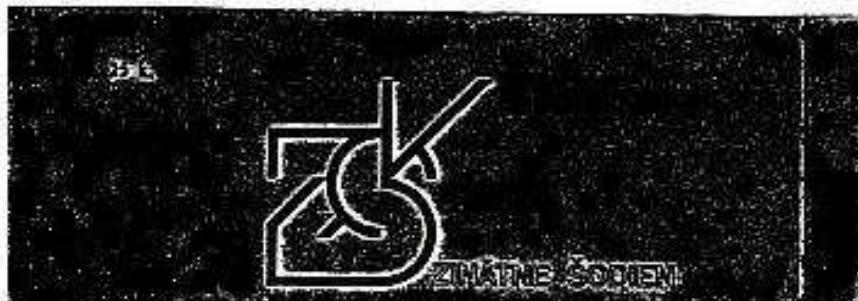
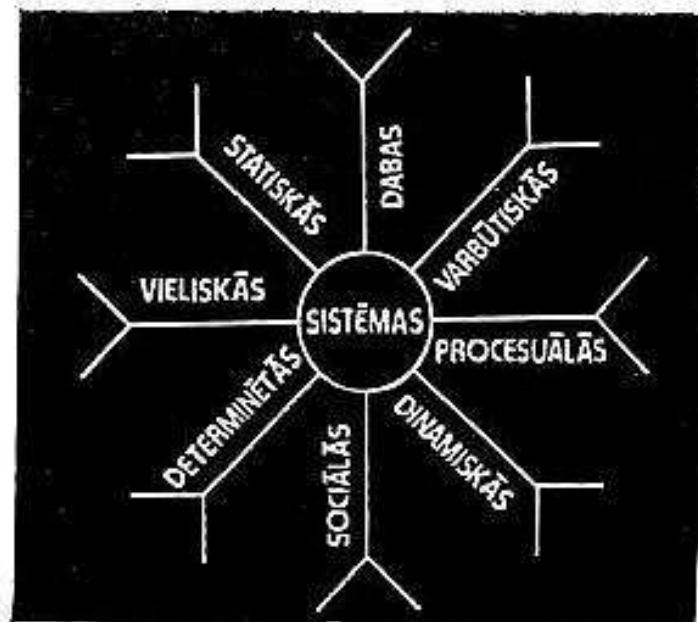


A. Broks

## SISTĒMAS AP MUMS UN MĒS SISTĒMĀS



A. Broks

## SISTĒMAS AP MUMS UN MĒS SISTĒMĀS

Šī grāmatīpa ir sistēmisks stāsts par sistēmismu. Līdz šim gan domās, gan darbos pasauli lielākoties esam tikai daļējuši, turpretī tagad arvien aktuālākā kājāt pasaules daļu vienīšana. Veselais un tā daļas, veselīš un daļu savstarpējās attiecības ir sistēmismā aptverto jaunījumu kodols.

Sistēmisms ir mūsdienīga cilvēka īntelektu neplašināma sastāvdaļa. Pasaudzīverei ejot dzījumā un plašumā, tikai sistēmiskalījums spēj mums nodrošināt orientāciju apkārtējo objektu daudzveidībā. Tikai sistēmredzējums spēj mums nodrošināt kompetenci sarežģītu objektu izpētē un ietvarjanā.

Grāmatīpas sūtība ir savā ziņā būt par sistēmismu abeji. Tās pamatliecība ir parādīt universālo, visām dažādajām sistēmām kopīgo, atsegt sistēmismu būtību un praktisko nozīmi.

## IEVADS

(par ko zālāta Jī grāmatiņa  
un kāpēc tā radusies)

Ekonomiskā sistēma, finanšu sistēma, filozofiskā sistēma, politiskā sistēma, izglītības sistēma, tirdzniecības sistēma, kontroles sistēma, veselības aizsardzības sistēma, sadzīves pakalpojumu sistēma, materiāli tehniskās apgādes sistēma, valsts standartu sistēma, valsts pieņemšanas sistēma, vēlēšanu sistēma, sabiedriski politisko uzskatu sistēma, profesionālās orientācijas sistēma, bibliotēku sistēma, zinātniski tehniskās informācijas sistēma.

Elektroapgādes sistēma, sakaru sistēma, ūdensvada sistēma, pretraķešu aizsardzības sistēma, ugunsdrošības sistēma, transporta sistēma, mākslīgās apūdepošanas sistēma, telpu aplumšošanas sistēma, noteikudeņu attīrišanas sistēma, ventilācijas sistēma, mikroprocesorsistēma, mākslīgā intelekta sistēma, automātiskā regulēšanas sistēma, automatizētā vadības sistēma (AVS), automatizētā datu apstrādes sistēma (ADAS), automatizētā projektēšanas sistēma (APS), automatizētā zinātniskās pētniecības sistēma (AZPS) un citas automatizētās (tagad jau arī kompjuterizētās) sistēmas.

Bioloģiskā sistēma, ekosistēma, asinsrites sistēma, nervu sistēma, molekulārā sistēma, atomārā sistēma, ķīmisko elementu periodiskā sistēma, fizikālā sistēma, planētu sistēma, kosmiskā sistēma, mēriju sistēma, vienādojumu sistēma. Un tā tālāk.

Ja mēs, cienījamie lasītāji, šādā veidā turpinātu saukt vairāk vai mazāk pazīstamas sistēmas, visaptverošas pilnības labad noteikti būtu jāmin arī objekti, kas gan tiek dēvēti par kompleksiem, taču faktiski tāpat ir sistēmas, — ražošanas komplekss, tautsaimniecības komplekss, starpnozaru zinātnes un

Veltījums maniem un  
dzīves biedres vecākiem

ražošanas komplekss, problēmu komplekss, pasākumu komplekss, radio un televīzijas komplekss, tirdzniecības komplekss, sabiedriskās ēdināšanas komplekss, sporta komplekss, atpūtas komplekss, GDA-komplekss, rākešu komplekss un daudzas citas sistēmas, kas tiek dēvētas par kompleksiem.

Sistēmisko objektu sarakstā būtu jāuzņem arī «slēptās» sistēmas, proti, objekti, kuru apzīmējumā termins «sistēma» vai «komplekss» tieši nefigurē, bet kuri reāli pastāv kā konkrētas sistēmas. Piemēram, apvienība, organizācija, uznēmums, kombināts, saimniecība, biedrība, kolektīvs, nozare, iestāde; valsts, sabledrība, republika, rajons, pilsēta; viela, cilvēks, dzīvnieks, augs, organismi, šuna; kuģis, vilciens, lidmašīna, integrālā mikroshēma, elektroniskais skaitļotājs, radioaparāts, televizors; elektromotors, kafijas dzīrnaviņas, pulkstenis, automašīna...

Kāpēc šis saraksts vajadzīgs? Tāpēc, ka tas mums uzskatāmi parāda, cik daudz dažādāu sistēmu ir ap mums un cik bieži mēs paši šajās sistēmās esam iesaistīti.

Daudzi no jums, cienījamie lasītāji, jau būs pamanijuši, ka pēdējos gadu desmitus ikdienā arvien biežāk lietojam vārdkopas «sistēmiskais skatījums», «sistēmiskā pīeja», «sistēmanalīze», «sistēmu sintēze», «sistēmu projektešana», «sistēmu struktūra», «sistēmu ipašības», «sistēmu teorija», «sistēmu modelēšana», arī vārdkopas «kompleksā pīeja», «kompleksā plānošana», «kompleksā pārbaude» u. tml. Daudziem no mums šai sakarā sev jājautā: kas nosaka augošo interesu par sistēmām? kas vispār ir sistēma un ko mums dod dažādu objektu aplūkošana sistēmiskā skatījumā? kāda ir sistēmisms būtība, un kāda loma tam ir mūsu domāšanā un rīcībā? Sādi un līdzīgi jautājumi likumsakarīgi atspoguļo cilvēka centienus izprast to vispārīgo, kas konkrētās izpausmēs vērojams atsevišķas sistēmās, un šo izpratni izmantot praktiskā darbībā.

Grāmatīga ir iecerēta un sarakstīta kā atbilde uz šiem jautājumiem. Tās sūtība ir savā ziņā būt par sistēmiskajuma ābeci. Grāmatīga adresēta plašam lasītāju iekārtam. Tiesa gan, lai tajā paustie vispārinājumi būtu uztverami nepieciešamas vismaz minimālas teorētiskās domāšanas spējas un iemaņas. Galvenais tās uzdevums ir parādīt universālo, visām dažādajām sistēmām kopīgo, atsegta sistēmisms un

sistēmiskajuma būtību un praktisko nozīmi. Grāmatīgai ir metodoloģisks raksturs: interesentiem tā noderēs par ceļvedi, kas no neapzinātā vai daļēji apzinātā sistēmiskajuma palīdzēs virzīties uz konsekventu, pilnīgi apzinātu sistēmiskajumu.

Darba galveno saturu veido divas daļas. Pirmā daļa veltīta sistēmiskajumam, un tai ir vispārteorētisks raksturs. Ipaša uzmanība tajā pievērsta sistēmiskajuma pamatjēdzieniem un tā centrālajai problēmai — sistēmu ipašībām. Otrā daļa — «Sistēmredzējums» — teoriju saista ar praksi un sistēmiskajumā raksturo mūsu pasaule redzējumu. Detalizētāka uzmanība pievērsta mērķtiecīgas darbības sistēmām.

## SATURS

Ievads . . . . .	3
Sistēmiskajums . . . . .	6
Sistēmiskums, sistēmas . . . . .	6
Sistēmisms pamatjēdzieni . . . . .	8
Sistēmu ipašību izceļums . . . . .	24
Sistēmu izpēte jeb sistēmanalīze . . . . .	31
Sistēmu makroskopiskā izpēte . . . . .	32
Sistēmu mikroskopiskā izpēte . . . . .	50
Matemātiskā modelēšana un elektroniskā skaitļošana tehnika sistēmu izpētē . . . . .	62
Sistēmredzējums . . . . .	70
Sistēmisms un veselais soprāls . . . . .	70
Sistēmu klastificēšana . . . . .	73
Kiberoētiskās sistēmas . . . . .	81
Nobeigums . . . . .	91

# SISTĒMSKATĪJUMS

## SISTĒMISKUMS, SISTĒMAS (vispārīgā noslēdze)

Aktīvā attieksme pret apkārtni (vidi) cilvēkam izsenis bijusi saistīta ar apkārtējo objektu izmantošanu atbilstoši savām interesēm un vajadzībām. Apkārtnes objektu īpašību izzināšana un izmantošana, kas obligāti jēver arī šo īpašību pārveidošanu un jaunradīšanu, būtībā ir cilvēces pastāvēšanas un atstātības pamats.

Cilvēkam noderīgās un arī visas pārējās īpašības ir organiski saistītas ar šo objektu sastāvu un ārējiem to eksistences apstākļiem. Un te, objektu uzbūves un īpašību aplūkojumā, mums atklājas visiem objektiem piemītošais sistēmkums.

Sistēmkums ir vispārējs apkārtējās pasaules un arī mūsu pašu eksistences atribūts. Sistēmkuma būtību izsaka atziņa, kas iegūta dabas un sabiedrības izpētes gaitā: *jebkurš objekts ir noteiktā vidē izdalīts mijiedarbojošos citu objektu (elementu) kopums, kuram piemīt īpašības, kas kvalitatīvi vai vismaz kvantitatīvi nav raksturīgas nevienam no elementiem atsevišķi*. Objektu (lietu, procesu) aplūkošanu šādā skatījumā sauksim par sistēmskatījumu, bet pašus objektus — par sistēmām.

Piemēram, kā sistēmu varam aplūkot rūpnīcu. To veido ražošanas cehi, konstrukturu birojs, sagādes daja, plānu un finanšu daja, grāmatvedība, direkcija un citas struktūrvienības — viss kopums, kas kā vienots veselums ražo noteiktu produkciju, katrai struktūrvienībai (sistēmas elementam) šajā procesā ieguldot savu līdzdalības tiesu. Noteikta galaproducta, piemēram, automobiļu, izlaide ir sistēmas «rūpnīca» pamatīpašība.

Automobilis ir tehnisko sistēmu pārstāvis — vienots veselums, kura īpašības nosaka tā sastāvs (mo-

tors, ritošā daja, virsbūve un citas sastāvdaļas) un vīde. Autorūpniecības vēsturi un arī tās nākotni vēlā nepārtraukta šīs sistēmas (automobiļa) uzbūves un īpašību problēmas risināšana.

Kā sistēmu varam aplūkot arī autobraucienu. Tā ir sarežģita darbība, kura sastāv no atsevišķām savstarpēji saistītām, secīgām autovadītāja un automobiļa veiktām darbibām, kas kopumā vērsta uz galarezultātu — uz ceļamērķa sasniegšanu. Šīs mērķtiecīgums ir mums nepieciešamā autobraucienu kā sistēmas īpašība. Neierasts skatījums? Varbūt: procesus kā sistēmas skatīt vēl neesam pieraduši. Taču arī šādu skatījumu apgūt ir svarīgi. Sevišķi tas sakāms par mērķtiecīgi norisošiem procesiem, kuru sistemanalize mūsdienās ir ļoti aktuāla. Vēlāk par to runāsim īpaši. Tagad atgriezīsimies pie vispārīgajiem sistēmskatījumiem jautājumiem.

Nule minētie piemēri liecina, ka sistēmskatījums šobrīd ir kļuvis par ļoti nozīmīgu apzināti vai neapzināti lietotu mūsu praktiskās filozofijas pamatelementu. Uz tā pamata ir izveidojusies vispārzinātniska un vispārtehniska sistēmu uzbūves un īpašību aplūkošanas metodoloģija — sistēmskatījums (sistēmiskā pīceja), kas problēmu «objekts—uzbūve—īpašības» traktē saturīgi, bet vispārīgi. Konkrētu objektu sistēmiku (sastāvs, elementu mijedarbība, ārējie apstākļi utt.) aplūko sistēmredzējums. Sistēmskatījums ir nepieciešams, bet ne pietiekams cilvēkam noderīgu konkrētu objekta īpašību izprāšanas vai jaunveidošanas nosacījums. Tas jāturpina sistēmredzējumam — konkretizētam sistēmskatījumam.

Attiecībā uz dažādiem objektiem mūsu sistēmredzējuma sekmes šobrīd ir visai atšķirīgas. Straujī norisinoties eksakto zinātnu progresam, kas aizvien vairāk konkretizē dažādu dabas un tehnikas sistēmu izpēti, lieli panākumi ir gūti ar noteiktām īpašībām apvilktu tehnisko objektu izveidē un izmantošanā — sākot ar vienkāršiem mehānismiem un beidzot ar tādām modernām elektroniskām un elektromehāniskām sistēmām kā superielās integrālās mikroschemas, elektroniskie skaitļotāji, roboti, pārkārtojamās automatizētās ražotnes, mākslīgā intelekta sistēmas un citas. Cītāds stāvoklis ir daudzu sociālo, ekonomisko un politisko objektu jomā. Nenoniecinot paņākumus, kas gūti šo sistēmu izpētes konkretizācijā,

jāatzīst, ka ne mazums neskaidrību vēl jāpārvar, lač no vispārīgas nostādnes reāli nonāktu pie sistēmū īpašību izprāšanas un jaunveidošanas prakses. Šīs grūtības ir saprotamas, jo sociālās sistēmas ir nesalīdzināmi sarežģītākas par tehniskajām. Bet tieši tāpēc ir īpaši svarīgi, lai, tās pētot, problēmu trakēšanā tikuši izmantots sistēmskatījums un to risināšanā — sistēmredzējums.

Ievadu noslēdzot, ir jāpiezīmē, ka objektivās realitātes sistēmkumu mēs uztveram un izmantojam gan apzināti, gan arī intuitīvi. Protams, realitātes sistēmkumu cilvēks nav atklājis tikai pēdējā laikā. Apkārtnes objektu sistēmkuma saskatīšana vai nojaušana ir tikpat sena kā cilvēce, tomēr apzinātā arvien sarežģītāku objektu izprāšana, radīšanā un izmantošanā sevišķi liels progres ir tieši mūsu dieinās. Te izpaužas ne vien tas, ka būtiski tālāk attītās mūsu zināšanas par dabu, sabiedrību un atsevišķu cilvēku, bet arī tas, ka teorētiskajā un praktiskajā darbībā arvien plašāk tiek apgūtas modernas metodes un principi, to vidū sistēmisms.

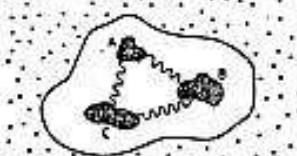
Kas raksturīgs tagadējai pilnīgi vai daļēji intuitīvajai sistēmkuma uztverei? Pirmkārt, jau tas, ka piesaistām uzmanību faktam, ka objekts (sistēma) no kaut kā sastāv. Otrkārt, bet tas jau gadās retāk, apzināmies, ka objekta sastāvdaļas ir savstarpēji saistītas. Būtiskākais intuitīvās sistēmkuma uztveres trūkums parasti ir objekta uzbūves jautājumu atraušana no objekta īpašību problemātikas. Sistēmu izzināšanas galamērķis ir nevis sistēmu uzbūves, bet gan to īpašību nosakīrošana. Lūk, tādēj ļoti svarīgi ir apzināti apgūt sistēmskatījumu, izprast tā būtību, jo, tikai plaši tam ieviešoties, ir iespējams progress sarežģītu objektu tālākajā izzināšanā un izmantošanā.

