

A kognitív képességek rendszere és fejlődése

1993-ban jelent meg J. B. Carroll Human Cognitive Abilities (1) című munkája, amely a kognitív képességek rendszerének feltárását célzó, közel évszázados faktoranalitikus kutatás eredményeinek eddigi legalaposabb ismertetése, elemzése és a képességrendszer háromszintű elméletének összefoglaló megerősítése. A századunk második felében kibontakozó kognitív pszichológia (2) számára érdektelenné vált mindaz, amit a faktoranalitikus kutatás feltárt. Hasonló a kognitív tudomány (3) viszonya a kognitív képességek rendszerének problémájához. Külön világot képeznek a klasszikus általános pszichológia és fejlődépszichológia kognícióval (megismeréssel, gondolkodással, memóriával, tanulással) kapcsolatos kutatási eredményei is. Pedagógiai szempontból az értelem eredményesebb kiművelése érdekében nélkülözhetetlenné vált az eddigi alapvető kutatási irányok, integrációs törekvések használható eredményeinek pedagógiai célú hasznosítása. Ez a tanulmány, a megelőző három dolgozat (4) szerves folytatásaként, az integráció szükségességéről, lehetőségéről és pedagógiai jelentőségéről szól.

Kognitív kompetencia és kognitív képesség

Az információ mindenfajta aktivitásunk feltétele. Az ember információk tárháza, és mint ilyen információhasznosító (5) rendszer, aminek köszönhetően kognitív, szociális és tárgyi aktivitása megvalósulhat. Az emberben az információ és az információhasznosítás az eszköz jelleg, a kiszolgáló szerep mellett önállósult: léteznek olyan aktivitásaink, amelyek direkt módon magára az információra (annak megszerzésére, felvételére, konstruálására, átalakítására, tárolására, vételére, közlésére, az információhasznosítás fejlesztésére) irányulnak. Ezt a rendszert sokféle névvel illetjük: ész, értelem, intellektus, intelligencia, *kognitív kompetencia* és hasonlók. Az értelem működését és (a direkt mód esetén) viselkedését, vagyis az információhasznosítást is különbözőképpen nevezzük: (egészen tág értelemben vett) gondolkodásnak, megismerésnek, *kogníciónak* stb. Amint korábban ismertettem, (6) a kutatások újabban az értelem megismerésében egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak a kognitív motívumoknak, a motivációnak, sőt az érzelmek szerepe is előtérbe került. Az intellektus, az intelligencia és az ehhez hasonló fogalmak nem tartalmazzák a motivációt. Ettől eltérően a kognitív kompetenciát kognitív motívumok és képességek (rutinok, készségek, ismeretek) rendszereként definiáltam (az *értelem* szót is ilyen értelemben használom). Eddig a kognitív ismeretekről, rutinokról és készségekről volt szó. Most a kognitív képességek rendszerére kerül sor.

Annak ellenére, hogy közel évszázados empirikus kutatás folyik a képességek megismerése érdekében, tudományos fogalomként a „képesség” nincs nyilvántartva. Hiszen mindenki tudja, hogy mit jelent a képesség. A pszichológiai, pedagógiai szakirodalomban is köznyelvi szintű alapfogalomként szerepel. Természetesen történtek kísérletek a fogalom szakmai definíciójára, de nem látom szükségét annak, hogy szemantikai elemzésbe

bonyolódik. A fent idézett szerző (Carroll) e munkát elvégezte és eljutott a saját definíciójához. (7) Ez ugyan hozzájárult hatalmas vállalkozásának eredményességéhez, de továbbra is egy a sok szemantikai kísérlet között. Ettől eltérő megközelítés: valamely dolog leírása és megnevezése (ha lehetséges, olyan köznyelvi kifejezéssel, amelynek jelentése közel áll a dolog leírásához). Ez a lehetőség természetesen csak a kutatások megfelelő eredményei alapján nyílik meg. Carroll műve, a háromszintű modell általa adott leírása és megerősítése e lehetőség egyik legfontosabb feltétele. Lássuk, mit kínál ez a modell!

A faktoranalitikus kutatások sok ezer kognitívnek minősített feladat elemzését végezték el. A számítások eredményeként az összetartozó feladatok faktorok alá csoportosulnak. Később az így kapott faktorokat is faktoranalízis tárgyává tették, ami a faktorok hierarchikus (két-három szintű) rendszereit eredményezte. Carroll az eddig hozzáférhető hatalmas anyag alapján végezte el szintetizáló munkáját. Mielőtt ennek eredményét felidézem, vegyük figyelembe, hogy mit is csináltak a faktoranalitikus kutatók. Az intelligenciának (értelemnek stb.) nevezett „valami” makroszerkezetét törekedtek feltárni konkrét, specifikus kognitív feladatok sokaságának megoldásával kapott adatok alapján.

Már a kutatások kezdetén (századunk első harmadában) kiderült, hogy létezik egy általános (közismert rövidítéssel G) faktor és számos specifikus faktor. Ez az eredmény (a faktoranalízis természetéből is fakadóan) minden ilyen célú elemzésben megjelent. Pontosan ma sem tudjuk, hogy mi ez a G faktor. Általános szinten mindenestre állítható, hogy mindenféle kognitív aktivitás feltétele, alapja. Ami értelmezhető úgy is, hogy a G faktor az értelem legáltalánosabb rendszere, az elsődleges és másodlagos faktorok ehhez képest specifikusak. Más nézőpontból az is mondható, hogy a G faktorban feltételezett komponensek a specifikus faktorokban is jelen vannak. A legtöbb kutatás azt jelzi, hogy a G faktor főleg a „reasoning” értelmében vett gondolkodás műveleteit (komponenseit) foglalja magában. Am a gondolkodás komponensei a legtöbb kutatási eredményben másodlagos faktort is alkotnak. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az értelem elemi komponensei, mint például a felismerő mechanizmusok (a felismerő rutinok) mindenféle kogníció nélkülözhetetlen feltételei, eszközei. Függetlenül attól, hogy a faktoranalitikus kutatás ezeket a komponenseket nem tudja kezelni.

Tekintettel arra, hogy a G faktor elemei specifikus faktort is alkotnak (erre a jelenségre a következő köztécscím alatt visszatérek), a kutatásoknak azt az eredményét célszerű megtartani, mely szerint az értelem „háromrétegű” (stratum). A legátfogóbb rendszer, a *kognitív kompetencia* (az értelem stb. nevű) rendszer, amelyet hierarchikus komponens-rendszernek minősítettem. (8) A komponensrendszerek meghatározott funkciójú, szerveződésű, működésű, viselkedésű önmódosuló, önfejlődő rendszerek. A hierarchikus komponensrendszerek specifikus komponensrendszerek és komponensek egységei. A komponensek maguk is önmódosuló, önfejlődő rendszerek (az elmélet a komponensrendszer „végső”, önmódosulásra képtelen elemeit „építőköveknek” nevezi). Mint majd rövidesen részletesebben kifejttem, a faktoranalitikus kutatás lényegét tekintve a kognitív kompetencia mint hierarchikus komponensrendszer szerveződését, specifikus komponensrendszereit törekedett feltárni.

Ebben az értelemben a *kognitív képességek a kognitív kompetencia specifikus komponensrendszerei, amelyek meghatározott funkciókat szolgálnak, és amelyeket sajátos szerveződés, működés, viselkedés és önmódosulás, önfejlődés jellemez*. A kognitív kompetencia és a kognitív képességek komponensei: a kognitív rutinok, a kognitív készségek és a kognitív ismeretek. A faktoranalitikus kutatások specifikus faktorai túlnyomórészt a fenti értelemben vett kognitív képességek (komponensrendszerek). Egy részük viszont csak komponens (készség). Ennek elemzésére a következő cím alatt kerül sor.

Összefoglalásként vegyük szemügyre az 1. ábrán szemléltetett összefüggéseket. Mielőtt elmélyednénk az ábra által szemléltetett összefüggésekben, emlékeztetem az olvasót, hogy a kognitív kompetencia a személyiség egyik pszichikus rendszere, a szociális és a személyes kompetencia, valamint a specifikus kompetenciák közös metszetét képezi (ha halmazábrával szemléltetjük a személyiség kompetenciáinak rendszerét). Vagyis a kog-

nitív kompetencia a többi kompetencia feltétele, szolgálója. Az *1. ábra* ettől a funkciótól most eltekint és magára az információhasznosító rendszer funkcióira összpontosít.



1. ábra

A kognitív kompetencia képességei és komponensei

Az *1. ábra* egymásba skatulyázódó halmazai mindenekelőtt azt kívánják szemléltetni, hogy a képességek komponensrendszerek, „halmazok”. A faktoranalitikus kutatások eredményei alapján az értelem komplex és egyszerű képességek rendszereiként írható le. A komplex kognitív képesség mindegyike néhány egyszerű képességből szerveződik. Ez utóbbiak pedig kognitív komponensek rendszerei. Pedagógiai szempontból (vagyis a képességek fejlődésének eredményesebb segítése szempontjából) a háromszintű rendszer ismeretének kiemelkedően nagy jelentősége van. Az intelligencia, a kognitív kompetencia annyira bonyolult, komplex rendszer, hogy az általánosságnak ezzel a szintjével a pedagógia nem tud mit kezdeni. Hasonló a helyzet a komplex kognitív képességekkel is. Például nyilvánvalóan létezik kognitív kommunikatív képesség mint komplex képesség. Ám általában vett kognitív kommunikáció nem létezik. A kognitív kommunikáció információközlés vagy közölt információ vétele szóban vagy írásban. Ezek az egyszerű képességek sajátos viselkedésben nyilvánulnak meg, e viselkedések, tevékenységek gyakorlása által segíthető a fejlődésük. Például a fogalmazás képességének fejlesztése csak a fogalmazás gyakorlása által lehetséges. Ennek a közhelyeszerű kijelentésnek nem a tartalma fontos itt, hanem az, hogy a hierarchia többi szintje nem ilyen. A fogalmazás képessége sokféle általános és specifikus kognitív komponens mozgósításával működik. Az egyik ilyen specifikus komponens a helyesírás komplex készsége. A helyesírási készségnek csakis az írásbeli kommunikációban van értelme. Önmagában vett természetes helyesíró tevékenység nem létezik. Tanulási céllal végezhetünk helyesírási gyakorlatokat, de ez (mint minden kognitív komponensünk) csakis a megfelelő kognitív képességek által nyer értelmet. A helyesírási készség önmagában véve értelmetlen iskolás tudás. Nélküle azonban nincsen jól működő írásbeli kommunikáció.

