

La intel·ligència artificial i la seva aplicació en l'ensenyament

Begoña Gros Salvat *

L'objectiu fonamental d'aquest article és mostrar com les tècniques desenvolupades en intel·ligència artificial (IA) són d'una gran utilitat per tal de millorar el *software* destinat a l'àmbit educatiu. Per a això, en primer lloc, s'hi fa un breu resum de les finalitats i els objectius generals de les investigacions en IA realitzades fins al moment. Posteriorment, es descriuen les diferents aplicacions de la IA en l'educació dirigides als alumnes en tasques formatives i instructives, i als professors en tasques de disseny i planificació de les activitats docents. L'article acaba amb una reflexió sobre les tendències futures de la IA aplicada a l'educació.

Intel·ligència artificial

L'expressió *intel·ligència artificial* (IA) va ser suggerida per J. McCarthy, professor de la Universitat de Stanford, el 1956 per tal de referir-se a una part de la informàtica dedicada al disseny de màquines que fossin capaces de simular algunes de les conductes realitzades per l'ésser humà, i que habitualment cataloguem com a *intel·ligents*. Durant molts anys, la investigació en IA va ser duta a terme fonamentalment en centres d'investigació universitària. Només dels darrers deu anys ençà alguns dels resultats d'aquests estudis van indicar com molts conceptes, procediments i tècniques desenvolupades als laboratoris podien tenir una valuosa aplicació en diferents àmbits, tals com la indústria, la medicina, les finances, etc. Cinc són les àrees més actives d'investigació en IA: el llenguatge natural, la robòtica, els *interfaces* de comunicació, la programació

* Begoña Gros Salvat és doctora en Pedagogia, professora del Departament de Teoria i Història de l'Educació de la Universitat de Barcelona. D'ençà 1983 s'ha dedicat a l'estudi del disseny i de la utilització de la informàtica en l'àmbit educatiu, i ha publicat diversos llibres i articles sobre el tema.

automàtica i els sistemes experts. Explicarem breument aquesta darrera, ja que és la que té actualment una clara connexió amb el desenvolupament del *software* educatiu.

El terme *sistema expert* no descriu un producte, sinó més aviat un conjunt de conceptes, procediments i tècniques que permeten utilitzar la informàtica en una nova dimensió. En essència, els sistemes experts permeten assistir en l'anàlisi i la resolució de problemes complexos. Intenten simular la conducta d'un expert humà en un domini específic de coneixement. Un sistema expert ha de contenir, doncs, tot el contingut que manejaria l'expert i, a més, la forma de raonament utilitzada per aquest; és a dir, la manera en què l'expert fa servir el coneixement. Per exemple, si volguéssim realitzar un programa que ensenyés a fer operacions aritmètiques, hauríem d'introduir en l'ordinador tots els coneixements que té un professor especialista en aquesta matèria (seqüència de les operacions, idees sobre la motivació dels alumnes, organització del material, etc.) i, a més, especificar els raonaments duts a terme pel professor durant el procés d'ensenyament (com decideix quin contingut s'ha de transmetre, com corregeix un determinat error, etc.)

Així, doncs, amb aquesta mena de programes s'estén el tipus d'utilització dels ordinadors actuals, ja que aquests no se centren únicament en la realització de tasques primordialment repetitives, sinó que es passa a una utilització de l'ordinador com a eina d'ajut en tasques complexes, tals com el diagnòstic o la presa de decisions. En aquest sentit, en el terreny de la indústria i del comerç hi ha moltes esperances dipositades en aquesta mena de *software*. No obstant això, és un producte que s'està començant a produir. De fet, la seva comercialització no va començar fins al 1980 i, donada llur complexitat de disseny, la producció d'aleshores ençà ha estat força lenta i minsa.

De tota manera, hi ha diversos àmbits on la producció ha estat més important. Ens estem referint, fonamentalment, a les aplicacions financeres, l'automatització d'oficines, els equips de manteniment industrial i en l'àmbit de la medicina. L'aplicació en el terreny educatiu, tal com veurem més endavant, encara està en una fase experimental i són molt pocs els productes que n'hi ha.

Menes d'aplicacions de la IA en l'educació

Les aplicacions educatives a partir de l'ús de tècniques d'IA varien, bàsicament, en funció dels objectius que es persegueixen amb el

disseny del programa, així com també de la mena de coneixement que l'aplicació ha de manipular.

Tal com es veu en la figura 1, hi podem distingir dos grups generals: les que van dirigides a proporcionar i facilitar un determinat aprenentatge a l'alumne i les que van dirigides a ajudar el professor en tasques com la planificació, el disseny i l'organització de l'activitat docent.

