

2001: Components intel·ligents artificials.

1. Introducció.
2. Caracterització de la Intel·ligència Artificial.
3. El context històric i tecnològic en què es va concebre HAL (1964-1968).
4. Característiques de HAL.
5. Realitats de HAL en el 2001.
6. Perspectives actuals de la intel·ligència artificial.
7. Algunes referències i bibliografia.

1. Introducció

En el ritual de l'acte acadèmic d'obertura del curs universitari és una tradició desenvolupar una lliçó a càrrec d'un dels professors de la Universitat, i aquest es tria fent ús d'un criteri de repartiment cíclic entre els diferents centres que la formen. Enguany correspon a l'Escola Politècnica Superior. Cada centre proposa el professor més antic en l'escalafó acadèmic. Aquest és el meu cas, després del professor José Manuel Ferrándiz Leal, que ja la va fer en una ocasió anterior. Aquestes primeres observacions han de servir per a indicar que la meua presència ací és un feliç fruit d'aquests fets. I vull expressar que impartir la lliçó és un honor que he acceptat amb satisfacció.

He pres dos tipus de decisions vinculades a aquesta lliçó. La primera ha estat triar el tema. Dins el meu àmbit de treball podia haver optat per diferents camps d'actualitat i interès, com ara Internet i les seues aplicacions, enginyeria de la programació o intel·ligència artificial. Qualsevol d'aquests és susceptible de donar cos a una bona lliçó en aquest context. La segona decisió ha estat al voltant de la intensitat dels continguts i el format de presentació, ja que l'audiència, indubtablement, és culta però heterogènia en coneixements, i això, des de la sincera intenció d'atraure l'atenció dels assistents, em va dur a triar una pel·lícula com a element «inductor» de la lliçó. El meu amic, el professor Barciela, va fer alguna cosa semblant en el seu moment, fent ús també d'una pel·lícula amb una intenció similar a la meua.

Recorde que en l'any 1968, quan la pel·lícula 2001: una odissea espacial es va estrenar, jo em trobava estudiant els primers cursos de batxillerat, i em va impactar la primera vegada que la vaig veure. Reconec que en el seu moment no en vaig entendre el sentit filosòfic, però en la ficció que es

plantejava, apareixien moltes coses que, com ara explicaré, despertaven una certa inquietud entre les persones que la vèiem. Es tractava d'un computador intel·ligent, ja que tenia capacitats de percepció, raonament, reacció i consciència. No pensava jo, quan veia la pel·lícula per primera vegada, que avui estaria parlant-ne, per plantejar el que s'ha aconseguit i el que queda pendent pel que fa a la intel·ligència artificial.

Des de fa segles, l'ésser humà ha intentat construir màquines que facen les tasques considerades més rutinàries o més perilloses, intentant imitar el seu comportament i el de la resta d'éssers vius. Així s'han dissenyat màquines de calcular que estalviaven molt de temps a l'usuari i feien menys errades. Dins d'aquesta línia, es van desenvolupar autòmats que imitaven comportaments d'animals, amb aparença d'humans i màquines de jugar a diversos jocs, com ara els escacs o les dames. No obstant això, no és fins a l'aparició del transistor, i més concretament de les computadores, quan es comença a parlar de màquines intel·ligents. Quan la pel·lícula 2001 va ser estrenada, un crític la va qualificar del «somni millor informat» del futur, fent referència al computador HAL.

Abans de usar el terme intel·ligència artificial (IA) caldria precisar què entenem per intel·ligència. La Reial Acadèmia de la Llengua Espanyola ens defineix la intel·ligència com «potència intel·lectual: facultad de conocer, de entender o comprender»; però com es modifica el concepte si hi afegim el qualificatiu d'artificial?

En aquesta lliçó utilitzaré la definició d'intel·ligència artificial que pense que és la més ajustada a la realitat actual. La va proposar Marvin Minsky, un dels pioners de la IA, i diu així: «La intel·ligència artificial és la ciència de construir màquines perquè facen coses que, si les feren els humans, requeririen intel·ligència».

Podem pensar en la IA com la ciència que incorpora coneixement als processos o a les activitats computacionals perquè aquests tinguen èxit. Un exemple conegut per tots són els escacs. És impensable que un ordinador avalue totes les possibles jugades d'escacs (de l'ordre de 10^{120}). En lloc d'això, s'incorpora coneixement en el procés de cerca de la millor jugada en forma de jugades predefinides o procediments d'avaluació «intel·ligents».

