

Irakaskuntza automatikoa: Sistema Tutore Adimentsuak¹

Ana Arruarte
Jon Ander Elorriaga
Xabier Artola

Euskal Herriko Unibertsitatea / Informatika Fakultatea
649 P.K., 20080 DONOSTIA

Laburpena: Lan honetan konputagailuen agerpenak irakaskuntza munduan izan duen eragina azaldu, eta irakaste-sistema automatikoen posibilitateak eta bilakaera aurkezten ditugu laburki. Horretaz gain, sistema automatiko horien artean dauden Sistema Tutore Adimentsuak deskribatzen dira.

1. SARRERA

Gizakiaren oinarrizko ekintza bat bere bizitza osoan zehar ikastea da. Shuell-ek [12] ikastearen ondorengo definizioa ematen du: *prozesu aktibo, eraikikor, metakor, autoerregulatzailer eta helburuei zuzendutakoa, non ikasleak paper kritikoa jokatzen baitu*. Jakina da ezagutza geureganatzeko bide desberdinak ditugula: ikasketa-mota batzuk automatikoki gauzatzen dira eguneroko gertaerak direla eta; beste batzuk, aldiz, errazago lortzen dira kanpoko agenteen laguntza jasotzen denean. Gaur egun, orokorrean hezkuntza ulertuta dagoen modua hartzen bada kontuan, irakaslea edo maisua da kanpoko agentea eta bera saiaturiko da ikaslearengan ezarri diren helburuak lorrarazten. Guri dagokigunez, hau da, irakaskuntza automatikoaren kasuan, konputagailua izango da maisuaren papera hartuko duena.

Konputagailuen erabilera irakaskuntza arloan 50eko hamarkadan hasi zen eta ordutik hona ikerkuntza-lerro desberdinen arreta mantendu du: informatikarientzat erronka den bitartean, irakaskuntza-teorian lana egiten dutenentzat proba-euskarri bilakatu da, batez ere teoria kognitibo

¹ Lan hau egiteko UPV/EHUko diru laguntza jaso da (UPV 141.226-TA109/99).

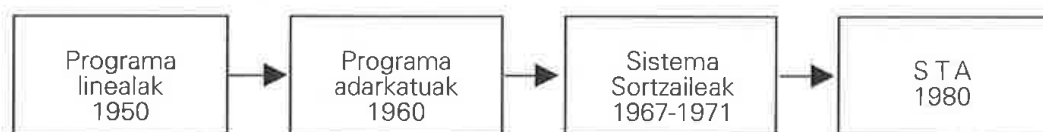
dagokienez [10]. Bestalde, ezin da ukatu erabilera honek, hasiera batean behintzat, ikaste-prozesua hobetzeko aukera oso ona iragartzen zuela. Gerora, zenbait arrakasta zein porrot gutxi batzuk ere agerian geratu dira. Ikertzaileek ez dute adostu ikaste-prozesua hobetzeko teknika egokiena zein den: konputagailuz lagundutako irakaste-sistemak, sistema tutore adimentsuak, ikaste-inguruneak, edo gaur egun zabaldutako aukera berriak, hipermedia eta multimedia teknologiak, urrutiko hezkuntza edo/eta elkarlaneaneko ikasketa.

Gure asmoa artikulu honetan Sistema Tutore Adimentsuak (STA) aurkeztea da. Sistema hauetan adimen artifizialeko teknikak erabiltzen dira konputagailuz lagunduriko irakaste-sistema adimentsuak sortzeko; *adimentsu* terminoarekin ikasle bakoitzaren ikaste-mailara eta estilora dinamikoki egokitzeko ahalmena adierazi nahi da.

2. IRAKASTE-SISTEMA AUTOMATIKOEN HISTORIA

Atal honetan irakaste-sistema automatikoen historia labur bat aurkeztuko dugu, konputagailuak irakaskuntza munduan erabiltzen hasi zirenetik STAak sortu artekoa hain zuzen ere. Bilakaera honetan sistemen moldakortasuna, dinamismoa eta ikaslea motibatzeke ahalmena landu dira nagusiki. Ondoko irudian (1. irudia) bilakaera hori adierazten da modu grafikoan.

