

SCIENCA REVUO de
Internacia Scienca
Asocio Esperantista
BEOGRAD, Jugoslavio

El Vol. 28
n-ro 4(126)
30.08.1977.

PRI ALGORITMO DE INVENTADO

(JU.S.MURAŠKOVSKIJ-ĤARJKOV, G.S.ALTŠULLER-BAKU, SOVETIO)^{+/}

En Sovetio estas ellaborita algoritmo por solvado de inventaj taskoj (ASIT), kreita sistemo de instruado pri ASIT. Daŭras preparado kaj scioatestado de instruistoj, estas kompilataj lernaj kaj montraj instruiloj, estas akumulita sperto de la apliko de ASIT por la solvado de plej diversaj taskoj.

La celo de la artikolo estas komuniki la bazajn principojn de ASIT, montri, kiel oni instruas pri ASIT kaj kiel oni aplikas ĝin en la praktiko.

I. Por kio estas bezonata la teorio de la solvado de inventaj taskoj.

La inventado estas deantikva okupo de la homo. Ekde la invento de la unuaj laboriloj komenciĝis la proceso de homiĝo de niaj antikvaj prauloj. De tiam estas faritaj milionoj da inventoj. Sed jen kio estas mirinda: inventaj taskoj konstante komplikiĝis, sed la metodoj de ilia solvo preskaŭ ne perfektigis. Imagu, por la ekzemplo, entreprenon, kiu iom post iom transiris de produktado de ŝtonaj hakiloj al produktado de komputiloj - kaj konservis ĉe tiol la antaŭajn instalaĵojn.. Ĝuste tiel stas la afero kun la inventa kreado: la plej novaj ideoj estas eltrovitaj per la antikva metodo de provo kaj eraroj. Inventisto traserĉas diversajn variantojn ("kaj se fari tiel?...") ĝis kiam li trovos la solvon de la tasko.

^{+/}pr. Kosiora 140-71, ĤARJKOV-75, 310075, USSR.

Ĉu ne vane perdas tiaj inventistoj tre valoran tempon? Ĉu ne similas ili al fosistoj, kiuj laboras per primitivaj fosiloj dumkiam apude senuza staras grandpotenca dragmaŝino.

Tia dragmaŝino estas la teorio pri solvado de inventaj taskoj. Sed ne ĉiuj scias pri ĝi. Kaj tial hodiaŭ iu, forĵetante varianton post varianto, serĉas la solvon per la metodo de provoj kaj eraroj, malgraŭ ke estas ellaboritaj novaj - pli efikaj tabeloj kaj algoritmoj...

Ĉu ĉiu povas inventi? Ĉu eblas instrui la arton inventi? En kio estas la specifikecoj de kreado ĉe talentaj inventistoj?

Al similaj demandoj oni ne povas ĝuste respondi, se ne konsideri, ke inventaj taskoj povas esti diversaj. Oni povas kondiĉe dividi ilin je kvin niveloj. Por solvi inventan taskon de la unua nivelo sufiĉas trarigardi broksimume dek variantojn. Tiajn inventojn (kaj ili estas patentebraj) povas fari ĉiu.

La taskoj de la dua nivelo postulas kelkajn centojn da provoj. Iliaj solviĝoj estas ne tre videblaj, ili estas atingeblaj ne por ĉiu: se la scioj kaj sperto estas malmultaj - la homo elĉerpiĝas post deko da provoj. En la tria nivelo la solvoj kaŝiĝas inter miloj da malsukcesaj variantoj. En la kvara - inter dekoj kaj centoj da miloj, en la kvina - inter milionoj da variantoj. Oni povas rememori, ekzemple, ke Edison devis fari 50 000 eksperimentojn por inventi alkalajn akumulatojn. Kaj tio estis nur realaj eksperimentoj, la kvanto da pensaj eksperimentoj, diversaj "se fari tiel?", certe estis pli multa.

Povas aperi jena demando: sed tamen ja oni faras inventojn de superaj niveloj, sekve oni sukcesas iel trarigardi milojn da variantoj?

