Redakta noto

La ISAE-prezidanto adiaŭas

En 1990, post pli ol 30-jara profesia laboro en Afriko, mi revenis al Germanujo kaj pli aŭ malpli "lokside" setladis. La praktikaj kaj sciencaj komisioj en diversaj tropikaj landoj postulis la ĉiam denovan lernadon de naciaj lingvoj kaj pluraj indiĝen-piĝinaj dialektoj. Pro tio mi apenaŭ povis uzi Esperanton (kiun mi eklernis kiel studento) pli ofte ol dum okazaj UK-partoprenoj. Nun mi havis la eblon pli forte engaĝiĝi kadre de ISAE kaj servis ekde 1994 kiel landa delegito, aŭtoro kaj membro de la redakta stabo.

La pasintaj 20 jaroj do plene apartenis al Esperanta aktivado por vivteni kaj progresigi Sciencan Revuon, kies n-ro 157 por 1990 (samkiel n-ro 156 en 1989 kaj n-ro 155 en 1988) eldoniĝis po unu kajero en jara volumo kaj en la sekvaj jaroj 1991-1996 po 2 kajeroj en jarkolekto. En 1997 mi fariĝis prezidanto de ISAE kaj en la jaro 2000 mi transprenis la redaktadon de Scienca Revuo. Dum en la periodo 1990 ĝis 1999 aperis entute 23 SR-kajeroj (n-roj 157 ĝis 179), ekde tiam mi aperigis regule 4 SR-kajerojn/jare/volume (entute 44 kajerojn) kun averaĝe 64 paĝoj ĝis tiu ĉi n-ro 223, kiun vi tenas en via mano kaj kiu kompletigas la sciencrevuan jarkolekton por 2010.

Eble pro tio UEA honorigis min dum la UK en Havano per "Diplomo pri Elstara Agado". Kun danko mi volonte pludonas tiun ĉi honoradon al la fidelaj ISAE-membroj (kiuj per pago de la membrokotizo zorgas pri la financa bazo de regula dissendo de Scienca Revuo), al la bonvolaj aŭtoroj (kiuj per fakaj artikoloj helpas plenigi la SR-kajerojn) kaj precipe al la du honoraj membroj de ISAE, *Josef Kavka* kaj *Rob Moerbeek*, kiuj senlace kontrollegis kaj proponis lingvaĵajn plibonigojn kaj senerarigojn de la diversaŭtoraj tekstoj cele de pretigo kaj eldono de bonkvalita surpapera asocia organo. Mi fieras pri la omaĝa adiaŭo fare de Universala Esperanto-Asocio pro laboro, kiu ne plu estos farebla por 83-jarulo.

En la jarkunveno de ISAE en Havano d-ro *José Antonio Vergara*, la ĝenerala sekretario de ISAE, komunikis sian pretecon preni sur siajn ŝultrojn ekde 2011 la taskojn kiel nova ISAE-prezidanto kaj estonte zorgi pri la postvivado kaj prospero de la Asocio kaj ties organo Scienca Revuo. Mi adiaŭas kaj kore salutas.

Rüdiger Sachs, prezidanto de ISAE

Vera pensmaŝino
aŭ
Reprezentado kaj manipulado de vortoj kaj pensoj en neŭrona retaĵsistemo

Wolfgang HILBERG

Resumo

Inĝenieroj de la Teĥnika Universitato en *Darmstadt*, Germanujo, dum plurjaraj laboroj evoluigis modelon por neŭrona pensado, kiu tre proksime orientiĝas laŭ la modelo de la cerbo. La laboro sekvas la ideojn de la eminenta cerboesploristo *A. R. Damasio* kaj povas esti rigardata kvazaŭ konkretigo de ties principaj ideoj. (La aktuala cerboesploro esence iras alian vojon). Ĉar la teĥnika modelo estas realigebla ankaŭ "en silicio", kiel montris simulado, ĝi ne nur liveras konkretajn indikojn pri la kaŝitaj lingvaj pensprocesoj en la cerbo, sed ankaŭ malfermas eblojn por la realigado de ekstreme inteligenta komputil-posteilo resp. komputil-anstataŭilo.

Ŝlosilvortoj: Neŭrona retaĵo, pensadprezentado, penslingvo, tranĉpozicia (*interface*) tavolo, ekstrema tekst-densigado, elektrona tradukmaŝino.

