

L. GRINILEV

KÜBERNEETIKAST

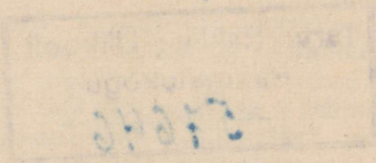
A-63822 II

EESTI NSV POLIITILISTE JA TEADUSALASTE
TEADMISTE LEVITAMISE ÜHING

L. GRINILEV

KÜBERNEETIKAST

Nr. 283



20

Originaali tiitel:

Л. Гринилев
О КИБЕРНЕТИКЕ

Изд. «Знание» Москва, 1959

Tõlkinud
H. Soovik

N

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
~~57646~~

228709

AMPÈRE'I 83. RUBRIIK

1834. aastal püüdis suur prantsuse füüsik ja matemaatik André Marie Ampère oma töös «Ülevaade teaduste filosoofiast» klassifitseerida kõiki inimteadmiste alasid. 83. rubriiki paigutas ta uue teaduse, mida sel ajal veel ei olnud olemas, kuid mis idee kohaselt pidi uurima ühiskonna juhtimise viise. Selle teaduse nimetas ta küberneetikaks — juhtimise teaduseks. Kuid alles rohkem kui sada aastat hiljem elas see unustatud nimetus läbi oma taassünni, vallutades inimmeeled, omandades uue, rikkama ja esimesel pilgul ootamatu sisu, tekitas palju lahkavamusi ja vaidlusi.

Selle taassünni formaalseks ajendiks sai Norbert Wieneri raamat «Küberneetika või juhtimine ja side elusorganismides ning masinates». Selles teoses üldistas autor, Ameerika Ühendriikide Massachusettsi tehnoloogilise instituudi matemaatikaprofessor, palju sellest, mis oli saavutatud juba kõige erinevamate teadusharude — automaatika ja arstiteaduse, füüsika ja matemaatika jt. eelneva arenguga kogu maailmas.

Küberneetika on automatiseerimise kõrgeimaks astmeks ja koos tuumaenergeetika ning keemia imedega on ta uue tehnilise ajastu sünni baasiks.

Küberneetika vaatleb informatsiooni vastuvõtmise, läbitöötamise ja edasiandmise protsesse, mis on ühised nii elusorganismidele kui ka masinatele; uurib põhimõtteliselt ühisest vaatevinklist üldise meetoodika ja ühtse hinnangu kriteeriumi baasil analoogiat elusorganismi tegevuse ja automaatseadise töö vahel; selgitab, kuivõrd võib masinale usaldada keerukate «puhtinimlike» kohustuste täitmist.

TEINE KÜLG

Ilma igasuguste liialdusteta võib väita, et kaasaja inimest ümbritsevad igast küljest masinad. Hommikul need

äratavad ta, viivad tööle, soojendavad ja valgustavad, toidavad ja riietavad, lubavad tal näha ja kuulda sadade ning tuhandete kilomeetrite kaugusele jne.

Inimene «tugevdas» oma käsi ja «pikendas» jalgu, «teravdas» oma kuulmist, nägemist, haistmist ja kompimist. Inimesest on tõepoolest saanud looduse isand, kuid see sai võimalikuks ainult tänu tema suhetele ümbritseva maailmaga.

Kauges minevikus oli ürginimesel väga lihtne juhtida niisugust «tehnoloogilist protsessi» nagu mahalöödud metssea singi praadimine. Kuivõrd keerukamad on aga need tehnoloogilised protsessid, millega inimene puutub kokku tänapäeval! Need nõuavad täiesti spetsiaalseid teadmisi ja kogemusi.

Kuid nii tänapäeval kui ka tuhandeid aastaid tagasi on igasuguse töö tegemisel peale tööobjekti jõulise, energetilise mõjutamise olemas veel ka inimese tegevuse teine, täiesti kohustuslik külg — intellektuaalne külg.

Kiviaja inimene mõtles, enne kui ta lõi ühe kiviga teisele, selleks et saada oda- või nooleotsa. Ja meie kaas- aegne inimene mõtleb ka, enne kui joonestab vatmanpaberi- le uue lennuki kontuurid.

Ent kui alles hiljuti kasutati masinaid põhiliselt ainult inimese füüsilise töö kergendamiseks, tõstes näiteks kraana käepideme ainsa liigutusega kümnetonniseid raskusi, siis tänapäeval hakkavad masinad inimest üha rohkem abis- tama ka teisel alal — mõtlemise valdkonnas.

Kuidas on see võimalik?

AKNAD MAAILMA

Kuum! — hüüatame ja tõmbame käe leegist eemale.

Valge! — märgime hommikuti, lükates lahti aknaes- riided.

Hapu! — leiame sidrunit hammustades.

Vaikust! — palume magama minnes.

Suitsune! — muutume valvsaks, tõmmates toas olevat õhku ninasõõrmetesse.

Mitmesuguste «akende» kaudu saab inimene teateid ümbritsevast maailmast. Kõik need aknad, sealhulgas ka nägemine, kuulmine, maitsmine, haistmine ja kompimine, annavad meile andmeid sündmustest, mis toimuvad meie

ümber, hoiavad meid kontaktis välisilmaga, võimaldavad meil eksisteerida.

Välisilm saadab meile erinevate kanalite kaudu teateid — informatsiooni, millele me nii või teisiti reageerime.

Kuid meie aju ei tunginud mitte tule soojus, vaid elektrilised impulsid, mis tekivad leeki puudutanud sõrmede närvilõpmetes; samuti ei teadustanud meie ajule sidruni maitsest mitte sidrunihape, vaid jällegi saatsid oma signaale närvid jne.

Ja nii on alati — selleks et kutsuda esile mingit reaktsiooni, peavad «teated» ümbritsevast maailmast olema ümber kujundatud meie organismile vastuvõetavasse vormi. Nimelt seda teevadki «aknad», mille kaudu võetakse vastu välisinformatsiooni ja kujundatakse see ümber närviimpulssideks, mis kutsuvad meid esile mingisuguse reaktsiooni. Informatsiooni saamine, selle salvestamine ja valik koos järgneva kasutamisega kindlustavad meie koostöö ümbritseva maailmaga. Mida rohkem informatsiooni meile väljastpoolt saabub, seda täielikum ja efektiivsem on meie elu. Seaduspärasused, mille järgi see informatsioon kujuneb, edasi antakse, kasutatakse ja muundatakse, on rangelt piiritletud.

Kuid informatsiooni saamine ja muundamine toimub ka masinates. Teisiti poleks ju võimalik kasutada ühtki masinat. Tõepoolest, kas oleks mõeldav näiteks autosõit, kui autol poleks seadmeid, mis igal antud momendil selgitaksid, kuhu ja missuguse kiirusega tahame sõita ja kus tahame peatuda? Järelikult rooliseadis, käigukang ja süütevõti «informeerivad» masinat sellest, mida temalt igal antud momendil nõutakse.

Võiks tuua palju näiteid selle kohta, kus masin saab inimeselt «ülesande» mitmesuguste käepidemete, lülitite, releede jms. pööramise teel.

Masin võib vahetada informatsiooni mitte üksnes inimesega, vaid ka teise masinaga, teise seadmega. Nii näiteks põhjustab temperatuuri kasv termostaadis elavhõbedasamba tõusu termomeetris, see omakorda lülib teatud momendil sisse mingi elektriahela ja tööle asub rele, lülitades välja kütteelemendi. Niisuguseid näiteid võib tuua palju. Kõigil neil on üks ühine külg, millele tuleb tähelepanu pöörata — see on mingi välissündmuse ümberkujundamine masinale arusaadavaks signaaliks, s. o. informatsiooni ümberkujundamine.

Niisiis on masin nagu inimenegi võimeline reageerima sündmustele, kui need «tõlgitakse» talle arusaadavasse «keelde». Ja kui inimesel on «aknaid» informatsiooni vastuvõtmiseks ja ümberkujundamiseks küllaltki piiratud arvul (peamisteks on nägemine, kompimine, haistmine, maitsmine ja kuulmine), siis võib tänapäeva masinal olla selliseid kanaleid informatsiooni saamiseks isegi tunduvalt rohkem. Tõepoolest, milleks muuks, kui mitte masina «silmadeks» on fotoelemendid; aga kas mikrofonid pole nagu kõrvad, lüliti või sõrm, mis puudutab treipingi kopiiri — kas pole see tõesti kompimine? Samuti võib masin ka haista ja maitsta. Kuid peale selle võivad masinad kasutada raadiolokatsioonivahendeid, magnetivälja tugevuse muutustele reageerivaid seadiseid jms.

Ja inimene kasutab seda tundeorganite küllust. Näiteks võib ta liftikabiinis ühe nupule vajutusega «paluda» mootorit alustada tõusu. Lastes vastavate augukestega varustatud lindi läbi vetruvate kontaktide vahelt, võib ta panna kindlas järjekorras süttima valguslehe lambikesi «Izvestija» hoonel Moskvast. Muide, «suhtlemiseks» arvutusmasinatega kasutatakse väga tihti linti või spetsiaalseid augustatud kartongkaarte (perfokaarte). Vedrukontaktide või fotoelementide abil «loeb» masin vabalt neid inimese kirjalikke ülesandeid.

Niisiis võib masinal suhtlemiseks ümbritseva tegelikusega olla küllaldaselt «aknaid maailma» — mitte vähem kui inimesel.

KOGEMUSTE SALV

Paljud inimorganismi saabuval teatel ei kutsu viivitamatult esile märgatavat reaktsiooni. Alati ei vasta inimene hetkeliselt oma tegevusega saabunud informatsioonile. Palju talletab ta mällu selleks, et vajalikul momendil kasutada neid informatsioonivarusid parimal viisil. Peame muidugi tegema reservatsiooni, et inimese mälu mehhanism on väga kaugel mingite andmete lihtsast ladumisest teatud kindlatesse lahtritesse kindlatel riikulitel. Inimajuks toimuvad keerukad ja teaduse poolt veel mitte küllaldaselt uuritud protsessid, kus eri «riiulitele» salvestatud informatsioon astub keerukatesse vastastikustesse suhetesse ja sünnitab uue informatsiooni.