Tie funkcias tre interesa "stafeta" mekanismo. Jen aperis tasko, kun la "valoro" je 100 000 provoj. Iu elspezis duonvivon por trarigardi dek milojn da provoj - kaj ne trovis la solvon. Poste la taskon prenis por solvi alia homo, li trafosis ankoraŭ ian parton de la serĉa kampo. Kaj tiel plu. La tasko poiomete akceptas reputacion de "nesolvebla", "centjara". Efektive ĝi poiomete "mueliĝas", plisimpliĝas kaj finfine, iu ĝin solvas. Ĝuste tiam aperas esploristoj, provantaj klarigi - en kio estas la sekreto de la inventisto, povinta solvi "centjaran" taskon... Estas nenia sekreto. "Mal-

sukcesintoj", ŝturmintaj la taskon en la komenco de la "stafeto", povis esti eĉ pli kapablaj, ol tiu, kiu trakuris la lastan etapon. Simple ili ricevis tro grandan serĉan kampon. Sed efektive la taskon solvis ne unu homo, sed granda kolektivo, "kooperativo de samtempuloj" laŭ la difino de K. Marks. Por tre komplikaj taskoj estas necesa eĉ kooperativo de inventistoj de kelkaj generacioj. Iliaj penoj poiomete ŝanĝas la taskon de la kvina nivelo je tasko de la relative simpla, dua nivelo, kaj iu faras la lastan decidan provon - per la sama metodo de provoj kaj eraroj.

La nuntempa scienc-teknika revolucio prezentis al la "inventista industrio" novajn postulojn: necesas abrupte pligrandigi la kvanton kaj, ĉefe, la kvaliton de kreaĵaj teknikaj novaĵoj. Kaj por tio estas bezonataj efikaj metodoj pri solvado de altnivelaj inventaj taskoj.

II. Kio estas ASIT.

Krei racian taktikon por la solvado de inventaj taskoj oni povas nur sur bazo de *objektivaj leĝoj por la evoluo de teknikaj sistemoj*. Scio de tiuj leĝoj donas al la inventisto potencan evristikan ilon. Ekzistas dekoj da tiaj leĝoj.

La laboron pri kreado de scienca teorio por la solvado de inventaj taskoj komencis G.S. Altšuller en la 1946. jaro, kaj nun ĝi estas daŭrigata de kolektivo de esploristoj. De la komenco la laboro estis direktita al la studado de objektivaj leĝoj por la evoluo de teknikaj sistemoj. Ni konvinkigis, ke sen scio de tiuj leĝoj, la inventisto - estu liaj fakaj scioj kaj sperto kiom ajn grandaj - estas kondamnita al metodo de provoj kaj eraroj.

La eltrovitaj leĝoj estis sistemigitaj kaj ricevis nomon: "*algoritmo pri la solvado de inventaj taskoj*" (ASIT).

Laŭ la formo ASIT estas programo por la sinsekva prilaboro de la inventa tasko. La objektivaj leĝoj de la evoluo de teknikaj sistemoj estas enmetitaj en la strukturon mem de la programo aŭ aperas en "labora robo" - en formo de konkretaj operatoroj.

ASIT, kiel montras la nomo mem, antaŭ ĉio estas programo por la solvado de taskoj. Sed en multaj okazoj la solvado estas malfacila, ĉar la tasko estas formulita neĝuste: necesas solvi ne la donitan taskon, sed alian. En ASIT tio ĉi estas konsiderita. Ricevinte taskon, inventisto, uzante certajn

regulojn, kontrolas eblecon kaj neceson de ĝia transformo aŭ eĉ plena anstataŭigo. Dum tio ofte aperas tute novaj taskoj, eltroviĝas logiko de la evoluo por teknika sistemo. Pro tio ASIT-on oni povas konsideri ankaŭ kiel *algoritmon por la prognozado de evoluo de teknikaj sistemoj*.

Elektita de inventisto objekto estas konsiderata, laŭ ASIT, kiel elemento de laŭleĝe evoluanta sistemo. Laŭ paso de analizo oni komence evidentiĝas *teknikan kontraŭaĵon*, aperantan inter partoj (aŭ ecoj) de sistemo, kaj poste estas trovata kaŭzo de la teknika kontraŭaĵo - *fizika kontraŭaĵo*.

Fizika kontraŭaĵo sin prezentas kiel diversaj kaj nekunigeblaj postuloj al la sama parto de la objekto. Ekzemple, la boato devas esti mallarĝa por atingi grandajn rapidecojn, sed ĝi devas esti larĝa por ne renversiĝi.

Evidentigo de teknika kontraŭaĵo estas farata laŭ klaraj reguloj. Ekzemple, jen la tasko: "Estas filtro por senigi la aeron de nemetalaj polvoj. Filtro prezentiĝas kiel konstruaĵo el multaj tavoloj de metala teksaĵo. De tempo al tempo oni devas purigi la filtron de la ŝtopinta ĝin polvo. Oni realigas tion trablovante la filtron en la kontraŭan direkton. La purigado daŭras tro longe. Kiel rapide forigi la polvon el la filtro?"