La intel·ligència artificial pren un sentit científic viable, com a disciplina informàtica moderna, durant la segona meitat del segle passat, i és el resultat directe de la confluència de diferents corrents intel·lectuals, com ara la teoria de la computació cibernètica, la teoria de la informació i el processament simbòlic, totes desenvolupades sobre els fonaments formals de la lògica i la matemàtica discreta i impulsades pel desenvolupament dels ordinadors digitals.

2. Caracterització de la intel·ligència artificial

Per a caracteritzar la intel·ligència artificial, Alan Turing va proposar un test que, en el cas que una màquina el passara, ens indicaria quan aquesta màquina es podria considerar tan intel·ligent com un humà. Aquest test consisteix a situar un humà i una màquina en dues sales diferents. El jutge o observador ha de fer una sèrie de preguntes en ambdues sales, sense conèixer per endavant en quina de les dues sales es troba la màquina, i tractar d'esbrinar quina sala és la de l'humà i quina la de la màquina. Quan la probabilitat de no endevinar la sala de la màquina siga alta, és a dir, quan el jutge no puga distingir per les respostes quina sala es correspon a la de la màquina, estarem davant d'una màquina que es podria considerar com un humà, en la seua interacció conversacional.

Posteriorment, Searle, en 1980, va proposar un contraexemple al test de Turing segons el qual podem trobar una màquina

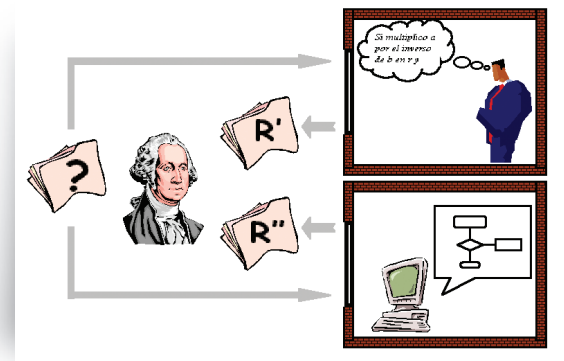


Figura 1: Test de Turing

que passe aquest test i que, no obstant això, no siga intel·ligent, és a dir, no comprega el que està fent. Aquest exemple es va denominar la sala xinesa i consisteix a situar en una sala un humà que tan sols coneix l'idioma anglès. Aquest humà disposa d'un manual perfecte de traducció del xinès a l'anglès, però l'humà no sap que els símbols del manual són xinesos, ni tan sols sap què és el que està fent. Segueix un llibre de regles. L'humà simplement ha de recollir uns papers que li arriben per la finestra i que contenen una sèrie de símbols que no reconeix, i, utilitzant el manual, retorna a continuació una resposta per la finestra. Un observador fora de la sala pensaria que allò que hi ha en aquesta sala comprèn el xinès, ja que tradueix textos del xinès a l'anglès, però la persona que és al seu interior no té consciència d'aquest coneixement del xinès. Per això, una màquina que passara el test de Turing no és necessàriament conscient d'allò que està fent, concepte que va necessàriament unit als humans.

S'han utilitzat múltiples arguments per a situar-se en l'una o l'altra posició, això és, la posició dels que pensen que una màquina pot arribar a ser conscient i

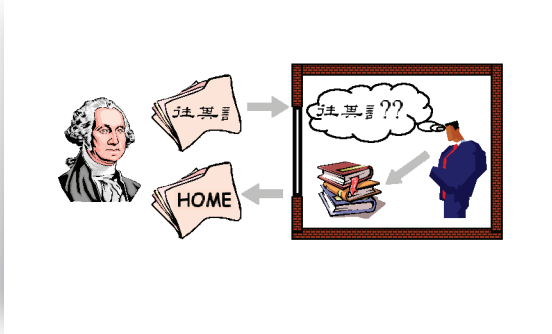


Figura 2: Contraejemplo de Searle

la dels que pensen que la consciència està reservada als humans. Deixaré a propòsit oberta aquesta qüestió perquè hi mediteu, i com diem els professors, quan vulgueu en parlem.

3. El context històric i tecnològic en què es va concebre HAL (1964-1968)

El 6 d'abril de 1968, Kubrick i Clarke van estrenar la pel·lícula 2001: Una odissea espacial. Versa, en clau de ficció, al voltant del destí de l'home, el seu paper en el cosmos i la relació amb formes de vida superiors. Els autors ubiquen en el 2001 el llançament d'una nau a aquest efecte.

