

AZ ÚJ TERMÉSZETTUDOMÁNYOS SZEMLELET (NEW SCIENCE) HATÁSA AZ OKTATÁSRA AZ EGYESÜLT ÁLLAMOKBAN

Lisa Bievenue

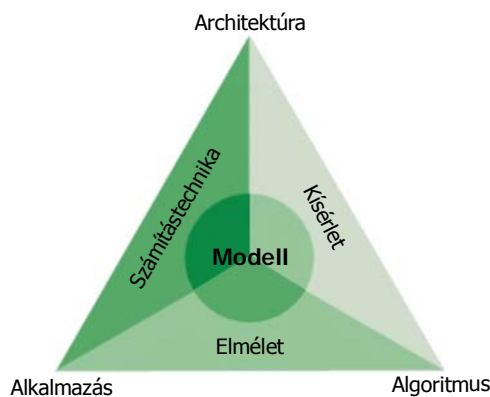
*Shodor Education Foundation
Illinoisi Egyetem, Szuperszámítástechnikai Intézet*

A 21. századi természettudomány jelentősen különbözik tizenöt évvel korábbi önmagától. A technológiai vívmányok révén a természettudományok művelésének új lehetőségei tárulnak fel, és az egyesült államokbeli (vagy a világ bármely más országában élő) kutatók munkamódszerei radikálisan megváltoztak. Ugyanakkor a természettudományos tantárgyak oktatása az Egyesült Államokban a 20. század kezdete óta gyakorlatilag változatlan. Noha a matematikaoktatásban mutatkoznak fejlődés jelei, az még mindig nincs olyan szinten, hogy a tanulók többségét segíthesse korunk természettudományának mélyreható megértésében. Ez több okból is zavarba ejtő. Először, az amerikai szakemberek már az 1980-as évek elejétől kezdve tudatában voltak annak, hogy a természettudományos tárgyak és a matematika oktatásának színvonala – különösen nemzetközi összehasonlításban – csökken. Másodsor, az 1993-95-ös Third International Mathematics and Science Study (TIMSS, Harmadik Nemzetközi Matematikai és Természettudományi Vizsgálat) anyaggyűjtése során készült, tanórákat rögzítő videofelvételek számos információval szolgáltak azzal kapcsolatban is, hogy az amerikai diákok *miért* nem teljesítenek jól a nemzetközi összehasonlításokban. Harmadsor, az amerikai szövetségi kormányzat folyamatosan határozott meg olyan általános nemzeti oktatási célokat, melyek a természettudományos tárgyak és a matematika oktatásának fejlesztését célozták, finanszírozott a gyenge teljesítmény javítására irányuló kezdeményezéseket, sőt el is rendelte számos olyan program elindítását, amelyek a problémák kezelését célozták. Ezeknek az erőfeszítéseknek köszönhetően némi javulás volt tapasztalható a tanulók matematikai teljesítményében (NAEP, 2001), azonban a diákok semmiféle érzékelhető fejlődést nem mutattak a természettudományos tantárgyak esetében.

E dolgozat azt kívánja bemutatni, hogy (1) miként változott a természettudomány; (2) az Egyesült Államok mit tesz a természettudományos tárgyak oktatásának fejlesztése érdekében; (3) miként segíthetnek a természettudományos tárgyak oktatásában azok az eszközök, amelyek magukat a természettudományokat is megváltoztatták; (4) milyen biztató kutatási eredmények állnak rendelkezésünkre.

Új természettudomány, új eszközök

Elsőként érdemes kitérni arra, hogy mely technológiai vívmányok hatottak és miként a természettudományokra. Talán a fejlettebb, összetettebb tudományos vizsgálódást lehetővé tevő eszközök közül a legfontosabb a számítógép. A számítástechnika egy újabb, harmadik tudományos megközelítéssé lépett elő: az elmélet és a kísérlet kiegészítéseként a gyakorlati alkalmazás felé nyit utat. A természettudomány e három oldala együtt segíti a jelenségek és rendszerek modellezését (1. ábra).