A kognitív képességek rendszere

Ha a kognitív kompetencia komponensrendszereit a „képesség” szimbólummal nevezzük meg, akkor a képesség komponensrendszer, amelynek sajátos funkciója, szerveződése van, és amelyet sajátos működés, viselkedés, önmódosulás, önfejlődés jellemez. Ebben a részben a kognitív képességek funkcióiról és szerveződéséről lesz szó, amelyek meghatározzák a képességek rendszerét.

Azáltal, hogy a faktoranalitikus kutatás kognitív feladatok megoldásának rögzített adataiból indul ki, kimondva vagy kimondatlanul a kognitív viselkedést a *funkció* szempontja szerint tekinti. Különböző jellegű kognitív feladatok megoldása különböző specifikus kognitív funkciókat szolgál. (Például egy következtetés, sorba rendezés feladatának megoldása azt a célt, funkciót szolgálja, hogy megkapjuk a helyes konklúziót, létrehozuk a megfelelő sorrendet.) A faktoranalitikus kutatás az ilyen egyedien specifikus funkciójú feladatok különböző fajtáinak megoldási adataiból általánosabb funkciójú struktúrákat tár fel. A kérdés tehát az, hogy a kognitív kompetencia (intelligencia stb.) miféle általános funkciókat szolgáló struktúrákkal valósítja meg az információhasznosítást.

Eddig a szokásos „struktúra” megnevezést használtam. Ettől eltérően a továbbiakban a „szerveződés” megnevezést fogom használni. Ez lényeges különbség, amiről már az előző tanulmányokban szó esett, de itt ismét szükséges jelezni e különbség lényegét. A struktúra az összetevők többé-kevésbé tartós, összeépült szerkezetét jelenti. A komponensrendszernek nincsen ilyen értelemben vett szerkezete. A komponensei önálló, önmódosuló egységek, és ezek a komponensek az aktuális körülményektől függően kerülnek egymással kölcsönhatásba. A kölcsönhatások meghatározott feltételeknek megfelelően jöhetnek létre. A fentiek értelmében az elmélet nem struktúráról, hanem szerveződésről beszél. Mivel a kognitív kompetencia komponensrendszerit nevezük képességeknek, a képességek is szerveződéses, a fenti értelemben vett struktúrájuk nincsen.

A kutatások kettőtől tucatnyiig terjedő átfogó faktort találtak. Induljunk ki Carroll nyolc ilyen faktorából. Ezek közül kettő úgynevezett gyorsaság faktor (speed factor), továbbá a fennmaradó hat átfogó faktorból négynek a szűkebb faktoraiban is szerepel a gyorsaság. Ez azt jelzi, hogy a gyorsaság igen fontos „valami”, de mint később olvasható, a gyorsaság nem képesség (amennyiben a specifikus kognitív komponensrendszereket nevezük képességeknek), hanem a képességek egyik fontos sajátága. A hat átfogó faktor közül kettő a vizuális és az auditív percepció faktora. A percepció a kogníciónak nem funkciója, hanem eszköze, egyik működési szintje (erről az utolsó előtti köztécím alatt lesz szó).

Cattel és Horn az elsődleges faktorokból két másodlagos (átfogó) faktort generált, amelyeket fluid és kristályos intelligenciának neveztek el. Carroll is elsőként ugyanezeket kapta, eredeti nevüket is megőrizte. Később ismertető okok miatt a fluid intelligenciát gondolkodási képességnek, a kristályos intelligenciát pedig kognitív kommunikatív képességnek fogom nevezni (mivel a kristályos intelligencia elsődleges faktora a kommunikáció feltételei és eszközei: „language development”, „verbal language comprehension”, „lexical knowledge”, „reading decoding”, „spelling ability”, „phonetic coding”, „grammatic sensitivity”, „foreign language aptitude”, „communication ability”, „listening ability”, „foreign language proficiency”). Carroll (másokhoz hasonlóan) további másodlagos faktorokat is talált. Ezek közül négynek a tárgyalását mint más kategóriát a következő tanulmány egyes részeibe utaltam. A fennmaradó faktorok egyike a „memória és tanulás” nevet viseli, amit tanulási képességnek nevezek. A másikat az eredetiség és a kreativitás jellemzi. Ez közel áll ahhoz, amit tudásszerző képességnek nevezek. Tehát négy komplex (átfogó, másodlagos) kognitív képességet emeltem ki a faktoranalitikus kutatásokból: gondolkodás, kommunikáció, tanulás és tudásszerzés, amelyek (ez utóbbi kivételével) megfelelnek a sok száz éves tapasztalati felismeréseknek, szóhasználatnak.

A kutatási beszámolók, ismertető hangúlyozzák, hogy a faktorok átfedik egymást. Ugyanazok a feladatok (komponensek) különböző faktorokban vannak jelen. Ha ezek a faktorok komponensrendszereket jeleznek és nem struktúrákat, akkor az átfedések természetesen. Ebben az esetben fontos kérdés az átfedések rendszerének ismerete. A négy komplex készség viszonyai halmazábrával szemléltethetők (2. ábra).

A 2. ábrán „gondolkodás”, „kommunikáció”, „tudásszerzés”, „tanulás” terminusok olvashatók. Ezek a szavak elsődlegesen a kognitív aktivitásra (folyamatra) utalnak. Ugyanakkor az aktivitást megvalósító képességet is jelölhetik. A komponensrendszer és aktivi-



2. ábra

A kognitív képességek funkcionális rendszere és szerveződése

tásának megkülönböztetése alapvető jelentőségű. Ennek ellenére az egyszerűség érdekében csak akkor fogom a „képesség” szót hozzárendelni a fenti szimbólumokhoz, ha az egyértelmű megkülönböztetésre szükség van. Továbbá utalok arra, hogy korábban megkülönböztettem a szociális és a kognitív kommunikációt. (9) Ebben a tanulmányban csak a kognitív kommunikációról lesz szó. Ezért a „kognitív” jelző általában mellőzhető.

Gondolkodási képesség

A 2. ábra azt jelzi, hogy a *gondolkodás* (thinking) a kommunikáció, a tanulás és a tudás-szerzés metszetében helyezkedik el. Ez azt jelenti, hogy a gondolkodás mindezekben közreműködhet, a kognícióban központi szerepet játszik. Nem véletlen, hogy a gondolkodás szokásos fogalma szétfolyó, szinte minden kognitív folyamatot magában foglaló, a gondolkodás és az értelem (és hasonló) terminusok pedig stiláris megfontolásokból gyakran egymás szinonimáiként használatosak. (Mindennek érzékelésére elegendő néhány gondolkodással foglalkozó könyv tartalomjegyzékének elolvasása.) A fentiekből következően az sem véletlen, hogy az intelligencia kutatói a „fluid intelligencia” (a gondolkodás) egyszerű képességeinek megnevezésére nem a „thinking”, hanem a „reasoning” szavakat használják: „general sequential reasoning”, „induction”, „quantitative reasoning”, „Piagetian reasoning”.

A kutatások eredményei azt mutatják, hogy a fluid és a kristályos intelligencia erősen átfedik egymást, egyetlen faktorként is értelmezhetők. Ennek mindenekelőtt a „nyelvfel fejlődés” (language development) elnevezésű elsődleges faktor az oka. A kristályos intelligencia többi elsődleges faktora (egyszerű képessége) kommunikatív funkciójú (olvasás, beszédértés stb.). A nyelv a fogalmi kommunikáció eszköze. Ezért érthető, hogy ebbe a faktorba került. Ámde a nyelv ugyanakkor a fogalmi szintű gondolkodás eszköze is. A fluid intelligencia inkább perceptuális szintű gondolkodás, a kristályos intelligenciában pedig kifejezetten a fogalmi gondolkodás van jelen. Ha abból indulunk ki, hogy a kogníció különböző szinten valósulhat meg, például perceptuális és fogalmi szinten (a témáról lásd a tanulmány következő részét), akkor érthető, hogy a nyelv mint a fogalmi gondolkodás feltétele, eszköze a fluid intelligencia átfogó faktorába is tartozik. Összefoglalva: a gondolkodási képesség a fluid intelligencia elsődleges faktoraait és a kristályos intelligencia „nyelvfel fejlődés” nevű faktorát (a nyelvtudást) mint a fogalmi gondolkodás eszközét foglalja magában.

Ha megvizsgáljuk azokat a feladatokat, amelyek a fenti értelemben vett gondolkodási képesség faktorát képezik, azt találjuk, hogy ezeknek a feladatoknak a megoldása meglévő tudásból módosult, illetve új tudást konstruál, hoz létre. Meglévő tudás: a gondolkodó személy munka-, illetve háttérmemóriájában lévő tudás. A létrejött módosult, új tudás abban az értelemben módosult, új, hogy a gondolkodó személy memóriájában a gondolkodás lezajlását megelőzően a létrejött formában nem létezett. *Funkcióját tekintve a gondolkodási képesség olyan kognitív ké-*

esség, amely meglévő tudásból módosult, illetve új tudást konstruál, hoz létre. (Néhány példa: következtetés, sorképzés, matematikai feladatok megoldása és hasonlók. Az ilyen értelemben vett „gondolkodás” jórészt megfelel annak, amit „deduktív gondolkodásnak” szokás nevezni.)

A fentiek alapján és a tapasztalatokkal összhangban az a feltételezés fogalmazható meg, hogy a gondolkodás komplex képessége négy egyszerű képességből szerveződik. Ezt az állítást indokolni fogom, de nem tudom egyértelműen bizonyítani. Jelenleg csak arra van lehetőség, hogy négy egyszerű gondolkodási képességet pedagógiai szempontokat is figyelembe véve jellemezzek: a konvertáló, a rendszerező, a logikai és a kombinatív képességet. A fluid intelligencia elsődleges faktorai közül nem vettem fel az indukciót. Az indukcióval, illetve a dedukcióval kapcsolatban különböző problémák merültek föl. Nem tudtam legalább az alábbi egyértelműséggel tisztázni, hogy mi is lehet e két fogalom denotációja. Ezért a „deduktív és az induktív gondolkodás” megnevezéseket nem használom. (E problémára később visszatérek.)

