

Elméleti és gyakorlati eredmények a tanulás kutatásában
(Theoretical and Practical Advances Through Research on Learning)

James G. Greeno
University of Pittsburgh

Fordította: Bakacsi Zita, Borszéki Szabolcsné Gábris Virág, Hoffmann Judit, Pálmai Judit,
Vass Csaba

Lektorálta: Búsné Mikus Franciska, Kovácsné Király Erika, Cseh László,
Novák László Péter, Pintérné Molnár Mariann

Mint annyi más tudományos terület, a tanulás kutatása is hatalmas fejlődésnek indult a XX. század közepétől. A század közégig az előző évtizedek kutatási eredményeként a nézőpontokat túlnyomó részben a behaviorista fogalmak és módszerek alkották. Tanulás alatt készségek elsajátításának folyamatát értették, és egy komplex készség elsajátítását akkor vélték a leghatékonyabbnak, ha a tanuló már rendelkezett az összetevő alkészségekkel. A behaviorista feladat-elemzést széles körben használták a tanulási célok megfogalmazására, valamint a tananyag megtervezésére és értékelésére. A motiváció alatt nagyjából a tanuló benső egyedi ösztönzöttségét, tanulási kedvét, igényét értették. Az osztálytermekre úgy tekintettek, mint olyan helyekre, ahol az egyes tanulók számot tudnak adni a szükséges tudás megszerzéséről. Az osztálytermeknek volt azonban egy olyan hátránya, hogy ahány tanuló volt, annyiféleképpen tudott tanulni, ezért szükségessé vált a tanulási szekvenciák egyénivé tételének kidolgozása.

A század végére a tanárok és más oktatási szakemberek tapasztalatai mentén a kutatás a tanulás olyan új irányait fejlesztette ki, amelyek ötven évvel korábban elképzelhetetlenek lettek volna. "Tanulón" azt az egyént értjük, aki komplex információ-sémák feldolgozásával foglalkozik; e sémák jellemzőit minden kétséget kizáróan meghatározhatjuk a tanulók értelmezési, gondolkodási és tanulási modelljein keresztül. A motivációról úgy gondoljuk, hogy az a tanulók kulturális háttérétől, valamint a tanulási és "tudási" képességeikbe vetett hittől függ. Az osztálytermet egy olyan komplex rendszernek tekintjük, amely "kikényszeríti" és fenntartja a tanulók részvételét, és ennek következtében tanulását.

Bármilyen hatásosnak is tűnnek ezek az eredmények, van még tennivaló ezen a területen. Általában elmondható, hogy többet kellene tudnunk a tanulási folyamat különböző aspektusainak (mint például az információ-feldolgozás, a motiváció és a tanulási környezet közti kapcsolat) összefüggéseiről; a tudományos eredmények információit felhasználó oktatási környezet és tevékenységek megteremtése még kezdeti stádiumban jár.

Az én feladatom ebben a fejezetben az, hogy számot adjak ezen eredményekről és lehetőségekről, és megmutassam, hogy a különböző kutatási módszerek bevetése hogyan járult hozzá a már bekövetkezett fejlődéshez és hogy milyen további eredmények várhatók. Azzal kezdem, hogy körüljáróm a tudományos értelmezés természetének aspektusait, valamint azt, hogy hogyan kapcsolódnak ezek a szakmai gyakorlathoz, hiszen véleményem szerint ezek keretén belül értelmezhető a fejlődés és vizsgálhatók azok a módszerek, melyek a fejlődést szolgálják.

MI A TUDOMÁNYOS FEJLŐDÉS?

A fejlődés szerepe a megértésben

A tudományos fejlődés alakulásának kérdése élénk vitákat vetett fel, főként mióta Kuhn-nak (1962) Hanson (1958) és mások után, kételyei merültek fel olyan uralkodó pozitivisták elképzelésekkel szemben, melyek szerint a tudomány nem más, mint objektíve meghatározott empirikus elképzelések gyűjteménye, amely elképzeléseket aztán tudományos törvényekként általánosítanak. Laudan (1977) rámutatott, hogy Kuhn megkülönböztetése, hogy mit hívott normál tudománynak és tudományos forradalomnak, azon a pozitivistikus nézőpontra alapult, amely szerint csak az empirikus eredmények jelentenek tudományos fejlődést. Laudan szerint azonban az elvi problémák terén elért eredmények is a tudományos fejlődés részei, még akkor is, ha következetlenségek, ellentmondások és hibás okoskodások kísérik azokat. Történelmi példákkal érvelt, hogy bebizonyítsa, hogy a tudományos vizsgálat mindkét aspektusa fontos szerepet játszott a tudósok munkájában.

Toulmin (1972) és jóval később Kitcher (1993) azzal érvelt, hogy a tudományos fejlődés lényege az értelmező képesség fejlődése. Toulmin többszempon्तú elemzésében bemutatta, hogy a tudományos diszciplínák fejlődésében mekkora szerepe volt az értelmező képesség fejlődésének. Haladás akkor következik be, amikor **1.** az értelmező fogalmakat és eljárásokat kiterjesztik olyan jelenségekre is, amelyekre azelőtt nem vonatkoztatták őket, **2.** a jelenséget teljesebb, pontosabb értelmezéssel látják el, **3.** az előzőleg különálló koncepciók vagy értelmező eljárások a diszciplínába integrálódnak, **4.** a koncepciók vagy értelmező eljárások más diszciplínából integrálódnak a szóban forgó diszciplínába, **5.** a tudományos területen kívülről érkezik a koncepció a diszciplínába. Kitcher megjegyezte, hogy a tudományos értelmezések a tudományos gyakorlatától függenek, amelynek funkciója, hogy megjelölje a diszciplínában bennfoglalt jelenségek területének határait, és hogy szabályozza a kutatás nyelvét: mely megállapítások fogadhatók el, mely kérdések kapnak hangsúlyt, mik a kérdések megválaszolásának sémái, és a módszertani nézetek, mik a helyes megfigyelés és kísérletezés módjai, valamint a kutatók és munkájuk megbízhatóságának normái. Kitcher megjegyzi még, hogy a fontosabb tudományos előrelépések (mint pl. Darwiné) magukkal hozták ezeknek a gyakorlatoknak a változását: olyan sémákat dolgoznak ki, amelyek egész kérdésköröket válaszolnak meg, illetve olyan kérdéseket fogalmazznak meg, amelyek eltérőek az adott diszciplínában addig megszokott kérdésektől.

Szeretném hangsúlyozni, hogy a tudományos fejlődést taglaló poszt-pozitivistikus¹ diskurzus nem irányul kifejezetten sem a tanulás kutatásának sajátos jellegzetességeire, sem egyéb olyan tudományágak jellegzetességeire (pl. a viselkedéstan, a megismerés tudománya vagy a társadalomtudomány), amelyeknek a módszerei a tanulás kutatásában használatosak. A hangsúly, amit a tudományos fejlődés kapott (mert javítja, fejleszti az adott tudományterület koncepcióit és értelmezési gyakorlatait), a fizika és biológia tudományok történelmi fejlődésének vizsgálatából általánosan adódó tudományos ismeretek természetét tükrözi. A tanulás kutatásának vannak olyan fontos jellegzetességei, amelyek megkülönböztetik a fizikai és biológiai kutatásoktól és én ezeket a jellegzetességeket és azok jelentőségét szeretném megvizsgálni. Mindazonáltal a fejlődést a tanulás tudományán belül, mint az értelmező képesség fejlődését tekintem, mivel meg vagyok győződve arról, hogy ez nem csak az oktatás komplex szociális folyamatának, hanem a tudományos fejlődésnek általában is a központi kérdése.

A kutatási eredmények és a gyakorlat viszonya

A kapcsolat, a kutatás eredményei és a tanulás gyakorlati oldalának javulása között, jelenleg felülvizsgálat alatt van, mint ahogy a megértés fejlődésének természete is. A két téma természetesen eléggé különböző kérdéseket foglal magában, de osztoznak egy érdekes és fontos szempontban: mindkét téma fókuszja úgy változott, hogy nagyobb figyelem irányul a gyakorlatra. A tudományos fejlődés témáinak változása része a filozófiai és történelmi tanulmányok egy nagyobb ívű változásának: a tudományos tevékenység elvi és logikai szempontjairól a fókusz áthelyeződött a tudományos gyakorlat szisztémájának szempontjaira, különös tekintettel az értelmező gyakorlatokra, például, hogy a tudósok közötti társadalmi kapcsolatok hogyan hatnak jótékonyan munkájukra és hogyan formálják szellemi termékeiket. Az ezzel párhuzamosan létrejövő változás, ami a gyakorlat javítását célzó vitákban is megjelenik, a tantermi tanulási gyakorlat szisztémájával kapcsolatban új szempontokat is felvetett. Nem kizárólag a tanárok hozzáállására és képességeire és az oktatott anyagra koncentrál, hanem arra is például, hogy a tanulók és tanárok közti viszony hogyan hat jótékonyan a tanulók tanulására.

Ahogy Stokes (1997) kimutatta, a kutatás és a gyakorlati eredmények közti kapcsolat uralkodó modellje lineáris: az alapkutatás megállapításai informálják az alkalmazott kutatást, amely informálja a gyakorlat, valamint a gyakorlati erőforrások tervezését és fejlesztését. Ezt gyakran nevezik *pipeline* vagy csővezeték modellnek. A 45-1-es ábra a modell egyszerű verzióját mutatja be, egy pár koncepcióval kiegészítve, amelyek szerintem segítenek a kapcsolatok néhány nézőpontját tisztázni. Ebben a modellben a technológia és a gyakorlat aktuális állapotának észlelése erőforrásokat és problémákat generál a gyakorlatban, ami aztán motiválja és lehetővé teszi a gyakorlat és a technológia módosításainak a megtervezését, hogy javítsa azok hatékonyságát. Ezeket a terveket az alapkutatásban kidolgozott értelmező erőforrások is informálják. A terveket fejlesztett termékekévé valamint gyakorlattá kell váltani, ezeket pedig meg kell valósítani. Egy innovációt az alapján lehet megítélni, hogy mennyire hatékonyan tökéletesíti azt, amire életre hívták, megalkották. Az értékelések eredményeinek a visszajelzése a problémák és a gyakorlati erőforrások pillanatnyi helyzetéről az aktuális innováció módosításához vezethet, és informálja más innovációk tervezését. E szerint a modell szerint a sikeres innovációk széleskörű felhasználását terjesztésük teszi lehetővé.

Bár ennek az egyszerű modellnek vannak egyértelmű előnyei, a fejlesztés és a kutatás néhány fontos területéhez túlságosan szűknek bizonyul. Fő jellemzője, lineritása, az általa amúgy pontosan felvázolt programoknak egyszerre erőssége és gyengesége is. A folyamat minden lépése az előző lépés eredménye. Különösen szembeötlő ez azoknál a kapcsolódási pontoknál, amelyek a kifejlesztett termék, valamint annak kivitelezése és értékelése között vannak. Most, amikor ez a kézikönyv készül, az Egyesült Államok Oktatási Minisztériuma az oktatási innovációk azon értékeléseit részesíti előnyben, amelyek véletlenszerű tesztekkel használnak. Ezek úgy működnek, hogy összehasonlítják az innovatív programot a tanítás valamely más verziójával, hogy egyértelműen látni lehessen, hogy a módszer a hallgatóknál javulást eredményezett. (pl.: National Research Council [NRC], 2004). Hogy mindez hiteles legyen, a programot egységesen kell véghez vinni. Vagyis pontosan definiálni kell a munkamenetet, vagy legalábbis az irányelveket, hogy meg lehessen határozni, hogy a programot megfelelően hajtották-e végre.

Sok, az oktatást potenciálisan javító program számára az egységesség nehezen kivitelezhető. Erre mutat be egy példát Brown (1994). Palincsar és Brown (1984) kidolgozott egy olvasási programot, amit reciprok tanításnak neveztek el. Elég ismert és elfogadott lett és Brown-t (1994) meghívták, hogy látogasson el olyan iskolákba, ahol a programot használják. Brown (1994) a reciprok tanítás végrehajtásában jelentős módosulásokat figyelt meg. Bár

Brown (1994) úgy ítélte meg, hogy a program felületes szempontjait (már amelyeket az osztálytermi megfigyeléseken meg tudott vizsgálni) elég egységesen vezették le, úgy vélte, hogy néhány iskolában a programot nem olyan módon irányították, hogy az a program céljait, a tanulók aktív, elmélyülő, kritikus olvasókká válásának elősegítését megvalósítsa. Brown (1994) arra a következtetésre jutott, hogy a nehézséget az okozta, hogy a tanárok különbözőképpen értelmezték az alapvető feltételeket, amelyeket az olvasás tanulásának az elsődleges irányelveinek nevezett. Amikor készült a program, a reciprok tanítás magába óhajtott foglalni Vygotskij (1934/1997) egyik tanulási elvét, annak céljaival együtt. A reciprok tanítás tevékenységeinek – úgymint az aktív kérdés, az összegzés, a szöveg folytatásának „megjósolása” – az volt a célja, hogy a gyerekek képesek legyenek aktív kölcsönhatásba kerülni a szöveggel. Brown (1994) azért aggódott, mert ezeket a tevékenységeket mint egy "készség készletet" sajátították el, anélkül, hogy a kölcsönhatás általános jellemzőit megértették volna.

Az ilyen esetekben a véletlenszerűen kiválasztott helyszíni tesztek eredményeinek értékelhetősége igencsak megkérdőjelezhető. Természetesen lehetne a tanárokat szakmailag továbbképezni, hogy a fogalmakat újra tisztázzák, és hogy felmérjék, megértették-e a program fő elméleti irányelveit és ezen elvek jelentőségét a tanításukra nézve. Ez azonban túl bonyolult és az oktatási innovációra szánt anyagi támogatás nem tudná fedezni.