## SISTĒMISMA PAMATJEDZIENI

Sistēmisma pamatjedzieni ir «sistēma», «apkārtējā vide», «sistēmas elements», «mijedarbība», «sistēmas sastāvs», «sistēmas uzbūve (struktūra)», «sistēmas uzbūves (struktūras) hierarhija» un «sistēmas (sistēmas elementa) īpašība».

Sistēma ir noteiktā vidē izdalīts mijedarbojošos

1. att. Shematisks vispāriņš sistēmas attēlojums. Aprīmējumi (šeit un turpmāk): A, B, C — sistēmvelodojošie objekti (sistēmas elementi); vilpota līnija — elementa mijiedarbība; punktējums — apkārtējā vide; treknā līnija — nosacīta sistēmas un vides robeža.



objektu kopums (1. att.). Jebkura sistēma vienmēr pastāv vienotībā ar konkrētu vidi.

Piemēri: Jūsu televizors dzīvoklī, mūsu republika Padomju Savienībā, atoms molekulā, motors automobilī, klase skolā, zīvs ūdeni, lappuse grāmatā utt. Sajos piemēros atklāti norādita sistēmu raksturīgā tuvākā apkārtne (vide). Sistēmu sastāvdaļas — mijiedarbojošos to elementus — Jūs bez kādām grūtībām varat uzrādīt paši.

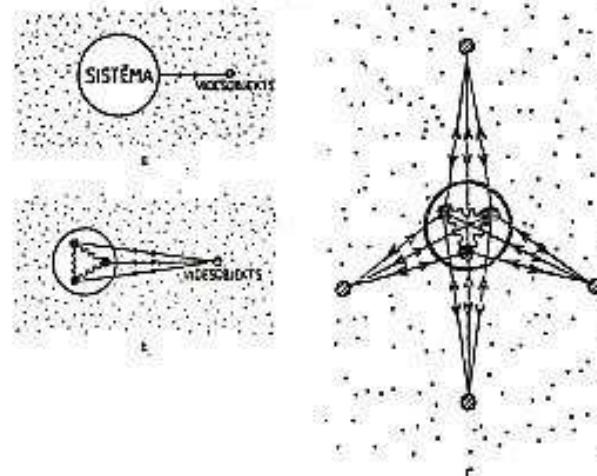
**Apkārtējā vide** ir viss, kas attiecīgajā sistēmā neietilpst. Parasti vide tiek uzlūkota kā diskreta, t. i., atsevišķos objektos dalīta. Vidi veidojošos objektus sauksim par **videosobjektiem**. Tiesa, katrā konkrētā gadījumā no šī «visa» kā vidi aplūko tikai būtisko deju — tikai tos videosobjektus, kuri mūs interesējošā aspektā sistēmu tā vai citādi ieteicmē jeb, citiem vārdiem sakot, ar kuriem sistēma kaut kādā veidā ir saistīta.

**Sistēmas elements** ir sistēmas sastāvdaļa, kuras tiek aplūkota kā tālāk nedalāma vienība un kurai ir raksturīgas noteiktas īpašības.

**Mijiedarbība** ir savstarpēja iedarbība starp sistēmas elementiem, kā arī starp sistēmu un apkārtējo vidi (starp sistēmas elementiem un videosobjektiem).

Lai mijiedarbība norisinātos, ir nepieciešami vismaz divi objekti, kas stājas savstarpējos sakaros: viens objekts iedarbību nodod, otrs — uztver vai arī abi nodod un abi uztver. Gan sistēmas elementu savstarpējās mijiedarbēs (iekšējā mijiedarbība), gan sistēmas elementu mijiedarbēs ar vides objektiem (ārējā mijiedarbība) izpaužas šo elementu individuāla specifika. Līdzīgi arī sistēmas kā vienota veseluma mijiedarbēs ar apkārtējo vidi (videosobjektiem) izpaužas šīs sistēmas specifika.

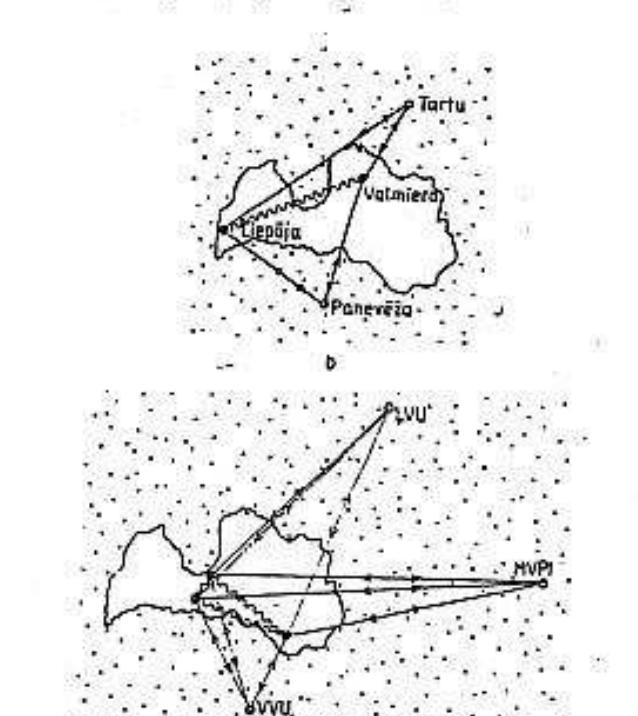
Sistēmas elementu savstarpējā mijiedarbība



2. att. Shematisks mijiedarbības atspoguļojums. Aprīmējumi (šeit un turpmāk): melns aplīts — sistēmas elements; ievirto aplīts — videosobjekts; vilpota līnija — elementa mijiedarbība (iekārtā mijiedarbība); ↔ — sistēmas un vides, kā arī sistēmas elementu un videosobjekta mijiedarbība (ārējā mijiedarbība). Shēmu vienkāršības interešes visi objekti attēloti apājī, trīs sistēmas elementu un četri videosobjekti izvēle (c) ir pilnīgi patvērlīga, jo visi šeit attēlotais ir tikai visparīga ilustrācija. Tāpat kā jebkurām shēmām, arī sistēmskatījuma objektu un to savstarpējo sakaru attēlojumam dažādās shēmās ir raksturīga visai augsta abstrakcijas pakape. Protī, reālie objekti un to sakari tiek attēloti ar nosacītiem shēmatiskiem aprīmējumiem, parādot tikai pašu visbūtiskāko, par ko attiecīgajā gadījumā runā. Sākotnēji šādi attēli var būt grūti «izlasīti», taču, kad šī īpaši shēmatisko zīmju valoda ir apgūta, tā mums joti palīdz problēmu ustveršanā, izprāšanā un risināšanā. Tāpēc tā ir īspogūt un plaši jāliejo, plēnēram, tādēļ shēmatiskie attēlojumi, kā dažādas kartes, elektrisko ierīcu shēmas, mehānismu un ēku rāsējumi u. tml.

shēmatiski attēlota 1. attēlā, 2. attēlā shēmatiski fiksēta sistēmas un vides mijiedarbība. 2.a attēlā dota pāra mijiedarbība «sistēma — videosobjekts», sistēmu un videosobjektu uzlūkojot kā divus atsevišķus veselumus. 2.b un c attēlā detalizēti parādīta sistēmas elementu un videosobjektu mijiedarbība (viena un vairāku videosobjektu gadījumā).

Ar konkrētiem piemēriem ilustrējot 2.b un c attēlu, īpaši jāņem vērā ārkārtīgi nozīmīgais fakti, ka neviens sistēmas elementa un videosobjekta mijiedarbība nav pāra mijiedarbība. Tā kā sistēmas elemen-



3. att. Sistēmas «Mūsu republika (LPSR)» ārējā mijiedarbība. a — ārējā sakari (vienkāršots atspoguļojums); b — kultūras sakari starp Valmieras un Liepājas teātri (sistēmas elementiem) un Tartu un Pānevēžas teātri (videosobjektiem); c — zinātniskie sakari starp Latvijas Valsts universitāti, Latvijas Lauksaimniecības akadēmiju, Daugavpils Pedagoģisko institūtu (sistēmas elementiem) un Leningradas Valsts universitāti, Maskavas Valsts pedagoģisko institūtu, Viļpāles Valsts universitāti (videosobjektiem).

tus saista savstarpēja mijiedarbība (sistēmismā pamatuzņēmība), jebkura ārējā mijiedarbība aptver visus sistēmas elementus to kopsaistībā. Tieši šajā apstākļi saknējas sistēmas ipašības, kādās nepiemīt neviens no sistēmas elementiem atsevišķi. Tīkpat nozīmīgi ir tas, ka, sistēmai vienlaicīgi mijiedarbojoties ar vairākiem videosobjektiem, šīs mijiedarbes ir savstarpēji saistītas, jo vieni un tās paši sistēmas elementi piedalās visās mijiedarbēs.

Sistēmu ārējo mijiedarbību varam ilustrēt ar sistēmu «mūsu republiku» Padomju Savienībā kā vidē. Attēlosim dažas mijiedarbības — mūsu republikas ārējos sakarus. Piemēram, ekonomiskos, zinātniskos un kultūras sakarus (3.a att.).

Detalizējot sistēmas «LPSR» konkrētos elementus un kā videosobjektus — atbilstošās citu PSRS republiku iestādes, 3.b un c attēlā joti vienkāršoti (tikai sistēmskatījuma ilustrēšanai) atspoguļoti republikas kultūras un zinātniskie sakari.

*Sistēmas sastāvs* ir viss sistēmas elementu klāsts. Piemēram, sistēmas «klase» sastāvs varētu būt šāds: 36 skolēni, to skaitā 15 zēni (Jānis, Pēteris...) un 21 meitene (Anna, Dzidra...); vielas sastāvs: 59% zelts un 41% sudrabs; šīs grāmatīgas sastāvs: ievads, 1. daļa «Sistēmskatījums», 2. daļa «Sistēmredzējums», noheigums.

*Sistēmas uzbūve* jeb *struktūra* ir sistēmas sastāvs un tās elementu savstarpējais izvietojums telpā un/vai laikā.

Termini «uzbūve» un «struktūra» būtībā ir sinonīmi, taču pieredze rāda, ka intuitīvajā sistēmismā ar vārdu «uzbūve» visbiežāk saistīs prīckšarts par sistēmas sastāvu (kādi elementi sistēmu veido?). Turpretī ar vārdu «struktūra» galvenokārt tiek apzīmēts tikai sistēmas sastāvdalu savstarpējais izkārtojums (kā šie elementi sistēmu veido?). Tā kā elementu savstarpējais izkārtojums nevar pastāvēt bez pašiem elementiem, abus terminus nepieciešams apzināti identificēt.

Sistēmas struktūrelementu savstarpējās attiecības: (elementu izkārtojums telpā un/vai laikā) ir fundamentālās noteiktu iekšējo un ārējo mijiedarbību raksturotājas.

Aplūkosim rūpnīcas struktūru (šajā gadījumā lieotosim šo vārdkopu, jo tā skan jerasītāk nekā «rūpnīcas uzbūve»). Iepriekš shematiiski jau atsedzām kā-

das rūpnīcas sastāvu. Šīs sastāvdajas pastāv noteiktā savstarpējā izkārtojumā, kas kopumā lauj runāt par noteiktu, piemēram, organizatorisku rūpnīcas struktūru.

Vārdkopa «automobiļa uzbūve» (šajā gadījumā tā skan jerasītāk nekā «automobiļa struktūra») attiecas uz to, no kādām sastāvdajām automobilis veidots, kādās savstarpējās attiecībās tās atrodas: kāds ir to telpiskais izkārtojums un kādā secībā tās darbojas.

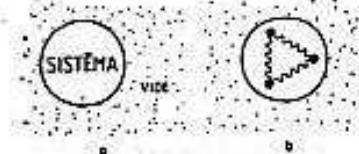
Autobrauciena kā sistēmiskas darbības struktūru veido tā elementi — atsevišķas darbības (vadības operācijas, automobiļa reakcijas) un to norises kārtība laikā un telpā.

Jau no ķīmijas un fizikas stundām mums visiem labi ir zināmi vielas, molekulas, atoma uzbūves (struktūras) īdzīni. Apgūdam bioloģiju, sabiedrības mācību, vēsturi un citus priekšmetus, analizējām organismu, šūnas, sabiedrības, valsts, komjaunatnes un citu sabiedrisko organizāciju struktūru jeb uzbūvi. Diemžel, visai bieži te ir pietrūcis vienojoša skatījuma, kas uzsvērtu, kā šajos konkrētajos gadījumos realizējas vispārējais.

*Sistēmas uzbūves* jeb *struktūras hierarhija* ir sistēmas uzbūves (struktūras) līmeni kopums. Jebkurš sistēmas elements arī var tikt uzlūkots par sistēmu, šīs sistēmas elementi — arī par sistēmām utt. Jeb, ejot pretējā virzienā, jebkura sistēma var tikt uzlūkota kā citas sistēmas elements, šī sistēma — atkal citas elements utt. Katrs no tiem skatījumiem saistīs ar noteiktu objektīvās realitātes sistēmiskās uzbūves līmeni.

Ipaši par to līdz šim nerunādami, faktiski mēs jau esam realizējuši divlīmeņu sistēmskatījumu. Protī, pirmajā (sākotnējā) līmenī sistēmu aplūkojām kā noteiktā vidē izdalītu vienotu veselumu. Nosaukīto sauksim par makroskopisko sistēmskatījuma līmeni jeb makroliemeni (4.a att.). Otrajā līmenī aplūkojām savstarpējās mijiedarbībās vienotos šīs sistēmas elementus. To sauksim par mikroskopisko līmeni jeb mikroliemeni (4. b att.).

Divlīmeņu skatījums uz sistēmu uzbūvi atbilst vienkāršāko sistēmu gadījumam. Loti bieži kā sistēmas nepieciešams aplūkot sākotnēji par elementiem uzlūkotus objektus. Sādi ledzīlinoties sākotnējās sistēmas uzbūvē, notiek pāreja uz nākamo mikroliemeni,

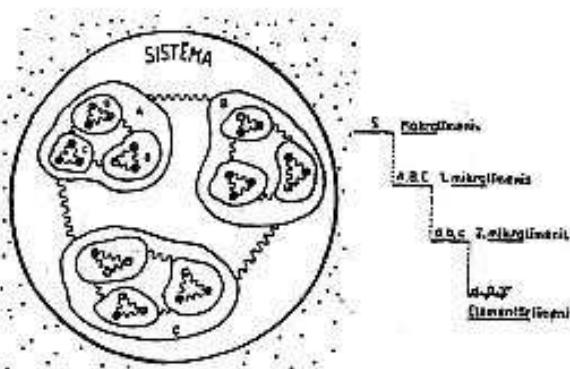


4. att. Makroskopiska (a) un mikroskopiska (b) sistēmskatījuma ilustrācija.

nepieciešamības gadījumā vēl uz nākamo utt., līdz beidzot kādā līmenī «apstājamies» un atbilstošos sistēmvieidojošos elementus uzlūkojam par tālāk nedalāmiem. So dzīlāko līmeni nosauksim par elementārlīmeni, bet «nedalāmos» sistēmvieidojošos elementus — par elementārdajām. Starp makro- un elementārlīmeni atrodas virkne starplīmenu, kurus varam saukt attiecīgi par pirmo, otro, trešo utt. mikroliemeni. Loti bieži atbilstošajos mikroliemeņos aplūkojamās sistēmas sauc arī par sākotnējās sistēmas apakšsistēmām (5. att.).

Atsedzot sistēmas uzbūves hierarhiju, jāatzīmē, ka iespējams iet ne tikai dzīlumā, bet arī «uz augšu». Piemēram, ja par sākotnējo sistēmu uzlūkojām sistēmu a (sk. 5. att.), tad šī sistēma ir sistēmu A, B, C elements, kuras savukārt veido sistēmu S. Pa sistēmas uzbūves hierarhijas kāpnēm virzīdamies uz augšu, mēs būtībā detalizējam apkārtējo vidi, fiksējam sistēmas raksturīgās mijiedarbes ar šo vidi veidojošajiem objektiem. Sākotnējais makroliemenis šajā gadījumā pārvēršas par elementārlīmeni, līdz ar to joti uzskatīmi parādot līmeni apzīmējumu («makro», «mikro») nosacītību.

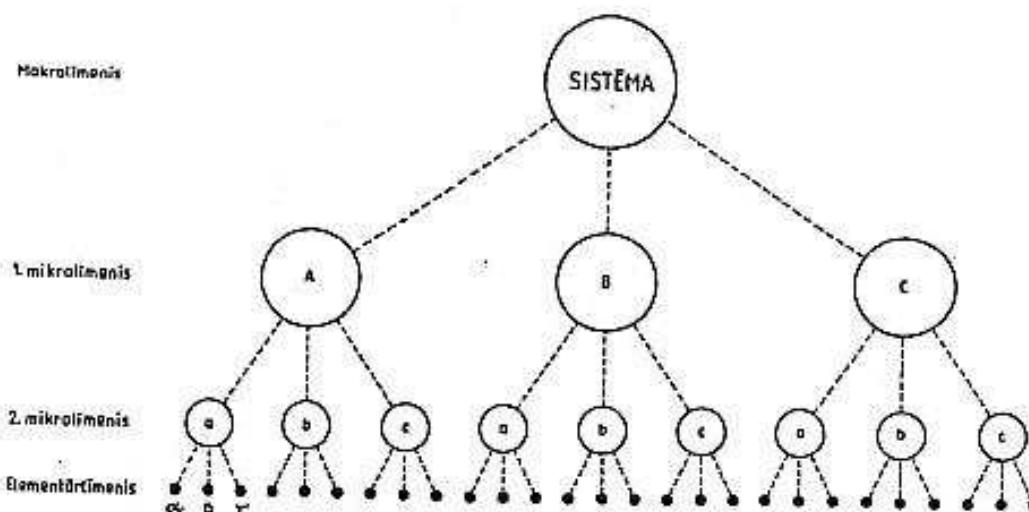
Pirms minam konkrētus daudzīmeņu uzbūves jeb hierarhisku sistēmu piemērus, palūkosimies, cik daudzvēldīgs var būt šo sistēmu struktūras shematisks attēlojums. Šo daudzveidību ilustrēsim ar to, kā 5. attēlā dotā daudzīmeņu sistēmas shēma transformējama pēc satura ekvivalentā, bet pēc formas atšķirīgā shēmā, kas dota 6. attēlā. 5. attēlā redzamā shēma vairāk atbilst vielisko, kā arī daudzu tehnisko sistēmu attēlošanai, tā atgādina objekta aplūkošanu, seīgī mainot mikroskopā palielinājumu. Shēma, kas redzama 6. attēlā, bieži tiek lietota dažādu sociālo, ekonomisko un politisko sistēmu struktūras hierarhijas atspoguļošanai. Piemēram, šādi attēlo dažādu organizāciju sastāvdalu daudz-pakāpu pakļautību (mijiedarbību).