1. Enkonduko

Kio venos post la komputila erao? Pri tiu ĉi demando ĵus komenciĝis interesa diskutado en la scienco. Estas sufiĉaj kaŭzoj por certa malkontenteco pri la komputilo: tiu ĉi estas ja alte evoluigita aparato kun elstaraj kapabloj, sed ĝi ne povas pensi kiel homo. Ke ĝi estus "pensmaŝino" tuj en la 50-aj jaroj fiere proklamis ja famaj komputil-pioniroj. Sed tion hodiaŭ neniu plu asertas post la seniluziigaj spertoj en la sekvaj jardekoj, precipe sur la kampo de "arta inteligenteco". Fakte ankoraŭ nuntempe ĉiuj komputiloj funkcias laŭ la koncepto de iliaj eltrovintoj, kiuj estis inĝenieroj kaj matematikistoj. Tio signifas, ke la komputiloj estis ekde la komenco elektronikaj iloj, kiuj devis kalkuli ion algoritme – kaj tion kun ekstrema rapideco. Sed ekzistas kampoj, sur kiuj ne sukcesas tiaj proceduroj, sur kiuj ili – spite de siaj mirinde altaj rapidecoj – ne povas konkuri. Tio koncernas antaŭ ĉio la lingvokapablon de la homa cerbo, kiu en komparo ja laboras tre malrapide.

Estiĝas la demando, ĉu, por venki tiajn malfacilojn, fari la komputilojn ankoraŭ pli rapidaj kaj iliajn programojn ankoraŭ pli perfektaj – aŭ evoluigi aparatojn kun novaj strukturoj. Post kiam jam rezignis elstaraj pioniroj de la arta inteligenteco, ekz. *Marvin Minsky*, ŝajnas esti pli saĝe, pene aspiri pri novaj strukturoj de vera pensmaŝino laŭ la modelo de la homa cerbo. Des pli ĉar jam, kion mi volas montri, estas ekkoneblaj la konturoj de tiuspeca teĥniko. La estontec-indika koncepto tamen kuŝas longe ekster la hodiaŭa "ĉefa linio" de la scienco kaj teĥniko. Pro tio mi pritraktos ĝin en ĝiaj bazaj trajtoj nur tiugrade, ke oni povu ĝin sufiĉe detale pritaksi kaj diskuti ĝian valoron. La malnovajn kaj novajn sciencajn publikigaĵojn koncerne la temon oni trovas en "Literaturo", 1–16.

2. La direktoindika komenco de cerbo-esploro

Sciencistoj jam ekde ĉiam volis gajni imagon pri tio, kiel pensprocesoj estas imageblaj kaj akordiĝas kadre de la natursciencoj, principe en fiziko kaj biologio. Tio ŝajnas malfacila, ĉar ĝis nun ne ekzistas klareco. Ni do devas evoluigi novan scenaron. Por tio ni bezonas simplajn logikajn konsiderojn. Sed ni devas forlasi la eluzitajn padojn de la hodiaŭa cerboesploro. Ili ĝis nun ne kondukis al la celo kaj tion ankaŭ estonte ne kapablos.

Bonŝance ekzistas fama cerboesploristo *Antonio R. Damasio*, al kies ideoj ni povas alnodi daŭrigon. Ĉar li, jam antaŭ multaj jaroj, donis klarajn indikojn, en kiu direkto troveblas la solvo. Laŭ tio ni citas [1]: "Mi do opinias, ke organismo posedas "spiriton" tiam, kiam ĝi kapablas formi reprezentaĵojn kiuj fariĝas imagobildoj en proceso, kiu nomiĝas "pensado", lasi sin manipuli kaj fine influas la sistemon, amplekse plani kaj determini la sekvan agon. ... Pensado plenumiĝas vastaskale per bildoj, kiuj estas imagokonceptaĵoj kaj baziĝas sur topografie aranĝitaj reprezentaĵoj". En alia loko li rimarkigas pri la tasko de estontaj esploroj, ke mankas ampleksa priskribo de la ŝaltocirkvitoj kaj sistemoj sur la mikro- kaj makrostrukturaj niveloj.

3. Reprezentado kun kodoj

La decida punkto estas, ke formiĝas neŭronaj reprezentaĵoj. Tio ŝajnas ne esti nova afero. Ni ja ĉiutage interrilatas kun reprezentaĵoj. La vorto "arbo" ekzemple estas anstataŭaĵo por "objekto el folioj, branĉoj, trunko kaj radikoj en la naturo, kiun ni konas". Tio signifas, ke "arbo" reprezentas tiun ĉi objekton. Ni estas tiom fir-