D'entre les aplicacions que permeten crear programes destinats a l'ensenyament, se'n poden distingir dues grans àrees: els micromons i els tutorials intel·ligents (TI). Ambdues modalitats es troben arrelades en dues posicions diferents de la utilització de la informàtica en l'àmbit educatiu. La construcció de micromons se situa en la recerca d'eines que ajudin la persona a construir el coneixement a partir de la interacció amb l'ordinador mitjançant processos d'aprenentatge basats fonamentalment en el descobriment. En canvi, els TI, a l'igual que el *software* propi de l'ensenyament assistit per ordinador (EAO), tenen com a objectiu la creació de programes que permetin transmetre un coneixement prèviament formalitzat adoptant una mena de conducta més "intel·ligent" que millori el procés d'ensenyament a través de la màquina. A continuació, les explicarem més detalladament.

Micromons

El concepte de micromon va ser utilitzat per M. Minsky i S. Papert el 1971 per fer referència a una possible multitud de petites fragmentacions en les estratègies de resolució de problemes en dominis interactius d'aprenentatge. Posteriorment, Papert torna a fer servir el concepte en els seus treballs sobre la construcció del llenguatge Logo (Papert, 1973).

El llenguatge Logo és una mena d'aplicació de la informàtica educativa que es diferencia de la resta per no ser un programa prèviament elaborat, sinó un llenguatge de programació que pretén, a més, apartar-se dels models clàssics de l'EAO. No va ser dissenyat perquè els nens aprenguessin a programar. La finalitat del seu ús va més enllà de l'adquisició d'una cultura informàtica. Logo pretén ser una eina que faciliti el desenvolupament de la persona i la construcció d'aprenentatges mitjançant processos de descobriment. No es tracta, doncs, que l'alumne aprengui mitjançant la recepció d'informacions emeses per l'ordinador amb un programa prèviament elaborat, sinó que l'alumne programi l'ordinador i aquesta activitat li permeti reflexionar sobre les seves estratègies d'actuació, de tal manera que construeixi així, de manera dinàmica, els seus mateixos aprenentatges.

S. Papert és la figura més representativa d'aquesta línia i és el principal impulsor del grup que va desenvolupar aquest llenguatge. El 1969 va crear el *Projecte Logo*, que tenia com a finalitat desenvolupar un llenguatge de programació que poguessin fer servir en l'àmbit escolar nens de qualsevol edat. Aquest mateix any, va aparèixer una primera versió del llenguatge Logo que es va presentar com un dialecte de LISP i, igual que aquest, pretenia ser un llenguatge orientat cap al processament de llistes, que permetés als infants desenvolupar un coneixement més profund de les idees matemàtiques i de les formes d'aprenentatge.

Malgrat això, Papert va observar que la utilització de les llistes implicava una mena de programació excessivament complexa perquè la poguessin fer servir infants petits. Prenent com a referència les investigacions i el desenvolupament d'artefactes mecànics de Grey Walter, va dissenyar la famosa tortuga mecànica els moviments bàsics de la qual són transferits posteriorment a l'ordinador mitjançant la creació d'un entorn gràfic. És a partir de la construcció d'aquest entorn quan Papert va insistir en la utilització del concepte de micromon com "un subconjunt de la realitat, o de la realitat construïda, l'estructura del qual concorda amb un mecanisme cognitiu determinat i pot subministrar un entorn on aquest darrer pugui operar de manera efectiva" (L. Rodríguez-Roselló, 1986, pàg. 11).

A partir d'aquestes primeres experiències es van anar generant nous dissenys del llenguatge més amplis i complets. Actualment, està compost per cinc entorns diferents de programació: gràfic (o geometria de la tortuga), processament de llistes, numèric, animació i música. Aquests es poden treballar de manera independent o, al contrari, es poden realitzar programes fent servir el vocabulari específic de més d'un entorn o de tots pegats.

De fet, en el context de la utilització del llenguatge Logo, el concepte de micromon posseeix avui dos sentits diferents; el derivat de l'obra de Papert i el desenvolupat per R. Lawler.

Papert (1980, 1988) atribueix a aquest concepte una visió força àmplia. Per a aquest autor, un micromon és un entorn de programació amb prou consistència en ell mateix com per permetre l'exploració de coneixements molt diversos. Des d'aquesta òptica, la geometria de la tortuga és un clar exemple de micromon, que pot servir per explorar aspectes matemàtics, geomètrics, físics, espacials, etc.

R. Lawler (1984) restringeix molt més el significat d'aquest concepte i considera un micromon com un procediment o conjunt de procediments al voltant d'alguna idea valuosa per tal de desenvolupar en l'alumne l'aprenentatge d'un coneixement o estratègia específica. Des d'aquest punt de vista, un micromon pot ser una cosa tan simple

com un procediment per construir espirals, o una cosa molt més complexa com el disseny d'un programa amb el qual es subjecte pugui realitzar accions sobre diferents tortugues, provant reaccions físiques tals com la velocitat, l'acceleració, etc.