5. att. Daudzlimēnu sistēmas uzbūves hierarhijas ilustrācija. A, B, C — 1. makrolimēna sistēmas, kas kā elementi veido sākotnējo sistēmu; a, b, c — 2. makrolimēna sistēmas, kas kā elementi veido sistēmas A, B, C; a, b, v — sākotnējās sistēmas elementārdajās (elementārlīmeņa objektī), kas veido sistēmas a, b, c.

Teikto koncretizēsim, minēdami dažus visiem zināmus hierarhisko sistēmu paraugus. Vispirms dažus vārdus par vielas uzbūvi. Jau sen pagājis laiks, kad par elementārdajām, t.i., tālāk nedalāmām daļām, uzkaitīja molekulās, atomus, atomu kodolus. Mūsdienās dzījākais vielas uzbūves izpētes līmenis saistīts ar barionu, mezonu, leptonu un *citu* elementārdajāju atklāšanu.

Praksē mūsdienu elementārdajāju līmeni vielas parasti gan neaplūko. Vielu ipašību izpētē mēs par vielas uzbūves elementārdajām jau uzlūkojam atomu kodolus un elektronus un par tuvākajiem augstākajiem līmeniem — vielu atomārās un molekulārās uzbūves līmeņus. Piemēram, vārāmā sāls ( $\text{NaCl}$ ) — viela, ko, telpā kubiski izkārtoti, veido nātrijs un hlaora joni.  $\text{NaCl}$  ir joti vienkāršs trīslīmeņu sistēmas paraugs: tājā varam nodalit kodolu un elektronu elementārlīmeni, vienu, t.i., atomāru, starplīmeni un makrolimeni — sāls graudiņu kā veselumu. Odens ( $\text{H}_2\text{O}$ ) — viela, kas sastāv no ūdens molekulām, kuras savukārt veidotās no diviem ūdeņraža atomiem un viena skābekļa atoma. Starp elementārlīmeni un ūdeni kā veselumu (makrolimeni) pastāv divi starplīmeņi — atomārais un molekulāris.



6. att. Daudzlimēnu jeb hierarhiskās sistēmas uzbūves shēma, kas iegūta, transformējot 5. attēla parādīto shēmu. Savstarpējā elementu mijiedarbība vienā līmenī vienkāršuma dēļ parasti neliek attēlota.

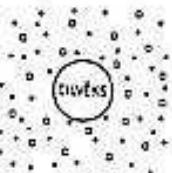
Struktūrlīmeņu skaita ziņā daudz sarežģītāka ir dažādu tehnisku veidojumu uzbūve. Aplūkosim automobili. Tāpat kā jebkuru vairāk vai mazāk sarežģītu mehāniķumu to vienmēr var reducēt līdz noteiktam elementārdaju līmenim (piemēram, fiziski to sadalot līdz autodetaļu katalogos uzrādītajām elementārajām sastāvdaļām). Taču automobiļa uzbūvei ir arī daudz starplīmeņu. Turklat ikvienas detaljas ipašības liešā mērā nosaka materiāls (viela), no kā tā izgatavota. Tātad automobiļa uzbūve ir jāaplūko kopsakarā ar to vielu uzbūvi, no kurām automobilis ir gatavots. Tas nozīmē, ka vielas uzbūves atomārais līmenis arī ir viens no automobiļa struktūrlīmeņiem. Varam secināt, ka automobilis ir sarežģīta hierarhiska sistēma, kurā bez elementārlīmeņa un makrolimēņa varam izdalīt joti daudzus starplīmeņus.

Dažādas tehniskās sistēmas (mehāniķus, mašīnas, pat modernās elektroniskās ierīces) tomēr vēl var uzlūkot par relativi vienkāršām un tāpēc labi apgūtām. Nesalīdzināmi sarežģītāk ir ar daudzajām bioloģiskajām sistēmām, piemēram, ar šūnu, organismu u.tml. Iepazīstoties ar sēriju «Zinātnē šodien»

izdotajām grāmatiņām par dažādām biosistēmām, Jūs uzskatāmi varat pārliecīgāties, cik daudz starplīmeņu ir šajās sistēmās, cik daudz to izpētē jau esam sasniegusi (modernā ķīmija un fizika bioloģiskos objektos jau pēta molekulārajā līmenī) un cik daudz tomēr vēl ir jādara, lai pilnīgi izprastu šo līmeni savstarpējo sakaru.

Piemēra labad kā bioloģisku sistēmu aplūkosim cilvēku. Protams, vislabāk šo sistēmu ir apguvuši medici un biologi. Nespecialisti savas zināšanas var atsvaidzināt ar «Populāro medicīnas enciklopēdiju». Cilvēks kā bioloģiska būtne neapjaubāmi ir ārkārtīgi sarežģīta daudzlimēnu sistēma ar unikālām ipašībām. Šauri specializētiem pētniekiem un praktiķiem šāds objekta daudzpusīgums un uzbūves hierarhijas līmeņu bagātīgums pat rada reālas briesmas pa-zaudēt nepieciešamo kopskatu.

Mūsu līdz šim aplūkoto vielisko sistēmu hierarhija ir vērsta dzīlumā. Taču, kā jau minējām, pastāv arī pretēji vērsta sistēmu uzbūves hierarhija. Teikto ilustrēsim ar konkrētu piemēru, kur «pasaulē centrā» novietosim paši sevi — par sākotnējo objektu (sistēmu) izvēlēsimies cilvēku.



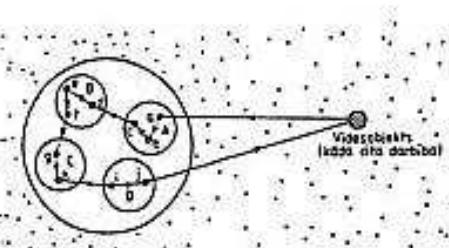
7. att. Mūsu apkārtējā vide kā sociālās vides un dabasvides kopums. Apsimējumi: tukšs aplīts — sociālo vidi veidojošie objekti (cilvēki); — melns aplīts — dabasvidi veidojošie objekti (citi objekti dzīvajā un nedzīvajā dabā).

Lai veidotu augstāku hierarhijas līmeņa sistēmas, kurās cilvēks būtu sistēmveidojošs elements, apkārtējā vidē jānoda vēl citi nākamās sistēmas elementi. Cilvēka apkārtējo vidi vispirms veido citi cilvēki (sociālā vide), tad pārējie dzīvie un nedzīvie objekti (dabasvide) (7. att.).

Kā sistēmveidojošie elementi cilvēki un pārējās dzīvās būtnes piedalās dažādu bioloģisko sistēmu izveidē. Cilvēks tajās funkcionē kā konkrēta bioloģiska būtne — kā organismš starp organismiem nedzīvajā dabasvidē. Protams, ārkārtīgi daudz dzīvās un nedzīvās dabas sistēmu pastāv un funkcionē bez tiešas cilvēka klātbūtnes (kosmoss, Mēness, okeāni, kalni, biocenoze, dzīvnieku populācijas utt.). Cilvēks atrodas šo sistēmu apkārtējā vidē un tādējādi ir potenciāli spējīgs aktīvi ar tām mijiedarbottes. Vēl vairāk, šās aktivitātes sekas ne vienmēr ir pozitīvas, un tas jau ļoti nopietni satrauc sabiedrību.

Ipaša vieta mūsu interešu lokā ir sociālajām sistēmām. To elementārdajas ir cilvēki, kas atrodas daudzveidīgās savstarpējās mijiedarbēs un mijiedarbēs ar daždažādu sociālo sistēmu veidoto apkārtējovidi. Šīs sistēmas ir ļoti daudzveidīgas, piemēram, sabiedrība, partija, biedrība, darba kolektīvs, interešu klubbs, ģimene utt. Pārsvarā tās ir daudzīmēju sistēmas. Līdzīgi pastāv sistēmas, piemēram, dažadas ekonomiskās sistēmas («laiksaimniecība», «ražošanas uzņēmums» u. c.), sistēma «pilsēta» u. tml., kurās cilvēki atrodas vienu eksistencei nepieciešamās mijiedarbēs arī ar daždažādiem nedzīvajiem objektiem.

Liekas, ka tagad, cienījamais lasītājs, Jums nebūs grūti atšķirt šās grāmatības nosaukumu «Sistēmas ap mums un mēs sistēmās». Protams, vēl ir iespējami arī citi «kalambūri», piemēram, «Mēs kā sistēmas starp sistēmām», «Sistēmas par sevi un sistēmas mums» u. tml. Sos tematus sistēmisms teorijas apguves treniņa nolūkā Jums ierosinu izstrādāt pa-



8. att. Mērķtiecīga darbība kā trīsīmēju hierarhiskā sistēma. Ipatnības: 1) mikrodarbību savstarpējē sakari realizējas noteiktā izpildes secībā un tāpēc to attēlojanai viljotās līnijas vieļā lietotas virzītas līnijas; 2) atšķirībā no 5. attēla, parādīta arī sistēmas īrejā mijiedarbība ar kādu no videsobjektiem (citu darbību). A, B, C — 1. mikroīmēja darbības; a, b, c, d, e, f, g, h, i, j — elementārlīmēja darbības. Darbību atšķērumu skatiet tekstā.

šiem, jo dažādu variāciju, kas negrēko pret liecas būtību un terminoloģiju, ir pietiekami daudz.

Sistēmu uzbūves hierarhijas jēdzienu apskatu noslēgdam, aplūkosim daudzpačīgu darbību hierarhisko struktūru.

Lai izprastu sarežģitas darbības hierarhisko struktūru, sākotnējā darbība jāsadalā noteiktās sastāvdaļas jeb pakātotās darbībās, tās savukārt tālāk jāsadalā vēl «sīkākās» darbībās, līdz beidzot saņiedzam noteiktu elementārdarbību limeni. Tā ir rūpīga virzīšanās no makrodarbības caur mikrodarbībām līdz elementārdarbībām. Teikto ilustrēsim ar hierarhisku darbību — komandas (lūguma, norādījuma, rīkojuma, pavēles) «atnest maizi» izpildi.

8. attēlā parādīts, kā šo makrodarbību varētu sadalīt mikrodarbībās, t. i., šās sistēmas elementos, ar kuriem tiek veidota tās hierarhiskā struktūra. Attēlotajai shēmai atbilst šāds secīgu darbību pieraksts.

#### Darbība «atnest maizi»

- A — sagādāt naudu:
  - a) iestāties darbā;
  - b) paveikt darbu;
  - c) saņemt naudu.
- B — nokļūt maizes veikalā:
  - d) uzzināt adresi;

- e) aizbraukt līdz veikalā;
- f) iejet veikalā.

- C — nopirkt maizi:
  - g) izvēlēties maizes kaiipu;
  - h) samaksāt.

- D — maizi nogādāt mājās:
  - i) aizkļūt mājās;
  - j) maizi novietot.

Tie lasītāji, kas ir stādījuši elektronisko skaitļotāju programmas, šajā pierakstā pamanis zināmu līdzību ar programmēšanu. Tas tik tiešām tā ir, jo programmēšana ir detalizēta priekšraksta sastādišana konkrētam skaitļotājam, kas pēc šī priekšraksta izpilda uzdotās darbības. Sarežģitas darbības hierarhiskās struktūras izprāšana ir obligāts priekšnosacījums jebkura programmētāja darbam. Taču šī norāde liecina, ka elektronisko skaitļotāju programmu veidošana ir tikai viens atsevišķs mūsu programmējošās darbības gadījums. Katru dienu mēs programmas veidojam visām dažādājām darbībām, kuras veicam gan paši vai uzticam citiem, arī dažādām tehniskām ierīcēm. Lūk, kur diendienā rodami sistēmīsma, parasti gan neapzināta, piemēri.

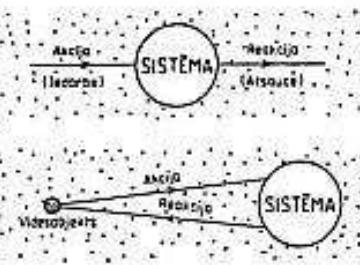
**Sistēmas ipašības** ir sistēmas un apkārtējās vides mijiedarbības potences. Sistēmas ipašības atsedzas sistēmas un apkārtējās vides (videsobjektu) mijiedarbībā: noteiktām mijiedarbēm atbilst noteiktas ipašības.

Sistēmas ipašību jēdziens ir viens no centrālajiem sistēmīsma pamatjēdziņiem, un dažādu sistēmu ipašību izzināšana un izmantošana ir mūsu praktiskās dzīves pamats. Sajā sakarībā turpinājumā jautājumi par sistēmu ipašībām tiks aplūkoti ipaši.

Sistēmai mijiedarbottes ar apkārtējo vidi — tas nozīmē mijiedarbottes ar dažādām videsobjektiem, un šo objektu daudzveidība atsedz sistēmas ipašību daudzveidību. Katrai sistēmai konkrētā vidē izpaužas noteiktas ipašības, un tas ir pamatā šīs sistēmas kā vienota veseluma izdalīšanai no apkārtējās vides. Citiem vārdiem sakot, sistēmas mūsu uzmanību pievērš tieši ar savām ipašībām.

Jebkura sistēmas ipašība tiek raksturota, norādot, kāda ir atbilstošā sistēmas un vides mijiedarbība. Vispirms fiksē vides (videsobjekta) iedarbību uz sistēmu. To sauksim par akciju jeb jedarbi. Pēc tam

9. att. Sistēmas ipašību kā akcijas (iedarbības) un reakcijas (atsauces) saistības atseganās šis sistēmas mijiedarbībā ar apkārtējo vidi (divi attēlojuma varianti).



fiksē sistēmas atsaukšanos uz šo iedarbi. To sauksim par reakciju jeb atsauci. Konkrēto sistēmas ipašību raksturo konkrēts reakcijas (atsauces) sakars ar akciju (iedarbību). Shematiiski tas atspoguļots 9. attēlā.

Šo shēmu var ilustrēt ar piemēriem. Spuldze, mijiedarbodamās ar elektroapgādes tīklu, rada mākslīgo apgaismojumu. Sajā gadījumā sistēma ir spuldze, attiecīgā vide — elektroapgādes tīls, bet ietverē, kurā spuldzi iekrūvējam, ir konkrēts videosobjekts, ar kuru tieši mijiedarbojas aplūkojamā sistēma — elektriskā spuldze. Akcija ūjā gadījumā ir elektrolikā iedarbība uz spuldzi (spuldze saņem elektrisko energiju). Sistēmas reakcija ir gaismas izstarošanai un atbilstošā ipašība — spēja elektrisko energiju pārveidot gaismas energijā. Tieši šīs ipašības dēļ, mēs spuldzes rāzojam un lietojam.

Konkrētās vides ar dažādām vielām noteik būtiskas pārvērtības — rodas jaunas vielas. To vērojam gan ķīmijas laboratorijās, gan dabā (piemēram, dažādu metālu oksidācija gaisā, korozija ūdens vai citu «agresīvo» videosobjektu iedarbībā), gan arī virtuvē, kur gatavojam ēdienu. Visos gadījumos, kur noteikta viela kā ar videosobjektiem mijiedarbojas ar citām vielām, atklājas šīs vielas ipašības. Izejvielām ūjā vidē ķīmiski reagējot, mēs iegūstam jaunas vielas ar mūs interesējošām ipašībām (neorganisko vielu ķīmijā, organisko vielu ķīmijā, biokīmijā, agrokīmijā utt.). Attiecībā uz dažādu vielu spēju savstarpēji pārvērsties runājam par to ķīmiskejām ipašībām.

Viss, ko esam teikuši par materiāltehnisko sistēmu ipašībām, ir spēkā arī attiecībā uz dažādajām sociālajām sistēmām. Konkrētā vidē interesantas pārvērtības noteik arī ar «radības kroni» — ar cilvēku kā

sistēmu. Mijiedarbojties ar vidi, mēs fiksējam gan pašu, gan citu cilvēku fiziskās, tikumiskās, profesionālās, politiskās, psihofiziologiskās utt. Ipašības. Mijiedarbībā ar vidi atsedzas sarežģītu sociālo sistēmu ipašības, kā, piemēram, ipašības, kas atsevišķai valstij piemīt vidē, ko veido pārējās valstis, darba kolektīvam — konkrētajā sociālekonomiskajā vidē, sporta komandai — sportiskajā vidē (sāncenši, līdzjutēji, organizatori) utt.