Egy jóval kifinomultabb nézőpont – amely az alapkutatást még mindig nem többnek, mint a tervezés és fejlesztés erőforrásának tartja – a tervezési elvek egy olyan csoportjára összpontosít, amely a technika területén belül fejleszthető. Ezt a modellt gyakran "terv kísérletezésnek" (Brown, 1992; Collins, 1992), vagy újabb terminológiával élve "terv-alapú kutatásnak" (Barab, 2004) hívják. Ebben a modellben, ahogy a 45-2. ábrán felvázoltam, a gyakorlati erőforrások és problémák – az aktuális technológia és gyakorlat tükrében, a magyarázó erőforrások mentén, az alapkutatáson keresztül – informálják a tervezési alapelvek formálódását, amelyek aztán informálják az innováció tervezését, fejlesztését, és végrehajtását. A tervezés, fejlesztés, végrehajtás folyamatát úgy tekintik, mint egy ismétlődő folyamat összetevőit, melyekben a szükséges változtatásokat a helyi körülmények között futó program tapasztalataira reflektálva tervezik meg. Az értékelés mind az innováció által megcélzott technológia és gyakorlat hatékonyságának javulását, mind a tervezők munkáját segíteni hivatott tervezési elvek helyénvalóságát méri. Az értékelés eredménye segítheti az adott terület gyakorlati erőforrásainak jobb megértését, eredményezheti a problémák felvetésének módosítását, sőt, sugallhatja maguknak a tervezési elveknek a módosítását is. Világos tervezési alapelvekkel az egyszerű terjesztésnél jóval rugalmasabb folyamat jöhet létre, ezt a National Academy of Education (NAE; 1999) *travel*-nek hívja. Ez az elképzelés felismeri, hogy egy olyan programnak, amely igencsak feszíti az oktatás határait, alkalmazkodnia kell a helyi korlátokhoz és lehetőségekhez. Ahelyett, hogy úgy tekintenénk a terv alapú kutatás elvárt eredményeire, mint egy általános javaslat –készletre, sokkal hasznosabb, ha a kutatásnak az a célja, hogy a gyakorlatban használható modellek jöjjenek létre. Nem az eredményeket kell néznünk, amik azt mutatják, hogy a program működik, hanem olyan eseteket kell megmutatnunk, amelyekben más oktatók, más körülmények között, bizonyos dokumentumok és erőforrások segítségével sikereket tudtak elérni. Ezeket az "élő" példákat aztán a többi oktató is megpróbálhatja utánozni. Ilyen erőforrásoknak esetleg tartalmazhatnak analitikai hipotéziseket arról, hogy a tervezés mely elemei a felelősek a sikeres illetve a korlátozott sikeres eredményekért az adott körülmények között, különösen, ha ezek a körülmények összefüggnek a tervezés alapelveivel.

Ahogy arra Schoenfeld (jelen kötet 10. fejezete) is rámutat, a tervezés-alapú kutatás módszerei a fejlődés korai szakaszában vannak még. Az egyik gyakran felhozott probléma az az, hogy nemigen lehet általánosítani egy olyan terv-alapú tanulmány eredményeiből, amelyben a program erőforrásait és tevékenységeit használatának körülményeihez szabták.

(Ld. Dede, 2004; Kelly, 2004.). Úgy vélem, ez a kritika nem helyén való. Az oktatás hatékonyságát javítani kívánó innovációknak tartalmazniuk kell olyan helyi, javítást célzó módokat és erőforrásokat is, amelyeket máshol is lehet használni. Azok, akik az általánosíthatóságot hiányolják, azt feltételezik, hogy szükséges megbizonyosodni arról, hogy a program működik-e. Én ezt kétlem. Bár igaz, hogy hasznos lenne az oktatási szakértőknek, ha meg tudnák becsülni egy program átlagos hatékonyságát, szerintem sokkal hasznosabb lenne, ha azt tudnák, hogy a program használata javítja-e a hallgatók tanulását. Emellett az is hasznos lenne, ha hozzá tudnának férni bizonyos olyan információkhoz és forrásokhoz, amelyek segítenének eldönteni, hogy az ő helyi körülményeik megfelelőek-e a program hatékony felhasználáshoz. Ehhez persze tudniuk kell, hogy milyen mértékben és milyen költségvetéssel tudnának beszállni helyileg a programba. Amint azt a NAE (1999) bizottsága megjegyezte, az oktatási innovációk tervezésre és fejlesztésre való törekvése nem helyez nagy hangsúlyt a források fejlesztésére, hogy a *travel*-t támogassa. Akárhogy is, úgy hiszem, sokkal gyümölcsözőbb lenne, ha a terület arra koncentrálna, hogy megtanulja magát a megfelelő forrásokkal ellátni, minthogy arra vesztegessen az idejét, hogy általános igazságokat próbáljon elérni a terv-alapú kutatás értékeléseivel kapcsolatban.

Mind az egyszerű csővezeték modell, mind a jóval kidolgozottabb terv-alapú kutatás és fejlesztés modell problémája, hogy ugyan az alap kutatás eredményei szolgálnak a gyakorlati innováció alapjául, de a kutatás problémáit és az értelmező forrásokat nem informálják jelentősen az innováció tevékenységei. Stokes (1997) egy igen fontos elvi továbblépéssel állt elő, mikor történelmi példákra támaszkodva úgy érvelt, hogy sokkal hitelesebb képet kapunk, ha a kutatás és fejlesztés terveit két dimenzióban rajzoljuk fel. A projekteket meg lehet úgy tervezni, hogy segítsék a fogalmi megértés fejlesztését, anélkül, hogy rövid idő alatt létrejövő technológiai vagy gyakorlati fejlődést várnánk el. A projektek megtervezhetőek úgy is, hogy a technológiai és gyakorlati fejlődést várjuk el, a fogalmi megértés fejlesztésének igénye nélkül. Persze a projektek megtervezhetőek úgy is, hogy mindkét eredményt elvárjuk. Egy innovatív programot megtervezhetünk úgy is, hogy csak akkor kezdjük tanulmányozni az eredményeit, mikor már érezhetőek jótékony hatásai. Stokes (1997) ezt a fajta tevékenységet a Pasteur's quadrant (Pasteur kvadránsa) c. könyvében fejtette ki részletesen. A Pasteur vezette kutatási és fejlesztési program Franciaországban alapvető változásokat hozott az orvosi gyakorlatban. A mikroorganizmusokról kiderült, hogy a betegségeket is terjesztik de a tej, sör és egyéb anyagok fermentálásában is nélkülözhetetlenek.

A 45-3. ábra annak a kutatásnak és innovációnak a modellje, ami a Pasteur's quadrant-ban jelenik meg (Stokes, 1997) és amit a NAE (1999) problémamegoldó kutatásnak és fejlesztésnek nevezett. Ez a modell több nézőpontból is jóval bonyolultabb, mint a csővezeték modell. Először is az innovációk tervezése a tervezési alapelvekből és az elméleti kérdésekből is építkezik. Az elméleti kérdéseket a kutatási terület értelmező forrásainak és korlátainak aktuális állapota generálja, melyek a tudományos problémák fő forrásai. Másodsor, a lefolytatni kívánt innováció tanulmányozása magában foglalja azoknak a folyamatoknak az elemzését is, amelyek akkor mennek végbe, amikor az innovációt bevezették, valamint annak az értékelését is, hogy milyen gyakorlati sikerrel járhat. Harmadszor, ezeknek a tanulmányoknak az eredményei – főként a folyamat elemzések – kiegészíthetik vagy módosíthatják a terület értelmező forrásait, vagy, ahogy diSessa és Cobb (2004) fogalmazott, ontológikus innovációkat hozhatnak létre. Ezen kívül új értelmezési problémákhoz és új elméleti kérdésekhez vezethetnek. A fejlesztés alatt álló innovációk szélesebb használata inkább *travel*-nek mint terjesztésnek számít, mert a fejlesztők olyan forrásokkal látják el az embereket, amelyek abban segítik őket, hogy a különböző helyeken folyó innovációkat megértsék és alkalmazni tudják.

Szeretném hangsúlyozni, hogy a terv-alapú kutatás, valamint a problémamegoldó kutatás és fejlesztés túlmutat az osztálytermi kereteken belüli kutatáson. Mint az tudnivaló, az osztálytermi tanulás és tanítás tanulmányozása nagyobb kihívást jelent az ellenőrzött, laboratóriumi feltételek között történő kutatásnál. Az osztályterekben levezetett kutatás azonban gyakran ráillik az egyszerű csővezeték modellre, hiszen az a célja, hogy tesztelje, vagy módosítsa az adott terület empirikus felfedezéseit és értelmezési forrásait, nem pedig az, hogy oktatási innovációk tervezésében, fejlesztésében és alkalmazásában vegyen részt. A terv-alapú kutatásban illetve a problémamegoldó kutatásban és fejlesztésben a kutatók együtt felelősek az oktatási eredmények javulásáért. A problémamegoldó tervezés és fejlesztés esetében ehhez társul még a kutatási terület értelmezési koncepcióinak és alapelveinek tökéletesítésére irányuló felelősség is.

Bár a terv-alapú kutatás illetve a problémamegoldó kutatás és tervezés esetében egyaránt szükséges, hogy a kutatók összeegyeztessék törekvéseiket a gyakorlat tökéletesítésére, a kutatóknak különbséget kell tenniük a kutatás és a képviselő között. Amikor a kutató maga is részese a program tervezésének és végrehajtásának, akkor komoly feladat valós és hiteles következtetéseket levonni az oktatói program és gyakorlat potenciális előnyeiről és korlátairól, de meg kell tenni. A problémát tárgyaló vitában (ld. Lewin, 1943-1944/1951) lényegében arra jutottak, hogy a tudósoknak objektívnak kell maradni, ez azonban manapság már nem tűnik járható útnak. Mindenesetre továbbra is meg kell tudnunk különböztetni a tudományos munkát a programok és elvek népszerűsítésétől.

Ez egy bonyolult kérdés, amit alaposan és részletesen meg kell vizsgálni. Úgy vélem, segít, ha megkülönböztetjük, hogy mely területekért felelősek a kutatók és melyekért a professzionális oktatók. A professzionális oktatók (akik alatt én a tanárokat, adminisztrátorokat, és egyéb iskolai alkalmazottakat értem) elsősorban a tanulók hatékony tanulási környezetének megteremtéséért és fenntartásáért felelősek. Egyénként egymásnak, mint szakmai közösségük tagjainak tartoznak elszámolással. Együttesen pedig a tanulóiknak és azok szüleinek, a körzetük polgárainak, és azoknak a szabályozó hivataloknak, melyeket az állam és a szövetségi kormányzat erre kinevez. A kutatóknak ezzel szemben elsődlegesen az a dolguk, hogy információt szolgáltatassanak, és ha kell, értelmezzenek, valamint (és szerintem ez különösen fontos) hogy a tanulás folyamatainak megértését előmozdítsák, ami aztán elősegíti értelmezési készségeink fejlődését is. Egyénként egymásnak, mint a mi szakmai közösségeink tagjainak tartoznak elszámolással. Együttesen pedig a társadalom felé, hogy az intellektuális erőforrásokat fejlesszék, illetve a hivatalok felé, amelyek a kutatás támogatásáért felelősek. A két csoport nem független egymástól, de határozottan elkülöníthetőek. (Greeno (1999) említ egy példát, amelyben kutatók és tanárok működtek együtt egy tanterv tervezésében és tökéletesítésében, úgy, hogy közben fenntartották külön beszámolási kötelezettségeiket). Véleményem szerint a két csoport közti termékeny kapcsolatnak az az alapja, hogy a kutatók folyamatosan tájékoztatják a szakmai gyakorlatot. A kutatásnak nem az a feladata, hogy eldöntse, melyik alternatívát válasszuk, hanem az, hogy tájékoztassa a professzionális oktatókat. Ők aztán majd meghozzák a megfelelő döntéseket és átültetik a gyakorlatba a kiválasztott alternatívát.

Ahhoz, hogy a kutatók aktívan részt tudjanak venni az oktatási erőforrások és gyakorlatok tervezésében és fejlesztésében, ugyanakkor hitelesen és hihetően hozzá tudjanak járulni az oktatás gyakorlati részéhez is, az szükséges, hogy nyitottak legyenek az érvek és bizonyítékok, valamint az azokból levont következtetések megbeszélésére. Ennek a diskurzusnak a fontosságát és jellegzetességeit Kelly járja körbe meglehetősen alaposággal (jelen kötet 2. fejezetében).

A TANULÁS KUTATÁSÁNAK FEJLŐDÉSE

A XX. század második felében a kutatás és fejlesztés két fő iránya figyelhető meg a kognitív tudományban és az interakciót vizsgáló tanulmányokban. A pszichológiai kutatások fontos előrelépést jelentettek a motiváció megértésében. Igen rövid és szelektív áttekintést adok ezeknek a programoknak az elmúlt fél évszázadot felölelő eredményeiből. Természetesen sokkal szélesebb körű áttekintések is elérhetők például az NRC (2000) illetve Berliner és Calfee (1996) vizsgálataiban.