1. ábra

Forrás: Panoff, Shodor Education Foundation, 1997

A kutatók ugyan már évtizedek óta használtak számítógépeket, a számítási teljesítmény és a tárolókapacitás exponenciális növekedése azonban alapvetően kitérítette a természettudományos kérdések vizsgálatának lehetőségeit. Immár modellezhetünk rendkívül összetett rendszereket, áttekinthetünk hatalmas adathalmazokat, és több adatot gyűjthetünk és tárolhatunk, mint amit korábban lehetségesnek gondoltunk. E fejlődés hatásai rendkívül széles körben, a láthatatlanul kicsitől a végtelenül nagyig, a bioinformatikától és a nanotechnológiától a globális földi rendszerekig és a kozmológiáig érezhetőek. Ráadásul az adatbányászat és a vizualizációs technikák fejlődése lehetővé teszi az adatok kisebb halmazaiból nem kikövetkeztethető ismeretek holisztikus felfedezését. A hangsúly itt a „felfedezésen” van: a vizualizáció, a vizuális megjelenítés ugyanis immár nem csupán az elméletek elmagyarázásának, hanem a tudományos felfedezésnek is az eszköze. Végül, a műszerek fejlődése lehetővé tette a kutatók számára, hogy berendezéseiket nehezen megközelíthető, tőlük távol eső helyszíneken is alkalmazhassák. Számos olyan fontos tudományos eredményről tudunk, amely a létrejöttét nagyteljesítményű számítógépeknek, nagy tárolókapacitású adattárolóknak, adatbányászati eszközöknek, kihelyezett műszereknek vagy fejlett tudományos vizualizációs eszközöknek köszönheti. A The National Center for Supercomputing Applications [Szuperszámítógépes Alkalma-

zások Nemzeti Központja] és a San Diego-i Szuperszámítógép-központ számol be rendszeresen ilyen esetekről (ld. <http://access.ncsa.uiuc.edu/stories> és <http://www.npaci.edu/envision>). Például a számítógépek és a nagy adattárolási kapacitás révén vált lehetővé egy tudóscsoport számára, hogy a világ számos táján gyűjtött légköri adatok alapján szimulálják, a légköri gázok miként lépnek egymással kémiai kölcsönhatásba és rendeződnek át időről-időre (<http://access.ncsa.uiuc.edu/stories/glozone/>). Egy másik példa lehet az az intelligens permetezőgép, amely távoli érzékelők és a GPS (műholdas helymeghatározó rendszer) adatait használja a természet haszonnövények helyi viszonyokhoz alkalmazott kezelésére. Az ehhez hasonló precíz mezőgazdasági technológiák csökkenthetik a vegyszerek használatának gyakoriságát és növelhetik a terméshozamot (<http://access.ncsa.uiuc.edu/stories/agsensing/>).

A természettudományos tantárgyak oktatásának reformja

Míg a tudomány rendkívüli ütemben fejlődik, a természettudományos tárgyak oktatásának megreformálását célzó próbálkozások csak lassan – noha biztosan – haladnak. Válaszul az Egyesült Államok gyenge matematikai és természettudományos teljesítményéről szóló jelentésekre (A Nation at Risk, TIMSS) két nemzeti kezdeményezés indult az amerikai diákok természettudományos ismereteinek fejlesztésére. A National Academy of Science (Nemzeti Természettudományos Akadémia) több bizottságot is létrehozott a tananyagra, a tanításra és az értékelésre vonatkozó nemzeti természettudományos oktatási standard (NSES, <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html>) kidolgozására, míg az American Association for the Advancement of Science (Amerikai Társaság a Természettudományok Fejlesztéséért) életre hívta a Project 2061-et (<http://www.project2061.org>). Az utóbbi 1985-ben, a Halley-üstökös felbukkanásának évében indult, és nevét onnan kapta, hogy a tanulmányaikat most kezdő gyerekek 2061-ben találkozhatnak majd ismét az üstökössel, miközben korunk oktatása – ahogy a 21. században, alapvető tudományos és technológia változások közepette felnőtte válnak – átforgalmazza életüket. Az alapítását követő első évtizedben a Project 2061 kidolgozta a természettudományos műveltség alapkövetelményeit (*Benchmarks for Science Literacy*), majd 2000-ben megjelentette az Atlas of Science Literacy (A természettudományos műveltség atlasza) című kiadványt, amely az oktatók számára nyújt segítséget a természettudományos elméletek útitervének kialakításához.

E természettudományos oktatási reformok eredményei azonban vegyesek. Most, 2002-ben kezd láthatóvá válni a tantervek elmozdulása a természettudományos oktatás széles, felületi megközelítése felől egy konkrétabb, mélyebb megközelítés irányába. A fejlődés elsősorban azért volt lassú, mert még az NSES-hez vagy a Project 2061 követelményeihez igazított természettudományos tankönyvek is gyakorlatilag ugyanarra az elemi tananyagra, ugyanazokra az elemi természettudományos ismeretekre épülnek, mint az 1950-es évek tankönyvei. Ám még ha egy iskola el is tekint a régi tankönyvek használatától és az alapkövetelményeknek megfelelő természettudományos tantervet követ, a tudomány olyan új módszerei, mint a számítógépes természettudomány, a számítógépes modellezés és a tudományos vizualizáció akkor is gyakran csak érintőlegesen jelennek meg az oktatásban.