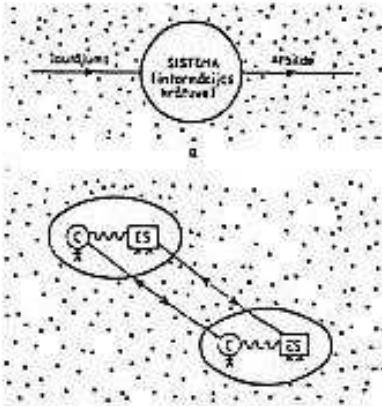
Ap mums un ar mūsu aktīvu līdzdalību notiekšajā mijiedarbībā ūjā var nodalīt informacionālās mijiedarbības un ar tām saistītās attiecīgo objektu ipašības. Lielā mērā pateicoties šīm mijiedarbības līpam, cilvēks tagad ir tas, kas viņš ir, — sarežģīts vieliskais veidojums (organisms), kas saglabājas paaudzi pēc paaudzes un ir intelektuāli augstu attīstīta dzīvā būtne. Informacionālā mijiedarbība un atbilstošā sistēmu ipašības ir informātikas kā zinātnes un tehnikas (plašā skaitā) interešu un rūpju objekts. To izprāšana un izmantošana ūjā aktuāla ir mūsu dienās, kad informātikas tehnisko līdzekļu jomā notiek revolucionārs apvērsums — masveidā tiek ieviesti elektroniskie skaitļotāji (kompjūteri). Lai lītotu modernos informātikas tehniskos līdzekļus, jāzina un jāizprot to ipašības. Minēsim dažus informacionālo mijiedarbību un atbilstošo objektu ipašību paraugus.

Jānītis (sistēma) zoologijas stundā. Skolotājs (videosobjekts) rāda putna izbāzeni un jautā (akcija): «Kas tas par putnu?» Jānītis pareizi atbild (reakcija): «Tas ir stārkis.» Jānīša ipašība — pazīt stārkī.

Uzzīpu birojs (sistēma) saņem jautājumu (akcija) un sniedz atbildi (reakcija). Biroja ipašības ir spēja pareizi atbildēt uz noteiktiem jautājumiem, ātri sagatavot un izsniegt atbildes, dažādi tās noformēt utt.

Kā redzams, informacionālās mijiedarbībēs akcija un reakcija realizējas formā «jautājums un atbildē», bet attiecīgās sistēmas ipašības raksturo tās atbildēspēja. Cilvēka ipašības, kas izpaužas informacionālās mijiedarbībēs, būtiski paplašina elektroniskā skaitļosanas tehnika (EST), it ūjā tās apvienošana skaitļotātīklos. Mūsdienās strauji veidojas un izplatās sistēmas «cilvēks un elektroniskais skaitļotājs», kuru atbildēspēja informacionālajās mijiedarbībēs stipri pārsniedz to, ko cilvēks spējis viens pats (galvenokārt šīdarbīgumā un spējā operēt ar ūti

10. att. Informacionālā mijiedarbība vispār (a) un sistēmu «cilvēks (C) un elektroniskais skaitļotājs (ES)» informacionālā mijiedarbība (b). Informācijas krātuve — cilvēks, grāmata, rastjums, elektroniskā skaitļotāja atmiņa utt.



lielu informācijas apjomu). Kā parādīts 10. attēlā, informacionālā mijiedarbība «cilvēks—cilvēks» (jautājumu uzdošana un uztveršana, atbilstu nodošana: un sapņšana) dažēji var pilnīgi var realizēties ar elektroniskā skaitļotāju starpniecību.

Aplūkotās informacionālās mijiedarbībes un ar tām saistītās sistēmu ipašības būtibā tikai kā viens atsevišķs gadījums pārstāv daudz vispārigāku mijiedarbības tipu — tādu mijiedarbību, kur sistēmas reakcija uz apkārtējās vides iedarbību ir šīs sistēmas mērķtiecīgi veikta, konkrēta darbība, bet akcija ir noteikta komanda (pavēle, rīkojums, lūgums, nepleciešamības apzināšanās u. tml.), kas sistēmai liek žoderbību veikt. Sajā gadījumā runājam par sistēmām, kuras spējīgas uz noteiktu mērķtiecīgu darbību, un to ipašības (kāda darbība, cik ātri, uz kādu resursu bāzes, kādā kvalitātē tiek veikta) visā mūsu ikdienā ūjēm ūti svarīgu vietu. Ūjā svarīga tā ir tagad un vēl svarīgāka būs nākotnē, kad, savas fiziskās un garīgās darbaspējas paplašinādami, mēs arvien vairāk un vairāk lietošim dažādas automatizētas un automātiskas sistēmas.

Sistēmīsma pamatjēdzienu iso apskatu esam noslēguši. Mūsu praksē svarīgākais ir sistēmas ipašību jēdziens, tādēļ nākamajā grāmatīgās iedājā mērināsim atbildēt uz vienu no sistēmīsma pamatjautājumiem — «Kas principā nosaka sistēmas konkrētās ipašības?»

## SISTĒMU ĪPAŠĪBU IZCELSME

Kādēj šo jautājumu vajadzētu iepaši izdalīt no sistēmu īpašību apskata? Tādēj, ka, izprazdam, kas principā nosaka jebkādu sistēmu īpašības, mēs daļājam atslēgu, kas dod iespēju veidot un izmantot sistēmas ar mums vajadzīgām īpašībām. Teorija par ceļu praksei, mūsu rīcība klūst apzinātāka, mērķtiecīgāka. Interesēties par apkārtīni — tas nozīmē interesēties par apkārtējo objektu īpašībām, lai tās izmantotu atbilstoši savām interesēm. Seit taču skaram savas pastāvēšanas pamatlīgū!

Sistēmu īpašību izceļsmes izpratnes pamatā ir sistēmīsa vispārīgā atziņa, ka sistēmas pastāv vienotībā ar apkārtējo vidi. Sajā vienotībā un tās veidotājelementos (sistēma, vide) meklējama mūs interesējošā atbilde. Vispirms aplūkosim sistēmu sastāva lomu, tad apkārtējās vides nosacītošās ārējos sistēmas eksistences apstākļus un šo apstākļu sakaru ar sistēmu īpašībām.

Ikviena sistēmas īpašība kā šīs sistēmas un vides nosacītas mijiedarbes potencēs atsedzas, sistēmai stājoties atbilstošā mijiedarbībā ar apkārtējo vidi. Piemēram, glābšanas veste savas īpašības demonstrē avārijas situācijā uz ūdens, izpletņis — gaisā. Sporta laukumā Jānis atsedz savas fiziskās spējas, virtuvē — savas spējas kulinārijā, darbā vīnu pazīst kā labu priekšnieku, mājās kā gādīgu vīru un tēvu. Automobiļa īpašības iepazīstam, braukdamī pa ceļu, lāptas īpašības — rakdamī zemi u. tml. Konkrēta vide (videsobjekts) vienmēr atraisa konkrētu sistēmas īpašību.

Jebkuras sistēmas ārējās mijiedarbības potences — šīs sistēmas īpašības — ir cieši saistītas ar sistēmas sastāvu, jo būtībā sistēmas ārējās mijiedarbes ir vides (videsobjekta) mijiedarbes ar sistēmas elementiem. Sistēmas elementu ārējās un arī savstarpējās mijiedarbības potences — šo elementu īpašības — veido sistēmas kā vienota veseluma īpašību «genētisko pamatu». Bet tikai pamatu, jo vispār sistēmas īpašības nav reducējamas tikai uz tās elementu īpašībām. Pastāvot elementu savstarpējai mijiedarbībai, sistēma iemanto jaunu kvalitāti: sistēmai piešķirtās īpašības, kādas kvalitatīvi vai vismaz kvantitatīvi nevienam no sistēmveidojošajiem elementiem atsevišķi nav raksturīgas. Tomēr sākotnēji

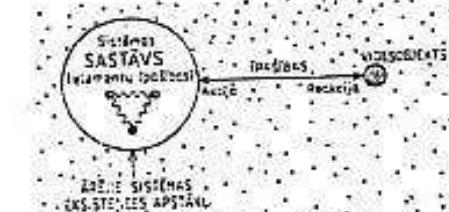
visam pamatā ir sistēmas sastāvs, sistēmas elementu individuālās īpašības — šo elementu mijiedarbības potences.

Sistēmai pastāvot vienotībā ar vidi, sistēmas īpašību nosacītājsfaktors nav tikai sistēmas iekšējās potences (elementu īpašības). Līdz ar sistēmas sastāvu fundamentālo lomu kā līdzvērtīgs faktors jāņem vērā arī apkārtējās vides nosacītošās ārējās sistēmas eksistences apstākļi.

Līdz šim, runādami par kādu noteiktu sistēmas īpašību, uzmanību pievērsām tikai tai sistēmas un vides mijiedarbei, kura šo īpašību atsedz tieši. Taču uzmanība jāpievērs arī tām sistēmas un vides (videsobjekta) mijiedarbībām, kas noris mūsu īpaši izdalītajai mijiedarbei līdztekus. Šīs tā sauktās blakusmijiedarbes arī ir mijiedarbes ar sistēmas elementiem: un arī nosaka mūsu novēroto sistēmas īpašību. Sajā sakarībā, visas sistēmas un vides blakusmijiedarbes apvienojot jēdzienā «ārējās sistēmas eksistences apstākļi», runājam, ka sistēmas īpašības ir atkarīgas no šīs sistēmas ārējām eksistences apstākļiem. Līdz ar to sistēmu īpašības nav kaut kas sastindzis, fiksēts, tikai ar sistēmas iekšējām potencēm saistīts. Tās ir dinamiskas, daudzveidīgu sistēmas un vides sakaru nosacītas.

Apkopojot visu, ko esam teikuši par vides, pašas sistēmas un to kopsakara nozīmi sistēmas īpašību izceļsmē, varam formulēt joti svarīgu sistēmīsa atziņu: *jebkuras sistēmas īpašības nosaka tās sastāvs un ārējās eksistences apstākļi*. Citiem vārdiem, sistēmas sastāvs (elementu īpašības) nosaka, kādās sistēmai var būt ārējās un iekšējās mijiedarbes, bet šīs potences atraisās konkrētā vidē un tiek fiksētas kā sistēmas konkrētās īpašības (11. att.).

So atziņu var uzskatītām ilustrēt ar neskaitāmiem piemēriem. Aclīmredzams šķiet tas, kā tāk dažādas īpašības var būt ķīmiskajām vielām: to dažādā sastāvā kombinējas aptuveni 100 ķīmisko elementu atomi. Labi zinām arī to, ka vielu īpašības ir atkarīgas no ārējiem to eksistences apstākļiem. Vides temperatūras ietekmē mainīs dzīvsudraba stabību augstums termometrā, ziemā ūdens sasalst, bet virsugunkura novietotā katlinā tas iztvaiko. Dažādus piemērus sniedz arī citas jomas. Plaši pazīstama ir sporta zvaigžņu apvienošana vienā komandā, kura tiek nodrošināti iespējami ideāli treniņa un sadzīves



11. att. Sistēmas īpašību izceļsmes: shēmatiski sistēmas sastāva un ārējo eksistences apstākļu fundamentālās lomas attēlojums.

apstākļi. Trenera sākotnējā iecere ir radīt vienmēr un visus uzvarošu komandu (sistēmas īpašību). Darba kolektīva sasniegtie rezultāti (īpašības), ne-apšaubāmi ir atkarīgi no tā, cik īstu darbarūku un cik slauštu ir kolektīva sastāvā, kā arī no tā, kādi kolektīvam ir darba apstākļi (kā tiek piegādātas izejvielas, enerģija, tehnika un citi resursi, cik savlaicīgi tas sapēm darba uzdevumus, cik ritmiski tiek aizgādāta saražotā produkcija u. tml.).

Sistēmu īpašību apskatā vēl ir nepieciešamas dažas iepašas norādes.

Pirmkārt jāuzsver jau teiktais, ka sistēmas īpašības var būtiski atšķirties no tās elementu īpašībām. Piemēram, rūpniecībā plaši tiek izmantota dimanta cietaiba (metāniskā īpašība), bet runāt par dimantu veidojošo oglekļa atomu cietaibu nav nekādas jēgas; ir zināms, ka varš ir labs elektrovadītājs, bet nevar runāt par vara atomu elektrovadītspēju. Pēdējie, protams, savī ietver atbilstošās potences, taču tās realizēsies, tikai atomiem vietā savstarpēji mijiedarbojoties. Arī automobilim, robotam un citām tehniskajām sistēmām ir īpašības, kuras nepiešķirt tās veidojošajām daļām.

Taču daudzos gadījumos tā tomēr nav. Sistēmai var būt arī tādas īpašības, ko tieši nosaka analogiskas sistēmas elementu īpašības. Piemēram, kieģeļu kravas svars gluži vienkārši ir atsevišķo kieģeļu svaru summa. Pieci atsevišķi litri ūdens dod piecus litrus ūdens vienā traukā. Vai te ir pretruna ar sistēmīsa pamatatlīgām, vai arī šie gadījumi ir izņēmums?

Savā pasauluzlīverē un praksē cilvēki dažādus

objektus (sistēmas) kā veselumus sastāvdaļas dalīja un no daļām kopā lika jau ļoti sen. Te varam minēt kaut vai atomismu, kura pamatā ir atziņa, ka viela sastāv no niecīgām daļiņām — atomiem. Šādu uzskatu jau pirms vairāk nekā 2300 gadiem pauca un attīstīja sengrieķu filozofi Leipiks, Dēmokrits un Epikūrs. Tomēr, sistēmu ipašības skaidrojot, neievērots ilgi palika būtisks moments — sistēmas sastāvdaļu mijiedarbība. Objekta kā vienota veseluma ipašības tika skaidrotas tikai ar tā sastāvdaļu ipašībām. Vienkāršako sistēmu ipašības šādi tiešām ir izskaidrojamas un skaitliski novērtējamas, bet tas ir tikai tad, ja sistēmas elementu mijiedarbība šeit būtiski neizpaužas un to var ignorēt. Šādos gadījumos sastopamies ar atsevišķiem speciālgadījumiem, un pretruna ar sistēmīšma pamatatzīpām nepastāv.

Turpretī lielākoties šāds vienkāršots skatījums ir neauglīgs un struktūrelementu mijiedarbība mums ir jāizprot un jāņem vērā. Aplūkosim, piemēram, kā tiek novērtēta objekta masa, ja zināma ikviens tā sastāvdaļas masa. Ikdienas pieredzē esam pārliecinājušies, ka jebkura mūsu apkārtnē sastopamā objekta masa vienmēr ir tā sastāvdaļu masu aritmētiska summa. Toties mikropasaules objektiem šādi masu nav noteicama. Neviena atoma kodola masa nav tā sastāvā ietilpstošo nuklonu (protonu un neutronu) masu summa, jo joti būtiska loma šeit ir kodolos pastāvošajai nuklonu savstarpejai mijiedarbībai. Spilgti šādu netriviālu sistēmu piemēri ir arī dažadas sociālās sistēmas. Protī, mijiedarbojošos cilvēku kopumā var atraisīties tādas ipašības, kas individuāli, ārpus šī kopuma, šajos cilvēkos ir nemaināmas, snaudošas. Piemēram, tās var būt pašaizlēdzība un uzupurešanās, kas atraisīs kaujas laukā, cīnītāju pulka aizstāvot savu tēvzemī, bet tās var būt arī vandālisms un sadisms, kas izpaužas, barā demolejot telpas vai cietsirdīgi izrēķnoties ar citādi domājošajiem. Sajā sakarā pazīstama ir dažādu nevēlamu kopējo elektro novēršanas recepte «Skaldi un valdī». Tāpēc vēlreiz atkārtosim, ka sistēmas un tās elementu attiecības to ipašību aspektā lielākoties ir visai sarežģitas un praksē ar to ir nopietni jārēķinās.

Otra ipašā norāde nepieciešama attiecībā uz šķietami nemainīga sastāva sistēmām. Šādas sistēmas salīdzinot, to ipašības atšķiras, kaut gan

salīdzinātas tās tiek vienādos ārējos apstākjos un arī to sastāvs liekas vienāds.

Piemēram, tiek noteikts, cik cetas ir divas no vienas plāksnes izgalavotas tērauda plāksnites, un izrādās, ka katrai plāksnītei cietība ir citāda. Kā tad tā — tērauda sastāvs taču ir viens un tas pats un abām plāksnītēm cietība tiek mērita vienādi un vienos un tajos pašos apstākjos? Cits piemērs. Pēc vairākiem gadiem «sastopas» divi automobiļi, kas savā laikā no rūpīcas konveijera noripojuši, gan pēc sastāva, gan ipašībām būdamī vienādi kā viena avota divas ūdens piles. Tagad tie viens otru «ne-pazīst»: viens ir izrūsējis un ar bojātām bremzēm, otrs vēl tīri glīts, tikai ar padilušām riepām un pārāk daudz «ēd eļļu». Visas sākotnējās detaļas savās vietās, tātad sastāvs it kā nav mainījies un sastopāšanās apstākli abiem automobiļiem vienādi. Kāpēc daudzas ipašības, piemēram, bremzēšanas ceļa garums, motoreļļas patēriņš u. c., tagad tiem ir atšķirīgas? Kā šādos gadījumos izprast sistēmīšma pamatatzīpu par sistēmu ipašību izcelsmi?