Háttér: Fejlődés az 1970-es évekig

Az 1940-es évek környékén a kísérleti pszichológusok kifejlesztettek egy szisztematikus elméletet, amely szerint a viselkedés tulajdonképpen ingerekre adott reakciókat jelent (főleg Guthrie, 1935; Hull, 1943; Skinner, 1938; Tolman, 1932). A II. világháború alatt ezt a teóriát arra használták, hogy olyan képességfejlesztő tananyagokat készítsenek, amelyeket katonáknak kellett elsajátítaniuk. Az irányadó elv az volt, hogy ahhoz, hogy valaki komplex képességekre tegyen szert, a felkészítésnek olyan egyszerű elemekkel kell kezdődnie, amelyeket az egyén befogadóképessége enged, majd azután fokozatosan lehet haladni magasabb szintekre, mindaddig, amíg el nem éri a kívánt készségszintet. A háború után a pszichológusok átültették ezt a szemléletmódot az oktatásba, a módszert alaposabban Gagné (1965) fejlesztette ki. Olyan módszerről van tehát szó, amelyben az egymásra épülő feladatrészek elvégzése által fejlődnek a képességek. A feladatokat egyszerű elemekre bontják, az így kapott feladatrészek elvégzése az előfeltétele annak, hogy valaki a teljes feladatot meg tudja oldani. Ezen elmélet és módszerei nagy hatással voltak az iskolai tananyag és értékelés kialakítására. A tevékenységeket úgy rendezték sorba, hogy egymásra épüljenek, a teszt feladatokat pedig úgy tervezték meg, hogy a tantárgyra vonatkozó részkészségeit mérje fel.

A kognitív tudományok az 1950-es években indultak fejlődésnek, az 1970-es évekre pedig szignifikáns elméleti és empirikus továbblépések figyelhetők meg az emberi problémamegoldás (Newell és Simon, 1972), valamint a természetes nyelv megértésével kapcsolatos teóriákban (Schank, 1972; Winograd, 1972). Ezen elképzelések fő eredményének tekinthető, hogy meghatározták azokat a tudás struktúrákat és a folyamatokat, amelyek a kognitív feladatok elvégzéséhez szükségesek. Egy feltételezett probléma-megoldó birtokában van bizonyos folyamatoknak és sémáknak, amelyek segítségével ún. problémateret tud kreálni. Ebben benne vannak azok a tárgyak és szabályok, amelyek előfordulhatnak a problémán belül, az operátorok, amelyek arra valók, hogy egyik állapotot átváltoztassuk egy másikká, valamint az állapotok és operátorok közötti kapcsolatok, amelyeket fel lehet ahhoz használni, hogy operátorokat válasszunk ki, és cselekvéstervet készítsünk. Vitákat prezentáltak, valamint a iskolai feladatok kognitív analízisére vonatkozó tanulmányokat mutattak be (Klahr, 1976).

Az 1940-es és 1950-es években több, a motiváció témakörével foglalkozó kutatást szerveztek. Ezek a kutatások egyrészt a behavioristák "drive" elméletére (amit "megfosztottságként" értelmeztek), másrészt az ösztönzésen és megerősítésen alapuló egyéb elméletekre építettek. A szóban forgó kutatások során inkább állati alanyokkal kísérleteztek, így elmondható, hogy a vizsgálat nem kapcsolódott szorosán a nevelés, oktatás gyakorlatához. Murray (1938) kifejlesztett egy nagy hatású teóriát az emberi igényekről, mint például a kapcsolat és a teljesítés iránti igények. Elsősorban az volt a célja, hogy feltérképezze, hogy mitől félnek és mitől boldogok a különböző emberek. Az 1970-es évekre az emberi észleléssel foglalkozó kutatások mellett a teljesítési motivációval, az aggodalommal, és az önértékeléssel foglalkozó kutatások fejlődése is felerősödött (Weiner, 1990).

Az ún. folyamat-termék kutatás volt az 1970-es években a leginkább elterjedt megközelítési mód arra vonatkozóan, hogy miként tanulmányozzák az osztályterekben folyó tevékenységeket (Brophy és Good, 1986). E kutatási módszer során a külső megfigyelő kódolta a tanárok viselkedési formáit, majd olyan változókat keresett, amelyek valamilyen módon összefüggésben voltak a diákok tanulásának mértékével. A tantermi beszélgetések tanulmányozása során is alkalmazták a különböző kategóriák szerinti besorolást (pl.: Flanders, 1970). Bellack, Kliebard, Hyman és Smith (1967) az osztálytermi diskurzus mintáit elemezték, valamint beazonosítottak szekvencia típusokat, amelyeket az ún. wittgensteini nyelvi játékok vonatkozásában értelmeztek. Bellack és társai szerint az általános mintajelenetek úgy zajlanak, hogy először a tanár feltesz egy kérdést, amire a diák válaszol, és a jelenetet gyakran a tanár válaszreakciója zárja. Kialakult egy újabb kutatási ág, az ún. "a kommunikáció etnográfija", amely a tantermi beszélgetések mennyiségi elemzését adta (Cazden, 1986). Ebből a perspektívából mutattak be programszerű vitákat és a tantermi tevékenységről készült korábbi tanulmányokat (Cazden, John és Hymes, 1972; Cicourel et al., 1974).

A tanulás kognitív tanulmányozásának fejlődése az 1970-es évektől

Az emberi gondolkodás, az érvelés, a problémamegoldás és a tanulás megértéséhez kapcsolódó módszerek és koncepciók vonatkozásában az 1970-es években jelentős fejlődés volt tapasztalható a kognitív tudományok kutatásai során. Az észlelés kutatása során olyan új módszereket fejlesztettek ki, amelyek segítségével könnyebb vált az információk strukturálása és feldolgozása, valamint ezek elemzése és reprezentálása. Ezeket iskolai feladatok elemzésére használták jó néhány tantárgy vonatkozásában, például az olvasás, a természettudomány és a matematika területén. A kutatás eredményeképpen olyan fogalmi struktúrák jöttek létre, amelyek segítenek megérteni az adott téma tárgyköri elveit. Ezen kívül lehetségessé vált a modellezés számítógépes programok segítségével. Ezek a számítógépes programok olyan információs struktúrákat szimulálnak, amelyeket a diákok felismernek valamint olyan következtetési és döntési folyamatokat, amelyek segítségével a tanulók sikeresen tudnak problémákat megoldani. Ezen modellek megszerkesztése hasonlít egy jóval korábbi biológiai fejlesztéshez, aminek során már fel tudták térképezni a keringési rendszer összetevőit és így be lehetett mutatni, hogy hogyan folyik keresztül a vér a testen. (Természetesen a véredényeket fizikailag is meg lehet figyelni, míg az információs struktúrák elemeit ki kell következtetni. Ahhoz, hogy ezeket az információs struktúrákat modellezni tudják, előbb fel kellett találni azokat a módszereket, amikkel tanulmányozni és reprezentálni lehet őket.)

A kognitív tudomány a pszichológia, a lingvisztika és a mesterséges intelligencia koncepcióit és módszereit alkalmazza ahhoz, hogy elemezni tudja egyrészt a különböző információs struktúrákat, másrészt azokat a folyamatokat, amelyek felismerik, megszerkesztik és integrálják a megértés, érvelés, problémamegoldás és a tanulás információs mintáit. A fő elvek közé tartoznak a sémák, a problémater és a stratégiai tudás. Ezek a koncepciók és módszerek az információk olyan részletes leírásait támasztják alá, amelyeket a diákoknak fel kell ismerniük, azután ezekből kell építkezniük, hogy végül sikeresen el tudják végezni azokat a feladatokat, amelyek a tananyag és értékelés részét képezik többek között az olvasás, a matematika és a természettudományok esetében. Ezeket a koncepciókat használják olyan felmérések megtervezéséhez amelyek a fogalmi megértésre fókuszálnak (NRC, 2001), valamint olyan interaktív számítógépes rendszerekhez, amelyek a sikeres problémamegoldások információ-feldolgozó modelljét tartalmazzák. Ezek irányítják az instrukciós párbeszédet (Wenger, 1987) és segítik a diákokat abban, hogy a témakör

koncepcióinak és irányelveinek tulajdonságait és korlátait felfedezzék.(feltárási tanulói környezetek; pl.: diSessa, 2000).

A tanulási motivációt érintő tanulmányok fejlődése

A diákok tanulásra való motivációjával foglalkozó kutatások szintén jelentős fejlődésnek indultak az 1970-es évektől. Ahogyan Stipek (1998) írta, „ a motivációs elmélet és kutatás hosszú utat tett meg a korai, eléggé leegyszerűsítő, csak a viselkedésre koncentráló nézetektől, amelyek kizárólag a véletlenre építettek.” (119.o.). Ahogyan a kognitív tudományban, úgy a motiváció-kutatás terén is elmondható, hogy a kutatók tudása jóval összetettebbé vált. Ahelyett az egyszerű nézet helyett, hogy minden diáknak sajátos motivációs "készlete" van, egy olyan nézet alakult ki, mely szerint a motivációt a diákok elképzelései, a magukról alkotott kép és tevékenységeik alakítják ki, és ezek együtt formálják céljaikat.

Az attribúciós elmélet (Weiner, 1986) kifejlesztése fejlődést hozott: rámutatott arra, hogy a diákok különböznek abban, hogy hogyan próbálják megmagyarázni miért sikeresek, illetve sikertelenek egy-egy iskolai feladat során. Néhány diák karaktere stabil elemeinek tulajdonítja a sikert, vagyis hogy például okosak vagy lelkiismeretesek. Sikertelenségüket valamilyen külső tényezővel vagy a kedvezőtlen körülményekkel magyarázzák, mint például hogy igazságtalan volt a teszt, vagy hogy fáradtak voltak azon a napon. A diákok másik része ellenkezőképpen gondolkodik, a sikertelenségüket állandó tulajdonságaikkal támasztják alá, mint például a tehetség vagy az érdeklődés hiánya, sikerességük kapcsán pedig úgy vélik, hogy átmeneti faktoroknak köszönhetik, mint például szerencse azon az adott napon, vagy hogy egyszerűen csak könnyű volt a teszt. Az eltérés ezek között az elgondolások között valószínűleg abból adódik, hogy különbözőképpen értelmezik, hogy mit is jelent intelligensnek lenni, hogy vajon úgy gondolják-e, hogy az okosság a tanulóval növekszik és a kihívást jelentő szituációkban lehet fejleszteni, vagy úgy, hogy az intelligencia egy állandó, mennyiségi jellemvonás - és van még sok, más, hasonlóan általános elképzelés, amit a diákok magukról, mint tanulókról alkotnak. (Dweck, 2000). Más kutatások a teljesítési motivációval (pl.:Wigfield és Eccles, 2002), megint mások a tanulók tanulmányi és társadalmi életének motivációs kérdéseivel foglalkoznak (Ames és Archer, 1988).

Az interakciók tanulmányozásának fejlődése

Jelentős fejlődés volt megfigyelhető azokban a tanulásra vonatkozó tanulmányokban is, amelyek az osztálytermen belüli interakciókban való részvételre fókuszáltak. Ezek az interaktivitást vizsgáló tanulmányok az antropológia, a szociológia, és a szociolingvisztika koncepcióit és módszereit használják az emberek, a tananyag és az információs rendszerek közötti interakció minták elemzésére. A kulskonceptiók közé tartoznak például a tevékenységi rendszerek, a részvételi struktúrák, a társalgási gyakorlatok és a beszélgetésekben való közreműködés. Ezek a koncepciók és módszerek segítik az olyan tanulási környezetek interakcióinak részletes elemzését, mint például az osztálytermek. Hozzájárulnak annak megértéséhez, hogy miért sikeres vagy sikertelen a kommunikáció és az együttműködés azokban az adott témakört taglaló osztálytermi tevékenységekben, és annak megértéséhez is, hogy az egyes tanulók milyen szociális helyzetet foglalnak el a tanulás interaktív tevékenységein belül. Gee és Green (1998) rámutatott arra, hogy az órai párbeszédet elemző tanulmányok eredményeinek érvényessége attól függ, hogy a különböző elemzések mennyire közelítenek egymáshoz, mennyire tudnak megegyezni a különböző analitikusok az analizált szociális nyelv beszélőinek intuícióival, és hogy mennyire sokféle szituációban lehet az elemzési koncepciókat és módszereket alkalmazni. Ezen elemzések

eredményeit a tanárképzések, valamint a szakmai továbbképzések során alkalmazzák. A továbbképzések során azt sajátítják el, hogy miként lehet a tanórák során megszerzett ismeretek rendszerezésében nagyobb szerephez juttatni a tanulókat (pl.: Putnam és Borko, 2000; Shifter, 1996).

Az a kutatás, amely az interakciók szintjét vizsgálja, a tanulást úgy tekinti, mint a rendszer hatékonyságának a javulását, és mint az egyén részvételi hatékonyságának javulását ebben a rendszerben. Az egyén akkor lesz jobb tanuló, ha egyre hatékonyabban tud hozzájárulni azokhoz a tevékenységekhez, amikben részt vesz. (Hozzá kell tenni, hogy a hozzájárulása nem feltétlen pozitív jellegű a többi résztvevő szemszögéből.) Az iskolai tanulás sikeressége tehát azt jelenti, hogy tanulók hatékonyabban vesznek részt olyan, a tárgykörrel kapcsolatos tevékenységekben, mint a problémamegoldás, a tények visszamondása, a tárgykör kifejezéseinek pontos használata, olyan érvek és magyarázatok megfogalmazása, értékelése és bizonyítása, amelyek a tárgykör fogalmait és alapelveit használják, fontos kérdések megfogalmazása és így tovább. Ezek a tevékenységek megkötött szociális környezetben folynak és gyakran, de nem mindig jelentenek más egyénnel való interaktív tevékenységet. A tanulás kutatása arra összpontosít, hogy az egyén vagy csoport részvétele az órai tevékenységek során miként válik egyre hatékonyabbá és tudatosabbá.