A természettudományos oktatás új taneszközei

Az új számítástechnikai módszerek oktatásban történő felhasználását elősegítendő a National Science Foundation (NSF – Nemzeti Természettudományi Alapítvány) számos olyan kutatási projektet támogatott, melyek arra kerestek választ, hogy használhatók-e – és ha igen, miként – a tudósok új eszközei a tanulók természettudományos műveltségének formálásában és a számítástechnikai kutatók képzésében. Ebben az esetben az alapgondolat az, hogy a tanulók ugyanúgy művelhetik a tudományt, mint ahogy maguk a kutatók. Hiszen minthogy az asztali számítógépek számítási teljesítménye rendkívül gyors ütemben növekszik, a kutatók gyakran olyan számítógépeken végzik munkájuk oroszlánrészét, melyek az iskolák számára is könnyen hozzáférhetőek. Az egyesült államokbeli tanulók legtöbbször számára pedig mind a számítógépek, mind pedig a világháló könnyedén elérhető, így a diákok hozzáférhetnek azokhoz az adatokhoz és webalapú eszközökhöz, melyeket a kutatók használnak. Ilyen egyebek mellett a Biology Workbench (<http://www.workbench.sdsc.edu>) vagy a ChemViz (<http://www.chemviz.ncsa.uiuc.edu>).

Elméletünk szerint ha a tanulók képesek használni a dinamikus, komplex rendszerek modellezésére szolgáló eszközöket, könnyebben tudják feldolgozni a tudományos ismereteket és így megalapozott döntéseket tudnak hozni a mindennapi, gyakran komplex természettudományos kérdésekben is. Ráadásul a tudományos vizualizációhoz hasonló eszközök segíthetik a diákokat az olyan alapvető elméletek megértésében is, melyeket kétdimenziós, statikus ábrák alapján nehéz megérteni (mint például a molekulaszervezetek vagy az atomkötések). Továbbá az ilyen eszközöket használó tanulók szinte bizonyosan alkalmasabbak lesznek a magasabb fokú természettudományos képzésben való részvételre. Az NSF számos olyan projektet támogatott, amely az oktatás számára – gyakorta a kutatók által használt professzionális eszközöktől ihletett – modellező és vizualizációs eszközöket fejlesztett ki. A ChemViz és a Biology Student Workbench (<http://www.bsw.ncsa.uiuc.edu>) két olyan, a közép- és felsőfokú oktatásban használható eszközkészlet, amely a kvantumkémia és a bioinformatika témakörét is felöleli. A Shodor Education részt vállal az olyan különféle interaktív eszközök és szimulációs környezetek kidolgozásában és támogatásában, melyek a megfigyelésen, feltevésen és modellező tevékenységen alapuló vizsgálatot és felfedezést segítik elő (<http://www.shodor.org/master>).

A WorldWatcher (<http://www.worldwatcher.nwu.edu>) a föld- és környezettudományok tanításának fejlesztését kívánja elősegíteni a felfedeztetéses pedagógiában – elsősorban 6–8. osztályban, de akár közép- és felsőfokú oktatásban is – használható adatvizualizációs és -elemzési eszközök révén. A BugScope („bogárszkóp”, <http://bugscope.beckman.uiuc.edu>) segítségével általános és középiskolai osztályok tanulói távolról vezérelt elektronmikroszkóppal hatalmas nagyításban tanulmányozhatják a rovarokat. A mikroszkóp távolról, valós időben irányítható az osztályteremből egy számítógép és egy böngészőprogram használatával.

A NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo>) egy keresztplatformos, ágensalapú, programozható modellező környezet, mellyel természeti és szociális jelenségek szimulálhatók, és amely különösen jól alkalmazható az időről-időre kifejlődő komplex rendszerek modellezésére. A rendszer használói a párhuzamosan ható független ágensek számainak vagy ezreinek adhatnak utasításokat. Ez lehetővé teszi az egyedi elemek mikro-

szintű viselkedése és az olyan makroszintű minták közötti kapcsolat vizsgálatát, melyek a számos egyedi elem interakciójából születnek.

A Michigani Egyetem számos középszintű taneszközt dolgozott ki általános iskolai osztályok számára, hogy segítse a modellezési készségek fejlesztését (ld. <http://www.hi-ce.org>). Néhány kereskedelmi célú próbálkozás is létezik. A Stella (<http://www.hps-inc.com>) egy rendszerszerű gondolkodásra nevelő szoftver, amely a tanulókat az ismeretek rendszerezésében próbálja segíteni, legyen szó akár egy szépirodalmi munkáról, *Newton* törvényeiről vagy az ökoszisztéma működéséről. Az Agent Sheets (<http://www.agentsheets.com>) hasonló a NetLogóhoz, de talán a tanulók számára annál egyszerűbben programozható. A Center for Image Processing in Education [Képfeldolgozás az Oktatásban Központ] (<http://www.cipe.com>) pedig a Scion Image szoftverrel (<http://www.scioncorp.com>) készített minőségi tananyagokat tesz hozzáférhetővé.

