

ARTEFARITA INTELIGENTECO

Kion signifas „artefarita inteligenteco”? Kiujn problemojn volas solvi tiu ĉi tekniko? Kiujn esplorojn oni faras pri ĝi? Kio estas esperebla kiel rezulto de tiuj esploroj? Jena artikolo celas kontribui al pli ĝusta kono de tiuj temoj.

Difinoj

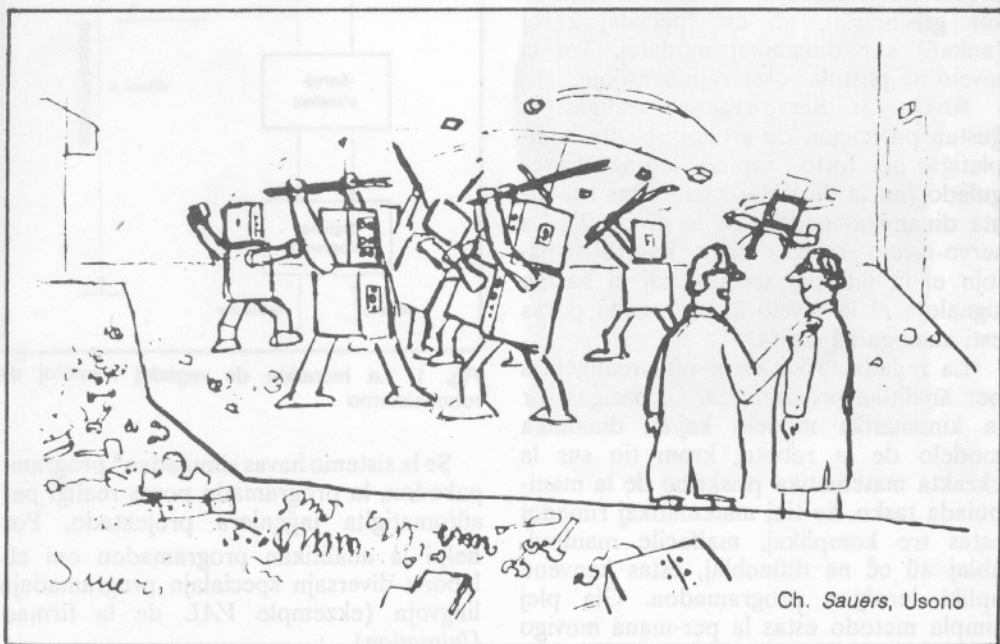
Eble la termino **artefarita inteligenteco** (A.I.) ne estas tre ĝusta, aŭ estas iom troiga. Kelkaj homoj ne ŝatas tiun terminon, tamen ĝi estas la nomo, per kiu oni kutime konas tiun ĉi fakon, kaj jam estus malfacile ŝanĝi tiun kutimon. [Laŭ nia opinio, en Esperanto estus pli ĝuste uzi la terminon **artefarita intelekto**. – Noto de la red.]

Kio estas A.I. ? Al tiu demando oni donis plurajn respondojn, el kiuj ni nun povas vidi du tute malsamajn.

Unue, la esploristo profesoro Marvin *Minsky* diras: „A.I. celas, ke maŝinoj faru taskojn tiaj, ke se ili estus faritaj de homo, oni agnoskus, ke ilia faro postulas inteligentecon flanke de la homo.”

Interesa aspekto de tiu ĉi difino estas, ke profesoro *Minsky* ne sentas sia devo difini „inteligentecon”; por eviti problemojn, aŭ ĉar tiu difino – almenaŭ ĝis nun – estis tasko de alia scienco (psikologio). Do, li opinias: Se vi aljuĝas „inteligentecon” al homo, ĉar li faras iun laboron, kaj poste oni kreas maŝinon aŭ komputilprogramon, kiu kapablas fari kompetente la saman laboron, tiam vi devos aljuĝi „inteligentecon” ankaŭ al tiu maŝino. Ĉar tiu maŝino estas „artefarita”, ni povas nomi ĝian kapablon „artefarita inteligenteco”.