Homoj, ne sciantaj ASIT-on, komencas rerigardi senfinan nombron de variantoj: eble ellavi polvon? Eble eligi ĝin per vibrado? Eble per io solvi ĝin? De ASIT-aj pozicioj la tasko estas tre simpla. Ekzistas regulo, laŭ kiu oni devas por-ĉele konsideri ŝanĝon ne de naturaj sed teknikaj elementoj. Polvo estas natura elemento, la metala teksaĵo - teknika. Sekve, forigi, ellavi, elbati, dissolvi ktp necesas ne polvon sed la filtron mem. La poroj de la filtro devas esti malgrandaj dum la laboro kaj grandaj dum la purigado. La solvo: oni anstataŭigu metalan teksaĵon per feromagnetaj pecetoj, tenataj per magnetaj aŭ elektromagnetaj kampoj.

Tiajn taskojn ĉe ni facile solvas lernantoj de la oka klaso en mezlernejo.

Post la evidentigo de fizika kontraŭaĵo la inventisto turnas sin al *la informa aparato* de ASIT: al la sistemo de tipaj manieroj por forigo de kontraŭaĵoj, al la tabeloj por uzado de tipaj manieroj, al la montrilo por uzado de fizikaj efektoj kaj fenomenoj.

Jam delonge estas konate, ke inventistoj uzas diversajn manierojn por ŝanĝi la komencan objekton: dispartigo, kunigo,

inversio (fari kontraŭe) k.t.p. Diversaj aŭtoroj prezentis listojn de manieroj, sed la listoj estis neplenaj, apud fortaj manieroj en ili estis la malfortaj kaj malnoviĝintaj. Kaj ĉefe - restis nekompreneble: kiam kaj kian manieron oni apliku.

Dum la ellaborado de ASIT estis farata sistema analizo de patenta fonduso: oni elektis kaj esploris inventojn de la tria kaj pli altaj niveloj, evidentigis ekzistantajn en ili teknikajn kontraŭaĵojn kaj la manierojn de ilia forigo. Sur ĉi tiu bazo estas kompilitaj *tabeloj de la plej tipaj teknikaj kontraŭaĵoj kaj listoj de ĉefaj manieroj por ilia forigo.*

Dum kompilado de la tabelo por ASIT-71 estis analizitaj ĉirkaŭ 40 miloj da priskriboj de inventoj. Poste dum tri jaroj la tabelo estis korektata, rekonstruata: en ĝin oni enigis prognozajn korektojn, ĝi estis provata por novaj kaj komplikaj taskoj. Tia tabelo ne nur respeguligas kolektivian sperton de grandega nombro da inventistoj, sed havas konsiderindan provizon de "prognoza firmeco"; rekomendataj de ĝi manieroj ne malnoviĝos dum proksimaj 8-10 jaroj.

En novaj formoj de ASIT estas uzata *la sukampa analizo*, kiu estas sintezo de sistema aliro kaj fiziko. La sukampa analizo donas klarajn regulojn por ŝanĝado de teknikaj sistemoj kun la montrado de konkreta fizika efekto, kiun oni devas eluzi, kaj de substanco, kiu realigas la postulatan efekton.

Efektive, ASIT organizas menson de inventisto tiel, kvaŭzaŭ en dispono de unu inventisto estas la sperto de ĉiuj (aŭ tre multaj) inventistoj. Kaj kio gravas, la sperto estas aplikata talente. Ordinare, eĉ tre sperta inventisto ĉerpas el la sperto solvojn, bazitajn sur ekstera analogio. Jen ĉi nova tasko similas al tiu malnova tasko, sekve ankaŭ la solvoj devas esti similaj. "Asita" inventisto vidas multe pli profunde: jen en tiu ĉi nova tasko estas tia fizika kontraŭaĵo, do eblas eluzi solvon de malnova tasko, kiu ekstere tute ne similas al la nova, sed enhavas la saman fizikan kontraŭaĵon. Al flanko observanto tio ŝajnas, kiel elmontrado de potencia intuicio...