Munkacsoport a számítógépes modellezés és tudományos vizualizáció tanárképzésbe történő beillesztéséért ([Modeling and Visualization Workshop] MVW)

Az NSF egy olyan országos munkacsoportot is finanszírozott, melynek célja volt annak tanulmányozása, hogy miként integrálható a modellezés és a vizualizáció a tanárképzésbe (<http://www.edgrid.org/mvw.shtml>). A munkacsoport a jelenlegi kutatás eredményeinek összegzésével, a jövőbeni kutatás lehetséges irányainak kijelölésével és a megvalósítás stratégiáival kapcsolatos ajánlások kidolgozásával foglalkozott. A csoportban pedagógiai szakértők, tanárképző szakemberek, tudósok/matematikusok, tanárok és iskolai kapcsolattartók (*outreach specialists*) dolgoztak együtt. Az alapelvek többek között az alábbiak voltak:

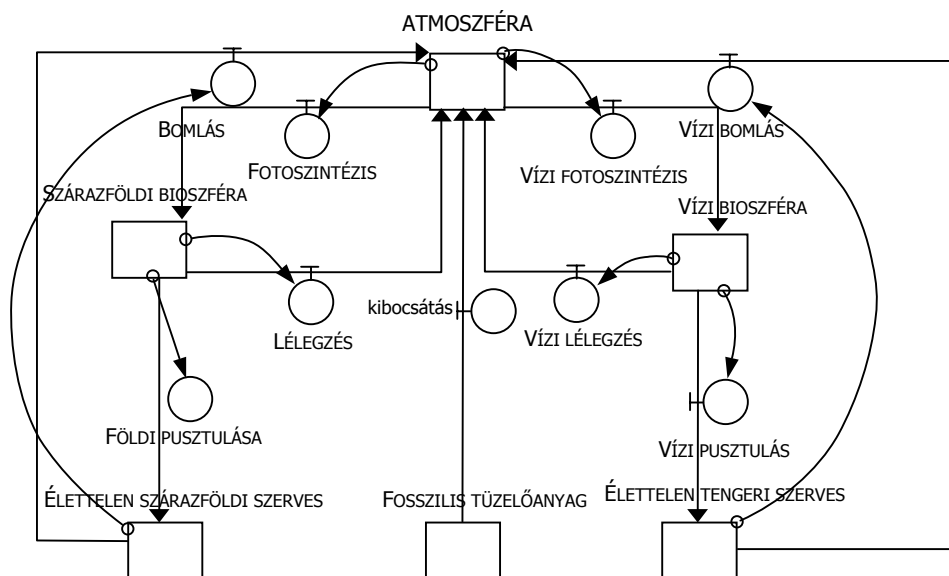
- 1) Minden amerikainak értenie kell a természettudományos modelleket, hogy megértesse a körülvevő világot és megalapozottabb döntéseket tudjon hozni.
- 2) A modellezés, a vizuális megjelenítés és az információs technológia segítségével minden amerikai megértheti és művelheti az ezek által megtestesített tudományokat.
- 3) A számítógéppel dolgozó kutatókból óriási hiány van.

A szintén az NSF által támogatott korábbi jelentések kiemelik a modellezés fontosságát a középiskolai tantervekben is: „a számítógépes modellezés elméletének és gyakorlatának kulcsszerepet kell játszania a természettudományos tárgyak tanterveinek egészében, nem csupán részeiben és nem csupán egyedi, választható kurzusokban.” A modellek segítenek „a valós kulcsjellemzőktől történő elvonatkoztatásában, ami lehetővé teszi, hogy betekintést nyerjünk a külső komplexitást megalapozó alapvető folyamatokba” (*A felsőfokú képzést megelőzően alkalmazott számítógépes modellezés kutatási és tervezési rendjének kidolgozása*, Final Report, NSF RED-9255877).

A Partnership for Advanced Computational Infrastructure (Szövetség a Fejlett Számítógépes Infrastruktúráért) – szintén az NSF által támogatott – Education Outreach and Training osztálya ([Oktatási kapcsolattartás és képzés] EOT - PACI, <http://www.eot.org>) azon dolgozik, hogy a modellezést és a vizualizációt beillessze a nemzeti természettudományos képzési standardok és az egyes államok által meghatározott követelmények közé. Maryland állam alapkövetelményei (*core learning goals*) közül valók például az alábbiak:

Elvárások környezetismeretből 6.1.1.: A diák bemutatja, hogy az anyagciklusok az élő rendszerek és a fizikai környezett között és azokon keresztül folytonosan, különféle módokon újrendeződnek. Ez magában foglalja a nitrogén-ciklust, a karbon-ciklust, a foszfor-ciklust és a víz körforgását.

