeket is speciális vegyi jelanyagaikból, a **feromonok**ból. Legismertebb ebből a szempontból a lepkék teljesítménye. A nőstény lepke által kibocsátott, párzást szolgáló „molekuláris hívőjeleket” a hímek nagy távolságról, igen kicsi koncentrációban is felismerik – és reagálnak rá. A „szagok nyelve” általánosan elterjedt az állatvilágban: az egyes fajok nagy változatosságot mutatnak a különböző kémiai anyagok kibocsátását és felismerését illetően.

10.3.7 Auditív információk

Az akusztikus jelzések nagyon praktikus információhordozók, mivel létrehozásukhoz kis energia szükséges, és a levegőrezgések frekvenciájának és amplitúdójának változtatásával jelentős információmennyiség átvitelére van lehetőség. A rezgések paraméterei gyorsan változtathatók, így az akusztikus információátviteli rendszer rugalmas, hajlékony és gyors.

A hangjelzések kommunikációra való használata különösen elterjedt az ízeltlábúak és a gerincesek törzsében. Az információközlésnek ez a formája különösen a rovaroknál, a madaraknál és az emlősöknél mutat magas fejlettséget. A jeleknek erre a csoportjára is jellemző az, hogy egyes állatok jelfelfogó képessége messze meghaladja az emberét. A különösen magas frekvenciájú, az emberi fül számára érzékelhetetlen ún. ultrahangok alkotják például a denevérek és a bálnák fő kommunikációs jelzéseit.

²⁰⁴ Lorenz, Konrad: Összehasonlító magatartás-kutatás. Budapest, Gondolat, 1985.

10.3.8 Vizuális információk

Az állatok számára nagy jelentősége van az információközvetítésben az elektromágneses hullámoknak is, különösen azoknak, amelyek hullámhossza a 400–800 nm-es tartományba esik. Ez nagyjából a „látható” fény spektruma, tehát ideális közeg információközvetítésre. Az állatok többségénél ennek érzékelésére, egy kisebb csoportnál pedig generálására is speciális szervek fejlődtek ki. Meg kell azonban jegyezni, hogy az információközvetítésnek ez a formája csak periodikus, napszaktól függő érzékelést tesz lehetővé, ami az előző két formával szemben hátrány. De ebben az esetben is szélesebb az információközvetítésre használt spektrum az ember által érzékelhetőnél, gondoljunk csak a lepkék ultraibolyafény-felismerő képességére.

10.3.9 Zooszemiotika

Az állatok információs kapcsolatait szemiotikai nézőpontból vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a szóba jöhető jelek elsősorban indexeknek felelnek meg, amelyek esetenként ikonjellegűvé váltak, illetve szimptomákká kapcsolódtak össze. Az állatvilágban ezek elegendők ahhoz, hogy a fajok adekvát módon illeszkedjenek környezetükhöz, és az eredményesebb egyedek fennmaradjanak. Érdekes a hangszignálokat abból a szempontból megvizsgálni, hogy ezek mennyiben és mikortól tekinthetők nyelvnek. Karl Bühler felfogása szerint – ahogyan azt a nyelvi jelekről szólva korábban kifejtettük – a nyelvnek három alapvető funkciója van: ábrázoló funkció (Darstellungsfunktion), parancskiváltó, illetve utasításadó funkció (Auslöse-Befehlsfunktion), és kifejező funkció (Ausdrucksfunktion). A kifejező és az utasításadó funkció, amely az – ebben a tágabb értelmezésben „nyelvként” felfogott – akusztikus jelzésrendszer két első fokozata, az állatoknál is megfigyelhető. A nyelv felhívó, parancsadó funkciója általában szignál (a német Auslöse kifejezés szó szerint arra utal, hogy a „nyelvi jel” ilyenkor kivált valamit). A kifejező funkció szignál- és szimptóma-, de akár ikonikus jelleget is felvehet. A nyelv ábrázoló, reprezentatív, szimbolikus funkciója csak az emberi kommunikáció jellemzője.

10.3.10 Az ember információs világának kialakulása – a korai emberfélék

Az embernél a külvilág leképezése, a környezettel történő információcsere új dimenziókat vesz fel. Azt is mondhatnánk, hogy ezen a szinten egy új világ bontakozott ki. Dawkins ezzel kapcsolatosan egyik könyvében replikációs robbanásról, információs bombáról ír (Dawkins, Richard: Folyam az édenkertből. Budapest, Kulturtrade, 1995. 24. o.). Az ember idegrendszere, jeleken alapuló kultúrája és különálló, szimbólumok által meghatározott saját (világ)képére formált és igényeihez illeszkedő mesterséges világa adja az alapját és jelenti a tartalmát a folyamatban lévő változásoknak. Az idegrendszer, amely eredetileg a különböző sejtek működésének összehangolására szolgáló eszközként jött létre, illetve az élőlény viselkedésének a környezethez történő illesztésére szolgált, az ember esetében a külvilág belső reprezentációs modelljét hozta létre. Ez vezetett el végül annak a szimbólumok által uralt világnak a létrehozásához, amelyben élünk.

Az ember kialakulása mai elképzeléseink szerint körülbelül 7 millió évvel ezelőtt kezdődhetett, amikor az emberszabású majmok és az ember fejlődési vonala szétvált egymástól. Az ezt követő, evolúciós léptékhez mérten antropológiai forradalomnak nevezhető folyamat a Hominidae (emberfélék) családjában játszódott le, amelybe az összes emberfaj beletartozik. A hominidák evolúciójának lehetőségeit nagymértékben kibővítette a két

lábán járás azáltal, hogy a mellső végtagokat a járás terhe alól felszabadítva sokrétű tevékenységre tette alkalmassá. A családhoz tartozó **Australopithecus fajok** az emberré válás kiháló ágának bizonyultak. Körülbelül 2,5 millió évvel ezelőtt jelenhetett meg az a másik nemzetség, amelytől a mai emberhez vezető evolúciós utat eredeztethetjük. A Homo csoport első tagja „keresztapjától”, a neves antropológus Louis Leakey-től a **Homo habilis** nevet kapta. Az elnevezés annyit tesz, hogy „ügyes ember”, ami arra utal, hogy a leletek szerint ez a faj volt az első eszközkészítő élőlény.

Azt, hogy a Homo nemzetség tagjai teljes mértékben felegyenesedve jártak, újabban a koponyamaradványok komputertomográfias vizsgálatának segítségével is bizonyították. A belső fülben található félkörös ívjáratok kulcsszerepet játszanak a test egyensúlyának fenntartásában. Az embernél ezeknek az ívjáratoknak a vonulata a felegyenesedett testtartás következtében teljesen különbözik az emberszabású majmokétól. A Homo nemzetség korai fajainál is a modern emberével teljesen megegyező belsőfül-szerkezetet találtak.

10.3.11 A Homo habilistól a Homo sapiensig

A Homo habilis a pattintott kőeszközeit két kő összeütogetésével készítette. Vele kezdődött az ember technológiai tevékenységének első szakasza, a korai őskőkorszak, amelyet az első Homolelőhely, az Olduvai-szakadékvölgy után oldován iparnak neveztek el. Az eszközkészítés a kezek működésének finom koordinációja mellett a megismerőképeség magas szintjét is igényelte. Ezzel együtt az **oldován ipar** „termékei” egyszerűek voltak, és a legfeljebb 800 cm³ agytérfogatú habilis nemzetség meglepően konzervatív eszközkészítőnek bizonyult. Több mint 1 millió évig ugyanazokat az eszközöket készítette. Mintegy 1,4 millió évvel ezelőttről származik az első olyan eszköze együttes, amelynek készítői – a leletek bizonyossága alapján – már előre eltervezték az eszközt, és eszerint munkálták meg a nyersanyagot. A franciaországi Saint-Acheul lelőhely után **acheuli iparnak** nevezték el ezt az eszközkészítő kultúrát, amelynek művelői egy újabb, a habilisnál nagyobb agytérfogatú faj, a **Homo erectus** egyedei voltak. Ez a technikai korszak is meglehetősen hosszú volt, több mint egymillió évig tartott. A 250 000 évvel ezelőtti **moustier-i ipar** már az ősi **Homo sapiens** formák és a neandervölgyi ember (**Homo neandertalensis**) eszközkultúrájaként jelent meg. Mintegy hatvan-féle eszközt találtak ebből a korból, amelyek elkészítéséhez „előmunkált” szilánkokat használtak. Ezek az eszközök több mint 200 000 évig változatlanok maradtak, és Richard Leakey szavaival „*ez a technológiai állóvíz korántsem a kifejelett emberi szellem munkálkodásáról árulkodik.*”²⁰⁵

10.3.12 A neolitik forradalom

Mintegy 40 000 évvel ezelőtt azonban nagymértékben megnövekedett a technikai találmányosság. Ettől kezdve kőből, agancsból és csontból készített változatos eszközök sokasága lehetséges fel. Megjelent a kultusz és a művészet, szokássá vált a halottak eltemetése, barlangfestmények és sziklarajzok készültek, a személyes használati tárgyakon díszítések láthatók. Az utóbbi 50 000 év során olyan kreativitásbeli robbanás történt, ami az ember szimbolikus világának kiteljesedéséhez vezetett.

Ez az időszak volt az, amelynek során „*a korábbi időszakokkal ellentétben, amelyekben a megállapodottság uralkodott, most az újítás válik a kultúra lényegévé. A változásokat*

²⁰⁵ Leakey, Richard: Az emberiség eredete. Budapest, Kulturtrade, 1995. 136. o.