Aliaj difinoj pri A.I. enhavas detalojn pri la kapabloj, kiujn oni konsideras kiel



Ch. Sauers, Usono

„Mi gratulas vin, profesoro. Vi inventis robotojn kun vere homa intelekto!”

erojn de inteligenteco, ekzemple tiu donata de la franca esploristo *Gondran*: „Fako, kiu analizas la homan konduton en la kampoj de perceptado, kompreno kaj decido, kun la celo reprodukti ilin en maŝino.”

Alia opinio foje esprimata agnoskas jenon: La homaro, ŝajne, ne pretas facile aljuĝi „inteligentecon” al maŝino; do kiam oni jam konstruis maŝinon, kiu sukcese solvas iun taskon, tiu tasko jam perdas sian „misteron”, kaj fariĝas ĝenerala opinio, ke tiu tasko ne postulis „veran” inteligentecon, sed estis nur simpla mekanika laboro. Do, laŭ tio, la celo de A.I. estas ĉiam moviĝanta.

La esploristo *Roger Schank* (Universitato de *Yale*, Usono) rimarkas du flankojn de la fako A.I. : sciencan flankon kaj teknologia flankon.

Rilate al la scienca flanko, A.I. estas la daŭrigo de la plurjarcenta filozofia kaj scienca esploradoj pri la menso, nur kun la novaĵo, ke ni havas novan ilon (la komputilteknikon), kiun la antikvaj filozofoj ne posedis.

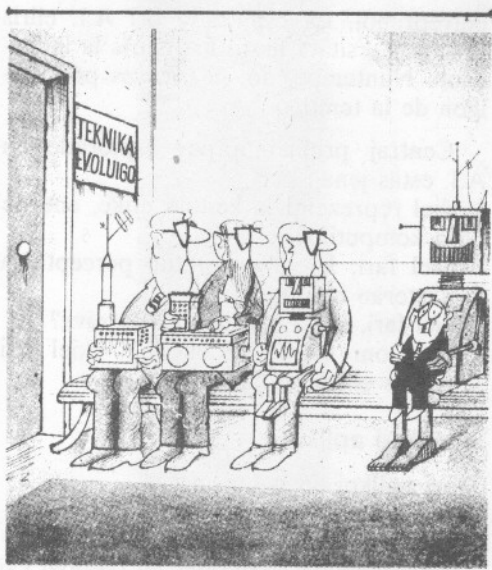
Rilate al la teknologia flanko, A.I. klopodas disvolvi teknologion, por ke maŝinoj povu efike plenumi taskojn, kiuj nun postulas homan intelektan kapablon. Ne gravas eĉ, se la maŝino faras taskojn samajn kiel la homo, sed per metodo malsimila al tiu uzata far la homa menso.

Esploroj pri A.I.

Dum la proksimume tridekkvin-jara historio de A.I. oni laboris pri:

- intelektaj ludoj kiel ŝako,
- lingvo-tradukado,
- pruvado de teoremoj kaj simbola (nombra) matematiko,
- vidado, aŭdado kaj legado far la maŝino,
- generado de rakontoj kaj resumoj,
- lernivaj maŝinoj,
- logika rezonado kun konoj.

Kiam oni ekuzis la unuajn komputilojn (en la 1940-aj kaj 50-aj jaroj), pluraj homoj rimarkis ŝajnan similecon inter la



kapabloj de tiuj maŝinoj kaj la homaj intelektaj kapabloj, ĉar tiuj maŝinoj povis fari kalkulojn, kiujn ĝis tiam nur la homo kapablis fari. Tiam, parolante pri la komputiloj, oni eĉ uzis la popularan nomon „elektronika cerbo”.