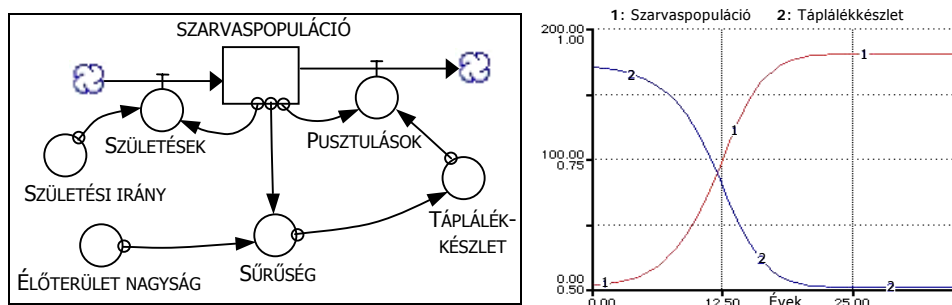
E tanulási célok megvalósítása során felhasználhatjuk a Stella modellező szoftvert a mélyebb megértés elősegítésére (2. ábra).



2. ábra
Anyagciklusok modellezése

Egy másik példa:

Elvárások biológiából 3.5: A diák tanulmányozza a különféle élő organismusok egymástól való kölcsönös függését és azok interakcióit a bioszféra összetevőivel (3. ábra).



3. ábra
Interakciók modellezése

A kutatási eredmények tanulságai

A fenti eszközök kidolgozásának támogatásán túl az NSF szponzorál olyan kiterjedt kutatásokat is, amelyek azt vizsgálják, miként használhatóak ezek az eszközök az amerikai iskolákban, illetve amelyek általánosságban a modellezésen és vizuális megjelenítésen alapuló megismerésre, pedagógiára és tanulásra összpontosítanak. Az alapvető kérdés: „Tudjuk-e, hogy a diákok így tanulják a természettudományos tárgyakat és a matematikát?” A rövid válasz: nem. Azonban:

- 1) tudjuk, hogy a modellező és vizualizációs eszközök használata autentikus, hiszen a diákok ugyanazokat a módszereket és eszközöket használják, mint a kutatók (*Edelson, 1997, 2001; Soloway és mtsai., 2000*);
- 2) tudjuk, hogy a modellezés és a vizualizáció felfedezésre ösztönöz (*Edelson, 2001; Gordin, Edelson és Pea, 1996; Kaput és Roschelle, 2001; Krajcik és mtsai., 2000; Linn és Slotta, 2001*);
- 3) úgy gondoljuk, hogy az autentikus természettudományos érdeklődés arra ösztönzi a diákokat, hogy kötetlenebb feltételezéseket fogalmazzanak meg, és hogy általában többet gondolkodjanak a természettudományokról (*Reiner, Pea és Shulman, 1995; Bell, 1997*);
- 4) tudjuk, hogy a diákokat leköti a modellezés (*Krajcik, Singer és Marx, 1998*);
- 5) tudjuk, hogy a vizualizáció és a modellek segítik a kémia megértését (*Wu, Krajcik és Soloway, 2001*).

Melyek a sikeres modellalkotást és vizualizációt megalapozó tanulási környezet jellemzői?

Több kutatócsoport is vizsgálja, milyen tanulási környezet és keret a legalkalmasabb a modellező és vizualizációs eszközök számára. Például:

- 1) a CoVis projekt (<http://www.covis.nwu.edu>) azt vizsgálja, hogy a vizualizáció miként segítheti a természetes érdeklődés kialakulását.
- 2) A Web-based Inquiry Science Environment ([Web-alapú természettudományos vizsgálati környezet] WiSE, <http://www.wise.berkeley.edu>) a modellekre és a bizonyítékalapú érvelésre összpontosít.
- 3) A SCALE (Synergy Communities Aggregating Learning about Education) vízminőségre koncentrálnó projekt (<http://scale.soe.berkeley.edu:8080/scale>).

Milyen tényezők érvényesülése szükséges a diákok tanulásra motiváltságához?

- Motiváló kontextusok: Jártasság, a diákokat közvetlenül érintő implikációk, fontos társas és irányelvbeli implikációk, jogos kétely és vita (*Edelson, Gordin és Pea, 1999*).
- Releváns problémák: Releváns probléma az, amelynek a diák számára fontos implikációi vannak. *Songer és Lee (2001)* ilyen releváns problémákat mutat be tudósokkal és kortársakkal folytatott internetes fórumbeszélgetések és valós idejű autentikus adatok alapján.

