LUND UNIVERSITY

Reglerteknik i Sovjetunionen

Rapport från en studieresa 27 mars - 27 september 1972

Ljung, Lennart

1972

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

Link to publication

Citation for published version (APA):
Ljung, L. (1972). *Reglerteknik i Sovjetunionen: Rapport från en studieresa 27 mars - 27 september 1972*. (Travel Reports TFRT-8004). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

REGLERTEKNIK I SOVJETUNIONEN
Rapport från en studieresa
27 mars - 27 september 1972

L. LJUNG

Report 7205 (C) November 1972
Lund Institute of Technology
Division of Automatic Control

REGLERTEKNIK I SOVJETUNIONEN

Rapport från en studieresa

27 mars - 27 september 1972

L. Ljung

INNEHÅLLSFÖRTECKNING Sid.

INLEDNING 1

Referenser 2

1. FORSKNING OCH UTBILDNING I SOVJETUNIONEN 3

1.1. Forskningens organisation 3

1.2. Tidskrifter 5

1.3. Utbildningen 7

Referens 9

2. INSTITUTET FÖR REGLERPROBLEM I MOSKVA (IPU) 10

2.1. Laboratoriet för adaptiva system 12

2.2. Laboratoriet för identifiering 14

2.3. Laboratoriet för mönsterigenkänning och biologiska system 16

2.4. Laboratoriet för stokastiska system 17

2.5. Laboratoriet för system med varierande struktur 18

2.6. Laboratoriet för flervariabla system 19

2.7. Laboratoriet för system med fördelade parametrar 20

2.8. Laboratoriet för medicinska system 20

Referenser 21

Personliga kontakter 24

3. INSTITUTET FÖR CYBERNETIK I KIEV (IK) 25

3.1. Avdelningen för diskreta reglersystem 26

3.2. Avdelningen för numerisk analys och optimala algoritmer 30

3.3. Avdelningen för adaptiva system 32

Referenser 33

Personliga kontakter 35

4. DATACENTRALEN I NOVOSIBIRSK 36

4.1. Programmeringsspråk och kompilatorer 37

4.2. Operativsystem (monitorer) och interaktiva program 38

4.3. ADB-program för industriell användning 39

	Referenser	40
	Personliga kontakter	40
5.	ALLMÄNNA INTRYCK	41
	Datorer	41
	Tillämpningar	42
	Forskning som yrke	43
	Tendenser inom reglerteknisk forskning	43
	Referenser	44
	BILAGA 1: Programutskrift	45
	BILAGA 2: Transkription av ryska ord	49

INLEDNING.

Jag företog under tiden 27 mars - 27 september 1972 en studieresa i Sovjetunionen. Primära syftet med resan var att studera adaptiva och lärande system vid Institutet för Reglerproblem i Moskva. Ett andrahandssyfte har varit att allmänt lära känna sovjetisk forskning och forskare inom ämnesområdet reglerteknik.

Studieresan har finansierats genom bidrag från Akademiernas forskarutbyte (IVA), Skandinaviska Bankens stipendiefond av 1931 samt Lunds Universitets resestipendier.

Jag vistades under tiden 27 mars - 27 september 1972 vid Institutet för Reglerproblem i Moskva (IPU). Huvuddelen av tiden deltog jag i forskningsarbetet kring lärande system och stokastisk approximationsalgoritmer vid prof. Tsypkins laboratorium [1 - 3]. Jag studerade även sovjetisk litteratur om adaptiva system [4].
Under tiden 12 - 16 juni 1972 gjorde jag ett studiebesök vid Institutet för Cybernetik i Kiev, och den 17 - 18 augusti besökte jag Datacentralen i Novosibirsk.

I denna reserapport redogöres för allmänna aspekter på sovjetisk forskning, i synnerhet inom reglerteknik, liksom även för konkreta problem, som man arbetar med inom skilda reglertekniska laboratorier i Sovjet. Avsnitt 1 behandlar forskningens och utbildningens organisation med särskild tonvikt på reglerteknik. Där redogöres även för de sovjetiska tidskrifter, som har anknytning till reglerteknik. Studiebesöken i Moskva, Kiev och Novosibirsk behandlas i avsnitt 2, 3 resp. 4. I avsnitt 5 sammanfattas några allmänna intryck från forskningen och forskningssituationen i Sovjet.

Referenser.

[1] Ljung, L.: "Comments on a stochastic approximation method", IEEE Trans. Systems, Man, Cybern., Vol. SMC-2, nov. 1972.

[2] Ljung, L.: Asimptotitjeskye dispersii algoritmov stochastitjeskoj approksimatsii" (Asymptotiska varianser för stokastisk approximationsalgoritmer). Inlämnat för publicering i Avtomatika i Telemechanika, Moskva (på ryska).

[3] Ljung, L.: New convergence criteria for stochastic approximation algorithms.

[4] Ljung, L.: A survey of Soviet publications on adaptive control.

1. FORSKNING OCH UTBILDNING I SOVJETUNIONEN.

1.1. Forskningens organisation.

I Sovjetunionen finns två slags institut, rena forskningsinstitut (nautjno-issledovaltelskij institut) och undervisningsinstitut (utjebnyj institut), högskolor, där även forskning, ofta i mindre omfattning, bedrivs vid lärostolarna.

Forskningsinstituten är av två typer. De lyder antingen under vetenskapsakademin (i RSFSR under Sovjetunionens vetenskapsakademi (AN SSSR), i övriga republiker under resp. delrepubliks vetenskapsakademi), eller under något ministerium. På grund av industrins centraliserade struktur i Sovjet finns en lång rad ministerier med begränsade verksamhetsfält, ofta svarande mot industribranscher. Under ett sådant ministerium lyder i regel ett antal forskningsinstitut, som svarar för industriforskningen inom branschen i fråga. Dylika institut får således väl definierade och mycket tillämpade forskningsuppgifter och arbetar i nära kontakt med industrin. Dessa institut drivs på vinstbasis (chojrastjet), d.v.s. de säljer sin forskning till industrin.

De institut som lyder under vetenskapsakademin har en friare ställning. Forskningen här är mer allmänt-teoretiskt inriktad och i regel inte särskilt hårt styrd. Inom vetenskapsakademin finns ett antal avdelningar (otdelenie) som lyder under presidiet och generalförsamlingen. De drar upp riktlinjer för forskningen inom ett givet område. Se vidare [1]. Under varje avdelning sorterar ett antal olika forskningsinstitut. Föreståndaren (Direktor) för institutet väljs av vetenskapsakademins generalförsamling och har förhållandevis fria händer vid genomförandet av institutets forskningsprogram.

Institutet för Reglerproblem, IPU (Institut problem upravlenija) är det utan jämförelse viktigaste inom området reglerteknik i Sovjet. Det lyder under avdelningen för mekanik och styrda processer vid AN SSSR, som föreståes av akademiledamoten B.N. Petrov. Institutet har en särställning genom att det även lyder under ministeriet för apparaturkonstruktion, automatiseringsredskap och reglersystem. Verksamheten inom institutet kommer att beskrivas närmare i avsnitt 2.

Inom reglerteknik och närliggande områden finns dessutom Institutet för informationsöverföring (IPPI) och institutet för elektroniska reglermaskiner (INEUM). Vid Steklov-institutet, som är ett institut för ren matematik, har för reglerteknik viktiga problem behandlats av Pontragin och gruppen kring honom. Dessutom behandlas naturligtvis reglerproblem i en rad ministerieinstitut. Dessa institut ligger i Moskva.

Bland institut med reglerteknisk inriktning i övriga Sovjetunionen intar institutet för cybernetik (Institut Kibernetiki AN USSR) i Kiev en klar andraplats vad gäller betydelse (se avsnitt 3). Dessutom kan nämnas institutet för cybernetik i Tiflis och institutet för cybernetik i Tasjkent.

Instituten är inbördes helt fristående och kommunicerar i huvudsak genom tidskriftsartiklar och allunionella konferenser.

1.2. Tidskrifter.

Följande tidskrifter utkommer i Sovjetunionen inom området reglerteknik:

Avtomatika i Telemechanika
(Engelsk översättning: Automatics and Remote Control)
Utkommer med 12 nr per år och utges av Sovjetunionens vetenskapsakademi. Redaktionskollegiet består till stor del av forskare vid IPU. (Tidskriften finns i engelsk översättning tillgänglig bl a vid inst. för reglerteknik, LTH).

Technitjeskaja Kibernetika
(Engelsk översättning: Engineering Cybernetics)
Utkommer med 6 nr per år. Den utges av Sovjetunionens vetenskapsakademi och ingår i serien Underrättelser från Vetenskapsakademin (Izvestija Akademii Nauk).

Kibernetika (Cybernetik)
(Översätts till engelska)
Utkommer med 6 nr per år och utges av Ukrainas vetenskapsakademi. Redaktionskollegiet består till stor del av forskare vid Institutet för cybernetik i Kiev.

Avtomatika i vytjislitelnaja technika (Automatik och beräkningsteknik)
(Engelsk översättning: Automatic Control)
Utkommer med 6 nr per år och utges av lettiska vetenskapsakademin. (Tidskriften finns i engelsk översättning tillgänglig bl a vid inst. för reglerteknik, LTH).

Avtometrija (Autometri)
Utkommer med 6 nr per år och utges av sibiriska avdelningen av Sovjetunionens vetenskapsakademi (SO AN SSSR). Tidskriften är knuten till institutet för automatik och elektrometri i Novosibirsk och behandlar i stor utsträckning apparaturfrågor.