Kõrvuti inimese võimega informatsiooni vastu võtta

on ta võimeline seda ka salvestama, meeles pidama. Samasuguse võimega on inimene varustanud ka masinad. Näitena toome kõigile tuntud äratuskella: te annate talle ülesande äratada end kindlal kellaajal ja ta ei maga maha — «mäletab». Samuti peab meeles lift, mitmendal korrusel «palusite» teda peatuda. Aga mingi kõne või muusikalise pala üleskirjutamine magnetofonilindile või grammofoniplaadile? Sündmused, mis kutsusid esile eri magnetiseeritud lõikude ilmumise lindile või muutuva vormiga vao grammofoniplaadile, on ammu lõppenud, kuid lint ja plaat säilitavad neist täiesti taastatavad mälestused. Aga milleks muuks kui mitte masina mäluks on tööpinkidel kopiir, mille kaudu antakse masinale käske, kuidas nimelt on vaja valmistada üht või teist detaili?

Niisiis, nagu me näeme, võib masin nagu inimenegi informatsiooni mitte ainult vastu võtta, vaid suudab seda ka meeles pidada.

Kui me algklassides korrutasime näiteks seitseteist kahega, saatsid seda «keerukat protsessi» tavaliselt sõnad: «Kaks korda seitse on neliteist, neli kirjutame, ühe jätame meelde ...» jne. See ei tähenda, et tahtsime seda ühte meelde jätta kogu eluks nagu näiteks korrutustabelit. Ei, meil oli vaja seda meeles pidada ainult teatud lühikese ajavahemiku jooksul. Täpselt samuti on ka masinatel kaht liiki mälu — üks operatiivne, lühiajaline, teine aga kestav, mis omavahel erinevad nii võimaluste kui ka teostamisvahendite poolest.

Mäluseadmetena kasutatakse elektronkiiretorusid, analoogilisi televiisoritorudega, magnetlinte, mis sarnanevad tavaliste magnetofonidel kasutatavate lintidega jne.

Masinate mäluks, informatsiooni pikema- või lühema- aegseks salvestamiseks kasutatakse väga erinevaid vahendeid. Neil on erinev informatsiooni säilitamise kestus ja maht; erinev on ka kiirus, millega informatsioon vastu võetakse ja edasi antakse.

USALDA, KUID KONTROLLI!

Inimese kuldsed käed, mida hingestavad ideed ja kavatsused, on palju loonud sellest, mis meid ümbritseb. Kuid vaevalt oleks inimene suutnud midagi luua, kui mõjujades ümbritsevat loodust, ta poleks näinud oma töö tulemusi, kontrollinud oma tegevust.

Andes oma käele käsu — võta pliiats! — kontrollime me selle korralduse teostamise vältel käe tegevust: «Veel veidi lähendada sõrmi, veel natuke, veel õige veidi, nüüd aga ajada sõrmed laiali, suruda pliiatsit kõvemini, kõvemini — stopp!» Kompimine ütleb, et jõud, millega sõrmed suruvad pliiatsit, on küllaldane selleks, et seda mitte maha pillata. Nii peab peale seose ümbritsevaga informatsiooni saamise «akende» kaudu teostama ka pidevat kontrolli, s. o. peab olema tagasiside, mille abil me oma tegevust nii-öelda «doseerime» ja kontrollime. Sõltumata oma keerukuse astmest on sel tagasisidel üksainus eesmärk: pidev andmete kogumine meie tegevuse resultaate kohta, samal ajal ta kontrollib meie toiminguid ja seda, kuidas need on kooskõlas kavatsustega.

Tagasisideta oleks inimene abitu, ta ei saaks mitte üksnes töötada, vaid oleks võimatu ka tema kui elusorganismi eksisteerimine üldse. Inimene ei saaks käia, liikuda, süüa, ühesõnaga — oleksid võimatud isegi tema füsioloogilised funktsioonid, rääkimata veel aktiivsest vahelesegamisest ümbritsevasse ellu.

Kuid kas masinatel on tagasiside? Kas hingestamata masinad suudavad oma tegevust kontrollida tagasiside kaudu?

Mõistagi pole ka selle kohta vähe näiteid. Toome siinkohal väga ilmeka, peaaegu klassikalise näite. Teatavasti neil aegadel, kui inimene alles õppis auruenergiat muutma mehhaaniliseks tööks, lasti aur ja vesi Newcomeni «atmosfäärilise masina» silindrisse mitte automaatselt masina enese poolt, vaid vett ja auru laskis käsitsi sisse masinist, keerates vastavalt kraanide käepidemeid. Tahad, et masin töötaks kiiremini? Siis pööra ka ise kiiremini. Kuid tarvises ainult kraanide käepidemed ühendada masina võlliga, kui masin ise hakkas jälgima auru ja vee pääsu silindrisse — kujunes tagasiside. See algeline tagasiside, mis vastavalt legendile tekkis poisikese — masinist Humphrey Potteri laiskusest, sundis masinat ennast jälgima oma töö kiirust ja vabastas sellega inimese tähelepanu.

Sellest ajast alates on tehnika kaugele edasi jõudnud. Loomulikult mitte niisugusel primitiivsel teel, kuid sedasama tagasisidet teostavad aatomielektri jaamas ka vardad, mis aeglustavad reaktsiooni kulgu reaktoris, niipea kui reaktsiooni kiirus küünib keelatud piirini, ja paljud teised seadeldised.

Järelikult pole järelevalve, s. o. tagasiside põhimõte elusorganismide iseärasuseks. Me tõime näitena kõige lihtsamad tagasiside juhud, kuid mitmesugustes kaasaegsetes seadmetes luuakse veel palju keerukamaid.¹

KES SIIS LAHENDAB KÜSIMUSE?

Niisiis on seadiseid, mis lubavad masinal «näha», «kuulda» jne. On vahendeid, mis võimaldavad masinal saadud informatsiooni lühemat või pikemat aega «meeles pidada». Masin võib oma tegevust ka ise «kontrollida».

Kuid enne iga tegevuse kontrollimist on muidugi tarvis, et see tegevus oleks toimunud. Selleks aga peab omakorda olema kellelegi või millelegi antud käsk tegevuse sooritamiseks.

Kuid mis on masinas inimaju surrogaadiks, selle omapäraseks ekvivalendiks, mis tavaliselt «lahendab kõik küsimused»? Missugune on masina keskne juhtimisorgan, mis määrab süsteemi reageerimise nii vahetult antud hetkel saadud kui ka mälus salvestatud informatsioonile?

Enamiku neist protsessidest, mis vajavad (või võivad vajada) juhtimist, võib jaotada väiksemateks, elementaarseteks etappideks. Nii võib jaotada näiteks käimist, lennuki juhtimist ja veel palju muud. Igaüht niisugustest elementaarsetest etappidest võib kirjeldada kas matemaatiline võrand, tegevuste kindel loogiline järjestus või, mis on kõige enam levinud, mõlema kombinatsioon. Juba praegu võib paljude juhtimisülesannete lahendamiseks koostada sellise «tegevusprogrammi» või nn. algoritmi, mis määrab loogiliste ja matemaatiliste tehete kindla järjestuse. Selle prog-

¹ Kõneldes masinate enesekontrolli võimalusest, tuleb silmas pidada, et vaatamata ükskõik missugusele «enesekontrollile», peab masina tööd kontrollima inimene, sest kõigist oma võimetest hoolimata on masin ikkagi vastutustundetu olend ja tema mõne elemendi riknemine võib viia väga ootamatutele tagajärgedele. Seoses sellega on huvitav järgmine episood.

Ülemaailmse näituse avamisele Brüsselis 1958. aastal tuli palju inimesi kogu maailmast. Vahetalitusbüroo, mis pidi kindlustama saabunute suunamist hotellidesse, kasutas selleks erilist elektronarvutusmasinat. Nõudmise järgi otsis see masin oma «mälust» soovitava toa tüübi ja andis lähima hotelli aadressi, tehes vastava märkuse oma nimekirja. Kuid õhtul selgus, et mingisuguse rikke tõttu andis masin välja juba võetud tubade aadressid, ja 50 000 sissesõitnut jäid ilma peavarjuta.

rammi järgi faktiliselt töötabki inimaju, kui ta lahendab ülesannet; analoogiliselt peab töötama ka masin, kui ülesande lahendamine usaldatakse temale. Nagu näha eeltoodust, peab masin, millega kavatsetakse küsimusest jagu saada, suutma lahendada matemaatilisi ja loogilisi ülesandeid.

Käesolevas raamatukeses ei hakka me analüüsima, kuidas on ehitatud üks või teine elektronarvutusmasin ja kuidas täpselt masin lahendab matemaatilisi võrrandeid.

Selleks et selgitada, kuidas võib loogiliste ülesannete lahendamist «mehhaniseerida», on tarvis mõista ainult üht: täpselt samuti nagu matemaatilise ülesande lahendamisel kehtivad kindlad reeglid — valemid, nii kehtib ka loogiliste ülesannete lahendamisel oma «algebra» — teoreetiline loogika, milles on oma liitmine, lahutamine, korrutamine jt. tehted.

Niisugusteks loogika ühe lihtsaima osa «plussideks», «miinusteks» ja «korrutisteks» on mõisted JA, EI ning VÕI. Nimelt need JA, EI ning VÕI lubavad uurida lihtsaimaid väiteid, millest igaüks võib olla kas vale või õige, ja leida loogiliste ülesannete õige lahendus.