A konvertáló képesség olyan kognitív komponensrendszer, amelynek köszönhetően meglévő tudásunk átalakításával hozunk létre módosult, új tudást. Az átalakítás formai módja a *kódolás* (például szöveges matematikai feladat tartalmának kifejezése formulával). A *tartalmi átalakítás* a meglévő információk tartalmi átalakításával valósul meg (például ilyenek a matematikai műveletek). Néhány bekezdéssel előbb felidéztem, hogy a fluid intelligencia egyik elsődleges faktora a kvantitatív gondolkodás. Nem véletlen, hogy a konvertáló képesség szemléltetésére matematikai példát adtam. Ám a konvertálás nem csak matematikai műveletekkel valósulhat meg. Konverzió például egy perceptuális szinten tárolt esemény lerajzolása vagy elbeszélése is. A tárgyi világban végrehajtott sokféle konverzió folyamatában információk is konvertálódnak. A konvertáló képesség mint kognitív komponensrendszer (az általa felhasznált sokféle kognitív rutin, készség és ismeret) pedagógiai szempontból figyelmet érdemel. Elégé konkrét ahhoz, hogy ilyen tevékenységek végeztetésével segítsük fejlődését, ugyanakkor kellően átfogó, aminek alapján kognitív komponensrendszernek, vagyis képességnek tekinthetjük, és amelynek a komponensei számba vehetők, a képesség eredményes működéséhez szükséges komponensek kiválaszthatók, direkt módon taníthatók, gyakorolhatók.

A rendszerező képesség a tolerancia (hasonlóság), az ekvivalencia (azonosság) és a rendezési reláció szerint működő kognitív komponensrendszer a dolgok, illetve az információk viszonyainak felismerésével, elrendezésével hoz létre új tudást. Ezt a képességet Piaget viszonyok és osztályok „logikájának” nevezte, amely a fluid intelligencia önálló elsődleges faktora „Piagetian reasoning” megnevezéssel. A rendszerező képesség öröklött alapja az egységfelismerő, egységkonstruáló és a viszonyfelismerő, viszonykonstruáló általános rutin. Ezekből a rutinokból bontakozik ki a rendszerező képesség komponenseinek rendszere. A Piaget-iskola kutatásaiból kiindulva, tíz éves, nagymintás empirikus kutatás eredményeként e rendszer kialakulását, szerveződését már korábban megkíséreltem fölvezetni. (10) E bekezdésben csak arra van mód, hogy e képesség fontosabb komponenseit megemlítsen. Elemi összevonás az egységfelismerő, egységkonstruáló rutin működésével (két egység egyesítése, egy egység két egységgé tagolása: fizikai tesztek egyesítése-szétválasztása, asszociáció-disszociáció, analízis-szintézis, mondatok kapcsolatos és választó összevonása, kijelentések konjunkciója és diszjunkciója, halmozok uniója és partíciója, összeadás és kivonás, konkretizálás és absztrahálás). Majd ezeknek az elemi kognitív készségeknek komplex készségekké fejlődése. A viszonyfelismerő és viszonykonstruáló rutinnak köszönhetően: összehasonlítás, azonosítás, besorolás, sorrendfelismerés, sorképzés, általánosítás (fogalomképzés), osztályozás.

A logikai képesség a meglévő információk közötti összefüggések alapján hoz létre új információt. A logikus gondolkodás szokásos fogalma pedagógiai szempontból megragadhatatlanul tág, szétfolyó. A logikai képesség komponensrendszere csak olyan komponenseket (logikai készségeket, ismereteket) tartalmaz, amelyek megfeleltethetők a logika tudománya által feltárt, kutatott logikai műveleteknek, következtetéseknek. Az ilyen érte-

lemben vett logikai képesség öröklött alapja a perceptuális predikció. (Például két egymást követő esemény egymást aktiváló képze – általánosan: két egymást aktiváló képzet – predikcióként működhet. Ha az egyik eseményt észleljük, az aktiválja a másik esemény képzetét, függetlenül attól, hogy az még nem észlelhető. Ennek köszönhetően előre látjuk, mi fog bekövetkezni.) A perceptuális predikció az állatok és az ember túlélésének alapvető feltétele. Fogalmi szinten a következtetésnek is ez a funkciója: a helyes (igaz) konklúzió, „predikció”. (11) Az ilyen értelemben vett logikai képesség kutatása gazdag eredményeket halmozott fel. A pedagógiai célú, hazai kutatási eredményeket lásd *Vidákovich Tibor* publikációiban. (12) (A téma folytatása az utolsó köztescím alatt található.)

A kombinatív képesség (köznapi értelemben) a meglévő információk alapján a lehetőségek (pontosabb értelemben az összes szóba jöhető összetétel) számbavételével hoz létre új tudást. Az összetételekhez felhasználható elemfajták száma és az előállított összetételek hossza munkamemóriánk terjedelmi korlátja miatt nem haladhatja meg a *Miller-féle* 7 ± 2 értéket. E korláton belül működhet eredményesen valamennyi szóba jöhető összetétel előállítása és annak belátása, hogy csak az előállított összetételek lehetségesek. Ez a kombinatív képesség tapasztalati szintje. E fölött ugyanis (eltekintve a rendkívül időrabló próbálgatásoktól, illetve a problémamegoldás stratégiájától) csak értelmező szinten, a kombinatorika matematikai eszközeivel lehet a kombinatorikai feladatokat megoldani. *Csapó Benő* szerint a kombinatorikai műveletek rendszere nyolc műveletet tartalmaz:

Descartes-féle szorzatok, ismétléses variációk, ismétlés nélküli variációk, az összes ismétléses variáció, ismétléses kombinációk, ismétléses permutációk, ismétlés nélküli kombinációk és az összes részhalmaz képzése. (13) *A tapasztalati kombinatív képesség* mint komponensrendszer e nyolcfajta műveletnek megfelelő nyolc kombinatív készséggel működik. (A téma folytatását lásd az utolsó köztescím alatt!)

Tudásszerző képesség

A faktoranalitikus kutatások kevés támpontot kínálnak a tudásszerző képesség megismeréséhez. Ezért más kiinduláshoz kell folyamodni. Az ember és a fejlettebb állatfajok három öröklött tudásszerző adottsággal rendelkeznek: az explorációval, a próbálkozással és a játékkal. Az exploráció, a próbálkozás és a játék öröklött kognitív motívumok, amelyek sajátos viselkedésre készítetnek, és viselkedési adottságok, amelyek sajátos viselkedésben nyilvánulnak meg. Ezekről az öröklött adottságokról mint kognitív motívumokról majd *A kognitív motívumok rendszere és fejlesztése* című tanulmányban lesz szó. Mint öröklött kivitelező adottságok, a jelen dolgozat tárgyát képezik. Az emberben az explorációból ismeretszerző képesség, a próbálkozásból problémamegoldó képesség, a játékból (többek között) alkotóképesség bontakozhat ki.

A tudásszerző képesség funkcióját tekintve információfelvétellel, illetve -feltárással hoz létre új tudást. A 2. ábra értelmében a tudásszerző képesség általában egyúttal tanu-

A faktoranalitikus kutatások kevés támpontot kínálnak a tudásszerző képesség megismeréséhez. Ezért más kiinduláshoz kell folyamodni. Az ember és a fejlettebb állatfajok három öröklött tudásszerző adottsággal rendelkeznek: az explorációval, a próbálkozással és a játékkal. Az exploráció, a próbálkozás és a játék öröklött kognitív motívumok, amelyek sajátos viselkedésre készítetnek, és viselkedési adottságok, amelyek sajátos viselkedésben nyilvánulnak meg.

lás is, de nem szükségszerűen az. A munkamemóriába felvett információ törlődhet, illetve a külső tárban információként rögzíthetjük, tárgyasíthatjuk, anélkül, hogy tanulás következne be (hogy háttérmemóriánkba beépült volna a felvett, illetve feltárt információ). Az ábra azt is kifejezi, hogy tudásszerzés kommunikációval, vagyis közölt, rögzített információ felvételével, tárgyasíult információ feltárással is megvalósulhat. Mindeközben természetesen gondolkodhatunk is.

A környezet megismerése, változásainak nyomon követése lényegesen növeli a túlélés esélyeit. Ez magyarázza az exploráció létét, vagyis azt, hogy akkor is végzünk tudásszerző tevékenységet, amikor azt semmiféle specifikus érdekünk nem indokolja. A kisgyerek éber állapotában túlnyomórészt explorál (egyedül végzett játéka is jórészt exploráció). Erre azért van módja, mert létszükségeit nem képes önállóan kielégíteni, azt szülei oldják meg. Az explorációból bontakozik ki például a turizmus, a felfedezés, az érdeklődő olvasás, majd a szándékos ismeretszerzés: a tárolt információk tengeréből a szükségesek megtalálása, kigyűjtése, szelektálása, információforrások (könyvtárak, számítógépes adatbázisok) használata és hasonlók. Mindez ma már nemcsak a kutató, fejlesztő értelmiség privilégiuma, hanem a népesség egyre nagyobb hányadának is szüksége. *Az ismeretszerző képesség ma már nem pusztán a tanulás eszköze, hanem sajátos funkciójú önálló képesség, amelynek köszönhetően az információk szándéktalan felvétele mellett a szükséges ismeretek szándékos megkeresését, kiválasztását, felvételét is el tudjuk végezni.* Belátható, hogy e képesség komponenseinek, kialakulásának, fejlődésének a megismerése pedagógiai szempontból is alapvető jelentőségű, ugyanis fejlődésének eredményesebb segítése e nélkül nem valósítható meg.