*immár évezredek és nem százezer évek mérik. Ez a felső őskőkori »forradalom« a modern ember szellemi tevékenységének összetéveszthetetlen bizonyítéka.*²⁰⁶ Mi okozhatta ezt a felső őskőkori forradalmat? Mitől gyorsult föl az ember szimbolikus világának fejlődése? A fordulópont – a szakemberek egybehangzó véleménye szerint – a tagolt nyelv és ezzel együtt az alkotó tudat megjelenésének hatására következett be. *„Csupán a nyelv törhetett ki a közvetlen tapasztalat börtönéből, amelyben minden teremtmény raboskodik, az idő és a tér végtelen szabadságát nyitva meg előttünk.”*²⁰⁷

Azok az ősrégészeti bizonyítékok, amelyek közvetve a nyelvi készségek hirtelen megnövekedésére utalnak, a következők:

- A halottak eltemetése, sírok kialakítása
- A művészi kifejezés változatos formáinak megjelenése
- A technológiai újítások ütemének felgyorsulása
- Területi különbségek kialakulása a kultúrában
- Az idegenből származó tárgyak cseréjének első jelei
- A telephelyek területének jelentős megnövekedése

10.3.13 A szimbólumhasználat kialakulására vonatkozó elképzelések

Amikor a nyelv kialakulását, a tudat eredetét kutatjuk, következtetésekre és feltételezésekre vagyunk utalva, mivel a nyelv és a tudat nem fosszilizálódott. Csupán a koponyamaradványokból, illetve a megtalált eszközökből lehet visszakövetkeztetni a fejlődés lehetséges szakaszaira. Az bizonyosnak látszik, hogy a nyelvi készségek kifejlődése hosszú időt vehetett igénybe. Az emberi agy megnövekedése több mint 2 millió évvel ezelőtt kezdődött, és az Australopithecustól a felső őskőkorszaki emberig háromszoros növekedést eredményezett.

A Homo koponyatöredékekről készített gipszlenyomatokon kimutatható a Broca-mező, azonkívül a bal agyfélteke nagyobb mérete is megfigyelhető. (A bal agyfélhez nemcsak a jobbkezesesség, hanem a verbális képességek is kötődnek!) A korai koponyamaradványokon az ember és az emberszabású majmok agykérgi lebenyeinek különböző méretaránya (embernél a homloklebeny nagyobb, mint a nyakszirti lebeny) is észlelhető. Mindezek azt mutatják, hogy már a korai Homo szótára is gazdagabb lehetett, mint az emberszabású majmok huhogása, visongása és zihálása. Bár a nyelv ősi előfokozatai tartalmukban és szerkezetükben is jóval egyszerűbbek és primitívebbek lehettek a mai nyelvnél, az emberszabású majmokénál jóval fejlettebb információs kapcsolatot tett lehetővé. Richard Leakey feltételezése szerint *„ha a természet szeszélye folytán ma is léteznének még a Homo erectus és a Homo habilis populációi, a beszéd képességének különböző fokozatait észlelnénk a körükben.”*²⁰⁸

Ludwig von Bertalanffy szerint is hosszú út vezetett a teljes értékű, tagolt beszéd kialakulásáig: *„Csak egy fecsegő faj képes a szükséges anatómiai felszereléssel együtt a vokális*

²⁰⁶ I. m. 98. o.

²⁰⁷ R. Leakey idézi D. Bickertont. In: Az emberiség eredete. 122. o.

²⁰⁸ I. m. 139. o.

*kommunikációhoz eljutni, de még sok minden szükséges ahhoz, hogy a hápogás és a bőgés nyelvvé váljék.*²⁰⁹

10.3.14 A modern emberi elme – a tudat megjelenése

A majomfélék körében korreláció figyelhető meg az egyes fajokhoz tartozó egyedek agyának mérete és a faj társas kapcsolatrendszerének komplexitása között. A nagyobb csoportokban élő majmok agytérfogata nagyobb, mint a kevesebb közösségi hajlandóságot mutató társaiké. A csimpánzok esetében megfigyelhető az „elmetaória”: az a képesség, amely az élőlényt alkalmassá teszi annak felismerésére, hogy mások is rendelkeznek hozzá hasonló elmével, elképzelésekkel és vágyakkal. A társas intelligenciára ható szelekció vezethetett el a nyelv finom és hajlékony használatához és az emberi tudat megjelenéséhez.

„A vadászó-gyűjtögető életmód kezdetei minden bizonnyal megnövelték a társadalmi sakkjátszma bonyolultságát, amelyben őseinknek győzniük kellett. Akik mesterfokra jutottak e tudományban – akik élesebb képet alkottak elméjükben a külvilágról, éberebb tudattal rendelkeznek –, a társasélet és szaporodás nagyobb sikereit arathatták le. ...a fokozatosan kibontakozó tudatosság újfajta állattá formált minket..., amelyik saját mércéjével méri, mi helyes és mi nem.”²¹⁰

A hosszú biológiai evolúció eredményeképpen az elmében felépülő modellek egyre tökéletesebbek lettek, megjelent a „modern” ember fejlett nyelve és kreatív tudatossága. Minden készen állt ahhoz, hogy megkezdődjön a kulturális és technikai evolúció új, egyre gyorsuló szakasza.

10.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében az élőlények valóság-leképezésének sajátosságaiból kiindulva mutatuk be annak a folyamatnak a fő vonásait, amelynek eredményeképpen a mai ember információs világa kialakult. Először az állatoknak a külvilágra irányuló viselkedésformáit vetjük számba, majd körvonalaztuk az információs kapcsolataik és jelhasználatuk jellemző vonásait, beleértve az állatok számára releváns információk kategorizálását is. Ezután mutattuk be azt a folyamatot, amelynek során a sajátos emberi szimbólumkörnyezete kibontakozott (antropogenezis).

10.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Minek alapján alkotnak maguknak „képet” az élőlények a világról?
2. Hogyan csoportosíthatjuk az állatok információs kapcsolatait?
3. Milyen jelformákat használnak az állatok információs kapcsolataikban?
4. Mi vezethetett el az emberi tudat megjelenéséhez?

²⁰⁹ In: Bertalanffy, Ludwig von: ...ám az emberről semmit sem tudunk... 28. o.

²¹⁰ Leakey, Richard: Az emberiség eredete. Budapest, Kulturtrade, 1995. 154. o.

11. INFORMÁCIÓROBBANÁS, VIRTUÁLIS VILÁGKÖNYVTÁR

11.1 CÉLKITŰZÉS

Ennek a leckének az a célja, hogy áttekintést adjon arról a folyamatról, amely egyrészt az információ mennyiségének robbanásszerű növekedéséhez, másrészt a megszorodott információk hatékonyabb kezelésére alkalmas, új eszközök és eljárások megjelenéséhez vezetett el. A fejezetet áttanulmányozva a tanuló meg fogja érteni az információrobbanás okait, és megismeri azt is, milyen gondolatok, törekvések, fejlesztések és innovációk eredményezték a mai információtovábbító és -feldolgozó technikák megjelenését.

11.2 TARTALOM

Az információrobbanás kezdetei. A virtuális világkönyvtár ideája. Vannevar Bush és a memex koncepciója. Hipertext, multimédia, hipermedia. A world wide web gondolatának megjelenése, a rendszer funkcionális jellemzői és továbbfejlesztése. Számítógépes információszolgáltatások. Az elektronikus információkezelés alapformái, adatbázisok és keresőrendszerek.

11.3 A TANANYAG KIFEJTÉSE

11.3.1 Információrobbanás

Az emberiség kulturális evolúciója kezdetben kis csoportokban játszódott le és lassan haladt. A csoport életére vonatkozó összes információ és idea – beleértve a csoport működését szabályozó eszméket, hiedelmeket és normákat – minden csoporttag számára ismert volt. A kiscsoport komplex mikrovilága, akciórendszere és értékrendje leképeződött a csoport valamennyi tagjának belső reprezentációs terében. A mémek szelekciója a csoportkultúra evolúciójának folyamatában történt, és a folyamat biztosította a csoport idearendszereinek összeilleszthetőségét, az egyes ideák kompatibilitását. Az ember világa kiismerhető és áttekinthető volt. A tömegtársadalmak megjelenésével azonban a társadalom működését és benne az egyes ember szerepét meghatározó ismeretek, normák igen megszorodtak, többé már nem fértek el egyetlen agy reprezentációs rendszerében.²¹¹ A növekvő társadalmi komplexitás által felvetett problémák megoldását egy új kommunikációs forradalom, az írás megjelenése segítette. A 15. században a könyvnyomtatás feltalálásával megnyílt a lehetőség az ideák széles körű elterjedésének, ez azonban magával hozta az információk túlradadásának, a dokumentumok túlermelésének a lehetőségét is. A könyvnyomtatás első századában becslések szerint kb. 20 millió kötet könyvet nyomtattak. A rákövetkező 16. században már kb. 200 millió, tehát egy nagyságrenddel nagyobb lett a kinyomtatott könyvek száma, és a 20. század vége felé már évente annyi könyv jelent meg, mint az egész 18. században együttvéve.

A sok könyv hasznosságát illetően a kétségek is korán felmerültek. Leibniz a 17. században úgy látta, hogy az emberek visszahullanak a barbárságba, és *„ehhez igen sokban hozzájárul az a rémes könyvtömeg, amely napról napra növekszik. Szinte meghaladhatat-*

²¹¹ Csányi Vilmos: Kultúra és globalizáció. In: 2000 c. folyóirat, 1999. május

*lanná lesz a zűrzavar; végtelen sok szerző lévén, mindegyiküket az általános feledés réme fenyegeti”*²¹²

A francia Chateaubriand csaknem két évszázaddal később hasonlatosan vélekedett: *„Régebben másképp fogták fel a történelmet, mint mi... Mentessültek e végtelen sok olvasmány alól, amely agyonterheli a képzeletet és a memóriát...”*²¹³

Közben a könyvek, később a folyóiratok, újságok és egyéb nyomtatott dokumentumok száma tovább növekedett. Hozzájárult ehhez az újkori tudomány exponenciális növekedésével és a tudományterületek elkülönülésével, valamint a specializációval együtt járó közleményáradat, és a tömegkommunikáció kiteljesedése is. Az elektronikus információrögzítésnek és -továbbításnak köszönhetően a papíralapú dokumentumokhoz elektronikusan létrehozott jelek, hangok, álló- és mozgóképek szakadatlan áradata társult, és ennek az információtömegnek a feldolgozása komoly gondot okoz a könyvtáraknak, valamint a különböző információs, tájékoztató szolgálatoknak.

11.3.2 Virtuális világgönyvtár?

Már a 20. század első felében megpróbálták megoldást találni a problémákra. Nem volt nehéz rájönni arra, hogy a könyvtárak dokumentumállományának tömörítettebb tárolása enyhítheti a helyszűkéből adódó gondokat. Felismerték a mikrofotográfia lehetőségeit; a belga Paul Otlet, a dokumentáció atyja már 1906-ban szabványosított mikrofilmlapokat ajánlott az írásos dokumentumok tárolására. 1925-ben Robert Goldschmidtal együtt elterveztek egy „mikrofotográfiai könyvtárat”, amely egy kisebb szekrényben annyi könyv tartalmát lett volna képes tárolni, ami egyébként csak 468 méter hagyományos könyvtári polcon fér el.²¹⁴ Hasonló tervek születtek levéltári dokumentumok archiválására is.