Considerat en un sentit més ampli o en un de més restringit, la idea central ve a ser la mateixa. És a dir, la construcció d'entorns oberts que permetin a la persona l'exploració d'idees a través de la interacció amb l'ordinador. No hi ha un enquadrament previ dels coneixements que cal transmetre, sinó que l'alumne els ha de descobrir mitjançant la seva pròpia acció. El concepte de micromon té, doncs, un model d'aprenentatge fonamentat en la teoria piagetiana.

L'EAO i els TI: aspectes comparatius

Una de les primeres i més conegudes aplicacions de la informàtica en l'àmbit educatiu el constitueix el denominat ensenyament assistit per ordinador. Dels anys seixanta ençà, una de les preocupacions fonamentals de la informàtica educativa ha estat la construcció de programes per a l'ensenyament. Aquests han adoptat modalitats diverses. Podem trobar programes centrats en la generació d'exercicis per a la consecució d'aprenentatges en què la pràctica sistemàtica i continuada és fonamental, programes de caire tutorial que assumeixen la transmissió d'informació en una àrea de coneixement determinat, programes de simulació que mostren al subjecte aspectes que difícilment podrien ser observats a la realitat, permetent a més la modificació de paràmetres, etc.

L'EAO comença a tenir una història força llarga i, per consegüent, el volum de *software* és també considerable. Això dificulta la realització de valoracions globals sobre la seva qualitat tant a nivell tècnic com pedagògic. No obstant això, cal tenir en compte que, dins de les aplicacions de la informàtica en l'ensenyament, l'EAO ha estat, fins al moment, el prototipus de l'ensenyament tradicional. És un fet conegut que els primers programes realitzats van tenir-ne les arrels en l'ensenyament programat i en l'ús de les màquines d'ensenyar. La teoria del condicionament operant, juntament amb les aportacions sobre la naturalesa de les respostes de l'alumne en funció de la concepció ramificada de Crowder, ha estat el model de l'organització, estructuració i transmissió del coneixement en l'EAO. És evident que la tecnologia emprada per a la construcció d'aquesta mena de *software* té moltes limitacions.

En primer lloc, cal tenir en compte que la capacitat d'emmagatzematge dels ordinadors utilitzats en l'ensenyament és força li-

mitada. En conseqüència, els programes elaborats no poden ser excessivament potents. En segon lloc, cal tenir present que els llenguatges de programació emprats estan basats en el processament numèric i seqüencial, i això determina també la possibilitat de construir programes molt oberts. Per últim, fins fa poc la major part dels llenguatges d'autor comercialitzats només permetien construir programes amb una estructura seqüencial molt simple, cosa que afegida a la manca d'ús d'animació i gràfics donava com a resultat productes molt pobres tant des del punt de vista tècnic com pedagògic. Aquest darrer aspecte és potser el que més està canviant avui. De fet, hi ha ja una gran varietat de llenguatges d'autor que permeten la creació d'un *software* molt més interactiu, amb animació, gràfics, control de videodisc, etc. Fins i tot, en alguns casos, com per exemple el programa Hypercard desenvolupat per a Macintosh, s'han construït petits programes que processen la informació de manera semblant a com ho fan els sistemes experts que descriurem més endavant. Aquest és el cas d'Hyperx, que permet construir sistemes experts senzills que poden ser afegits a qualsevol altre *software* realitzat amb aquest mateix programa.

En definitiva, la frontera entre els programes d'EAO clàssics i el TI es va difuminant com més va més a causa de la millora de les eines de producció de *software*. Malgrat això, la major part dels programes del mercat actual, i molt especialment els elaborats per a l'ensenyament bàsic, presenten força limitacions, i per això molts en resulten d'escassa qualitat pedagògica.

Es critica fonamentalment dels programes d'EAO llur incapacitat per mantenir un diàleg obert amb l'alumne. Sempre és l'ordinador el que presenta la informació i espera la resposta de l'alumne, sense que aquest pugui adquirir d'altres informacions en qualsevol moment de la interacció. A més de l'aspecte comunicatiu, el *software* desenvolupat segueix estructures de transmissió del coneixement de caràcter seqüencial prèviament determinades i, per consegüent, els programes manquen de la capacitat d'una adaptació real a les necessitats i a l'estil d'aprenentatge individual de l'alumne.

Cap als anys setanta, alguns autors (Carbonell, 1970; Sleeman, 1973) van començar a pensar que aquesta forma d'adaptació només podria aconseguir-se incorporant al disseny de *software* tècniques procedents del camp de la IA; així és com van sorgir els denominats tutorials intel·ligents.