Az 1970-es évek végére számos projektet dolgoztak ki a National Institute of Education támogatásával a tanórai interakciók szisztematikus vizsgálatára. A vizsgálatokból úgy tudtak egységes rendszert alkotni, hogy a tanítást és a tanulást a nyelvi fejlődés folyamatában értelmezték. Green (1983) recenziója ezekkel a vizsgálatokkal kapcsolatban arra világít rá, hogy az osztályok – amik mind önálló nyelvi környezetnek tekinthetők – közötti különbségek leírásában hatalmas fejlődés következett be. A tanulók hatékony tanórai részvételéhez nyelvi képességek szükségesek, és kapcsolat mutatható ki a tanulók nyelvi fejlettsége, valamint a tanulói részvétel és fejlődés között. A későbbi tanulmányok felhasználták és továbbfejlesztették a fentiekben megfogalmazott megközelítést, és a tantermi aktivitást nyelvi folyamatként értelmezték. A nyelvi szabályok irányítják a négy szemközti interaktív tevékenységeket, a szöveggörnyezet és a szöveggörnyezettől függő jelentés megszerkesztettségét, a felfogást mint következtetési folyamatot, a tantermet mint kommunikációs környezetet és a tanárt mint a kommunikációs folyamat alakítóját, irányítóját.

A kutatási eredmények egy csoportja azt mutatta ki, hogy attól függ a sikeres részvétel az iskolai tanulási gyakorlatban, hogy a tanulók iskolán kívüli életében mutatott társasági viselkedési mintái mennyire igazodnak az interaktivitás általános elvárt, iskolához kötött mintáihoz. Ezek a szabályok szignifikáns eltéréseket mutatnak a társadalom különböző szubkulturáit tekintve. Az iskolában elvárt szabályok nagyobb mértékben mutatnak egyezést a többségi csoportok saját kulturális szokásaival, mint a kisebbségi csoportokéival. Ezek az eltérések a tanulás akadályaiává válnak számos tanuló számára, akik esetében sokkal hatékonyabb segítséget jelentene a hozzájuk jobban igazodó interakciós szabályok kiválasztása (Heath, 1983; Ladson-Billing, 1994; Lipka, 1998; Moll és Whitmore, 1993; Moses és Cobb, 2001; Rogoff, 1990).

A tantermi párbeszéd szabályainak vizsgálatai azt mutatták, hogy a legtöbb tanórai gyakorlat során az figyelhető meg, hogy a társalgás szinte kizárólag a tanár által feltett kérdések megválaszolásából áll, melyeket a tanár értékkel, és miután elfogadható választ kapott, áttér a következő témára (Bellack et al., 1967; Mehan, 1979). A tantárgyak jellegétől függően eltérő párbeszédminták alakultak ki, de például a matematika tanítására különösen jellemző a tanári kezdeményezés-válasz-értékelés minta (IRE – Initiation, Response, Evaluation) (Stodolsky, 1988).

A produktív és kreatív tanuláshoz az szükséges, hogy a tanulókat interaktív helyzetbe hozzuk. Ehhez tisztában kell lennünk az interaktivitás általános és csak az osztályteremre jellemző aspektusaival is. Az általános aspektusok közé tartozik, hogy a tanulók között úgy

összük szét a munkát, hogy mindenkinek a tananyag egy fontos részéért kelljen felelnie és hogy mindenki meg tudja érteni és tanulni azt, ami az órán szóba került. (Brown és Campione, 1994; Cohen, 1986). A tanterem specifikus aspektusai közé tartozik például, hogy felváltva mindenki sorra kerüljön a párbeszéd során. A párbeszédminták elemzése kiderítette, hogy bizonyos megszólalások kizárólag a tanári kérdésekre adott válaszadásokra korlátozódnak. Vannak szerencsére azonban olyanok is, amelyek valami újat kezdeményeznek. Ezek képesek befolyásolni igazán az óra menetét, mert újabb kérdéseket, vagy értelmezési lehetőségeket vetnek fel. (O'Connor és Michaels, 1996). A megfelelő pozicionálás, vagyis annak a lehetőségnek a biztosítása, hogy minél több diák tudja befolyásolni az órai munka menetét, lehetőséget biztosít a tanulók számára, hogy megtanulják a párbeszédekben való kreatív részvételt, ami ahhoz szükséges, hogy az iskolai tanulás során szerzett tudásukat más összefüggésben is használni tudják. O'Connor és Michaels (1996) meghatározták a párbeszéd kapcsolt egy mintáját, amelyet „visszhangzás”-nak (revoicing) neveztek el. Ebben a tanár úgy válaszol a tanuló megszólalására, hogy az a többi tanulót válaszra (vagy a bemutatottak más formába történő átalakítására) ösztönözze. Ezzel mintegy beindítja az egymással történő kommunikációt ahelyett, hogy hagyná, hogy válaszaik kizárólag a tanár kérdéseire adott válaszok lennének, ahogy azt az IRE modellben láttuk. Hicks (1995) Wellset (1993) követően megjegyezte, hogy az IRE-minta, illetve általában a tanári kezdeményezés-tanulói válasz-tanári visszajelzés (IRF = Initiation, Response, Feedback) mintája nem mondható alkalmatlannak a párbeszéd változatos formáinak megvalósítására. Ezekben is megvan a lehetőség, hogy a tanulók produktív szerepet töltsenek be, és ne korlátozódjon a szerepük arra, hogy egyszerűen helyes vagy helytelen választ adnak a tanár által feltett konkrét kérdésekre. Hicks egy másik kutatást is ismertet, mely a tantermi párbeszéd narratív formáit vizsgálja. Ebben a tanulók terjedelmesebb szövegek szerzőiként, illetve társszerzőiként vettek részt, amelyek gyakran – bár nem mindig – személyes és kulturális tapasztalataikra épültek. Ez a fajta párbeszéd sok tanuló számára inkább elfogadható, mint az IRE/IRF minták hármasszerkezete (Egan, 1993).

A MATEMATIKA ESETE

A matematika tanításának és tanulásának kutatása és fejlesztése az oktatás kutatásának módszerei kapcsán számos kérdést vet fel. Szeretném bemutatni, hogy ebben az esetben az oktatási gyakorlat és az elmélet képes a termékeny együttműködésre. Bemutatom továbbá azon kutatási módszereket, amelyeket eredetileg más tantárgyra fejlesztettek ki, de kiválóan adaptálhatók és használhatók az oktatás kutatásában. A matematika tanításának kutatása jelentős változásokon ment keresztül az elmúlt négy évtizedben. Az 1960-as években a terület kutatását a behaviorista koncepciók uralták, melyek szerint a műveletek elvégzésének készségét kell fejleszteni. A kutatás szakirodalma főként a tanítási tantervben szereplő, specifikus témakörökhöz kapcsolódó, alternatív oktatási technikák összehasonlításából állt. Ezeknek vajmi kevés közül volt egymáshoz és az általános elméleti princípiumokhoz. A sokrétű és sokféle elméleti megközelítésből figyelemre méltó elméleti koncepciókat és empirikus eredményeket hozott (National Council of Teachers of Mathematics, 2003).

Fejlődés az 1970-es évekig

Az uralkodó gyakorlat az 1960-as évekig

Az 1950-es és '60-as években a pszichológiai kutatás és technológia kifejlesztette az ún. behaviorista feladat analízist, amely jelentős hatással volt az oktatási gyakorlat tervezésére, különösen a matematika oktatás terén. A programot elméleti szinten a behaviorista

tanulásemélet támasztja alá, amelyet amerikai kísérleti pszichológusok fejlesztettek ki az 1920-as és '30-as években, majd a II. világháború ideje alatt sikerrel alkalmazták a katonai kiképzés területén. A program alapkonceptiója az volt, hogy a megfigyelhető viselkedést figyelembe véve határozták meg a tanulási célokat. A komplex viselkedési formákat komponenseikre bontották, amiket alkézségnek, vagy tanulási szinteknek neveztek el. A tananyagot a szinteknek megfelelően rendezték el, úgy, hogy az egyes alkézségek egymásra épülve alkották a komplex viselkedési formát. Ezekhez tesztekét dolgoztak ki, amelyekkel értékelni tudták, hogy az egyes tanulók milyen szinten sajátították el a szintek összetevőit. A matematika tanításának elméletét és gyakorlatát még mindig erőteljesen meghatározza a szintszerű képeességfejlesztésre jellemző behaviorista célmeghatározás, valamint az előfeltételek és a példák fontossága, hiszen úgy tűnik, a matematikai tanterv struktúrája még mindig erre épül.

A tanulásnak ez a megközelítése adta az ún. személyre szabott oktatás ötletét. Felmérték a tanulókat, hogy meg tudják határozni, hogy egy adott témakör mely előfeltételeit sajátították el, és csak azokban a témákban haladhattak tovább, amelyekre tudtak építeni. Például egy, a Chicagói Egyetemen kifejlesztett és a chicago-i állami iskolákban tesztelt program szerint azokat a tanulókat, akik rosszul teljesítettek a teszteken korrepetálásra küldték, hogy megszerezzék mindazon alapismereteket, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a következő szintre lépjenek. Ennek és az ehhez hasonló programoknak az értékelése azt mutatja, hogy a tanulók jobb eredményt értek el, mint ha nem jártak volna a felkészítésre (Bloom, 1976)².

Az 1970-es évek előtt az oktatáskutatás egyik legelterjedtebb módja az volt, hogy összehasonlították a különböző oktatási módokat, amelyek mind csak találgatni tudták, hogy milyen készségeket sikerült a tanulóknak megszerezni és hogy mennyire értik az anyagot. Nagy érdeklődés övezte például azt a kérdést, hogy a tárgyi segédeszközök (például a helyi érték hasábo) használata jótékony hatással van-e az összeadás és a kivonás műveletének megtanulására, illetve hogy az összefüggések megértésében és a műveletek elvégzésében a felfedező tanulás hatékonyabb-e mint a direkt utasítások adása. Felismerték, hogy ezekre a kérdésekre nincs egyértelmű válasz a fejlesztésnek ezen a szintjén. Ez a kutatók figyelmét differenciáltabb kérdések vizsgálata felé irányította. Például, hogy a törtszámok modellezése papírhajtogatással hatékonyabb-e, mint képi modellekkel, vagy a felfedező tanulás hatékonyabbá tehető-e azáltal, hogy a tanulókat finoman a helyes megoldás felé terelgetik.

Ezeknek a kutatásoknak az eredménye nem volt kielégítő a kutatók számára és nem bizonyultak hasznosnak az oktatás tervezésében és megvalósításában sem. A legtöbb tanulmány disszertáció formájában jelent meg, sehol máshol nem publikálták őket. A fogalmi összefüggések az egyes tanulmányok között gyengék voltak, főként az azonos általános elméleti megközelítés szintjén kapcsolódtak, mint például hogy jó-e a tárgyi segédeszközök használata vagy a felfedező tanulás (Sowder, 1989).

Visszatekintve úgy látom, hogy a kutatások produktívásának hiánya teljesen érthető. A kérdés majdnem mindig az volt, vajon az egyik oktatási mód hatékonyabb-e, mint a másik, vagy hogy egy nagyobb ívű értékelés szerint az elvárásnak megfelelően működött-e a vizsgált program. Az ilyen jellegű kérdésekre adott válaszok száma nő ugyan, de nem tesznek jelentősen hozzá a tanulásról és a tanításról való tudásunkhoz, nem teszik érthetőbbé azt, és főleg nem segítenek az értelmezésben. Az újabb, a matematika tanítására vonatkozó kutatás sokkal több hasznos tudást halmozott fel. Úgy hiszem azért, mert a kutatások fő kérdése nem az, hogy működik-e a program, hanem az, hogy hogyan működik. Általánosabban megfogalmazva nem azt vizsgálja, hogy mik a tanulás és tanítás folyamatai bizonyos

szituációkban, hanem azt, hogy hogyan lehet úgy tanulni, hogy az az oktatásban és a tudományos életben is hasznunkra váljon.

Tantervi reform az 1960-as és '70-es években

Az 1960-as és '70-es évek fő törekvése az volt, hogy megreformálja az iskolai tanterveket a matematika és természettudományos oktatás területén. A matematikusok és természettudósok elégedetlenek voltak azokkal a tantervekkel, amelyeket a behaviorista elvekre alapoztak, mert a diszciplína alapvető fogalmi rendszerét tekintve hiányosnak tartották azokat. Úgy vélték, hogy a tehetségesebb tanulók, akik szakmájuk elismert képviselői lehetnének, és fejleszthetnék a társadalom tudományos és műszaki ágazatait, nem fogják a matematikát és a többi természettudományt vonzónak találni, ha a terület mélyebb összefüggéseit nem ismerik meg már az iskolában.

Az én értelmezésem szerint a reformáláson átesett matematikai tanterv elsősorban azt a célt szolgálta, hogy biztosítsa a matematikai alapelvek megértését, és hogy ezáltal lehetővé tegye a tanulók számára a számtani műveletek értelmezését is, nem csak mechanikus elvégzésüket (Davis, 1984). Még ennél is fontosabb, hogy a tanulóknak lehetőségük nyílt arra, hogy megtanulják a matematika koherens fogalmi struktúráját. A megújított tanterv a halmazelmélet koncepciói segítségével magyarázta a számtani műveleteket és helyiérték-számításokat, meg lehetett a keretein belül vitatni a számtani műveletek algebrai sajátosságait – mint például a kommutativitás, az asszociativitás és az invertálhatóság –, és az oktatás szerves részévé váltak a segédeszközök (mint például a helyi érték hasábok), hogy segítséget nyújtsanak a tanulóknak a matematika mélyebb megértésében.