Mechanizatsija i avtomatizatsija proizbodstva
(Mekanisering och atuomatisering i industrin)
Utkommer med 12 nr per år och är organ för ministeriet för verktygsmaskin- och instrumenteringsindustrin.

Dessutom ger VINITI (Allunionella institutet för tekniskt-naturvetenskaplig information) ut i serien EXPRESS-INFORMATION:

Sistem avtomatitjesogo upravlenija (automatiska reglersystem) och

Technitjeskaja kibernetika (teknisk cybernetik)

Dessa utkommer med 52 nr per år och varje nummer innehåller 3 - 5 artiklar, som översatts från västerländska tidskrifter. VINITI ombesörjer ett kompetent urval av artiklar.

VINITI ger också ut i serien REFERATIVNYJ ZJURNAL:

Avtomatika i telemechanika
och
Kibernetika

Här publiceras referat av ett urval artiklar, publicerade såväl i Sovjet som i väst.

1.3. Utbildningen.

Man vinner inträde till högskolorna genom inträdesprov efter den 10-åriga skolan. Endast en mindre del antages och får statsstipendier (50 - 70 rubel/månad). Övriga har möjlighet att som kvälls- eller korrespondensstuderande få utbildning jämsides med ordinarie arbete.

Det finns en lång rad högskolor, som utbildar civilingenjörer, bara i Moskva. Ett 20-tal institut har sektioner (fakulteter), som ger specialisering inom reglerteknik och näraliggande områden. De främsta anses vara

MFTI (Moskvas teknisk-fysiska institut)
MIFI (Moskvas ingenjör-fysiska institut)

MIFI har två sektioner inom facket: en för beräkningsteknik och automatiseringsredskap samt en för automatisk styrning. Varje år examineras i Sovjet ca 25.000 civilingenjörer, som har reglerteknik som ett huvudämne.

Utbildningstiden är 5 - 6 år. Ett 30-tal ämnen studeras, inklusive språk och marxism-leninism. Sektion väljs vid inträdet. Under 4:e året sker ytterligare specialisering genom urval av valfria kurser. Man knyts då närmare till någon eller några institutioner. Sista året ägnas åt ett examensarbete (diplom). Överhuvudtaget har utbildningen samma struktur och ger ungefär samma kunskapsnivå som en svensk civilingenjörsexamen.

I reglerteknik undervisas obligatoriskt klassiska avsnitt, som servomekanismteori, frekvensanalytiska metoder o.d. Dessutom ges, eventuellt som valfria kurser, undervisning i något modernare avsnitt, t.ex. identifiering eller system med variabel struktur, allt beroende på ämnesföreträdarens egna intressen.

I varje ämne ges slutbetyg i en skala 2 - 5. Om mer än 75% av slutbetygen är 5:or sägs man ha tagit examen "med spets" (s otlitjiem), vilket ger speciella fördelar. Den nyutexaminerade får 2 - 3 platser att välja mellan. På en av dessa platser måste han arbeta minst 3 år. Den som tagit examen med spets har i princip fritt val av platser. Cirka hälften av de nyutexaminerade börjar arbeta i industrin och övriga vid forskningsinstitut. Lönen i industrin, 120 - 180 rubel/månad, ligger något över forskarlönen.

På ett forskningsinstitut börjar man arbeta som "yngre vetenskaplig medarbetare" eller som ingenjör. Forskningsuppgifterna kan ofta kombineras med författande av licenciatavhandling (kandidat-avh.). I licenciatexamen (kandidat), vilken avlägges efter tidigast 3 år, oftast betydligt mer, kan även ingå en mindre läskurs. Det vetenskapliga rådet (nautjnyj sovet) vid de större forskningsinstituten har rätt att anordna och godkänna licenciat- och doktorsdisputationer under formellt överinseende av vetenskapsakademin.

Det finns även ett annat sätt att komma till forskningsinstituten. Man kan efter de tre obligatoriska arbetsåren söka licenciatstipendium (aspirantur) vid något institut. Den som tagit examen med spets har rätt att söka aspirantur direkt efter examen. Det råder stor konkurrens om aspiranturplatser.

Aspiranturen omfattar tre betalda år (130 rubel/månad), under vilka man är knuten till en handledare vid något forskningsinstitut, och under vilken tid man skriver lic.-avhandling. Ofta kan man efter avlagd examen beredas plats vid institutet.

De framgångsrika skriver sedan doktorsavhandling, vilket tar minst fyra år efter lic.-examen. Titeln doktor ger möjlighet att avancera till ledande positioner inom ins-

titutet. Med denna grad följer också möjligheten att föreläsa och/eller förestå lärostol vid någon högskola, vid sidan av arbetet vid forskningsinstitutet. Titeln professor ges åt doktorer, som föreläser regelbundet och betyder alltså inte att vederbörande förestår någon institution.

Lönen är en funktion av såväl akademisk grad som tjänst. Därvid är beroendet av graden rätt betydande. Utan grad tjänar man som vetenskaplig medarbetare 150 - 180 rubel/ /månad, med lic.-examen upp till 280 och som doktor och professor 500 - 600 rubel/månad. (Minimilönen för heltidsarbetande överhuvudtaget är 70 rubel/månad och en typisk lön för en arbetare i produktionen är 150 - 350 rubel/ /månad.)

Referens.

[1] Science Policy in the USSR. OECD rapport.

2. INSTITUTET FÖR REGLERPROBLEM I MOSKVA (IPU). (Institut Problem Upravlenija)

Institutet för Reglerproblem i Moskva lyder dels under Sovjetiska vetenskapsakademin och dels under ministeriet för apparaturkonstruktion, automatiseringsredskap och reglersystem (Ministerstvo priborostrojenija, sredstv avtomatizatsii i sistem upravlenija SSSR). Institutet hette till 1969 "Institutet för Automatik och Telemekanik" (Institut avtomatiki i telemechaniki) och är i väst kanske fortfarande känt under detta namn.

Institutet har ca. 2.000 anställda, varav ca. 1.200 forskare, och är uppdelat i 50 laboratorier (laboratorija). Inom ett laboratorium arbetar 20 - 30 personer, och där bedrivs forskning inom ett eller ett fåtal i regel ganska snäva områden. Teoretiskt inriktad forskning bedrives vid ett tiotal laboratorier. Dessa är:

Föreståndare:	Huvudverksamhetsfält:
Ja.Z. Tsypkin	Adaptiva system
N.S. Rajbman	Identifiering
M.A. Ajzerman	Mönsterigenkänning och biologiska system
V.S. Pugatjev	Stokastiska system
A.M. Letov	Stabilitet m.m.
S.V. Jemeljanov	System med varierande struktur
M.V. Mejerov	Flervariabla system
A.G. Butkovskij	System med fördelade parametrar
B.N. Petrov (V.Ju. Rutkovskij)	Parameter-adaptiva system
A.M. Petrovskij	Medicinska system

Övriga laboratorier har en mer tillämpningsinriktad eller apparatur- och komponent-inriktad forskning. Exempelvis arbetar ett laboratorium under prof. M.A. Rosen-

blat med magnetiska element. Ett exempel på ADB-system, som utvecklats vid IPU, är Aeroflots platsbokningssystem "Sirena".

Föreståndare (Direktor) för IPU är akademiledamoten V.A. Trapeznikov. IPU har en klart dominerande ställning inom sovjetisk reglerteknisk forskning. De flesta internationellt kända sovjetiska vetenskapsmän inom detta område är knutna till IPU.

Tidskriften Avtomatika i Telemechanika (Eng. övers. Automation and Remote Control) kan delvis betraktas som institutets organ. Majoriteten av redaktionskollegiet liksom flertalet bidragsgivare är verksamma inom IPU. Den anses vara den främsta av de sovjetiska tidskrifter, som har anknytning till reglerteknik. Även tidskriften Technitjeskaja Kibernetika (Eng. övers. Engineering Cybernetics) är genom personband knuten till IPU.

Institutet har sedan 1971 en engelsk dator, ICL system 4-70, på vilken alla större beräkningsarbeten körs. Användning av dator som ett hjälpmedel även för teoretiskt inriktad forskning är dock ej så spridd vid IPU som vid institut i väst.

Jag vistades vid IPU under tiden 27 mars - 27 september 1972. Huvuddelen av tiden deltog jag i forskningsarbetet vid prof. Tsypkins laboratorium, men jag fick tillfälle att bekanta mig med forskningen inom även andra laboratorier. Nedan följer en redogörelse för verksamheten inom vissa av IPU:s laboratorier.

2.1. Laboratoriet för adaptiva system.

(Föreståndare: prof. Ja.Z. Tsypkin)

Huvuddelen av verksamheten är koncentrerad till lärande och självlärande system, realiserade med stokastisk approximationsalgoritm [1]. Mycket av det, som i sovjetisk litteratur benämns adaptiva eller lärande system, är vad som annars kallas reelltidsalgoritmer. Sålunda håller en grupp under E.D. Avedjan på att studera modifierade stokastiska approximationsalgoritmer av typ

$$c_n = c_{n-1} + \frac{y_n - c_{n-1}^T x_n}{x_n^T x_n} x_n \qquad (1)$$

och

$$c_n = c_{n-1} + \frac{y_n - c_{n-1}^T x_n}{x_n^T \operatorname{sign} x_n} \operatorname{sign} x_n \qquad (2)$$

för lösning av identifieringsproblemet

$$y_n = x_n^T c + e_n$$

där y_n och x_n mäts [2]. En sådan metod har implementerats för att optimera arbetspunkten för en isopentanframställningsprocess. Därvid identifieras 5 parametrar online [2].