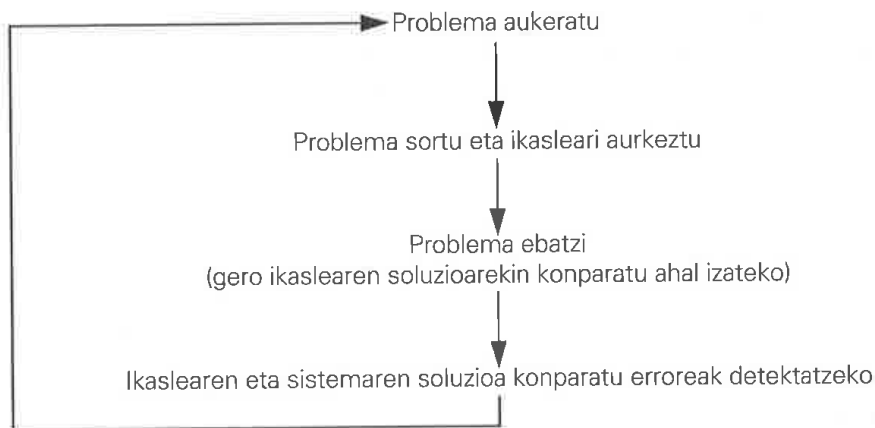
Programa linealak 50eko hamarkadan sortu ziren eta psikologiako konduktismoan oinarrituta zeuden. Irakaste-ordena aurretik ezartzen zen eta ikasle guztiek ezagutza bera modu berdinean jasotzen zuten ikaslearen eboluzioa kontuan hartu gabe.



1. irudia. Irakaste-sistemen bilakaera.

Hirurogeiko hamarkadan sortu ziren *programa adarkatueta*n aurretik ezarritako aukera desberdinetatik bat hautatzen zen ikaslearen erantzuna ebaluatu ostean.

Hamarkada honen bukaeran *sistema sortzaileak* sortu ziren. Hauen filosofia irakaste-materiala, batez ere problemak, konputagailuak berak sortzean zetzan, eta ondorengo funtzionamendu-eskema jarraitzen zuten:



Aurrekoekiko abantaila nabarmenak eskaintzen bazituzten ere, zer irakatsi eta nola irakatsi alderdien elkarrekiko menpekotasuna oraindik nabarmena zen.

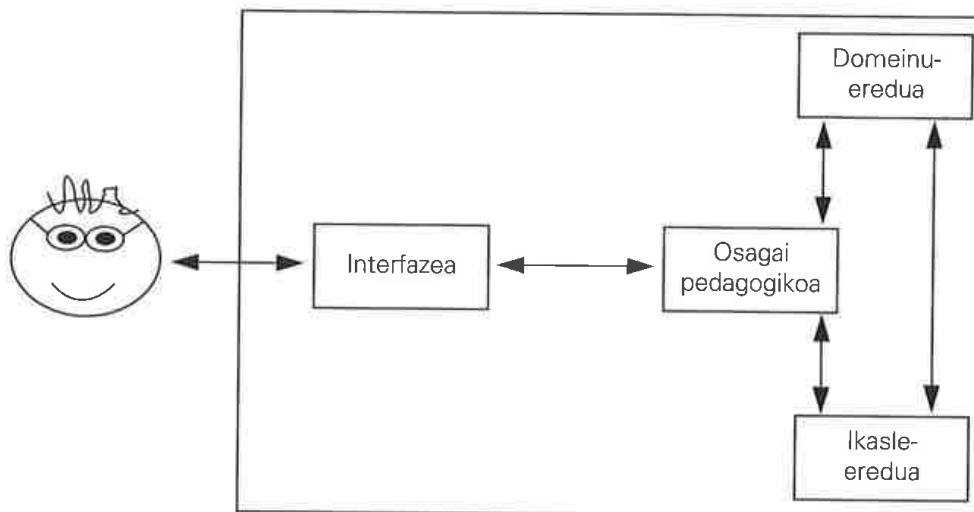
Sistema Tutore Adimentsuek lortu zuten lehenengoz zer eta nola irakatsi independenteki errepresentatzea, adimen artifizialeko teknikez baliatuz. STAak 80ko hamarkadan sortu ziren eta ondorengo ezaugarri nagusiak dituzte:

- domeinua modu zehatzean antolatzen da
- irakaskuntza zuzentzeko eta diagnostiko zehatzagoak egin ahal izateko ikasle bakoitzaren ezagutza maneiatzen da
- irakaste-prozesuaren ordena ez da aldezturik ezartzen eta sistemak sortuko du dinamikoki
- sistema eta ikaslearen arteko komunikazioa hobetzen da

3. SISTEMA TUTORE ADIMENTSUAK

STAek giza irakasleen portaera imitatzen dute adimen artifizialeko teknikak erabiliz. Sistema hauetan irakaskuntza tutore eta ikaslearen arteko kooperazio-prozesu bat da, non tutorea kontzeptu desberdinak irakasten saiatzen baita eta ikaslea kontzeptu horiek barneratzen. Normalean tutorea da irakaste-ikaste prozesuaren gidaria eta berak erabakitzen du transmitituko duen edukia (*zer irakatsi*). Horretarako, eta irakaste-ekintza aipatzen auzeratzeko ere (*nola irakatsi*), kontuan hartzen ditu ikasleak arlo horretan duen ezagutza eta bere ikaste-ahalmena (*nori irakatsi*). Honetaz gain, STAak ikaslearen portaera aztertzeko gaitasuna izango du, batetik ikasleak zer dakien ezagutu ahal izateko, eta bestetik, bere iradokizunak kontuan hartu eta eskakizunei erantzun ahal izateko.

Jarraian STAen oinarrizko arkitekturan [14] tradizionalki identifikatu diren lau osagaiak deskribatuko dira banan-banan: domeinu-eredua, osagai pedagogikoa, ikasle-eredua eta interfazea (2. irudia).



2. irudia. STA baten osagaiak.

3.1. Domeinu-eredua

Osagai honek ikasleari igorri behar zaion ezagutza adierazten du modu pedagogikoan antolatuta. Antolaketa honi esker edukien arteko aurkezte-ordena, kontzeptuen zailtasun maila, eta abar ezagutuko dira eta irakaste-prozesua erraza, argia eta eraginkorra suertatuko da. Eredu honetan erre-presentatutako ezagutzak zer irakatsi erabakitzeke ez ezik beste erabilera bat ere badu, konkretuki ikaslearen jarduera ebaluatzeko orduan ezagutza estandartzat hartzea.

Lehenengo STAa sortu zenetik [5], domeinu-eredua izan da gehienbat landu den osagaia, eta aipatu behar da azken urteotan ez dela aldaketa aipagarrikerik gertatu osagai horri dagokionez. Fink-ek [8] hiru lerro nagusitan laburtu du domeinuaren esparruan egin den ikerkuntza:

- Bi ezagutza mota errepresentatzen dira, *deklaratiboa* eta *prozedurala*, batik bat produkzio-erregelak, markoak (*frames*) eta sare semantikoek bidez². Egungo tutore gehienetan errepresentazio-teknika hauek mantentzen dira.

² Teknika horiek adimen artifizialean ezagutza errepresentatzeko erabili ohi dira.

- Ezagutza bera ikuspuntu anitzetatik errepresentatzen da sistemaren malgutasuna zabalduz.
- Ereduak errepresentatzen dira sistema fisikoen portaera simulatu ahal izateko.