me alkutimiĝintaj, ke tiaj reprezentaĵoj konsistas el literoj aŭ parolsonoj – do, el "kodo" – kaj ke oni tiun ĉi imagon tuj transigas aŭ "transmisias" sur la cerbon kaj ties neŭronojn. Dum jardekoj oni serĉis "neŭronan kodon". Ankaŭ *Damasio* eliris de tiu premiso, ĉar li koncedis "ke neniu scias, kiel tiaj kodoj povus aspekti". Sed la serĉado ĝis nun estis tute vana, kiel ankaŭ la respektata neŭrobiologino *Patricia Churchland* antaŭnelonge afliktite konstatis: "Ni do ankoraŭ ne scias, kiel fakte la neŭrono kodigas la informon". Eble ankaŭ la modelo de la amasiĝo de heredaj informoj en la DNA-molekuloj ludas rolon, ĉar tie ĉi vere temas pri kodo, kiu estas konservata en ĉiuj korpoĉeloj por la tuta vivo. Por la lernado kaj majstrado de lingvo tamen – aŭ eĉ nur por la pensado – tiaj kodoj estas neuzeblaj kaj tute netaŭgaj. Tion ni poste pli bone klarigos. (Alia malĝusta modelo eble estis la komputilo kun siaj efemeraj binaraj kodoj.)

4. Reprezentado sen kodoj

Ni nun iom konkretigu la konceptojn de *Damasio*. Ĉe tio ni limigu nin al la kampo de lingva pensado. La solvo de la enigmo komenciĝas per tio, ke ni nun kaj por ĉiam akceptu, ke tute ne ekzistas "neŭrona kodo". Oni ja ne bezonas ĝin, ĉar iu ajn laŭvola, netrudiĝa objekto, kiu staras je certa loko, povas peri al ni – sen kodo – certan informon. Tio ne estas komplika. Jam simpla ŝtonamasiĝo en montaro povas diri al migranto: "Vi estas sur la ĝusta pado". Simile ĉiu neŭrono en la cerbo povas reprezentadi – sen iu ajn kodo – simple pro tio, ke ĝi havas certan pozicion en la neŭrona retaĵo de la cerbo. Ĉar ekzistas multegaj neŭronoj (ĉirkaŭ cent miliardoj), ili, aŭ parto de ili, povas reprezenti amasegon da diferencigitaj informoj. (Por pli bona klareco mi emfazas, ke dum analizo de la unuopaj neŭronoj ne eblas ekkoni, kiun lingvon iu homo parolas). Por la funkciado de la tuta sistemo plue gravas, ke la neŭronoj kun pli granda nombro da neŭron-konektaj interligoj estas retigitaj (por neŭrono ĝis 10 000 interligoj). Tiel la tuto formas, alrigarde, densan nepenetreblan fibraron. Ĝuste estas ĝi, kiu ebligas la pensadon.

5. Limtransiro inter diversaj lingvomondoj

Leviĝas nun la demando, kiel la neŭronoj atingas la lingvan informon, kiun ili devas reprezenti. Tiu ĉi informo povas ekz. konsisti el unu vorto aŭ unu frazo, el multaj frazoj aŭ eble el la enhavo

de tuta libro. Evidente tiaj informoj ne estas senpere alkondukataj al la intern-cerbaj neŭronoj forme de kodo. Sed ie devas ekzisti ia transmetado aŭ "komutado" de la aŭditaj vortoj en neŭronan reprezentaĵon. Por trovi tiun lokon ni unue alrigardu la elementajn "konstrubrikojn" de la lingvo, la vortojn. Se pravas filozofoj kaj lingvoesploristoj [4], ke "ĉiu pensado baziĝas sur lingvo", ni devas tie ĉi komenci.

Ni scias, ke ĉiu alte evoluinta lingvo konsistas el tre granda nombro da diversaj vortoj: ni diru, da kelkaj centmiloj. Post la ĝisnunaj pripensoj estas imageble, ke ĉiu el tiuj vortoj havas koncernan neŭronon, kiu reprezentas tiun ĉi vorton. (La naturo povas certe esti evoluiginta, pro sekureco, plurajn neŭronojn apartenantajn kune). Sed por tio estas necesa nur malgranda parto de ĉiuj ekzistantaj neŭronoj. Tiaj specialaj "vortneŭronoj" supoze havas rektajn ligojn al la ekstera mondo. Tio estas: la aŭd-organoj liveras ĉiufoje certan serion da sonoj, kiuj reprezentas la "son-bildon" de vorto. Tiu ĉi sonbildo estas kondukata al la amaso da vortneŭronoj, en kiu tamen nur tiu neŭrono reagas, kiu estas akordigita al tiu ĉi sonbildo. (En la teĥniko tio nomiĝas "asociada serĉadproceso", kiu estas realigata en "asociada deponejo" per simplaj kuplaj ŝaltadoj). Inverse la vortneŭrono devas esti laŭbezone kapabla direktiĝi al tiuj muskoloj (kaj aktivigi ilin) kiuj poste kapablas elparoli la koncernan vorton.