H. G. Wells, a híres angol fantasztikustörténet-író a harmincas években Diderot enciklopédiájának mintájára egy modern világgenciklopédia kialakításának gondolatát népszerűsítette, és megpróbált erőforrásokat gyűjteni a megvalósításhoz. Elgondolásában figyelemre méltó az a momentum, hogy az enciklopédiának nem kell szükségszerűen egy helyen lennie, hanem hálózat formájában létezhetne, mint egy jövőbeli világagy megvalósításának kezdete (...it might have the form of a network [that] would constitute the material beginning of a real World Brain.). Wells a világgönyvtár eszméjének terjesztésére és a megvalósítás elkezdéséhez szükséges pénz összegyűjtésének reményében előadókörútra ment Amerikába 1937-ben. Megpróbálta rábeszélni Rooseveltnél a terv támogatására, az idő azonban nem volt kedvező: az emberiséget más problémák foglalkoztatták a nemsokára elkezdődő második világháború során.²¹⁵ Ezen problémák egyikének a megoldása azonban – ahogyan arról a 10. fejezetben tanultunk – mintegy melléktermékként (byproduct) magában hordta a világgönyvtár technikai alapjainak az ígéretét is. Az új információszervezési eljárás gondolata – szimbolikus jelentőséggel abban az évben, amikor az ENIAC működőképessé vált – a háború végén fogalmazódott meg egy jelentős hatású tanulmányban.

²¹² Idézi: Tószegi Zsuzsa: A képi információ. Budapest, OSZK, 1994.

²¹³ Uo.

²¹⁴ Buckland, Michael: A könyvtári szolgáltatások újratervezése. Budapest, OSZK, 1998. 22. o.

²¹⁵ Campbell-Kelly, M.–Aspray, W.: Computer – a history of the information machine. New York, Perseus Books, 1996.

11.3.3 Vannevar Bush és a memex koncepciója

A tanulmányt Vannevar Bush, a háború alatti amerikai védelmi célú tudományos programok irányítója jelentette meg 1945-ben²¹⁶

Híres és gyakran hivatkozott írásában Bush azt vizsgálta, hogy a háború befejeztével milyen új feladatok várnak a tudóstársadalomra, a tudomány embereire. A fő problémának, amivel szembe kell nézni, azt tartotta, hogy: *„az új információk publikálásának üteme messze meghaladja azt a mértéket, amit képesek lennénk feldolgozni... a kutatási eredmények közlésére és áttekintésére szolgáló módszerek régen elavultak és mai igényeink kielégítésére teljesen alkalmatlanok.”* Ebben a tanulmányában Bush leírta, hogy a szükséges információk nehézkes megtalálásának az oka a hagyományos információkereső rendszerek természetellenes működése: *„Egy könyvtári keresőrendszerben a tárolt információkat alosztályról alosztályra követve találjuk meg – ha egyáltalán megtaláljuk. Ha pedig megtaláltuk, akkor először ki kell lépni a rendszerből és egy másik helyen újra bekapcsolódni. Az emberi agy nem így működik – írja Bush – hanem asszociációkat követve... az agysejtek által meghatározott bonyolult hálózatnak megfelelően.”* Bush javaslata szerint a probléma úgy oldható meg, hogy ha olyan gépezetet készítünk, ami az emberi agyhoz hasonlóan asszociációk alapján teszi lehetővé az adatok előkeresését. *„Az asszociációk révén történő keresés gépesíthető, szemben a könyvtári katalóguskeresés módszerével.”*

Bush az általa elképzelt berendezést „**memex**”-nek nevezte el, és tanulmányában részletesen leírja működését. Amit a „memex” (memory extender) lehetővé tesz, az nagyon emlékeztet egy mai interaktív személyi számítógépre: képernyővel, szkennelrel, multimédia-enciklopédiákkal. Az asszociatív működés a hipertext rendszerű információszerzési elv első, rendkívül szemléletes megfogalmazása. Figyelemre méltó, ahogyan Bush meghatározta a jövőbeli gép és az emberi szellem viszonyát. *„Az emberi gondolkodás nem helyettesíthető semmilyen gépezettel. Különbséget kell azonban tennünk kreatív gondolkodás és szellemi rutinmunka között. Az utóbbi helyettesíthető hatékony gépi segédeszközökkel.”*²¹⁷ Talán a hipertextelv felvázolása a tanulmány legfontosabb hozzájárulása a későbbi fejleményekhez. A továbbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy mi rejlik a fogalom mögött

11.3.4 A hipertext

A **hagyományos szöveg** lineáris, merev szekvencia szerint elrendezett egységekből tevődik össze egyrétegű, kétdimenziós fizikai szerkezetben. Van kezdete és befejezése, eleje, közepe és vége. Az olvasó szóról szóra, mondatról mondatra, oldalról oldalra, bekezdésről bekezdésre haladva ismeri meg a szöveg tartalmát. Ugyanez vonatkozik a hangszalagokra és filmekre is, azzal a további kötöttséggel, hogy a merev időtengelyre fűzött információk egyes elemeinek megjelenítése az információhordozó előre-hátra tekerésével, kényelmetlen és időigényes pozicionálással történhet meg. Ebben az esetben még nyilvánvalóbb a linearitás és az egységek merev szekvenciális rendje.

A **hipertext** egy új textualitás technikai megvalósítása. Egy hipertext rendszer kialakítása során a szövegen belül jelölőket (tag) helyezünk el. Így a korábban strukturálatlan

²¹⁶ As we may think. Atlantic Monthly, 176, (1), 101–108. 1945. Magyar fordítása „Ahogyan gondolkodhatnánk” illetve „Út az új gondolkodáshoz” címen olvasható.

²¹⁷ Bush, V.: As we may think. In: Atlantic Monthly, 176, (1), 101–108. 1945.
<http://www.theAtlantic.com/atlantic/atlweb/flashbks/computer/bushf.htm>

szöveg tagolódik, adatbázisként is szolgáltathatóvá válik.²¹⁸ Az így kialakított hiperdokumentumban az információs egységek hierarchikus kategóriákba, illetve asszociatív kapcsolatokba szervezettek, ami az „olvasó” számára azt a lehetőséget nyitja meg, hogy az adathordozón levő tartalomkészletet nem előzetesen rögzített, tradicionális, lineáris formában, hanem egyedi választások szerinti utakon tárja fel. A hipertext egy tárgykör tartalmát diszkrét információegységekre tagolja, és közöttük elektronikus összeköttetésekkel hálózattrendszer hoz létre. A beépített relációk mentén az információegységek tetszés szerinti választásával a tematikai, szekvenciális, súlypontozási lehetőségek köre a használó céljának, érdeklődésének és stratégiájának megfelelően határtalan (hypertext as multi-sequentially read text).

Természetesen a hagyományos szöveg merev, lineáris szerkezete is oldható lábjegyzetekkel, hivatkozásokkal, hozzáfűzött jegyzetekkel és egyéb kiegészítő részekkel. Olvasástechnikai módszerekkel is kiléphetünk a szöveg merev tér- és idő-meghatározottságából. Ugyancsak fontos megjegyezni, hogy hagyományos szövegek és médiumok mentális reprezentációja során a hipertexthez hasonlóan komplex struktúrák, hierarchikus összefüggések alakulnak ki. Mindez azonban nem változtat a kódolt információk fentebb vázolt strukturális rendjén. A hipertext-technológia által biztosított lehetőségek következtében változóban van a könyvtárakkal kapcsolatos felfogásunk. A jövő könyvtára releváns szöveg-szegmenseket fog szolgáltatni szemben a mai dokumentumszolgáltató könyvtárakkal.

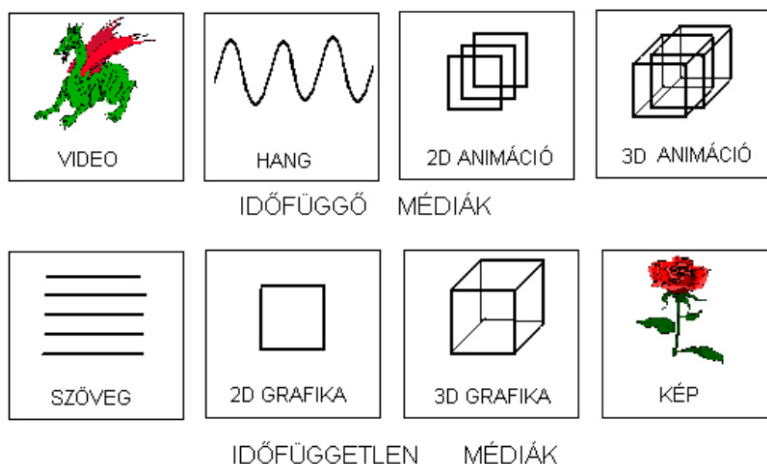
11.3.5 A multimédia

A hipertextelv mellett a másik jelentős információszerzési eljárás a multimédia fogalommal foglalható össze. Nézzük meg, mit jelent a multimédia, és hogyan definiálható.