Ja ne pirmais, tad droši vien otrs piemērs mūs jau vedina domāt, ka uz minēto sistēmu ipašībām tagadnes apstākjos jūtamu ieteikmi ir atstājusi sistēmu priekšvesture — ārējo apstākļu ieteikme pagātnē. Tik tiešām, abu aplūkoto un visu citu šķietami nemainīga sastāva sistēmu ipašības ir atkarīgas gan no tagadējiem, gan no agrākajiem ārējiem apstākļiem. Sistēmas «atceras» līdz šim iedarbojušos ārējos apstākļus, tie ir fiksējušies sistēmu elementu ipašībās, un rezultātā likumsakarīgi ir mainījušās sistēmu ipašības tagadnē. Ko šajā sakarā izsaka jēdziens «šķietami nemainīgs sistēmas sastāvs»? Tas nozīmē, ka sistēmas elementi tagadītāk ir kā ir tie paši, kas agrāk (atomi, autodetajas), taču to ipašības ir mainījušās un līdz ar to šie elementi faktiski tomēr vairs nav tie paši, kas agrāk. Raugoties no konsekventa sistēmskatījuma viedokļa, sistēmu sastāvs ir mainījies, jo to elementu klāstus tagad veido elementi ar citādām ipašībām, nekā tas bija agrāk. Atbilstoši mainījušās sistēmu kā vienotu veselumu ipašības, un attiecībā pret sistēmu sastāva specifisko maiņu runā par šķietami nemainīga sastāva sistēmām.

Atgricīsimies pie aplūkotajiem piemēriem. Vieno no abām tērauda plāksnītēm pirms cietības mēriša-

nas bija norūdīta — līdz pietiekami augstai temperatūrai sakarsēta un pēc tam joti strauji atdzesēta. Rezultātā tēraudam arī istabas temperatūrā saglabājās tāda atomu mijiedarbībe (ipašības), kāda tieši raksturīga augstā temperatūrā un nodrošina lielāku materiāla cietību. Lūk, kāpēc šī plāksnīte ir cietāka nekā plāksnīte, kura visu laiku atradusies tikai istabas temperatūrā (citāda atomu mijiedarbībe un ipašības). Savās tagadējās ipašībās (konkrēti — cietībā) abas plāksnītes fiksējušas (atceras) savus agrakos ārējos apstākļus.

Piemērs ar automobiļiem ir uzskatāmāks. Mūsu ikdienas pieredze uzreiz pasaka, ka ārējie apstākļi — laika «zobas» — abus automobiļus to ekspluatācijas laikā nav ietekmējuši vienādi. Ārējie apstākļi — tas vispirms jau ir autovadītājs, viņa attieksme pret automobili (saudzība, profesionālā meistarība u. tml.) un automobiļa izmantošanas dabiskā vide. Ārējie apstākļi fiksējas automobiļa detalās un to mijiedarbībā. Iedarbības sekas uzkrājas un galu galā nosaka automobiļa tagadējās ipašības, tādējādi atspoguļojamas aplūkojamā automobiļa pagātni.

Dažādo sociālo sistēmu ipašības aplūkojot, joti svarīgi ir ievērot agrāko ārējo apstākļu lomu. Daudzi vienas nozares darba kolektīvi pēc sastāva var būt it kā vienādi un tagad atrasties vienādos ārējos apstākļos, tomēr pēc savām kolektīva kā veseluma ipašībām visai atšķirties, jo vienmēr jāņem vērā konkrēto cilvēku, darba kolektīva elementu pagātnē.

Kā šķietami nemainīga sastāva sistēmas strādā arī elektroniskās skaitļošanas tehnikas dažādās atmiņas ierices. Darbības gaitā to sastāvā nekādas pārmaiņas it kā nenotiek, bet noteiktu ārējās vides iedarbību rezultātā mainīs šo ierīču elementu un līdz ar to visas ierices ipašības. Sajā sakarā uzskatāms piemērs ir arī parastais piezīmju bločiņš: tā sastāvs (lappušu klāsts) it kā nemainās, bet Jūs kā blociņa videsobjekts izmaināt lappušu ipašības (izdarīdams ierakstus). Tagadējais blociņa informatīvais saturs (ipašība) ir pagātnē notikušo iedarbīju (ierakstes aktu) rezultātu uzkrājums. Ja rakstām ar zīmuli, ieraksti ir ērti izdzēšami. Dažādās elektroniskās atmiņas sistēmās notiek līdzīgi. Neierasts skatījums? Varbūt, taču tas atkal ir viens konkrēts vispārīgo sistēmīšma atziņu realizācijas piemērs un mūsu apkārtnē tādu ir ārkārtīgi daudz. Skatīt konkrēto un

saredzēt vispārīgo, pēc tam jau ar redzīgākām acīm atkal vērot atsevišķus gadījumus — tādā sečībā mēs aktīvi izprotam savas apkārtnes objektus.

Noslēdzot sistēmu īpašību izceļmes pamatproblēmu apskatu, nedaudz jāparunā, kā pareizi izprotama un lietojama vārdkopa «sistēmas uzbūve (struktūra) un īpašības». Parasti šo vārdkopu lieto, sistēmas īpašību apskatā norādot uz sistēmas uzbūves un īpašību saistību. Kā no visa teiktā redzams, daudz precīzāk šados gadījumos būtu lietot vārdkopu «sistēmas sastāvs un īpašības», taču arī tad vēl netiek nemīti vērā ārējie sistēmas eksistences apstākļi. Pilnā formula ir «Sistēmas īpašības=sistēmas sastāvs (elementu īpašības) × ārējie sistēmas eksistences apstākļi».

Kāpēc sistēmskatījumā nejederas formula «Sistēmas īpašības nosaka sistēmas uzbūve (struktūru)», lai arī papildināta ar ārējo sistēmas eksistences apstākļu lomas atziņanu? Kā jau iepriekš noskaidrojām jēdziens «sistēmas uzbūve (struktūra)» sevi ietver jēdzienu «sistēmas sastāvs», kas papildināts ar jēdzienu «sistēmas elementu savstarpējais izkārtojums telpā un laikā». Elementu savstarpējais izkārtojums ir universāla visu sistēmu īpašība. Tas izpaužas sistēmas elementu konkrētajās savstarpējās mijiedarbēs (tiesa gan, daudzos gadījumos ikdiņā pierastie telpas un laika jēdzieni jāvispārina, tos attiecinot arī uz netradicionālām — jēdzienu vai zīmu veidotām un citām abstraktām — vidēm).

Tādējādi vārdkopa «sistēmas uzbūve (struktūra) un īpašības», kas lietota nozīmē «sistēmas uzbūve (struktūra) nosaka sistēmas īpašības», ir neologiska; iznāk tā, ka sistēmas sastāvs un viena sistēmas īpašība nosaka visas citas īpašības. Praksē šī vārdkopa jāsaprot tā, ka, zinot sistēmas sastāvu un tās elementu savstarpējo izkārtojumu kā sistēmas pamatīpašību, joti bieži daudz ko var secināt arī par pārējām īpašībām, kas attiecigajai sistēmai ir komplektā ar šo pamatīpašību. Sajā izpratnē vārdkopa «sistēmas uzbūve (struktūra) un īpašības» sastopama arī sajā grāmatīqā.

Līdz ar to esam aplūkojuši sistēmisms pamatizīpas par visu dažādu sistēmu īpašību izceļmi un noskaidrojuši, ka, manipulējot ar sistēmas sastāvu (elementu īpašībām) un ārējiem tās eksistences ap-

stākjiem, varām apzināti veidot sistēmas ar mums nepieciešamām īpašībām. Tās ir principiālās iespējas, lai tās varētu realizēt praksē, jāveic konkrētu sistēmu izpēte. Tādēļ turpinājumā aplūkosim sistēmu īpašību izpētes vispārīgu organizāciju un norisi.

## SISTĒMU IZPĒTE JEB SISTĒMANALĪZE

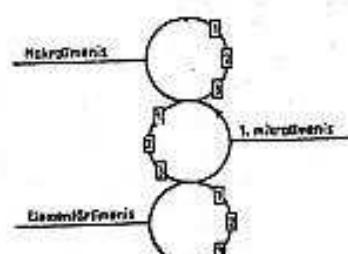
Kāpēc sistēmu izpēte jāaplūko īpaši? Kāpēc vispār pētām dažādus objektus? Ko šī pētniecība mums dod? Kāpēc tagad mums nepieciešamas kaut vai elementāras pētnieka darba iemapas, prasmes, zināšanas? Tāpēc, ka konkrētu sistēmu izpēte nodrošina apzinātu šo sistēmu praktisko izmantošanu. Sistēmu izpēte — tā ir sistēmu īpašību izpēte, kas nepieciešama, lai mēs šīs īpašības varētu pēc iespējas efektīvāk izmantot savēs interesēs. Izziņa ir apzinātas prakses pamats. Tēlaini izsakoties, izziņa ir mūsu prakses izlūks, priekšpostenis.

Sistēmu izpētes gaitā sistēmskatījums — vispārīga izziņas un prakses metodoloģija — tiek koncretizēts: konkrētās vidē tiek fiksēti konkrēti objekti ar konkrētām mijiedarbēm un attiecīgi arī īpašībām, tad izdalīti konkrēti sistēmu elementi, to mijiedarbes un īpašības utt. Sajā darbībā saskatāmi universāli elementi, un tieši tāpēc sistēmu izpēti ir iespējams aplūkot arī vispārināt.

Jebkāda objekta kā sistēmas izpēte ir mērķtiecīga darbība, kurā attiecīgo objektu tveram sistēmredzējumā.

Jebkurās sistēmas izpēte norit atbilstoši tās uzbūves (struktūras) hierarhijas līmeņiem. Vienmēr tā sākas ar sistēmas izpēti makrolīmeni, kurai seko aizvien dziļāka ielūkošanās sistēmā: pētījumā secīgi tiek

12. att. Sistēmas uzbūves hierarhijai atbilstoši izpētes līmeņi un cikls (schematisks attēlojums). Cikls attēlojotā apļu saskarsme norāda uz izpētes līmeņu organisko salīdzību. Katrā izpētes līmeņa trispīsmu cikls parādīts nākamajā attēlā.



13. att. Konkrēta sistēmas izpētes līmeņa trispīsmu cikls.

ielverti aizvien dziļāki mikrolīmeni, līdz tiek sniegts elementārlīmenis — līmenis, ar kuru pietiek, lai interesējošā īpašība būtu izprotama (12. att.). Izpētes gaitā iespējama arī virzīšanās «uz augšu»; tad sākotnējā sistēma tiek aplūkota kā citas, hierarhiski augstākas sistēmas elements. Vienkāršākajos gadījumos sistēmas īpašību izzināšanai pieteik ar divlīmenu pētījumu (šādu gadījumu mēs aplūkojām sistēmu īpašību izceļmes apskatā), turpretī sarežģītākos gadījumos (piemēram, bioloģisko sistēmu gadījumā) pētījumi aptver daudz vairāk līmeņu.

Katrā sistēmas izpētes līmeni attiecīgais pētījums veido trispīsmu ciklu (13. att.). Pirmajā posmā tiek konstatēti un aprakstīti ar aplūkojamo sistēmu saistītie fakti (objekti, elementi, mijiedarbības, īpašības utt.). Otrajā posmā — noteik konstatēto faktu analīze, un rezultātā rodas noteikts attiecīgās sistēmas attēlojums — sistēmredzējums (modelis), kā arī jauni secinājumi par sistēmas īpašībām. Trešajā posmā šis sistēmredzējums un secinājumi tiek pārbaudīti praksē. To var uzzskatīt arī par jaunu pirmo posmu, un, ja vajadzīgs, tam var sekot arī jauns otrs utt., līdz sasniedzam konkrētām praktiskām vajadzībām pietiekamu sistēmas aprakstu. Vārdu sakot, cikls var vairākkārt atkārtoties.

So vispārīgo atziņu konkretizēsim, sīkāk aplūkodami sistēmas divlīmenu izpēti.

## Sistēmu makroskopiskā izpēte

Sistēmu izpēte makrolīmeni sniedz atbildes uz jautājumiem «Kas, kad, kur un kā ar sistēmu notiek?», un tās galvenā lezīme ir sistēmas kā vienota veseluma aplūkošana. Atbildes uz jautājumiem «Kas un kā?» raksturo sistēmas reakcijas, atbildes uz jau-

tājumiem «Kad un kur?» — vides iedarbes (akcijas, ārējos sistēmas eksistence apstākļus). Makrolīmeni visai bieži par aplūkojamo objektu (sistēmu) tiek runāts kā par «melno kasti», tādējādi uzsverot, ka par to, kāda ir šis konkrētās sistēmas uzbūve (struktūra) jeb, citiem vārdiem sakot, kas un kā šajā kastē «ir iekšā», mēs neinteresējamies.

Pirmais posms jebkuras sistēmas makroizpētes ciklā — faktu konstatēšana un aprakstīšana — sākas ar aplūkojamās sistēmas fiksēšanu, ar tās izdalīšanu noteiktā vidē. Parasti to nodrošina tas, ka ir konstatēta kāda sistēmai piemitoša raksturīga ipašība, kas sistēmu izceļ uz attiecīgās vides fona.

Pirmā posma 1. etaps — faktu konstatēšana. Sistēmas (objekta) izpēte vienmēr sākas ar to, ka par šo sistēmu tiek savākti pieejamie fakti. Šī ir empirisko datu vākšana un uzkrāšana. Tā notiek, novērojot sistēmas un vides dažādās mijiedarbes (akcijas, reakcijas, ipašības). Šis mijiedarbes mēs varam organizēt arī paši, tādā gadījumā runājam par sistēmas eksperimentālu pētniecību. Eksperimentālu novērojumu loma mūsu izzinātājdarbībā saistās ar angļu zinātnieka F. Bēkona (1561—1626) vārdu. Tieki uzskatīts, ka kopš viņa laikiem eksperimentālie novērojumi ir apzināta pētniecības cikla 1. posma sastāvdaļa.

Dažādu objektu (sistēmu) ipašības ir joti daudzveidīgas, bet, konkrēti tās pētot, parasti aprobežojas ar kādu noteiktu sistēmas ipašību vai ipašību kopu, kas attiecīgajā gadījumā mūsos izraisa vislielāko interesiju. Tāpēc zināmā mērā ar šim interesēm vienmēr tiek aprobežota arī sākotnējo faktu «Kas, kad, kur un kā ar sistēmu notiek» vākšana un uzkrāšana. Faktu konstatēšana ir organiski saistīta ar nākamo sistēmas izpētes cikla posmu, jo visi trīs cikla posmi ir gan tieši, gan atgriezeniski joti cieši saistīti (sk. 13. att.). Piemēram, otrajā posmā var rasties nepieciešamība pēc papildfaktiem, un tad tie arī tiek fiksēti. Pie iepriekšējo posmu uzdevumu risināšanas joti bieži atgriežas izpētes cikla trešajā posmā.

Tā kā skola ķīmijas un fizikas stundās mēs visi esam mācījušies par vielu iipašībām, teikto ilustrēsim ar vielu elektriskajām iipašībām. Vielu elektriskās pamatiipašības (elektrizēšanās, elektroyadīspēja, elektriskā polarizācija) atklātas un atbilstošie dažādu vielu raksturīselumi noteikti jau sen. Tagad

cikla pirmajā posmā parasti tiek noskaidrotas jaujas, līdz šim vēl nelzpētītas vai maz pētītas vielu elektriskās iipašības un pētīls, kā zināmās iipašības izpaužas ekstremālos apstākļos, piemēram, joti zemā vai joti augstā temperatūrā vai spiedienā, radiācijas apstākļos u.tml.

Plaši pazīstams sākotnējais faktu vākšanas piemērs ir marksisma-lepinisma klasiku Marks, Engelsa un Lepina darbība dažādu sociālo sistēmu izpētē. Uz ilggadēju novērojumu bāzes attīstījušās bioloģija un medicīna, pedagoģija un psiholoģija, ekonomika, socioloģija un visas citas mūsdienu zinātnes nozares. Iši sakot, sistēmu izpētes pirmo posmu ignorēt nevar nevienā gadījumā. Tomēr dažreiz šo posmu pieņācīgi nenovērtē. Otra posmu veicot uz pavisīti savāktā vai nepilnīga faktu materiāla pamata, naivī tiek cerēts uz veiksmi trešajā posmā. Sistēmu izpētes pirmā posma fundamentalās lomas nenovērtēšana «pie laba gala neved».

Pirmā posma 2. etaps — faktu aprakstīšana. Lai aprakstītu sistēmas un vides mijiedarbību un līdz ar to arī sistēmas attiecīgās iipašības, nepieciešama ir piemērīta aprakstīta valoda. Ja tāds jau ir, tā jāapgūst un jālieto, bet, ja tādas vēl nav, tā jāizveido. Te joti nepieciešama zināma atkāpe, lai išņūtā pakalpojotu, kas vispār ir «aprakstīta valoda».

Manu orgāniem reģistrējot objektīvus faktus, tie atspoguļojas mūsu apziņā. Katrs konstatētais fakti (piemēram, vides iedarbība uz sistēmu, sistēmas reakcija u.t.) sistēmu zinātniskajā izpētē tiek saistīts ar atbilstošu jēdzienu, bet faktu sakarības — ar atbilstošām jēdzienu sakarībām (attieksmēm). Konkrētās sistēmas attēlojumā izmantotie jēdzieni un to savstarpējās attieksmes veido šīs sistēmas aprakstīta valodu. Ārpus mums (grāmatas, informācijas pārraides u.tml.) šie jēdzieni un to attieksmes tiek fiksēti ar dažādu norunātu zīmju jeb simbolu palidzību. Cilvēku savstarpējo mutvārdu un rakstveida kontaktos, kā arī kontaktos «cilvēks un elektroniskais skaitļotājs» attiecīgi jēdzieni un to attieksmes tiek izteikti ar atbilstošām skapu (burtu) kopā — vārdiem (terminiem) un nepieciešamajiem palīgvārdiem. Tie attiecīgl tiek apvienoti vārdkopās, vienkāršos un saliktos teikumos.