Automatiska klassificeringsalgoritmer ("självlärande algoritmer") studeras av G.K. Kelmans [3], och I.K. Levin behandlar urval av feature-vector vid pattern recognition. Konvergensfrågor för sökande algoritmer av stokastisk approximationstyp undersöks av B.T. Polak [4].

Till laboratoriet är den framstående matematikern M.A. Krasnoselskij knuten. Han är specialist på funktionanalys och ordinära differentialekvationer. Han fungerar dels som "matematisk konsult" och leder dels en grupp, som studerar egenskaper hos system med olinjäriteter av hysteres-typ.

Trots namnet sysslar laboratoriet med slutna, adaptiva system endast i mindre omfattning. Nguen Tchuk Loan behandlar Lyapunov-syntes av modell-referenssystem [5]. Härvid behandlas även inverkan från störande brus genom övergång till frekvensplanet. De algoritmer, som erhålls på så sätt, får utseendet

$$\dot{\gamma}_i = - E\left\{(y-y_n)u^{(i-1)}\right\}$$

Effekten av att algoritmer ej kan realiseras exakt (på grund av väntevärdet) studeras ej.

A.I. Propoj och A.S. Poznak studerar adaptiva system ur spelteoretisk synvinkel (d.v.s. "differential games"). De i systemet okända parametrarna väljs alltså av "Motspelaren naturen". Minimax-ansatser är behandlade i [6, 7, 8, 9] och stokastiska ansatser, där medelvärdesbildning sker i kriterierna, är behandlade i [10, 11, 12] (statiska fallet) och [13, 14, 15, 16] (dynamiska fallet).

Verksamheten inom laboratoriet kommer i fortsättningen att närmare koncentreras kring slutna adaptiva system.

Tsypkin anser som de angelägnaste problemen att skapa en allmän ansats till styrning och optimering under osäkerhet, baserad på allmän beslutsteori. Därvid skall inte identifiering ingå som ett separat element, utan regleringen skall ske direkt på det okända systemet. Identifiering har, anser Tsypkin, sitt främsta värde vid projektering och utarbetning av system.

Problemet "nekorrektnost" (illa konditionerade problem och lösningsmetoder) nämns av Tsypkin, liksom av ett flertal andra, som ett viktigt forskningsfält. Termen infördes av Tichonov [17] i samband med vissa integralekvationer, men används nu allmänt för problem, vars lösning alltför kritiskt beror på utgångsdata.

2.2. Laboratoriet för identifiering.

(Föreståndare: prof. N.S. Rajbman)

Verksamheten här är främst inriktad på identifiering av impulssvaret. Detta, anser Rajbman, är det naturligaste identifieringsobjekt, eftersom det mest generellt beskriver linjära system.

Typidentifiering.

Impulssvaret erhålles vid korrelationsanalys genom lösning av Wiener-Hopf-ekvationen. Genom att denna är en "nekorrekt" ekvation enligt Tichonov (se ovan) är detta en opraktisk metod. Därför har man vid laboratoriet gjort upp grafiska tabeller över ett stort antal typfall av upp till 3:e ordningens system. Med hjälp av dessa tabeller kan därefter goda approximativa lösningar erhållas.

Dispersionsmetoder.

Ett problem vid identifiering av olinjära objekt är att korrelationsfunktionen kan dölja väsentliga samband. Om exempelvis systemet är

$y(t) = u^2(t)$ $\qquad$ $u(t)$ Normalprocess

så blir korskorrelationsfunktionen $r_{uy} \equiv 0$. Därför införs

en funktion, dispersionsfunktionen

$$D_{yu}(t) = E\left\{E\left(y(t)\middle|u(t)\right) - Ey(t)\right\}^2 \qquad (4)$$

Med dess hjälp kan olinjära samband identifieras [18]. Diskrepansen mellan dispersionsfunktionen och korrelationsfunktionen kan användas som ett mått på systemets olinjäritet [18]. Nyligen har även dispersionsfunktionen använts för att betrakta s.k. dispersionsmodeller [19]. En sådan modell har utseendet:

$$E\left(y(t)\middle|u(s)s\in T\right) = \int_{-\infty}^{t} h(t,\tau)E\left(u(\tau)\middle|u(s)s\in T\right)d\tau$$

Dessa är mer generella än linjära modeller, därigenom att insignalen kan ha olinjär regression.

För numerisk beräkning av (4) används ett grovt "rutnät" för approximativ bestämning av den gemensamma fördelningsfunktionen för y(t) och u(t). Särskild elektronisk apparatur, "dispersiometrar", har byggts för ändamålet.

För det senare fallet där variablerna har betingats med avseende på insignalen i flera tidpunkter blir naturligtvis de numeriska beräkningarna än besvärligare.

Reelltidsalgoritmer.

Som ett av de nu viktigaste problemen nämns att skapa reelltidsalgoritmer, som har en enklare struktur än minsta kvadrat-metoden. De senare anses olämpliga på grund av att deras komplexitet växer kvadratiskt med ordningstalet. Modifierade stokastiska approximeringsalgoritmer som Kacmarz's studeras (se även [2]). En översikt över reelltidsalgoritmer, liksom även över status på identifiering i allmänhet i Sovjet, finns i [20].

2.3. Laboratoriet för mönsterigenkänning och biologiska system (reservation för exakta benämningen).

(Föreståndare: prof. M.A. Ajzerman)

Inom laboratoriet har man tidigare utvecklat metoden med potentialfunktioner för lärande system [21]. För mönsterigenkänning erhålls därvid algoritmer snarlika stokastiska approximationsalgoritmer. Därvid karakteriseras mönstret, objektet, som en punkt i ett "feature"-rum. Detta är den s.k. geometriska metoden för mönsterigenkänning.

Nu inriktas arbetet främst på strukturmetoder eller lingvistiska metoder [22, 23]. Härvid anses objektet bestå av skilda drag eller delar, oftast baserade på geometriska egenskaper. Därefter sammanställs en logisk beskrivning av objektet, så att beskrivningens element är formkarakteristika för ovannämnda drag och dragens inbördes relationer. Se vidare [22].

Även problemet att välja ut karakteriserande drag behandlas. Vattenanalys används som tillämpningsexempel. Dessa arbeten leds av E.M. Braverman.

Vad gäller biologiska system intresserar man sig för reglertekniska aspekter på muskelrörelser. En grupp (Andrejev, Tjernov och Litvintsev) arbetar med dessa problem. Under 1973 utkommer en bok, som sammanfattar de resultat, som erhållits.

2.4. Laboratoriet för stokastiska system.

(Föreståndare: prof. V.S. Pugatjev)

Pugatjev själv och gruppen kring honom arbetar med abstrakta, systemteoretiska problem kring stokastiska system.

Ett stokastiskt system definieras av honom som en tillordning av en fördelningsfunktion för utsignalen (en stokastisk process) till varje insignal. Detta ger en mycket generell systembeskrivning. Dock omfattar definitionen ej alla tänkbara system. Därför har olika förbindningar av stokastiska system studerats. Man har visat att serie- och parallellkopplade stokastiska system själva är stokastiska system. Likaså har visats, vilket är mycket svårare, att ett stokastiskt system, som återkopplats med ett stokastiskt system, åter blir ett stokastiskt system. Dessa resultat finns publicerade i Doklady Akademii Nauk 1971, samt i Problems of Control and Information Theory (Budapest) 1972.

Särskilt intresse ägnas åt system vars in- och utsignaler är normalprocesser. Dessa har en särställning liknande den, linjära system har för deterministiska system. Problemet att "normalisera" (i ovannämnda mening) system nämns som ett viktigt forskningsfält.

N.I. Andrejev har behandlat vissa optimeringsproblem. I [24] studeras fallet att systemet är linjärt och kriteriet är en godtycklig funktion av en kvadratisk funktional. I [25] betraktas optimalt val av viktfunktion, då begränsningar av typen

$$f_1(t,\tau) \leqslant h(t,\tau) \leqslant f_2(t,\tau)$$

är givna.

L.I. Sysojev betraktar algoritmer av stokastisk approximationstyp, där man även utnyttjar hur det empiriska kriteriet uppför sig. Följande algoritm erhålles för minimering av $Q(x,\lambda)$

$$\lambda_n^{*} = \lambda_{n-1} - \gamma_n \nabla_i Q(x_n, \lambda_{n-1})$$

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda_{n-1} & \text{om } \sum_{i=1}^{n} Q(x_i, \lambda_{n-1}) < \sum_{i=1}^{n} Q(x_i, \lambda_n^{*}) \\ x_n^{*} & \text{annars} \end{cases}$$

Detta blir avsevärt mindre beräkningskrävande än att minimera $\frac{1}{n} \Sigma\, Q(x_i, \lambda_n)$. Algoritmer av denna typ diskuteras i [26].

2.5. Laboratoriet för system med varierande struktur.

(Föreståndare: prof. S.V. Jemeljanov)

System med varierande struktur (SVS) röner stort intresse i Sovjet. Jemeljanov och Utkin fick Lenin-priset 1972 för sina arbeten inom detta område. Idén illustreras genom följande exempel. Systemet $G(s) = a/s^2$ skall stabiliseras. Detta låter sig ej göras vare sig med återkoppling med -1 (banorna i fasplanet blir ellipser) eller med +1 (hyperbler). Men genom att ömsom återkoppla med -1 och ömsom med +1 kan banor, som framgår av fig. 2.1, erhållas.