I. taula. STA desberdinen informazioa.

Sistema	Aplikazio-domeinua	Erreferentzia
SCHOLAR	Hegoamerikako geografia	Carbonell, 1970 [5]
SOPHIE	Zirkuitu elektronikoak	Brown <i>et al.</i> , 1975 [3]
WHY	Meteorologia	Stevens <i>et al.</i> , 1982 [13]
GUIDON	Gaixotasun infekziosoak	Clancey, 1982 [6]
LISP tutor	Programazioa	Anderson & Reiser, 1985 [1]
QUEST	Zirkuitu elektronikoak	White & Frederiksen, 1986 [15]
TUTOR	Programazioa	Fernández, 1989 [7]
INTZA	Prozesu fisikoak	Gutiérrez, 1994 [9]

Aurreko taulan (I. taula) domeinu-ereduaren bilakaeran eragin nabarmena izan duten sistemen izenak, aplikazio-domeinua eta erreferentzia adierazten dira.

3.2. Osagai pedagogikoa

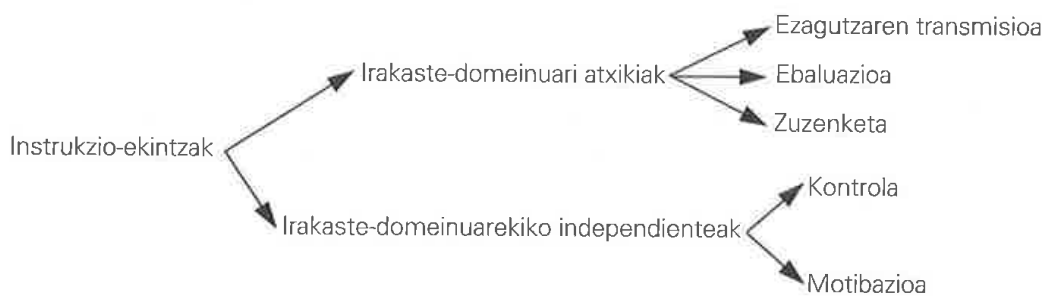
Osagai honek ikaslearen behar eta ezaugarrietara egokitzen den instrukzio-prozesu bat erabaki eta exekutatzeko du. Zein eduki azaldu, nola azaldu, noiz parte hartu, eta ikaslearen erroreak nola diagnostikatu eta zuzendu erabakitzeke, beharrezkoa du domeinu-ereduan eta ikasle-ereduan errepresentatuta dagoen informazioa.

Tradizionalki, osagai pedagogikoak, eta oro har STAak, sailkatzeko orduan irakaste-ikaste saioaren kontrola noren esku dagoen hartzen da kontuan: ikaslearengan edo/eta tutorearengan. Honen arabera hiru multzo desberdin lortu dira:

- Esperimentazioan oinarritutako sistemak. Sistema hauetan ikaslea da saioaren kontrola daramana eta berak erabakitzen du zer eduki landu une bakoitzean. Goiko taulan aipatu den SOPHIE sistema multzo honetan kokatzen da.

- Azalpenean oinarritutakoak. Helburu pedagogikoek zuzenduta daude eta sistemak dauka saioaren kontrol osoa. SCHOLAR sistema da honen adibide garbia.
- Proposamen mistoa dutenak. Nahiz eta tutorea izan instrukzioa aukeratzeko duena, ikasleak parte har dezake, eta ez soilik tutoreak eskatzen dionean. WHY, TUTOR eta INTZA sistemak hauen artean daude, eta multzo honetan oinarritu dugu batez ere artikulu honetan osagai pedagogikoari buruz ematen ari garen azalpena.

Osagai pedagogikoan irakaste-estrategia desberdinak errepresentatzen dira eta une bakoitzean egokiena aukeratzeko da. Modulu hau arduratuko da aurkezpen-plana fintzeaz, normalean erregelen bidez, eta tutoreak burutu behar duen instrukzio-ekintzen multzoa lortzeaz. Instrukzio-ekintzak ikaslearengan ezarri nahi diren helburuak lortzeko erabiltzen diren mekanismoak dira, hau da, testuak, ariketak, eta abar, eta modu desberdinetan konbinatuz irakaste-prozesua dinamikoki egoki daiteke. Ikasleari egokitutako instrukzioa ematearren sistemak instrukzio-ekintzen multzo zabal bat eduki behar du, momentu bakoitzean egokiena aukeratzeko.