- Az érdeklődés felkeltése a tevékenység középpontba helyezésével, megkomponálásával. Tartós motiváció kialakítása a tanulók érdeklődésének konkrét tudományos kérdésekhez kapcsolásával.
- Az érdeklődés felkeltése áthidaló tevékenységgel. Az áthidaló tevékenységek célja, hogy a tanulók és a kutatók gyakorlata közti űrt kitöltse.

A modellalkotás mint fejlődési folyamat

A modellezési képességek kifejlődése éveket vesz igénybe, ezért már az alsóbb osztályokban el kell kezdeni az olyan előzetes képességek, mint az analógia fejlesztését (Lehrer és Schauble, 2000). White és Frederikson (1990) eredményei azt mutatják, hogy a körülbelül 13 évnél fiatalabb tanulók nem képesek a matematikai modellek befogadására. Azonban a kisiskolás gyerekek a matematikai viszonyok ismerete nélkül is képesek a fogalmi kapcsolatok és összefüggések megértésére. A Michigani Egyetem által kidolgozott eszközök (melyekről fent már szóltunk) nagy része éppen a matematikai viszonyok ismerete nélküli fogalmi modellezést segíti. Például ahelyett, hogy egy algoritmus-sal íránk le egy egyenes lejtőszögét, a tanuló leírhatja a kapcsolatot úgy is, hogy azt mondja, a független változó növekedésével a függő változó is növekszik, de a függő változó valamivel gyorsabban nő.

Többszörös reprezentáció

Az elmúlt két évtizedben több csoport is foglalkozott annak a feltérképezésével, hogy a szakértőket mi különbözteti meg a kezdőktől (Chi, Feltovich és Glaser, 1981; Chi, Glaser és Farr, 1988; Kozma és Russel, 1997; Larkin, McDermott, Simon és Simon, 1980). A Levin és Bruce (2001) által összefoglalt eredmények tudományterülettől függetlenül, általánosan érvényesek: „a szakértők számos, míg a kezdők csupán egyetlen (vagy néhány) szempontból képesek megközelíteni a tudományterületet. A szakértők az ismert terület számos különböző reprezentációjával rendelkeznek, képesek ezek között váltani, és rendelkeznek egy olyan metatudással, amelynek révén képesek meghatározni, hogy mely feladat megoldásához melyiket kell kiválasztani, illetve egy feladat megoldásához melyikre kell átváltani.”

Azonban maguk a kutatók is csak most kezdik megérteni, hogyan válhatnak a tanulók is képessé a többszörös reprezentációk kezelésére. A Massachusettsi Egyetem egyik kutatócsoportja olyan kognitív modellt dolgozott ki, amelyik bemutatja, hogyan raktározzák el és használják a tartalmi tudást a szakértők és a kezdők (Dufresne, Leonard és Gerace, 1995). A modell segít abban, hogy olyan konkrét területeket célozhassunk meg, amelyekre a tanulóknak koncentrálniuk kell problémamegoldó képességük fejlesztéséhez. A modell segít az alábbiak vizsgálatában:

- 1) a területspecifikus tudás elraktározása;
- 2) a szakértők és a kezdők problémamegoldó viselkedése;
- 3) a szakértői tudás hierarchikus struktúrája;
- 4) tévképzetek;

Az új természettudományos szemlélet (New Science) hatása az oktatásra az Egyesült Államokban

- 5) a célirányos és célfüggetlen kérdések hatásai;
- 6) a metakommunikációs folyamat.

Az MVW (Modeling and Visualization Workshop) további kutatási irányokat meghatározó ajánlása

- 1) Ösztönözni kell a tudományterületek és intézmények közötti, valamint vállalati és K-16 együttműködések:
 - az eszközök kidolgozóinak és az oktatóknak együtt kell működniük az eszközök vizsgálatában és értékelésében;
 - a kutatók megfigyelése (és kapcsolatok kialakítása) annak érdekében, hogy megértsük, miként használják a modellalkotást és a vizualizációt;
 - az MVW tevékenységének a kutatással kapcsolatos kérdések felvetését és az alkalmazás módszertanának megvitatását bátorító együttműködéshez kell vezetnie.
- 2) Elemezni kell, hogy a kutatók hogyan használják a többszörös reprezentációt, majd az eredményeket be kell illeszteni a tanulók tanulási folyamatairól alkotott tudásunkba.
- 3) A számítógéppel segített oktatás megtervezése során a mesterséges intelligencia programozásához fel kell használni a támogató oktatással [*scaffolding*] kapcsolatos általános ismereteinket.
- 4) A komplett rendszerek (nem csupán rendszerszerű, hanem a rendszerre minden szinten kiterjedő) tanulmányozását célzó nagy ívű projektek támogatása.