El sisè membre de la tripulació de la nau en què transcorre gran part de la trama és el computador HAL 9000, «cervell i sistema nerviós de la nau». HAL són les sigles en anglès de computador algorítmic heurísticament programat.

Kubrick i Clark van treballar en el guió de 2001 entre el 1964 i el 1968. Les prestacions de HAL no eren pura ficció: eren el resultat en bona part d'un rigorós treball de recopilació d'expectatives i previsions del que podrien arribar a

aconseguir els computadors i la intel·ligència artificial en els 30 anys següents.

De fet, per documentar-se van entrevistar els científics més rellevants de l'època. Entre d'altres, Minsky els va mostrar les instal·lacions d'experimentació en el MIT (Institut Tecnològic de Massachussets).

Veiem què havia ocorregut en els anys previs al 64. Entre 1951 i 1964 es van fer els primers computadors, amb una ràpida evolució en aquests primers catorze anys. En l'any 1995, va tenir lloc la històrica Conferència de Dartmouth. En aquesta Conferència una nova generació d'investigadors (Minsky, McCarthy, Newell, Simon, Samuel, Rochester, Shannon, Solomonoff, Selfridge i More) defineix les directrius i les futures línies d'actuació en l'àmbit de la IA prenent com a hipòtesi de treball la proposició: «Tot aspecte d'aprenentatge o qualsevol altra característica d'intel·ligència pot ser definit de manera tan precisa que pot construir-se una màquina per a simular-ho». Aquesta idea seria coneguda posteriorment com hipòtesi del sistema de símbols físics. D'aquesta Conferència es va derivar un estat eufòric, propi d'altra banda del començament de qualsevol tecnologia innovadora, que propicia asseveracions desmesurades i prometedores en excés. Es va predir que en 25 anys els ordinadors farien tot el treball dels homes. Dins d'aquesta línia, en 1958, Newell i Simon asseguraven que en menys de 25 anys un ordinador seria campió mundial d'escacs.

D'altra banda, en l'etapa d'escriptura i realització de la pel·lícula 2001, la tecnologia guanyava protagonisme ràpidament amb el suport del progrés continu dels computadors. En 1969 es va donar el primer pas de l'ésser humà a la Lluna. Era un caldo de cultiu per a predir l'aparició de HAL en poc més de 30 anys.

Anys	Influències i tecnologia
1951-55	Maquinari: computadores de tubs de buit, memòries de línia ajornada de mercuri Mètodes: llenguatges d'assemblador. Conceptes base: subprogrames, estructures de dades Llenguatges: ús experimental de compiladors d'expressió
1956-60	Maquinari: emmagatzematge en cinta magnètica, memòries de nucli, circuits de transistors Mètodes: tecnologia de compiladors inicial, gramàtiques BNF, optimització de codi, intèrprets, mètodes d'emmagatzematge dinàmics i processament de llistes Llenguatges: FORTRAN, ALGOL 58, ALGOL 60, COBOL, LISP
1961-65	Hardware: famílies d'arquitectures compatibles d'alt cost econòmic, emmagatzematge en discos magnètics Mètodes: sistemes operatius de multiprogramació, compiladors de sintaxi dirigida Llenguatges: COBOL-61, ALGOL 60 (revisada), SNOBOL, JOVIAL, notació APL

Figura 3: Aspectes rellevants dels primers computadors.

4. Característiques de HAL

Però... com és HAL? En la pel·lícula 2001 és una màquina intel·ligent que podia reproduir la majoria de les activitats del cervell humà i amb molta més velocitat i seguretat. Fins i tot amb excessiva seguretat, ja que assegura que la seua sèrie mai s'havia equivocat.

HAL havia estat entrenat per a aquesta missió tan acuradament com els seus col·legues humans, i amb un grau de potència molt més gran, perquè, a més de la seua velocitat intrínseca, mai no descansava. La primera tasca era mantenir al seu punt els sistemes de subsistència, comprovant contínuament la pressió de l'oxigen, la temperatura, l'ajust del casc, la radiació i tota la resta de factors inherents dels quals depenien les vides del fràgil carregament humà. Podia planificar i decidir les intricades correccions de navegació i executar les necessàries maniobres de vol quan era el moment de canviar el rumb. I podia atendre els hivernadors, verificar qualsevol

ajustament necessari al seu ambient i distribuir les minúscules quantitats de fluids intravenosos que els mantenen amb vida. Si heu vist o veieu la pel·lícula, convindreu amb mi: excessiva responsabilitat!