Tal i com hem assenyalat, amb els micromons no es busca la creació de programes que actuïn intel·ligentment, sinó de mitjans d'exploració que facilitin el desenvolupament de l'alumne. Al contrari, en el cas dels TI es pretén que sigui el mateix ordinador el que adopti una forma de conducta intel·ligent que permeti controlar el procés

d'aprenentatge de l'alumne. Així, doncs, "els TI són programes d'ordinador que fan servir tècniques procedents de la IA per representar el coneixement i dur a terme una interacció amb l'alumne" (D. Sleeman i J. Brown, 1982, pàg.1).

L'objectiu fonamental dels TI és, doncs, proporcionar una instrucció adaptada a l'alumne tant en el contingut com en la forma, i superant d'aquesta manera alguns dels problemes més apressants del *software* educatiu existent avui. Podríem plantejar aquesta superació en termes comparatius, assenyalant que, mentre que l'EAO s'ha presentat com un material didàctic més proper al llibre de text o a la llibreta d'exercicis, els sistemes intel·ligents d'EAO apunten cap a un modelatge del comportament proper al del professor.

Quan es fan afirmacions com les anteriors, convé matisar una mica, perquè es pot transmetre la sensació que molt aviat tot l'ensenyament estarà contingut en programes que seran tan intel·ligents com els professors i que actuaran igual o més bé que ells. D'aquesta manera, la tasca instructiva que aquests realitzen, desapareixeria. En aquest sentit, és més important remarcar que la realitat és encara molt lluny d'assolir aquests propòsits. D'aquesta manera, mentre que hi ha un volum força considerable de programes d'EAO, no hi ha TI comercialitzats i utilitzats en l'àmbit escolar. Fins al moment, els productes dissenyats s'han mantingut com a prototips emprats exclusivament a nivell exploratori. Aquest és un aspecte que convé tenir present, perquè en moltes ocasions, en contraposar els objectius i les característiques de l'EAO amb els TI, és possible generar unes expectatives excessivament optimistes de la qualitat d'aquests darrers respecte dels primers, que no correspondrien exactament a la realitat del material dissenyat fins al moment.

L'EAO i els TI, tot i que aparentment se situen en un tipus similar d'aplicació de la informàtica en l'ensenyament, en realitat constitueixen dues menes d'aplicacions, entre les quals es poden apreciar força diferències. Ens centrarem a continuació en la descripció d'algunes (O. Park *et al.*, 1987, pàg. 31):

1. *Origen*. Tradicionalment, les investigacions i el desenvolupament de material per a l'EAO ha sorgit dels mateixos professionals de l'ensenyament. En contrast, els TI van ser dissenyats inicialment per investigadors procedents del camp de les ciències computacionals per tal d'explorar les capacitats tècniques de la IA en el procés d'ensenyament-aprenentatge. El focus dels projectes dels TI ha estat sobretot en els aspectes tècnics, més que no pas en el domini d'una àrea de coneixement o en els merament instructors. No obstant això, cal assenyalat que aquesta àrea de treball és, avui dia, fonamentalment interdisciplinària i aplega especialistes en ciència cognitiva, IA, educació, psicologia i lingüística.

2. *Bases teòriques.* Com hem dit anteriorment, els programes d'EAO se situen en el context de l'ensenyament programat i els plantejaments de la psicologia desenvolupada per Skinner. Pel contrari, els TI parteixen de les aportacions de la psicologia cognitiva. Per això, mentre que en els programes d'EAO es tendeix a controlar molt les respostes dels alumnes i els mecanismes de *feed-back* per tal que aquests arribin a donar la resposta esperada, en els TI interessa molt més anar avaluant les diferents respostes donades per l'alumne al llarg de la seva interacció amb l'ordinador per poder detectar-hi aspectes tals com l'estil de l'aprenentatge de l'alumne, el seu grau d'interès, comprensió, etc. En definitiva, els projectes en aquesta àrea han mostrat un més gran interès per detectar els processos interns de l'alumne que sorgeixen en una tasca específica d'ensenyament-aprenentatge.

3. *Estructuració i funcions.* En la major part dels programes d'EAO tots els components són emmagatzemats i incorporats en una única estructura, i encara que alguns sistemes tenen mòduls separats, l'actuació dels components està predeterminada algorítmicament. És a dir, tota la informació que es pretén transmetre està fragmentada en petites unitats i la seva seqüència ve definida per les respostes dels alumnes. D'aquesta manera, si un alumne vol obtenir una determinada informació, és possible que no ho pugui fer directament fins que no hagi contestat totes les respostes previstes pel programa.

Els TI tendeixen a l'organització de la informació en funció de sistemes de recerca heurística que permetin arribar a una barreja d'iniciatives entre l'ordinador i l'alumne. S'intenten construir mòduls separats als quals es pugui accedir sense necessitat de veure tot el programa prèviament. En resum, amb un programa clàssic d'EAO, tots els alumnes acabarien veient la mateixa informació en un ordre molt semblant, metre que amb un TI, aquests podrien accedir a parts del programa sense necessitat de treballar tots els materials que el tutorial té programat. La seqüenciació estaria en funció de l'elecció de l'alumne i de l'anàlisi del conjunt de respostes ofertes per aquest.