Az 1960-as és '70-es évek tanterveinek szerzői úgy dolgoztak, hogy közben nem tudtak kutatási eredményekre támaszkodni. A legalaposabban kidolgozott, szisztematikus kutatásokat a behavioristák végezték, de ezeknek az eredményei nem segítettek őket abban, hogy megtanítsák, megértsék a matematika fogalmi struktúráit. Volt ugyan néhány elmélet, (ezek némelyike még az 1930-as évekből származik [Brownel, 1935]), amely szerint a tanulás alapja a megértés kell hogy legyen, ám ezek nem szolgáltak kellő információval a tanulók gondolkodási és tanulási folyamatáról.

A tantervreform eredményei vegyesek. Általános következtetésként az vonható le, hogy a matematika fogalmi tanulása és tanítása sokkal bonyolultabb, mint azt gondolták. Voltak tanulók és tanárok, akik számára az új tanterv hatékonyabbnak bizonyult, mert a fogalmi megértés felől közelítve a matematikát sokkal sikeresebb tárgyá tette. Sok tanuló és tanár számára azonban csak újabb terhet jelentett a fogalmi megértést segítő anyagrész bevezetése (Conference Board of the Mathematical Sciences /CBMS/, 1975). Visszatekintve tehát elmondható, hogy az 1960-as és '70-es évek reformjai hozzájárultak ahhoz, hogy az Egyesült Államokban megnőtt az egyenlőtlenség a matematika tanítás során. Igaz, hogy a viszonylag tehetségesebb gyerekek mélyebb tudásra tehettek szert, de az új elmélet és gyakorlat sok korlátozottabb képességű tanuló és tanár számára komoly nehézséget okozott.

Az 1970-es évek utáni fejlődés

A fogalmi matematikatanulás és oktatás nem várt nehézségei új utakat jelöltek ki a fejlesztés és kutatás számára a '70-es évek után. A kérdés, melyet felvetettek, és ami még jelenleg is megválaszolásra vár az az, hogy az erőteljesebb fogalmi alapokra helyezett matematikát miért olyan nehéz tanulni és tanítani. A fejlesztés feladata még napjainkban is az, hogy olyan tevékenységeket alkosson, melyek hatékonyabban segítik a tanulók fogalmi tanulását. Ezek természetesen ugyanannak a problémának a különböző aspektusai, ebből következően a kutatás és fejlesztés együttműködése elengedhetetlen a matematika tanítás kapcsán.

Abban az időben a fogalmi megközelítés nehézsége sok pedagógust, iskolai adminisztrátort, oktatáspolitikust és könyvkiadót arra a meggyőződésre juttatott, hogy nem érdemes vele foglalkozni. A legtöbb tankönyv nem a fogalmi fejlesztést tűzte ki célul, hanem visszatért a műveleti alapkészségek begyakoroltatásához. Az „új matematikát” széles körben kudarcnak tartották, még jobban is, mint ahogy maguk az eredmények indokolták volna (CBMS, 1975). A matematika tanítását kutatók egy csoportja azonban másként látta a helyzetet. Elkötelezték magukat a matematika tanításának, tanulásának érthetőbbé tételével. Olyan kutatási programokat fejlesztettek ki, amelyekkel azt vizsgálták, hogy a fogalmi matematika tanulásának és tanításának célja miért vált ilyen nehezen elérhetővé és megpróbálták kideríteni azt is, hogy milyen módon válhatna sikeresebbé.

Az 1970-es évektől kezdődően a kutatások azt próbálták kideríteni, hogy milyen is a gyerekek matematikai gondolkodása. Az eredmények nemcsak hogy választ adtak arra a kérdésre, hogy az 1960-as és '70-es évek próbálkozásai miért voltak kevésbé sikeresek, mint azt várták, hanem irányt is mutattak arra vonatkozóan, hogy hogyan lehetne hatékonyabban tanítani és tanulni.

Először is megállapították, hogy a gyerekekből nem hiányzik a matematikai fogalmak és alapelvek intuitív megértésének képessége. Amint ugyanis elkezdenek számolni tanulni és meg tudják mondani, hogy hány dolog van egy csoportban, már akkor képesek felfogni és követni a számrendszer meghatározó elveit a (Gelman és Gallistel, 1978). Ahogy haladnak a számokkal kapcsolatos egyre összetettebb ismeretek megértése felé, a számok olyan fogalmi elemekké kezdenek válni számukra, amelyek bizonyos tulajdonságokkal rendelkeznek, közöttük összefüggések találhatók, össze lehet őket kapcsolni, és részekre lehet őket szedni. A számpárok összegei és különbségei közti viszonyok olyan egységekké válnak számukra, amelyeket állandó tulajdonságaik miatt osztályozni képesek. (Steffe és Cobb, 1988). A gyerekek viszonylag korán, hasonlóan intuitív módon értik meg a számok közötti sokszorozódást, a felezést, a harmadolást, a kétszerezést és háromszorozást (Confrey, 1994).

A matematikai gondolkodás folyamatát vizsgálták más, iskolán kívüli tevékenységekben is, például a munkával, a szabadidővel és a kereskedelmi tevékenységekkel kapcsolatban. Azt az általános következtetést vonták le, hogy azok képesek csiszolt, kiművelt matematikai érvelésre, akiknek a matematika tanulása főként vagy kizárólag olyan tevékenységeken keresztül történt, amelyekben jelen van a matematikai érvelés (pl.: Lave, 1988; Nasir, n.d.; Nunes, Schliemann, és Carraher, 1993; Saxe, 1990; Scribner, 1984). Természetesen a matematikai alapelvek a fent említett tevékenységeknél inkább a háttérben lelhetők fel, ellentétben a tanulók iskolai tanulás során elsajátított, a fogalmi matematikára épülő, explicit tudásával.

A matematika órák kutatása azt az eredményt hozta, hogy a tanulók részvételének milyensége nagymértékben meghatározza, hogy mennyire kreatívan tanulnak, vagyis azt a képességüket, hogy az órán megszerzett tudást mennyire tudják az órákétól teljesen eltérő szituációkban hasznosítani. Ha a tanulók kizárólag pontosan meghatározott feladatokat kapnak, amelyeket jól körülírt műveletek végrehajtása által kell teljesíteniük, akkor a legtöbben csak olyan szituációkban fognak tudni sikeresen végrehajtani feladatokat, amikor egyértelmű utalásokat találnak, hogy amit meg kell oldaniuk, az egy matematikai feladat. Azok a tevékenységek viszont, amelyek elvégzése során nem ragaszkodnak rögzült sémák alkalmazásához, hanem a műveletek mögötti elvek megértését és tanulói együttműködést kívánnak meg, kreatívabb tudást eredményeznek. Vagyis ha a tanuló olyan problémával találja szembe magát, amely nem oldható meg egy ismert művelet egyszerű alkalmazásával, akkor is képes a szituációban fellelhető információkat okosan és kreatívan felhasználva megoldani azt. Ahhoz, hogy a tanulók ún. nyitott végű, vagy koncepcionálisan bonyolultabb feladatok megoldásával is boldoguljanak, az szükséges, hogy olyan interaktív órákon vehessenek részt, amiken több kezdeményezési, irányítási lehetőséggel és több felelősséggel ruházzuk fel őket, mint ami a

hagyományos órákon megszokott (Ball és Bass, 2000.; Boaler, 2002; Lampert, 2001; Stein és Lane, 1996).

Az 1970-es évek oktatáskutatói az iskolai tanulás vizsgálatához olyan koncepciókat és módszereket kezdtek használni, amelyeket a kognitív tudomány és az interaktivitás elmélet kutatói dolgoztak ki. A kognitív tudomány módszereit arra használták, hogy elemezzék a tantermi feladatok sikeres végrehajtásának kognitív feltételeit. Az elemzéseket olyan modellek segítségével végezték, amelyek sikeres feladatmegoldásokat szimuláltak. A kognitív modellekben megjelenő tudásstruktúrák és folyamatok jelentik tulajdonképpen azt a feltételezett tudást és azokat a feltételezett folyamatokat, amikre a tanulóknak szükségük van a sikeres szerepléshez. Természetesen több alternatíva áll rendelkezésre a feladatok teljesítéséhez és különböző modellek kínálkoznak az ismeretek bemutatására. A különböző modellek különböző módon mutatják be a feladatok végrehajtását, például úgy, hogy más-más szintű fogalmi megértést modelleznek.

Az eredmények egyik fontos felhasználási lehetősége az elemi matematikában rejlik. A tanulói megoldásmodellek az egyszerű összeadás, kivonás kifejezéseinek problematikájával kapcsolatban azt mutatják, hogy a szöveg megértése attól függ, mennyire értik a mennyiségek közötti viszonyokat, például azt, hogy mit jelent a mennyiség növelése és csökkentése, a két érték összevonása és szétválasztása, vagy az értékek összehasonlítása. Amikor a gyerekek számtant tanulnak, olyan problémamegoldó stratégiákat alkalmaznak, amelyek világosan tükrözik, hogy mennyire vannak tisztában a mennyiségi viszonyokkal. A kutatási megfigyelések azt mutatják, hogy a modellek meg tudják magyarázni a tanulói stratégiákat és azt is, hogy miért nehezebb bizonyos mennyiségi viszonyokat megérteni, mint másokat (Carpenter, Moser, és Romberg, 1982; Riley és Greeno, 1988). A kutatás eredményeit felhasználták egy általános iskolai pedagógusok számára szervezett továbbképzés során, amelynek a neve Kognitív Alapú Oktatás (Cognitively Guided Instruction, CGI). A CGI továbbképzés nem kizárólag a kutatások által alátámasztott problémamegoldás alapelveinek és koncepcióinak átadásából állt, bár kétségtelen, hogy a program ezekre az eredményekre épült. A résztvevő tanárok olyan videokazettákat néznek, majd vitatnak meg, amelyeken a tanulók különböző stratégiákkal oldanak meg problémákat. Ezek segítségével a pedagógusoknál fokozottabb tudatosságot értek el és segítséget nyújtottak a tanulók gondolkodási folyamatának megértéséhez. Így már nem csak arról tudnak beszélni, hogy a tanulóknak hogyan sikerült vagy nem sikerült megoldani egy adott problémát, hanem segíthetnek a tanulóknak olyan gondolkodási stratégiákat is kidolgozni, amelyekkel könnyebben meg tudják oldani a megoldásra váró feladatokat. Ez a megváltozott hozzáállás növelheti a tanárok esélyeit, hogy hatékonyan tudjanak segíteni diákjaiknak a problémamegoldásokban, és ami még ennél is fontosabb, az elemi matematika egyik fontos fogalmi aspektusának megértésében, hogy tudniillik milyen viszony áll fenn a számtan és a műveletek között (Fennema, Franke, Carpenter és Carey, 1993).

Egy másik ígéretes út lehet olyan interaktív oktató rendszerek kidolgozása, amelyek a matematika és a programozás tankönyvi feladatainak megoldásában nyújtanak hatékony segítséget. Ezeket a számítógépes programokat Anderson (1993) és munkatársai fejlesztették ki. A programok modelljei problémamegoldásokat szimulálnak. Amikor a tanuló egy lépést tesz a megoldás felé, a program megvizsgálja, hogy az tényleg a probléma megoldása felé viszi-e. Ha nem, arra utasítja a tanulót, hogy másik úton induljon el. Nem ritkán a program javasol is egy jobb irányt. Miután a tanuló kap visszajelzést, könnyebben meg tudja fogalmazni azokat a lépéseket, amelyek bizonyosan szükségesek a probléma megoldásához. Így a diák amúgy általában nem megnyilvánuló stratégiai tudása is explicitté válik. Ezek az interaktív oktató rendszerek átlagosan egy-két szintet javítottak a tanulók tudásán és így hatékonyabbnak bizonyultak az egyszerű tantermi irányításnál. A nyelvi problémákat szimuláló modellek olyan számítógépes felületek tervezésében bizonyultak hasznosnak,

melyek a tanulók nyelvi, szövegértési készségeit fejlesztik (Nathan, Kintsch, és Young, 1992). A tanulók matematikai gondolkodásának fejlesztését szolgáló, sémákat használó modellek pedig a racionális számok tanulása során nyújtanak hathatós segítséget az órákon. (Moss és Case, 1999).

A matematika órák interaktív tevékenységeinek tanulmányozása is eredményes volt. Ma már az a cél, hogy úgy alakítsák ki az órai gyakorlatokat, hogy a tanulók minél inkább hozzájáruljanak a közös tudás együttes eléréséhez. (Ball és Bass, 2000.; Lampert, 2001). Az újítások hatására lassan már észlelhetők a változások a tantermekben is és a gyerekek tanulásának eredményességében is (pl.: Bowers, Cobb és Mc.Clain, 1999; Hall és Rubin, 1998; Stenning, Greeno, Hall, Sommerfeld és Wiebe, 2002). A kutatások olyan matematikai feladatok kognitív feltételeit vizsgálták, mint például az információk felidézése és felsorolása, tevékenységek végrehajtása a matematika elveitől függetlenül, vagy éppen azokat alapul véve és a "matekozás", vagyis a matematikai fogalmak és megjelenéseik megvitatása. Azok a tanulók, akik olyan órákon vettek részt, ahol magasabb szintű kognitív tudást vártak el tőlük, sokkal sikeresebben szerepeltek azokon a felméréseken, amelyek a megértést is tesztelték (Stein és Lane, 1996). A vizsgálatok azt mutatják, hogy ahhoz, hogy a fogalmi tanulás eredményre vezessen, a tanulókat arra kell ösztökélni, hogy minél inkább kivegyék a részüket az interaktív órai munkából, és hogy olyan tanulói közösséget alkossanak, amely együttesen felelős a közös tudás megszerzéséért (The Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1994). A fent leírt módszer eredményeinek elemzése azt mutatta, hogy ezekben a közösségekben a tanulók másképpen tanulják meg a matematikát: sajátos kapcsolatuk révén a tananyag jobban beépül és használhatóbbá válik számukra nem csak a tanteremben hanem azon kívül is (Boaler, 2002).