HAL es comunicava de viva veu amb els companys humans de la nau. Els humans podien parlar a HAL com si també fóra un ésser humà, i ell responia amb el més pur i perfecte espanyol (anglès) que havia après durant les fugaces setmanes de la seua infància electrònica.

Els tripulants humans s'havien referit sovint humorísticament a ells mateixos com a zeladors o conserges a bord d'una nau que podia realment valer-se per si mateixa. S'haurien sorprès molt i la seua indignació hauria estat gran en descobrir quanta veritat contenia la seua broma.

Per tot això, considerem que HAL passaria sense dificultats el test de Turing i que el seu comportament revetla alts nivells de consciència.

5. Realitats en el 2001 de HAL

Tornant al moment actual, des de la perspectiva científica i tecnològica, podem fer-nos una sèrie de preguntes al voltant de HAL:

Quines funcionalitats i en quin grau han estat aconseguides a data d'avui? Fem-ne un repàs pels diferents camps.

En els escacs per computadora, es va començar tractant de reproduir els mètodes de mestres d'escacs humans, com ara reconèixer configuracions particulars claus en el tauler. Però amb computadores, les cerques massives i ràpides de successions possibles de moviments tenen més èxit. Aquest enfocament és el que es fa servir amb Deep Blue; les capacitats de cerques ràpides són la seua diferència davant els mestres humans.

Deep Blue, de IBM, va jugar davant Gary Kasparov en el mes de febrer de 1996 i li va guanyar en algunes partides. Actualment Deep Blue es pot considerar que té un nivell de joc que li permet guanyar algunes partides a qualsevol jugador humà. Els objectius del projecte Deep Blue eren desenvolupar una màquina capaç de jugar en el nivell del campió mundial d'escacs i aplicar el coneixement obtingut en aquest treball per a resoldre altres problemes complexos. Avui Deep Blue pot processar fins a dos-cents milions de posicions d'escacs per segon. Per la seua habilitat de cercar aquest extraordinari nombre de posicions, Kasparov va comentar que «la quantitat havia arribat a ser la qualitat».

Parlem ara de la síntesi de so. La veu de HAL era un altre aspecte innovador. Abans de HAL, el so «metà·lic» era la indicació per a l'espectador que parlava una computadora o robot. 2001, no obstant això, representava una manera diferent de parlar les computadores; HAL va representar una manera diferent de parlar les computadores. HAL parla amb sons i tons absolutament humans, fins i tot amb veu

emocional. Quan es va fer 2001, la síntesi de veu per computadora era exclusivament «metà·lica».

Actualment s'utilitzen dos tipus de paràmetres per a la síntesi: les formes d'ones emmagatzemades i un petit conjunt de paràmetres espectrals que es deriven matemàticament del senyal de la parla. Aquests sistemes produeixen parla d'alta qualitat i són de gran ajuda per als cecs. Encara que treballen adequadament per a expressions curtes o paraules aïllades, amb oracions no poden transmetre les subtileses humanes de l'èmfasi i l'entonació. Per a això el computador requereix entendre el que diu, un problema extremadament dur i encara no resolt.

També eren innovadors els sentiments i la manera de cantar de HAL. En la trama de 2001, abans de ser desconnectada totalment, HAL comença a cantar, rememorant el que per a «ella» eren aprenentatges de la seua «infància». La cançó que escull és, si més no, curiosa. Dubte que molta gent pensara en una cançó de bressol com la cançó apropiada per a aquesta escena. No obstant això, aquesta cançó ja era important històricament: era la primera cançó mai cantada per una computadora. Aquest treball ja havia estat fet per John Kelly en els laboratoris de Bell.

Una altra característica de HAL és el reconeixement de la parla. S'han fet avanços importants cap al reconeixement automàtic de la parla, especialment en les etapes inicials de transcriure el so cru en fonemes. Actualment hi ha sistemes comercials de reconeixement de la parla. I no ens resulta cridaner que pels telèfons mòbils puguem donar ordres per veu.