4. *Mètodes d'estructuració del coneixement.* El coneixement en els programes d'EAO sol estar estructurat, tal i com s'ha dit anteriorment, de manera algorítmica. La tasca principal està formada per un conjunt de subtasques que es van succeint seqüencialment. Els TI recullen les tècniques de representació del coneixement que no necessàriament ha d'estar organitzada de manera seqüencial, sinó que es possible accedir a parts específiques del mateix a través d'estratègies heurístiques.

5. *Mètodes de modelatge de l'alumne.* L'EAO fa fer servir un model d'alumne basat en el judici binari sobre les respostes donades per aquest a les preguntes presentades pel programa. Les accions

posteriors es troben en funció de l'encert o error d'aquesta resposta, sense tenir en compte la història particular de l'alumne. Així, doncs, la diferència fonamental entre els models usats pels programes d'EAO i els TI és que, mentre que els primers avaluen l'última resposta, els segons intenten avaluar totes les respostes de l'alumne durant l'execució del programa.

6. *Format de la instrucció.* En el cas dels programes d'EAO, el format de la instrucció es presenta bàsicament a través de quatre modalitats diferents: a) tutorial: l'ordinador actua com a tutor en una determinada temàtica; b) pràctica i exercitació: l'ordinador proporciona un conjunt d'exercicis per tal de permetre que l'alumne adquireixi una determinada habilitat; c) simulació: l'ordinador esdevé un laboratori amb el qual l'usuari pot experimentar situacions que resulten difícils de manejar en la realitat; i d) jocs. Aquesta darrera categoria aplega un conjunt de programes que adopten la forma de joc com a mitjà d'ensenyament.

Fins al moment, els TI s'han centrat en la confecció de programes pròxims als models tutorialis i de pràctica i d'exercitació. Més endavant prendrem aquest aspecte per veure amb més detall alguns exemples de TI.

7. *Hardware i software.* Els programes d'EAO funcionen en qualsevol mena d'ordinador personal i, fins i tot, en ordinadors amb poques possibilitats d'emmagatzematge d'informació. La major part d'aquests programes han estat construïts mitjançant llenguatges de propòsit general (BASIC, PASCAL, etc.), o bé a través de llenguatges d'autor. En contrast, la major part dels TI necessiten un *hardware* molt més potent que tingui més capacitat d'emmagatzematge de la que té un ordinador domèstic. Per a la construcció del *software*, cal l'ús de llenguatges específics d'IA, tals com el LISP o el PROLOG, o bé la utilització d'eines d'ajut per a la construcció de sistemes experts especialment dissenyades per a aquesta finalitat (*shells*).

Característiques generals dels TI

Els TI tenen quatre components fonamentals (J. Hartley i D. Sleeman, 1973): el *mòdul de l'expert*, que ha de posseir el coneixement que el sistema tracta d'impartir a l'alumne, el *model de l'alumne*, que indica com s'està produint l'aprenentatge de l'alumne, el *mòdul tutorial*, que especifica quan el sistema ha de presentar el material a l'alumne, i el *mòdul de comunicació*, que permet la interacció entre el sistema i l'alumne. La IA aplicada a l'educació s'ha enfrontat dels seus inicis amb la resolució d'aquests quatre components i la clau de

l'èxit de la construcció d'aquesta mena de programes està precisament en un més gran domini d'aquests mòduls. Domini que fa referència als aspectes purament tècnics, però també als aspectes pedagògics que condicionen el contingut d'aquests mòduls.

L'aplicació primària de la IA en la construcció de programes d'ensenyament se centra, doncs, en el domini del coneixement i en la representació de mètodes d'ensenyament. Idealment, aquesta empresa suposa tenir una teoria de l'ensenyament i de la naturalesa del coneixement que s'ha d'ensenyar. Un aspecte fonamental en la construcció de TI és que l'ordinador ha de contenir tot el coneixement que es té sobre el tema que s'ha d'ensenyar i sobre com s'ha d'ensenyar en cada moment segons l'actuació de l'alumne. Generalment, aquesta mena de coneixement es basa en el diagnòstic a través de regles i relacions casuals, i és emprat durant els programes tutorialis per generar solucions quan es compara l'estat real i ideal del comportament de l'alumne. La combinació d'una base de coneixements que contingui el coneixement que s'ha de transmetre i un intèrpret que decideixi quan aplicar-lo, constitueix un sistema expert.