Miért nehéz a fogalmi tanulás?

Az elmúlt harminc év kutatásainak tükrében – amit az előzőekben röviden felvázoltam – világosan látható, hogy miért olyan nehéz a fogalmi alapú tanítás és tanulás, már legalább is úgy, ahogy azt a '60-as, '70-es években megkísérelték bevezetni.

Először is a tanterv elsődlegesen logikai elvű elrendezése miatt nem vették figyelembe sem azokat a tanulási-értési nehézségeket, sem azokat az intuitív, koncepcionális forrásokat, amelyek a tanulókat jellemzik. Csak akkor tudjuk a tanulók fogalmi tanulását fejleszteni, ha megértjük, hogy mik tanulásuk kognitív aspektusai. Csak azért, mert nehézségekbe ütközünk, nem szabad feladnunk azt a célt, hogy mélyebb tudáshoz, megértéshez juttassuk a tanulókat. Viszont meg kell engednünk, hogy ők is tevékenyen részt vehessenek a matematikai elvek és műveletek jelentéseinek megfogalmazásában, hogy a fogalmi megértés útján haladva, egy koherens rendszer felépítéséhez segítsük őket.

A következő probléma az volt, hogy a matematika tanulásának körülményei a legtöbb tanulónál nem járultak hozzá a tananyagok könnyebb megértéséhez. A tantermi interakciók és párbeszédok mintáira fókuszáló kutatás nem győzi hangsúlyozni, hogy mennyire fontos, hogy a tanulókat bevonjuk az órai munkába és hogy elérjük, hogy az irányítás és a felelősség megosztásával aktívan hozzájáruljanak a közös tudás elmélyítéséhez.

Következtetések

Három meglehetősen nyilvánvaló következtetést és hipotézist fogalmazok meg a matematika tanulásának és tanításának fejlesztési törekvéseivel kapcsolatban.

Első következtetésem, hogy a matematika tanítása során ugyanúgy fejleszteni kell a megértést, mint a készségeket, ha azt akarjuk, hogy a tanulók egyre cizelláltabb tudással és fogalmi rendszerrel rendelkezzenek. Természetesen nem minden diák fogja tudni koherenssé

tenni a matematika koncepcióit a maga számára és az sem várható el, hogy mindenki átlássa a más tantárgyakkal meglévő összefüggéseket. Az a tudás, amely a tantárgyon belül és azon kívül is koherens, természetesen kívánatosabb, mint a tanuló többi tudásától elszigetelt és hiányos tudás. Ahhoz, hogy a koherenciát elérjük, a tanulásnak egymásra épülőnek kell lennie és a tanulók magával hozott intuitív megértésére, illetve a korábban elsajátított matematikai ismeretekre kell építeni. Közben pedig figyelni kell arra, hogy csak a már jól elsajátított készségekre építsen az oktató.

Második következtetésem, hogy egy adott tananyag elsajátításának mértéke azon múlik, hogy milyen típusú tanulási tevékenységekben vesz részt a tanuló. Ha csak annyit közlünk, hogy a tanuló megtanult egy matematikai témakört, azzal nem sokat mondunk. Vajon mit tanult meg? Egy műveletet végrehajtani? Vagy megvitatni egy probléma alternatív megközelítéseit? Vagy kidolgozni az egyik alternatív megközelítést és megmagyarázni hogyan kapcsolódik a többiekhez? Esetleg megtanulta, hogyan kell matematikai koncepciókról és azok alkalmazási lehetőségeiről vitázni? A tanulás eredményességének mértéke nagyban függ attól, hogy mennyire magas szintű kognitív tevékenységeket biztosítunk a tanulók számára (Stein és Lane, 1996).

Harmadik következtetésem, hogy a tanulás folyamata azáltal is befolyásolható, hogy hogyan és mennyire aktívan vesznek részt a tanulók az órai munkában. A tanulók képesek megtanulni a műveletek elvégzését és megmagyarázni a fogalmak jelentését, de másképpen tanulnak, ha ők maguk alkotják, értékelik vagy esetleg kérdőjelezzik meg az elképzeléseket, mintha kizárólag a tanárt hallgatják és a könyvet olvassák.

MÓDSZEREK

Eddig igyekeztem beszámolni az elmúlt fél évszázad tanuláskutatásának fejlődéséről. Hogy teljes legyen ez a fejezet, megpróbálom megvilágítani azon módszerek aspektusait,³ amelyek szükségesek voltak ahhoz, hogy ezek a vívmányok megszülethessenek.

A fejlődés hasonló képet mutat, mint a tudománytörténet más ágazatai. A tanulás folyamatának ismerete és megértése a viszonylag általános megközelítéstől az elméletek és folyamatok pontosabb, differenciáltabb megismerése felé halad. Azok a hipotézisek, amelyek részletes struktúrák és mechanizmusok használatával magyarázzák a jelenségeket mindig népszerűek a tudományban, de ugyanúgy bizonyítást igényelnek. A bizonyítások olykor olyan technológiák alkalmazásából erednek, amelyek túlszárnyalják az emberi érzékelés határait, és lehetőséget biztosítanak a tudósoknak, hogy olyat is meglássanak vagy meghalljanak, amit maguktól képtelenek lettek volna. Megesik azonban az is, hogy a teljes rendszert megfigyelve született elmélet annak megfigyelhetetlen részeiről és a köztük lévő kölcsönhatásokról. Például a XVII. században akkor történt ugrásszerű fejlődés a biológia tudományában, mikor feltalálták a mikroszkópot és így már képesek voltak megvizsgálni az anatómiai összetevőket (Jardine, 1999). Hasonló ugrást jelentett a fizikában a matematikai formalizmusok alkalmazása, illetve a részletes megfigyelések, mint például Newton geometriai elemzései vagy megfigyelései a fénytörésről (Hall, 1963).

A kognitív elemzés módszerei

A kognitív tudomány módszerei főként az utóbbi elvet követték. Nem a folyamat összetevőit, hanem a teljes rendszert vizsgálták, még hozzá formális módszerekkel. A szimbolikus programozási nyelvek fejlődése az 1950-es és '60-as években nyújtotta azt a fogalmi és technikai háttérrel, ami lehetővé tette az emberi gondolkodással kapcsolatos hipotézisek megszületését és bemutatását. A mesterséges intelligencián belül arra használták ezt a technológiát, hogy az embert segítő számítógépes rendszereket alkossanak. Így született

meg a szövegszerkesztő, a táblázatkezelő, a szimulációk, a tervező, a számítógépes játék és még számos más fontos eszköz. A kognitív tudomány tudósai számára ez lehetővé tette olyan információs struktúrákkal és folyamatokkal kapcsolatos feltevések megfogalmazását, amelyek a szövegértelmezést, a problémamegoldást és az érvelést érintik. Newell és Simon (1972) kidolgozott egy olyan kutatási módszert, amelynek segítségével sikerült megalkotniuk a problémamegoldás számítógépes szimulációs modelljeit. Ezeket aztán az ún. gondolat-kimondó tesztelés adatainak segítségével empirikus úton értéklik. Az emberi gondolkodás és megértés tanulmányozásához igen hasznosak az olyan koncepciók, mint például a problémater, a cél kitűzésének és megtervezésének stratégiai műveletei és a sémarendszer. Ha egy számítógépes programot úgy fogunk fel, mint az emberi észlelés modelljét, akkor annak el kell tudni végezni bizonyos funkciókat: működni kell, és megoldásokat kell javasolnia a különböző olyan problémákra, melyek a szövegben vagy az adott tartomány részeiben előfordulhatnak. Emellett empirikusan is meg kell felelnie, vagyis olyan műveleteket kell szimulálnia, mint amilyeneket valószínűleg végrehajtanának a programot futtató emberek. Erről úgy lehet információt szerezni, hogy összehasonlítják, hogy mennyire nehezek a különböző feladatok az ember és mennyire a program számára. Ezeket a méréseket a kezdeti kutatások idején is használták már, és továbbra is hasznos információval szolgálnak (pl.: Simon és Kotovsky, 1963).

Az empirikus módszerek egyik legnagyobb előnye azonban mégis az, hogy kifejlesztették az ún. gondolat-kimondó tesztelést, amelynek során a résztvevők hangosan kimondják, hogy éppen mit csinálnak, milyen lépésekkel próbálnak előre jutni a probléma megoldása felé. A kimondó tesztelés fontos információval szolgál a problémamegoldás és érvelés összekötő lépéseiről, ezek pedig összevethetők a program által végzett összekötő lépésekkel. A két folyamat eltérései azt bizonyítják, hogy a program és az ember információs struktúrái és folyamatai közt különbség van. Csak akkor tudunk tehát arra következtetni, hogy a program jól működik, ha a program és a kimondó tesztelés lépései viszonylag nagymértékben egyeznek. A gondolkodási struktúrák kutatásában Piaget⁴ végzett úttörő munkát, aki klinikai interjúk során vizsgálta a gyerekek felfogókészségét és gondolkodását a fejlődés korai szakaszában. Piaget a kognitív fejlődést a sémák bővüléseként fogalmazta meg. A sémák ahhoz szükségesek, hogy a tárgyakról, okokról, kategóriákról, élő és élettelen dolgokról és a világ más alapvető dolgairól gondolkodni tudjunk. A gyermeki gondolkodás fejlődésének vizsgálata sokat elárult a fogalmi gondolkodás tulajdonságairól is. A diagnosztikus feladatokat tartalmazó klinikai interjúkat előszeretettel alkalmazták a kognitív fejlődéssel foglalkozó pszichológusok az 1970-es években és később is. A módszer használatának következtében alapvetően megváltozott a gyermekek kognitív képességeiről formált tudásunk. A kutatások azt bizonyították, hogy a gyerekek jóval hamarabb alkotnak fogalmat bizonyos alapvető koncepciókról, mint ahogy azt Piaget feltételezte és azt is, hogy a fogalmakról alkotott tudásuk folyamatosan és nem szakaszosan gyarapodik. A tanulmányok újrafogalmaztak olyan alapvető koncepciókat, mint például a szám és az ok, valamint olyan, a Piaget-től eltérő feladatokkal dolgoztak, amelyeket a gyerekek sikeresen oldanak meg, és amelyekben a siker attól függ, hogy mennyire vannak tisztában a koncepciók legfontosabb aspektusaival.

Sem Piaget programja sem pedig a Piaget után kidolgozott programok nem kimondottan az iskolai tantervekben megkívánt fogalmak megértésére és megtanulására irányultak. Azok az oktatási kísérletek, amelyeket a Szovjetunióban fejlesztettek ki és az amerikai oktatáskutatók is átvettek, a gyerekek fogalmi megértését vizsgálták, valamint azt, hogy a megértés hogyan fejlődik akkor, ha az egyén oktatásban részesül. Az egyik kísérletben a tanulók egy kisebb csoportja olyan interjúsorozatban vesz részt, amelynek feladatai arra irányultak, hogy megváltoztassák olyan koncepciókról alkotott fogalmukat, mint például a szám és az elemi számtan. A kutatás eredményei szerint a megértés olyan konstruktív

kognitív folyamatokból áll, amelyeknek a sikere azon múlik, hogy a tanuló az új tudás megszerzésében aktívan részt vett-e.

Az információ-feldolgozás elmélete nagyban hozzájárult a stratégiai diagnózis egyik módszerének kifejlesztéséhez. Ez a módszer a gyerekek fogalmi fejlődését iskolai és egyéb témakörök fogalmi megértésének modellezésével mérte. A szimulációs modellek a tanulók gondolkodásáról és érvelési készségéről szóló feltételezéseket modellezik úgy, hogy minden modell egy stratégiát jelent. Minden hipotézis egy vagy több feltételezést tartalmaz arról, hogy hogyan haladnak a tanulók az adott témakörön belül. Ez az empirikus módszer olyan feladatok kidolgozását jelenti, amelyekben a különböző stratégiákhoz különböző, a feladatok sikerességétől függő minták kapcsolódnak. A tanítás vizsgálatának eredményeihez hasonlóan a stratégiai diagnózis is arról tájékoztat, hogy hogyan kell a tantervet összeállítani, és milyen oktatási tevékenységekre van szükség ahhoz, hogy a tanulók elsajátíthassák a feladatmegoldás speciális aspektusait, és így sikereket érhessenek el a tanulásban.

A számítógépes programozás segítségével olyan modelleket is kidolgoztak, amelyek a szövegértést, és főleg a nyomtatott szövegek megértését szimulálták. A problémamegoldás modelljeihez hasonlóan a szövegértés modelljei is feltételezések arról, hogy milyen információmintákat kell felismerni, milyen következtetéseket kell levonni, és milyen stratégiákat kell kidolgozni ahhoz, hogy a tanulók sikeresen oldjanak meg fontos kognitív feladatokat. Ilyen fontos feladat például, hogy a tanulók képesek legyenek megalkotni a szövegek jelentésének kognitív reprezentációját. A szövegértést szimuláló modellek képesek a különböző szinteken megjelenő folyamatokat értelmezni: hogy hogyan ismerjük fel a szavakat, hogy a szintaktika segítségével hogyan tudjuk beazonosítani a mondatok állításait, valamint hogy hogyan tudjuk a felismert állításokat események, ok-okozati összefüggések, motivációk stb. egységes reprezentációjaként értelmezni. Teszik ezt nem csak az iskolai oktatásban megjelenő, hanem minden más, szövegolvasást megkívánó területre vonatkozóan is. Ezeknek a modelleknek az egyik központi fogalma a sémarendszer, amely a azon fogalmak együttese, melyek szükségesek ahhoz, hogy a szövegben lévő információt koherens jelentéssé tudjuk rendezni.