3. ábra

A tudásszerző képességek rendszere és szerveződése

Ha aktuális viselkedésünkhöz nem áll rendelkezésünkre a megfelelő tudás, és ez a tudás az ismeretszerzés számára sem hozzáférhető, akkor az ismeretfeltáráshoz kell folyamodnunk. Az ilyen helyzet öröklötten hezitációs mozgást, próbálkozások sorozatát váltja ki. Ennek az a lényege, hogy adott egy specifikus szükséglet, szükség-helyzet, feladathelyzet mint viszonyítási alap, de nincsen kész megoldási módunk (nem rendelkezünk a megoldáshoz szükséges rutinnal, készséggel, ismerettel, képességgel). Ebben a helyzetben csak a próbálkozás segíthet. Elvégzünk egy szóba jöhető beavatkozást, és a bekövetkező változást egybevetjük a viszonyítási alappal, és ezt addig folytatjuk, amíg a változás megfelel a viszonyítási alapnak. A próbálkozások nem a vak véletlenül múlnak. A helyzet meghatározza a szóba jöhető beavatkozások típusait (halmazát), továbbá a leginkább hasonló korábbi helyzetek sikeres beavatkozásai valósulnak meg előbb. Ez a valószínűségi modell szerinti próbálkozás hátrány is, mert gyakran az egészen valószínűtlen beavatkozások lehetnek eredményesek.

A próbálkozások eredményeként mindenekelőtt a helyzet természetére vonatkozó ismeretek tárulnak föl. Egyre jobban megismerhetjük a helyzet jellemzőit, beavatkozásaink hatását. Továbbá, ha a viszonyítási alapnak megfelel a megoldás, feltártunk egy implicit előíró szabályt. Ha legközelebb ugyanolyan helyzetben ugyanúgy járunk el (vagyis követjük az implicit előíró szabályt), akkor próbálkozás nélkül juthatunk el a megoldáshoz. Ha ezt a szabályt meg is fogalmazzuk, explicit előíró szabályt kapunk. Ha valamely rendszer működését, viselkedését kívánjuk feltárni a próbálkozások stratégiájával, ebben az esetben a közvetlen cél nem a rendszer eredményes működtetése, hanem a viselkedés, illetve működés szabályszerűségeinek a megismerése, leíró szabályba (esetleg formulába) foglalása. Végül az eredményes próbálkozás valamilyen produktumot is létrehozhat, és tanulás is bekövetkezhet. De sem a produktum, sem a tanulás nem funkció, hanem következmény lehet. A szabályindukciónak nevezett sajátos problémamegoldás esetében például a szabályszerűség feltárásának eredményeként megadott „folytatás” produktumnak tekinthető, de nem ez a lényege, hanem a szabályszerűség eredményes feltárása. A rögzített „folytatás” csak demonstrálja a megoldást. Egyébként az „induktív gondolkodás” használható kutatási eredményei a fenti értelemben vett problémamegoldó képesség körébe tartoznak.

A problémamegoldás képessége funkcióját tekintve olyan kognitív komponensrendszer, amelynek segítségével a hiányzó tudást próbálkozások által tárjuk fel. A problémamegoldás témája rendkívül alaposan kutatott, és ennek eredményeként sok hasznos ismeret birtokában vagyunk. Ezeket az ismereteket kézikönyvek sokasága kínálja. Pedagógiai szempontból a problémamegoldó képesség szerveződésének különös figyelmet érdemlő komponensei két csoportba oszthatók; ezek: a problémamegoldás alapvető szakaszainak készségei (hipotézisképzés, megfigyelés, értékelés, bizonyítás), valamint az összefüggésfajták szerinti problémamegoldások sajátosságai. Az előbbi négy kognitív készség fejlesztése ismert (bár nem kielégítően megoldott) pedagógiai feladat. Az összefüggésfajták szerinti problémamegoldás ügye meglehetősen tisztázatlan. Ezért röviden ismertetem a témát. (14)

Minden összefüggés felírható a feltétel(ek), a következmény(ek) és a közöttük lévő viszony megadásával. Ez három változó, amelyek mindegyike két-két értéket vehet föl. A *feltétel* szükséges és elégséges vagy elégséges, de nem szükséges lehet. Az előbbi esetben az összefüggés ekvivalens („akkor és csak akkor, ha”), vagyis kölcsönös, „megfordítható”, a következmény is meghatározza a feltételt. Az utóbbi esetben az összefüggés implikatív, vagyis egyirányú, nem megfordítható, a következmény nem határozza meg a feltételt. A *következmény* szükségszerű vagy valószínű. Ha a következmény szükségszerű, akkor az összefüggés determinisztikus, ha valószínű, akkor sztochasztikus. A feltétel és következmény közötti *viszony* okság vagy együtt járás. Ha a három változót és értékeit külön-külön tekintjük, hatféle összefüggéssel szembesülhetünk: kölcsönös vagy egyirányú, szükségszerű vagy valószínű, oksági vagy együtt járó összefüggéssel. A három változó mindegyikét együtt tekintve $2^3=8$ fajta összefüggés létezik. A hatékony problémamegoldást hat-, illetve nyolcfajta összefüggés felismerésének, használatának kognitív készsége szolgálhatja.

A játék lényege, hogy szimulatív viselkedés. Ennek köszönhetően szabadulhatunk fel a tényleges tárgyi viselkedés kötöttségei alól. A kognitív kompetencia önállósulása, vagyis a jelekkel, szimbólumokkal megvalósuló direkt aktivitás is szimuláció, a modellek működtetése is az stb. Amint a 3. *ábra* mutatja, a játékot az exploráció és a próbálkozás működteti szimulatív szinten. A sokfajta játék között létezik egy, a témánk szempontjából különösen fontos játék, az úgynevezett alkotó, konstruáló játék (például homokvár-építés, gyurmázás, rajzolás, a sokfajta konstruáló játék stb.). Ezek a játékok az alkotóképesség szimulatív gyakorlását teszik lehetővé.

Az alkotóképesség funkcióját tekintve objektívalt új produktum létrehozását eredményezi. Az objektívalt produktum azt jelenti, hogy az alkotás eredménye tárgyiasult formában, rögzített információként létezik (ebben az értelemben az alkotó elmjében létező

produktumkép nem alkotás). A produktum abszolút értelemben új, ha korábban senki ilyen alkotást még nem hozott létre. Relatív új, ha a létrehozó korábban ilyet nem állított elő. Pedagógiai szempontból ez a fajta alkotás a fontos, ami egyébként az alkotóképesség működése szempontjából nem különbözik az abszolút újat létrehozó alkotóképesség működésétől. Az alkotóképesség az ismeretszerző és a problémamegoldó képesség által valósul meg a gondolkodási képesség közreműködésével. Az alkotás lényegéhez tartozik, hogy módosítja meglévő tudásunkat, új tudást hoz létre, miközben újfajta produktum születik. Az alkotó természetesen tanulhat is: a produktum ismételt előállítására az új tudás birtokában már nem alkotás.

Kérdés, hogy az alkotóképesség önálló kognitív képesség-e, hiszen a többi kognitív képesség által működik, specifikuma a produktum létrehozása, ami nem kifejezetten kognitív tevékenység. (Korábban az alkotóképességet nem a kognitív kompetencia témaköréhez tartozónak gondoltam, de egyre inkább hajlok afelé, hogy a kognitív képességek körébe soroljam.) (15)

Kognitív kommunikatív képesség

A kognitív kommunikatív képesség funkciója információk közlése és vétele szimbólumok által. A 2. ábra értelmében a kognitív kommunikáció folyamatában gondolkodunk is és ismeretszerzés, tanulás is bekövetkezhet. A kommunikatív képesség jellegzetessége a közlés és a közölt ismeretek vétele. A kognitív kommunikáció képességrendszer: vizuális kommunikáció (ábraolvasás, ábrázolás), nyelvi kommunikáció (olvasás, fogalmazás), formális kommunikáció (formális olvasás és közlés).

A vizuális információk objektíválásával sajátos vizuális jelrendszerek (szimbólumrendszerek), nyelvek alakultak ki, és létrejött a másodlagos vizuális információk gazdag tárháza. Az *ábraolvasás* és az *ábrázolás* képessége egyre inkább mindenki számára nélkülözhetetlenné válik. Ennek köszönhetően lehetséges, hogy ne csak a közvetlenül észlelhető dolgokról legyenek szemléletes ismereteink, hanem az észlelhetetlenül kicsiny és nagy dolgokról, a rendszerek láthatatlan formai sajátosságairól, térbeli viszonyairól, viselkedéséről, belső szerkezetéről, működéséről is. Az ábraolvasás és ábrázolás képessége sokféle készség, ismeret által működik. Például: méretlátás (az ábrázolt dolgok reális méretének elképzelése), térlátás (síkban, vetületekkel ábrázolt dolgok képzeletbeli rekonstrukciója háromdimenziós alakká, térbeli viszonyokká), szerkezetlátás (dolgok szerkezetének képzeletbeli felépítése metszetek alapján), dinamikalátás (állapotváltozások, dolgok működésének, viselkedésének elképzelése állókép alapján) és hasonló; továbbá: a formaábrázolás, méretábrázolás, térábrázolás, szerkezetábrázolás, dinamikaábrázolás és hasonló készségei, a velük kapcsolatos ismeretek.

A *nyelvi kommunikáció*, azon belül a kognitív kommunikáció képességeinek (a beszéd, a beszédértés, az olvasás, a fogalmazás képességeinek) és készségeinek, a vonatkozó ismereteknek az elsajátítása a legalapvetőbb nevelési feladatok közé tartozik. A különböző tudományágak és a pedagógia is tengernyi ismeretet halmozott fel a nyelvi kommunikációról. Ezért e helyen a nyelvi képességek rendszerbe illesztésén túl az ismertetés mellőzhető.

Az információk mennyiségének és komplexitásának gyors növekedése miatt kezelésük egyre nehezebbé, egy adott ponton túl lehetetlenné válik. A *formális kommunikáció* ennek a problémának a megoldását segíti. A formalizálás lényege, hogy felszabadulhatunk a nyelv grammatikai szabályrendszerének korlátai alól. Ennek legismertebb és legrégebb változata a matematika által kidolgozott megoldás: az információk formulákba foglalása. Emellett sok más formalizálási mód is létezik, ezek egyre jobban terjednek. Ha például egy egyoldalas táblázat információit mondatokká próbálnánk fogalmazni, tíz–húsz oldalnyi áttekinthetetlen szöveget kapnánk. Vagy például egy szakmai önéletrajz a nemzetközileg kialakult formális alakban egy-két könnyen áttekinthető oldalon elfér. Ugyanez mondatokba öntve nehezebben, több idő alatt áttekinthető nyolc-tíz oldalt

is kitehet. A formális vagy részben formális kommunikáció például a szótárak, lexikonok írása, olvasása, nyomtatványok kitöltése, készítése stb. Talán belátható, hogy a jövőben egyre nehezebb lesz boldogulni a formális kommunikáció kellően fejlett képessége nélkül. Nincsen tudomásom arról, hogy folynának kutatások a formális kommunikáció képességének, készségeinek megismerése, a fejlődési folyamatok feltárása érdekében.