Un sistema expert és "un sistema informàtic que incorpora, en forma operativa, el coneixement d'una persona experimentada, de manera que és capaç tant de respondre com aquesta persona, com d'explicar i justificar les seves respostes" (J. Ganascia, 1985, pàg. 1.213). Així, un sistema expert és un programa que fa servir una base de coneixements sobre el domini d'una tasca i un motor d'inferències que permet establir raonaments per assolir la solució del problema. D'aquesta manera, tot TI ha d'incorporar un sistema expert que contingui els coneixements necessaris sobre com organitzar la informació i quan transmetre-la a l'alumne.

Tipus de TI

Donada la complexitat que suposa la construcció d'un TI, tant des del punt de vista tècnic com del mateix disseny pedagògic, els programes construïts fins al moment han adoptat formes diferents, ressaltant maneres específiques d'aplicació. La major part d'autors coincideixen a distingir-ne tres tipus (P. Duchastel, 1988; P. Ercoli i R. Lewis, 1988): a) els que pretenen proporcionar instrucció a l'alumne a través del diagnòstic i detecció d'errors; b) els que se centren en l'ensinistrament d'una tasca; i c) els que desenvolupen mètodes de comunicació bidireccional per aconseguir guiar el procés d'aprenentatge de l'alumne a través del diàleg amb el sistema.

No obstant això, les fronteres entre aquests tres tipus no sempre són clares. En aquest sentit, opinem que, seguint la terminologia utilitzada quan es parla dels tipus de programes de l'EAO, és més clar afirmar que la major part de TI són programes tutorialis i/o programes de pràctica i d'exercitació. La diferència entre els programes està en què, mentre uns destaquen el diagnòstic i la detecció d'errors, els altres destaquen l'assistència o ajut per adquirir un determinat tipus d'aprenentatge. En posarem a continuació dos exemples que mostren aquesta doble diferenciació:

a. Un TI per ajudar els infants a adquirir habilitats en el càlcul aritmètic.

Des del principi dels anys vuitanta (T. O'Shea *et al.*, 1988), s'han estat dissenyant un seguit d'eines que tenen com a finalitat ajudar l'infant a adquirir habilitats bàsiques per a la realització de les quatre operacions aritmètiques elementals. El programa intenta oferir un ajut individualitzat a l'alumne, de manera tal que la primera cosa que aquest fa és detectar el grau de coneixement de l'alumne a través dels diferents tipus d'errors que aquest comet.

Cal destacar-ne que, a diferència dels programes d'EAO, aquest tutorial diferencia entre molts tipus d'errors diferents, i per cada un ofereix un tipus de solució diferent. Els resultats aconseguits són els següents:

1. un conjunt de diagnòstics sobre el nivell de l'alumne;
2. una extensa taxonomia d'errors de les quatre funcions aritmètiques bàsiques;
3. un conjunt de regles de producció per a les quatre operacions aritmètiques.

Aquest tutorial és, doncs, un programa de pràctica i d'exercitació que es fonamenta en el diagnòstic i la detecció d'errors.

b. Un TI per ajudar a adquirir habilitats sobre la composició de textos escrits.

Alguns processadors de text incorporen programes d'ajut que permeten realitzar correccions ortogràfiques. El programa que estan desenvolupant M. Sharples i C. O'Malley (1988) pretén ampliar aquesta funció i aconseguir incorporar-hi un tutorial que ajudi a compondre textos escrits que presentin un cert grau de complexitat. Per poder utilitzar aquest programa, cal haver adquirit unes estratègies elementals d'escriptura. El tutorial pretén ajudar en la manipulació del material des de tres aspectes diferents:

1. l'estructura: fa referència a les relacions entre les diverses idees o fragments del text;

2. la linealitat: es refereix a com transformar l'estructura real del text (les interrelacions conceptuals) en un text lineal;

3. l'organització: aquí el terme organització fa referència a la forma, i no al contingut del text; és a dir, com presentar la informació, com introduir-hi gràfics, esquemes, etc.

En aquest cas, el programa insisteix en l'ajut o assistència per tal d'adquirir un determinat tipus d'aprenentatge sobre el diagnòstic i detecció d'errors.

Eines d'ajut dirigides al professor

Hem esmentat abans com els sistemes experts poden ser una bona eina d'ajut en l'anàlisi i la resolució de problemes complexos. Aquest ajut es pot encaminar cap a la construcció de tutors intel·ligents, tal i com hem vist, però també es pot pensar en la producció de programes que assessorin i ajudin el professor en tasques de disseny, planificació i organització de les seves pròpies activitats. De fet, aquesta idea ja fa temps que és present i hi ha diversos equips de treball investigant-hi. A tall d'exemple, S. Wood, de la Universitat de Sussex (S. Wood, 1988a, 1988b) dirigeix un projecte l'objectiu del qual és construir un sistema expert que permeti guiar i aconsellar el professor en la seva tasca instructiva. Aquest sistema expert pretén incorporar una sèrie de processos que habitualment apareixen en una situació d'ensenyament-aprenentatge a l'aula, tals com: el control, la motivació, la comunicació, les relacions entre professor i alumne, la memorització, etc. I a partir d'aquests, segons la situació descrita pel professor, aconsellar-lo en la pràctica d'una determinada lliçó.