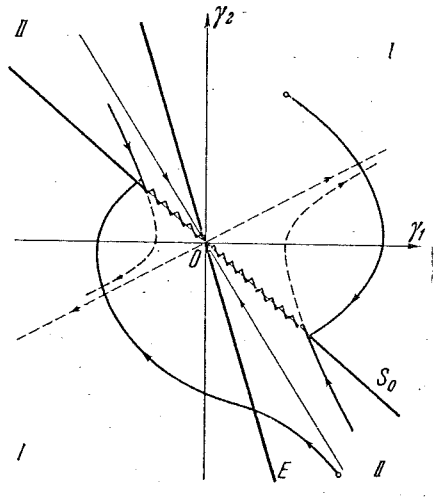


Fig. 2.1

En fördel med denna regim är att uppförandet inte beror på a inom vissa variationer. Den linje i fasplanet, utmed vilken konvergens mot noll sker, beror inte på systemparametrarna. På så sätt erhålles system som är okänsliga för parametervariationer. Syntesmetoder för generella system, även med störsignal, har utvecklats. Extremala system kan erhållas med samma metodik [27]. Metoderna har tillämpats för en rad industriella regulatorer. Bl.a. har regulatorer byggts i samarbete med jugoslaviska firmor. En utförlig redogörelse av erhållna resultat finns i [28] och [29].

2.6. Laboratoriet för flervariabla system.

(Föreståndare: prof. M.V. Mejerov)

Allmänna aspekter på flervariabla system har behandlats av Mejerov i [30]. Nu arbetar man på metoder av linjärprogrammeringstyp för speciella problem. För ett problem rörande resursallokering vid oljeborrning har en metod för LP utvecklats. Genom att den utnyttjar strukturen i problemet blir den avsevärt effektivare än Simplex. Detta är beskrivet i [31].

För det dynamiska fallet formuleras problemet som minimering i ett funktionsrum [32].

2.7. Laboratoriet för system med fördelade parametrar.

(reservation för exakta benämningen)
(Föreståndare: prof. A.G. Butkovskij)

Butkovskij har bedrivit pionjärarbete inom teorin för system med fördelade parametrar [33]. Ämnesområdet har i Sovjet fötts ur tillämpningen inom metallurgiindustrin. Teorin har tillämpats på en rad praktiska processer, framför allt ugnar och valsverk, där försök att lösa reglerproblemen med konventionell metodik ger klart sämre resultat.

Nu och de närmaste åren bedrivs forskning kring styrbarhetsproblem för system med fördelade parametrar samt utveckling av momentmetoder för praktiska lösningar. Dessutom behandlas systemen också i frekvensplanet. Payley-Wiener-teori har tillämpats för dessa system.

2.8. Laboratoriet för medicinska system (reservation för exakta benämningen)

(Föreståndare: prof. A.M. Petrovskij)

Inom laboratoriet arbetar en stor grupp med medicinska tillämpningar. M.P. Sacharov och V.N. Novoseltsev har arbetat med analogimaskinmodeller av hjärtat. Man åstadkom bl.a. goda simuleringar av EKG. Nu sysslar de med modeller av blodomloppet [34]. Hydrodynamiska storheter men även andra, såsom pH och syreupptagning, modelleras. Man kan simulera sjukliga förändringar i blodtryck m.m. Modeller av ordning 10 - 12 användes. De erhålles genom diskussion med läkare (medförfattare till [34]) och ur medicinska fackböcker. Parametrarna är i princip medicinska men trimmas för att anpassa simuleringar till verkliga data. Värdet av arbetet anses främst vara att man erhåller modeller, på vilka simuleringar kan göras.

Undantagsfallsvis kan även ny kunskap om mekanismen erhållas.

V.N. Vapnik arbetar med modellbygge av cancer. Han betraktar tillväxt av cancer, läkemedelsinverkan och även "igenkänning av cancer" med pattern-recognitionsmetoder.

Referenser.

AiT = Avtomatika i Telemechanika
TK = Technitjeskaja Kibernetika
Samtliga artiklar där svensk titel anges är på ryska.

[1] Ya.Z. Tsypkin: Adaption and learning in automatic systems. AP, New York, 1970.

[2] E.D. Avedjan: Relaxationsalgoritmer för identifiering av linjära objekt. Lic.avh., IPU, Moskva, 1972.

[3] G.K. Kelmans: Undersökning av algoritmer för klassificering under osäkerhet. Lic.avh., IPU, Moskva, 1972.

[4] B.T. Polak, Ja.Z. Tsypkin: Konvergens för sökande inlärningsalgoritmer (prel. titel), AiT, 1973.

[5] Nguen Tchuk Loan: Om en typ av adaptivt system utan söksignal. AiT:4, 1971.

[6] F.I. Jeresjko, A.I. Propoj: Bidrag till teorin för dynamiska spel. TK:2, 1970.

[7] A.I. Propoj: Minimaxstyrning vid tillgänglig à priori information. AiT:7, 1969.

[8] A.I. Propoj: Minimaxstyrning vid löpande information. AiT, 1970.

[9] A.I. Propoj: Bidrag till teorin för minimaxproblem. Zj. Vytjislitelnoj matematiki i matematitjeskoj fisiki:1, 1971.

[10] A.I. Kaplinskij, A.I. Propoj: En stokastisk ansats till olinjär programmering. AiT:3, 1970.

[11] A.I. Kaplinskij, A.S. Poznak, A.I. Propoj: Optimalitetsvillkor för några problem i stokastisk programmering. AiT:8, 1971.

[12] A.I. Kaplinskij, A.S.Poznak, A.I. Propoj: Några lösningsmetoder för stokastisk programmering. AiT:10, 1971.

[13-16] Publiceras i AiT:12, 1972, AiT:1, 1973, TK:6, 1972, resp. TK:1, 1973.

[17] A.N. Tichonov: Om regularisering av inkorrekt ställda problem. Doklady AN del 153 nr. 1.

[18] N.S. Rajbman: Identifiering av reglerobjekt. Rapport A-02196 (1967), Ts.E.M.I. AN SSSR.

[19] A.L. Bunich, N.S. Rajbman: A dispersion equation of nonlinear plant identification. Problems of Control and Information Theory, Vol. 1 (1), 1972.

[20] N.S. Rajbman: The application of identification methods (survey). Preprints of the 3rd IFAC Conference in Hague, 1973.

[21] M.A. Ajzerman, E.M. Braverman, L.I. Rosonoer: Potentialfunktionsmetoder för lärande system (Metod potentsialnych funktsij v teorii obutjenija masjin). Nauka, Moskva 1970.

[22] N.V. Zavalisjin, I.B. Mutjnik: Lingvistisk (strukturell) ansats till mönsterigenkänning. AiT:8, 1969.

[23] I.B. Mutjnik (titel ej känd). Pattern Recognition:1, 1972.

[24] N.I. Andrejev: Korrelationsteori för statistiskt optimala system. Nauka, Moskva, 1966.

[25] N.I. Andrejev: Bestämning av optimal viktfunktion för ett linjärt dynamiskt system med statistiskt kriterium och givna begränsningar. AiT:6, 1969.

[26] L.P. Sysojev: Statistiska metoder för inlärning, baserade på identifiering av läraren. AiT:11, 1970.

[27] S.K. Korovin, V.I. Utkin: Användning av glidande regim ("chattering") för statisk optimering. AiT:4, 1972.

[28] S.V. Jemeljanov: Automatiska reglersystem med varierande struktur. Nauka, Moskva, 1967.

[29] S.V. Jemeljanov o.a.: Teorin för system med varierande struktur. Nauka, Moskva, 1970.

[30] M.V. Mejerov (eng.: Meerov): Multivariable control systems. Wiener Bindery Ltd., Jerusalem, 1968.

[31] M.V. Mejerov, B.L. Litvak: Statisk optimering av multikopplade system av hög dimension I, II, III. AiT:3, 4, 5, 1970.

[32] M.V. Mejerov, V.G. Fridman: Optimization of multivariable distributed systems. Proc. of the IFAC Symposium, Banft, 1971.

[33] A.G. Butkovskij: Distributed control systems. American Elsevier, N.Y., 1969.

[34] V.I. Sjumakov, V.N. Novoseltsev, M.P. Sacharov, E. Sj. Sjtengold: Simulering av fysiologiska system. Meditsina, Moskva, 1971.

Personliga kontakter.

Ajzerman, M.A.
Butkovskij, A.G.
Krasnoselskij, M.A.
Mejerov, M.V.
Rajbman, N.S.
Tsypkin, Ja.Z.
Utkin, V.I.

Andrejev, N.I.
Avedjan, E.P.
Bunitj, A.L.
Dorofejuk, A.A.
Kelmans, G.K.
Levin, I.K.
Litvakov, B.M.
Maslov, E.P.
Nadezjdin, P.V.
Novoseltsev, V.N.
Polak, B.T.
Popkov, Ja.S.
Poznak, A.S.
Propoj, A.I.
Sacharov, M.P.
Simkin, M.M.
Simzarjan, R.A.
Sysojev, L.P.
Tovstucha, T.I.

3. INSTITUTET FÖR CYBERNETIK I KIEV (IK).
(Institut Kibernetiki AN USSR)

Institutet för Cybernetik i Kiev lyder under ukrainska vetenskapsakademin och är ett rent forskningsinstitut. På institutet arbetar totalt ca. 2.000 personer. Institutet är uppdelat i avdelningar (otdel) om 25 - 35 personer. Varje avdelning har en given forskningsinriktning. Inom institutet bedrives forskning inom såväl teoretiska som mer tillämpade områden.

Föreståndare för institutet är vice presidenten i Ukrainas vetenskapsakademi (AN USSR) V.M. Glusjkov.