El reconeixement general de la parla, no obstant això, depèn amb molta força del sentit semàntic i comú, del coneixement del context i del món. El coneixement va més enllà de fets i simples dades. Perquè la informació arribe a ser coneixement, ha d'incorporar les relacions entre idees. I

perquè el coneixement siga útil, les baules que descriuen com actuen recíprocament els conceptes han de ser accessibles, actualitzades i manipulades fàcilment. La intel·ligència humana és notable amb la seua habilitat per a fer totes aquestes tasques. Irònicament també és notablement feble emmagatzemant la informació en què es basa el coneixement.

Les prestacions de les computadores actuals es basen exactament en el contrari. Manegen informació en quantitat i velocitat, però mostren grans dificultats per a tractar el coneixement.

Per això, el reconeixement de la parla actualment ha d'estar integrat en altres nivells i fonts de coneixement. Per exemple, disposem de sistemes que integren la seua capacitat de reconeixement de la parla, dotats d'un gran vocabulari, amb un sistema expert que té coneixement extens al voltant de la preparació d'informes mèdics.

Un altre aspecte de HAL és la visió. D'una computadora tan avançada com HAL s'esperaria que tinguera les capacitats visuals i cognitives ben desenvolupades: podria comprendre escenes visuals, veure i llegir el moviment dels llavis, etc. Es pot programar realment una computadora per a fer aquestes coses? El camp de la visió per computadora aborda els mètodes que podem usar amb un computador per obtenir informació al voltant d'objectes i esdeveniments en una escena analitzant les imatges de l'escena. Explorem quina informació al voltant de les parts es pot utilitzar per al reconeixement, per exemple, identificar certa cara de persona en una col·lecció d'imatges. Per a reconèixer les expressions facials de persones, podem usar variacions en l'aparença de les parts d'una cara sobre la successió d'imatges. Actualment hi ha processos visuals que els fa millor un computador que l'ésser humà (sobretot els que tenen a veure amb l'agudesa visual), però els processos vinculats a la comprensió d'escenes en forma general

resulten impossibles, ara per ara, per als sistemes artificials.

Una altra pregunta: quines funcionalitats no han estat encara aconseguides?

La investigació en el reconeixement de l'emoció per computadora i l'expressió de l'emoció està en la seua infància. Per exemple, el reconeixement de l'expressió facial i la síntesi de l'afecte en la veu. Aquestes no són, per exemple, les úniques maneres de reconèixer els estats emocionals: la postura, per descomptat, i els signes fisiològics, com els gestos, i la taxa augmentada de respiració, per exemple, també proporcionen indicacions valuoses per a aquesta finalitat.

HAL mostra emocions, en una ocasió especial diu: «Tinc por. Tinc por. Estic perdent la ment. No puc sentir-me». Les emocions de HAL (l'orgull, la còlera, el temor, la paranoia, etc.) constitueixen àmbits no explorats formalment en la IA.

Hal és possible avui? Certament, no amb la tecnologia actual. La comprensió de la parla? No totalment. Mentir? Rotundament no: això requereix la intel·ligència emocional i una comprensió molt avançada. Al cap i a la fi, dir una mentida requereix saber el que l'altra persona és probable que crega, confeccionar un conte creïble que servisca per a les circumstàncies, i modificar-lo segons es requerisca. En humans són necessaris molts anys per a desenvolupar les habilitats apropiades: els nadons no ho poden fer, i els xiquets ho fan maldestrament. Però HAL, amb la seua intel·ligència superior, segons es dedueix, menteix brillantment, com es constata en una part de 2001.

I, finalment, quins elements tecnològics actuals no es van preveure en HAL?

És un descendent directe de computadores que segueixen el principi «el més gran és millor», de la tecnologia que va començar en els anys 40 amb ENIAC.

Les computadores serien més i més grans, i també cada vegada més potents. Els guionistes i els consellers de 2001 no van preveure la tendència de la integració de circuits i, consegüentment, l'obtenció de màquines cada vegada més potents, però cada vegada de dimensions més reduïdes. També van fallar per no predir el còmput distribuït; això vol dir usar una xarxa de computadors en lloc d'un de massiu. HAL va ser inspirat clarament en els «grans» computadors dels 60.

A més a més, en els 60 es va fallar per no entendre la naturalesa important i extraordinària del programari: que és de propòsit general, infinitament mal·leable i que es pot divorciar del maquinari. Aquesta falta de comprensió ajuda a explicar el nombre excessiu de botons de control que veiem a la pel·lícula, especialment en les càpsules. Amb una bona pantalla amb programari de finestres i botons n'hi havia prou.