Me ei peatu, et selgitada, kuidas seda tehakse, sest see pole meie eesmärk, vaid vaatame, kas masinaga saab teostada operatsioone JA, VÕI ning EI. Selleks kujutlege, et elektrilambikese sisselülitamiseks valmistasite te juhtmestiku niisuguse skeemi järgi (ühendasite lüliteid järjestikku), kus lambike süttib ainult siis, kui on sisse lülitatud mõlemad lülitid: lüliti 1 JA lüliti 2.

Kuid juhtmestiku võib teha ka teisiti. Näiteks saab lambike põleda, kui on sisse lülitatud üks kahest paralleelselt ühendatud lülitist: lüliti 1 VÕI lüliti 2.

Nagu skeemis «JA», nii ka skeemis «VÕI» põleb lambike ainult lülitite sisselülitamisel. Samuti võib aga esineda selline skeem (skeem «EI»), kus signaal tekib ainult siis, kui sisselülitatud lampe ei ole. Niipea kui te lülite mõne lambi sisse, katkeb signaal. Rääkides edasi analoogiast lülitite ja lambikestega, võib seda illustreerida lüliti 3 paigutamisega nii, et selle sisselülitamine tekitaks lühise. Kaitsekorgid põlevad läbi ja signaal — lampi läbiv vool — katkeb. Need näited tõime ainult illustreerimiseks, masinate loomulikult mingeid lühiseid ei kasutata.

Niisiis, nagu selgus meie küllaltki põgusast retkest masinate printsiipiaalsete võimaluste valdkonda, on kaas-

aegse tehnika käsutuses seadmed, mis paljudel juhtudel lahendavad ise küsimuse, s. o. juhtimise probleemi, vabastades inimese tegelemiseks neil aladel, mis masinatele pole veel kättesaadavad.

Me ütleme «veel» sellepärast, et tutvumisel kõigi elektronmasina «imedega» võib tekkida küsimus — miks on olemas keelatud alad, kui masinad on juba nii osavad ja kõikvõimsad? Kas on üldse mingit piiri selle vahel, mida võib inimene ja mida võib masin?

PIIR ON, KUID...

Normaalne inimene, suheldes ümbritseva maailmaga, saab sealt informatsiooni, mille peab kas meeles või reageerib sellele oma tegevuse kontrollimisega vahetult. Kerge on näha, et see on jõukohane ka masinale.

Inimese reageerimine ühele või teisele ärritusele on täiesti teadlik, igal juhul harjumise ja õppimise algperioodil. Inimese reageerimine võib muutuda automaatseks, kui ta käed hakkavad juba ise taipama, mida teha. Käsi sulepeaga leiab ise graafilise vastavuse neile mõtetele, millest tahame kirjutada. Me ei mõtle iga tähe juures, ei maali seda nagu laps, kes püüab mõistatada, kuhupoole tuleb liigutada sulge, selleks et saada ühe või teise tähe kujutist.

Ent kui inimese juures mõiste «automaatne reaktsioon», see, mida me nimetame masinlikuks tegevuseks, on kõigile arusaadav ja tal oleks nagu väliselt ühiseid jooni automaatseadise mõteteta tööga, siis igasugune väide, et masin võib kõike teha teadlikult, sunnib meid tahtmatult valvel olema.

Tõepoolest, kas masin võib mõelda?

Loomulikult ei saa masin mõelda, sest mõtlemise all mõistetakse ikkagi täiesti kindlat inimajus toimuvate spetsiifiliste biokeemiliste ja füsioloogiliste protsesside kogumit: inimese võimet kogemusele (mälule) tuginedes analüüsida saabunud informatsiooni, töötada see kindlate seaduspärasuste kohaselt ümber ja subjektiivse hinnangu alusel teostada kõige otstarbekohasema reageerimisviisi valikut.

Kuid ometi suudab iga meile tuntud masin lõppude lõpuks lahendada ainult väga piiratud ülesannete ringi, samal ajal kui inimajul on kolossaalne universaalsus.

Loomulikult, mõelda nii, nagu meie seda mõistame, ei või masin mitte kunagi.

Inimaju närvirakke on üle kümne miljardi. Kaasaja kõige täiuslikuma elektronaju «rakkude» arvu loetakse seni tuhandetega, kuid nende hulka võib tunduvalt suurendada. Sellepärast tuleb olla ettevaatlik järelduste ja prognooside suhtes küberneetiliste masinate võimaluste piiride kohta tulevikus.

Elektronaju erineb väga tunduvalt tõelisest inimajust mitte ainult väliselt, vaid ka selles toimuvate elementaarsete protsesside iseloomu poolest. Siiski pole võimatu, et luuakse inimaju tegevust küllalt täpselt imiteerivad mittebioloogilised süsteemid.¹

¹Hiljuti töötati välja uus teooria, mille alusel autorid arvavad, et on võimalik luua niisugused inimaju tegevust imiteerivad seadised, mis lubavad selgitada inimälu mehhanismi. Uue teooria katseliseks kontrollimiseks valmistati spetsiaalne elektronmasina «Perceptron» mudel. Nagu kinnitatakse, on «Perceptron» inimesest palju «rikkam» kanalite arvu poolest, mille kaudu ta saab välisinformatsiooni, sest peale kuulmise, nägemise ja teiste tavaliste tajuvahendite võib kasutada ka raadiolokatsiooni ja elektromagnetilisi seadmeid. Otsustades autorite avalduste järgi, meenutab «Perceptroni» «kesknärvisüsteemi» töö informatsiooni vastuvõtmisel, selle klassifitseerimisel ja sellest kindlate mõistete kujundamisel inimaju tööprotsessi rohkem kui ükski teine masin. Seletatakse seda sellega, et erinevalt tavaliste kiire toimega masinarvestite juures kasutatavast praktikast on uue süsteemi mälurakud ühendatud mitte kindla korra järgi, vaid juhuslikult. Sellise iseloomuga ühenduste korral ergastub informatsiooni saamisel mitte üksik rakk, salvestades informatsiooni üheainsa järgu, vaid üheaegselt mälurakkude enamus, mis vastab ka füsioloogia üldtunnustatud seisukohtadele. Niisugune lihtsaim «Perceptron», mis võib ise õppida, tundis alati õigesti ära elementaarsed geomeetriselised kujundid ja tegi kindlaks nende paigutuse — kas need asusid tema «vaateväljas» vasakul või paremal. Mõistete arv, mida «Perceptron» võib omandada, ja tõenäosus, et ta neid mäletab ning vastava ärrituse korral annab õige vastuse, sõltub põhiliselt mälurakkude ja toimivseadiste hulgast masinas ning ühtlasi ka teiste tingimuste keerukusest.

Huvi pakub originaalne katse, mis mõni aeg tagasi sooritati Harwardi ülikoolis.

Masinal IBM-704 modelleeriti lahendamise meetodi otsimise loominguine protsess uuele ülesandele, mis seisnes selles, et neljateistkümnekojalise arvuga sooritati 63 matemaatilist tehet. Seatud ülesande lahendamiseks sisendati talle palju erinevaid, sealhulgas ka mõttetuid programme. Lahendades ülesande huupi ja väga palju eksides, tegi masin pärast mitmesajatuhandendat katset järsku lahendamise meetodi kohta «iseseisva otsuse» ja lahendas hiljem ülesande alati õigesti, kusjuures siis, kui ülesanne muutus, muutis ka masin mõnevõrra «oma meetodit».

MASIN SUUDAB...

Kuidas võib see võimalik olla? Kuidas saab masin kergendada mitte üksnes inimese füüsilist, vaid ka vaimset tööd ja asendada teda terve rea juhtimisülesannete lahendamisel?

Need andmed küberneetikast, mis on toodud vastamiseks esitatud küsimusele, on küllalt elementaarsed ja üldised. Kuid neist piisab täiesti, et mõista: küberneetiline seadis, mis töötab talle antud või tema enda poolt välja-töötatud programmi järgi, võib

1) võtta oma «tundeorganitega» vastu väljaspoolt tulevat informatsiooni ja muuta see signaalideks, mis on arusaadavad teistele informatsiooni ümbertöötamisest osavõtivatele elementidele;

2) saadud informatsioon kas pidada meeles (mäletada) või viivitamatult tööle rakendada;

3) lahendada matemaatilisi ja loogilisi ülesandeid, millest tegelikult koosneb iga juhtimisprotsess;

4) teostada enesekontrolli.

Kõik see võimaldab küberneetilistel seadmetel lahendada konkreetseid juhtimisülesandeid.

Viimane asjaolu tingib ka kasvava huvi küberneetika vastu, kuna tänapäeval on automaatika üheks tehnilise progressi põhisuunaks.

INIMSOO KOGEMUS

Juba meie kauged esivanemad, selleks et teatud aja vältel säilitada informatsiooni mõnest sündmusest, löid laule või kraapisid luutükikestega kirjutisi oma koobaste tahmunud seintele. Möödusid sajandid. Vihm ja tuul hävitasid kirjad kaljuseintel; geoloogiliste katastroofide, loodusõnnetuste ja sõdade tagajärjel kadusid maapinnalt terved rahvad. Suurem osa «kirjadest tulevikku» kadus ja sageli jutustasid ainult värvirikkad fantastilised legendid järelepõlvedele kunagi tegelikult toimunud sündmustest.

Kuid inimkonna kogemuse päritavus jäi alles.

Sajandite ja aastatuhandete jooksul kogusid inimesed hoolikalt teadmisteraasukesi, eraldasid mitteusaldusväärse ja juhusliku reaalsest ja kindlast. Assüüria ja Babüloonia savitahvlikeste, Urartu (Nairi) kivist kirjade, Lihavõttesaare

kohao rongo-rongo ja paljude teiste ammukadunud kultuuride juhuslikult säilinud jäänuste järgi taastatakse seda, mis oli kauges minevikus.

Faktid, faktid, faktid! Nii nagu laps elu alguses päris inimkond maailmalt pärani avatud silmadega: «Aga mis see on?»

Lõpuks saabus aeg, kus peale faktide eneste tekkis vajadus välja selgitada nende vastastikune seos ja teha üldistusi.