Poste, inter la sesdekaj kaj sepdekaj jaroj oni esplordis precipe en usonaj kaj anglaj universitatoj, tamen dum tiu tempo la progreso estis tre eta. La unuaj esploristoj estis iomete naivaj rilate al la komplikeco de la taskoj, kiujn ili volis aŭtomatigi. Ili estis tre optimismaj pri la ebleco solvi tiujn taskojn helpe de maŝinoj kun memoro malplena, komencante „ekde nulo”, por ke la maŝino fariĝu kompetenta. Tia naiveco estas komprenebla, ĉar tiu kampo estis nova. Sed evidentigis, ke la tasko „lerni” estas pli malfacila por maŝino. Do, komence de la sepdekaj jaroj oni rimarkis, ke rapide atingi signifajn rezultojn rilate la konduton de maŝino estas pli facile, se la homo enmetas datumojn aŭ konitaĵojn rekte en la komputilan memoron kaj lasas al la maŝino nur la serĉadon, kombinadon kaj logikan manipuladojn de tiuj konoj.

Tiam oni komencis atingi utilajn rezultojn, eĉ monprofitajn rezultojn, kaj, kompreneble, vekigis la interesiĝo de privataj

entreprenoj. La esplorado pri A.I. eliris el la universitata nesto kaj eniris la industrian. Nuntempe, do, ni travivas popularigon de la temo.

Centraj problemoj por esplorado en A.I. estas jenaj:

- Kiel reprezenti la konojn efike, ene de la komputilo?
- Kiel fari, ke la komputilo perceptu la eksteran mondon?
- Kiel fari, ke la maŝino estu lerniva?
- Kiel oni solvas problemojn (kiel oni serĉas eblecojn kaj rezonas)?

Praktikaj aplikoj

Tipaj aplikoj de A.I. estas:

- tiel nomataj „spertaj sistemoj” (S.S.),
- robotiko,
- procesado de homaj lingvoj (skribaj kaj parolaj),
- ne-nombra matematiko kaj teoremoj,
- rekonado de formoj far la maŝino.

Oni rimarkis, ke la kutimaj programadaj lingvoj, uzataj en komerco, industrio, scienco kaj tekniko (ekzemple: *Loboc*, *Fortran*, *Pascal* kaj *Basic*), ne estas tre taŭgaj por verki komputilprogramojn por solvi taskojn, kies solvo-metodo ne estas plene konata. Kiam vi atakas tiajn programojn, ofte vi ne havas la tutan solvon en la kapo; unue vi havas nur kelkajn ideojn, kiujn vi devas pruvi, perfektigi, ampleksigi kaj disvolvi. Vidinte tion, oni elpensis aliajn lingvojn, kiel *LISP* kaj *Prolog*, kiuj estas pli taŭgaj por verki programojn de A.I.

Oni rimarkis ankaŭ tion, ke la normalaj komputiloj ne estas tre bonaj por disvolvi tiajn programojn, do oni fabrikas novtipajn komputilojn, speciale taŭgajn por la lingvoj *LISP* kaj *Prolog*.

„Nia nova aparato tre klare rekonas la formojn.”



Stern, FRG

A.I. kaj robotiko

Kiam oni mencias A.I., multaj personoj tuj pensas pri robotoj, kaj preskaŭ ĉiam oni imagas roboton kiel hom-aspektan kaj inteligentan maŝinon, pro la influo de scienc-fikciaj filmoj kaj romanoj.

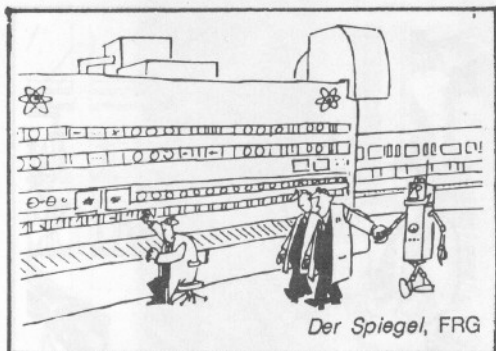
Sed la realaj nuntempaj maŝinoj nomataj „robotoj” ĝenerale estas nek hom-aspektaj nek „inteligentaj”. Eĉ, rilate al inteligenteco ili kutime estas multe pli simplaj ol aliaj programoj de A.I. uzataj en senmovaj komputiloj. La nuntempaj **industriaj robotoj** estas plie atingaj de mekaniko ol atingaj de A.I. Ili simple estas tre adapteblaj kaj programeblaj iloj por la industrio aŭ por la esplorado de malproksimaj aŭ danĝeraj lokoj, sed ili kutime ne solvas problemojn memstare.