Generalitats

Ara, en l'any 2001, potser ens preguntem perquè no hem aconseguit el somni de fer un HAL. Les raons són il·lustratives. Des d'un punt de vista general, en dominis concrets vinculats a problemes restringits de la parla, la visió, la planificació, els escacs, etc., són realitzables si poden ser completament especificats. Però en dominis com la comprensió d'idiomes i el sentit comú, que són problemes bàsicament il·limitats en les seues possibilitats i durs d'especificar, n'estem molt lluny.

Pense que una clau important de la IA és la necessitat de simultaniejar diverses representacions del coneixement. Així, en el moment que el sistema no avança en fer ús d'una representació, pugui saltar a usar-ne una altra i intentar-ho novament.

Una altra clau fonamental és el processament del coneixement en IA. Hi ha tres enfocaments bàsics en aquest

processament: basats en casos, basats en regles i connexionistes.

La idea central de sistemes basats en casos (CBR) és que el programa ha emmagatzemat els problemes i les solucions. Llavors, quan sorgeix un problema nou, el programa prova a trobar un problema semblant en la seua base de dades buscant els aspectes anàlegs entre els problemes. Les respostes s'estableixen basant-se en similituds.

En sistemes basats en regles o experts, el programador introdueix el coneixement d'un especialista humà en forma de regles. El problema ací està a determinar que s'han introduït totes les regles necessàries perquè el sistema opere en condicions normals i incloga mecanismes d'aprenentatge (això vol dir incorporar i eliminar noves regles).

Els sistemes connexionistes es basen en xarxes de grans components senzills inspirats en les neurones biològiques.

Al voltant de la disponibilitat d'infraestructures per a la IA, la llei de Moore hi aporta una avaluació realista. Tenim ja sistemes que poden combinar la parla contínua, l'ús de vocabularis molt grans i la independència d'orador —amb l'única limitació de la restricció del domini—, però aquests sistemes requereixen altes velocitats i memòries de processament per a ser viables des del punt de vista del temps real. Encara que el poder de càlcul és crític en el reconeixement de la parla i la comprensió, el problema central no està en la disponibilitat de computadores amb prou prestacions per a aquest processament en un futur pròxim.

La llei de Moore expressa que les velocitats de còmput i les densitats d'emmagatzematge es dupliquen cada divuit mesos. Les transformacions tecnològiques són cada vegada majors i ocorren en uns pocs anys.

De manera apreciable, aquesta llei ha tingut validesa des del començament del segle XX. Va començar amb la tecnologia basada en targeta mecànica usada en 1890

per al cens, va canviar a les computadores basades en la vàlvula electrònica dels 50, a les màquines basades en transistors dels 60 i a totes les generacions de circuits integrats que hem usat en les últimes tres dècades. Si tracem les capacitats de còmput i memòria de cada computadora desenvolupada en els últims cinquanta anys, obtenim aproximadament una línia exponencial de base 2, que representa les prestacions en funció del temps per a una certa unitat de cost. Per exemple, avui la memòria de les computadores és quasi setze mil vegades més capaç que la disponible en 1976 per a un mateix cost unitari.

La llei de Moore ens proporciona la infraestructura, en termes de memòria, velocitat de còmput i tecnologia de comunicació, per a materialitzar avanços en IA utilitzant plataformes econòmiques. Però no preveu una qüestió: el salt qualitatiu de processar informació a processar coneixement i això és fonamental en la IA.

6. Perspectives actuals de la intel·ligència artificial

Malgrat els avanços aconseguits en els més de 50 anys de vida d'aquesta disciplina, els problemes clàssics (percepció, llenguatge natural, jocs, demostració, etc.) continuen sent objecte d'investigació i el desenvolupament d'una teoria unificada de la intel·ligència encara queda lluny. El desenvolupament tecnològic, l'aprofundiment en l'estudi de la representació i processament del coneixement i el progrés en camps afins (neurofisiologia, psicologia, biologia) tindran molt a dir en el futur pròxim.