6. La strukturo de la baza lingvoretaĵo

Kiel oni nun povas imagi al si la aranĝon de tiuspecaj vortneŭronoj? Surbaze de la pripenso, ke en iu ajn teksto la vortoj ne libervole sekvas unu la alian, estas farita la sekva eksperimento [15, 16]: Helpe de grandaj lingvistikaj tekstkolektoj oni esplore eltrovis, kiuj vortoj povas sekvi rekte unu la alian. Parte tio estas tre multaj "permesataj sinsekvoj", sed en pli granda parto tio estas relative malmultaj permesataj sinsekvoj. Averaĝe ili estas multe pli malmultaj ol troveblas ĉe "hazarde elektata sekvo". Lingve permesataj tekstoj do estas tre raraj okazaĵoj.

La trovitajn sinsekvojn (kaj en la uzitaj tre grandaj tekstaroj mankis por kompleteco nur malmultaj raraj okazaĵoj) oni nun povas kolekti laŭ listoj. Pli klare tamen montriĝas la rezultoj post aranĝo forme de retaĵo. En tiu ĉi okazo la vortoj estas enmetataj en la retaĵ-nodojn. La retaĵo tamen – pro la giganta nombro da nodoj

kaj interligoj – ne plu povas esti prezentata laŭ kutima maniero de grafikaĵe aŭ tabele ordigita formo: la interkruciĝantaj ligoj tute kovrus kaj nigrigus la paperon. Ĉe tio helpas prezenti la retaĵon laŭ t.n. "interliga matrico", en kiu reprezentiĝas ĉiu interligo nur kiel punkto [16].

La analizo pruvas, ke la retaĵo posedas specialan strukturon kaj ke tiu ĉi strukturo estas la sama por ĉiuj tekstoj de la respektivaj lingvoj ekzamenitaj. Oni povas eliri de la premiso, ke ĉiuj anoj de komuna lingvofamilio en sia juneco tiun retaĵon konstruis en si per lernado laŭ ekzemploj kaj poste dum la tuta vivo pri ĝi disponas. Por la pensado la cerbo nepre bezonas tiun ĉi retaĵon, kiu realigas la transigon de vortoj venantaj el la ĉirkaŭo al la ilin reprezentantaj neŭronoj. En la teĥniko oni nomas tian transigretaĵon "tranĉfaco" aŭ sekcopunkto (angle *interface*, germane *Schnittstelle*). Oni povas imagi al si, ke tiuspeca tranĉfaca retaĵo estas lokata en la ekstera tavolo de la cerbo. La tie troviĝantaj "tranĉfac-neŭronoj" diferencas de la aliaj neŭronoj nur per siaj interligoj kun la aŭd- kaj parolorganoj.

7. Plukondukado de reprezentaĵoj

Mi denove akcentas, ke la ekzisto de tranĉfaca tavolo estas logika neceso pro la fakto, ke la medio tenas disponeblaj la vortojn sole per son- aŭ skribkodoj, kaj ke interne de la cerbo troviĝas nur simplaj neŭronkorpoj sen iuj ajn kodoj, kaj kiuj havas neniajn rektajn interligojn al la ekstero. La transigo de reprezentado de unu neŭrono al alia neŭrono – komence el la tranĉfaca reto kaj poste de tie ĉiam plu – ja estas tre simpla. Oni nur bezonas nervan interligon, kiu ordinare unufoje dum la juneco en ununura lernproceso devas esti evoluigita. (En tiu maniero cetere ja estiĝas la retaĵ-strukturo). Post tio signaloj povas esti sendataj super ĝi laŭforme de impulsoj (angle *spikes*), kiuj havas la taskon aktivigi la ĉiufoje necesajn plej proksimajn neŭronojn dum la pensadprocesoj.

8. Per abstraktado de frazo al penso

Sed kiel oni venas, el neŭrona ĉeno, en la sekcopunkto, kiu ekzemple reprezentas vorton-post-vorto-frazon "renverse" (angle "*bottom up*") al unu neŭrono, kiu tutsola reprezentas la tutan frazon? Por kompreni tion necesas unue klarigi al si, kio estas penso. La respondon al tiu ĉi demando oni trovas ĉe la lingvofilozofo

Ludwig Wittgenstein [3], kiu konstatis ke "penso estas esence tio kion entenas frazo". El tio eblas konkludi, ke ni devas trovi neŭronon, kiu esence reprezentas la penson en frazo. Tio certe ne estas simpla transigo de la unuopaj tieaj vortoj, sed pli vere postulas sintezan interludon inter multaj neŭronoj: tio nomiĝas "abstraktado", (laŭ la latina vorto *abstrahere* = forpreni neesencajn aspektojn). Kontraŭe al tio kion eble atendas la leganto, tio ne estas procedo, kiu ŝanĝas la frazon en realec-malproksiman objekton, sed sekvas la daŭra paŝa-post-paŝa forpreno de io el la frazo. Post ĉiu forpreno la frazo mallongiĝas. (Oni ne scias ĉu la cerbo funkcias tiumaniere. Sed ĝis nun ne videblas alia meĥanismo, kiu estus same simpla kaj kontentiĝas sen lingvistikaj komputilprogramoj).