A multimédia a következő ismérvekkel jellemezhető:

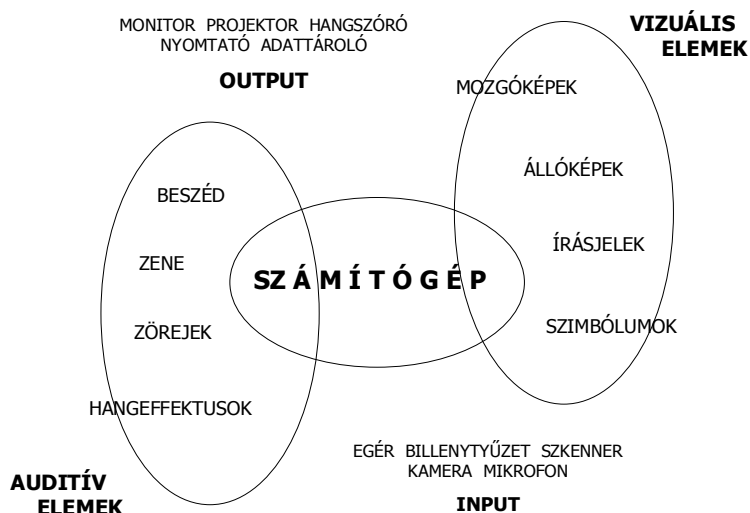
1. A különböző médiumtípusok egyidejű (szinkrón), illetve egymást követő (aszinkrón) használata egységes megjelenítő platformon történik.
2. A különböző adatok tárolása, feldolgozása és megjelenítése a digitális technikák felhasználásán alapul.
3. A megjelenítés technikai perfekcióját, gyorsaságát és komplexitását nagy teljesítményű mikroprocesszorok teszik lehetővé (számítógépes integráció).
4. A felhasználó „párbeszédet” folytat a rendszerrel, amelynek során befolyásolni képes a rendszer működését, kiválthat hatásokat, és felidézhet tartalmakat (interaktivitás).
5. Nem lineáris információelérési és interakciós technikák használata (hipertext).

²¹⁸ Egy ilyen eljárás az IBM által kifejlesztett SGML (Standard Generalized Markup Language) dokumentumleíró nyelv.



14. kép Médiumentípusok

A multimédia-programok alapvetően vizuális és auditív elemeket alkalmaznak. Az adathordozó, illetve közvetítő csatorna lehet mágneslemez, optikai tároló, illetve on-line szolgáltatás. A vizuális hatások megjelenítésére színes képernyő, LCD-kivetítő vagy projektor szolgál, az auditív kimeneti (output) eszközök pedig fülhallgatók vagy hangszórók. Az interaktivitást a bemeneti (input) szabályozó-kiszolgáló eszközök elektromechanikus vagy elektronikai készülékek (billentyűzet, egér, mikrofon, videokamera, érintésérzékelő képernyő stb.) teszik lehetővé. A virtuális valóság (VR) területén természetesen további input, illetve output egységek jelenhetnek meg, ezekkel azonban most gyakorlati okokból nem foglalkozunk.



15. kép Multimédia

11.3.6 A hipermédia

A hipertext és a multimédia az információk új, a korábbiaktól teljesen eltérő szervezésének a két alapformája. Megjelenésük és elterjedésük messzemenő következményekkel járt az ember szimbolikus világát illetően, és a könyvtárak működésére is jelentős kihatással lesz. Az eljárások kifejlesztését és tényleges alkalmazásukat a számítástechnika, átfogóbb fogalommal az informatika fejlődése tette lehetővé. Ugyancsak a fejlett számítástechnika tette lehetővé a két információszerzési elv összekapcsolását, amelyet a hipermédia fogalommal jelölünk. Nézzük meg, ez mit takar! Ha a hipertext rendszerben a szövegegységek mellé eltérő kódolású információegységek is társulnak (videoszekvenciák, animációk, grafikák, képek, beszéd, zene, hangeffektusok), akkor beszélünk hipermédiáról. Ebben az esetben a multimediális megjelenítés és a hipertext keresőrendszer kombinációjáról van szó, innen ered a név: hipermédia = hipertext + multimédia. Az információszerzésben a harmadik, ugyancsak jelentős változást a számítógép-hálózatok, mindenekelőtt az internet megjelenése okozta. A továbbiakban ennek kialakulásával ismerkedünk meg.

11.3.7 A world wide web koncepciójának születése

Ahhoz, hogy az internet valójában univerzális planetáris médium legyen, egy további – később zseniálisnak bizonyult – újításra volt szükség.²¹⁹ Az internet elterjedését követően az információáradat növekedése tovább gyorsult, és ez megerősítette az igényt új információkezelő rendszer iránt. A problémát – megoldási javaslattal együtt – Bush 1945-ben részletesen leírta korábban említett tanulmányában. Többek között ez a tanulmány volt az egyik forrása Tim Berners-Lee angol fizikus, szoftvermérnöknek, amikor 1989-ben, a genfi CERN kutatójaként javaslatot tett egy új internetes információs rendszer létrehozására.²²⁰ Bár – ahogy fentebb írtuk – a hálózati számítógépes világ nem innen várta az információkezelés átütő erejű innovációját, mégsem véletlen, hogy itt született meg.

A world wide web alapját képező szellemi konstrukcióról szólva a számítógép-történész Ceruzzi megjegyzi, hogy a fejlődés egyik csúcspontja, valószínűleg a legjelentősebb alkotás von Neumann EDVAC-jelentése óta. Sőt, – folytatja – lehet, hogy a kommunikáció történetének legjelentősebb eseménye a könyvnyomtatás vagy az írás feltalálása óta. Mindenesetre

²¹⁹ A fejlesztés sok szállal kapcsolódik korábbi, jelentős invenciókhoz. Az alapkoncepció Vannevar Bush, J. Licklider, D. Engelbart és Ted Nelson ideáiból építkezik, azok továbbgondolásának és továbbfejlesztésének tekinthető – egy kreatív, eredeti gondolatrendszer kereteiben, úgy, hogy az információk kezelésének egy váratlan és új paradigmáját alkotja meg. Tim Berners-Lee így ír erről: „The origins of the ideas on hypertext can be traced back to historic work such as Vannevar Bush's famous article »As We May Think« in Atlantic monthly in 1945 in which he proposed the »Memex« machine which would by a process of binary coding, photocells and instant photography, allow microfilms cross-references to be made and automatically followed. It continues with Doug Englebart's »NLS« system which used digital computers and provided hypertext email and documentation sharing, with Ted Nelson's coining of the word »hypertext«.” In: Tim Berners-Lee: The World Wide Web: Past, Present and Future. (Draft response to invitation to publish in IEEE Computer special iss. of Oct. 1996.) <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html>

²²⁰ T. Berners-Lee/R. Cailliau: World Wide Web: Proposal for a HyperText Project. Genova, CERN, 1989. In: <http://www.w3.org/pub/WWW/Proposal>.

A hipertextes információelérés és az internet integrációja olyan szokatlan innováció volt, hogy az inventor, Tim Berners-Lee kénytelen volt személyesen kidolgozni a szoftvertechnológiát, mert az akkori hipertext-rendszerek fejlesztésével foglalkozó cégek – amelyeknek felajánlotta az ötletet – sorra elutasították. Berners-Lee, T.: Weaving the Web. New York: HarperCollins, 2000.

tény, hogy a world wide web megalkotásánál mind a véletlen, mind a tervezettség elemei megmutatkoznak, és ez kiváló illusztrációja a számítógép-fejlesztés történetét végigkísérő „szükségserű és véletlen” illetve „tervezett és esetleges” ellentétpárok dialektikájának.²²¹ Olyan helyen született a gondolat és az azt követő szoftveralkalmazás, ahol senki sem várta: a Svájc és Franciaország határán fekvő CERN kutatóközpontban.²²²

Az Európai Atommagkutató Centrumban a világ különböző tájairól fizikusok hada fordult meg sokféle számítógéppel, kutatómunkájuk adatok gyűjtését és adatok kicserélését igényelte. Berners-Lee a CERN vezetőinek és kollégáinak írt feljegyzésében (amelynek több változata létezett) javaslatot tett egy olyan hipertext alapú rendszer létrehozására, amely a különböző helyeken lévő számítógépeken „szétszór” információkat egységes grafikai felületen képes kezelni. Célja az volt, hogy olyan szoftvert hozzon létre, amely könnyen elérhetővé teszi a sokféle, a különböző helyeken és gépeken lévő adatbázisokban található információkat.²²³ A problémát – és megoldását – a következőképpen foglalta össze: *„A jelenlegi platformok és eszközök inkompatibilitása lehetetlenné teszi azt, hogy a létező információkat közös interfész segítségével érjük el... Potenciálisan rendkívül hasznos lenne a különböző rendszerek olyan integrációja, amely megengedné a felhasználónak, hogy olyan kapcsolatokat kövessen, amelyek egyik információról a másikra utalnak. Ez a rendszer, amely inkább leírható egy hálózattal, mint hierarchikus fastruktúrával vagy rendezett listával, jelenti a HyperText fogalom mögötti alapkonceptiót.”*²²⁴

11.3.8 A world wide web funkcionális alapelemei

Tim Berners-Lee az egyes információegységek azonosítására és egyértelmű megjelölésére²²⁵ bevezette az URL-t (Uniform Resource Locator), ami a tulajdonképpeni hiperlink. Az információk egyértelmű kódolására definiálta a HTML (Hypertext Markup Language) nyelvet, és a webszervereken tárolt információk transzferének biztosítására megalkotta a jól ismert HTTP-t (Hypertext Transfer Protocol).²²⁶

A world wide web úgy működik, hogy az egyes információelemeket a tallózószoftver (browser) megkeresi, és megjeleníti a grafikai szimbólumok alkalmazásával kialakított „felhasználóbarát” felszínen, a weblapon. *(Ez a megoldás a számítógép-használatban járatanak is lehetővé tette a különböző állományok keresését, a tallózást.)* A weblap a WWW alapegységének tekinthető. A weblapok tartalmazznak szövegeket és ábrákat is, felületükön megjelentethetők kisebb-nagyobb ablakban mozgó képek, animációk, illetve videószekvenciák. A rendszer képes hangállományok átvitelére és lejátszására is. A web-

²²¹ Példának említi Ceruzzi az ENIAC precíz, minden részletre kiterjedő megtervezettségét, és az Altair körül kiépülő PC-jelenség esetlegességét. Ceruzzi, P. E. 2003. 301.

²²² „It did not come from the research laboratories of IBM, Xerox, or even Microsoft, nor did it come out of the famed Media Lab at MIT, which stated with great fanfare that its primary goal was to transform the world through the integration of computers and communications.” Ceruzzi, P. E., 2003. 301.

²²³ „[T]he Web’s major goal was to be a shared information space through which people and machines could communicate. This space was to be inclusive, rather than exclusive.” In: The World Wide Web: Past, Present and Future...

²²⁴ T. Berners-Lee/R. Cailliau: World Wide Web: Proposal for a HyperText Project. Genova, CERN, 1989. In: <http://www.w3.org/pub/WWW/Proposal>.

²²⁵ „Point to any document – or any other type of resource – in the universe of information.” In: The World Wide Web: Past, Present and Future...