Tanulási képesség

A pszichikus komponensek, a komponensrendszerek, maga a pszichikum és a személyiség önmódosuló rendszerek. Például ismerősünket felismerő rutinunk az ismerősünkön észlelt változásoknak megfelelően folyamatosan módosul. Nincsen semmiféle önmagában vett „memória”, maga ez a specifikus neurális hálózat (az ismerősöm felismerését megvalósító képzet) módosul, maga ez a hálózat a memória. A módosulás folyamata a tanulás, amelynek eredménye a módosult felismerő rutin (képzet). Ugyanez érvényes a különböző fajta és különböző komplexitású pszichikus rendszerekre is: maga a pszichikus rendszer, a pszichikum, a személyiség, a memória, és ezek módosulása a tanulás. Amit hagyományosan munkamemóriának (rövid távú memóriának) nevezünk, az nem más, mint korlátozott számban aktivált komponens. A munkamemóriába „bekerült” (kívülről felvett vagy a háttérmemóriában aktivált) komponensek aktivitása még nem tanulás. Tanulásról akkor beszélünk, ha az aktivitás megszűnte után az új, a módosult komponens újra aktiválódhat, ha a pszichikumban tartós változás következett be. Szokásos szóhasználat: ha a háttérmemóriában (a hosszú, illetve a nagyon hosszú idejű memóriában) a változás tartósan megmarad. Pedagógiai szempontból ez legalább néhány órát kezdve különböző ideig, esetleg az életünk végéig tartó aktiválhatóságot jelent. Mindezek értelmében *a tanulás, funkcióját tekintve, olyan pszichikus aktivitás, amelynek eredményeként a pszichikumban tartós változás következik be.*

Ez a némileg szokatlan értelmezés a modern kognitívizmus (konnekcionizmus) eredményeiből, illetve a komponensrendszer-elméletből származtatható. A 20. század első kétharmadában Pavlovtól Bandura klasszikussá vált kísérletéig (16) a tanulás a pszichológia meghatározó kutatási területe volt. Tucatnyinál több tanulásemélet született. Ezek általában a tanulást eredményező aktivitás (viselkedés) módjaiban különböznek egymástól. Az aktivitási módok közül kiemelkedő szerepet játszott a problémamegoldó viselkedés, később a szociális viselkedés (lásd a Bandura és mások által kidolgozott szociális tanulás elméletét). Egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy az explorációs viselkedés sajátos tanulási mód. A 2. ábra azt szemlélteti, hogy minden kognitív viselkedés egyúttal tanulás is lehet. Ez természetesen érvényes minden tárgyi és szociális viselkedésre is. Pedagógiai szempontból kiemelt jelentőségű, hogy az alapvető viselkedési módok mindegyikét minél eredményesebben tudjuk hasznosítani, szervezni, működtetni. Ezek ugyanis a tanulási képesség működési módjai (tanulási módok), amelyek nélkül tanulás nem lehetséges. A tanulási módok tulajdonképpen az eddig tárgyalt kognitív képességek működési formái. A tanulás komplex képessége mint komponensrendszer (szerveződés) valamennyi kognitív képesség átfogó rendszere (amint a 2. ábra szemlélteti). A tanulási képesség fejlettsége, hatékonysága mindenekelőtt a kognitív képességek fejlettségétől függ. A tanulási képesség fejlesztése leginkább a kognitív képességek fejlesztése által segíthető (különös tekintettel a tanulási célú tudásszerzés képességeire).

A tanulásnak azonban nem a tanulási mód a specifikus lényege, hanem az a kérdés, hogy milyen feltételek, hatások eredőjeként következik be a pszichikumban (különböző tartósságú) módosulás. A behaviorizmus erre a kérdésre a megerősítés elméletével válaszolt. A feltárt szabályszerűségek helyes alkalmazása a pedagógia mindmáig csak részben kihasználta lehetősége. Erről a túláltalánosított magyarázatról azonban kiderült, hogy más feltételek, hatások esetén is létezik tanulás. A legszembetűnőbb változat az exploráció, az észleléses ta-

mulás. (17) Ebben az esetben nincsen a fenti értelemben vett megerősítés. Sőt: a jutalmazás vagy büntetés inkább gátolja, mint segíti a tanulást. Egy váratlan esemény észlelése (ahogy mondani szokás) örökre emlékezetünkbe vésődhet. Pedig itt nem történt megerősítés.

Régi felismerés, hogy a lokális neurális hálózatokat aktiválásuk ingerülettel tölti fel, ami reverberációs áramlasként különböző ideig fennmarad. Minél tovább tart a reverberációs áramlás, annál tartósabbá válik a hálózatban bekövetkezett változás. Az áramlás időtartama többek között a feltöltődés „erejétől” és a diffúzió sebességétől függ. Ha ez igaz, akkor a *megerősítés* által választódik ki az a lokális hálózat, amelybe a problémahelyzet (a feladat, a cél stb.) miatt keletkező diffúz feszültség koncentráliódik. Az exploráció, az észleléses tanulás és más hasonló esetekben a felvett inger által termelt ingerület közvetlenül áramlik a megfelelő hálózatba. Minél erősebb az *élmény*, (18) annál hosszabb ideig fennmaradó reverberációs áramlás keletkezik, ami ennek megfelelő tartósságú módosulást hoz létre. *Mindezek értelmében a tanulás lényeges specifikuma a megerősítés, illetve az élmény által létrehozott reverberációs áramlás, és annak időtartama.*

Szándéktalan tanulás esetén a megerősítés és az élmény természetes módon keletkezik és hat. A szándékos tanulás spontán módon nem működtet hatékony megerősítést és élményt. A szándékos tanulás eredményessége attól függ, hogy mennyire sikerül megközelíteni a megerősítés és az élmény optimális működtetését. Ennek sokféle technikája alakult ki. Ilyen például az optimális időközökben megvalósított értékelés (megerősítés), az optimális időközökben elvégzett ismétlés, gyakorlás, a szövegfeldolgozó tanulás technikai és hasonló. Ezek a tanulás specifikus komponensei (ismeretei, készségei). E komponensek teljes készletének feltárása, a meglévő technikák hatékonyságának értékelése, fejlesztése pedagógiai szempontból a kutatás legfontosabb feladatai közé tartozik.

Eddig a tanulást tartós pszichikus módosulásként értelmeztem. A módosulás azonban különböző lehet: a hálózatok, a pszichikum egyes összetevőink lebomlása, kiegészülése új összetevőkkel, a meglévő kapcsolatok átrendeződése, „erejük” (súlyuk) megváltozása. Funkcióját tekintve a módosulás fontosabb fajtái a következők: *adaptáció* – folyamatos alkalmazkodás a változásokhoz (e módosulásra lásd a felismerő rutinnal kapcsolatos fenti példát); *rendszerképződés* – véges számú komponensfajttal működő komponensrendszerek elemeit folyamatosan sajátítjuk el. A rendszer létrejötte valamennyi komponens elsajátítását feltételezi. (Például az íráskészség valamennyi betűjének és kapcsolási módjának fokozatos elsajátítása elvezet a rendszer, a komplex íráskészség létrejöttéhez, működésének lehetőségéhez); *optimalizálódás* – a már kiépült, működő rendszer hatékonyságának növekedése a kapcsolatok átrendeződésével, minimalizálódásával, bejáródásával. (Például az íráskészség rendszerré válásával létrejön a rajzoló íráskészség, amely sok hibával percenként átlagosan 4–6 betű leírását teszi lehetővé. Tízéves használat optimalizáló hatásaként kialakulhat a kiírt íráskészség, amely hibátlan minőséggel, percenként 60-80 betű leírását produkálja); *hierarchizálódás* – olyan rendeződés, amely az alsóbb szinteket egy átfogóbb szint alá rendeli. (Például a Miller-féle törvény miatt a fogalmak egymásba skatulyázódása). Az adaptálódás, a rendszerképződés, az optimalizálódás és a hierarchizálódás feltehetően a komplex tanulási képesség specifikus, egyszerű képessége. (Az utóbbi háromról lásd a tanulmány további részét!)

A kognitív képességek hatékonysága

A kognitív kompetencia hatékonysága a kognitív motívumok és képességek hatékonyságától, valamint a személyes és a szociális kompetenciától függ. Ebből a rendszerből most a kognitív képességek hatékonyságát emelem ki. A hatékonyság a rendszer működésétől függ és a viselkedésben nyilvánul meg. Ennélfogva a képességeket most működésük és viselkedésük szempontjából tekintjük át. Mind a klasszikus, mind a modern

kognitívizmus elsősorban az értelem működését törekszik megismerni. Más módszerekkel, de hasonló célokat követ a kognitív pszichológia is. Ezért megérthető, hogy (mint a bevezetőben említettem) némely kutatók miért tekintenek el a faktoranalitikus kutatások eredményeitől. Azáltal, hogy nem általában az értelem, hanem a kognitív képességek működését vizsgálom a hatékonyság figyelembevételével, az integráció lehetőségére utalok. A működés, a viselkedés hatékonysága a gyorsaságban, a minőségben, a hatókörben és a komplexitásban nyilvánul meg. Legalábbis a képességek fejlődésének eredményesebb segítése szempontjából ezek a tényezők fontosaknak minősíthetők. (19)

Tanulmányom elején felidéztem, hogy a faktoranalitikus kutatások a *gyorsaság* két önálló másodlagos faktorát tárták föl, és a további faktorok többségében is elsődleges faktorként jelent meg a gyorsaság. Jeleztem, hogy a gyorsaság nem képesség, hanem a képességek sajáttsága, a hatékonyság egyik jellemzője. A különböző rutinok, készségek, képességek és feltehetően a kognitív kompetencia működési gyorsaságának is létezik életkortól függő antropológiai optimuma. A hasonló életkorúak szóban forgó készségének működési gyorsasága átlaggal és szórással jellemezhető. Vegyünk egy nagyon egyszerű példát! A százas számkörbeli szóbeli összeadás készsége a középiskola utolsó évfolyamain percnként átlagosan 12 megoldást produkál, a szórás ± 3 (25%). Vagyis ennek a készségnek az antropológiai optimuma percnként 9–15 művelet. Az általános iskola harmadikos tanulói átlagosan 4 műveletet oldanak meg percnként, a szórás 1,44 (36%). A matematikatanárok átlaga 15 művelet, a relatív szórás 20% körüli. Ez a professzionális szint, az antropológiai maximum. (20)

Az antropológiai optimum pedagógiai jelentősége abban van, hogy a tanulás, a gyakorlás ennek eléréséig folytatandó. Régi megfigyelés (szólás is jelzi: „gyakorlat teszi a mestert”), hogy hasonló feladatok többszöri elvégzése folyamatában leegyszerűsödik a tevékenység, egyre jobb változatok alakulnak ki: optimalizálódik a készség. Van, akiben az optimalizálódás alig, másokban pedig nagyon hatékonyan működik.