Tā kā mūsu apkārtējā vide un mūsu intereses ir joti daudzveidīgas, tad dažādu sistēmu izpētes un lietoša-

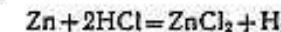
nas sfērā izveidojas iipašas nozaru valodas (tās mēdz dēvēt arī par nozaru žargoniem). Tā, piemēram, pastāv medicīnas valoda, militārā valoda, ķīmijas valoda, fizikas valoda, radioelektronikas valoda, diplomātijas valoda, matemātikas valoda, psiholoģijas valoda u.t. Katrai nozares (profesionālajai) valodai atbilst savs raksturīgs jēdzienu un šo jēdzienu savstarpējo attieksmu kopums. Nozaru valodu pamatā parasti ir mūsu dzīmtā literārā valoda, tomēr daudzās profesionālajās jomās pat savā dzīmtajā valodā bez speciālo terminu apguves neko nevararam saprast. Tagad zinātne un tehnika, mazāk pārējā kultūras sfērā, joti plaši izplatās internacionālie termini. Spilgts piemērs tam ir ar moderno elektronisko skaitļošanas tehniku saistītā terminoloģija.

Aprakstītās valodai veltīto atkāpi noslēdzot, attiek tikai paturēt prātā, ka radoši strādājošam sistēmu pētniekam jābūt arī valodniekam šī vārda visplašākajā nozīmē.

Sistēmu iipašību aprakstītā pamatjēdzieni ir mums jau pazīstamie jēdzieni «akcija» (vides iedarbība uz sistēmu) un «reakcija» (sistēmas atsaukšanās uz ārējo iedarbību). Akcijas un reakcijas savstarpējās attieksmes katrā konkrētajā gadījumā raksturo noteiktu sistēmas iipašību. Citiem vārdiem, konstatēdami un aprakstīdamī ar noteiktu akciju saistītu sistēmas reakciju, runājam par noteiktu sistēmas iipašību un attiecīgi veidojam šīs iipašības aprakstus.

Teikto ilustrēsim ar dažādiem raksturīgiem gadījumiem.

Piemēram, cinka gabaliņu (sistēma) levjetosim sālsskābē (vidē). Sālsskābei uz cinka gabaliņu iedarbojoties (akcija), ar abām vielām notiek ķīmiska pārvērtība un rezultātā rodas cinka hlorīds un ūdeprādis (reakcija). Sistēmas iipašība (cinka ķīmiskā iipašība) ir spēja veidot ķīmisko savienojumu  $ZnCl_2$ . Izmantojot ķīmijas nozares simboliku, aplūkoto mijiedarbību varam attēlot daudz isāk nekā vārdiskajā izklāstā:



Cits sistēmas iipašības apraksta piemērs. Ieslēdzoties pa orbitu riņķojoša kosmosa kuģa dzinējam (akcija), kosmosa kuģis (sistēma) saņem kustības pāatrīnājumu (reakcija). Dzinēja izraisītā spēka un

kuģa kustības paātrinājuma attiecība raksturo kosmosa kuģa īpašību — tā masu. Faktiski šis ir labi pazīstamais Nūtona 2. likums, kurš līdzās vārdiskam aprakstam daudz efektīvāk var tikt aprakstīts simboliski, izmantojot fizikā plaši lietotus atbilstošus matemātiskos lielumus. Protī, spēks un paātrinājums

tieka attēloti kā vektoriāli fizikālie lielumi  $F$ ,  $a$ , bet masa — kā skalārs fizikālis lielums  $m$ . Rezultātā kosmosa kuģa un tā dzinēja mijiedarbība var tikt fiksēta šādā simboliskā matemātiskās aprakstes vadā:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Vēl viens piemērs: Jāņitīs (sistēma) bioloģijas stundā, kurā skolotāja māca (akcija) pazīt putnus. Kad stundas noslēgumā skolotāja parāda dažādu putnu izbāzeņus, Jāņitīs nekļūdīgi uzrāda iepazītos putnus un zina to nosaukumus (reakcija). Jāniša īpašība ir spēja legūt noteiktas zināšanas un prasmes (šoreiz putnu pazīšanā). Atšķirībā no diviem iepriekšējiem piemēriem, šis ir gadījums, kur sistēmas un vides mijiedarbība tiek aprakstīta tikai vārdiski — īpašas apraksta simbolikas nav.

Dažādām sistēmām vienas un tās pašas īpašības parasti plēmīt dažādā mērā. Protī, pilnīgi vienādās iedarbības izraisa kvalitatīvi vienādas, bet kvantitatīvi (pēc intensitātes, lieluma) atšķirīgas reakcijas. Sajā sakarā sistēmu īpašību izpētē ienāk jēdzieni «kvalitatīvais apraksts» un «kvantitatīvais apraksts».

Īpašības, kas dažādām sistēmām kvalitatīvi ir vienādas, bet kvantitatīvi atšķirīgas, sauc par lielumiem. Visvairāk pazīstami un izplatīti ir fizikālie lielumi, piemēram, garums, masa, tilpums, temperatūra, spiediens, elektriskais lauks, kapacitāte utt. Atšķirīgo lielumu mērišana nodrošina aplūkojamo īpašību kvantitatīvo aprakstīšanu ar mērījumos iegūtiem mērskaitļiem.

Kā liecina prakse, ne visas sistēmu īpašības kā noteiktus lielumus mēs protam mērit, un sistēmu kvantitatīvās aprakstes iespējas ir visai ierobežotas. Sistēmu kvantitatīvā aprakste šobrid ir eksakto ziņātņu un uz tām bāzēto tehnikas nozaru pamatā, bet daudzās citās nozarēs (aprakstošajā bioloģijā, pedagoģijā, politikā, valodniecībā utt.) pārsvarā valda kvalitatīvā sistēmu aprakste. Tiesa, daudzos

gadījumos kvalitatīvo aprakstu būtiski papildina valrāki kvantitatīvā apraksta elementi. Visu nosaka konkrētās sistēmas raksturs un mūsu līdzšinējie saņiegumi šis sistēmas izpētē — tas, cik tālu esam tikuši no sākotnēji visai aptuvenā sistēmu raksturojošo faktu apraksta.

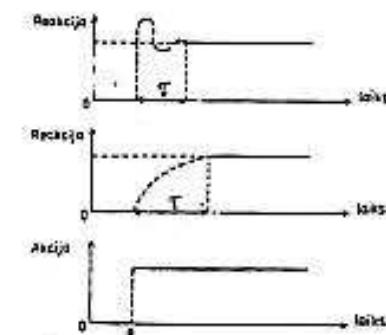
Sistēmu apraksts ir būtiski atkarīgs no konkrēto sistēmu specifikas. Sistēmu klasifikāciju turpmāk vēl aplūkosim īpaši, tomēr no faktu apraksta viedokļa jau tagad ir nepieciešams norādīt uz diviem būtiski atšķirīgiem sistēmu tipiem. Tās ir *determinētās* un *varbūtiskās* sistēmas. Determinētās sistēmas parasti ir samērā vienkāršas sistēmas, jo principā iespējams konstatēt tiešu atbilstību starp noteiktām iedarbībām (akcijām) un tām sekojošām sistēmas reakcijām. Protī, ja ir akcija A, tad noteikti seko atbilstoša reakcija R utt., kā tas vērojams mūsu aplūkotajos ķīmiskās reakcijas un kustības paātrinājuma piemēros. Varbūtiskajām sistēmām raksturīgs tas, ka ik-viena sistēmas reakcija uz šķēršļu iedarbību kvalitatīvi un kvantitatīvi ir novērojama tikai ar noteiktu varbūtību. Piemēram, sistēmas reakcija R tiek novērota tikai 50 gadījumos no 200 iedarbības A ierisinātajām mijiedarbībām (reakcijas varbūtība ir  $50 : 250 = 0,25$  jeb 25%). Šis sistēmas vienlaikus atrodas joti daudzās mūsu īpaši nefiksētās savstarpēji saistītās mijiedarbībās, un tas arī nosaka šo sistēmu īpatnējo «uzvedību» salīdzinājumā ar determinēto sistēmu «ideālo uzvedību». Piemēram, mērskaitļi, kas dabūti, atkārtoti mērot kādu varbūtiskas sistēmas reakcijas raksturlielumu, ir dažādi, it kā haotiski, tomēr tie atbilst zināmām statistiskām likumsakarībām un ir savdabīgi izkārtoti noteiktā diapazonā. Sajos gadījumos sakām, ka mēritā lieluma skaitliskā vērtība ar noteiktu varbūtību (parasti 95%) atrodas noteiktā mērskaitļu intervālā. Starp citu, varbūtiska sistēma būtībā ir arī Jāniša aplūkotajā piemērā «zooloģijas stunda», jo daudzu dažādu blakusastākju (akciju) letekmes rezultātā ne katru reizi var tikt sniegtā pareiza atbilde.

Sistēmu izpētes pirmā posmā 2. etapa apskatu noslēdzot, īpaši vēl jāņem vērā laika faktora ievērošana sistēmpētījumos. Ja laiks sistēmu izpētē konstatēto faktu aprakstā nefigurē, tad runā par sistēmu statikas izpēti un pašu sistēmu uzlūko kā *statisku* sistēmu. Faktu apraksts fiksē statisku ainu: akcijas

un reakcijas ir laikā nemainīgas, to sakars raksturo-sistēmas statiskās īpašības. Ja iedarbības uz sistēmu ir laikā mainīgas, attiecīgi mainīs arī sistēmas reakcijas; akcijas un reakcijas sakars tad raksturo-sistēmas dinamiskās īpašības, un tādā gadījumā runā par sistēmas dinamikas izpēti. Isi sakot, sistēmas dinamika nav nekas cits kā laikā mainīga sistēmas un vides mijiedarbība un sistēmas dinamiskās īpašības, ko šī mijiedarbība raksturo. Pašu sistēmu sauc par dinamisku sistēmu.

Par ilustrāciju varam aplūkot vispārinātas sistēmu dinamiku raksturojošas ainas, grafiski (ar tā sauktajām laika diagrammām) attēlojot divus tipiskus veidus, kā laikā mainīgas akcijas un tai atbilstošas reakcijas raksturlielumi (14. att.). Grafiska sistēmas akciju un reakciju maiņas attēlošana ir sistēmu dinamisko īpašību izpētē visai izplatīts faktu aprakstes paņēmiens.

Kā redzam, atkarībā no tā, kāda ir konkrētā sistēma un aplūkojamā īpašība, faktu apraksti ir joli



14. att. Sistēmas un vides mijiedarbības aplūkojumi laikā: sistēmu dinamiskās īpašības. Laika momentā  $\theta$  sākotnes laikā nemainīgai iedarbībai uz sistēmu (akcija), novērojami divi dažādi sistēmu reakciju pamatveidi: sistēma no sākumstāvokļa beigustāvokli pāriet pākāpeniski (aperiodiski) vai ar svārstībām ap jauno līdzsvaru stāvokli. Šim pārejām nepieciešams noteikts laika intervāls, un šo sistēmas dinamisko īpašību sauc par relakcēšanas laiku ( $T$ ).

daudzveidīgi. Universālu faktu aprakstu nav, katrai konkrētai gadījumai jārod piemērotākais.

Otrs posms jeb kuras sistēmas izpētes ciklā ir sistēmas modeļa izveide un analīze. Šis ir centrālais cikla posms, kurā pēc visu novēroto un attiecīgi aprakstīto faktu rūpīgas analīzes tiek veidots sistēmisks aplūkojamā objekta apraksts (modelis). Sākotnēji šāds modelis ir ar noteiktiem jēdzieniem un to savstarpējām attiecīsmēm mūsu apziņā fiksēts aplūkojamā objekta kā sistēmas atspoguļojums. Ari sistēmas modelis neapšaubāmi ir sistēma, konkrēts mūs interesējošā objekta sistēmredzējums. Ikvienā sistēmas izpētes līmenī modeļus veido atbilstoši sistēmas uzvīlves hierarhijai. Sistēmas modeļa izveide nekādā ziņā nav pašmērķis, tai seko šī modeļa analīze, kuras gaitā tiek izdarīti mūsu praksei (sistēmas īpašību izprāšanai un izmantošanai) svarīgi secinājumi.

Otrā posma 1. etaps — sistēmas modeļa izveide (modelēšana). Tāpat kā objektu sistēmkuma levēšana vispār, arī sistēmu izpētē veicamā sistēmu modelēšana veido mūsu intelektuālās darbības pamatu, un tāpēc tagad ārkārtīgi aktuāli ir šo darbību no intuitīva, stihiska līmeņa pēc iespējas pilnīgāk pārceļ uz apzinātas darbības līmeni. Iepazīstoties ar faktu aprakstīšanu, vispirms paskaidrojām jēdzienu «aprakstes valoda», tāgad, uzsākot sistēmu modelēšanas apskatu, vispirms jānoskaidro jēdzieni «modelis» un «modelēšana».

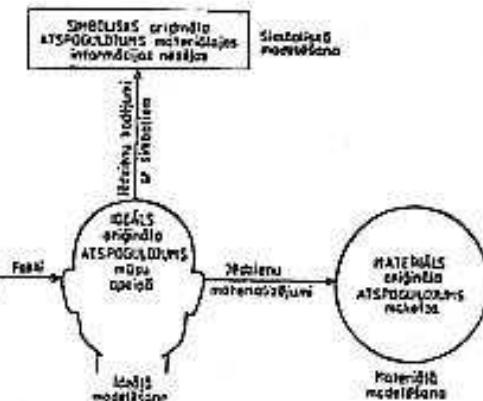
Modelēšana ir apkārtnes atspoguļošana mūsu apziņā un ārējos materiālajos atspoguļojuma nesējos. Gan cilvēka apziņā esošos, gan materiālajos nesējos realizētos atspoguļojumus sauc par modeļiem.

Manu orgāniem reģistrējot ar aplūkojamo sistēmu (originālu) saistītos objektīvos faktus, mūsu apziņā veidojas ideāls šī reālā objekta (sistēmas) atspoguļojums — modelis. Šī atspoguļojuma (modeļa) elementi sākotnēji ir novērotajiem faktiem atbilstošie uztvērumi un priekšstati (tēli), vēlāk jēdzieni. Mūsu apziņā, iztēlē pastāvošos modeļus sauc par ideāliem modeļiem. Ārpus mums attiecīgie ideālo modeļu elementi ar norunātu simbolu palīdzību tiek fiksēti dažādos materiālajos nesējos, izveidojot tā sauktos simboliskos modeļus. Sajā sakarā sakām, ka ārpus mums ideālie modeļi tiek atveidoti ar simbolu sistēmām — strukturētiem kodējumiem, kas ar tiem

atbilstošo jēdzienu sistēmu starpniecību atbilst noteiktām mūsu sākotnēji konstatētajiem faktiem. Piemēram, priekšstati un jēdzieni un to savstarpējās attiecīsmes, ar kuriem mēs ikdienā atspoguļojam savu apkārtējo vidi, tiek reģistrēti ar burtiem, vellojot vārdus, telkumus, stāstus. Mums visiem tāpat joti labi ir pazīstami ciparsimboli un ar tiem vēidoties skaitļu apzīmējumi. Ja modeļa elementi ir atbilstošie matemātiskie simboli, tad runā par matemātiskajiem modeļiem. Minēto simbolu tradicionālie materiālie nesējumi ir papīra lapas, ko tagad daudzos gadījumos jau nomaina elektroniskās ierakstes vides (magnetofona lentes, magnētiskie diskī, pusvadītāju struktūras, displeju ekrāni u.c.).

Līdztekus simboliskajiem modeļiem tiek veidoti arī reālie jeb materiālie modeļi. Origināls var tikt modeļēts ar maketu — atbilstošu materiālo veidojumu, kuram piemīt mūs interesējošās origināla īpašības. Piemēram, kuga modelis, celtnes makets, līdadparāta modelis utt. Tā ir originālā fizikālā tehniskā modeļēšana. Otrs reālās modeļēšanas veids ir modeļēšana ar analogiem. Par modeļi tiek izraudzīts jebkurš pētījumiem ērts materiālais objekts, kuram kāda noteikta īpašība formāli ir analogiska aplūkojamai originālai īpašībai. Piemēram, elektriskā kondensatora izlāde formāli (matemātiski) ir analogiska cietu kermēnu atdzišanai u.tml. Simboliskā modeļēšana pamatā ir teorētiska, turpretī materiālā modeļēšana — pārsvarā eksperimentāla sistēmu izpētes metode. Ideālā, simboliskā un materiālā modeļēšana atrodas ciešā kopsakarā un kopumā veido mūsu modeļojošo darbību.

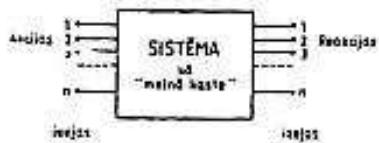
Sistēmu izpēte būtībā ir cilvēku un vides informacionālā mijiedarbība: videi nodrošinot novērojumus (akcija), cilvēks konstatē un reģistrē ar novērojamo objektu (sistēmu) saistītos faktus un to attiecīsmes (reakcija, īpašība). Citiem vārdiem sakot, pētījumos cilvēks iegūst informāciju, kas atspoguļo konstatētos faktus un to attiecīsmes, un šo informāciju fiksē savā apziņā un ārējos nesējos. Tādējādi sistēmu izpētē, modeļēšana pavismē tālīst gan klasiskajā, gan modernajā informātikā, kura kā viena no svarīgākajām cilvēku darbības nozarēm jau izsenis aptver informācijas iegūšanas, apstrādes, uzglabāšanas un pārvaldīšanas problēmu risināšanu.