²²⁶ Az FTP (File Transfer Protocol) helyett.

lapok egyes részei (aláhúzással és/vagy eltérő színnel jelölt szövegrészek vagy képek) olyan más információkra utalnak, amelyek lehetnek ugyanabban az állományban, de másik számítógép adatbázisában is – bárhol a földkerekségen. Ezek az úgynevezett hiperlinkek (hiperhivatkozások) két részből állnak: a kiemelt szövegrész vagy grafika, és „mögötte” a cím, illetve utasítás, ami a tallózó számára megadja, hogy a szükséges információ milyen protokollal, melyik számítógép melyik könyvtárából hívható be. Ha a linket aktiváljuk, akkor képernyőnkön újabb weblap jelenik meg – amelyről tetszés szerint tovább „ugorhatunk” a világ bármelyik, az internethez kapcsolt számítógépére. Tim Berners-Lee úgy döntött, hogy az új információs rendszert nem szabadalmaztatja, és nem hasznosítja üzleti célokra.²²⁷ A world wide web amerikai fejlesztők munkája nyomán vált multi- és hipermediálissá 1993 elején. Marc Andressen és Eric Bina megalkották a Mosaic hálózati böngészőprogramot, a Netscape elődjét. Ezt követően alakult ki a world wide web (www), az internet alapú globális hipermediarendszer úgy, ahogyan mai formájában ismerjük.

11.3.9 A world wide web – a reális világgönyvtár

Azzal, hogy Tim Berners-Lee a grafikus felhasználói felületet, a hipertextet és az internetet integrált rendszerré kapcsolta össze, megszületett a reális világgönyvtár. Valóra vált a tudósok dolgozószobájában született álmom. Korunk „memex”-e képes fénysebességgel megkeresni a világ bármely részén digitális formában hozzáférhető információkat, és azokat képernyőnkön megjeleníteni – messze túlteljesítve ezzel Bush eredeti elképzelését. Az információs korszak globális, egész világot átfogó hipermedia, illetve kommunikációs rendszere, a world wide web nem más, mint a hipertext típusú információs szervezés, a multimédia-prezentáció és az internet alapú kommunikációs kapcsolatrendszer integrációja. Ezt az új, „sokdimenziós” információs univerzumot általában „hipertérnek” vagy „kibertérnek” (cyberspace) nevezik. A hipermedia-rendszerek információtartalma elvileg felöllelheti a emberiség eddig összegyűjtött teljes ismeretkészletét. A rendszer komplexitása, hatalmas információtartalma és a hagyományostól eltérő szervezési struktúrája következtében az egyes információegységek elérésének, előhívásának technikai és mentális vonatkozásai egyaránt fontosak.

Az internet alapú hipermedia-rendszerek – szemben a lineáris, kezdet-vég struktúrájú hagyományos médiákkal – tetszés szerinti (random) hozzáférésű médiumok. A hipertext-rendszer egyes szavai (információelemei) összekötőként (link) szolgálnak egy másik információegységhez, amely az előző információra vonatkozó, azzal logikailag kapcsolódó további információkat jelenít meg. Az adott szövegelem tehát a magyarázat szövege helyett annak „elérési címét” tartalmazza plusz információként. A „címezett” egy másik információegység, amely lehet a gép merevlemezén, DVD-n vagy más, a géphez ideiglenesen csatlakoztatott külső tárolóeszközön, vagy egy másik (akár egy távoli kontinensen lévő) számítógép adatbázisában is. A rendszer teljes információtartalmának bármely eleme néhány kattintással elérhető lehet egy bárhol lévő számítógépről, illetve arra alkalmas mobil végkészülékről. Úgy is lehet fogalmazni, hogy *a hipertext nem lineáris médium lokális szöveg és globális információ- illetve tudáskészlet között*. A hagyományos médiumok használata esetén az információk észlelése során kialakított kognitív séma logikai-időbeli

²²⁷ Tim-Berners Lee az 1994-ben az MIT-n alapított a World Wide Web Konzorcium (röviden W3C) elnöke. A konzorcium alapvető feladata a világháló optimális, nyitott működésének biztosítása, az ezt meghatározó szabványok és ajánlások továbbfejlesztése. Tim-Berners Lee-t 2004-ben az angol királynő lovaggá ütötte.

struktúrája megfelel az információhordozó fizikai szerkezetének (kezdet-közép-vég). Az internet világot átfogó hipermédia-rendszere esetében ez nem így van. A „hipertérben” vagy „kibertérben” valamely tartalom mentális reprezentációja és a neki megfelelő fizikai információátviteli rendszer struktúrája nem hozható fedésbe. Ebből adódóan az adatbázisokban meglévő információkat új módon kell megkeresnünk. Meg kell tanulnunk, milyen úton, milyen eszközök és módszerek használatával lehet gyorsan elérni a számunkra fontos tartalmakat.²²⁸ Az információs társadalom embere számára a hálózati információs világban való tájékozódás az egyik legfontosabb, eredményessége szempontjából kritikus kompetencia.

A világháló kommunikációs és kooperációs lehetőségei folyamatosan bővülnek, létrehozva az emberek közötti kapcsolattartás és együttműködés korábban elképzelhetetlen lehetőségrendszerét. A world wide web koncepciója több mint egy új, leleményes kommunikációs szoftver kidolgozása. A világháló hipertext alapú információs rendszere egy olyan új, integratív, átfogó kulturális technológia, amely – úgy tűnik – az emberiség szimbólumhasználó aktivitásának szinte minden szegmensét átforgatja. Az internet és a ráépülő world wide web (együttesen: a világháló) teszi lehetővé azokat a virtuális aktivitásokat, amelyek működésben tartják és alakítják a globális információs társadalom egészét.

11.3.10 Számítógépes információszolgáltatás

Az információrobbanás problémájának megoldására a hagyományos könyvtár-, illetve információtudomány és a könyvtári tájékoztatás, információszolgáltatás területén is történetek kezdeményezések. A szakterület leginnovatívabb szakemberei a 20. század első felében a mikrofotográfiában találták meg a megfelelő eszközt a könyvek és folyóiratok tartalmának tömörebb tárolására. Arra is gondoltak, hogy ez a technika alkalmas lehet a dokumentumot leíró katalógustétel és a teljes szöveg összekapcsolására. Fremont Rider amerikai könyvtáros a következőket írta 1944-ben: *„Miért nem kombináljuk könyveink mikroszövegét s ugyanannak a könyvnek a katalóguscéduláját egyetlen egységben? Más szóval miért nem rakjuk mikrokönyveinket saját katalóguscéduláik (jelenleg teljesen használatlan) hátlapjára?”*²²⁹

Ezekben a könyvtárak területéről kiinduló innovatív elképzelésekben megjelentek mindazok az elemek – a kompakt tárolás, a sokszorosítás könnyűsége, a teljes szöveg távoli elérhetősége, a hipertext stb. –, amelyek napjainkban az elektronikus-digitális informatikai rendszerek által lehetővé tett virtuális elektronikus könyvtárban realizálódnak. A mai fejleményekhez vezető folyamatok a számítógépek tájékoztatási célokra történő felhasználásával indultak el a hatvanas években. Az informatika forradalmian új fejleményeivel párhuzamosan a „hagyományos”, nagygépes számítástechnika; a könyvtárügy és információszolgáltatás területén szintén jelentős, de inkább evolúciós folyamatok kezdődtek. A számítógépeket egyre növekvő mértékben kezdték használni adattárolásra, sőt a háttértárol-

²²⁸ A navigáció során természetesen nehézségek is felléphetnek. Ilyenkor *dezorientációról* beszélünk, amelynek egyik formája az „eltévedés a hipertérben” (lost in hyperspace). Ez abból adódik, hogy a felhasználó nem tudja, hogyan lehet elérni az adatbázisban valamely információt, vagy elveszíti az áttekintést. *Konceptuális dezorientáció* keletkezik, ha a *felhasználó* a felbukkanó információ szemantikai összefüggéseit nem képes meglévő tudásrendszerébe integrálni. Ha a rendszer szerkezete, működése a használó számára túlzottan komplikált, *kognitív túlterhelés* (cognitive overload) jön létre.

²²⁹ Buckland, Michael: A könyvtári szolgáltatások újratervezése. Budapest, OSZK, 1998.

lók különböző típusait fejlesztették ki. Ezekben a számokon túl betűket, szövegeket is tároltak (természetesen ezeket is bináris számjegyekkel kódolva), így kialakultak a nagy szöveges adatbázisok, információs rendszerek. Havass Miklós megfogalmazásával: „...a számítógépeknek ez az újféle használata elvi változást hozott a számítástechnika alkalmazásában. A számítógép által feldolgozott adatok többé nem számok, paraméterek voltak, hanem információk, amelyeket ugyan digitálisan, szám alakban reprezentáltak a gépek, de amelyek releváns üzeneteket hordoztak... Ettől fogva kezdik a számítástechnika elnevezés helyett a tágabb értelmű informatikát használni.”²³⁰

A könyvtári tájékoztatásban már a 20. század elején is problémákat okozott a tudományos-műszaki közlemények, dokumentumok egyre növekvő mennyisége. Lehetetlenné vált egyetlen szakterületen belül is valamennyi közlemény elolvasása. Hogy a kutatóknak lehetősége legyen legalább a közlemények tartalmáról szóló rövid ismertetések átfutására – és így ki tudják választani azt, amit feltétlen el kell olvasniuk – elterjedt az úgynevezett referáló folyóiratok, később a témadokumentációk, szakirodalmi szemlék kiadása. A különböző szakterületekre specializálódott információsztolgáltató intézmények az általuk gyűjtött elsődleges szakirodalmi dokumentumok (könyvek, folyóiratok, konferenciadokumentumok, szabadalmak, szabványok stb.) folyamatos feldolgozásával elkészítették ezek másodlagos dokumentumait, amelyekből bizonyos rendszerességgel – általában havonta, kéthetente – a referáló lapokat állították össze. Az 1960-as évektől a nyomdák működését is megváltoztatta a számítógépes automatizáció: a hagyományos nyomdai eljárásokat felváltotta a számítógépes fényszedés. Mivel a tájékoztató kiadványok (kötetkatalógusok, bibliográfiák, referáló folyóiratok stb.) hagyományos nyomdai előállítására rendkívüli munka- és időigényes volt, itt is áttértek az új technika felhasználására. A fényszedőgép képes arra, hogy a mágnesszalagra vitt adatokból a nyomtatandó szöveget beolvassa, a vezérlőjeleket értelmezze, és a szedőrendszert ennek megfelelő utasításokkal működtesse. A fényszedő számítógépek adatbevitelére használt mágnesszalagok az egyes füzetek tartalmával azonos, számítógéppel olvasható információforrásként mintegy melléktermékek álltak rendelkezésre. Kiderült, hogy maguk a szalagok is alkalmasak tájékoztatásra a referáló lapok mellett vagy azok helyett. Az 1960-as évek második felétől általánossá vált ez a szolgáltatás is. Erre épült a szelektív információterjesztés, illetve szelektív témafigyelés (Selective Dissemination of Information, SDI). A gépi információkereső technika gyorsan elterjedt a nagy szakkönyvtárakban és a nagyobb vállalatok könyvtáraiban.