Ósi meggyőződés, hogy a gyorsaság a *minőség* rovására megy. A lassúsággal szembeni türelmetlenség valóban rontja a teljesítményt. Bár a kutatások már régen bebizonyították, hogy ez káros tévhit, ennek ellenére tartja magát. *Spearman* elődökre is hivatkozva már 1932-ben külön fejezetet szentelt a témának és egyértelműen bizonyította, hogy a nagyobb gyorsaság jobb minőséget eredményez. (21) Az iménti példánál maradva: a 3. évfolyam tanulóinak minden tizedik művelete hibás, a középiskola végén már csak minden huszonkilencedik, a matematikatanárok pedig csak minden száztizenketedik műveletben követnek el hibát a gyorsaság, a begyakorlottság növekedésének köszönhetően. (A minőség természetesen más tényezőktől is függ, például az igényességtől, de ezek az egyéb tényezők témánkon kívül esnek.)

A *hatókör* a hatékonyság olyan tényezője, amely a készség, a képesség működési területét határozza meg. Például a tapasztalati kombinatív képesség hatóköre a Miller-féle számot meg nem haladó komplexitású tárgyakkal, képekkel, számokkal, betűkkel nyolcféle művelet végzése. Ha valaki csak hatféle műveletet tud megoldani, ez az ő képességének a hatóköre. A képesség mint komponensrendszer rendelkezik az ismeretek (a deklaratív tudás), valamint a rutinok és készségek (a procedurális tudás) meghatározott készletével. Ezek a készletek jelentik a képesség hatókörét. A kognitív képességek többségének esetében elvileg meg-

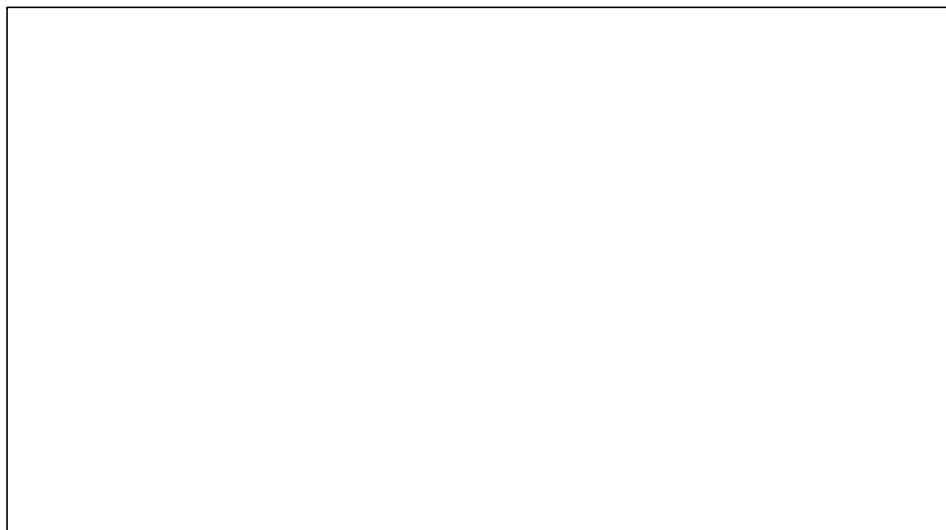
Ósi meggyőződés, hogy a gyorsaság a minőség rovására megy. A lassúsággal szembeni türelmetlenség valóban rontja a teljesítményt. Bár a kutatások már régen bebizonyították, hogy ez káros tévhit, ennek ellenére tartja magát. Spearman elődökre is hivatkozva már 1932-ben külön fejezetet szentelt a témának és egyértelműen bizonyította, hogy a nagyobb gyorsaság jobb minőséget eredményez.

határozható a komponenskészlet terjedelme. A fent ismertetett képességek komponenskészleteit jellemeztem (amely esetben lehetett, tételesen megneveztem valamennyi komponenst, vagy jeleztem az elvégzendő feltáró kutatás szükségességét). A nagyon terjedelmes komponenskészletek (például a konvertáló képesség) esetében léteznek úgynevezett kritikus komponensek, amelyek meghatározó szerepet játszanak a szóban forgó képesség hatékonyságában (erről lásd majd a kognitív készségek és képességek fejlesztéséről szóló tanulmányt).

A *komplexitás* a megoldandó helyzet, feladat komplexitását jelenti. A kezelhető komplexitás mértékét a memória és a külső tár, valamint a szabályozási szintek (ismertebb megközelítésben: processing cycles) határozzák meg.

A munkamemória maximum 5–9 körüli egység (információ-csomag) kezelését teszi lehetővé. Ennél komplexebb feladatot csak úgy tudunk megoldani, hogy lépésről lépésre haladva a környezetből, illetve a háttérmemóriából ilyen adagokban vesszük fel az információkat. Ha a tárgyi környezet információit nem használhatjuk, a fejben végzendő feladatok komplexitása igen korlátozott. Például egy viszonylag egyszerű osztással sem boldogulunk (eltekintve a fejszámoló művészekről). Az ember a komplexitási korlátot a külső tár létrehozásával (az írásbeliséggel) törte át. A külső tár is kétféle, mint a memória: munkatár és háttértár. A munkatár a tevékenység folyamatában rögzített, észlelhető információk köre (például az írásbeli osztás munkatárral működik). A háttértár az egyén számára hozzáférhető rögzített információk körét jelenti.

A komplexitás növelésének másik módja a szabályozási szintek egymásra épülése. A neurális szabályozás mindenféle aktivitásunk feltétele, alapja. A tárgyi és a szociális viselkedésünk a külső környezettel létrejövő kölcsönhatás, ezért legalább a perceptuális szabályozás szükségszerűen közreműködik a viselkedésben. A kogníció esetében azonban létezik tisztán neurális szabályozási szint is. A gondolkodás fejben is végezhető, nem csak a környezettel való kölcsönhatás folyamatában. A fejben folyó gondolkodás tanulást is eredményezhet, vagyis tanulás is lehetséges tisztán neurális szinten. Ezzel szemben a kognitív kommunikáció és a tudásszerzés csak a környezettel létrejövő kölcsönhatás eredményeként lehetséges, vagyis legalább tapasztalati szintű szabályozással kiegészülve. A 4. ábra egymásba skatulyázódó halmazai azt kívánják szemléltetni, hogy a magasabb szintű szabályozás csak az alatta lévő valamennyi szabályozási szint működésével lehetséges.



4. ábra
A kogníció szabályozási szintjei

A *tapasztalati szabályozás* azt jelenti, hogy a viselkedés a környezetből felvett információk segítségével, visszacsatolásokkal és implicit szabályokat követve realizálódik. A tapasztalati szabályozás perceptuális és fogalmi szinten valósul meg. Például a tapasztalati kombinatív képesség implicit szabálykövetéssel (anélkül, hogy a működés szabályait ismernénk) és perceptuális szabályozással működik, ha a létrehozandó összetételekről, azok elemfajtáiról felvett perceptuális információk alapján valósul meg. A tapasztalati verbális kommunikáció az iskolázatlan emberek esetében a nyelv tisztán implicit szabályrendszerének megfelelően lehetséges a fogalmak, fogalmi szabályozás által. A perceptuális szabályozás csak az itt és most korlátjai által behatárolt komplexitású megoldásokat engedélyezi. A fogalmi szintű kogníciónak köszönhetően felszabadulhatunk az itt és most korlátai alól, és a kogníció a percepcióval hozzáférhetetlen információkat is fel tárhatja. Az írásbeliség pedig a külső tár használatát is lehetővé téve lényegesen megnöveli a kezelhető komplexitást.

A tapasztalati szint implicit szabálykövetése is csak korlátozott komplexitást tesz lehetővé. A szabályszerűségek, az implicit szabályok megismerése, explikálása (megfogalmazása) lehetővé teszi a szabályhasználatot. Ez azt jelenti, hogy a viselkedés, a kogníció az ismert szabályt is felhasználva, ahhoz mint viszonyítási alaphoz is visszacsatolva valósulhat meg. Ez a lehetőség gyakorlatilag korlátlan komplexitású feladatok megoldását teszi lehetővé. Mai civilizációnk az explicit szabályhasználatnak köszönheti létét.