L'evolució de la IA ens ha portat des dels prometedors anys 60, en què s'esperava arribar a la creació d'una màquina intel·ligent, fins a la situació actual, molt més realista, en què els avanços tecnològics se centren a dotar les màquines de components amb certes conductes que

podríem denominar intel·ligents. En aquest sentit, i a manera d'il·lustració esmentaré quatre grans grups:

Les aplicacions en el món de l'ofimàtica, que podríem qualificar d'«intel·ligents» perquè fan tasques pròpies de l'ésser humà, com ara:

Els traductors, que són aplicacions que poden traduir textos escrits en llenguatge natural, cosa que fa possible que puguem qualificar aquesta capacitat d'«intel·ligent». Aquests sistemes presenten limitacions vinculades a girs sintàctics i semàntics.

Els sistemes de reconeixement de caràcters tipogràfics (OCR) o manuscrits (OCX) basats en algorismes d'aprenentatge. Aquests sistemes poden extraure les característiques invariants de cada lletra per a fer-ne efectiu el reconeixement (*b).

Els sistemes de dictat automàtic, que reconeixen les paraules articulades. També es basen en models d'aprenentatge, però aquesta vegada combinats amb tècniques d'anàlisi freqüencial (*c). A causa de la diversitat de registres de veu, en aquests sistemes és necessari fer un aprenentatge específic per a cada usuari.

Els agents intel·ligents, dissenyats per a ajudar en línia l'usuari davant de determinades situacions. Per exemple, en certs paquets de programari hi ha un assistent que inspecciona el treball que s'està fent. Quan detecta, per exemple, que l'usuari comença a escriure una carta, ens ofereix una ajuda en línia per a escriure una carta de propòsit general.

Un altre grup són les aplicacions intel·ligents d'ús domèstic. Podem esmentar-ne alguns exemples:

DC06 és un robot de neteja (*d). Està contínuament netejant el terra d'una habitació a una altra de la casa. El sistema de guiatge es fa mitjançant un sònar i segueix estratègies de navegació específiques per a cobrir tota la superfície possible esquivant tot tipus d'objectes en el menor temps.

Els sistemes de control intel·ligent d'electrodomèstics. Fan múltiples funcions, com ara control energètic, autodiagnòstic en el cas d'una errada, reacció davant talls de llum, etc. (*f).

Hi ha moltes aplicacions de la IA a la medicina. Entre aquestes:

Sistemes experts capaços de fer pronòstics dels efectes de la insulina. Aquests sistemes resulten molt útils per a tractar diferents malalties com la diabetis (*g).

Sistemes experts basats en regles que poden diagnosticar un conjunt de malalties comunes a partir d'un qüestionari que es fa al pacient (*h). L'ull de Dobelle (*i) que es troba en fase d'experimentació, és un sistema que permet als cecs una certa visió. El sistema està compost per una minicàmera de vídeo connectada al còrtex visual a través d'uns elèctrodes. La imatge és processada mitjançant tècniques de visió artificial i «traduïda» al còrtex visual.

Un altre tipus són les aplicacions conversacionals. El propòsit d'aquestes aplicacions és el de mantenir una conversa coherent amb un ésser humà (similar a la prova de Turing). Els primers sistemes es

basaven en un senzill sistema de regles que disparava una resposta a partir de l'anàlisi de cada pregunta de l'usuari, depenent de l'aparició en aquesta de diferents paraules que considerava claus. Els sistemes que han anat apareixent amb posterioritat són més sofisticats, però estan basats en la mateixa filosofia:

Agents intel·ligents amb els quals es pot establir una conversa. El sistema de regles és incremental, és a dir, pot extraure determinades regles d'una conversa específica i incorporar-les a la base de dades; amb això el sistema és cada vegada més realista. A més a més, els sistemes es connecta automàticament a diferents centres d'informació (diaris, revistes, etc.) a través d'Internet. Fins i tot es poden connectar a canals de conversa en Internet i, molt sovint passar desapercebuts per als usuaris dels canals (*j).

Aquests agents poden dotar-se de sistemes de respostes amb certa «personalitat pròpia», per exemple simulant com contestaria John Lennon (*k).

Com ja hem vist, hi ha una gran varietat d'aplicacions i contextos en què de manera molt concreta s'usen elements de la IA, que s'estan introduïnt progressivament en la nostra vida quotidiana.

Per finalitzar, i tornant a l'element introductor i conductor d'aquesta lliçó, l'actualitat real de 2001, no la imaginada per Kubrick, des del punt de vista de la IA, podem plantejar-la com l'etapa dels «Components intel·ligents artificials», on la intel·ligència artificial aporta solucions concretes a certs problemes com els ja esmentats. Per això el títol d'aquesta lliçó. Moltes gràcies.