A számítástechnika további fejlődésével, az adattároló kapacitások bővülésével és a hálózatok rohamos terjedésével lehetővé vált egy új információs technika, az on-line szolgáltatások elterjedése. Nagy, profitorientált információsztolgáltatók jöttek létre a vegyipar, az űrkutatás, a nukleáris technika, az elektronika stb. területén. Ezek a szolgáltató központok sok tematikus adatbázist tartalmaznak és tesznek hozzáférhetővé. A hozzáférés on-line, interaktív üzemmódban történik, adatátviteli vonalakon keresztül. A legújabb fejlemény az Internet, a World Wide Web és a professzionális információsztolgáltató rendszerek „konvergenciája”. Ezzel elérkezünk a virtuális világgönyvtár ideájának megvalósulásához.

²³⁰ Havass Miklós: Paradigmaváltások. In: Magyar Tudomány, 1995/6.

11.3.11 Az elektronikus információkezelés alapformái

A 21. század elején – az elmúlt évtizedekben lejátszódott informatikai forradalom eredményeképp – információtároló, információfeldolgozó és -közvetítő eszközök sokasága vesz körül bennünket, sokrétű és széleskörű információs szolgáltatások állnak rendelkezésünkre. Széles körben tudatosodott az információ jelentősége és középponti szerepe. Az információ előtérbe kerülése mutatkozik meg azokban az új fogalmakban is, amelyek az utóbbi évtizedekben terjedtek el, és az információval foglalkozó tudományágakat, foglalkozásokat, tevékenységeket, de magát a kort is jelölik: információtudomány, információelmélet, informatika, információs műveltség, információs írástudás, információmenedzsment, információ-bróker, információs tanácsadó, információs forradalom, információs kapitalizmus, információs társadalom stb.

Az információfeldolgozás és a kommunikáció korábban elképzelhetetlen teljesítőképességű eszközrendszerei lehetővé teszik, hogy a társadalom merev, hierarchikus, vezérléssel működő alrendszerei azonnali visszacsatolással működő flexibilis, szabályozott alrendszerekké alakulhatnak át, és ez jelentős hatékonyságnövekedéssel járhat. Különösen szembeötlő ez a gazdaság egyes szektorainak működésében, ahol az információ lett a legfontosabb erőforrás, és az infokommunikációs technika okos használatának következtében az anyag- és energiahálózatok működése a korábbinál jóval hatékonyabbá vált.

Az információnövekedés következtében a kulturális környezet is jelentősen megváltozott. A mai ember szimbolikus környezete rendkívül heterogénné vált, a korábbi tipográfiai dominanciájú szimbólumvilág pedig multimediálissá transzformálódott: érzékszerveinket eltérő modalitású információk változatos kombinációi ostromolják. Az új információkörnyezet emblematikus felülete a képernyő, amely a mögöttes információáramokról és interakciókról jelenít meg számunkra vizuálisan értelmezhető szimbólumokat és ikonokat. Ez a felület a bejárata az elektronikus tanulási környezetek virtuális dimenziójának is.

Az információk exponenciális növekedése új információkezelő eljárások létrehozását tette szükségessé. Ahhoz, hogy a változó, efemer hardver és szoftver világban tájékozódjunk, rendezőelvekre van szükségünk. Az információkezelés alapvetően új formáinak a tudatosítása egyike lehet az eligazodáshoz szükséges rendezőelveknek. Négy ilyen információkezelési alatechnológiát azonosíthatunk, ezek: az adatbázis és keresőrendszer, a hipertext, a multi- és hipermedia valamint a world wide web. Ezek alkotják a képernyőfelületen generálódó ikon- és szimbólumkombinációk mögöttes információszervező hátterét.

11.3.12 Adatbázisok és keresőrendszerek

Az új információs rendszerek alapját az adatbázisok és a hozzájuk tartozó keresőrendszerek képezik. Az adatbázis információk tárolására szolgál; adatok, információk jól strukturált, rendszerbe szervezett halmaza. Az információk különböző adatmodellek szerinti strukturálása, ami a gyors előkereshetőség érdekében történik, alapvetően információkezelő eljárás. A strukturálás az adatok gyors előkeresését szolgálja. Tágabb értelemben adatbázis a telefonkönyv, a kézikönyv, a nyomtatott termékismertető, a lexikon is. Az elektronikus, digitális adatbázisok azonban olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek messze meghaladják a hagyományos, papíralapú adatbázisok lehetőségeit. Az elektronikus adatbázisokkal rendelkezésünkre álló lehetőségeket akkor tudjuk igazán értékelni, ha összevetjük ezeket a papíralapú információs rendszerek korlátaival.

Egy könyv formájában létező adatbázis zárt, végleges rendszer: új kiadásra van szükség, ha a benne lévő adatok kiegészítésre, módosításra szorulnak. Ezzel szemben az elektronikus adatbázis elvileg soha nem avul el, folyamatosan a legfrissebb, aktuális információkat szolgáltathatja – ha gondoskodunk a folyamatos frissítésről. A könyv formájában létező adatbázis korlátozottan kereshető a szerző által meghatározott kategóriák alapján készült szójegyzék, glosszárium, tartalomjegyzék alapján, vagy lassú és fáradtságos böngészéssel. Ezzel szemben a digitális adatbázisból változatos keresési szempontok alapján hívhatók elő az információk, az egyes kategóriák egymással összekapcsolva kereshetők, és mindez hihetetlen gyorsan történik. Az egyes adatbázisok egymással is összekapcsolhatók, ami tovább növeli a lehetséges keresési szempontok számát. Az adatbázisokból nyert információk tetszés szerint jeleníthetők meg: nyomtathatók, dokumentumokba illeszthetők, elektronikusan továbbíthatók. Mindezek a tulajdonságok az adatbázisokat az információs társadalmak alapvető információszerző rendszereivé teszik, amely rendszereknek az elektronikus tanulási környezetekben is meghatározó szerepe van.

11.4 ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a leckében bemutattuk azt a folyamatsort, amelynek eredményeképpen az információrobbanásnak nevezett folyamat lejátszódott. Körvonalaztuk a virtuális világkönyvtár ideáját, ismertettük Vannevar Bush információkezelő elképzeléseit, a memex koncepcióját. Értelmeztük a hipertext, multimédia, hipermédia fogalmakat, felvázoltuk a world wide web funkcionális jellemzőit, a rendszer kialakulásának és továbbfejlesztésének fontosabb eseményeit. Részleteztük a számítógépes információszolgáltatások fogalmkörét és végül összefoglaltuk az elektronikus információkezelés alapformáit, kiemelve az új információs rendszerek bázisát képező adatbázisok és keresőrendszerek karakterisztikus jellemzőit.

11.5 ÖNELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK

1. Mi volt az oka az információrobbanásnak nevezett jelenségnek? Milyen korai elképzelések születtek az információrobbanás problémájának kezelésére?
2. Mikor jelent meg a gépesített információelérés és a hipertext gondolata?
3. Mit jelentenek a multimédia és a hipermédia kifejezések?
4. Mikor, hol és milyen probléma megoldására született a world wide web? Mi jellemzi ennek az információs rendszernek a működését?

12. ÖSSZEFOGLALÁS

12.1 A TANANYAGBAN KITŰZÖTT CÉLOK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az első bekezdésben a tárgy tanításának célkitűzéseit fogalmaztuk meg, melyet a tantárgy általános leírása és tanulási útmutató követ.

A második leckének az a célja, hogy megismertesse a hallgatókat a világ természettudományos leírásának néhány alapkategóriájával és a közöttük lévő kapcsolatokkal, különös tekintettel az információ fogalmának első közelítésben történő értelmezésére és az információnak az anyagi világ felépítésében és az emberi társadalom fejlődésében betöltött szerepével ismertetésére.

A harmadik leckének az a célja, hogy megismertesse a hallgatókat az információ-fogalom értelmezésének néhány alapkategóriájával és a közöttük lévő kapcsolatokkal. A hallgatók értsék meg az információ fogalmának szerteágazó, mégis logikailag összefüggő és evolúciós keretrendszerbe helyezhető értelmezési formáit, beleértve az információnak az anyagi világ felépítésében és az emberi társadalom fejlődésében betöltött szerepét is.

A negyedik a leckében a matematikai információelmélet néhány fontosabb alapfogalmáról van szó. Bemutatjuk, miért kitüntetett a kettes számrendszer és a kettes alapú logaritmus az információelméletben és az informatikában. A hallgató betekintést nyer a bináris logikának a valóság leírásában betöltött szerepébe. Meg fogja ismerni az információelmélet kialakulásának és a számítógépek fejlesztésének néhány fontos történeti vonatkozását.

Az ötödik leckének az a célja, hogy bevezesse a hallgatókat a földi (planetáris) információs rendszerek átfogó, egységes értelmezésének elméletébe. Ismerjék fel a sokrétű információs fenomének mögötti azonosságokat és az egyes információfeldolgozási szintek közötti evolúciós kapcsolatrendszer fő vonásait. Szerezzenek releváns ismereteket az információs rendszerek alapformáiról és azok karakterisztikus, egyedi jellemzőiről.