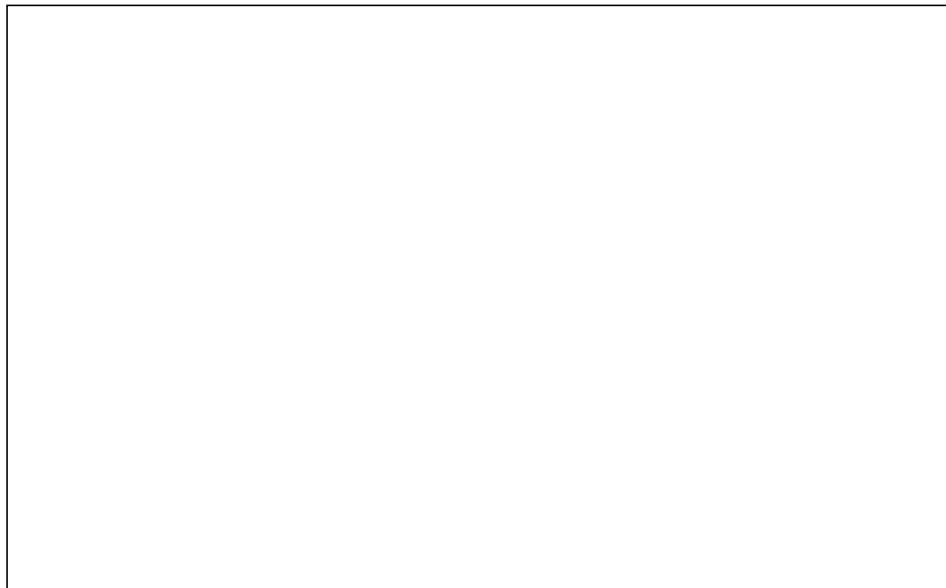
A természet és a társadalom szabályszerűségeit feltárva, explikálva leíró szabályokat kapunk. Tárgyi és szociális viselkedésünk szabályainak explikálása pedig előíró szabályokat eredményez. Az előíró szabályok használhatók anélkül, hogy ismernénk a mögöt tük levő leíró szabályokat. (Például a vízbontó készülék tökéletes működtetése betanulható az előíró szabály alapján, anélkül, hogy a folyamat kémiai leíró szabályáról bármiféle ismerettel rendelkezznénk.) A kogníció esetében magára a kognícóra vonatkozó előíró, leíró szabályok használatáról van szó, amelyek a kutatások eredményeinek köszönhetően egyre inkább hozzáférhetővé válnak. E lehetőséggel kapcsolatban intenzív kutatások és viták folynak. (A tanulmány utolsó részében és a fejlesztésről szóló tanulmányban e lehetőséget példákkal fogom szemléltetni.)

A kognitív képességek fejlődése

A kognitív képességek fejlődéséről könyvek sokasága jelent meg, számos elmélet, modell született. Az alábbi néhány bekezdésben nincsen mód ezek felidézésére. Ezért három könyvre és *Karmiloff-Smith* újszerű szemléletmódjára hivatkozom, amelyek alapján képet lehet kapni a téma történeti alakulásáról, problémáiról és eredményeiről. (22) Ezek ismeretében, a fentiek és empirikus kutatási tapasztalataim alapján egyszerűen leírom, hogy mi az, amit a kognitív képességekre vonatkoztatva fejlődésnek nevezek. Abból indulk ki, hogy a képességek önmódosuló komponensrendszerek. A módosulás lehet lebomlás (felejtés), kiegészülés, átrendeződés, adaptáció – ez nem fejlődés. Fejlődésnek nevezem a kognitív képességek szempontjából a *rendszerképződést* mint a komponensrendszer kiépülését (a komplex képesség egyszerű képességeinek, az egyszerű képességek rutinjainak és készségeinek az elsajátítását). Továbbá a rutinok, készségek és képességek működésének *optimalizálódását*, valamint a *hierarchizálódást*, vagyis a szabályozási hierarchia felépülését. A fejlődés e három tényezőjét két példa segítségével ismertetem. A példák viszonylag egyszerűek, a többi képességnél jobban ismertek. Ezért csak az lehet a céloom, hogy megmutassam, mit kellene elérni a többi kognitív képesség kutatásával ahhoz, hogy pedagógiailag hasznosítható tudás birtokába jussunk.

Ha igaz az, hogy a tapasztalati kombinatív képesség az 5. ábrán felsorolt nyolc készséggel működik, akkor e képesség esetében ismerjük a tapasztalati szintű komponensrendszer teljes készletét. *Feltáró kutatásra* már nincsen szükség.

Csapó Benő kutatásai alapján megállapítható, hogy az egyes tanulók a *rendszerképződésben* milyen szintet értek el (vagyis a nyolc készség közül hány és melyik működik), hogy a rendszerképződés szerint miképpen oszlik meg a populáció. Alkalmos felmérésekkel feltárható a rendszerképződés folyamata (az 5. ábra adatai erről csak részleges képet adnak).



5. ábra

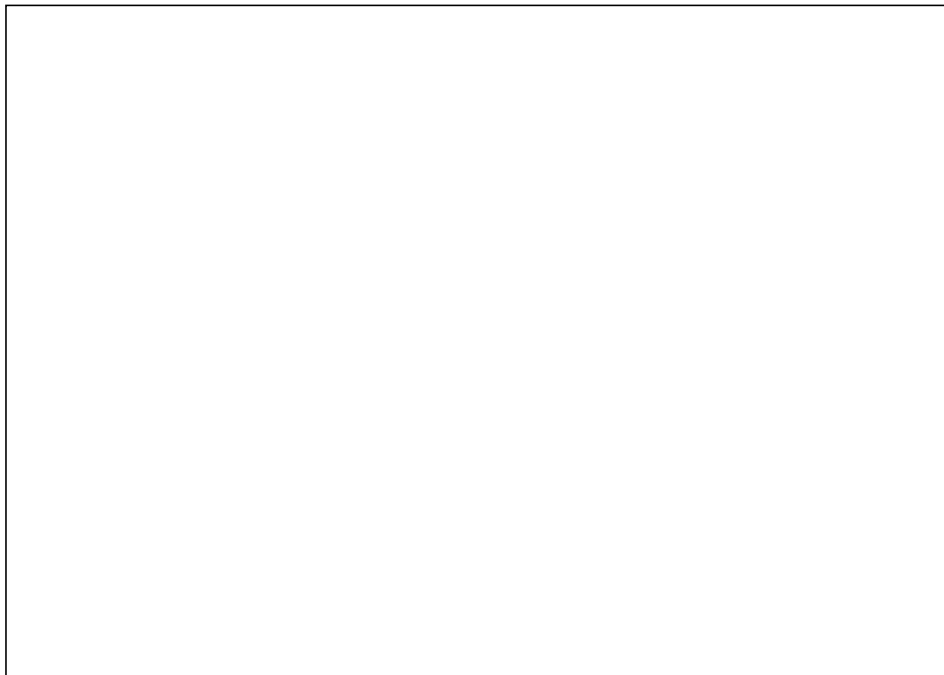
A tapasztalati kombinatív képesség fejlődése (23)

Az ábra a populációban zajló *optimalizációról* is ad némi képet. Az látható, hogy a 10 évesek populációjában mind a nyolc készség működik a tanulók több, mint 40%-ában. Legkevesebben (40%) az ismétlés nélküli kombinációk képzését, legtöbben az ismétlés nélküli variációk képzését sajátították el. A hatékonyság attól is függ, hogy a feladatokat pálcikákkal, képekkel vagy betűkkel/számokkal kell-e végezni. Az ábra erről átfogó képet ad. Az adatok alapján ismert az is, hogy az egyes készségek különböző elemfajtákkal milyen szinten működnek. Például az ismétlés nélküli kombinációk képzése a 10 évesek körében képekkel 58%-os, betűkkel/számokkal pedig csak 25%-os szinten működik. Ezek az értékek az egyes tanulókra vonatkozóan is megállapíthatók. Pedagógiai szempontból pedig ez a fontos. Ennek alapján pontosan tudható, hogy mi az, ami már működik és milyen szinten, mi az, amit még el kell sajátítani, tovább kell gyakorolni. Mivel a gyorsaságra mint az optimalizáció egyik jellemzőjére nincsen adat, az ismereteink csak részlegesek.

Ezek az adatok csak a tapasztalati szabályozásról, azon belül is a perceptuális szintről adnak képet. Nincsen ismeretünk a fogalmi szintről, az előíró szabályhasználatról (vagyis arról, hogy a szabály ismeretében hogyan kell felsorolni az összeállításokat, hogyan kell kiszámítani azok mennyiségét). A leíró szabályhasználat, vagyis az elméleti szint kiépítése az általános képzésnek feltehetően nem feladata. Egyszóval a szabályozási *hierarchia felépülését* nem ismerjük, csak a tapasztalati szabályozásról, azon belül is csak a perceptuális szintről vannak ismereteink.

A fentiek alapján az ábráról egyértelműen leolvasható, hogy milyen kutatást kell még elvégezni, mit kell tenni a populációkban lezajló fejlődési folyamatok változásainak nyomon követése érdekében, hogy a kombinatív képesség fejlődéséről teljes és részletes ké-

pünk legyen, hogy ennek alapján a fejlődés segítése eredményesebb lehessen. Az ismeretetés alapján az olvasó feltehetően belátta, hogy gyakorlatilag, a fejlődés segítése szempontjából az átlagoknak, szórásoknak önmagukban nagyon kevés a hasznuk. (Majd a fejlesztésről szóló tanulmányban kitérek e problémára.)



6. ábra
A logikai képesség fejlődése (24)

A 6. ábráról a rendszerképződés, az optimalizálódás helyzete az előző példa alapján leolvasható, ezt az olvasóra bízom. Ebben a második példában a feltáró kutatás pszichológiai, pedagógiai szempontból nincs elvégezve. Már az ábra címe is pontatlan (az egyszerűség érdekében). Ugyanis a szemléltetett adatok csak a klasszikus kétértékű logikára vonatkoznak. A modern logika szerteágazó eredményeinek pedagógiai célú hasznosítása a kutatásban, különösen pedig a fejlesztésben, még a jövő feladata. A kétváltozós logikai műveleteket tekintve a műveletek rendszere feltárt. Ismert, hogy elvileg 16 kétváltozós művelet létezik. Gyakorlatilag azonban csak tíz művelet használatos. A következtetésről is tudjuk, hogy elvileg mennyi lehetséges. Gyakorlatilag azonban ennek csak töredékét használjuk. Nem tudjuk, hogy pszichológiai, pedagógiai szempontból mennyi és mely következtetések szükségesek a következtetési képesség teljes rendszerré fejlődéséhez. Az ábrán a legegyszerűbbnek minősíthető 24 következtetés adatai szerepelnek. De nem biztos, hogy ennyi szükséges-e, és éppen ezek azok. E probléma tisztázása érdekében alapos elméleti és empirikus kutatásokra van szükség.