Dum la eksperimento montriĝis konvene, unue forigi la malgravajn vortojn distribuitajn tra la tuta frazo (ekz. la germanlingvajn difinajn artikolojn "*der, die, das*"). La rezulto: jam post unu paŝo tiuspeca "abstraktita frazo" konsistas el malpli da vortoj, de kiu en sekva paŝo denove estas subpremataj pluaj negravaj vortoj. Tion oni daŭrigas ĝis oni venas al unusola neŭrono.

9. Reprezentado de unuopaj vortoj kaj samtempe de frazoj

Post ĉiu ajn abstraktanta paŝo la postrestaj neŭronoj – prenitaj por si – nun reprezentas, kiel antaŭe, la originan vorton el la sekcopunkto. Sed ĉiu vorto samatempe ankaŭ reprezentas en kaŝita maniero tiun parton de la frazo, el kiu ĝi originas. Tio estas komprenebla, se oni vidas la koncernan neŭronon interlige kun la ĉirkaŭanta retaĵo. Ĉar tiu neŭrono fakte povas reprezenti, kune kun la ĉirkaŭa retaĵo, ankaŭ la al ĝi plu apartenantan frazoparton. Pro tio eblas ke ĝi laŭbezone estu regenerita.

Alia tre interesa aspekto: mezurad-rezultoj montris, ke la retaĵoj havas en ĉiu abstraktada ebeno la saman bazan strukturon kiel la unue trovita retaĵo en la sekcopunkt-tavolo. Tio havas simplan kaŭzon. Tiuspeca retaĵstrukturo nome estas, kiel informteorie pruvite, optimuma por lingva komunikado. El tio sekvas, ke la neŭronaj retaĵnodoj en pli alta abstraktada ebeno estas interligitaj laŭ tia maniero, kiu respondas al sinsekvo de pli multaj vort-esprimoj. Tiel konserviĝas lingve permesata sinsekvo. Cele de plifaciliĝo ni rigardu la okazon, ke troviĝas en pli alta abstraktada ebeno nur neŭronoj, kiuj reprezentas tutajn frazojn (kio fakte estas forta simpligo). Se tiaj neŭronoj interligiĝas unu kun la alia, tio signifas, ke estiĝas pensadĉenaro. Tion ni ja dum nia juneco abunde lernis kaj el tio evoluis ja la strukturo de nia retaĵo. Tiun interplektiĝon de (neŭronaj) pensoj oni nomas la (neŭronajn) pensadojn. La stirado de la "pensvojo" venas el la super tiu kuŝantaj abstraktadaj kampoj.

10. Per antaŭpensoj de neŭrono al frazo

Sed kiel oni revenas de pli alta abstraktada ebeno reen al teksto konsistanta el frazoj kaj vortoj? Ekzemple de unuopa neŭrono, kiu reprezentas la pensojn de tuta frazo reen al frazo konsistanta el sinsekvaj vortoj? Nu, unue oni konjektu, ke la retaĵo devas plenumi marĝenajn kondiĉojn, t.e. ke ĝi estu agordita al la tema kampo en kiu tiu ĉi neŭrono devas agi. Nur certaj interligoj necesas por tio. Post tiuj antaŭpreparoj venas la ĉefa afero, nome kiuj el la postrestantaj retaĵaj interligoj devas esti elektataj. Tion oni plej simple komprenas memorante, kio kelkfoje okazas dum interparolo aŭ prelego: la parolanto ĉesas, ĉar li perdis la fadenon en la parolo, sed tuj ĉeestas kelkaj aŭskultantoj kiuj subtenas lin per la sekvindaj vortoj. Ili jam antaŭsupozis, kion li volas diri. Tio sendube rezultas el la tuta parol-kunteksto.

En la retaĵo tiu ĉi proceso pasas samamaniere. Por tio oni nur devas la neŭronojn jam antaŭe en la tekstopado de ĉiu abstraktada ebeno aktivigitajn (t.n. "antaŭuloj") lasi ankoraŭ en ilia aktiva stato kaj nun kun ilia helpo difini la serĉatan "posteulon". Se oni uzas sufiĉe multajn el tiaj antaŭuloj (en la eksperimento [8] estis uzataj ĉirkaŭ 10 antaŭuloj), ĉiam estis ebla la ekzakta rekonstruo de la enŝovita teksto. Se estas haveblaj nur malmultaj antaŭuloj, tiam rezultiĝas pluraj eblaj posteuloj, el kiuj unu devas esti elektata. Tio ofte kondukas al diferencaj frazoj por la sama penso.