Tidskriften Kibernetika (Cybernetik) kan betraktas som institutets organ. Majoriteten av redaktörerna och bidragsgivarna arbetar vid institutet, men formellt ges tidskriften ut av Ukrainas vetenskapsakademi. Den utkommer med 6 nummer per år. Dessutom utges varje år ett antal specialnummer med speciella teman. Ett sådant specialnummer kan betraktas som en översiktsrapport över forskningen inom en avdelning. Bidragen är skrivna på ryska, men tidskriften översätts i USA till engelska.

Tidskriften Avtomatika har en liknande ställning. I denna publiceras på ukrainska språket artiklar, som ej anses vara av internationell betydelse.

Institutet har en BESM-6 för större beräkningsarbeten.

Jag besökte institutet för cybernetik i Kiev under tiden 12 - 16 juni 1972. Jag träffade föreståndarna för tre avdelningar och fick tillfälle att bekanta mig med forskningen inom dessa avdelningar.

- Avdelningen för diskreta reglersystem.
  Föreståndare: prof. V.M. Kuntsevitj.

- Avdelningen för numerisk analys och optimala algoritmer (f.d. avdelningen för optimering och identifiering). Föreståndare: prof. V.V. Ivanov.

- Avdelningen för adaptiva system. Föreståndare: prof. V.I. Ivanenko.

Nedan följer en mer detaljerad redogörelse för forskningen inom dessa avdelningar.

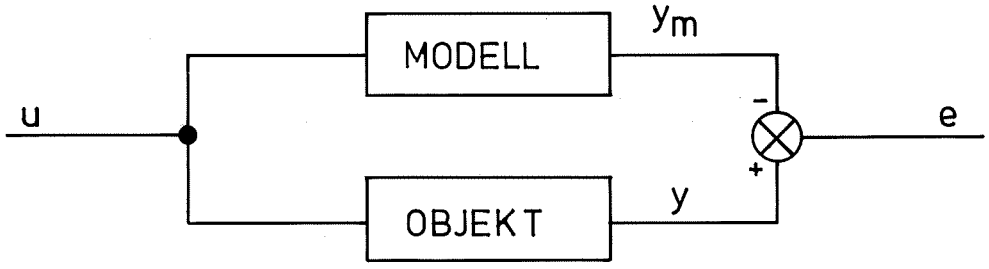
3.1. Avdelningen för diskreta reglersystem.

(Föreståndare: prof. V.M. Kuntsevitj)

Inom avdelningen bedrivs forskning inom områdena identifiering, optimering och impulsmodulerade system. Som ett speciellt tillämpningsexempel behandlas första steget i en oljeraffineringsprocess.

Identifiering (Krementulo, Ju.V., och Jakovlev, V.P.).

Främsta intresset är knutet till följande problem:



Modellen är parametrisk och parametrarna bestäms så att kriteriet

$$J = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} e_j^2$$

minimeras. För minimeringen används en känslighetsmodell, d.v.s. en modell för derivatorna av J med avseende på parametrarna. En numerisk minimering snarlik Newton-Raphson blir resultatet. De så erhållna algoritmerna är inte rekursiva i antalet observationer. Inte heller har man studerat tidsvariabla förlopp.

Erhållna resultat har publicerats i [1]. De närmaste åren kommer man att studera olika aspekter av denna ansats till identifiering. Begynnelsevillkorens betydelse, konvergenshastighet, noggrannhet och känslighetsmodellens samband med begreppen styr- och observerbarhet nämndes som särskilt intressanta områden.

Jämsides med denna huvudinriktning av forskningen har en del andra resultat erhållits under de sista två åren. Man har studerat hur man bör bestämma viktfunktionen med spektralanalysmetodik om någon à priori information om viktfunktionen och bruset finns. Svaret är: viktfunktionens Laplace-transform $W(\omega)$ blir

$$W(\omega) = \frac{R_{xy}(\omega)}{R_{xx}(\omega)} \cdot \phi(\omega)$$

där $R_{xy}(\omega)$ och $R_{xx}(\omega)$ är kors- resp. autospektrum för in- och utsignal, och där

$$\phi(\omega) = \frac{R_{xx}(\omega)}{R_{xx}(\omega) + \frac{R_{yy}(\omega)}{|W(\omega)|^2}}$$

med $R_{yy}(\omega)$ som autospektrum för bruset. Detta finns publicerat i [2].

Vidare har man studerat problemet att välja ortogonalsys-

tem för Volterra-kärnor vid identifiering av olinjära elektromekaniska system. Sådana utmärks av många och skarpa resonanser, och vid valet av basfunktioner måste detta respekteras.

Det olinjära objektet beskrivs med beskrivande funktion och övertonernas amplitud bestämmer det antal Volterra-kärnor, som måste tas med för att given noggrannhet skall uppnås. Kvantitativa samband mellan övertonernas amplitud och noggrannheten i identifieringen har också etablerats [3].

Optimering (Kunstevitj, V.M.)

I en kandidatavhandling av A.P. Nesenjuk har följande problem, ställt av Aoki (1967), behandlats. Betrakta systemet

$$x_{n+1} = ax_n + \mu u_n + e_n$$

där a är en känd skalär och μ $N(m,\sigma)$ med m och σ kända. Kriteriet

$$M_e\left\{\sum_{i=0}^{N} \omega_i(x_i,u_i)\right\}$$

skall minimeras med avseende på u_i. Problemet löses med dynamisk programmering bakifrån. Det visar sig emellertid att endast u_{N-1} låter sig bestämmas (enkelt).

Avdelningens nyaste forskningsområde, vilket enligt Kunstevitj förmodligen kommer att utvecklas till ett huvudfält under de närmaste åren, är optimeringsteori med Lyapunovmetodik.

I en del artiklar, som kommer att publiceras i Avtomatika och Telemechanika, har kända resultat för det linjär-kvadratiska fallet härletts med Lyapunov-metodik. Med samma metodik kan emellertid även en rad andra fall behandlas, t.ex. då det finns en statisk olinjäritet av "Popov-typ" i återkopplingen.

Impulsmodulerade system. (V.M. Kuntsevitj, Ju.N. Tjechovoj)

Under de senaste åren har en rad artiklar publicerats inom området impulsmodulerade system. Forskningen inom detta område betraktas emellertid nu som avslutad för Kuntsevitjs del. Artiklarna är [4], [5] och [6].

Oljeraffineringsprocessen. (G.M. Bakan, Ju.P. Tarnovskij)

Problemet att styra första steget i oljeraffineringsprocessen är främst att bemästra de variationer i råoljans sammansättning, som förekommer. Variationerna sker relativt snabbt i samband med omställningen, men i gengäld sällan (ca 1 gång per dygn). Problemet kan därför formuleras som att identifiera en konstant vektor, som emellertid ingår på ett komplicerat, olinjärt sätt i de fysikaliska ekvationerna. Efter linjärisering, vilket är huvudsvårigheten, erhålles en linjär, statisk modell, $y = \mu u$, där μ är den sökta parametervektorn. Denna uppskattas med Kalman-filtrering. Skattningen används för att bestämma approximativt optimala styrlagar. Väsentligen utnyttjas därvid Bellmans "approximation i strategi-rummet".

Metoden har implementerats och körts på processdatorn DNEPR-1 vid Oljeraffinaderiet i Razan. Systemet fungerar "i varje fall inte sämre än manuell styrning".

Resultaten har presenterats vid IFAC-konferensen i Hel-

singfors 1971 och kommer också att publiceras i Automatica. Se också [7] och [8].

3.2. Avdelningen för numerisk analys och optimala algoritmer.

(Föreståndare: prof. V.V. Ivanov)

Avdelningen hette tills för två år sedan Avdelningen för identifiering och optimering. Prof. Ivanov har skrivit en bok, som i juni 1972 förelåg i manus, som sammanfattar verksamheten inom detta område. Boken har fyra huvuddelar: modellbygge, optimering, processdatorer och programbibliotek (skrivet i ALGOL-60).

För identifiering utnyttjas främst approximationsalgoritmer med minsta kvadrat eller Tjebysjev-kriterier på utgångsstorheterna.

Optimeringsproblem är inte givna på "standardform" utan en rad skilda problemställningar betraktas. Detta, enligt Ivanov, för att man aldrig erhåller ett problem från industrin på standardform.

Vad gäller processdatorer intresserar man sig endast för soft-ware-frågor på programbiblioteksidan. Operativ system behandlas således inte.

För forskningen inom detta område hade man industrikontakter inom oljeindustrin.

Nu sysselsätter sig avdelningen med att bestämma optimala algoritmer för en rad problem. För minimeringsproblem formuleras exempelvis uppgiften så här:

Sök den algoritm A, som minimerar kriteriet

$$\min_{A} \min_{\{x_i\}_1^N} \sup_{f \in F} \left| A(f(x_1), \ldots, f(x_N)) - \inf f(x) \right|$$

där N är ett givet antal iterationer och F är någon funktionsklass. I [9] har visats att om F är klassen av alla s+1 ggr deriverbara funktioner med Lipschitz-konstanten L för s:e derivatan så är kriteriet för den optimala algoritmen

$$O\left(L/N^{(s+1)/n}\right)$$

n är dimensionen av x.

I [10] har fallet icke differentierbara funktioner behandlats. Liknande problemställningar har behandlats i [11].

Man har inom avdelningen behandlat optimala algoritmer även för problemen

- Wiener-Hopf-ekvationen,
- Cauchy-problemet,
- Beräkning av singulära integraler [12].