E második példa a *hierarchizálódásról* is ad némi ismeretet. A tapasztalati következtetés képessége (természetesen fogalmi szinten) láthatóan a nyelv elsajátításával kezd kialakulni és feltehetően (mert csak 8 éves korig van adat) a serdülés kezdetéig a gyerekek túlnyomó többségében mind a 24 mért készség működőképessé válik. A formálisnak nevezett szabályozási szint vizsgálata az előíró szabály sajátos változatának használatával történt. A kétváltozós logikai műveletek esetében adtak az igazságmátrixok, amelyek lé-

nyegileg (de nem verbálisan megfogalmazva) a művelet szabályát adták meg a feladatot megoldó tanulóknak. Hasonló segítség járult a következtetési feladatok megoldásához is. A 12 és a 16 éves tanulók adatai azt mutatják, hogy az előíró szabályhasználat szintjén, formális szinten a következtetési képesség csak a tapasztalati következtetésre ráépülve lehetséges, hogy a 10–12 éves iskoláztatás ellenére a népesség túlnyomó többségében nem alakul ki a formális következtetés képessége. A logika leíró szabályainak használata természetesen csak a logika elméleti ismereteinek gyakorlatias tanításával lenne elvileg elérhető. Kérdés, hogy erre szükség van-e az általános képzés kereteiben. Feltehetően a legalapvetőbb ismeretek gyakorlatias célú tanítása segíthetné az ábrán szemléltetett, formálisnak nevezett logikai képesség fejlődését (ideértve a modern logika legalapvetőbb ismereteit is).

*

A kognitív kompetenciát négy komplex képesség komponensrendszereként írtam le. A komplex képességek 19 egyszerű képességét jellemeztem. Ezek egy része esetében komponenseiket is megmutattam, másoknak a komponenseire csak példákat tudtam adni, amelyek alapján a feltáró kutatás elvégezhető. Néhány képesség esetében még erre sem volt mód. A fentiek alapján talán belátható, hogy a felmutatott tisztázatlan kérdések megválaszolása pedagógiai szempontból egzisztenciális jelentőségű.

A fejlődéssel kapcsolatos két példa azt mutatja, hogy a képességek fejlődését jellemző átlagok mellett a komponensek fejlődésének ismeretére is szükség van. Továbbá a fejlődés adataiból csak akkor tud a pedagógia hasznot húzni, ha megbízható és részletezett adatokkal rendelkezünk mind a rendszerképződés, mind az optimalizálódás, mind pedig a hierarchizálódás alakulásáról.

Jegyzet

(1) CARROLL, J. B.: *Human Cognitive Abilities. A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press, 1993. L. a téma gyerekekre vonatkoztatott elméleti elemzését: *Criteria for Competence. Controversies in the Conceptualisation and Assessment of Children's Abilities*. Szerk.: CHANDLER, M.–CHAPMAN, M. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale–New Jersey stb. 1991. Továbbá l. egy gyakorlati célú kiadványt a képességek és méréstüket szolgáló tesztek listájával: FLEISHMAN, E. A.–REILLY, M. E.: *Handbook of Human Abilities. Definitions, Measurements, and Job Task Requirements*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto 1992.

(2) A kognitív pszichológia témaköreit, a kognitív képességek faktoranalitikus kutatási eredménye iránti teljes érdeklenséget lásd a téma kézikönyveiben, például a magyarul is megjelent kiadványban. EYSENCK, M. W.–KEANE, M. T.: *Kognitív pszichológia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1990.

(3) A kognitív tudomány bármely áttekintő kiadványában szót sem érdemelnek a klasszikus pszichológia, a faktoranalitikus kutatások, sőt újabbban a kognitív forradalmat elindító kognitív pszichológia eredményei sem. Magyarul lásd például: *Kognitív tudomány*. Szerk.: PLÉH CSABA. Osiris Kiadó, Láthatatlan Kollégium, Bp. 1996. CLARK, A.: *A megismerés építőkövei*. Osiris Kiadó, Bp. 1996; DENNETT, D. C.: *Micsoda elmék. A tudatosság megértése felé*. Kulturtrade Kiadó, Bp. 1996.

(4) Az olvasó szíves figyelmébe ajánlom a témakör eddigi három pedagógiai célú elemzését, amelyek elolvasása segítheti a jelen tanulmány jobb megértését – NAGY JÓZSEF: *Kognitívizmus és az értelem kiművelése*. Iskolakultúra 1998. 2. sz., 57–70. old.; uő.: *A kognitív rutinok pedagógiai jelentősége*. Iskolakultúra, 1998. 5. sz., 3–16. old.; uő.: *A kognitív készségek rendszere és fejlődése*. Iskolakultúra, 1998. 9. sz., 3–13. old.

(5) Az információkezelés, -feldolgozás (information processing) szokásos fogalmába nem fér bele magának az információkezelő rendszernek a fejlődése információkezelés által. Holott a pedagógia alapvető célja, feladata magának ennek az önfejlődésnek a segítése. Ezért vezetem be az „információhasznosítás” fogalmát, amely a kognitív kompetenciának ezt a funkcióját is magában foglalja, vagyis a kognitív kompetenciát önfejlődő (nemcsak önmódosító) rendszernek ismeri el.

(6) L. a (4) jegyzetet!

(7) Nem fogom elvégezni az általam javasolt megoldás összevetését Carroll definíciójával, mivel a kiindulásom gyökeresen különbözik az eddigi definíciós kísérletektől. Annak érdekében, hogy az olvasónak kéznél le-

gyen az összehasonlítás lehetősége, megadom a szerintem eddig legjobb szemantikai kiindulási definíciót: „As used to describe an attribute of individuals, ability refers to the possible variations over individuals in the liminal levels of task difficulty (or in derived measurements based on such liminal levels) at which, on any given occasion in which all condition appear favourable, individuals perform successfully on a defined class of tasks.” – CARROLL, J.B.: *Human Cognitive Abilities*, i. m., 8. old.

(8) A téma részletes kifejtését l. a komponensrendszerről szóló, (4)-ben hivatkozott tanulmányban!

(9) NAGY JÓZSEF: *Szociális kommunikáció és nevelés*. Iskolakultúra, 1997.11. sz., 79–92. old.

(10) NAGY JÓZSEF: *A rendszerezési képesség kialakulása. A gondolkodási műveletek elsajátítása*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1987 (1990).

(11) E gondolatmenet kifejtését l. NAGY JÓZSEF: *Nevelési kézikönyv*, 1996. 52–56. old.

(12) VIDÁKOVICH TIBOR: *Diagnosztikus pedagógiai értékelés*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1990. – A logikai képességgel kapcsolatos kutatásainak áttekintő leírását l. 89–105 old.

(13) CSAPÓ BENŐ: *A kombinatív képesség struktúrája és fejlődése*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1988.

(14) A téma elméleti leírását lásd: NAGY JÓZSEF: *A tudástechnológia elméleti alapjai* (5. fejezet). Országos Oktatástechnikai Központ, Veszprém 1985.

(15) NAGY JÓZSEF: *Pedagógiai kézikönyv* (utolsó fejezet). Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged 1996.

(16) BANDURA, A.: *Influence of models' reinforcement contingencies on the acquisition of imitative responses*. Journal of Personality and Social Psychology 1965. 1., 589–595. old.

(17) Az „observational learning” terminust nemcsak azért magyarítom „észleléses tanulásra”, mert az „observation” észlelést is jelent, hanem azért is, mert a „megfigyelési képesség” fogalmának megnevezésével a „megfigyelést” már lefoglaltam.

(18) L. az élménypsichológia tanulással kapcsolatos szemléletmódját és az élménypedagógiát (J. Dewey, D. Kolb, C. Rogers)!

(19) Ezek a tényezők megfeleltethetők a téma kutatási eredményeinek. Az eltérések abból adódnak, hogy a kiindulás az egyéni különbségek magyarázatának igénye. Jömagam a működés hatékonyságát tekintem, ami az egyéni különbségek mellett az egyén fejlettségi szintjét is magában foglalja. Pedagógiai szempontból pedig ez a fontosabb kérdés. L. pl. P. C. Kyllonen, R. E. Christal sajátos kiindulását, a témáról is jó áttekintést adó tanulmányát: KYLLONEN, P. C.–CHRISTAL, R. E.: *Reasoning Ability Is (Little More Than) Working-Memory Capacity?! Intelligence*, 1990. 14. sz., 389–433. old.

(20) NAGY JÓZSEF: *Alapműveleti számolási készségek*. Acta Universitatis Szegediensis..., Szeged 1973, 72. old.

(21) SPEARMAN, C.: *The Abilities of Man. Their Nature and Measurement*. AMS Press, New York 1970, 258. old.

(22) FLAWELL, J. H.: *Cognitive Development*. Prentice-Hall, Inc., Engelwood Cliffs, New Jersey 1977; KLAUSMEIER, H. J.–ALLEN, P. S. (1978): *Cognitive Development of children and Youth. A Longitudinal Study*. Academic Press, Inc., New York–San Francisco, London 1977; KLUWE, R. H.–SPADA, H.: *Developmental models of Thinking*. Academic Press, Inc., New York–London etc. 1980; KARMILOFF-SMITH, A.: *Beyond Modularity: A developmental Perspective on Cognitive Science*. MA: MIT Press/Bradford Books, Cambridge 1992; uő.: *Nature, nurture and PDP: Preposterous developmental postulates?* Connection Science, 1992. 4. sz., 253–269. old. – E könyv szerzői összefoglalóját lásd (1994, magyarul 1996): *Túl a modularitáson: A kognitív tudomány fejlődésselméleti megközelítése*.

(23) Az adatok forrása: i. m. (13)-ban

(24) Az adatok forrása (tapasztalati következtetés): NAGY JÓZSEF: *5–6 éves gyermekeink iskolakészültsége*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1980; (kétváltozós logikai műveletek és formális következtetés): VIDÁKOVICH TIBOR: *Tudományos és hétköznapi logika: a tanulók deduktív gondolkodása. = Az iskolai tudás*. Szerk.: CSAPÓ BENŐ. Osiris kiadó, Bp. 1998.