11. Simulado de la tuta sistemo

Kiel nun estas realigata la priskribita modelo? Kiel konate, en la moderna duonkonduktil-teĥniko ĉe la projektado de altkompleksaj ĉipoj (kiuj pro kostotakso ne tuj realiĝas "en silicio") oni unue faras ampleksan simuladon. Poste oni povas ekkoni, ĉu la sistemo estas bone projektita kaj ĉu ĝi funkcias senerare. Tion oni faris ankaŭ ĉe la neŭrona sistemo [7]. La fakte senkodaj neŭronoj nun ricevis por la simulado neeviteblan numeron resp. kodon. Samatempe oni aldonis al la kodo la eblajn senperajn antaŭulojn kaj

posteulojn de la neŭronoj. Pro tio estis komplete difinitaj la strukturo de la retaĵo kaj la loko de la koncerna neŭrono en ĝi. La funkciadon de la abstraktadaj kaj antaŭdiraj procesoj oni poste kontrolis pere de tekstoj el grandaj lingvaj tekstaroj (ekz. *LIMAS*) kaj verkoj de konataj verkistoj. Ĉe tio ampleksaj tekstoj estis transformataj en unuopajn reprezentantajn neŭronojn kaj, el tiuj, la tekstoj estis denove "generitaj" kiel kompreneblaj vortsekvoj.

12. Resumo, eblaj novaj aplikoj

Post la sukcesa teĥnika revizio de la koncepto oni nun povas konjekti, ke ankaŭ en la cerbo sole la manipulado de reprezentaĵoj okazigas "pensadon", same kiel *Damasio* antaŭdiris. Tamen restas nekonate, ĉu la cerbo detale funkcias kiel priskribite. Ĉiuokaze ĝi estas modelo, kiun oni povas teĥnike realigi kaj kiu estas en certaj rilatoj vaste supera al la hodiaŭaj komputiloj. Oni tamen devas decidi kiel pluiri. Oni povas kontentigi sin esti trovinta en la esplorkampo "Modeligi la menson" (angle "*Modelling the Mind*") funkcian modelon por la pensado [6], kompletigendan per gravaj aŭdaj kaj emociaj influoj. Sed oni ankaŭ povas tuj evoluigi tute novspecajn inteligentajn pens-maŝinojn. Simplaj aplikoj estas tuj videblaj. Tiel ekz. metodo, ĉe kiu estas formata penskodo, kiu taŭgas por ekstrem-koncentrita stokado aŭ senredundanca transsendo de teksto malproksimdistancen.

Pli spektakla tamen estas projekto, finfine realigi la universalan penslingvon de *G.W. Leibniz*, kiun tiu genio proponis jam antaŭ 300 jaroj [5]. Ebla uzado estus ekz. la rapida kaj bona maŝintraduko de origina teksto en la lingvojn de diversaj landoj [17]. Tion ja nuntempe klopodadas ekzemple Eŭropa Unio (EU) kun multe da tempo- kaj monoelspezo. Sed se ĉiu lando havus propran ilon por tiuspeca universala pensad-lingvo, ĝi povus ĉiun tiuforme prezentatan tekston tuj traduki en la propran landan lingvon. Certe ankaŭ la senproblema traduko de ĉiu ajn libro estus bagatela facilaĵo.

Rezulte ni havus komunan mondolingvon, kiun oni ne kiel la anglan lingvon devas pene ellerni (kiun cetere plenkreskulo el alia gepatra lingvosfero neniam plene majstros). Plue la "patrinaj lingvoj" restus plene konservitaj, en kiuj oni ja pli bone povas pensi ol en iu ajn alia lingvo.

13. Dankesprimo, rerigardo kaj estonta disvolviĝo

La esplorprojekto kun la labortitolo "Pensmaŝino" postulis multajn jarojn da streĉega laboro. Multaj junaj homoj ekentuziasmiĝis pri ĝi per studaj kaj diplomaj verkoj. Sep membroj eĉ science traktis partajn problemojn en sia doktoriĝa tezo [7 ĝis 13]. La aŭtoro ŝuldas dankegon al *Jochen Meyer, Frank-Marcus Steinmann, Volker Nachtwey, Gero Bassenge, Hans Lamberti, Thomas Ries, Horst-Dieter Burschel.* Iliaj engaĝitaj kaj kritikaj kunpensadoj ĉiam denove helpis al li atingi la certecon, ne eniri sakstratetojn.