A matematikában különösen jól alkalmazhatóak a szövegértés modelljei, méghozzá arra, hogy a teljesítményt elemezzük, és hogy megtanuljuk a szöveges feladatokat megoldani. Egy nyelvi probléma szövegének megértéséhez elengedhetetlen, hogy a fogalmi információkat egy olyan reprezentációban rendszerezük, amelyben benne foglaltatik mindaz az információ, amely ahhoz szükséges, hogy stratégiát vagy tervet tudjunk létrehozni a probléma megoldására, és hogy végre is tudjuk hajtani a sikeres megoldást jelentő műveleteket. A matematikát és más területeket is érintő problémamegoldás kutatóinak sikerült beazonosítani, hogy mely sémák mely probléma típus sikeres megoldásához szükségesek. (pl.: Marshall, 1995).

A séma-elméletnek nagy szerepe van napjainkban olyan tantervek kidolgozásában, amelyek a az iskolai tantárgyak fogalmainak és elveinek elsajátításában nyújtanak segítséget a tanulók számára. További jelentős segítséget jelentenek az összehasonlító tanulmányok és azok a magas szakmai szinten létrehozott modellek, amelyek a különbségeket szimulálják a magasabb és alacsonyabb tudásszintű tanulók között. A jobb teljesítményt szimuláló modellekre jellemző, hogy olyan fogalmakkal is operálnak, amelyek a tudásszerzés folyamatának elemi szintjén még nincsenek jelen, és hogy a fogalmak, alapelvek, tényszerű információk, példák, valamint az érvelés és problémamegoldás módjai között egységesebb, mélyebb összefüggésekre épülő viszony létezik.

A motiváció tanulmányozásának módszerei

A motiváció kutatása eddig a tanulók elképzeléseiről és hozzáállásáról való informálódás különböző módszereit jelentette, vagyis kérdőíveket, interjúkat és a tanulók tevékenységének természetes és mesterséges környezetben való megfigyelését. Ezek a módszerek a tanulói motiváció egyre részletesebb megismerését eredményezték, melybe beletartozik a motiváció kognitív aspektusainak sokfélesége is. Ezek a módszerek meglehetősen eltérnek azoktól, amelyekről az előző részben írtam, és amelyek az információs struktúrák és folyamatok elemzésére irányultak. Eleddig a motiváció kognitív tényezőinek és a kognitív folyamatoknak az elemzése hasonló módszerekkel hasonló eredményre jutott, mint a kognitív tudomány. A kettő integrálása a tanuláskutatás egyik nagy feladata.

Az interakciók elemzésének módszerei

Akár matematikáról, akár más iskolai tantárgyról van szó, másfajta módszerek alkalmazása is elengedhetetlen, ha a tanulás és tanítás elméletét és gyakorlatát jobban akarjuk érteni. Ezek a módszerek a tantermi és más tanulási környezetek interakcióinak elemzésére szolgálnak.

A szóban forgó módszerek kidolgozásának és jelenlegi használatának a hang- és képrögzítés technikai fejlődése volt az alapfeltétele. Hasonlóan a mikroszkópok szerepéhez a XVII. században, a hang- és képrögzítés is olyan jelenségek részletes elemzését teszi lehetővé, amelyek észlelésére nem volt korábban lehetőség. Az interakciónak olyan részei figyelhetők meg, mint az alanyok által használt teljes vagy töredékes kifejezések, az átfedő beszédek, a szünetek, az intonáció, a gesztusok, a tekintet iránya és a kommunikáció más, hasonló formái. Ezek ugyan láthatók és hallhatók az interakció során, de lehetetlenség lenne mindet ott helyben észrevenni és még le is jegyezni. A felvételek ismételt, és ha szükséges, lassított lejátszásával azonban megfigyelhetővé és dokumentálhatóvá válnak⁵.

A társadalmi folyamatok és szerveződések vizsgálatához etnográfiai módszereket főként az 1970-es évektől kezdődően alkalmaztak. Az iskolai életet a tantermeken belül és azokon kívül is tanulmányozták. A legfontosabb hozadéka ezen módszerek alkalmazásának az volt, hogy elemezhetővé váltak a faj, a nem és a társadalomgazdaság szempontjai szerint megkülönböztetett tanulói csoportokon belüli szociális viszonyok. A tantermi interakciók tanulmányozása és azon belül is annak megfigyelése, hogy az egyes tanulók mennyire vesznek részt az órai munkában rávilágított arra, hogy a tanulók nem ugyanolyan eséllyel indulnak neki a tanulásnak: attól függően, hogy ki milyen csoporthoz tartozik, más-más szintű felelősséget ruháznak rá, és más-más elvárásokat támasztanak felé és a tanulók ettől függően fognak ötleteikkel, kérdéseikkel és magyarázataikkal hozzájárulni az órai munkához. Az interakciók egyes epizódjait arra használják, hogy meghatározzák az adott csoport részvételi szerkezetét és vázát, amelyben minden egyes tanulónak megvannak a "jogai" és "kötelességei" a kezdeményezés, kérdezés, elfogadás, értékelés valamint az ötletek és információk megkérdőjelezésének vonatkozásában.

Az interakció tanulmányozásának egy másik fontos összetevője a párbeszéd elemzése. Az elemzés arra világít rá, hogy a beszélgetések, egyéni megszólalások és írásos szövegek hogyan szerveződnek. Arra is rámutat továbbá, hogy milyen minták szerint váltják egymást a hozzászóló tanulók, és hogy milyen tudásra van szükségük az egyéneknek ahhoz, hogy a tevékenységeikhez szükséges kommunikációt alkalmazni tudják. Az iskolai tevékenységek elemzése során azt figyelik, hogy a tanulók hogyan fogalmazzák meg véleményüket, hogyan tesznek fel kérdéseket, hogyan magyaráznak, vagy egyszerűen csak hogyan válaszolnak a tanár kérdéseire. Figyelnek arra is, hogy a tanuló és a tanár miként befolyásolja azt, hogy mi számít fontos megszólalásnak, vagy adekvát magyarázatnak illetve

érvnek egy adott vita során. Az interaktív tanulást úgy elemzik, hogy meghatározzák azokat a pályákat, amelyek mentén változások következnek be a párbeszédben, különös tekintettel azokra a változásokra, amelyek a reprezentációkat is alkalmazó tantermi tevékenységeket érintik.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanuláskutatás jelentős fejlődésen ment keresztül a XX. század második felében az alapvető értelmezés és az oktatás fejlesztésének területén egyaránt. Új koncepciók és módszerek születtek a tanulás alaposabb vizsgálatára és megértésére. Kutatják a tanulásnak azokat a fogalmi és műveleti oldalait, melyek az információk strukturálásában és feldolgozásában vesznek részt, vizsgálják, hogy a tanulók motivációjában milyen szerepet játszanak elképzeléseik és hozzáállásuk és próbálják kideríteni, hogy az interakciók hogyan befolyásolják a tanulási környezet szociális tevékenységeit.

A módszerek sokfélesége hozzájárul a fejlődés előrelendítéséhez. Néhányan úgy tartják, hogy a különböző vizsgálatok különböző kérdések megválaszolására születtek és az, hogy mely vizsgálatot célszerű választani attól függ, hogy milyen kérdésre szeretnénk választ kapni (NRC, 2002). Habár ez egyfelől igaz, azt meg kell jegyeznünk, hogy egy fontos tényt figyelmen kívül hagy, mégpedig azt, hogy többféle módszer szükséges ahhoz, hogy több szempontból megvilágítsuk ugyanazt a kérdést, mint például: Mi a tanulás és hogyan történik?

A folyamat, amelyet bemutatam, a tanulást különböző nézőpontokból tekinti: mint az információ-feldolgozási képesség fejlődését, mint motivált viselkedést, vagy mint az interakciók és a párbeszéd gyakorlatának fejlődését. A kutatási eredmények három viszonylag jól elkülönült kutatói közösségtől származnak. Bár kutatási módszereik nem teljesen eltérőek, módszertanuk fókuszában más-más áll.

Egy fontos célként említendő a jövőbeni kutatások szempontjából a tanulásról szóló értelmezések közti koherencia növelése valamint kapcsolatok kiépítése a tanulást és más területeket érintő kutatások és fejlesztések között. Ezirányban már történt előrelépés. A motivációkutatás átvette a gondolkodás tanulmányozásának bizonyos koncepcióit és módszereit, és így használja például az elképzelés és hozzáállás fogalmát (Stipek, 1998). Az egyéni gondolkodás kutatása során pedig az interakciót helyezték fókuszba, mint a problémamegoldás és tanulás sikerének fontos feltételét. (Dunbar, 1995; Okada és Simon, 1997). Nuthall (nyomtatás alatt) kifejlesztett egy olyan, meglehetősen bonyolult normarendszert a tanulmányok számára, amely azt vizsgálja, hogy hogyan tanulja meg az egyén a témakörök fogalmait tantermi körülmények között. Úgy érvelt, hogy a vizsgálatoknak az egyén tanulási tapasztalataihoz kell igazodniuk, amelyek persze jelentős eltérést mutatnak. Ahhoz, hogy fogalmat alkothassunk arról, hogy mennyit sajátított el egy tanuló, tudnunk kell, hogy mennyit tudott a tanulás előtt, milyen interakciói voltak a tanulás alatt (ideértve szóbeli és írásbeli munkáit, amik bizonyítékként szolgálnak, hogy mit tudott és mit nem) és végül egy értékelést a tanulás befejeztével. Nuthall jelentése igen meggyőzően adott számot az egyik tanuló haladásáról. Látszott, hogy össze tudta kapcsolni a fénytörést, a fényt és a görbületet és az is, hogy összekeveri a fénytörést a fényvisszaverődéssel – mindez egyértelműen kiderült azokból az interakciókból, amelyeket azokon az órákon figyeltek meg, amikor a fenti fogalmak szóba kerültek.

Az interakciós és egyéni kognitív programok egységessé tétele felé szintén történtek lépések. Ennek eredményeképpen az interakciók kutatása immáron felhasználja kognitív folyamatok és a témakör szerinti tanulás elemzéseit is. Olyan kognitív folyamatok elemzésére került sor, mint az emlékezet (Hutchins, 1995), az észlelés (Goodwin, 1996) és az érvelés (Ochs, Gonzales és Jacoby, 1996). Ezeket a vizsgálatokat emberek részvételével, valamint

segédanyagok és informatikai rendszerek segítségével végezték. Bowers és társai (1999), Greeno és társai (1998) és mások a fogalmi tanulást mint a tantermi tevékenységek párbeszédében bekövetkezett változást vizsgálták. Greeno és társainak tanulmánya 5. osztályos tanulók eredményeit vetette össze a veszélyeztetett fajokkal kapcsolatos projekt munka előtt és után, majd meghatározta azokat a változásokat, amelyek az alkalmazkodás és túlélés fogalmainak mélyebb, átfogóbb értését bizonyították a csoportmunkában és az egyéni feleletek során.

Ahhoz, hogy a tanulásról való vizsgálódás még koherensebb és átfogóbb lehessen, az szükséges, hogy a kutatási módszerek eredményei széles körben elterjedjenek. Az elmúlt ötven év figyelemre méltó kutatási eredményeire alapozva úgy gondolom, hogy mi, kutatók, bizvást reménykedhetünk ennek megvalósulásában.

Reménykedünk továbbá abban is, hogy kutatási módszereinknek egyre gyakrabban jut irányító szerep a kutatás-fejlesztési projekteken (NAE, 1999; Stokes, 1997). A tervezés alapú kutatások eredményeinek és változásainak megvitatása folyamatos és hatékonyak bizonyul (pl.: Barab, 2004). Úgy vélem, hogy hasznos lenne a kutatók számára, ha több figyelmet és energiát fordítanának azokra a kutatás-fejlesztési projektekre, amelyek az értelmező forrásokat és gyakorlatokat kívánják fejleszteni. Több példa is van már arra, hogy innovációs programok fontos előrelépést eredményeztek valamely kutatás területén. A szakma hasznára válhat, ha figyelembe veszi az innovációs programok eredményeit, és ha tevékenységei a terv-alapú kutatás és fejlesztés továbbfejlesztését tűzik ki célul.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a fejezet a Spencer Alapítvány egyik ösztöndíjának támogatásával készült. Hálás vagyok John Bransfordnak a beszélgetésekért, továbbá Judith Greennek, Judit Moschkovichnak, Graham Nuthallnak és Angela O'Donnellnek a vázlatokhoz fűzött, segítő szándékú megjegyzésekért.

JEGYZETEK

¹ Vagy talán poszt-posztpozitívisták inkább. Bredo (E kötet 1. fejezetében) is megjegyzi, hogy Hanson, Kuhn és más, a pozitívizmust kritizálók maguk is inkább poszt-pozitivisták; Laudan, Toulmin, és Kitchner az ő kritikai elemzéseikre reagáltak. Úgy vélem, hogy ezen tudósok helyesen ismerik fel úgy az empirikus adatok, mint az értelmezési koncepciók és elvek koherenciájának szükségességét. Így ezt Bredo „dialektikus és tranzakcionális összefüggések” c. fejezetébe helyezném, bár a fejezet egyik alfejezetébe sem illene be tökéletesen.