A hatodik leckének az a célja, hogy betekintést adjon a hallgatóknak a molekuláris szinten történő információs folyamatokba. A tanulók megismerik, hogyan történik az élő rendszerekben a genetikai információ tárolása, továbbítása és feldolgozása, és arra vonatkozóan is ismereteket szereznek, hogy milyen szerepet játszik az információ ezeknek a rendszereknek a sejtszintű működésében. Eközben megismerkednek az evolúciós elmélet és a molekuláris biológia történetének néhány kulcselemével illetve a molekuláris biológia néhány alapfogalmával.

A hetedik leckének az a célja, hogy az emberi agy információfeldolgozó működéseinek néhány alapvonásával megismertesse a hallgatókat. Felvázoljuk az információk agyi reprezentációjának szintjeit és az agy valóságértelmező működéséről szerzett ismereteink kulcselemeit. A tanulók megismerkednek az agy-számítógép illetve agy-elme-tudat fogalomrendszer összefüggéseivel és az itt mutatkozó megoldatlan problémákkal, vitás kérdésekkel. Eközben betekintést nyernek a világegyetem általunk ismert legösszetettebb információfeldolgozó berendezésének szerkezetébe és működésébe.

A nyolcadik leckének az a célja, hogy betekintést adjon a jelek és jelentések világába. A tananyag áttanulmányozása során a hallgató meg fogja érteni, hogyan vezethető le az elemi információs jelenségekből a jelek és jelentések világa. Megismeri a jelekkel foglalkozó tudomány előtörténetét, kialakulását, és elsajátítja a fontosabb alapfogalmakat. Bete-

kintést kap a szemiotika néhány fontosabb részterületébe, képet alkot a tudományterület néhány problémájáról.

A kilencedik lecke áttanulmányozása során a hallgatók megismerik a nyelvi kommunikáció Roman Jakobson-féle modelljét, és a nyelvi jel különleges jellemzőit. Betekintést nyernek az emberi nyelvhasználat biológiai alapjaiba és evolúciójába. Meg fogják ismerni a beszéd folyamat elemeit, ezek összetevőit és jellegzetességeit. Áttekintést kapnak a nyelv társadalmi funkciójáról, és képet tudnak alkotni az elsődleges, illetve a másodlagos szóbeliség jellemzőiről.

A tizedik lecke áttanulmányozása során a hallgató áttekintést kap az állatok információs kapcsolatairól és jelhasználatáról, és az emberi társadalomra jellemző kommunikáció formáinak változásairól. Meg fogja érteni, hogy az emberré válás során hogyan vált fajunk egyre alkalmasabbá a valóság részletekben gazdag, finom belső reprezentációjára, és ennek eredményeképpen összetett információs interakciókra, társadalmi kommunikációra. Meg fog ismerkedni néhány modellel és elmélettel, amelyek az emberi társadalom kulturális és technológiai evolúcióját, illetve ezek kölcsönhatását értelmezik.

A tizenegyedik leckének az a célja, hogy áttekintést adjon arról a folyamatról, amely egyrészt az információ mennyiségének robbanásszerű növekedéséhez, másrészt a megszorított információk hatékonyabb kezelésére alkalmas, új eszközök és eljárások megjelenéséhez vezetett el. A fejezetet áttanulmányozva a tanulók megértik az információrobbanás okait, és megismeri azt is, milyen gondolatok, törekvések, fejlesztések és innovációk eredményezték a mai információtovábbító és -feldolgozó technikák megjelenését.

12.2 TARTALMI ÖSSZEFOGLALÁS

A második leckében először a természet három alapvető összetevőjének definíciószerű értelmezésével foglalkoztunk, különös tekintettel az információ fogalmával megragadható entitásra. Az ismeretelemeket a lehetőségek határain belül tudománytörténeti kontextusba helyeztük. Így az anyag-energia-információ fogalomrendszer értelmezésének történeti változásaiból kiindulva az entrópia fogalmán keresztül jutottunk el az információ fogalmának első közelítésben történő értelmezéséig.

A harmadik leckében először az információfogalom értelmezésének rendszerszintjeit ismertettük. Ezt követően került sor az információ üzenetként történő értelmezésére (a Shannon-séma és a kibernetikai rendszermodell általános használhatósága, információ mint üzenet evolúciós összefüggésrendszerben), majd az információ alakzatként történő megközelítésének aspektusait vázoltuk fel, szintén evolúciós keretrendszerben. A leckét az alakzat- és üzenet modellt integráló artefaktumok bemutatásával zártuk.

A negyedik leckében az információfogalom műszaki-matematikai értelmezésének alap-emeit vázoltuk fel. Ismertettük az információ matematikai elméletének alapgondolatát, ezen belül a matematikai információfogalmat és a Shannon-modellt. Leírtuk az információmennyiség meghatározásának elvét – Hartley és Shannon megközelítésében. Megmutattuk a kettes számrendszer és a kettes-alapú logaritmus kitüntetett szerepét, értelmeztük a bináris logika fogalmát. A továbbiak során bemutattunk egy példát az információmennyiség felosztással történő meghatározására és kapcsolatba hoztuk a bináris logikát a kódolással. Végül ismertettük az információ és valószínűség, információ, entrópia és redundancia fogalomkört, és a Shannon-képletet.

Az ötödik leckében az információs rendszerek alapformáit mutattuk be, James Beniger klasszikus műve (Az irányítás forradalma) alapján. Felvázoltuk az információfeldolgozás planetáris fejlődéstörténetének alapvonásait. Elemeztük a planetáris információfeldolgozás eredetét e és az egyes szintek – molekuláris, kulturális, társadalmi, gépi technológiai – egymásra épülésének módozatait. Leírtuk a planetáris információs szintek karakterisztikus vonásait és a közöttük lévő kapcsolatok logikai összefüggésrendszerét.

A hatodik leckében áttekintettük az élő sejtekben, molekuláris szinten történő információs folyamatok főbb jellemzőit. Eközben összefoglaltuk az evolúciós elmélet alapelemait és a tulajdonságok átörökítésére irányuló korai tudományos elképzeléseket. Bemutattuk az örökítő anyag szerkezetének meghatározására irányuló kutatások történetét, ismertettük a genetikai kód fogalmát és fizikai struktúráját és felvázoltuk a biológiai információátvitel (a DNS replikációja és a fehérjeszintézis) logikáját.

A hetedik leckében az emberi agyat mint információs rendszert vizsgáltuk. Felvázoltuk az agykutatás néhány alapkérdését, bemutattuk a neurális információs rendszer funkcióit, rendszerbe foglaltuk a külső világ agyi reprezentációjának szintjeit. Ismertettünk az agyműködés értelmezése vonatkozó modelleket és a reprezentációk kialakulására, az aktivációs mintázatok szerepére vonatkozó elképzeléseket. Foglalkoztunk az agy és a számítógép működésének összehasonlításával, valamint az agyműködés és a tudatosság kapcsolatával.

A nyolcadik leckében az elemi információs folyamatokból kiindulva röviden és vázlatoszerűen bemutattuk a szemiotika néhány alapelemét. Röviden körvonalaztuk az információ, jel, jelentés, kognitív habitus és kultúra fogalomkört, ismertettünk a jeltudomány kialakulásának és előzményeinek néhány meghatározó epizódját. Utaltunk a modern jeltudomány néhány meghatározó személyiségére és munkásságukra, felvázoltuk a jeltypológia egy fontos szegmensét, leírtuk a jelfolyamat elemeit és a közöttük kialakuló kapcsolatokat, körvonalaztuk a szemiózis dimenzióit.

A kilencedik leckében az emberi nyelvet mint kitüntetett információs rendszert mutattuk be. Elemeztük a nyelvi jelet, felsoroltuk a lingvisztikai kulcskompetenciákat, ismertettük a nyelv hierarchikus tagolódását. Felvázoltuk a beszédfolyamat elemeit és összetevőit, Jakobson modellje alapján bemutattuk a nyelvi információátvitel tényezőit és funkcióit, számba vettük a nyelv társadalmi szerepének összetevőit.

A tizedik leckében az élőlények valóság-leképezésének sajátosságaiból kiindulva mutattuk be annak a folyamatnak a fő vonásait, amelynek eredményeképpen a mai ember információs világa kialakult. Számba vesszük az állatoknak a külvilágra irányuló viselkedésformáit, majd körvonalaztuk az információs kapcsolataik és felhasználatuk jellemző vonásait, beleértve az állatok számára releváns információk kategorizálását is. Ezután mutattuk be azt a folyamatot, amelynek során a sajátos emberi szimbólumkörnyezete kibontakozott (antropogenezis).

A tizenegyedik leckében bemutattuk azt a folyamatsort, amelynek eredményeképpen az információrobbanásnak nevezett folyamat lejátszódott. Körvonalaztuk a virtuális világkönyvtár ideáját, ismertettük Vannevar Bush információkezelő elképzeléseit, a memex koncepcióját. Értelmeztük a hipertext, multimédia, hipermédia fogalmakat, felvázoltuk a world wide web funkcionális jellemzőit, a rendszer kialakulásának és továbbfejlesztésének fontosabb eseményeit. Részleteztük a számítógépes információszolgáltatások fogalomkört és végül összefoglaltuk az elektronikus információkezelés alapformáit, kiemelve az új információs rendszerek bázisát képező adatbázisok és keresőrendszerek karakterisztikus jellemzőit.

12.3 A TANANYAGBAN TANULTAK RÉSZLETES ÖSSZEFOGLALÁSA

Az alábbiakban összefoglaljuk a tananyag tematikus fókuszpontjait oly módon, hogy valamennyi, az eredményes vizsgázáshoz szükséges kulcs fogalom szerepeljen benne. Ezzel áttekintést adunk az ismeretanyag fogalmi rendszeréről, az egyes témakörök közötti logikai kapcsolatokról, és a tananyag létrehozása mögötti koncepció részleteiről.

I. Anyag, energia, információ. Az anyag és az energia jellemzői. Az információ fogalmának értelmezése. Az információ, mint üzenet – a Shannon-féle kommunikációs blokk-séma. Az információs alakatok evolúciója. Az információ szerepe és jelentősége kibernetikai rendszermodellekben. Homeosztázis, belső környezet.

II. Matematikai információelmélet. Bináris logika, a kettes számrendszer kitüntetett szerepe az informatikai rendszerekben. Információ, valószínűség, redundancia és entrópia.

III. Az információ szerepe biológiai rendszerekben. Információs folyamatok a molekulák szintjén. Neuronális információs rendszerek. Az emberi agy szerkezetének és működésének alapvonásai.