Dum posta pripensado la koncepto ŝajnas tiom simpla kaj konsekvenca, ke preskaŭ estas nekompreneble, ke oni devis tiom longe atendi tian logikan solvon. Oni tamen ĉiam pripensu, ke estas malfacile eliri el kelkaj inter-stacioj de la firme kaj senelireje blokataj retoj de scienca esploro. Ĉiam helpis la rigardo al la cerbo, ĉar tie certe ne ekzistas komputilstrukturo.

Multjara sperto pri la konvenciaj "neŭronaj retaĵoj" rilate al la maŝina bild-esploro certe estis komence nur direktodona sperto. La klopodoj tamen, samametode ankaŭ iom post iom majstri flekseman lingvoprilaboron, estis vanaj. Dum ĝis tiam ni laboris per relative malmultaj neŭronoj (laŭkvante 1000), ĉe fleksema lingvoprilaboro estis necese majstri samatempe centmilojn da vortoj. Tio simple ne funkciis laŭ la konataj metodoj. Kiel proksima paŝo la hazarda malkovro de la "natura lingvoretaĵo de sinsekvaj vortoj" kondukis nin kelkan distancon pluen. Longan tempon ni ankaŭ estis blindaj pri la ekkono, ke per neŭronoj, kiuj reprezentas lingvon senkodan, ĝuste eblas informa prilaboro. Iom pli poste estis malkovrita ankaŭ la logika neceso por interfaca tavolo. Fine ankaŭ la fundamentaj abstraktadoj kaj prediktaj procesoj estis senekzemplaj modeloj. Por tio necesis ellabori plej simplajn meĥanismojn, kiuj kondukis al la reprezentado de longa teksto en unuopa neŭrono kaj reen en kompreneblajn frazojn. Je la fino estis la ekkono, ke sole per simplaj nervaj interligoj de pensneŭronoj povas efektiviĝi kontinua pensado.

Pluaj praktikaj laboroj estas necesaj. Se ankoraŭ kelkajn interesajn aplikojn eblas majstri per simplaj simulad-metodoj, la tre gravaj avantaĝoj nur tiam venos, kiam oni aliros la realigadon de duonkonduktil-ĉipoj. Sed tio kuŝas ekstere de la ebloj de universitata laboratorio.

14. Literaturo

[1] *Damasio, A.R.*, Descartes' Error, Penguin Books, London, 2005. Descartes Irrtum – Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. List Verlag, München, 2004.
[2] *Churchland, P.S.* Neurophilosophy (1986), sowie ein Interview mit Markus Christensen im Internet unter dem Stichwort Neurowissenschaft.
[3] *Wittgenstein, L.* (1994), Philosophische Bemerkungen. Wiener Ausgabe, Verlag 2001, Frankfurt.
[4] *Whorf, B.L.*, Language, Thought and Reality, the MIT Press, Mass. 1956.
[5] *Herring, H.* (1992). G.W. Leibniz, Philosophische Schriften 4, Schriften zur Logik, darin: Anfangsgründe einer allgemeinen Charakteristik, Insel Verlag, Frankfurt.
[6] *Hilberg, W.* Generalizing the Mirror-Neuron-Model for Thinking Processes. HSI Conference, Catania, Italy, May 21-23, 2009, pp. 363-366. Hilberg, W. Modeling the Mind. Oral Presentation, (2009).
[7] *Ries, Th.* (2001) Über Möglichkeiten einer maschinellen Nacherzählung mit Hilfe eines hierarchischen Systems aus Sprachnetzwerken, Diss. TUD.
[8] *Burschel, H.-D.* (1998), Die messtechnische Ermittlung von Assoziationen zwischen Worten in kohärentem Text und ihre Nutzung bei Prädiktionen verschiedener Reichweite. Diss. TUD, Darmstadt.
[9] *Meyer, J.* (1989) Die Verwendung hierarchisch strukturierter Sprachnetzwerke zur redundanzarmen Codierung von Texten, Diss. THD, Darmstadt.
[10] *Lamberti, H.* Universelle Methoden einer strukturellen Textsegmentierung natürlicher Sprachen und Metasprachen, Diss. TUD, Darmstadt, 2005.
[11] *Nachtwey, V.* Textkompression auf der Basis von Wortnetzwerken und Grammatikmodellen. Diss. THD, Darmstadt, 1995.
[12] *Steinmann, F.-M.* Netzwerkmodellierung und Segmentierung von Texten sowie Anwendungen zur Informationsverdichtung. Diss. THD, Darmstadt, 1996.
[13] *Bassenge, G.* Automatische Klassifizierung von Wortformen in Texten der deutschen Gegenwartssprache. Diss. TUD, Darmstadt, 2001.
[14] *Hilberg, W.* The Unexpected Fundamental Influence of Mathematics upon Language. Glottometrics, 5, 29-50, 2002.
[15] *Hilberg, W.* Some results of quantitative linguistics derived from a structural language model, Glottometrics 7, p. 1-24. 2004.
[16] *Hilberg, W.* Sprache und Denken in neuronalen Netzen, Verlag für Sprache und Technik, Gross-Bieberau, 2008.
[17] *Hilberg, W.* Deutsche Patentanmeldung.