² Ezek a vizsgálatok nem úgy folytak, hogy a tanulók véletlenszerűen feliratkoztak valamilyen oktatási kísérletre. Csak találgatni lehet, hogy úgy használhatóbb eredmények születtek volna-e. Szerintem nem. A vizsgálat legfontosabb értéke - az én értelmezésemben - az volt, hogy elkötelezte magát, hogy lehetőséget biztosít a tanulóknak, hogy megfelelő módon fel tudjanak készülni a következő lépésre, hogy leírja azokat a körülményeket, amelyek közt lehetséges egy ilyen kísérlet és adatokat szolgáltat arra nézvést, hogy egy ilyen program jobb eredményekkel kecsegtethet, mint egy hagyományos oktatási gyakorlat. Ha a tanulókat

véletlenszerűen válogatták volna, és eredményeiket összevetették volna az átlagos iskolai eredményekkel, a vizsgálat nem lett volna semmivel sem hasznosabb, csak jóval drágább.

³ Egyes szerzők (pl.: Moschkovich és Brenner, 2001) fontosnak tartották megkülönböztetni a módszert a módszertantól, hogy felhívják a figyelmet arra, hogy a módszerek nem függetlenek az elméletektől. Szerintem sem szabad a módszereket az elméletek nélkül vizsgálni, de szerintem a megkülönböztetés lényege abban áll, hogy a módszertan a módszerek vizsgálata és nyilvánvaló, hogy a módszerek elválaszthatatlanok azoktól az elméletektől, amelyek létrehívták őket.

⁴ Piaget kutatási programját többen áttekintették és összefoglalták, akik közül Flavellt emelném ki (1963).

⁵ A kimondó tesztelés hangfelvételei rendkívül fontos gyakorlati segítséget jelentettek a kognitív tudomány fejlődésében. A résztvevők beszédjének hangátiratai rengeteget segítettek az információ-feldolgozó modellek értékelésekor, hiszen gyakorlatilag lehetetlen lett volna valós időben tökéletesen feljegyezni mindent. A felvételek a kognitív tudomány számára nem jelentettek komoly segítséget. Az interakcióval foglalkozó tanulmányok számára viszont annál inkább, hiszen olyan információkat is vizsgálnak, amiket a megfigyelő általában észre sem vesz, nemhogy le tudná őket jegyezni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ball, D. L., & Bass, H. (2000). Making believe: The collective construction of public mathematical knowledge in the classroom, In D. C Phillips (Ed.), *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*. *Ninety ninth yearbook of the National Society for the Study of Education* (pp. 193-224). Chicago: University of Chicago Press.
- Barab, S. (Ed.), (2004). *Design-based research: Clarifying the terms* (Special issue). *Journal of the Learning Sciences*, 13(1).
- Bellack, A. A., Kliebard, H M., Hyman, R. T., & Smith. F. L., Jr. (1967). *The language of the classroom*. New York: Teachers College Press.
- Berliner, D. C., & Calafee, R. C. (Eds.). (1996). *Handbook of educational psychology*. New York: Macmillan.
- Bloom, B. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.
- Boaler, J. (2002). *Experiencing school mathematics: Traditional and reform approaches to teaching and their impact on student learning* (Rev. Ed.). Mahwah, NJ; Erlbaum
- Bowers, J., Cobb, P., & McClain. K. (1999). The evolution of mathematical practices: A case study, *Cognition and Instruction*, 17, 25-64.
- Brophy, J. E., & Good, T. L. (1986). Teacher behavior and student achievement. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3 rd ed., pp. 328-375). New York: Macmillan.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 141-178.
- Brown, A. L. (1994). The advancement of learning. *Educational researcher*. 23(8), 4-12.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-270). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford

- Brownell, W. A. (1935). Psychological considerations in the learning and teaching of arithmetic (pp. 1-34). New York: Teachers College, Columbia University.
- Carpenter, T., Moser, J. M., & Romberg, T. A. (Eds.). (1982). Addition and subtraction: A cognitive perspective. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cazden, C. B. (1986). Classroom discourse. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 432-463). New York: Macmillan.
- Cazden, C. B., John. V. P., & Hymes. D. (Eds.). (1972). *Functions of language in the classroom*. New York: Teachers College Press.
- Cicourel, A. V., Jennings, K. H., S. H. H., Leiter, K. C. W., Mackay, R., Mehan, H., & Roth, D. R. (1974). *Language use and school performance*. New York: Academic.
- The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1994). From visual word problems to learning communities: Changing conceptions of cognitive research. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 157-200). Cambridge MA: MIT Press/Bradford
- Cohen, E. G. (1986). *Designing groupwork: strategies for the heterogeneous classroom*. New York: Teachers College Press.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O' Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Berlin: Springer
- Conference Board of the Mathematical Sciences. (1975). *Overview and analysis of school mathematics grades K-12*. Washington, DC: Conference Board of the Mathematical Sciences.
- Confrey, J. (1994). Splitting, similarity, and the rate of change: A new approach to multiplications and exponential functions. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 229-330). Albany: State University of New York Press.
- Davis, R. B. (1984). *Learning mathematics: The cognitive approach to mathematics education*. Norwood, NJ: Ablex.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the Question? A commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; diSessa and Cobb; and Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 105-114.
- diSessa, A. A. (2000). *Changing minds: Computers, learning, and literacy*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford
- diSessa, A. A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 77-103.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 365-395) Cambridge, MA: MIT Press/Bradford
- Dweck, C. S. (2000). *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Philadelphia: Taylor & French/Psychology Press.
- Egan, K. (1993). Narrative and learning: A voyage of implications. *Linguistics and Education*, 5, 119-126.
- Fennema, E., Franke, M. L., Carpenter, T. P., & Carey, D. A. (1993). Using children's mathematical knowledge in instruction. *American Educational Research Journal*, 30, 555-583.
- Flanders, N. A. (1970). *Analyzing teaching behavior*. Reading, MA: Addison-Wesley
- Flawell, J. (1963). *The developmental psychology of Jean Piaget*. Princeton, NJ: Van Nostrand.
- Gagné, R. (1965). *The conditions of learning*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

- Gee, J. P. & Green. J. L. (1998). Discourse analysis, learning, and social practice: A methodological study. In P. D. Pearson & A. Iran-Nejad (Eds.), *Review of research in education* (Vol. 23. pp. 119-169). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Gelman, R., & Gallister, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Goodwin, C. (1996). Transparent vision. In E. Ochs, E. A., Schegloff, & S. A. Thompson (Eds.), *Interaction and grammar* (pp. 370-404). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Green, J. L. (1983). Research on teaching as a linguistic process: A state of the art. In E. W. Gordon (Ed.), *Review of research in education* (Vol. 10, pp. 151-252). Washington. DC. American Educational Research Association.
- Greeno, J. G., Benke, G., Engle, R. A., Lachapelle, C., & Wiebe, M. (1998). Considering conceptual growth as change in discourse practice. In M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 442-447). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Greeno, J. G., McDermott, R., Cole, K., Engle, R. A., Goldman, S., Knudsen, J., Lauman, B., & Linde, C. (1999). Research, reform, and aims in education: Modes of action in search of each other. In E. Legemann & L. Shulman (Eds.), *Issues in education research: Problems and possibilities* (pp. 299-336). San Francisco: Jossey-Bass.
- Guthrie, E. R. (1935). *The psychology of learning*. New York: Harper.
- Hall. A. R. (1963). *From Galileo to Newton, 1630-1720: The rise of modern science 2*. London: William Collins Sons.
- Hall, R., & Rubin, A. (1998). There's five little notches in here: Dilemma in teaching and learning the conventional structure of rate. In J G Greeno & S. V. Goldman (Eds.), *Thinking practices in mathematics and science learning* (pp. 189-235). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Heath, S. B. (1983). *Ways with words: Language, life, and work in communities and classrooms*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Hicks, D. (1995). Discourse, learning. In M Apple (Ed.) *Review of research in education* (Vol. 21. pp. 49-95). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Hull, C. L. (1943). *Principles of behavior: An introduction to behavior theory*. New York: Appleton-Century.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265-288.
- Jardine, L. (1999). *Ingenious pursuits: Building the scientific revolution*. New York: Random House.
- Kelly. A. E. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *Journal of the Learning Sciences*, 13, 115-128.
- Kitcher, p. (1993). *The advancement of science: Science without legend, objectivity without illusions*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Klahr, D. (Ed.). (1976). *Cognition and instruction*. Hillsdale, NJ: Wiley.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ladson- Billings, G. (1994). *The dreamkeepers: Successful teachers of African American children*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Lampert, M. (2001). *Teaching problems and the teaching*. New Haven, CT: Yale University Press.

- Laudn, L. (1977). *Progress and its problems: toward a theory of scientific growth*. Berkeley: University of California Press.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lewin, K. (1951). Problems of research in social psychology. In D. Cartwright (Ed.). *Field theory in social science: Selected theoretical papers* (pp. 279-288). New York: Harper & Brothers. (Original work published 1943-44)
- Lipka, J. (with Mohattm G. V. & The Ciulistet Gorup). (1998). *Transforming the culture of schools: Yup'ik Eskimo examples*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Marshall, S. P. (1995). *Schemas in problem solving*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Moll, L. C., & Whitmore, K. F. (1993). Vygotsky in classroom practice: Moving from individual transmission to social transaction. In E. A. Forman, N. Minick, & C. A. Stone (Eds.), *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development* (pp. 19-42). Oxford University Press.
- Moschokovich, J. N., & Brenner, M (2000). Integrating a naturalistic paradigm into research on mathematics and science cognition and learning. In R. Lesh & A. Kelly (Eds.), *Handbook of research design in mathematics & science education* (pp. 457-486). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Moses, R. P., & Cobb, C. E., Jr. (2001). *Radical equations: Math literacy and civil rights*. Boston: Beacon.
- Moss, J., & Case, R. (1999). Developing children's understanding of the rational numbers: A new model and experimental curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30, 122-147.
- Murray, H. A. (1938). *Explorations in personality*. New York: Oxford University Press.
- Nasir, N. S. (n. d.). *Identity, goals, and learning: Mathematics in cultural practice*. Stanford, CA: Stanford University School of Education.
- Nathan, M. J., Kintsch, W., & Young, E. (1992). A theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments. *Cognition and Instruction*, 9, 329-389.
- National Academy of Education. (1999). *Recommendations regarding research priorities: An advisory report to the National Educational Research Policy and Priorities Board*. New York: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (2003). *A research companion to principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind experience, and school*, expanded edition. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2002). *Scientific research in education. Committee on Scientific principles for Education Research*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2004). *Implementing randomized field trials in education: Report of a workshop*. Committee on Research in Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher. D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

- Nuthall, G. (in press). The learning of conceptual knowledge in the classroom: A case study. *Journal of the Learning Sciences*.
- Ochs, E., Gonzales, P., & Jacoby, S. (1996). „When I come down I'm in the domain state”: Grammar and graphic representation in the interpretive activity of physicists. In E. Ochs, E. A. Schegloff, & S. A. Thompson (Eds.). *Interaction and grammar* (pp. 328-369). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- O'Connor, M. C., & Michaels, S. (1996). Shifting participant frameworks: Orchestrating thinking practices in group discussion. In D. Hicks (Ed.), *Discourse, learning and schooling* (pp. 63-103). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Okada, T., & Simon, H. A. (1997). Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 21, 109-146.
- Palincsar, A., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Putnam, R. T., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4-15.
- Riley, M. S., & Greeno, J. G. (1988). Developmental analysis of understanding language about quantities and solving problems. *Cognition and Instruction*, 5, 49-101.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Saxe, G. (1990). *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding*. Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Schank, R. C. (1972). Conceptual dependency: A theory of natural language understanding. *Cognitive psychology*, 3, 552-631.
- Schifter, D. (1996). *What's happening in math class?: Volume 1. Envisioning new practices through teacher narratives*, New York: Teachers College Press.
- Scribner, S. (1984). Studying working intelligence. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday cognition: Its development in social context* (pp. 9-40). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Simon, H. A., & Kotovsky, K. (1963). Human acquisition of concepts for sequential patterns. *Psychological Review*, 70, 534-546.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Sowder, J. T. (Ed.). (1989). *Setting a research agenda: Research agenda for mathematics education* (Vol. 5). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Steffe, L. P., & Cobb, P. (with von Glasersfeld, E.) (1988). *Construction of arithmetical meanings and strategies*. New York: Springer-Verlag.
- Stein, M. K., & Lane, S. (1996). Instructional tasks and development of student capacity to think and reason: An analysis of the relationship between teaching learning in a reform mathematics project. *Educational Research and Evaluation*, 2, 50-80.
- Stenning, K., Greeno, J. G., Hall, R., Sommerfeld, M., & Wiebe, M. (2002). Coordinating mathematics with biological multiplication: Conceptual learning as the development of heterogeneous reasoning systems. In M. Baker, P. Brna, K. Stenning, & A. Tiberghien (Eds.). *The role of communication in learning to model* (pp. 3-48). Mahwah NJ: Erlbaum.
- Stipek, D. (1988). *Motivation to learn: From theory to practice*, third edition. Boston: Allyn & Bacon.
- Stodolsky, S. S. (1988). *The subject matters: Classroom activity in math and social studies*. Chicago: University of Chicago Press.
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation*. Washington, DC: Brookings Institute.

- Tolman, E. C. (1932). *Purposive behavior in animals and men*. New York: Century.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding: Volume I. The collective use and evolution of concepts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), *The collected works of L. S. Vygotsky. Volume 1: Problems of general psychology* (pp. 37-285). New York: Plenum (Original work published in Russian, 1934)
- Weiner, B. (1986). *An attributional theory motivation and emotion*. New York: Springer-Verlag.
- Weiner, B. (1990). History of motivational research in education. *Journal of Educational Psychology*, 82, 616-622.
- Wells, G. (1993). Reevaluating the IRF sequence: A proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education*, 5, 1-37.
- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- Wigfield, A., & Eccles, J. (Eds.). (2002). *Development of achievement motivation*. San Diego: Academic.
- Winograd, . (1972). Understanding natural language. *Cognitive Psychology*, 3, 1-191.