«Aga miks?» küsib laps visalt, ja täpselt samuti teeb inimkond, püüdes seletada arusaamatuid nähtusi.

Selleks et inimkond saaks õige ettekujutuse teda ümbritsevast maailmast ja leiaks teid ning meetodeid tegelekkuse aktiivseks mõjutamiseks, pidi tingimata koguma tohutul hulgal fakte. Ja nüüd on neid juba nii palju, et ei ole ega saagi olla inimest, kes suudaks neid kõiki üldistada või nendega lihtsalt tutvudagi.

Iga teaduse areng nõuab isegi kitsa eriala inimeselt ulatuslikku ja pingsat tööd, et tutvuda sellega, mida teevad kogu maailmas kõik teised sama eriala spetsialistid. Ja see on arusaadav, sest muidu ei saaks vältida parallelismi, «ameerikate avastamist», asjatut aja, jõu ning vahendite kulu. Kuid kerge on öelda: «Tutvuda kõigega, mida tehakse antud küsimuse osas kogu maailmas.» Igal aastal ilmub maailmas kõige erinevamate keeltes umbes 50 000 teaduslik-tehnilist raamatut, avaldatakse umbes 200 000 patenti ja trükitakse peaaegu 3 miljonit spetsiaalseid küsimusi käsitlevat artiklit.¹

Ligi viissada välismaist raamatut ja ajakirja viiekümnes keeles üheksakümnelt maailma maalt saabub iga päev NSV Liidu Teaduste Akadeemia teadusliku informatsiooni instituuti. See on ainult mõni protsent sellest andmete hulgast, mida omavahel jagavad maailma eri maade teadlased. Kuid isegi nende raamatute ja ajakirjade läbitöötamise, annotatsioonide ning referaatide koostamise juures töötavad iga päev umbes tuhat tõlki. Ent nemadki ei tuleks selle ülesandega toime, kui neid ei abistaks üle 10 000 mittekoos-

¹ Ainuüksi Euroopas vaadatakse igal aastal läbi 175 000 avaldust patentidele. Igal aastal lisab tööstuslike patentide instituut Prantsusmaal 350 (kolmsada viiskümmend) meetrit riuleid tööstuslike patentide jaoks, aga need riulid on juba niigi üle 20 kilomeetri pikad. Siin hoitakse üle 6 miljoni patendi kõigis maailma keeltes... (E. Schrödinger «Mis on elu füüsika seisukohalt»).

seisulise spetsialisti, kelle hulgas on kolmkümmend kaks akadeemikut ja umbes kaks tuhat teaduste doktorit.

Kuid kirjanduse vool kasvab iga aastaga. Juba praegu, ammugi siis veel tulevikus, on raske kujutleda bibliograafi, kes küllalt kiiresti orienteeruks selles rägastikus. Ja pole ka ime, et vahel on mõnele teadlasele või insenerile vajalike andmete saamisel kasulikum teostada ise vastav katse või arvutus kui otsida selle kohta andmeid isegi annoteeritud kirjanduse hulgast. Kuid iga asja ei saa ometi alustada nii, nagu poleks teie sündimiseni inimkonda eksisteerinud, nagu poleks olemas ei tema kogemusi ega ta teadmisi!

Võib-olla suurendada tõlkijate ja bibliograafide koosseisu, taotleda nende kitsamat spetsialiseerumist ja leida nende tööle mingisugused uued printsiibid? Aga kui pikaks ajaks oleks kogemuste vahetamise probleem lahendatud, kui üldse tuleks kas või ajutinegi kergendus?

AGA KAS ON VAJA INIMEST, ET...

Aga kas ainult inimene saab hakkama nii vajaliku bibliograafi-informaatori tööga?

Lõppude lõpuks on bibliograafi töö küllaltki formaalne: te esitate küsimuse, nimetades seejuures teid huvitava peatüki või konkreetse sündmuse; bibliograaf kaalutleb, kust võiks leida kaardi teid huvitava küsimuse kohta, siirdub seejärel teatud ruumi, kus teatud sektoris, teatud kastikeses ja kindlas korras asuvad kaardid, millest teil läks vaja üht või mitut.

Teadlased ja insenerid töötasid välja põhialused ja ehitavad automaati, mis väljastaks informatsiooni kõige erinevamate küsimustes — informatsioonimasinat. Selles suunas töötatakse nii Nõukogude Liidus kui ka välismaal.

Missugune on selle masina ehituse põhimõte ja kuidas ta töötab?

Kõigepealt peab selleks, et masinale võiks esitada mingi küsimuse, looma nähtavasti keele, mis oleks ühtemoodi arusaadav nii inimesele kui ka masinale. Selleks võib kasutada ka eespoolmainitud perforeeritud kaarte. Pärast kõigi põhiliste tunnusmõistete ja terminite täpset kindlaksmääramist kantakse igaüks neist oma kohale perfokaardil. Näiteks mehhaanikas koosneb niisugune spetsiaalne tunnuste sõnastik kolmest tuhandest sõnast. Spetsiaalse kodeerimiseseadmega kannate te oma ülesande augukestena kind-

lale kohale perfokaardil. Seejärel, viies perfokaardi masinasse, esitate te talle nagu küsimuse: kus asub vajalik materjal mind huvitava küsimuse kohta?

«Lugedes» teie küsimuse läbi, hakkab masin läbi vaatama tema «mälu» salvestatud kaardikesi, millele juba varem oli selles erilises keeles (kodeeritult) kantud kõik vajalikud andmed. Tänapäeval võib niisugune masin läbi vaadata kaardikesi kõigile bibliograafidele saavutamatu kiirusega — 24 000 perfokaarti tunnis. Arusaadavalt pole see kaugeltki veel piir.

Valides välja vajalikud kaardid, s. o. need, millel augukesed asuvad just samades kohtades nagu teie kaardil, laseb masin kaardikesed läbi dekodeeriva seadme, kus augukesed muutuvad uuesti tavalisteks trükitud sõnadeks: «Materjale teid huvitava küsimuse kohta leiata neis ja neis artiklites, mis on avaldatud neis allikates sel ja sel aastal.»

Informatsiooniseadise tehniline teostus võib olla väga mitmesugune, kusjuures nii informatsiooni «lugemise», «mälu», sorteerimis- kui ka väljastusseadistes kasutatakse kõige erinevamaid printsiipe.

Nõukogude Liidus loodud informatsioonimasina omapäraks ja väärtuseks on kindel ning pikaajaline kiire mälu. Ja kuna selles, erinevalt seni ehitatud masinatest, pole mingeid mehhaaniliselt liikuvaid osi, suudab ta informatsiooni hankimisel töötada palju aastaid väga suure kiirusega.

Kui materjali valik ja töötlemine on lõpetatud, annab masin selle trükkimiseks väljastavatele trükkimisseadistele. Kui saadud vastusel on iseseisev tähendus, viiakse see uue informatsioonina jälle masinasse.

Masinal, mille lugemiskiiruseks on umbes miljon lehekülge sekundis, koosneb alaline mälu rohkem kui miljardist märgipaarist. Üleskirjutamise ja lugemise protsesside kestused on umbes 6 kuni 10 miljondikku osa sekundist.

On võimalikud ka teised informatsiooni saamise mehhaniseeritud viisid. Näiteks jookseb «küsiivate» fotoelementide eest läbi kinolint, mille iga kaadri ühele poolele trükitakse tavaline annotatsioon, kuid teisele — selle annotatsiooni kood erilisel paiknevate läbipaistvate ja -paistmatute ruudukeste näol. Sel momendil, kui fotoelemendi ees asetseb vajalik läbipaistvate ja läbipaistmatute ruudukeste kombinatsioon, süttis hetkeks spetsiaalne lambike ja nõutud annotatsioon jäädvustatakse fotopaberile. Nii annab masin vajalikud annotatsioonid kohe pärast oma mälu läbi-

vaatamist. Arvatavasti pole piiriks ka läbivaatamise kiirus, mille kindlustab see meetod — 10 000 kaadrit minutis.

Kui valmis annotatsioonide läbivaatamist võib täielikult automatiseerida, kas ei saaks automatiseerida ka annotatsiooni koostamise protsessi ennast?

Selleks et koostada annotatsiooni, on vaja materjal läbi lugeda, tõlkida (sest see võib olla trükitud ükskõik missuguses keeles), lahti mõtestada ja põhiaandmed spetsiaalsele informatsioonikandjale erilisel viisil sisse kanda.

... lugeda

Käesoleval ajal on loodud automaat, mille esimene mudelgi loeb vabalt arve 0-st kuni 9-ni, pluss- ja miinusmärke ning kuus tähte tähestikust kiirusega 120 märki sekundis. Selle masina «kirjaoskuse tõstmine» pole raske ja õige pea hakkab ta lugema kõiki tähti igast tähestikust kiirusega kuni 500 märki sekundis.

Niisuguse automaadi tööpõhimõte seisneb trükimärgi pinna üksikute lõikude järjestikuses ülevaatamises elektronkiire kallutussüsteemi ja objektiiviga vahel. Trükimärgi äratundmise protsess on küllalt keeruline, kuid põhimõtteliselt seisneb ta järgmises: «Kui punktid 2 ja 3 või 12 ja 13, samuti ka punktid 22 ja 23 on mustad, aga punktid 37 ja 38 on valged, siis antud täht on A».

Tänu erilistele abinõudele ei mõjuta masina tööd ei erinevused paberi struktuuris, trüki kvaliteet ega ka trükimärkide eneste mõõtmed.

Järelikult võib selline masin täiesti nii lugemiseks informatsiooni vahetu sisendamiseks kui ka informatsiooni üleandmiseks teistele kandjatele (perfokaardile, magnetlindile jne.). «Lugevaid» masinaid saab kasutada mitte ainult informatsioonimasinate teenendamiseks, vaid ka tavaliste tähtede tõlkimiseks pimedate, nn. Braille'i tähestikku.