Un altre projecte que pot servir d'exemple és el que s'està desenvolupant a la Universitat de Utah (EUA) dirigit per D. Merrill (1989). En aquest cas, es pretén dissenyar un conjunt de sistemes experts que permetin assessorar en el disseny instructiu. Aquest sistema és, doncs, una mica més específic que l'anterior, ja que no s'ocupa de la totalitat de l'acció del professor, sinó únicament de com aquest ha d'organitzar el coneixement per ensenyar una determinada temàtica. De fet, els primers prototips desenvolupats per aquest equip s'han centrat en la creació d'un programa que doni unes idees generals sobre el disseny de la lliçó que s'ha de transmetre segons la teoria instructiva desenvolupada per Merrill mateix, i que ve a ser una adaptació de la teoria de la instrucció de Gagné.

Els programes dirigits a l'assessorament del professorat són, en la nostra opinió, una mena de material de gran interès però, igual que els TI, llur construcció és una tasca molt complexa i els resultats que

se n'han obtingut fins al moment presenten força limitacions. Una de les causes que han fet difícil el desenvolupament de TI és precisament el fet d'haver d'utilitzar tècniques i llenguatges propis de la IA. Una de les conseqüències d'això, és que els professionals de l'educació no han tingut massa oportunitats per participar en el desenvolupament d'aquesta mena de materials. Sortosament, aquest aspecte comença a canviar sobretot gràcies a la construcció d'eines d'ajut per a la programació de sistemes experts. Aquestes eines denominades *shells* permeten construir sistemes experts sense haver de conèixer un llenguatge de programació específic. De fet, aquest material és comparable als llenguatges d'autor en relació amb l'EAO.

Un *shell* proporciona una estructura buida que cal omplir amb el contingut que es pretén transmetre, i amb els raonaments que el sistema ha de manejar per decidir quin coneixement ha de transmetre i quan ho ha de fer.

Cada vegada s'han anat construint *shells* més complexos i cal tenir en compte que, tot i que no cal conèixer un llenguatge de programació, la seva utilització tampoc no es una feina fàcil. L'avantatge, en la nostra opinió, és que pot fer més comprensible el procés de construcció del programa i, en conseqüència, és més fàcil crear grups de producció de TI en els quals participin professionals tals com psicòlegs, pedagogs i professors. No obstant això, també s'ha de tenir en compte que, a més de les limitacions pel que fa a la programació, hi ha també problemes a l'hora de poder incorporar a la màquina els raonaments i inferències adequats per dur a terme un determinat ensenyament o ajut. De fet, la diferència fonamental entre l'aplicació de la IA en el camp de la medicina o les finances i l'educació està en la dificultat de concretar i detallar els coneixements psicopedagògics que l'expert aplica en una determinada realitat.

El futur de la IA aplicada a l'educació

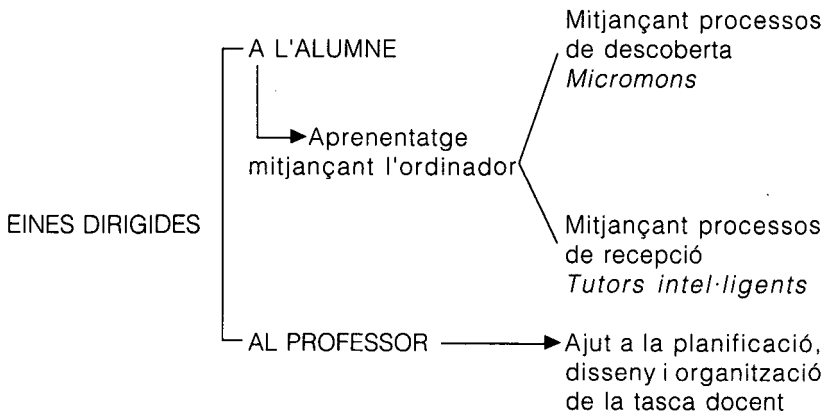
En definitiva, pensem que el futur de la IA aplicada a l'educació passa pel desenvolupament de dos aspectes que, encara que a nivell teòric estan diferenciats, a nivell pràctic aquesta diferenciació no pot ser excessiva. Ens referim als desenvolupaments de tipus tècnic i als desenvolupaments de tipus pedagògic.