3.3. Avdelningen för adaptiva system.

(Föreståndare: prof. V.I. Ivanenko)

På avdelningen studerar man styrda processer av följande typ

$$x_k = g(x_{k-1}, u_k, z_k)$$

$$y_k = x_k + h_k$$

där y_k är utsignal, u_k styrningen och z brus med känd fördelning. Funktionen g är känd, eventuellt så när som på en parameter. Problemet är att välja $u_k = u_k(y_{k-1})$ så att något kriterium optimeras.

Man har härvidlag främst koncentrerat sig på att studera hur information uppsuges under processens gång samt på frågor om gränsfördelningen och asymptotiska styrlagar. En översikt över de erhållna resultaten finns i [13], där också ett flertal referenser finns.

De optimala algoritmer, som erhållits, har, med vissa approximeringar, tillämpats på en del praktiska problem. Bl.a. har en slumptalsgenerator tonats med hjälp av resultaten [14]. Vidare har adaptiva algoritmer tillämpats på en katalytisk reaktor, där aktiviteten är okänd [13].

F.n. intresserar sig rätt många matematiker i Sovjet för näraliggande problem. Bl.a. Skorochod, Dynkin och Sjirajev arbetar inom området.

Inom avdelningen behandlar man förutom problemen med teoretisk lösning av ställda uppgifter även algoritmisering av lösningen, eventuellt efter approximation.

Stort intresse knytes till realisering av algoritmerna med hjälp av tröskelelement [15]. Ivanenko anser att i många fall tröskelelementrealisering är att föredra i industriell miljö framför datorer genom dess robusthet, enkelhet och relativa flexibilitet.

Referenser.

Samtliga artiklar där svensk titel anges är på ryska.

[1] Ju.V. Krementulo, V.P. Jakovlev: Identifiering av dynamiska objekt med diskreta data och med tillämpning av känslighetsteorins metoder. IV allunionella konferensen om teorin för känslighet och invarians.

[2] Ju.V. Krementulo, V.P. Jakovlev: Om val av regulariseringsparametrar för identifieringsproblem. II allunionella konferensen om statistiska problem, Tasjkent, 1971.

[3] Ju.V. Krementulo, V.P. Jakovlev: (titel ej känd). Kibernetika (Kiev):9, 1971.

[4] V.M. Kuntsevitj, Yu.N. Chekhovoi: Fundamentals of nonlinear control systems with pulse-frequency and pulse-width modulation. Automatica:7, 1971.

[5] V.M. Kuntsevitj, Ju.N. Tjechovoj: Asymptotisk global stabilitet för en klass av pulsfrekvenssystem av 2:a slaget. Avtomatika i Telemechanika:3, 1971.

[6] V.M. Kuntsevitj, Ju.N. Tjechovoj: (titel ej känd). Avtomatika i Telemechanika:7, 1972.

[7] G.M. Bakan, Ju.P. Tarnovskij: Ett automatiskt optimeringssystem för första steget i en oljeraffineringsprocess. Kibernetika i vytjislitelnaja technika:2, 1969.

[8] G.M. Bakan m.fl.: Automatisk optimering för första steget i en oljeraffineringsprocess. Kibernetika:16, 1972.

[9] V.V. Ivanov: Om optimala minimeringsalgoritmer i klassen av differentierbara funktioner. DAN SSSR del 201, nr 3, 1971.

[10] V.V. Ivanov: Om optimala minimeringsalgoritmer för vissa funktionsklasser. Kibernetika:4, 1972.

[11] A.G. Sycharev: Optimala strategier för rekursiv sökning efter extremum. Zj. vytjisliklnaja matematika i matematitjeskoj fisiki:1, 1972.

[12] V.V. Ivanov: Om optimala algoritmer för beräkning av singulära integraler. DAN SSSR del 204, nr 1, 1972.

[13] V.I. Ivanenko m.fl.: Några tillämpningar av dual styrning. I "Metody optimizatsii avtomatitjeskich sistem", Energija, Moskva, 1972.

[14] V.I. Ivanenko, O.A. Chochel, E.I. Sjor: Syntes av optimalt adaptivt system för styrning av en generator av en gaussisk stokastisk process. Kibernetika:6, 1968.

[15] V.I. Dvortsin, V.I. Ivanenko: Strukturell syntes av reglerdon för automatiska reglersystem, baserad på tröskelelementnät. Kibernetika:5, 1966.

Personliga kontakter.

Bakan, G.M.
Ivanenko, V.I.
Ivanov, V.V.
Jakovlev, V.P.
Krementulo, J.V.
Kuntsevitj, V.M.
Nesenjuk, A.P.
Tarnovskij, Ju.P.
Tjechovoj, Ju.N.

4. DATACENTRALEN I NOVOSIBIRSK.
(Vytjislitelnyj tsentr SO AN SSSR)

1957 beslöts att ett stort forskningscentrum skulle byggas utanför Novosibirsk, dit Sibiriens forskning skulle koncentreras. På så sätt skulle en motvikt till Moskva erhållas. Samma år började förstaden Akademgorodok byggas. Ett antal unga framstående forskare flyttade dit för att bli institutsföreståndare. På 5 år satsades 219 miljoner rubel på projektet. Nu har Akademgorodok ett femtontal institut och 80.000 invånare, alla direkt knutna till sibiriska avdelningen av vetenskapsakademin (SO AN SSSR).

De institut, som har anknytning till reglerteknik, är Datacentralen (V.Ts.) och institutet för automatik och elektrometri. Det senare har en apparaturteknisk inriktning. Tidskriften Avtometrija utges i praktiken av detta institut.

Jag besökte Datacentralen 17 - 18 augusti 1972.

Datacentralen, vars föreståndare är akademiledamoten Martjuk, ger dels dataservice åt övriga institut i Novosibirsk och bedriver dels forskning inom området tillämpad matematik och datalogi. V.Ts. har 600 anställda, varav 300 forskare. Man förfogar över 2 (snart 3) BESM-6, 2 M-220 och några MINSK-22. Därmed har man mycket goda datorresurser i förhållande till andra institut.

V.Ts. är uppdelat i ett antal avdelningar (otdelenije) med ett 80-tal anställda. Avdelningarna är i sin tur indelade i laboratorier. Bland avdelningarna kan nämnas:

avd. för geofysik,
avd. för meteorologi,
avd. för fasta kroppars dynamik,

avd. för kemiska och fysikaliska processer,
avd. för informatik (datalogi).

Jag besökte avdelningen för informatik och träffade dess föreståndare, prof. A.P. Jersjov, korr. ledamot av vetenskapsakademin.

Avdelningen bedriver forskning inom följande områden:

4.1. Programmeringsspråk och kompilatorer.

Man arbetar med utveckling av nya programmeringsspråk och kompilatorer för dem.

Språket ALFA [1], som kan beskrivas som utvidgad ALGOL-60, har fått bred spridning i Sovjet. Kompilatorer finns för M-220, M-222 och nu även för BESM-6.

Avdelningens huvudinriktning inom de närmaste åren blir utveckling av en kompilator BETA, som skall kunna kompilera ALGOL-68, PL-1 och SIMULA-67. Detta skall ses som det första steget till generella kompilatorer, där man specificerar språkets grammatik och erhåller kod för önskad maskin.

För detta arbete har man även kontrakt med industrin.

Man har också utvecklat ett mellannivåspråk, EPSILON, [2, 3], som är ett lämpligt systemprogrammeringsspråk.

4.2. Operativsystem (monitorer) och interaktiva program.

Ett interaktivt programpaket, AIST-0 (Avtomatitjeskaja Informatsionnaja STantsija) har utvecklats. Paketet omfattar

INFORMATOR	som interaktivt beskriver paketets möjligheter och regler
DZJOSS	ett interaktivt kalkylspråk av typ APL
FON	ett filhanteringsspråk
REDAKTOR	ett programredigeringsspråk
PULT	ett operatörskommunikationsspråk

Se bilaga 1 för exempel på hur INFORMATOR och DZJOSS arbetar.

Programmen är skrivna i EPSILON utom centrala avkodnings- och kontrollprogrammet, som är skrivet i maskinkod. Systemet använder centralenheten till MINSK-22 som kontrollorgan och centralenheten till M-220 för beräkningar. Systemet omfattar 24 K kärnminne, band och trumma, och fungerar på time-sharing basis. Detta är det första och enda i funktion varande sovjetiskt byggda time-sharing systemet.

Ett antal terminaler finns. Användaren kan överföra önskat systemprogram från band till trumma, varifrån det förs in i kärnminnet vid exekvering. Skilda användare kan således utnyttja skilda systemprogram.

4.3. ADB-program för industriell användning.

Vid avdelningen arbetar man också med praktiska ADB-programpaket för industrin. I den nuvarande 5-årsplanen ingår att ett stort antal (1.600) ADB-system (ASU) skall byggas. Eftersom fackkunskaper och fackfolk inte räcker till i industrin får instituten ta en del av bördan.

Projekt av olika ambitionsgrad genomförs. Det mest omfattande är projekt Kuntsevo, som leds av cybernetikinstitutet i Kiev, och som skall omfatta i princip hela administrationen samt även optimering på skilda nivåer. Detta projekt dras med svårigheter. I Novosibirsk siktar man lägre, man gör program för löneberäkningar och statistisk behandling av fabriksdata.

Det enda intressanta teoriinslaget är användning av pattern recognition metoder ([4] används som källa) för att upptäcka blivande utskottsvaror innan de genomgått hela processen. Problemet därvidlag är att en vara kan vara felaktig på flera olika sätt. Därigenom blir klassificering i korrekta och felaktiga produkter alltför schematisk.

Programmen är i regel skrivna i maskinkod. I vissa fall används COBOL och, i allt större omfattning, EPSILON (se ovan). De datorer, som programmen implementeras på, är i regel MINSK-32, som är den vanligaste datorn i industrin. Den börjar nu ersättas av MINSK-6000.