... tõlkida

Terve rea ajalooliste tingimuste tõttu on praegu kujunenud olukord, kus 2,8 miljardit maakera elanikku on jagunenud umbes 6000 grupiks, kellest igaüks kõneleb oma keelt. Kui üksikute keelegruppide vaheline sugulus ulatub nii kaugele, et nad küll mõistavad üksteist, siis

teiste vahel on selline vahe, et üks teisest absoluutselt aru ei saa. Varasematel aegadel oli tehnika algelise arengu tõttu kaugus üksikute maade vahel niivõrd suur, et sageli rahvad lihtsalt ei teadnudki üksteise olemasolust. Tänapäeval aga, kui kontinentidevahelisi kaugusi mõõdetakse reaktiivlennukite lennutundidega ja sidemed rahvaste vahel üha tugevnevad, omandab informatsioonivahetamise probleem erilise tähtsuse. Ei saa ju iga üksik rahvas omaette läbida kogu arenguprotsessi, ilma et ta vahetaks teistega neid kasulikke andmeid, mis tal on õnnestunud koguda.

Suhteliselt hiljuti lahendati suhtlemise küsimus eri keelt kõnelevate inimeste vahel küllaltki lihtsalt: kasutati inimesi, kes valdasid mõlemat keelt. Ent käesoleval ajal, kui toimub massiline kultuurialase, majandusliku, tehnilise ja muu informatsiooni vahetamine trükitoodetena ning vahetult mitmesugustel rahvusvahelistel konverentsidel, nõuab tõlgete teostamise tempo tõlkijate pidevalt kasvava koormuse juures tungivalt selle protsessi automatiseerimist.

Mõnel määral rakendatakse seda ideed igasugustes taskusõnastikes, mis lubavad reisijatel ilma igasuguse keeleoskuseta suhelda kohalike elanikega. Sõnastiku abil sai otsekohe, ilma ajude tööta leida vajaliku sõna ekvivalenti. Kuid see kõlbab ainult kõige lihtsamatel juhtudel. Juba keerulisemate väljendite korral (need moodustavad loomulikult enamiku) on tingimata vajalik arvestada selle keele spetsiifilisi reegleid ja iseärasusi, millest või millesse tõlgitakse. On hädavajalik tunda teatud kindlaid reegleid. Kuid kas ka suhteliselt lihtsateks juhtudeks ei saaks välja töötada niisuguseid reegleid, mis võimaldaksid tõlkida automaatselt?

Pärast pikaaegset tööd tõlkimise formaliseerimise alal näis, et seda saab teha. Kuid kui tõlkimise protsessi on võimalik formaliseerida inimese jaoks, saab seda tõenäoliselt teha ka masina jaoks. Seda kinnitas ka tuntud katse, kus esimest korda avalikult demonstreeriti tõlkimist vene keelest inglise keelde elektronarvutusmasinal IBM-701. Tõsi küll, masina sõnavara moodustasid ainult 250 vene sõna, kuid edu oli kaheldamatu.

Masina juhtimiseks oli välja töötatud umbes 2400 käsklust sisaldav spetsiaalne programm. Tõlgitav lause viidi masinasse perfokaartidel. Mõne aja pärast trükkis masin automaatselt tõlke.

Vastavalt ajakirjanduses ilmunud teadetele kasutati automaatse tõlkimise katsetustel masinal BESM-1 tunduvalt laiemat sõnavara. Spetsiaalsete matemaatiliste tekstide tõlkimiseks oli masinal 952 inglise- ja 1073 venekeelset sõna.

Tulemuste illustreerimiseks toome ühe lõigu Milne'i raamatu «Diferentsiaalvõrrandite numbriline lahendamine» sissejuhatusest, ja selle, kuidas masin ta trükkis.

«Kui teaduse või tehnika praktilisele ülesandele saab anda matemaatilist formuleeringut, on küllalt tõenäone, et see viib ühe või enama diferentsiaalvõrrandini. Tingimata on see õige jõu ja liikumisega seotud ülesannete laia kategooria jaoks, nii et on ükskõik, kas tahame teada Jupiteri liikumist taevas või elektroni teed elektronmikroskoobis — ikkagi peame rakendama diferentsiaalvõrrandeid. See on õige ka pidevas keskkonnas toimuvate nähtuste, lainetuse levimise, soojusvoo, difusiooni, staatilise ja dünaamilise elektri jne. tundmaõppimisel, välja arvatud see, et siin vaadeldakse osatulevistega diferentsiaalvõrrandeid.»

Tõsi, alguses tegi masin järgmist tüüpi grammatilisi vigu: «... jõu ja liikumisega SIDETUD ülesannete laia kategooria jaoks, nii et on ükskõik, kas TAHTAME teada...». «... me VÕITE teada...» jne. Kuid see oli tingitud ainult mõne üksikasja hooletussejätmisest programmi koostamisel, mis hiljem likvideeriti.

Siiski on tõlkimise automatiseerimise lahendamisel veel palju raskusi.

Piisab kui ütelda, et isegi sõnastiku koostamine on omaette probleemiks. Näiteks sisaldab Oxfordi suur inglise keele sõnastik umbes 400 000 sõna ja sõnarühma. Luua masina jaoks niisuguse mahuga sõnastik on ülimal määral keeruline ülesanne. Kuid näib, et seda polegi vaja.

Meie suur kaasmaalane A. S. Puškin, luues keele emotsionaalsuse ja rikkuse poolest suurepäraseid teoseid, kasutas ainult 20 000 sõna. Kuid ka see arv on teatud määral liiga suur.

Statistilised arvestused näitasid, et isegi ilukirjanduses hõlmavad ligi 80% tekstist ainult tuhat kõige sagedamini esinevat sõna. Teades 5000 sõna võime 300 sõnast lugeda 281, s. o. 93,5% tekstist. (Prantsuse keele jaoks on see arv 96%, hispaania keele jaoks 92,5%.) Nii saab teksti moodustamise seaduste järgi (arvestades paran-

dusi teiste faktorite arvel) teha järelduse, et isegi ilukirjanduse lugemiseks piisab umbes 5000 sõna ja tähendusliku sõnatuletise teadmisest.

On täiesti selge,* et kõnekeele või ilukirjanduse tõlkimine on tunduvalt raskem kui spetsiaalsete teaduslike tekstide tõlkimine, kusjuures esinevad raskused pole tavaliselt tingitud sõnavara puudulikkusest. Mis aga puutub spetsiaalse temaatikaga sõnavara mahtu, siis näiteks inglise keele jaoks peetakse küllaldaseks umbes 1000 üldise tähendusega ja 1000 terminoloogilist sõna, see aga kergendab tunduvalt ülesande lahendamist.

Kuidas siis masinaga tõlgitakse?

Lause tõlkimiseks on eelkõige tarvis tõlkida sõnad. Selleks antakse elektronmasina mäluseadisesse aegsasti sõnastik, mis sisaldab kodeeritult mõlemakeelseid sõnu.

Kui siis seejärel anda masinasse mingisugune sõna, mida on vaja tõlkida, hakkab masin oma mälus suure kiirusega kogu sõnastikku «läbi sorima», s. t. hakkab otsima sisseantud sõna koodile vastavat koodi. Nii on see ainult kõige lihtsamal juhul; enamasti tuleb masinal arvestada sõnade muutelõppusid, käändeid ja võimalikku mitmetähenduslikkust. Kui tõlkimine on lõppenud, algab lause süntees, mille käigus määratakse eriprogrammi järgi sõnade järjestus, kirjavahemärgid jne. Viimase operatsiooni tulemused antakse väljumisseadmesse, milleks võivad olla nii kirjamärke trükkiv masin kui ka erilised torukesed — karaktronid või taipotronid, kus sõnad moodustuvad helenduvatest tähtedest.

Võib oletada, et vaevalt oleks otstarbekohane luua iga keelepaari jaoks oma tõlkeprogramm. Ilmselt võib tunduvalt ökonoomiat anda iga keele tõlkimine mingisse ühisesse leppekeelde.

Võimalik on ka teine tee. Nagu teada on inimõtlamisele omane teatud konservatiivsus. Seetõttu on uute ülesannete lahendamisel, millegi uue loomisel tihti väga raske loobuda vanadest vormidest. Seda näeme kas või faktidest, et esimesed aurulaevad projekteeriti mitte propelleritega, vaid mingisuguste aerude ja rataste kombinatsiooniga, veduritele paigutati tõukavad kangid, elektrimootoritel oli nagu aurumasinatelgi tagasiliikuvaid osi jne. Oletatakse, et automaatne sõna-sõnaline tõlkimine asendub teisega, mille järgi tõlgitakse ainult mõte, s. o. kõige olulisem.

Käesoleval ajal katsetatakse masinaga tõlkimist perforatsioonide abil, mida kasutatakse nii tõlkimisele kuuluva teksti sisseandmiseks kui ka juba tõlgitud teksti väljastamiseks. Ent tulevikus võib osutada võimalikuks teksti vahetu sisseandmine masinasse. Masin loeb ise raamatut või ajaleheteksti, kodeerib selle endale arusaadavasse keelde, töötab läbi ja vastavalt programmile väljastab teksti keeles, millele ta häälestatakse. See, muide, ei pea tingimata olema trükitud tekst. Võimalik on tõlge Braille'i pimedate tähestikku ja helidesse eriliste kõne «süntesaatorite» abil, mida praegu edukalt katsetatakse.

Kui lahendatakse probleem teksti vahetust, suulisest sisseviimisest koos samaaegse grammatilise korrigeerimisega (viimane on oluline elava kõne ja selle üleskirjutamise vahelise mittevastavuse tõttu), on võimalik tõlkimismasinate töösfääri veelgi laiendada. Võib-olla õnnestub teksti suulist sisseviimist masinasse kasutada ka kui mehhaanilist stenografeerimist, mille puhul saadakse vahetult pärast esinemise lõppemist redakteerimiseks valmisolev trükitekst.