IV. Információ a szemantikai információelméletben. Jel, jeltárgy, jelentés. A jeltudomány kialakulása. Jeltipológia. A jelfolyamat elemei.

V. Információ és nyelvhasználat. A nyelvi jel. A beszédfolyamat. A nyelvi információátvitel tényezői és funkciói. Elsődleges és másodlagos szóbeliség. A nyelv társadalmi funkciói.

VI. Információ és kommunikáció a társadalomban. Az információfeldolgozás biológiai alapjai. Az állatok jelhasználata. Információs forradalmak az antropogenezis során.

VII: Az információrobbanás és az arra adott válaszok: az elektronikus információkezelés alapformái (adatbázis és keresőrendszer, hipertext, multimédia, hipertext, hipermédia, internet és világháló). Számítógépes információszoftvertelítő rendszerek.

13. KIEGÉSZÍTÉSEK

13.1.1 Hivatkozások

- A Mathematical Theory of Communication, Bell System Techn. J., 27. évf. 1948. 379–423. és 623–656.
- Altrichter Ferenc: A tudat két aspektusa: intencionalitás és qualia. In: Agy és tudat, Budapest, BIP, 2002. 142. o.
- Andor Csaba: Jel – kultúra – kommunikáció. Budapest, Gondolat, 1980
- August Weismann: Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen. Jena, 1892
- Bell, D.: Az információs társadalom társas keretrendszere. Információs társadalom, 2001, I. évf. 1. szám
- Beniger, James R.: The Control Revolution. Technological and Economic Origins of the Information Society. Harvard University Press, 1986. (Magyarul: Az irányítás forradalma. Az információs társadalom technológiai és gazdasági forrásai. Gondolat – Infonia, Budapest, 2004.)
- Berners-Lee, T.: The World Wide Web: Past, Present and Future. (Draft response to invitation to publish in IEEE Computer sp. iss. of Oct. 1996.) <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html> (2009-03-15)
- Berners-Lee, T.: Weaving the Web. New York: HarperCollins, 2000
- Berners-Lee, T.–Cailliau, R.: World Wide Web: Proposal for a HyperText Project. – Genova: CERN, 1989. URL: <http://www.w3.org/pub/WWW/Proposal>
- Bertalanffy, Ludwig von: ... ám az emberről semmit sem tudunk = (robots, men and minds). Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1991.
- Brookes, B. C.: The Foundations of Information Science I–IV. In: J. of Inf. Sci. 2, 3, 1980
- Buckland, Michael: A könyvtári szolgáltatások újratervezése. Budapest, OSZK, 1998
- Bush, V.: As we may think. In: Atlantic Monthly, 176, (1), 101–108. 1945.
<http://www.theAtlantic.com/atlantic/atlweb/flashbks/computer/bushf.htm>
- Campbell-Kelly, M.–Aspray, W.: Computer – a history of the information machine. New York, Perseus Books, 1996.
- Changeux, J.: Agyunk által világosan. A neuronális ember, avagy az agykutatás keresztmetszete (1983). Typotex Kiadó, Budapest, 2000.
- Cziko, G.: Without Miracles. Universal Selection Theory and the Second Darwinian Revolution. Cambridge, Mass, 1995, MIT Press.
- Csányi Vilmos: Kultúra és globalizáció. In: 2000 c. folyóirat, 1999. május
- Darwin, Ch.: On The Origin of Species By Means of Natural Selection. London: John Murray, 1859.
- Dawkins, R.: A vak órásmester – Gondolatok a darwini evolúcióelméletről. Budapest, 1994. Akadémiai Kiadó - Mezőgazda Kiadó.
- Dawkins, R.: A vak órásmester. Gondolatok a darwini evolúcióelméletről. Budapest, 1994. 51. o.
- Dawkins, R.: Az önző gén. Budapest, Gondolat, 1986.
- Dawkins, R.: Az ördög káplánja. Válogatott tanulmányok. Budapest, Vince Kiadó, 2005.
- Dawkins, R.: Szivárványbontás. Tudomány, szemfényvesztés és a csoda igézete. Vince Kiadó, Budapest, 2001.

- Dawkins, Richard: Az önző gén. Budapest, Gondolat, 1986.
- Dawkins, Richard: Folyam az édenkertből. Budapest, Kulturtrade, 1995.
- Dewey, Democracy and Education, New York: Macmillan, 1915
- Donald, M: Az emberi gondolkodás eredete. Budapest, Osiris, 2001.
- Dyson, George B.: Darwin among the machines: the evolution of global intelligence. New York, Addison-Wesley Publishing Company, 1997
- Érdi Péter, Aradi Ildikó, Gröbler Tamás és Barna György: A matematikai modellek szerepe az idegrendszerkutatásban. <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/eloado/neuro/index.html>
- Falus András: Rendszerszemléletű biológia; posztmodern genomika túl a géneken? Magyar Tudomány, 2006/11.
- Fercsik János: Informatika (Informatika és számítógép 1.) Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1993.
- Feyerabend, P. K.: Against Method. London, 1970, New Left Books. Magyarul: A módszer ellen. Atlantisz. 2002.
- François Jacob: A tojás és a tyúk. Az élők logikája. Budapest, Európa Könyvkiadó, 1974.
- Freund Tamás: Hullámtörés – a marihuána hatása az agyhullámokra és a memóriára. Mindentudás Egyeteme 2004. nov. 22.
- Fülöp Géza: Az információ. Egyetemi és főiskolai jegyzet. Budapest. ELTE, 1996.
- Goldstine, H.: A számítógép Pascaltól Neumannig. Műszaki Könyvkiadó, Neumann János Számítógép-tudományi Társaság, Budapest, 1987.
- Greenfield, S.: Utazás az agy körül. Budapest, Kulturtrade, 1998.
- Gulyás Balázs: Vizsgálhatók-e tudatos és nem tudatosuló agytevékenységek funkcionális képalkotó eljárásokkal? In: Agy és tudat, Budapest, BIP, 2002.
- Hámori József: Az emberi agy fejlődésének története. Magyar Tudomány, 2006/12.
- Hartley R. V. L.: Transmission of information. In: Bell System Technical Journal, 1928.
- Havass Miklós: Paradigmaváltások. In: Magyar Tudomány, 1995/6.
- Horányi Özséb – Szépe György (szerk.): A jel tudománya – szemiotika. General Press, 2005, Budapest.
- Információ és tudás a társadalomban. Kerekasztal-beszélgetés. In: Új Pedagógiai Szemle, 2003. 6.
- J. G Mendel: Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlung des Naturforschenden Vereins in Brünn 4, 3–47. 1865
- Jacob, Françoise: A lehetséges és a tényleges valóság. Budapest, Európa, 1986
- Kuhn Thomas S.: The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press, Chicago, 1962. (magyarul: A tudományos forradalmak szerkezete (ford.: Bíró D.), 1984, Gondolat, 2000, Osiris)
- Leakey, Richard: Az emberiség eredete. Budapest, Kulturtrade, 1995.
- Lorenz, Konrad: Összehasonlító magatartás-kutatás. Budapest, Gondolat, 1985.
- MacKay, Donald: A jelentés helye az információelméletben. In: Horányi Özséb (szerk.): A kommunikáció. I. A kommunikatív jelenség. Budapest, 1977, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- Maynard Smith, John–Szathmáry Eörs: A földi élet regénye. Budapest, Vince Kiadó, 2000.
- Mayr, E.: Behavior Programs and Evolutionary Strategies. American Scientist, 1974, 62(6): 650–659.
- Mérő László: Új észjárások. A racionális gondolkodás ereje és korlátai. Tericum Kiadó, 2001. Budapest
- Német társadalomelméletek: Témák és trendek 1950-től napjainkig. Balassi Kiadó, 2000.

- Neumann János: A számológép és az agy. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- Péntek János: Teremtő nyelv. Bukarest, Kriterion, 1988.
- Pinker, S.: The Blank Slate. Penguin Books, 2003.
- Pléh Csaba: A pszichológia örök témái. Budapest, Typotex Kiadó, 2008.
- Popper, K. R.: Logik der Forschung. Wien, 1935. Verlag von Julius Springer.
- Pöppel, Ernst: Zeit – im Takt der Kulturen. Zeitschrift für Kulturaustausch. 3/98.
- Roman Jakobson: Nyelvészet és poétika. In.: Hang, jel, vers. Fónagy Iván és Szépe György (szerk.), Budapest, 1972. Gondolat Kiadó
- Ropolyi László: Információ, tudás, társadalom. Elektronikus dokumentum.
http://www.itk.hu/web/docs/inf_tars/ropolyi_laszlo_infars.pdf
- Roth, G.: Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert. Suhrkarap Verlag, Frankfurt am Main, 2001
- Schrödinger, Erwin: Válogatott tanulmányok. Budapest, Gondolat, 1970
- Shannon C. E.–Weaver W.: A kommunikáció matematikai elmélete. Budapest, OMIKK, 1986.
- Singer, W. Vom Gehirn zur Psyche. In: Wie entstehen neue Qualitäten in komplexen Systemen? Dokumentation des Symposiums zum 50jährigen Gründungsjubiläum der Max-Planck-Gesellschaft am 18. Dezember 1998 in Berlin, pp. 56-74
- Singer, W.: Das Gehirn – ein Orchester ohne Dirigent. Max Planck Forschung, 2/2005.
- Singer, W.: Die Nachtseite der Vernunft: Philosophische Implikationene der Hirnforschung. Festspie-Dialoge 2007.
- Singer, W.: Über Bewußtsein und unsere Grenzen: Ein neurobiologischer Erklärungsversuch.
- Tószegi Zsuzsa: A képi információ. Budapest, OSZK, 1994.
- Vekerdí László: Befejezetlen jelen. Budapest, Magvető Könyvkiadó, 1971. 182–183. o.
- Vizi E. Szilveszter: Az agy és a tudat kapcsolata, digitális és analóg ingerületátvivő rendszerek, Magyar Tudomány, 2001/10
- Watson, J. D. – Crick, F. C.: A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. In: Nature, April 25. 1953, London
- Wiener, Norbert: Cybernetics; or, Control and Communication in the Animal and the Machine. New York, John Wiley, 1948.
- Z. Karvalics László: Bevezetés az információtörténelembe. Gondolat – Infonia, Budapest, 2004.