3. irudia. Instrukzio-ekintzen sailkapena.

Orain arte eraikitako sistemetan identifikatu diren instrukzio-ekintzak bi multzo nagusitan sailkatu ditugu: irakaste-domeinuari atxikitakoak, baitetik, eta irakaste-domeinuarekiko independenteak bestetik. Aurreko irudian (3. irudia) zehazten da sailkapen hau, eta [2]-n jasotzen da sailkapenaren deskribapen sakona.

3.3. Ikasle-eredua

Ikaslearen ezaugarrien deskribapena da eta bertan STAak ikasleari buruz duen informazioa gordetzen da. Informazio honi esker instrukzio-prozesua bere beharretara egokitzea errazagoa da. Ikaslearen ezaugarri guztiak

ezin direnez gorde [11] STAak erabil ditzakenak soilik jaso eta eguneratu-ko dira.

Ikaslearen ezagutza errepresentatzeko orduan hiru eredu jarraitu dira nagusiki:

- Overlay* eredua. Hedatuena da eta bertan ikaslearen ezagutza adituarenaren azpimultzo baten bidez errepresentatzen da. Ikaste-prozesua aurrera doan heinean, azpimultzoa adituarenarekin parekatuz joango da. Eredu honen adibideak dira SCHOLAR, SOPHIE eta GUIDON sistemak.
- Diferentziala. Ikaslearen ezagutza, bai zuzena eta bai ikaste-prozesuan zehar sortutako desbideratzeak, esplizituki errepresentatuta daude. BUGGY [4] izan zen eredu honetan oinarrituta sortu zen aurreneko sistema.
- Grafo genetikoa. Eredu honek dioenez ezagutza errepresentatzea bezain garrantzitsua da ezagutza nola lortu den jakitea, hau da, ezagutzaren ikuspegi ebolutiboa jasotzea. TUTOR eta INTZA sistemak eredu honetan oinarrituta daude.

STA gehienek bi modulutan banatzen dute ikasle-eredua: eredu iraunkorra eta eredu tenporala. Lehena instrukzio-prozesu osoan zehar mantenduko da eta eguneratu egingo da saio bakoitzaren ostean. Bertan ikaslearen ezaugarriak, ikasleak domeinuari buruz duen ezagutza, egin dituen erroreak eta irakaste-prozesuaren historia gordetzen da. Bigarrena, berriz, saioak irauten duen bitartean bakarrik existituko da, eta saioaren bukaeran eredu iraunkorra eguneratzeko erabiliko da. Eredu tenporalak saioan gertatzen ari dena jasotzen du.

3.4. Interfazea

Interfazeak tutore eta ikaslearen arteko komunikazioa prozesatzen du eta ikaslearen ezagutzaren bereganatze-prozesua erraztu behar du. Hau lortu ahal izateko beharrezkoa da interfazearen erabilera eroso eta lagungarria izatea.

Garatu diren interfazeen artean bi mota desberdin nagusitu dira: lengoia naturalean oinarritutakoak (GUIDON, SOPHIE eta TUTOR sistemak, besteak beste) eta interfaze grafikoak (adibidez INTZA sistema).

- Lengoia naturalean oinarritutakoak. Ez daude guztiz garatuak hizkuntzaren ezagutza zabala eta honen tratamendu automatikoa eskatzen baitute: testuak sortu behar dira eta ikaslearen erantzunen analisia egin behar da. Txantiloien teknikari esker soluzio partzialak lortu dira.

- Interfaze grafikoak. Teknologiaren aurrerapena dela-eta konputagai-luek informazio-mota gehiago eskaintzen dituzte: testuak, irudiak, bideoa, soinua, eta abar. Aurrerakuntza honek eragin nabarmena izan du STAen interfazei dagokienez, eta, gaur egun, multimedia, hiper-media eta errealitate birtualeko teknikak erabiltzeko aukera dago.