Eble ASIT estas la unua praktike funkcia sistema sistemo de arto plifortigo de intelekto *sur la krea nivelo.*

III. Sed la kapabloj?

La sperto de instruado pri ASIT atestas: ekposedo de operacioj de priskribita tipo konsiderinde plialtigas la efektivecon por solvado de kreaj taskoj. Sed la afero estas en tio, ke

similaj operacioj estas ne du-tri - da ili oni povas nomi dekojn. Kaj ĉefe - ili konsistigas *la sistemon de mensado*. Pli ĝuste la sistemon de forta, talenta mensado.

Per kio do la talenta mensado diferenciĝas de la mensado ordinara?

Ni supozu, ke necesas mallevi en kavegon monolitan centtunan betonan ŝtonegon (la fundamenton de forno), sed en nia dispono estas nur argano kun ŝarĝtena forto je tridek tunoj. Kion fari? Inventisto, ricevinte tian taskon enpeniĝas pri ekzistanta argano: ĉu eble iel ŝanĝi ĝin? Malsperta inventisto trarigardas malmulte da variantoj, la sperta - obstine trarigardas multon da variantoj, kaj la variantoj rimarkeble diferenciĝas de la komenca formo de la argano.

Ambaŭ inventistoj vidas nur la teknikan sistemon, montritan en la kondiĉoj de la tasko, - tio ankaŭ estas psikologia inercio. Estas pli efike solvi kreajn taskojn ĉirkaŭvoje: - ŝanĝi *la supersistemon*, en kiu eniras la donita sistemo, aŭ ŝanĝi *la subsistemojn*, el kiuj ĝi konsistas. La "arganan" taskon oni povas solvi, ŝanĝinte la konstruan objekton entute: se por la forno ne estos bezonata peza fundamento, oni ne devos klopodi pri la argano. Eblas ankaŭ ŝanĝi la subsistemojn de la argano, ekzemple, la substancon, el kiu estas farita la argano. Kial do la argano devas esti metala? Ni plenigu la kavegon per glacio, surruligu sur glacieron la pecegon, kaj poste la glacia "argano" mem degelos kaj mallevos la pecegon (interalie, ĝuste tiel la tasko estis solvita praktike).

La kvalita distinge de la talenta mensado konsistas antaŭ ĉio el scipovo vidi ne nur la donitan en tasko sistemon, sed ankaŭ la supersistemon kaj subsistemojn. Alivorte, se temas pri arbo, necesas - almenaŭ per "flanka vidkapablo" - vidi arbaron kaj apartajn ĉelojn de la ligno.

Pli alta grado de talento distingiĝas per scipovo vidi - en ĉiu nivelo - la linion de evoluo: pasintecon, nuntempon, estontecon. Ankoraŭ pli alta grado de talento estas ligita kun scipovo ne nur vidi la sistemon, supersistemon kaj subsistemon, sed ankaŭ iliajn malojn: arganon-"malarganon", fornon-"malfornon" k.t.p.

La "scenejo" de talenta mensado, sekve, estas tre komplika: tri niveloj (subsistemo, sistemo, supersistemo) kaj sur ĉiu nivelo apartaj "ekranoj" por la pasinteco, nuntempo kaj estonteco. Kaj krom tio, sur ĉiu ekranon estas pozitiva kaj negativa bildoj.

Cetere, tio ne estas ĉio. Ĉiu "ekrano" devas pligrandiĝi kaj plimalgrandiĝi laŭ dimensioj, la "filmo" devas pasi en pli rapida kaj malplirapida ritmo. Kaj eĉ la ekranoj mem devas esti multe pli abundaj. Efektive talenta mensado havas multe da niveloj: supren for de la sistemo (supersistemo, supersupersistemo...), kaj malsupren (subsistemo, subsubsistemo...), kaj multe da "ekranoj" maldekstren de la sistemo (antaŭnelonga pasinteco, antikveco...), kaj dekstren (proksima estonteco, malproksima estonteco...).

Ĉu estas komplike?

Jes, estas komplike. La mondo en kiu ni loĝas, estas konstruita komplike. Kaj seni volas trastudi ĝin kaj ŝanĝi, nia mensado devas ĝuste respeguli la mondon. Al komplika, dinamika, dialektike evoluanta mondo devas konformi en nia konscio ĝia *plena modelo* - komplika, dinamika, dialektike evoluanta. La spegulo, reflektanta la mondon devas esti granda, sed, bedaŭrinde, en reala inventa agado oni kutime uzas nur malgrandan peceton de la spegulo...