15. att. Objektu ideālā atspoguļošana — modelēšana mūsu apziņā. Tai seko simboliska attiecīgo modeļu atveidošana dažādos materiālos: informācijas nesējosei un/vai reāla to atveidošana maketos.

Modelis ir gan līdzīgs originālam, gan arī no tā atšķirīgs. Tas, ko mēs zinām par objektu, atspoguļojas modeļi un nodrošina tā līdzību originālam. Modeļēšanas galvenā rūpe ir panākt, lai modeļi būtu ietverti aplūkojamā aspekta galvenie, būtiskie fakti, kas saistīti ar attiecīgo sistēmu. Vēl nezināmais un neizteiktais (arī nebūtiskais) modeļi neiekļaujas, tāpēc modeļis nevar neatšķirties no origināla. Konkrēta modeļa objekti var būt joti daudzveidīgi, un viens universāls objekta (sistēmas) modelis nepastāv. Zināmām modeļu grupām ir kopīgas iezīmes, un teikto ilustrēsim, turpinājumā veikdamī nelielu iestātu determinētu sistēmu modeļēšanā.

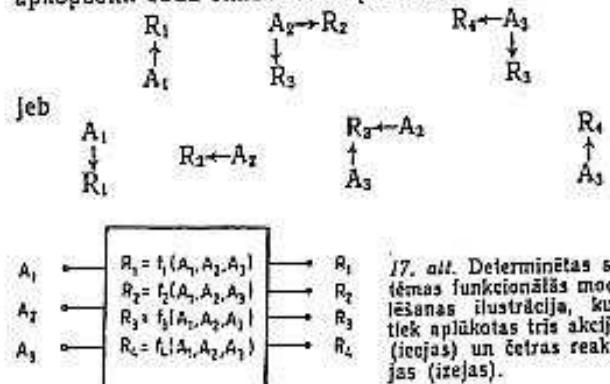
Determinētu sistēmu modeļēšanā lieto sistēmas īeeju un izeju jēdzienu (16. att.). Katrai no iedarbībām (akcijām) tiek piešķirta viena noteikta sistēmas īeeja, bet katrai reakcijai — viena noteikta sistēmas izeja. Tā kā viena un tā pati akcija var nodrošināt vairākas reakcijas, tad vispār īeeju un izeju skaits var arī nebūt vienāds. Piemēram, sildot cietus kermērus, tie sasilst un izplešas, bet pietiekami augstā temperatūrā tie var pat izstarot gaismu. Vienam informacionālās mijiedarbības jautājumam var būt vairākas atbildes; elektrosadales sistēmai er dažām īeejām (enerģijas pievadījumiem) ir joti daudz izeju (konkrētiem energijas patēriņtājiem) utt.



16. att. Shematiska akciju un sistēmas reakciju attēlojums, kurā izmantoši sistēmas ieeju un ieeju jēdzieni (tas ir plaši izmantots determinētu sistēmu ipašību makromodelēšanas paņēmieni). Te attēlotas 4 ieeju un tākpat daudz ieeju, kaut gan vispār ieeju un ieeju skaits var arī nebūt vlenāds.

Sistēmu aprakstīt kā «melno kasti», izmantojot tās ieeju un ieeju jēdzienu, loti ērti ir arī sistēmas mijiedarbju simboliskajai modelēšanai. Piemēram, apļūkosim triju ieeju (akciju) un četru ieeju (reakciju) sistēmu. Visas trīs akcijas nosacīti apzīmēsim ar burtu  $A$ , bet katras konkrētās akcijas apzīmēšanai šo simbolu vēl papildināsim ar ciparsimboli, tā saukto indeksu. Vienu no akcijām nosauksim par pirmo, un tā būs  $A_1$ ; otrā būs  $A_2$  un trešā —  $A_3$ . Līdzīgi varam aprakstīt arī visas četrus šīs sistēmas reakcijas,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  (17. att.).

Pleņemsim, ka, sistēmu novērojot, atklājas konkrētas sistēmai raksturīgas mijiedarbes un līdz ar to arī ipašības. Akcija  $A_1$  ir saistīta ar (izraisa, nosaka) reakciju  $R_1$ , un šo faktu simboliski attēlosim kā  $A_1 \rightarrow R_1$ . Līdzīgi reģistrējam sakarības  $A_2 \rightarrow R_2$ ,  $A_2 \rightarrow R_3$ , kā arī  $A_3 \rightarrow R_3$  un  $A_3 \rightarrow R_4$ . Iegūtās sakarības apkoposim šādā simboliskā aprakstā:



17. att. Determinētas sistēmas funkcionālās modeļēšanas ilustrācija, kurā tiek apļūkotas trīs akcijas (ieejas) un četras reakcijas (izejas).

Vispār tādām triju ieeju un četru ieeju sistēmām var būt raksturīgi tas, ka jebkura sistēmas reakcija ir saistīta ar visām jēdarbēm (akcijām). Šī vispāri gā situācija aprakstāma šādi:

$$\begin{array}{ccc}
 R_1 & R_1 & R_1 \\
 \uparrow & \uparrow & \uparrow \\
 R_4 \leftarrow A_1 \rightarrow R_1 & R_4 \leftarrow A_2 \rightarrow R_2 & R_4 \leftarrow A_3 \rightarrow R_3 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 R_3 & R_3 & R_3 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 R_1 \leftarrow A_2 & R_2 \leftarrow A_2 & R_3 \leftarrow A_2 \\
 \uparrow & \uparrow & \uparrow \\
 A_1 & A_1 & A_1 & A_1 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 R_1 \leftarrow A_2 & R_2 \leftarrow A_2 & R_3 \leftarrow A_2 & R_4 \leftarrow A_2 \\
 \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\
 A_3 & A_3 & A_3 & A_3
 \end{array}$$

Turpmākai analīzei izmantošim tradicionālo matemātikas simboliku un jēdzienus, respektīvi, objektīvās realitātes faktu aprakstīšanas matemātisko vadodu. Fakts, ka jebkura sistēmas reakcija (izeja) ir saistīta ar visām akcijām, matemātikas valodā norāmē attiecīgu funkcionalu sakarību pastāvēšenu, kur  $R$  ir funkcijas, bet  $A$  — šo funkciju argumenti.

$$\begin{aligned}
 R_1 &= f_1(A_1, A_2, A_3) \\
 R_2 &= f_2(A_1, A_2, A_3) \\
 R_3 &= f_3(A_2, A_3, A_1) \\
 R_4 &= f_4(A_1, A_2, A_1)
 \end{aligned}$$

Funkcionālo sakarību pastāvēšana ir determinēto sistēmu funkcionālās modeļēšanas pamats. Praksē izveidotie simboliskie modeļi var būt dažādi. Ja sistēmas akcijas un reakcijas ir ar mērķaitījiem raksturojami lielumi un mums ir zināmas arī konkrētas funkcionālās sakarības (kaut vai empirisku tabulu vai formulu veidā), varam izveidot kvantitatīvu matemātisku modeļi. Tomēr arī visos citos gadījumos, kad mūsu rīcībā nav konkrētu funkcionālo sakarību, aplūkotā funkcionālās modeļēšanas ideoloģija vien jau līdzīgi dod vispārlīgajai izpētes organizēšanai, faktu sakārtošanai un pārskatāmībai, domu un rīcības ievirzei.

Ikdienas praksē visai plaši sastopam vienkāršas determinētas sistēmas, kurām sistēmas un vides dažādās mijiedarbes norit cita no citas neatkarīgi. Tieši šādu sistēmu izpēte un to simboliskā apraksta

izveidošana bija pamatā aritmētikas (aritmētisko modeļu) ienākšanai mūsu ikdienā.

Sistēmas un vides mijiedarbes uzskata par neatkarīgām, ja, vienai reakcijai atbilstot vairākām akcijām, šī reakcija ir vienkārša katrai akcijai atbilstošo atsevišķo reakciju summa. Sajos gadījumos runā par attiecīgo reakciju aditivitātes jeb superpozīcijas principu. Piemēram, naudas ziedoju muonds kā sistēma attiecīgu ziedojumu pieņemšanai (akcijas) un izsniegšanai noteiktam sapēmējam (reakcija). Muonda un atbilstošo videsobjektu (ziedotāju, sapēmēja) mijiedarbes ir neatkarīgas, jo atsevišķie ziedojuumi noteiktajiem sapēmējiem vienkārši summējas.

Determinētās sistēmas mijiedarbju neatkarīguma gadījumā (pastāvot superpozīcijas principam) visu sistēmas reakciju (izeju) sakaru ar visām akcijām (ieejām) simboliski var attēlot šādā algebriskā formā:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= C_{11}A_1 + C_{12}A_2 + C_{13}A_3 \\
 R_2 &= C_{21}A_1 + C_{22}A_2 + C_{23}A_3 \\
 R_3 &= C_{31}A_1 + C_{32}A_2 + C_{33}A_3 \\
 R_4 &= C_{41}A_1 + C_{42}A_2 + C_{43}A_3
 \end{aligned}$$

Sāds simboliska attēlojuma veids, kurš sevi pilnā: mērā izpauž kvantitatīvā apraksta gadījumā, loti uzkātamās un noderīgs ir arī kvalitatīvu modeļu veidošanā. Jebkuri konkretā gadījumā, novērojumos, reģistrējot noteiktu sistēmas ipašību (mijiedarbību), šo ipašību nosacīti attēlo ar attiecīgajiem indeksiem iežīmētais koeficients  $C_{ij}$  (mūsu gadījumā indeksi  $i, j$  pieņem vērtības  $i=1, 2, 3, 4$  un  $j=1, 2, 3$ ). No šiem koeficientiem parasti izveido tā saukto koeficientu matricu, kura simboliski (formāli) attēlo sistēmai piemītošo neatkarīgo ipašību (mijiedarbju) sakopojumu:

$$|C_{ij}| = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} \end{vmatrix}$$

Ja kāds no koeficientiem ir vienāds ar nulli, tas nozīmē, ka attiecīgā mijiedarbība nav novērota un par atbilstošo ipašību nevar runāt. Sākotnējā pie-

mērā, kur novērojumi neuzrādīja, ka visas reakcijas būtu saistītas ar visām akcijām, sistēmas neatkarīgo īpašību matrica ir šāda:

$$[C_{ij}] = \begin{vmatrix} C_{11} & 0 & 0 \\ 0 & C_{22} & 0 \\ 0 & C_{32} & C_{33} \\ 0 & 0 & C_{43} \end{vmatrix} \quad \begin{aligned} R_1 &= C_{11}A_1 \\ R_2 &= C_{22}A_2 \\ R_3 &= C_{32}A_2 + C_{33}A_3 \\ R_4 &= C_{43}A_3 \end{aligned}$$

Praksē apstiprina, ka šāds faktu aprakstīšanas pamēiens ir efektīvs, it īpaši jau kvantitatīvo modeļu gadījumos, kur kā par formālā (simboliskā) apraksta valodu attiecīgi runājam par līnērārām sistēmām un lineāro algebru.

Varbūtisko sistēmu aprakstīšanā — modelēšanā — lieto ar simboliem izteiktus matemātiskus jēdzienus, kas izstrādāti varbūtību teorijas un matemātiskās statistikas ietvaros. Lai gan ikdienā sastopam ārkārtīgi daudz varbūtisko sistēmu, kuru vidū ir arī mums ļoti svarīgi objekti, ar korektu šo sistēmu traktēšanu un saturīgiem to modeļiem līdzšinējā praksē īpaši lepoties nevarēm. Kā objektīvu izskaidrojumu varam minēt nesalīdzināmi lielāku šo sistēmu sarežģītību (determinētās sistēmas zināmā mērā uzlūkotamas par varbūtisko sistēmu speciālgadījumiem).

Otrā posma 2. etaps — sistēmas modeļa analīze (secinājumi par sistēmas īpašībām). Sistēmas modelis makroizpētes līmenī nodrošina aplūkojamā objekta tveršanu makroskopiskajā sistēmredzējumā. Tas nozīmē, ka tagad mēs zinām objekta (sistēmas) un vides savstarpejās attieksmes (mijiedarbes) un ar tām saistīto sistēmai raksturīgo īpašību kopumu, kas tai konkrētajā vidē piemīt kā vienotam veselumam. Ko nozīmē, ko mums dod sistēmas makromodela analīze?

Modeļa analīze dod iespēju izdarīt nozīmīgus secinājumus par sistēmu īpašībām. Pirmkārt, tie ir zinātniski secinājumi par jaunu, līdz šim vēl nenovērotu faktu (sistēmas īpašību) eksistenci. Otrkārt, tie ir praktiski secinājumi — prognozes par to, kā sistēma reagēs konkrētos ārējos apstākļos. Šīs divas secinājumu grupas aplūkosim mazliet sīkāk.

Jebkuras sistēmas makromodelis kopsaistībā apvieno būtiskākos novērotos faktus par attiecīgo

sistēmu, jeb, citiem vārdiem sakot, makromodelēšana nozīmē noteiktas faktu sistēmas izveidošanu. Analizējot mūsu izveidotā konkrētā makromodeļa kā noteiktas faktu sistēmas struktūru (sastāvs un elementu savstarpējais izkārtojums), dažreiz tajā varam konstatēt «tukšumus»; rodas iespāids, ka sistēmā kādu elementu trūkst. No tā var secināt: ja jau visi citi fakti ir novēroti un veido noteiktu sistēmu, pilnīgs pamats ir cerēt, ka tiks novēroti arī šie vēl it kā trūkstošie fakti. Bieži vien, tālakus novērojumus veicot, iepriekš paredzētie jaunie fakti tiešām arī tiek atklāti. Minēsim dažus plemērus nobāzīnātu vēstures.

Pagājušā gadsimta otrajā pusē fiziki Pjērs un Zaks Kirī pētīja kristālu fizikālās īpašības un, analizēdam iau novērto kopumu, paredzēja, ka noteikta tipa kristāli var piezoelektriski polarizēties. 1880. gadā viņi šo efektu arī atklāja, tādējādi aizpildīdam vlenu no tolaik vēl palkušajiem «tukšumiem» kristālu makroskopisko īpašību sistēmā. Otrs piemērs skar kimisko elementu (atomu) periodisko sistēmu. D. Mendeleyeva izveidotajā sistēmā sākotnēji bija vairāki «tukšumi»: lai sistēma būtu uzlūkojama par pilnīgu, vajadzēja vēl dažu elementu, kādi tolaik vēl nebija pazīstami. Nedaudz vēlāk šie elementi tiešām arī tika atklāti un sistēmas «tukšumi» aizpildīti. Lūk, kāds ir sistēmu modeļu analīzes spēks un konkrētais praktiskais devums sistēmu izpētē. Mūsu pētnieciskajai darbībai pārejot aizvien pie jaunu vēl neizzinātu sistēmu izpētēs, arī Jums, cieņījamais lasītājs, ir iespējams atrast un aizpildīt kādu tukšumu mūsu zināšanās par apkārtni. Apzināts sistēmisms būs drošs ceļvedis Jūsu pētījumos.

Otra sistēmu modeļu analīze iegūstamo secinājumu grupa ir nesaraujami saistīta ar mūsu praktisko darbību. Jebkuras sistēmas makromodeļiem vlenmēr ir aprakstoši informatīvs raksturs, jo tie satur atbildes uz jautājumiem «Kas, kad, kur un kā ar sistēmu notiek?». Tas nozīmē, ka, zinot īpašības un izdibinot, kas, kad, kur un kā uz sistēmu iedarbojas, varam paredzēt, kad, kur un kā sistēma uz šim iedarbēm atsauksies, jeb, citiem vārdiem sakot, prognozēt sistēmas reakcijas.

Paredzēšanas jeb prognozēšanas iespējas, ko mums nodrošina sistēmas makromodelja analīzes rezultāti, ir visu mūsu praksē tik nepieciešamo inže-

nierītehnisko, ekonomisko u.tml. aprēķinu, novērtējumu, prognožu pamatā. Pētnieki inženieriem, tehnikiem un citiem speciālistiem nodod objekta (sistēmas) modeli sakopotu informāciju par šī objekta īpašībām, un tie šādu informāciju savukārt izmanto savā praktiskajā saskarē ar attiecīgajām sistēmām (liekoši šīm īpašībām «strādāt» mūsu interesēs). Tā, piemēram, pietiekami saturīga jebkura mājturības aparāta lietošanas instrukcija būtībā jau ir vārdisks šī aparāta makromodelis, pēc kura iepazīšanas (faktiski — analīzes, bet parasti tik gudri nerunā) mēs varam izmantot attiecīgā aparāta īpašības.

Apstāklis, ka makromodelis kā originālobjekta (sistēmas) atspoguļojums arī ir sistēma, daudz vādot mūsu praktiskajā darbībā. Pētāmā objekta makromodeli analizēdam, mēs šī objekta īpašības (objekta un vides mijiedarbes) redzam to kopsakarā, un cik bieži gan mums pietrūkst tieši šī kopskata jeb, kā tagad pieņems teikt, kompleksās pieejas, skaitīuma, risinājuma. Plemēram, vienā jomā ietaupot rubli, citās ar to saistītās jomās varam zaudēt miljonus un kopumā «iesčīties peļķē». Kāpēc tā notiek?