Quant al desenvolupament de tipus tècnic, considerem que el futur de la construcció d'un *software* de més qualitat passa per una més gran producció de *shells* (B. Gros, 1989) que facilitin la construcció

d'aquests programes educatius. Avui dia, és ja possible començar a construir productes mitjançant l'ús de *shells* de tipus general. Però considerem molt interessant la creació d'eines pensades específicament per al sector educatiu.

Quant al desenvolupament pedagògic, pensem que cal una més gran investigació bàsica en el terreny dels processos d'ensenyament-aprenentatge en dominis específics de coneixement. Però, a més d'aquesta mena d'investigació, o millor al seu costat, cal una més gran formació dels professionals de l'educació per tal que aquests puguin participar en el desenvolupament d'aquesta mena de programes. Sense una incorporació dels coneixements pedagògics, no és possible l'evolució en la construcció de TI, però tampoc no és possible aquesta evolució si els professionals que hi han de participar no tenen uns coneixements tècnics adequats.

Figura 1



Referències bibliogràfiques

- DUCHASTEL, P. (1988) "Models for AI in educational tutoring systems", in ERCOLI, P.; LEWIS, R.: *Artificial intelligence in education*. Amsterdam, North-Holland, pàgs. 17-29.
- GROS, B. (1987) *Aprender mediante el ordenador*. Barcelona, PPU.
- GROS, B. (1989) *Análisis de herramientas de ayuda para la construcción de sistemas expertos aplicados al ámbito educativo*. Barcelona, ICE de la Universitat de Barcelona (informe intern).
- HARMON, P. et al. (1988) *Expert Systems. Tools & Applications*. Nova York, John Wiley & sons.
- KEARSKEY, G. (ed) (1987) *Artificial Intelligence & Instruction*. Reading, Addison-Wesley.
- LAWLER, R. (1985) *Computer experience and cognitive development*. Nova York, Ellis Howood.
- LAWLER, R.; YAZDANI, M (eds.) (1988) *Artificial Intelligence and Education*. Norwood, Ablex Publishing.
- MERRILL, D.; LI, Z. (1989) "An Instructional Desing Expert System". *Journal of Computer Based Instruction*, vol. 16, núm. 3, pàgs. 95-101.
- O'SHEA, T. et al. (1988) "Desing choices for an intelligent arithmetic tutor", in SELF, J. (ed.): *Artificial Intelligence and human learning*. Londres, Chapman & Hall, pàgs. 257-275.
- PAPERT, S. (1980) *Mindstorm, Children. Computers and powerful Ideas*. Nova York, Basic Books.
- PAPERT, S. (1988) "Microworlds: transforming education", in LAWLER, R.; YAZDANI, M. (eds.): *Artificial Intelligence and Education*. Norwood, Ablex Publishing, pàgs. 79-94.
- PARK, O. et al. (1987) "Intelligent CAI: Old wine in new bottles, or a new vintage?", in KEARSKEY, G. (ed.): *Artificial Intelligence & Instruction*. Reading, Addison-Wesley, pàgs. 11-56.

Abstracts

El objetivo fundamental de este artículo es mostrar la influencia del desarrollo de la inteligencia artificial (IA) en la confección de programas informáticos aplicados al ámbito educativo. Para ello, se describen en primer lugar las metas y objetivos generales de la investigación en inteligencia artificial realizadas hasta la fecha mediante una comparación entre los sistemas de enseñanza asistida por ordenador (EAO) y los tutores inteligentes (TI). Posteriormente, se hace un breve repaso de las diferentes aplicaciones de la IA en la educación para centrarse, a continuación, en el análisis de los aspectos más problemáticos que surgen en la construcción de los tutores inteligentes (TI). Para ello, se establece una distinción entre los programas instructivos y los programas dirigidos a la planificación y el diseño de las actividades docentes.

L'objectif capital de cet article est celui de montrer l'influence du développement de l'intelligence artificielle (IA) sur la production des programmes informatiques employés dans le monde de l'éducation. Pour cela, on décrit d'abord les buts et les objectifs généraux de la recherche en intelligence artificielle effectuée jusqu'à présent par l'intermédiaire d'une comparaison des systèmes d'enseignement assisté par ordinateur (EAO) et les tuteurs intelligents (TI). Par la suite, un court examen est fait de différentes applications des aspects les plus problématiques qu'on rencontre dans la création des tuteurs intelligents (TI). Pour cela, on établira une distinction entre les programmes instructifs et les programmes adressés à la planification et à la conception des activités de l'enseignement.

The main aim of this article is to show the influence of the development of artificial intelligence in the preparation of applied computer programmes in education. Firstly, the general aims and objectives of research in artificial intelligence up to present are described through comparison between computer- assisted instruction and Intelligent tutors. Next, a brief summary of the applications of AI in education is given, before the author goes on to analyse the biggest problems in the design and construction of smart tutors, for which a distinction is established between instructive programmes and those created with the planning and design of teaching activities in mind.