4. ONDORIOAK

Bukatzeko, esango dugu STAak bide berriak zabaltzen dizkiola irakas-kuntz munduari. Banakako irakaskuntza sustatzeko eskaintzen duena da garrantzitsuenetako bat. Gainera, STA batean irakas-media desberdinak integra daitezke ikaslearen motibazioa suspertu nahian, bideoa, soinua, eta abar. Gaur egun, konputagailuen hedapen zabala dela eta, aukera malgu, eroso eta eraginkorra izan daiteke «irakasle automatiko bat» eskura izatea gure ezagutza zabaltzeko. Dena den, ezin da ahaztu sistema hauen azken helburua ez dela maisuaren lekua hartzea honen eguneroko lanerako osagarri bilakatzea baizik.

Bestalde, ezin da ukatu STAek irakaskuntza-munduan izan duten integrazioa espero zena baino pobreagoa izan dela. Sistema hauek sortzea garestia eta konplexua da, pertsonal aditua eta tresna egokiak eskatzen baititu. Ez da erraza informatika menperatzen ez duen batentzat honelako sistema bat eratzea. Gaur egun, integrazio aspektu hau hobetu nahian, STAak sortzeko inguruneen ikerkuntza-lerroa ireki da.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ANDERSON, J.R. and REISER, B.J. 1985. «The LISP Tutor». *BYTE*, **10**, 159-175.
- [2] ARRUARTE, A. 1993. *Estrategias de Enseñanza de Aplicación General asociadas al Componente Pedagógico de un ITS*. Barne txostena UPV/EHU/LSI/TR793. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, Informatika Fakultatea.
- [3] BROWN, J.S., BURTON, R.R., BELL, A.G. 1975. «SOPHIE. A step towards a reactive learning environment». *International Journal of Man-Machine Studies*, **7**, 675-696.
- [4] BURTON, R.R. 1982. «Diagnosing bugs in a simple procedural skill». Sleeman, D., Brown, J. (arg.), *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, 157-183.
- [5] CARBONELL, J. 1970. «AI in CAI: an Artificial-Intelligence approach to Computer-Assisted Instruction». *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, **11(4)**, 190-202.
- [6] CLANCEY, W. 1982. «Tutoring Rules for guiding a case method dialogue». Sleeman, D.H., Brown, J.S. (arg.), *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, 201-225.
- [7] FERNÁNDEZ, I. 1989. *Estrategias de Enseñanza en un Sistema Inteligente de Enseñanza Asistida por Ordenador*. Doktorego tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.

- [8] FINK, P.K. 1991. «The Role of Domain Knowledge in the Design of an Intelligent Tutoring System». Burns, H., Parlett, J.W., Luckhardt, C. (arg.), *Intelligent Tutoring Systems. Evolutions in Design*, Lawrence Erlbaum Associates, 195-224.
- [9] GUTIÉRREZ, J. 1994. *INTZA: un Sistema Tutor Inteligente para Entrenamiento en Entornos Industriales*. Doktorego tesia. Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU.
- [10] NWANA, H.S. 1990. «Intelligent Tutoring Systems: an overview». *Artificial Intelligence Review*, 4(4), 251-277.
- [11] SELF, J.A. 1988. «Bypassing the Intractable Problem of Student Modelling». *Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems ITS'88*, Montreal, 261-276.
- [12] SHUELL, T.J. 1992. «Designing Instructional Computing Systems for Meaningful Learning». Jones, M., Winne, P.H. (arg.), *Adaptive Learning Environments. Foundations and Frontiers*, Springer-Verlag, 19-54.
- [13] STEVENS, A., COLLINS, A., GOLDIN, S. 1982. «Misconception in student' understanding». In Sleeman, D., Brown, J. (arg.), *Intelligent Tutoring Systems*, Academic Press, 13-24.
- [14] WENGER, E. 1987. *Artificial Intelligence and Tutoring System*. Morgan Kaufmann.
- [15] WHITE, B.Y., FREDERIKSEN, J.R. 1986. «Intelligent Tutoring Systems Based upon Qualitative Model Evolutions». *Proceedings of the 5th National Conference on Artificial Intelligence*. Philadelphia.