Faman eksperimenton faris la esploristo Terry Winograd en la 70-aj jaroj. Temis pri simulita* roboto, t.e. ne fizike konstruita roboto, sed nur la lingvon-komprenaparto. Ĝi estis komputila programo, kiu komprenis frazojn rilate al tro limigita mondeto, kiun oni nomis „mondeto de blokoj”. En tiu mondeto ekzistis nur kelkaj diverskoloraj kubo kaj piramidoj, kaj surfaco; ĉiu bloko povis kuŝi sur la surfaco aŭ sur unu el la kubo. La komputilo do havis en la memoro reprezenton de la ĉiumomenta stato de tiu mondeto, kaj „komprenis” la ordonon donitajn far la uzanto en homa lingvo, modifantajn la staton de la mondeto. La avantaĝo estis la simpleco de la rilato inter homo kaj maŝino, ĉar antaŭe oni devis lerni specialajn ordonvortojn kaj simbolojn por demandi la komputilon.

„Spertaj Sistemoj”

Al la nuntempa famiĝo de A.I. kontribuis precipe la tiel nomataj **spertaj sistemoj** (S.S.). Same kiel A.I., la nomon S.S. kelkaj homoj ne ŝatas. Sed, ankoraŭfoje, tio estas malfacile ŝanĝebla lingvo-uzo.

S.S. estas komputila sistemo, kiu enhavas datumojn (konojn) pri iu limigita fako, kaj logikan mekanismon por rezoni



„Ni provos elimini la lastan riskan faktoron!”

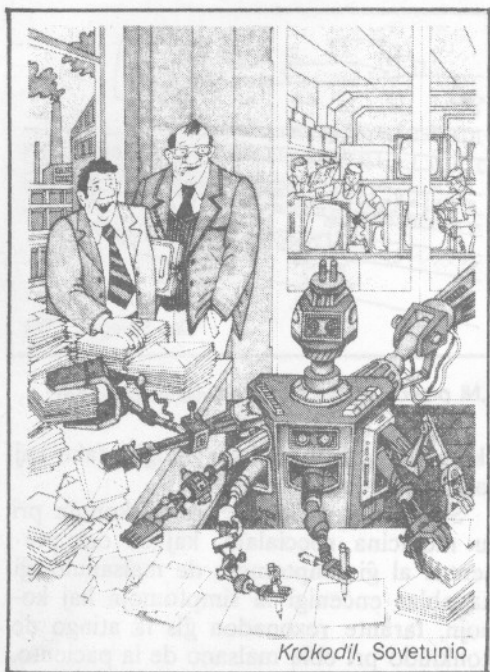
(kvazaŭ spertulo) pri tiu limigita fako kaj fari konkludojn.

S.S. povas ekzemple enhavi konojn pri iu medicina specialaĵo, kaj se oni prezentas al ĝi simptomojn de malsanulo, ĝi kapablas enĉenigi la simptomojn kaj konojn, farante rezonadon ĝis la atingo de konkludo pri ebla malsano de la paciento. Alia ekzemplo estas sistemo de la firmao *General Electric* por diagnozi kaŭzon de misfunkciado de lokomotivoj; interesa aspekto estas, ke la komputilo estas konektita al video-disko, kaj tiel ĝi montras sur apuda ekrano la manieron ripari la lokomotivon.

Nu, se tradicia komputil-programisto intencas fari similan sistemon kun absoluta certeco, li faras ian programon. Ĝi eble povas funkcii, sed – krom esti malfacile verkebla – ĝi havas gravajn malavantaĝojn: ĝi miksas „konojn” kaj „rezon-mekanismon”. Oni malfacile ekscias, kion „konas” la progamo, kaj ĝi estas malfacile modifebla por perfektigi ĝin. La koncepto de S.S. alportis do simplan sed tre utilan organizan ideon: Disigu la „bazon de konoj” kaj la „rezon-mekanismon”.