Saavutatud edu tõlkimise mehhaniseerimisel sisendab veendumust, et juba lähematel aastatel hakatakse masintõlkimist laialdaselt rakendama erialase tehnilise kirjan-duse tõlkimisel ja võib-olla ka sünkroonse tõlke seadmetena igasugustel rahvusvahelistel konverentsidel, mis kergendaks informatsiooni vahetamist eri keeli kõnelevate inimeste vahel.

... lahti mõtestada

Seega suudab küberneetika muuta inimkonna kogemuste varasalve massiliselt kättesaadavaks ja kindlustada kirjalikule või suulisele järelepärimisele ning isegi telefonihelinale erakordselt kiire ja põhjaliku vastuse, võimaldades uue loojale alustada oma loomingut mitte tühjal kohal ega ka väga piiratud teadmiste baasil. Tahtmatult kerkib aga küsimus, kas ei võiks siis masin, mis oskab juba nii palju, iseseisvalt refereerida teaduslikke ja tehnilisi artikleid?

Osutub, et ka see pole enam fantastika.

Firma IBM (Ameerika Ühendriigid) töötas välja nii-suguse meetodi arvutusmasina IBM-704 jaoks. Seda

tehakse järgmiselt. Kogu refereeritav artikkel tõlgitakse alguses masina keelde, s. o. lüüakse perfokaartidele, millelt informatsioon kui masinale määratud «ringvaade» kantakse üle magnetlindile.

Uurides iga sõna üksikult, määrab masin nende tähtsuse sõltuvalt nende kordumise sagedusest artiklis. Minnes seejärel üle lause analüüsile, määrab masin vastavalt lausesse kuuluvatele sõnadele ühe või teise lause tähtsuse. Niisuguse «teadliku» käsituse tulemusena eraldab masin lõpuks «enda arvates» mõned kõige tähtsamad laused ja väljastab need trükitult. Nende masina koostatud referaatide väärtuseks on see, et referaat ei moonuta artikli lauseid ja et need «võtmelaused» on välja valitud matemaatilise analüüsi alusel.

Rääkisime informatsioonimasinast nii pikalt sellepärast, et ta loomine ja kasutamine lubab järsult suurendada andmete hulka; mida läheb vaja kõige erinevamate küsimuste lahendamiseks.

Masin, mida demonstreeriti 1958. aastal Brüsselis toimunud ülemaailmsel näitusel «Inimene ja progress», andis automaatselt teateid inimkonna ajaloo kõige tähelepanuväärivamatest sündmustest. Kuid see on ainult primitiivne eelkäija nendele entsüklopeedilistele informaatoritele, mis inimkonna mäluks muutudes rikastavad teadlast ja insenere kergesti kättesaadavate andmetega ning kujunevad tõukejõuks uute ideede ja assotsiatsioonide tekkimisele.

Missugused ka ei oleks edusammud tänapäeval, otsustades küberneetika arengutempo järgi, astuvad tõlkivad, lugevad ja kuulvad masinad koos informatsioonimasinatega meie ellu kogu oma äärmiselt rikka mäluga, olles alati valmis esimese nõudmise peale jagama igasuguseid andmeid. See viib tõelisele revolutsioonile vaimse töö viljakuse alal.

PLANEERIMISE STRATEEGIA

Informatsiooni- ja tõlkimismasinaid pole vaja mitte nende eneste pärast ega ka selleks, et nende abil hangitud teadmisi lastaks «hoiukarpi». Teadmiste kogumisele järgneb nende läbitöötamine eesmärgiga mõjutada aktiivselt loodust ja efektiivsemalt kasutada ta ande.

Kuid inimeste tegevus võib olla maksimaalselt kasulik

ainult siis, kui seda planeeritakse küllalt teaduslikult ja suure ettenägelikkusega.

Ka sel alal võib küberneetilistel seadistel olla oma osa.

Paljude probleemide hulgas, mida küberneetilised masinad suudavad lahendada, on eri liik ülesandeid, mis kuuluvad nn. mängude teooriasse.

Kirjeldamata igasuguste «mängivate» automaatide lõbusat ja tihti ka väga õpetlikku tööd, peatume eri liiki küberneetilistel seadistel, mida kasutatakse niinimetatud strateegilistes mängudes.

Selleks et järgnev oleks arusaadav, meenutame, et strateegiliseks loetakse sellist mängu, mille tulemuseks pole võit ega kaotus, vaid mingi teatud situatsiooni tekkimine, nagu näiteks mõne eseme kättevõtmine, nende viimine mingisse kindlasse varemkaavatsetud seisundisse jne.

Käesoleval ajal ehitatakse mitmesuguseid masinaid, mis kavatsuste kohaselt suudavad mängida strateegilisi mängu. Välismaal püütakse kõiki neid masinaid luua ühe kindla sihiga: nad peaksid suutma juhtida lahingut, sest roboti raudne loogika arvestaks nii andmeid vaenlase asutuse ja operatsioonide kui ka oma positsioonide ja võimuste kohta.

Meile on niisugused kavatsused täiesti võõrad, sest meie elu sihiks on mitte purustamine, vaid loomine. Seejärel peame ka oma strateegilisi masinaid kasutama selliste ülesannete lahendamiseks, mille lõppeesmärgiks on uue loomine.

Aga kas see on võimalik? Selgub, et on.

Inimese küberneetilised abilised on täiesti asendamatud administratiivse, majandusliku ja tööstusliku tegevuse optimaalse planeerimise strateegia valikul. Sellise küllaltki ebamäärase mõiste asemele, nagu seda on intuitsioon, tuleb matemaatiliste masinate raudne loogika. Kübernetika võimalustest planeerimise alal võib näiteks tuua järgmise.

Pideva toimega masinal Beckman EASE tehti arvutusi Ameerika rahvusliku majanduse uurimiseks. Kaheteistkümnest võrrandist koosnev süsteem kujutas endast matemaatilist väljendust hüpoteesile majanduse finantssektori ja tööstusliku tootmise vastastikuse toime kohta teatud perioodi majanduslike andmete alusel. Seejuures võtsid vahetult majanduse uurimisest tuletatud võrrandid, mis ei sõltunud arvutusmasina võimalustest, arvesse üldist

pangadeposiiti, pangalaene ja pangareserve, üldist valuutareservi, laenude tingimusi, üldnõudmisi kogutoodangule ja üldist rahvuslikku produkti. Selle masina töö näitas veelkordselt ta «võimet» lahendada niisuguseid abstraktseid ülesandeid.

Töösturite otsuste majanduslike eeliste väljaselgitamiseks uuriti neid spetsiaalsel masinal turgudevaheliste sidemete arendamise suhtes, samuti uuriti soovitusi sisseade ning kapitalimahutuste suurendamise ja isegi reklaami aktiveerimise või nõrgendamise kohta.

Majanduslike ja teaduslike uurimuste ühing (Ameerika Ühendriigid) tegi masinal IBM-704 arvutusi kapitali kõige tulusama mahutamise kindlaksmääramiseks, fikseeris antud firma majandusliku olukorra ja tema perspektiivid ning andis soovitusi kapitalimahutuste komiteele.

TOOTMISPROTSESSIDE JUHTIMINE

Peale niisuguste kõrgemat järku ülesannete lahendamise aitab küberneetika leida lahendust ka väiksematele küsimustele, kui näiteks tehase juhtimise täielikku automatiseerimist lugeda «väikeseks» küsimuseks. Aga niisugused tehased hakkavad tänapäeval juba kerkima.

Samal ajal viib automatiseerimine välismaal järgmistele nähtustele: Rockefordi tehases (Ameerika), kus mürske hakkasid valmistama ainult masinad, vallandati kõik liigseks muutunud töölised;

firmast «Rateon Manufacturing», kus täielikult automatiseeriti raadiovastuvõtjate monteerimine, vallandati kõik töölised peale kahe;

ameerika raudteelt vallandati üle 200 000 inimese tänu automaatseadmete juurutamisele rongide koostamisel;

automatiseerimise tõttu vallandatakse igal aastal lähema kümne aasta jooksul 3,5 miljonit inimest.

Nõukogude Liitu ja rahvademokraatiamaid «ähvardab» automatiseerimine lähematel aastatel aga ainult küllusega, maailma kõige lühema — viiepäevase töönädalaga ja kõige lühema — kuuetunnise tööpäevaga.

Seepärast me võtamegi niisuguse rõõmuga vastu teateid esimestest pääsukestest automatiseerimise osas.

Lasti käiku automaattehas kolbide tootmiseks.

Töötab ka akadeemik S. V. Lebedevi nimeline Jefre-

movi sünteetilise kautšuki tehas, kus terves reas tsehhides pole ühtki inimest.

Või näiteks Nižni-Tagili metallurgiakombinaat, kus rööbaste valtsmasina «900» juhtimiseks rakendati elektron-arvutusmasinat, mis mitte üksnes kergendas töötingimusi, vaid võimaldas tõsta ka tööviljakust. Seejuures viidi viiskümmend kaheksa inimest üle teisele tööle.

Ka Tallinna tehases «Volta», kus elektrimootorite võlle töödeldakse nüüd automaatliinil, töötab neljakümne töölise asemel ainult kuus. Vabanenud inimesed läksid üle teistesse tsehhidesse.

LAAGRITE VALMISTAMISE AUTOMAATTSEHH

Meie maal töötab maailma esimene laagrite valmistamise automaattsehh.

Laager on küll pisidetail, kuid kaota ta ära — ja otsekohe peatuvad rongid ning autod, ei tõuse õhku lennukid ja lakkavad töötamast paljud mehhanismid. Iga aastaga kasvab vajadus laagrite järele. Selle vajaduse rahuldamiseks ei piisa lihtsalt tööpinkide töö kiirendamisest, vaid on tarvis neid ka automatiseerida, viies käsitsitöö miinimumini. Palju jõudu kulutas 1. laagritehase kollektiiv Moskvast, selleks et maailma esimene laagrite tootmise automaattsehh muutuks reaalsuseks. See-eest ei võta nüüd ükski inimkäsi tööst osa, alates tagiga kaetud tooriku saabumisega punkrist ja lõpetades valmislaagrite pakkimisega karpidesse.