7. Algunes referències i bibliografia

Referències de les aplicacions

(*a) Per exemple, el traductor automàtic en línia InterTran, creat per Translation Experts Ltd., pot traduir entre 28 llenguatges diferents.

<http://www.tranexp.com:2000/InterTran>

(*b) Un bon exemple d'aplicació d'aquest tipus és el OCHREE (Optical Character Recognition) creat per Jason Tiscione. El model d'aprenentatge és el de xarxes neuronals artificials (RNA).

<http://www.geocities.com/SiliconValley/2548/ochre.html>

(*c) Un bon exemple d'aquest tipus de sistemes és el Dragon Naturally Speaking, creat per Dragon.

http://www.dragonsys.com/international/sp/pdf/sp_standard4.pdf

(*d) Creat per Dyson .

<http://dc06.dyson.com/motor.htm>

(*f) Maj@or Dom@, creat per Fagor

És un sistema de control dels sistemes elèctrics de la llar. Fa múltiples funcions: ens avisa al mòbil en cas de situacions anòmales (detecció de foc o intrusos) i fa tasques de control de despeses energètiques (il·luminació, aigua...).

http://www.expocasa.es/domotica/index_marca.cfm?p=016

(*g) Glucosa Controls, creat per Ramon Torra.

<http://www.glucosacontrols.org/>

(*h) MYCINE, creat en el Laboratori de Nutrició Aplicada de la Universitat Complutense de Madrid.

<http://147.96.33.165/Interactivas/Mycine/base0.asp>

(*i) Creat en el Dobelle Institute de Nova York.

<http://profesional.medicinatv.com/reportajes/vision/>

(*j) Zebal és un agent intel·ligent amb el qual es pot mantenir una conversa. El seu desenvolupament fa que de vegades sembla que estem parlant amb un ésser humà real. A diferència dels seus antecessors, que discriminaven paraules aïllades per a disparar les regles (nivell lèxic), aquest sistema té un motor de regles basat en un compilador. Per tant, l'anàlisi de la frase és gramatical i molt més realista.

<http://personal.readysoft.es/coding/zebal/>

(*k) JLAIP (John Lennon Artificial Intelligence Project), creat per Apple Corps Ltd. És un sistema similar a l'anterior, amb la diferència que en aquest cas no s'ha modelat un sistema

de respostes general, sinó un amb les característiques del cantant John Lennon. Aquesta dotació de personalitat és un important avanç en aquests sistemes.

<http://www.triumphpc.com/john-lennon/index.shtml>

Bibliografia

- J. Allen. Natural Language Processing. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1994.
- L. Bolc i J. Cytowski. Search Methods for Artificial Intelligence. Academic Press, 1992.
- B. Buckanan i E.H. Shortliffe. Rule-Based Systems. The MYCIN Experiments of Stanford Heuristic Programming Project. Addison-Wesley, 1985.
- C.L. Chang i R.C. Lee. Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving. Academic Press. NY, 1973.
- E. Charniak i D. McDermott. Introduction to Artificial Intelligence. Addison-Wesley, 1985.
- A.G. Cohn i J.R. Thomas. Artificial Intelligence and its Applications. Pitman Pub, 1985.
- D. Crevier. The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence. Basic Books (Harper Collins Publishers), 1993.
- H.L. Dreyfus. What Computers Still Can't Do? The MIT Press, 1992.
- R.O. Duda i P.E. Hart. Pattern Classification and Scene Analysis. Wiley, 1973.
- J. Durkin. Expert Systems. Design and Development. Prentice-Hall, 1994.
- D.M. Gabbay, C.L. Hankin, i T.S.E. (ed.). Algorithmic Learning. Maibaum, 1994.
- M. Boden (ed.). The Philosophy of Artificial Intelligence. Oxford University Press, 1990.
- M. Minsky. Semantic Information Processing. The MIT Press, 1968.
- M. Minsky. The Society of Mind. Simon and Shuster, 1986.
- E. Rich i K. Knight. Inteligencia artificial. 2a edició. McGraw Hill, 1994.
- A.M. Turing. Computing Machinery and Intelligence. Mind, 1950.

Web del llegat de HAL

<http://mitpress.mit.edu/e-books/HAL/>