Plej ofte inventisto vidas la donitan en la tasko sistemon - kaj ne pli. En la 1911-a jaro estis kreita la kamero de Vilson - unu el ĉefaj iloj de la nuklea fiziko. Ŝarĝitaj korpuskuloj, moviĝante en trosaturigita vaporo, entenanta en la kamero, fariĝis videblaj, formis spuron el gutetoj de likvaĵo. Estis proponitaj miloj da pliperfektigoj por la kamero. Sed preskaŭ dum duonjarcento al neniu venis en la kapon la ideo de "malkamero", en kiu spuro formiĝus per vezikoj de gaso en likva medio. En la 1960-a jaro D. Glezer ricevis Nobel-premion pro la kreo de la vezika kamero...

Mensado laŭ la "plena skemo" dume estas grandega maloftaĵo. Sed tian mensadon eblas evoluigi, al ĝi eblas alkonduki se ne ĉiujn, do tre multajn homojn. Unu el la ĉefaj funkcioj de ASIT estas - *evoluigi kreaĵn kapablojn*. De leciono al leciono estas ekposedataj operatoroj, karakteraj por talenta mensado. Poste la operatoroj estas kunigataj en sistemon, kaj denove daŭras trejnado, estas solvataj taskoj, komence instruaj, poste realaj inventaj taskoj pli kaj pli malfacilaj. Samtempe daŭras alia procedo: la aŭskultantoj lernas kolekti sperton, disigitajn informojn, disemitaj en neĉirkaŭprenebla patentita informaro (en la mondo estas ĉirkaŭ 15 milionoj da patentoj). Ie en la mezo de la lernado tiuj ĉi linioj kruciĝas; novaj scioj kaj nova scipovo operacii per ili donas klare videblan alkreskon de la krea potenco ĉe homo. Kaj kio precipe gravas: alkreskon tiun

eblas elkalkuli ne per artefaritaj taskoj-testoj, sed en la reala inventa praktiko. Ja diplomaj laboroj, per kiuj finiĝas la instruado, estas solvo de komplikaj realaj inventaj taskoj.

IV. Pri la kreado oni devas instrui!

La instruado pri ASIT estas farita - kiel eksperimento - ankoraŭ en la kvindekaj jaroj. Nun estas kreita kaj funkcias evoluigita sistemo de instruado pri la inventa kreado surbaze de ASIT. Oni uzas programojn de seminarioj por 20-40 horoj, programon de lernejo por 110 horoj (unu lernojaro), programon de instituto por 220 horoj (du lernojaroj).

Kian efikecon havas la uzado de ASIT?

Se la efikecon oni komprenu kiel proporcion de ekonomio, ricevita pro la realigo de faritaj laŭ ASIT inventoj, al elspezoj por la ellaboro kaj instruado pri ASIT, do la efikeco estas tre granda. Jam en la kvindekaj jaroj la eksterlanda sperto montris, ke unu dolaro, uzita por la "kursoj de teknika kreado", bazataj sur la primitiva metodo de la "cerba ŝturmo", donas profiton je 15 dolaroj. ASIT estas multe pli efika, ol la "cerba ŝturmo", respektive pli alta estas ĝia ekonomia efikeco. Dum la 1968.-1974. jaroj la Sovetia Societo de Inventistoj kaj Raciigistoj (SSIR) kaj aliaj organizaĵoj elspezis por preparado de instruistoj kaj la instruado de inventistoj pri ASIT ne pli ol 30 milojn da rubloj. Sed jam en la 1968. jaro en Magnitogorska metalurgia kombinumo estis solvita laŭ ASIT aktuala inventa tasko; inventistoj ricevis du aŭtorajn atestojn (№№ 212672 kaj 293752), kaj realigo de la invento - nur en Magnitogorska kombinumo - donis 42 milojn da rubloj de jara ekonomio. Kaj kiom da aliaj taskoj estis solvitaj dum tiuj jaroj!

Estas malfacile imagi gvidanton de sporta teamo, kiu tute ne klopodus pri regula kaj pripensita trejnado de sportistoj. Sed tute ne maloftas, kiam gvidanto ne pensas pri evoluigo de la krea mensado ĉe siaj inĝenieroj.

Scienca organizo de la krea procedo - estas insista postulo de la tempo. Pasos iom da jaroj, kaj la ĉefa eco de ĉiu inĝeniero fariĝos liaj kreaĵoj: scipovo generi novajn ideojn, scio de efektivaj metodoj por solvado de la inventaj taskoj, posedo de trejnita krea imagkapablo, kapablo rapide refabriki novajn informojn.