Dispetšeripuldil süttivate lambikeste järgi saab jälgida tööd tsehhis, kus mööda renne ja konveiereid liiguvad kindlas järjestuses ning rütmis laagri üksikosad tööpinkilt tööpinkile. Automaadid kontrollivad tööpinkide töötulemusi. Kui aga kõik detailid on valmis, algab montaaž — kogu tsehhi töö kvaliteedi esimene kontrollimine. Monteerimisautomaadi pressi alt tulnud inimkäteta monteeritud laagrit kontrollitakse kontrollmööteriistadega ja kui kõik on korras, siis masinad määrivad ja pakivad valminud laagrid.

Tootmistsükkel lühenes 10 kuni 15 korda ja tööviljakus tõusis 2,5 korda.

TERASESULATAMISAUTOMAAT

Et terasesulatamine kaarleekahjudes kulgeks maksimaalse kiirusega, seejuures aga elektrienergia kulu seisukohalt kõige ökonoomsemalt ja et oleks kindlustatud kõrgete mehhaaniliste ja füüsikaliste omadustega teras, on vajalik väga täpselt reguleerida elektrikaare võimsust.

Kui arvestada seda, et tund aega pärast sulatamise algust ulatub ahju seinte ja võlvi temperatuur 1600 kuni 1700°, võib näha, et inimesel pole sugugi lihtne protsessi jälgida ja reguleerida.

Ja siin tulevadki talle appi «targad masinad». Erilised ahju monteeritud jagajad informeerivad elektri ahju matemaatilist mudelit pingetest transformaatorite väljunditel, voolu suurusest elektrootides, ahju võlvi potentsiaalid jne. Nende andmete läbitöötamisel annab matemaatiline mudel andmeid kaarleegi võimsuse kohta. Selleks et ahjus kulgevat protsessi mitte ainult mõõta, vaid ka reguleerida, suunatakse saadud andmed spetsiaalsesse arvutusseadmesse, mis vastavalt ülesandele reguleerib vajalikku elektrienergia hulka igal ajahetkel. See terasesulatamisautomaat, mis monteeriti tööstuslikule katseahjule, aitab metallurge anda kõrgekvaliteetset ja odavat terast ning samal ajal parandab ka töö sanitaarseid tingimusi.

VALTSIMISAUTOMAAT

Teatud geomeetriliste mõõtmetega valtstoote saamiseks lastakse hõõguv toorik läbi pöörlevate valtside vahelt. Tooriku sisenemise kiirus on jääv suurus, kuid kiirus, millega ta liigub valtsi teise äärde, sõltub ka tooriku surveastmest. Kui mitu valtsipaari paiknevad üksteise järel, määrab nende pöörete arvu, pöördemomendi ja nendevahelise ruumi peamiselt tooriku ühelt valtsipaarilt teisele üleandmise kiirus. Peale selle arvestatakse tegureid, mis oluliselt mõjuvad valtside töörežiimile, nagu valtsmaterjali mehhaanilised omadused, temperatuur ja lõikevorm. Kõik need parameetrid ei erine mitte ainult üksikute juhtude korral, vaid võivad muutuda ka tööprotsessi enda jooksul. Nende täpne hindamine on väga keeruline ja nõuab suurte kogemustega operaatorit, selleks et kõiki faktoreid arvestada ja võimalikult kiiresti reageerida igasugustele muutustele.

Tööd valtsil saab tunduvalt kergendada, kui masina juurde monteerida spetsiaalne juhtimisseadis. Kui niisugune seadis saab perfokaardile või magnetlindile kirjutatud tööpingi programmi (programmi võib anda ka mõnel teisel teel), siis tänu välkkiirele jagajate informatsioonile, mis teatavad kõik vajalikud andmed, saab ta «teada» kõik töö üksikasjad. Reageerides silmapilkselt kõigile saabuvaltele andmetele, tagab juhtimisseadis seadmete optimaalse kasutamise, kiirendades seega tootmist ja muutes selle odavamaks.

Samuti võib masin juhtida valtsmetalli lõikamist.

Spetsiaalsed käärid lõikavad valtsi alt väljuva kuuma metalli tükkideks, millel on kindel tolerants. Kuna aga valutükid on kaalult ja temperatuurilt erinevad, ületavad kangid ettenähtud pikkuse.

Arvutusseadis «Prokat», mida praegu katsetatakse ühes metallurgiakombinaadis, töötab sekundi murdosa jooksul välja kangide lõikamise optimaalse plaani ja annab arvutustulemused üle kääridele, määrates samal ajal kindlaks nende ketaste pöörlemiskiiruse vastavalt metalli paksusele.

KEEMIAS

Keerukate tootmisprotsesside täielikku automatiseerimist kergendab teatud määral tootmisprotsessi pidevus, nagu näiteks keemia- ja naftatöötlemistööstuses.

Rohkem kui teised tööstusharud vajab keemiatööstus kompleksset automatiseerimist just tootmise suurte masinade, töödeldavate ainete kahjulikkuse ning plahvatusohtlikkuse ja pidevate protsesside tõttu, mis ei võimalda vahetut jälgimist.

Nagu kogemused näitavad, annab keemiatööstuse automatiseerimine tohutu suurt majanduslikku efekti ja tasub end väga lühikese aja jooksul. Nii tõstis Vladimiri keemiatehase äädikhappe regenereerimise tsehhi automatiseerimine tööviljakust 45 ja alandas toodangu omahinda 15 protsendi võrra, kusjuures kõik kulutused tasusid end kahe ja poole kuuga.

Sünteesilise kautšuki tehases on tehnoloogilise protsessi tsentraliseeritud kontrollimiseks loodud elektronarvutusmasin «Marss-300». See masin suudab kontrollida 300 temperatuuri, keskmise temperatuuri, materjalide kulu ja

vaakuumi mõõtmise punkti. Kõik 300 punkti kontrollitakse 30 sekundi jooksul. Masin väljastab informatsiooni arvude ja signaalidena mnemoskeemil. Ettenähtud väärtustest kõrvalekaldumiste korral ilmub mnemoskeemile vastav signaal.

Edaspidi kavatakse selliseid masinaid kasutada ka teistes keemiatööstuse ettevõtetes. Peale kontrolli on «Marss»-tüüpi masinatele veel rida juhtimis- ja reguleerimisfunktsioone: sisse- ja väljalülimine, avariikaitse ja positsioonireguleerimine.

Naftatöötlemistööstuses on põhiliseks probleemiks fraktsioneerimistornis toimuvate destilleerimisprotsesside juhtimine. Ka siin võimaldavad arvutusmasinad, tagades kindla rõhu- ja temperatuurirežiimi, kõige otstarbekohasemalt kasutada torni ilma ühegi inimese osavõtuta.

Masinaid saab kasutada mitte ainult lihtsaks destilleerimiseks, vaid ka selleks, et «projekteerida» tundmatuid keemilisi ühendeid. Nii võivad masinad varem antud programmi järgi tohtu suurest isomeeride hulgast välja valida selliseid, millel on vajalikud omadused (isomeerid on ained, millel on küll ühine keemiline valem, kuid aatomitevahelised sidemed on erinevad).

MASINAEHITUSES

Mitmesuguste tööstusharude hulgas on kogu sotsialistliku majanduse tehnilises progressis eriti suur tähtsus masinaehitusel. Masinate tootmise tase on maa industrialse arengu tähtsaimaks kriteeriumiks.

Vaatleme freespink. Seda, kuidas tänapäeva tööpingid töötavad ilma inimesteta, näemegi freespingi näitel.

Varem kanti toote kujutis jooniselt vormitule toorikule meistri kätega või piiraja abil. Tänapäeval antakse detaili piirjooned juhtimismasinale teisel teel.

Spetsiaalsele lindile kantakse erilises koodis arvud, mis määravad joonise põhjal kindlaks antud toote tugipunktid. Arvutusseadis, kuhu see lint viiakse, arvutab antud tugipunktide järgi kõik toote profiili vahepealsed väärtused. Ent samal ajal teatavad erilised jagajad arvutusseadisele järjekindlalt töödeldava toote profiili tegelikud parameetrid. Võrreldes välkkiirelt tegelikult kujunevaid mõõtmiseid soovitatavatega, saadab arvutusmasin korigeerivaid käsked plaadi ja freesi nihutatavatele mootori-

tele seni, kuni saabuvad «rahustavad teated»-soovitud ja tegelike mõõtmete ühtimisest. Sel teel saavutatakse mikro-ritesse ulatuv töötlemistäpsus.

ENERGIASÜSTEEMIDE KOORMUSE DISPETŠERJUHTIMINE

Kõrvuti üksikute liinide, tsehhide ja ettevõtete automa- tiseerimisega kergendab arvutusseadiste kasutamine ka dispetšerite tööd suurtes elektrivõrkudes. Nii töötas näi- teks firma «Westinghouse» (Ameerika Ühendriigid) välja dispetšersüsteemi energiasüsteemide koormuse juhtimi- seks. See koosneb sageduse ja võrkulülmiste kontrolli- mise ning korrigeerimise aparatuurist, arvutuskeskusest ja elektri jaamade juhtimise teleaparatuurist. Reguleeri- takse võrgusagedust, koormuse kõikumisi, generaatorite tööd sõltuvalt koormusest (seejuures tagatakse võimsuste majanduslikult kasulik jaotamine), korrigeeritakse ener- geetiliste süsteemide režiime ja teostatakse rida teisi ope- ratsioone.