Adreso de la aŭtoro

Prof. em. Dr.-Ing. Wolfgang HILBERG
Im Geisner 11
DE – 64401 – Gross-Bieberau / GERMANIO
<whilberg@web.de>

Priaŭtora informo

La aŭtoro (1932) studis elektroteĥnikon de 1952 ĝis 1957 ĉe la Teĥnika Altlernejo *Darmstadt* (precipe altfrekvenc-teĥniko). Postdiplome li laboris ekde 1958 en la esplorinstituto *Telefunken* en *Ulm* kaj tie devis konstrui (tiam vaste nekonatan) diĝit-kalkulatoron: estiĝis la unua de germana firmao konstruita kaj vendita komputilo, modelo por la postaj *Telefunken*-komputilegoj.

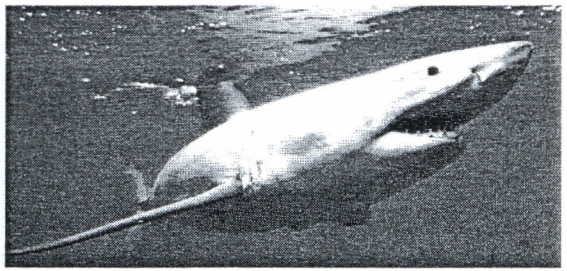
La germanlingvan originalon de la supra artikolo intertempe aperigis "*Naturwissenschaftliche Rundschau*" n-ro 743 (majo 2010, 63-a jarkolekto) en paĝoj 240-245.

Ŝarkoj kaj homoj

Rolf SPANGENBERG

Ĉu vi ankaŭ suferas pro selaĥiofobio, kiel psiĥologoj nomas la timon antaŭ ŝarkoj? Post kiam mi vidis la filmon "La blanka ŝarko", mi preskaŭ ne plu kuraĝis iri en la lokan naĝejon. Sed ĉu estas prava la timo antaŭ la laŭdiraj "monstroj de la maro"?*

La seka statistiko diras, ke mondavaste – tamen sufiĉe malbone – okazas jare nur ĉirkaŭ 5 ĝis 15 mortigaj atakoj de ŝarkoj kontraŭ homoj. Aliflanke, sole en Germanujo mortas ĉ. 24 ĝis 50 personoj jare pro abelaj aŭ vespaj pikoj. Eĉ cignoj mondovaste, okaze de siaj teritoriodefendoj, mortfatalas por naĝantoj pli ol pro ŝarkoj – tamen ĉiu ĝojas pri tiuspecaj majestaj birdegoj. La plej danĝera animalo entute estas, nun kiel antaŭe, la malariomoskito, ĉar jare mortas milionoj da homoj pro la de moskitoj transigita malsano.



Bildo 1: La "Blanka Ŝarko" (*Carcharodon carcharias*), rabofiŝo danĝera por malatentemaj homoj

Laŭ vidpunkto de la ŝarkoj tamen la historio aspektas tute alie: la homoj mortigas tiom multajn ŝarkojn, ke ilia ekzistado en ĉiuj maroj estas grave endanĝerigita. Krom la sportĉasistaj fiŝkaptistoj ja ankaŭ monavidaj komercistoj ĉasas. En preskaŭ ĉiuj fiŝvendejoj oni povas aĉeti ŝarkfileojn. Tie haveblas "ŝileraj bukloj" – vere ne bukloj de la fama germana dramisto poeto Frederiko Ŝilero (*Friedrich Schiller*), kaj "maraj angiloj" – tute ne apartenantaj al iu ajn specio de angiloj. Kiaj frandaĵoj sin malkaŝas sub tiaj esprimoj? Nu, en ĉiuj maroj oni kaptas la – por homoj sendanĝeran, iom malpli ol 1 metron longan – skvalon (*Squalus acanthias*). Ties ventroloboj fariĝas, post fumaĵado, la "ŝilerbukloj" kaj la sa-

* Ŝarkoj apartenas al la ordo *Selachii*, do al la "selaĥioj". El tio devenas "selaĥiofobio".