MVW (Modeling and Visualization Workshop) tervezési prioritásokra vonatkozó ajánlása

- 1) Az elvárásokat a modellépítés és -alkalmazás technikáinak elsajátításához szükséges idő figyelembevételével kell meghatározni, és ezt az időt a növekményes fejlesztésben felhasználni.
- 2) Az eszközök kidolgozóinak és az oktatóknak együtt kell működniük az eszközök megtervezésében és alakításában.
- 3) Több szempontú alkalmazásokat kell használni, mind üzleti, mind pedig oktatási megoldásokat figyelembe kell venni.

MVW (Modeling and Visualization Workshop) ajánlása az oktatáspolitikai irányelvek megfogalmazásához

- 1) Az oktatókból és modellalkotási-vizualizációs szakemberekből álló nemzeti testületnek vagy munkacsoportnak a didaktikai kutatások alapján ki kell dolgoznia:
 - az oktatásban alkalmazni kívánt modellezés és természettudományos vizualizáció definícióit;
 - az azzal kapcsolatos konkrét célok sorát, hogy a tanulóknak mit kell nyerniük a modellalkotási-vizualizációs tevékenységekből;

- egy olyan hosszú távú ütemezési tervet, amely meghatározza, hogy a tanulóknak mit és mikor kell megtanulniuk a modellező-vizualizációs technikákról.
- 2) Oktatási döntéseket kell hozni kongresszusi, iskolaszéki és rektori szinteken.

MVW (Modeling and Visualization Workshop) ajánlások az alkalmazás prioritásainak meghatározásához

- 1) Integráció:
- a modellezés eszközeinek alaprepertoárját ki kell dolgozni;
 - a feladatokat a standardokhoz kell igazítani;
 - a tanulók és a tanárszakos hallgatók számára készült szövegek integrációját el kell végezni;
 - olyan mellékletapparátust kell használni, amely alapján összeállíthatjuk a széles körben használt termékek „tartalomjegyzékét”;
 - szükség van a tankönyvkiadókkal való együttműködésre;
 - létre kell hozni a standardok kereshető adatbázisát, melynek az átfedések bemutatása érdekében az összes állami és országos standardot tartalmaznia kell;
 - a tanterv strukturálását segítő olyan kereteket kell kidolgozni és megtervezni, melyek a kitűzött célokat szervesen megvalósítják.
- 2) A hozzáállás megváltoztatása:
- az illetékeseket rá kell vezetni annak a felismerésére, hogy az újítások miként segíthetnek az általuk képviselt célok megvalósításában;
 - a tanárokat fel kell készíteni a hivatalnokok, az iskolaszékek és a szülők gondolkodásának formálására;
 - a kurzusokat intézményesíteni kell;
 - a már működő modellező vagy modellezést is igénylő kurzusokat számba kell venni.
- 3) Ösztönözni kell a tudományterületek és intézmények közötti, valamint vállalati és K-16 együttműködéseket:
- az eszközök kidolgozóinak és az oktatóknak együtt kell működniük az eszközök kidolgozásában, használatában és alakításában;
 - többszemponitű alkalmazásokat kell használni: mind üzleti, mind pedig oktatási megoldásokat figyelembe kell venni;
 - a gyakorlati alkalmazást megvalósító közösségeket kell létrehozni.

Fordította: Barna József

A tanulmány szövege meghívott előadásként hangzott el a II. Országos Neveléstudományi Konferencián a Magyar Tudományos Akadémián (2002. október 24–27).