AUTOMAATNE JUHT

Kes poleks lapsepõlves pidanud lahendama ülesannet, milles rong väljub punktist A ja suundub punkti B. Kui palju tähelepanu ja keskendumist nõudis selle ülesande lahendamine! Ometi «liikus» rong paberil, ideaalselt sile- datel rööbastel ja loomulikult ilma igasuguste kallete, pöörangute ja ülesõidukohtadeta.

Hoopis teine asi on praktiline ülesanne, mida iga päev lahendab tõeline vedurijuht. Ja on vaja suuri kogemusi, et alati õigesti otsustada, kuidas arendada kiirust, et mitte asjatult aega kaotada ega ka rongi purustada; missugusel kallakul tuleb koosseisu pidurdada ja kus, vastupidi, kii- rust suurendada; kus on vaja alustada pidurdamist, et rong peatuks täpselt graafiku kohaselt just vajalikus kohas. Kuid rongil võib olla ju erinev arv vaguneid ja ka teel võib juhtuda palju ettenägematut.

Osutub, et ka siin võivad masinad inimest aidata. Võrdlemisi hiljuti katsetati Nõukogude Liidus Moskva lähistel elektriraudteel niinimetatud «automaatset juhti». Kogu seadis, mis mahtus paari väiksesse kapikesse, täitis väga kvalifitseeritult vedurijuhi ülesandeid: suurendas ja muutis vastavalt tee profiilile kiirust, reageeris täpselt

langustele, tõusudele ja pöörangutele, valis veokarakteristikuid. Võrdlemisi lühikese teelõigu vältel sooritab automaatne juht sadu kõige mitmekesisemaid operatsioone, arvestades kõige selle juures ka autoblokeeringu signaale.

On huvitav märkida järgmist tähelepanuväärset juhtumit. Ühel pikemal jaamavahel juhtis automaat kindlalt koosseisu, kui äkki pidurdas ja peatas rongi, kuigi seal ei olnud mingit peatust ette nähtud. Mis see oli? Kas seadise rike? Ei. Tuli välja, et automaat avastas vea — rongi liikumise graafik polnud õigesti koostatud ja selleks, et jõuda jaama täpselt ettenähtud ajaks, peatas automaatne juht rongi poolteiseks minutiks ja seejärel juhtis teda edasi, nagu poleks midagi juhtunud.

Kuidas see seadis siis töötab?

Rongi ratastega sidestatud spetsiaalsed jagajad annavad erilisse arvutusblokki andmeid kiiruse ja läbitud tee kohta. Siiasamasse saabuvad andmed ka liikumise aja kohta. Saadud väärtusi võrreldakse mälublokis salvestatutega, arvestades seejuures ka seadisesse rööbaste kaudu saabunud autoblokeeringu signaale. Kui süttib valgusfoori punane silm, hakkab tööle pidurdussüsteem.

Rongi liikumise käigus lahendab ta elektrimälu vahetpidamata liikumise võrrandit, valides parima neist sadadest variantidest, mida tal õnnestub ühe sekundi jooksul läbi vaadata.

Automaatne juht — see on muidugi alles «esiklaps», mis põeb veel tervet rida lastehaigusi, nagu näiteks ei näe teed, mis üldiselt võib olla küll tähtis, kuid arusaadavalt ei takista niisugust seadiste kõige laialdasemat kasutamist elektrirongide juhtimiseks.

Kuid on võimalik luua mitte üksnes selliseid «individuaalseid» seadmeid. Hiljuti demonstreeris üks välismaine firma terve autotee mudelit.

Sel teel võivad autod liikuda ilma juhita, kusjuures, tänu eriabinõudele, on välditud igasugused kokkupõrked, vaatamata sellele, et kiirelt sõitvad autod sooritavad isegi möödasõite, kui eessõitjad liiguvad «nende arvates» liiga aeglaselt.

Ühtlasi on Nõukogude Liidus ja välismaal olemas ka tänavaliikluse automaatreguleerijad, millest on juba korduvalt juttu olnud. Välismaine automaat saab informatsiooni igast suunast kogunevate autode hulga, esimese kohalejõudnud auto ooteaja ja naabruses asuvate risttänavate

koormuse kohta (fotoelementide või raadiolokaatoritega varustatud lugejate abil). Automaatreguleerija töötab paremini kui need 360 politseinikku, keda ta asendab, lühendades läbisõidu aega «tipp-tundidel» poole tunni võrra.

Küberneetiliste seadiste kasutamine parandab tunduvalt tööd niinimetatud sorteerimisjaamades, kus koostatakse ronge, võimaldab tulevikus minna tervetes dispetšerjaoskondades üle rongide liikumise automaatsele juhtimisele ja kindlustab avariideta laeva- ning lennuliiklust.

*

Võiks tunduvalt pikendada nende võimaluste loetelu, mida annab küberneetika kasutamine rahvamajanduses. Siia kuuluksid:

leivaküpsetamine tehastes, kus automaadid valivad antud retsepti järgi piinliku täpsusega vajalikud ained ja segavad need vastavates proportsioonides taignaks, jälgivad küpsetamist, korrigeerides annusteks jagamist, ja lasuvad välja mitmesuguseid valmistooteid kõige minimaalsema kõrvalekaldumisega ettenähtud kaalust. Seejuures võivad näiteks kuus automaattehast moskvalasi täielikult kindlustada leivaga.

Arvutusmasinaid kasutatakse ka õppevahendina aatomireaktori läheduses oleva õhu radioaktiivsuse astme määramiseks. Nii annab näiteks kolme mäluseadmega arvutusmasin «Bendix G-15» oma arvutustega magnetlindil täieliku pildi reaktori tööst, kusjuures tulemus saadakse sekundi murdosa jooksul.

Automaatkauplused! Juba kodus märgib ostja spetsiaalsele perfokaardile, mida ja kui palju tahaks ta osta, kuid kaupluses piisab tellimiskaardi asetamisest elektronarvutusmasinasse, kui kahe minuti jooksul on kaup välja valitud, pakitud ja tšekk tasumiseks väljastatud.

Siin on ka eksimatu telegraaif, mille eriline aparatuur väldib täielikult juhuslike vigade võimalusi teksti üleandmisel.

Siia võiksid kuuluda ka automaadid töötasude arvestamiseks ja kõikvõimalike raamatupidamises esinevate arvestuste tegemiseks, kontorite ja ladude tegevuse analüüsimiseks, projekteeritud ja töötavate vee- ning gaasivarustuse-süsteemide analüüsimiseks, kõige erinevamate masinate

arvestamiseks ja katsetamiseks, astronoomilisteks arvutusteks, maa-aluste kombainide ja kosmiliste laevade juhtimiseks.

Meie loetelu on igal juhul ebatäielik, sest iga päevaga kasvab küberneetika kasutamise sfäär rahvamajanduses.

Tänapäeval on küberneetika alles oma tekkeperioodis ja ta arengutempot, samuti nagu «sürpriiside» arvu, mida ta meile igapäev valmistab, on raske ette aimata. Kuid vaatamata kõigile raskustele faktide konkretiseerimisel, mida annab küberneetika rahvamajandusele, on selge, et rahulikel eesmärkidel kasutataval küberneetikal koos aatomienergiaga on suur osa kommunismi materiaalse baasi loomisel.

*

NLKP Keskkomitee juunipleenum (1959. a.) töötas läbi probleemid, mis on seotud automaatika laiaulatusliku juurutamisega Nõukogude Liidu rahvamajanduse mitmesugustes harudes. Nõukogude inimesed täidavad edukalt seda ülesannet.

Automaatika laiaulatuslik juurutamine kergendab ja muudab põhjalikult miljonite inimeste töö iseloomu ning soodustab oluliste erinevuste likvideerimist vaimse ja füüsilise töö vahel.

MÄRKUSED

SISUKORD

Ampère'i 83. rubriik	3
Teine külg	3
Aknad maailma	4
Kogemuste salv	6
Usalda, kuid kontrolli!	7
Kes siis lahendab küsimuse?	9
Piir on, kuid...	11
Masin suudab...	13
Inimkonna kogemus	13
Aga kas on vaja inimest, et...	15
... lugeda	17
... tõlkida	17
... lahti mõtestada	21
Planeerimise strateegia	22
Tootmisprotsesside juhtimine	24
Laagrite valmistamise automaattsehh	25
Terasesulatamisautomaat	26
Valtsimisautomaat	26
Keemias	27
Masinaehituses	28
Energiasüsteemide koormuse dispetšerjuhtimine	29
Automaatne juht	29

Лев Саломонович Гринилев

О КИБЕРНЕТИКЕ

На эстонском языке

Оформление В. Томассов

Эстонское Государственное Издательство

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja H. K o r r m a n n

Tehniline toimetaja Ü. L a u l

Korrektor H. K a h a r

Ladumisele antud 2. IV 1960. Trükkimisele antud
10. IV 1960. Paber 54×84, $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid 2,25. For-
maadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 1,85. Arvutus-
poognaid 1,87. Trükiarv 3000. Tellimise nr. 3600.

Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartus, Ülikooli 17/19.

Hind 70 kop.

3—2

A

63822

228709

EESTI NSV
POLIITILISTE JA TEADUSALASTE TEADMISTE
LEVITAMISE ÜHINGU VÄLJAANNETEST

on saadaval:

Hind rbl.

N. Petrov	
Nõukogude kaubanduse areng Eesti NSV-s.	—.65
K. Pratkan	
Põllumajanduse elektrifitseerimine Eesti NSV-s.	—.60
H. Saarniit	
Eesti töörahva revolutsiooniline võitlus nõukogude võimu taaskehtestamise eest aastail 1920—1924.	—.65
H. Tiido	
Talurahva olukorrast kodanlikus Eestis.	—.65
H. Jänes	
Kutsetervishoid põlevkivitööstuses.	1.10
L. Vinokurov	
Epideemiline lastehalvatus.	—.80
A. Raud	
Kapitalismi üldkriis.	1.10
H. Väljaots	
Kultuurkooplid sigadele.	—.55

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00902991 1

0.50

70 kóp.