Referenser.

Samtliga artiklar där svensk titel anges är på ryska.

[1] A.P. Jersjov m.fl.: ALFA - ett system för automatisering av programmering. Nauka, Novosibirsk, 1967.

[2] A.P. Jersjov m.fl: EPSILON - ett system för programmering av symbolhanteringsproblem. Nauka, Novosibirsk, 1972.

[3] V.L. Katkov, A.F. Rar: EPSILON-programmering. Nauka, Novosibirsk, 1972.

[4] K.S. Fu: Sequential methods in pattern recognition and machine learning. AP, New York, 1968.

Personliga kontakter.

Jersjov, A.P.
Michajlevitj, Ju.I.
Plotnikova, A.F.
Rar, A.F.
Zabinako, G.

5. ALLMÄNNA INTRYCK.

Datorer.

Hardware.

Enligt sovjetiska uppskattningar ligger man ca. 5 år efter väst i utvecklingen på hardware-sidan. De vanligare sovjetiskbyggda off-line-datorerna, BESM-6, M-220, M-222 och MINSK-32, tillhör tredje generationens datorer och har prestanda jämförbara med medelstora västmaskiner.

Processdatorer.

En äldre processdator, UM-1, förefaller vara spridd i industrin. Dess prestanda är relativt dåliga: 30 instruktioner, 4 K kärnminne, 1,1 ms för add. (end. fix), 8,3 ms för mult., och endast remsa som utmatning. Denna maskin och en snarlik, DNEPR-1, har använts vid de reglertekniska tillämpningsprojekt i industrin, som jag hörde talas om. En serie moderna maskiner ASVT M-1000, ..., M-6000 ersätter nu dessa äldre processdatorer. ASVT-datorerna kan allmänt jämföras med IBM 1800. Typiska data för M-4000 är:

143 instruktioner
64 K bytes i kärnminnet
32 bitars ord
flytande räkning i hardware
addition 10 µs (fix) 25 µs (flytande)
multiplikation 33 µs (fix) 50 µs (flytande)
256 in/ut kanaler
Ingen högnivåspråkkompilator.

Användning av datorer.

Vid de större forskningsinstituten råder ingen allvarlig brist på datortid. Trots detta är intresset att använda datasimulering som ett verktyg även för mer teoretiskt inriktad forskning märkbart mindre än i väst. Exempelvis kan i regel endast en minoritet av forskarna själva programmera. En konsekvens av detta är att man gärna tar mer formella ansatser till problemformulering och problemlösning. Intresset för algoritmer är nytt i Sovjet men betonas allt starkare.

Tillämpningar.

De forskningsinstitut, som lyder under vetenskapsakademin, behöver inte särskilt motivera sin verksamhet genom att producera forskningsresultat, som är direkt tillämpbara. Nyttan av teoretisk forskning är allmänt accepterad. Å andra sidan skall, enligt den officiella inställningen, forskaren ständigt vara medveten om sitt band till produktionen. Forskningsresultaten skall således ytterst syfta till höjd produktivitet etc. Vid bedömning av forskningsgruppernas resultat (och sådan sker årligen), spelar potentiell tillämplighet en stor roll. Dessa förhållanden leder till att man vid utveckling av teorin sysslar med tänkta tillämpningar i kanske högre grad än verkliga.

Även verkliga industriella tillämpningar förekommer vid de akademiska instituten. De tillkommer då oftast på personligt initiativ och genom personliga kontakter.

Forskning som yrke.

I Sovjet är forskaryrket inte knutet till akademisk karriär på samma sätt som i väst. Majoriteten av dem, som anvisas plats på forskningsinstitut, stannar kvar där under hela sin yrkesverksamma tid. Detta förhållande har märkbara och viktiga konsekvenser. Det är oundvikligt att många förlorar entusiasmen över sin forskning med tiden. Å andra sidan förvärvas naturligtvis under en mångårig verksamhet inom ett smalt forskningsfält en betydande litteraturkännedom inom området. Hela institutet sammantaget representerar således en mycket god total överblick över publicerat material (dock företrädesvis sovjetiskt) inom sitt verksamhetsområde.

Tendenser inom reglerteknisk forskning.

Vid 24 partikongressen 1971 ägnades stort intresse åt reglerteknik och automatisering. Således beslöts bl.a. att 1.600 ADB- och automatiseringssystem skulle implementeras under innevarande femårsplan. Vidare skall forskningen kring reglertekniska metoder i större ekonomiska system intensifieras. Föreståndaren för IPU, ak. V.A. Trapeznikov [1], och föreståndaren för IK, ak. V.M. Glusjkov [2], skriver regelbundet allmänt hållna artiklar om reglerteknik i folkhushållningen.

Dessa tendenser följs av ett allmänt officiellt intresse för "system med människor i", t.ex. beslutssystem, företagsekonomiska system o.d. Således skapas laboratorier och grupper för ADB-system, planeringssystem (ex. automatisering av bostadsplaneringen) o.d. vid instituten.

Å andra sidan följs dessa tendenser med viss misstro från etablerade forskare, som menar att tiden ännu inte är mogen att skapa god teori kring sådana problem.

Referenser.

Samtliga artiklar där svensk titel anges är på ryska.

[1] V.A. Trapeznikov: Det tekniskt-naturvetenskapliga framåtskridandets tempo - ett mått på effektiviteten i styrningen av ekonomin. Avtomatika i Telemechanika:4, 1971.

[2] V.M. Glusjkov: Automatiska reglersystem i ekonomin. I boken "Vetenskaplig organisering av styrningen av den socialistiska industrin", Ekonomika, Moskva, 1968.

BILAGA 1.