Irodalom

- Bell, P. (1997): Using argument representations to make thinking visible for individuals and groups. In: R. Hall, N. Miyake, és N. Enyedy (szerk.), *Proceedings of CSCL '97: The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. Toronto: University of Toronto Press. 10–19.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., és Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, **5**. 121–152.
- Chi, M. T. H., Glaser, R. és Farr, M. J. (1988, szerk.): *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Dufresne, R. J., Leonard, W. J. és Gerace, W. J. (1995): Model of knowledge, cognition, and learning: A qualitative model for the storage of domain-specific knowledge and its implications for problem-solving. University of Massachusetts Physics Education Research Group.
[http://umperg.physics.umass.edu/stories/storyReader\\$40](http://umperg.physics.umass.edu/stories/storyReader$40)
- Edelson, D. (1997): Realizing authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In: K. Tobin és B. Fraser (megjelenőben, szerk.): *International Handbook of Science Education*. Kluwer, Dordrecht.
- Edelson, D. C. (2001): Learning-for-use: A Framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, **38**. 3. sz. 355–385.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., és Pea, R. D. (1999): Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, **8**. 3–4. sz. 391–450.
- Gordin, D. N., Edelson, D. C., és Pea, R. D. (1996): Supporting students' science inquiry through scientific visualization activities. Előadás interaktív szimpózium részeként: Scientific Visualization Tools in Science Classrooms. The Annual meeting of the American Educational Research Association, New York, April 8–12.
- Kaput, J. és Roschelle, J. (2000, October): Shifting representational infrastructures and reconstituting content to democratize access to the math of change and variation: Impacts on cognition, curriculum, learning and teaching. Workshop: „Integrate Computer-based Modeling and Scientific Visualization into K–12 Teacher Education Programs”. Ballston, VA.
<http://www.simcalc.umassd.edu/NewWebsite/downloads/ShiftingRepresent.pdf>
- Kozma, R., és Russell, J. (1997): Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, **34**. 9. sz. 949–968.
- Krajcik, J., Singer, J. és Marx, R. (1998): Development of extended inquiry projects: A collaborative partnership with practitioners. Előadás az American Educational Research Association éves konferenciáján. San Diego.
- Krajcik, J., Marx, R. W., Blumenfeld, P., Soloway, E. és Fishman, B. (2000): Inquiry based science supported by technology: Achievement among urban middle school students.
http://www.hi-ce.org/hiceinformation/papers/2000/inquiry_based_science_supported/Krajcik_AERA00.pdf
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. és Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, **208**. 1335–1342.
- Lehrer, R. és Schauble, L. (2000): Model-based reasoning in mathematics and science. In: R. Glaser (szerk.): *Advances in instructional psychology, Vol. 5*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 101–159.
- Levin, J. A. és Bruce, B.C. (2001): Technology as Media: The Learner Centered Perspective, Előadás: 2001 AERA Meeting, Seattle WA. <http://lrs.ed.uiuc.edu/jim-levin/levin-bruce-aera.html>
- Linn, M. C. és Slotta, J. (2001): WISE: The Web-based Integrated Science Environment.
<http://wise.berkeley.edu/WISE/pages/research.php>
- National Assessment of Educational Progress (2001): The Nation's Report Card (National Center for Educational Statistics). <http://nces.ed.gov/nationsreportcard/>.

Lisa Bievenue

- National Commission on Excellence in Education (1983): A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. <http://www.ed.gov/pubs/NatAtRisk/index.html>
- Reiner, M., Pea, R. D. és Shulman, D. J. (1995): Impact of simulator-based instruction on diagramming in geometrical optics by introductory physics students. *Journal of Science Education and Technology*, **4**, 3. sz. 199–226.
- Soloway, E., Pryor, A., Krajcik, J., Jackson, S., Stratford, S. J., Wisnudel, M. és Klein, J. (2000): ScienceWare's Model-It: Technology to support authentic science inquiry. http://www.hi-ce.org/hiceinformation/papers/misc/ScienceWares_ModelIt/Model-It_Paper.html
- Songer, N. és Lee, S. (2001): *The social context surrounding learning with visualization tools. Proceedings of the Workshop to Integrate Computer-based Modeling and Scientific Visualization into Teacher Education*. Ballston, VA.
- Third International Mathematics and Science Study (1995): (National Center for Educational Statistics) <http://nces.ed.gov/timss/timss95/index.asp>.
- White, B. és Frederiksen, J. (1990): Causal model progressions as a foundation for intelligent learning environments. *Artificial Intelligence*, **24**, 99–157.
- Wu, H., Krajcik, J. S. és Soloway, E. (2001): NARST, Promoting Conceptual Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. http://www.hi-ce.org/hiceinformation/papers/2001/promoting_conceptual_understanding/Wu-NARST00.pdf

ABSTRACT

LISA BIEVENUE: NEW SCIENCE OF THE 21TH CENTURY (AND LATTER 20TH CENTURY)
AND ITS CURRENT IMPACT ON EDUCATION IN THE US

Although high speed computing, advances in data storage and new visualization techniques enable new ways of doing science, the impact of “New Science” is not present yet in elementary/secondary education. U.S. national science education standards are only beginning to address the impact of computational science, computer-based modeling and scientific visualization. This paper argues that students can be doing the same as scientists, because New Science relies heavily on computation, which students do have access to; and that they should be doing the same in order to be better prepared for advanced education as well as better able to make informed decisions on everyday, sometimes complex scientific issues, and because the technological advances are likely to help them understand fundamental scientific concepts. Educational research findings concerning the latter are reviewed and examples of modelling and visualization tools are provided. Finally, recommendations are summarized regarding further research and teacher education.

Magyar Pedagógia, **102**. Number 4. 433–444. (2002)

Levelezési cím / Address for correspondence: Lisa Bievenue, NCSA Education & Outreach division; NCSA, 605 E Springfield Ave., Champaign, IL 61820. Tel.: (217) 244 1993