La „bazo de konoj” enhavas ne nur datumojn aŭ faktojn, sed ankaŭ la regulojn, kiuj rilatas al la faktoj. La sistemo enĉenigas la faktojn, uzante la regulojn, kaj tiel ŝanĝas ĉiumomente la konitajn faktojn, ĝis kiam ĝi alvenas al iuj konkludoj.

Konstrui spertan sistemon ne estas facila tasko. Unuavide oni povus pensi,



Krokodil, Sovetunio

„Certe valoris aĉeti tiun roboton! Ĝi precize kaj senprokraste respondas ĉiujn plendojn.”

ke sufiĉas aldoni pliajn kaj pliajn regulojn, sed vere estas malfacile transformi la konojn de spertulo en formon akcepteblan por komputilo. Krome, se oni enmetas tiujn regulojn sen sufiĉa zorgo, povas formiĝi senfinaj ĉenoj de faktoj dum funkciado ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \dots \rightarrow A!$), aŭ povas okazi kontraŭdiro inter nova aldonita regulo kaj antaŭa regulo; aŭ la nova regulo povas postuli ŝanĝon en antaŭa regulo.

Ne pensu, ke la nuntempa tekniko de S.S. estas aplikebla al „ĉiuj” fakoj. Ĝi estas aplikebla nur al fakoj kun jenaj karakterizoj:

- pri la fako ekzistas konataj spertuloj;
- la spertuloj laboras pli efike ol amatoroj kaj komencantoj;
- la tasko postulas de la spertulo minutojn aŭ horojn de laboro;
- en la tasko gravas precipe la konoj;
- la kapablon oni povas instrui al novulo;
- S.S. alportus profiton;
- la tasko ne bezonas prudenton.

En la kampo de S.S. oni nuntempe esploras precipe la jenajn problemojn:

- Kiel atingi spertajn sistemojn kun pli profundaj konoj, kiuj utiligus, ekzemple, simul-modelon por solvi novajn problemojn?
- Kiel enmeti la konojn pli facile en la komputilon?
- Kiel kombini konojn prenitajn de pluraj spertuloj?
- Kiel trakti la necertajn konkludojn (ekz.: la malsano estas A kun probablo 0,6, aŭ B kun probablo 0,4)?
- Kiel reprezenti efike la konojn ene de la komputilo?

Planoj por la estonteco

Mi menciis, ke A.I. disvolviĝis dum proksimume 35 jaroj preskaŭ nur en Usono, kaj iomete en Anglio. Sed en 1981 la japanoj publike anoncis sian planon por elstari en „la tutmonda komputilteknika afero post la jaro 1990. Ili decidis preni la teknikojn kaj celojn de A.I. por plua disvolvado kaj profunda utiligo, kaj en la japana socio, kaj por eksterlanda merkato. (Tiu ĉi anonco kontribuis ankaŭ al la menciita famiĝo de tiu ĉi fako en la nuntempo.) Por sia plano la japanoj fondis esplorcentron, konata kiel *ICOT* (Instituto por Novgeneracia Komputiltekniko).

Ankaŭ en aliaj landoj oni faris esploradplanojn, ekzemple en Usono kaj en la Eŭropa Ekonomia Komunumo.

La progreso de A.I. havos efikojn, kiujn mi ne povas pritrakti, sed almenaŭ ja menci kelkajn. Ĝi efikos sur la disponeblajn laborpostenojn por homoj kaj sur la taŭgecon de la nuntempa juro por la novaj teknikoj. Krome, ĝi vekas ankaŭ filozofiajn demandojn pri la difino de la unike homecaj kvalitoj de la Homo.

Luis Guillermo RESTREPO

(La ĉi-supra artikolo estas iom koncizigita teksto de prelego prezentita dum la „Granda renkontiĝo de amikoj kaj simpatiantoj de la internacia lingvo Esperanto” en Bogoto, Kolombio, decembre de 1986.)