Programutskrift från det interaktiva programpaketet AIST-0. (Se avsnitt 4.2)

```
-  ВКЛ:
 *    11.56/18.8.1972   АИСТ ВКЛЮЧЕН
-  ДЖОСС
ДЖОСС К ВАШИМ УСЛУГАМ. ИМЯ ЗАДАЧИ:   L:*ENN

=================================================================
        LENN                                              СТР.  1
-  ПЕЧ 2×3
2×3=          6
-  ПЕЧ SIN[(*5]
SIN[5]=          -0.95892427
-  A=34
-  ОПР A КАК '        ABC ПРИВЕТ'
-  ПЕЧ A
       ABC ПРИВЕТ=          34
-   1.1 ПЕЧ A
-  1.1 ПЕЧ A В ФОРМЕ 1
-  ФОРМА 1:
-       AAAAA    /////      ABC=    ==**----.-----  ЩЩЩЩ
-  ДЕЛ ШАГ 1.1 ДЛЯ A=12(2.9)16
     AAAAA    /////      ABC=      12.00000  ЩЩЩЩ
     AAAAA    /////      ABC=      14.90000  ЩЩЩЩ
     AAAAA    /////      ABC=      16.00000  ЩЩЩЩ
-  ОТМ
-  ДЕЧ*Л ЧАСТЬ 1 ДЛЯ A=123456789
ОШИБКА В ШАГЕ 1.1:
НЕ МОГУ ВЫРАЗИТЬ ВЕЛИЧИНУ В ВАШЕЙ ФОРМЕ.
-  ИДИ
ОШИБКА В ШАГЕ 1.1:
НЕ МОГУ ВЫРАЗИТЬ ВЕЛИЧИНУ В ВАШЕЙ ФОРМЕ.
-  A=1
-  ИДИ
     AAAAA    /////      ABC=       1.00000  ЩЩЩЩ
-  1.01 ПРОПУСТИТЬ ЕСЛИ A=2
-  ПЕЧ A◊ФОРМА 1:
-           A=..............****
-  ДЕЛ ЧАСТЬ 1 ДЛЯ A=1(1)3
        A=+1.000 + 0
        A=+3.000 + 0
-  ПЧ*ЕЧ ВСЕ
       ABC ПРИВЕТ=          3
             ⊃=          54
                     ФОРМА   1
        A=..........
1.01 ПРОПУСТИТЬ ЕСЛИ A=2
1.1 ПЕЧ A В ФОРМЕ 1
-  ⊃=1
-
```

```
        LENN                                                    СТР.  3

-  ВВЕСТИ ФОНД АВС
-  ФОНД ВСЕ МАГИ КАК ПУНКТ 1
СДЕЛАНО.
-  СДЬФДЕЛ ЧАСТЬ 2
НЕ МОГУ НАЙТИ ЧАСТЬ 2.
-  2.1 СТОП
-  ИДИ
НЕЧЕГО ДЕЛАТЬ.
-  ДЕЛ ЧАСТЬ 2
ОСТАНОВ НА ШАГЕ 2.1.
-  ХВАТИТ
СДЕЛАНО.
-  ПЕЧ ФОРМУ 3
НЕ МОГУ НАЙТИ ФОРМУ    3.
-  СТЕРЕТЬ ВСЕ
-  A=(2<3:5;1>2:10;45)
-  ПЕЧ A
                A=          5
-  ПУСТЬ Ф[Й1У0****J,U]=J×U+У*U↑2
-  ПЕЧ Ф[2,2]
Ф[2,2]=          8
-  ПЕЧ Ф
Ф[J,U]=J×U+U↑2
-  A[J,U]=123
J= ⊃⊃⊃
-  A[1]=23
-  ПЕЧ A[3]
A= ⊃⊃⊃
-  ЗАПОЛНИТЬ A
-   ПЕЧ A[45]
A[45]=          0
-  П5Ч A
ЧТО⊃⊃⊃
-  ПЕЧ A
          A[  1]=          23
МАССИВ ЗАПОЛНЕН
-  A[123]=4567.56
-  ПЕЧ A
          A[  1]=          23
          A[123]=       4567.55999
МАССИВ ЗАПОЛНЕН
-  КОНЕЦ

 -  ИНФОРМАТОР

1
ИНФОРМАТОР К ВАШИМ УСЛУГАМ.
МОЖЕМ СООБЩИТЬ ВАМ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ С СИСТЕМНЫМИ ПРОГРАММАМИ АИСТА-0.
ЗНАКОМЫ ЛИ ВАМ ПРАВИЛА РАБОТЫ С ИНФОРМАТОРОМ⊃
(ПЕЧАТАЙТЕ 'ДА' ИЛИ 'НЕТ').

 -  НЕТ

2
НА ВОПРОСЫ ОТВЕЧАЙТЕ 'ДА' ИЛИ 'НЕТ'.
ЕСЛИ СИСТЕМА ПРЕДЛАГАЕТ НЕСКОЛЬКО ВАРИАНТОВ ,ПЕЧАТАЙТЕ В ОТВЕТ
'↑' И НОМЕР ВЫБРАННОГО ВАМИ ВАРИАНТА. НЕКОТОРЫЕ ТЕКСТЫ
ИМЕЮТ НОМЕРА И НАЗВАНИЯ ,ПО КОТОРЫМ ВЫ МОЖЕТЕ ИХ ВЫЗЫВАТЬ.
ДЛЯ ЭТОГО НУЖНО НАПЕЧАТАТЬ ЗНАК '↑' И НОМЕР ИЛИ НАЗВАНИЕ.
ЕСЛИ ХОТИТЕ ПРЕКРАТИТЬ РАБОТУ С СИСТЕМОЙ, ПЕЧАТАЙТЕ СЛОВО 'КОНЕЦ'.
```

```
СПИСОК СИСТЕМНЫХ ПРОГРАММ
11)ДЖОСС
12)ИПС
14)РЕДАКТОР
15)ФОН

НАЗОВИТЕ НУЖНУЮ.

 -  ↑11

11
ДЖОСС
МОЖЕМ СООБЩИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДЖОССЕ:
109)ВОЗМОЖНОСТИ ДЖОССА,
110)ПРАВИЛА РАБОТЫ,
111)ЯЗЫК ДЖОССА.

НАЗОВИТЕ НУЖНОЕ.

 -  ↑111

111
ЯЗЫК ДЖОССА
МОЖЕМ СООБЩИТЬ СЛЕДУЮЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯЗЫКЕ:
112)СТРУКТУРА ЯЗЫКА
113)АЛФАВИТ
114)ОГРАНИЧИТЕЛИ
115)ЧИСЛА
116)СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИМВОЛЫ
117)ИДЕНТИФИКАТОРЫ
118)ВЫРАЖЕНИЯ
121)МАССИВЫ
122)ФОРМУЛЫ
123)ОПИСАНИЯ
124)МОДИФИКАЦИИ
128)СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ
129)КОМАНДЫ

НАЗОВИТЕ НУЖНОЕ.

 -  ↑,*129

129
КОМАНДЫ ДЖОССА
РАЗЛИЧАЮТСЯ КОМАНДЫ,УПОТРЕБЛЯЮЩИЕСЯ ТОЛЬКО
С МЕТКОЙ(НЕПРЯМЫЕ),ТОЛЬКО БЕЗ МЕТКИ(ПРЯМЫЕ)
И КОМАНДЫ,УПОТРЕБЛЯЮЩИЕСЯ ПРЯМО И НЕПРЯМО.
130)ПОЛОЖИТЬ(ПР И НЕПР)
131)ПУСТЬ(ПР И НЕПР)
132)ЗАПОЛНИТЬ(ПР)
133)СТЕРЕТЬ(ПР)
134)ПЕЧАТЬ(ПР И НЕПР)
135)ЛИНИЯ(НЕПР)
136)СТРАНИЦА(НЕПР)
137)ФОРМА(ПР)
138)ДЕЛАТЬ(ПР И НЕПР)
139)НА(НЕПР)
```

```
140)СТОП(НЕПР)
141)ПРОПУСТИТЬ(НЕПР)
142)ХВАТИТ(ПР И НЕПР)
143)ОТМЕНИТЬ(ПР)
144)ИДИ(ПР)
145)ОПРЕДЕЛИТЬ(ПР И НЕПР)
146)КОНЕЦ(ПР)
НАЗОВИТЕ НУЖНОЕ.

 - ↑138

138
КОМАНДА ДЕЛАТЬ
СТРУКТУРА:ДЕЛАТЬ <АРГУМЕНТ>
<АРГУМЕНТ>::=ШАГ<МЕТКА>ИЛИ ЧАСТЬ<НОМЕР ЧАСТИ>
АРГУМЕНТ УКАЗЫВАЕТ НА ТУ ЧАСТЬ ПРОГРАММЫ,КОТОРАЯ
ТРЕБУЕТСЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ.ТЕМ САМЫМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ НЕКОТОРОЕ
ЗАДАНИЕ.ТЕКУЩЕЕ ЗАДАНИЕ-ТО,КОТОРОЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ В ДАННЫЙ
МОМЕНТ.ПРИОСТАНОВЛЕННОЕ-КОГДА ВЫПОЛНЯЕТСЯ КАК
ПОДПРОГРАММА,ВЛОЖЕННАЯ В НЕГО КОМАНДА ДЕЛАТЬ.
ПРЕРВАННОЕ ЗАДАНИЕ-КОГДА ЕГО ВЫПОЛНЕНИЕ ПРЕРЫВАЕТСЯ ПО
КОМАНДЕ СТОП ИЛИ ПО ОШИБКЕ.КАЖДАЯ ПРЯМАЯ КОМАНДА
ДЕЛАТЬ ОТМЕНЯЕТ ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕХ ПРИОСТАНОВЛЕННЫХ И ПРЕРВАННЫХ
ЗАДАНИЙ.ОДНАКО ЕСЛИ ЗАКЛЮЧИТЬ ЕЕ(КОМАНДУ) В СКОБКИ,ТО ЭТОГО
НЕ ПРОИЗОЙДЕТ,НАПРИМЕР,КОМАНДА:(ДЕЛАЙ ЧАСТЬ 3 ДЛЯ В=1(С)15)
НЕ ОТМЕНИТ ПРЕДЫДУЩИХ ЗАДАНИЙ.
ПРИМЕРЫ:
1.1 ДЕЛАТЬ ШАГ 51.485 3 РАЗА
(ДЕЛАТЬ ЧАСТЬ 8 ЕСЛИ (Х+У)↑2<Е)
ДЕЛАТЬ ЧАСТЬ 2

НУЖНЫ ЛИ ДРУГИЕ КОМАНДЫ ЯЗЫКА>

 - НЕТ

НУЖНЫ ЛИ ДРУГИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯЗЫКЕ>

 - НЕТ

НУЖНО ЛИ ЧТО-ЛИБО ЕЩЕ ОБ ЭТОЙ СИСТЕМНОЙ ПРОГРАММЕ>

 - ДА

НАЗОВИТЕ НУЖНОЕ.

 - ↑109

109
ВОЗМОЖНОСТИ ДЖОССА.
ДЖОСС ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.
МОЖНО ЗАДАВАТЬ ПРЯМЫЕ ДЕЙСТВИЯ,А ТАКЖЕ КОНСТРУИРОВАТЬ
И РЕКОНСТРУИРОВАТЬ ПРОГРАММУ И ТРЕБОВАТЬ ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕЙ
ПРОГРАММЫ ИЛИ ЕЕ ЧАСТИ.ПРИ ЖЕЛАНИИ ВЫПОЛНЕНИЕ МОЖНО
НЕКОТОРЫМ ОБРАЗОМ МОДИФИЦИРОВАТЬ.МОЖНО ЗАДАВАТЬ ФОРМАТ ВЫВОДА
И ИДЕНТИФИЦИРОВАТЬ РАЗЛИЧНЫМ ОБРАЗОМ ВЫВОДИМУЮ ИНФОРМАЦИЮ.
```

BILAGA 2

Transkribering av ryska ord

Principen vid transkribering från kyrilliska till latinska alfabetet är att ordet i fråga skall få ett uttal som så nära som möjligt ansluter sig till det ryska. Därför har olika språk olika transkriberingsregler. Ett ryskt egennamn kan därför se ut på flera olika sätt i västerländsk litteratur.
I denna rapport har svensk transkribering använts enligt nedanstående tabell. I tabellen anges också den vanligaste engelska transkriberingen.

Rysk bokstav	Svensk transkribering	Engelsk transkribering
А	A	A
Б	B	B
В	V	V
Г	G	G
Д	D	D
Е	1) JE 2) E	E (YE)
Ё	1) JE 2) E	E (YE)
З	Z	Z
Ж	ZJ	ZH
И	I	I
Й	J	I
К	K	K
Л	L	L
М	M	M
Н	N	N
О	O	O
П	P	P
Р	R	R
С	S	S
Т	T	T
У	U	U
Ф	F	F
Х	CH	KH
Ц	TS	TS
Ч	TJ	CH (TCH)
Ш	SJ	SH

Rysk bokstav	Svensk transkribering	Engelsk transkribering
Щ	SJTJ	SHTCH
Ы	Y	Y
Ъ	-	-
Ь	-	(')
Э	E	E
Ю	1) JU 2) U	YU
Я	1) JA 2) A	YA

1) Efter vokal eller mjuktecken, samt i början av ord

2) Efter konsonant