Te ir iespējamas divas situācijas. Pirmkārt, interesējošā objekta (sistēmas) izpēte objektīvi var vēl nebūt sasniegusi pietiekamas sistēmiskas modelēšanas līmeni. Piemēram, labākajā gadījumā ir zināmi tikai dažādi atsevišķi, kopsakaros nesaistīti fakti. Otrkārt, tā var notikt tad, ja rīkojas nekompetenta persona, kas nepārzīna attiecīgajam objektam atbilstošos faktus vai arī nav metodoloģiski sagatavota sistēmiskai šo faktu analīzei (objekta modeļēšanai, modeļa analīzei). Kā tautā saka — «āzis par dārzniku». Izeja abos gadījumos principā ir, skaidra: ja kaut ko vēl nezinām, tad ir jāpēta vai jāmācās pētīt un rīkoties.

Daždažādu objektu (sistēmu) makromodelju pārziņāšana (ikdienā sakām — «objektu īpašību pārziņāšana») un spēja šos modeļus konkrēti analizēt (ikdienā sakām — «paredzēt, kā objekti izturēsies noteiktos apstākļos»), faktiski nodrošina pamatu, uz kuru balstās mūsu aktīvā eksistence tiklab dabasvidē, kā sociālajā vidē. Cilvēks apkārtējo vidi izzina (daždažādus objektus jeb sistēmas pēta), lai šajā vidē dzīvotu, videsobjektu īpašības mērķtiecīgi izmantojot

savās interesēs. Līdz ar to gūstam vēl vienu svarīgu atziņu par modeļu vietu apkārtējās vides izpēšanā un izmantošanā. Protī, mūsu pašu atmiņa un tās tehniskie paplašinājumi (grāmatas, elektroniskā atmiņa un citi ārējās atmiņas veidi) ir dažādu objektu modeļu noliktava. Prasttajā orientēties, istajā brīdi atrast nepieciešamo un izmantot — to visu cilvēks nepārtrauktī mācās. Modeļi, kas fiksēti mūsu ārējā atmiņā, ir gadsimtu gaitā uzkrātā visas cilvēces intelektuālā bagātība, bet cilvēka individuālā atmiņa ir «jāuzlādē» un atbilstošā intelektuālā darbība — jāapgūst. Mācīšanās — tā būtībā ir mūsu dzīvē nepieciešamo objektu modeļu (vipsirms jau makromodeļu) un šo objektu līetošanas prasmes nepārtraukta apgūšana. Citiem vārdiem sakot, modeļi kā objektīvu faktu sistēmu atspoguļojumi mūsu apzinā vēido bāzi, uz kurās balstās mūsu zināšanas par apkārtējo vidi (pasauli). Ar šo atziņu noteikti jārēķinās mūsdienu pedagoģijai, kurai ne tik daudz jāorientējas uz faktu uzkrāšanu, cik uz faktu analīzes metodoloģijas apguvi. Sajā sakarā autors cer, ka Šī grāmatīna pedagogus varētu rosināt nepārtrauktī veikt noteiktu virsuzdevumu — vispirms savu priekšmetu ietvaros, bet pēc tam arī ārpus tiem sistēmiski mācīt sistēmismu.

Trešais posms sistēmas izpētes ciklā ir sistēmas modeļa analīzē iegūto secinājumu pārbaude. Šis posms, kas izpētes ciklu noslēdz, atkal mūs novērtēs kontaktā ar konkrēto objektu (sistēmu), lai reālos novērojumos pārbaudītu sistēmas modeļa analīzē iegūtās atziņas. Par Šī posma moto var noderēt ar Mefistofela muti tēlaini izteiktā Gētes domā: «Draugs, visa teorija pelēka, un dzīves koks tik zaļš ir visu mūžu.»

Visu teorētiski iegūto atziņu «taisnais sogis» ir prakse: konkrētie novērojumi apstiprina vai arī norāda katra modeļa analīzes gaitā izdarīto secinājumu, dodami arī iespēju rūpīgi pārbaudit izveidotā modeļa atbilstību originālam vispār.

Vispirms tiek pārbaudīti modeļa izpētē un analīzē iegūtie secinājumi, kuri paredz jaunu, līdz šim vēl nezināmu faktu eksistenci. Paredzējumiem apstiprinoties — lai slavēts modeļis! Pretējā gadījumā turpinām novērojumus un/vai kritiski pārlūkojam atiecīgo modeļi un tā analīzi, vajadzības gadījumā

izdarīdam ne tikai precīzējošas korekcijas, bet arī vairāk vai mazāk būtisku modeļa pārveidošanu.

Līdzīgi rīkojamies, prognozēdam jau pazīstamas ipašības. Tipisks piemērs ir dažādu projektu, konstrukciju u. tml. izstrādju pārbaude, kuru realizē, izveidojot to maketus un veicot izmēģinājumus vai eksperimentālo eksemplāru (paraugu) kontrollpārbaudes. Tlkai pēc tam attiecīgās izstrādnes ievieš rūpnieciskā ražošanā. Vienmēr jāpatur prātā, ka jebkurš modelis ir nepilnīgs oriģināla attēls, tāpēc nepilnīgi ir arī modeļa analīzes gaitā izdarītie secinājumi. Vai konkrētais modelis nodrošina pietiekami precīzus netieši izdarītus secinājumus par oriģinālu? Atbilde uz šo jautājumu iegūstama, šos secinājumus praktiski pārbaudot sistēmas izpētes cikla noslēgumā. Starp citu, ja praktiskajā darbībā mums noderē arī neprecīzāki secinājumi (piemēram, skeitlisko aprēķinu rezultāti), tad modeļi var attiecīgi vjenkāršot. Nepieciešams, lai mūsu teorētiski modelējošās darbības precīzitātē atbilstu praksē nepieciešamajai precīzitātei. Kaitējoša neprecīzitāte jānovērš, taču no nevajadzīgas precīzitātes jāatbrivojas.

Sistēmas modelis ir sistēmas teorija, un ar teorētisko, modeļa analīzē iegūto secinājuma praktisku pārbaudi noslēdzas sistēmas makroizpētes cikls. Šī cikla būtība izteikta pazīstamajā V. I. Lepina tēzē: «No dzīvās vērošanas uz abstrakto domāšanu un no tās uz praksi — tāds ir patiesības izzināšanas, objektīvās realitātes izzināšanas dialektiskais ceļš.» (Lepins V. I. Filozofijas burtnīcas // Rakstu izlase: 10 sēj. — R., 1987. — 5. sēj., 2. d. — 122. lpp.)

Katrais sistēmas izpētes cikls veido vienu mūs interesējošas objekta ipašības vai ipašību kopas izzināšanas spirāles posmu. Tas nozīmē, ka aplūkotais makroizpētes cikls var atkārtoties, katra nākamā cikla laikā sākotnējam sistēmas modelim un secinājumiem tiekot precīzētiem. Tomēr, kā jau norādīts šis iedalas sākumā, makroizpētei parasti seko sistēmu mikroizpēte. Sajā gadījumā sistēmas izzināšanas spirāles cikls jau aptver divus vai vairāk līmeņus, mikroizpētei būtiski papildinot sākotnējās makroizpētes sniegtās zināšanas par mūs interesējošajām sistēmas ipašībām. Turpinājumā aplūkosim sistēmu izpēti mikrolimeni, jeb, citiem vārdiem sakot, ir pienācis laiks «ielūkoties melnajā kastē».

### Sistēmu mikroskopiskā izpēte

Sistēmas izpēte mikrolimeni sniedz atbildi uz jautājumu «Kāpēc tas, tad, tur un tā ar sistēmu notiek?». Jebkuras sistēmas mikroizpēte ir organiski saistīta ar tās makroizpēti, un būtībā tā ir sistēmas mikroskopisko ipašību izskaidrošana ar sistēmas sastāvu un ārējiem apstākļiem.

Sistēmu lietotājiem (patēriņiem), kas ar sistēmu operē kā ar veselumu, proti, izmanto (eksploatē, bauda, patēriņe u. tml.) noteiktas tās ipašības, par to izcelsmi neinteresēdamies, pilnīgi piešķir ar sistēmu makroizpētes rezultātiem. Piemēram, autovadītājs brauciena laikā kā vienotu veselumu izmanto automobili: iedarbojoties uz automobiļa mehāniem (elektroslēdziem, stūri, bremzes, sajūga, gāzes pedāliem un citām sistēmas ieejām), tiek sapemtas atbilstošas tā reakcijas. Līdzīgi jebkura namamātē kā ar vienotu veselumu operē ar pārtikas apgādes sistēmu: pārtikas tirdzniecības sistēmas uzbūve un darbība iepērkoties mūs parasti neinteresē. Savā ikdienā mēs lielākoties esam lietotāji, patēriņi un kā tādi ar dažādām sistēmām kontaktējamies (mījedarbojamies) to makrolimeni. Taču no pieredzes joti labi zinām, ka daudzos gadījumos ir nepieciešamas dziļākas zināšanas par attiecīgajām sistēmām. proti, jāatbild uz jautājumu «Kāpēc tas ir vai nav tā un tā?». Piemēram, nav iedomājams, ka autovadītājam trūkst pat tik elementāru zināšanu par automobiļa uzbūvi, lai viņš pats spētu atrisināt vienkāršākās «konfliktsituācijas» (uzpildit degvielu, apmainīt riteni u. tml.). Tāpat neviena namamātē savu salīmi tāpēc vlen vēl ar tukšiem vēderiem neatstās, ka parasti izmantojā tirdzniecības punktā kādi pārtikas produkti nav pieejami. Mūsu ikdienas prakse uzskaņām liecina, ka tikai ar sistēmu makroizpēti aprobēzoties nevarām. Ir nepieciešama sistēmu mikroizpēte, jo šo sistēmu veldošana, uzturēšana un efektīva izmantošana citādi nav iespējama. Mēs nevarām būt tikai patēriņi, ir arī jāražo un jāremontē, bet šāda darbība prasa atbildes uz joti daudziem «Kāpēc?». Sistēmu mikroizpēte būtībā ir ar nepieciešamām ipašībām apveltītu sistēmu izveides pamats, un tāpēc tā ir cieši jo cieši saistīta ar jau aplūkoto sistēmu ipašību izcelsmes problemātiku. Jsi sakot, bez sistēmas mikroizpētes nav domājama

apzināta šis sistēmas īpašību pārvaldišana, kas dotu arī iespēju šīs īpašības mērķtiecīgi pārveidot.

Tāpat kā sistēmas makroizpētē, arī mikroizpētē cikls sastāv no trīm posmiem. Pirmais posms aptver faktu konstatēšanu un ir saistīts ar sistēmas uzbūves jautājumu noskaidrošanu. Otrajā posmā noteik sistēmas uzbūves un īpašību modelēšanu, sistēmas mikromodeļa izveide un analīze, kas orientēta uz mūs interesējošās īpašības (īpašību kopas) mikroizpēti. Trešajā posmā šo modeli un iegūtos secinājumus pārbauda praksē. Taču līdzība ir tikai formāla, jo sistēmu mikroizpētes posmiem piemīt sava specifika, kuru aplūkosim nedaudz sīkāk.

Pirmais posms jebkuras sistēmas mikroizpētes ciklā ir sistēmas uzbūves faktu noskaidrošana un aprakstīšana, kas orientēta uz kādas noteiktas īpašības (īpašību kopas) mikroskopisko izpēti. Sistēmas uzbūve — tas ir sistēmas sastāvs, kā arī sastāvdalījumi mijiedarbības un ārējo apstākļu kopīgi nosacītais sastāvdalījumi savstarpējais izkārtojums telpā un laikā.

Vispirms tiek noskaidrots sistēmas sastāvs. Piemēram, ikdienā plaši pazīstamā vārāmā sāls ir veldota no natrija un hiura atomiem; klases žurnāls vai leštādes kadru uzskaites kartotēka atspoguļo attiecīgo kolektīvu sastāvu; detaļu saraksts raksturo īerīces sastāvu utt.

Aprobežojoties tikai ar divlīmeņu sistēmu gadījumu, sistēmveidojošie elementi aplūkojami kā vienoti veselumi; starplīmeņu šajā vienkāršajā gadījumā nav, l. mikrolīmenis ir arī elementārlīmenis (sk. 4. att.). Tomēr jāatzīmē, ka joti daudzos sistēmu mikroizpētes gadījumos faktiski tiek aptverti vairāki starplīmeņi, tikai tie netiek īpaši izdalīti, un tāpēc sistēmu uzbūves hierarhija šajos pētījumos visā pilnībā var neizpausties. Tā, piemēram, klases vai darba kolektīvos parasti īpaši neizdala vīriešu un sieviešu apakšsistēmas. Visa mikroizpēte ir atkarīga no tā, kādu sistēmas makroīpašību aplūkojam un cik un kādi sistēmas uzbūves hierarhijas līmeņi ir nepieciešami, lai šī īpašība būtu pietiekami izprotama. Tāpat kā nederēs pārāk vienkāršas sistēmas uzbūves apskats, lietderīgi nav izmantot arī pārāk sarežģītu apskatu, kas leverb aplūkojamās īpašības mikroizpētei nenozīmīgas detaļas. Katras konkrētas īpašības mikroizpētei ir sava specifika,

tāpēc praksē sastopam joti lielu pat vienas un tās pašas sistēmas mikroizpētes daudzveidību. Šī daudzveidība rada zināmas grūtības, jo prasa atbilstošu uztveres un domas elastīgumu, bet tē nu neko nevar darīt, tāda ir pētniecības darba prasība.

Uzsākot īpašības mikroizpēti, ir jānoskaidro, kādā sistēmas līmeni attiecīgā īpašība saknējas. Piemēram, vārāmās sāls šķīšana ūdenī noteik nātrijs un hiura Jonu līmeni, turpretī šīs vielas optiskās īpašības atklājas elektronu un kodolu līmeni. Kā sistēmas makroīpašību aplūkojot bibliotēkas kolektīva pamatdarba operāciju izpildī, kolektīva sastāvā nav jāizskir vīrieši un sievietes. Pētot citu šīs sistēmas īpašību, piemēram, attaisnotos darba kavējumus, sistēmas mikrolīmeņa sastāvs būs citāds. Šajā gadījumā noteikti jāuzrāda māmīpas, kurām slimī mazuli. Atbilstoši jeb, kā sakām, pareizi noteikt sistēmas sastāvu — tas ir pirmais sekmīgais šīs sistēmas tālakās mikroizpētes solis, jo mikroizpēte nav pašmērkis, tai jātzskaidro noteikta makroīpašība.

Sistēmas sastāva konstatēšanai seko (vai paralēlī noris) sistēmveidojošo elementu mijiedarbības noskaidrošana un aprakstīšana. Kā jau minējām sistēmas īpašību izceļsmes apskatā, sistēmas sastāvs (elementu īpašības) nosaka sistēmas iekšējās un ārējā mijiedarbības potences (sk. 2. att.), kuras atraisa konkrētā vide. Sistēmas elementu savstarpējā (sistēmas iekšējā) mijiedarbība atsedz konkrētas šo elementu īpašības, kas dod pamatieguldījumu aplūkojamās sistēmas makroīpašību izveidē. Tādējādi sistēmas mikroizpētē ārkārtīgi būtiski ir izdalīt sistēmveidojošās mijiedarbības, kas nosaka sistēmas kā vienota veseluma eksistenci un veido arī attiecīgo makroīpašību izceļsmes pamatu.

Dažādu sistēmu iekšējās, sistēmveidojošās mijiedarbības aplūkojot, jārunā par elementu saitēm, saistītājpēkiem u. tml. Tā, piemēram, visām vielām sistēmveidojošie saistītājpēki ir elektriski, to pamātā ir atomu elektriskā un magnētiskā mijiedarbība. Šāda elementu mijiedarbība ir visu vielas fizikālo, ķīmisko un citu makroīpašību pamatā. Jebkādas mehāniskās detaļas par vlenotu veselumu (piemēram, automobili, virpā, gaļas maļamajā mašīnā) dara atbilstoša mehānisko sājūtu realizāciju. Daļa no šīm saitēm nodrošina telpā un laikā nemainīgu (nekustīgu) detaļu sakaru, bet otra daļa detaļas saista ar

kustības pārvadīšiem. Elektronisko un elektrotehnisko ierīču elementu mijiedarbība ir gan mehāniska, gan elektriska. Darba kolektīva locekļus sistēmā vieno konkrēts darbs, mērķtiecīga, uz noteiktu rezultātu: vērsta rīcība, kuras ietvaros katrs dod savu noteiktu ieguldījumu galaproductā. Elementu sistēmveidojošo sājūtu noskaidrošana ir otrs sekmīgais sistēmu mikroizpētes solis.

Aplūkojot sistēmas sastāvi ... tas elementu savstarpējo mijiedarbību, jāpēm vērā katras elementa mikrovīde, ko veido pārējie sistēmas elementi. Protams, katram sistēmas elementam ir arī makrovīde — vide, kurā atrodas sistēma kā vienots veselums. Katrs sistēmas elements atrodas mijiedarbībā gan ar attiecīgo mikro-, gan makrovīdi, un šajā mijiedarbības vienotībā saknējas sistēmas elementu īpašību un sistēmas makroīpašību principiālais kopsakars.

Mikrovīdes jēdzienu plaši lieto sociālo sistēmu izpētē. Piemēram, bieži sakām, ka ģimenē vai darbā slikti (labs) mikroīlīmats. Ar to saprotam noteiktas cilvēku kā sistēmas elementu mijiedarbības, kuru rezultātā veidojas attiecīgās šo sociālo sistēmu (ģimenes, darba kolektīva) makroīpašības.

Elementu savstarpējās mijiedarbības ir joti būtiski saistītas ar attiecīgās sistēmas sastāvdalījumiem izkārtojumu telpā un laikā. Šo faktu konstatācijai lieto konkrētām sistēmām piemērotas novērošanas metodes un tehniku. Tā, piemēram, elementu telpiskā sakārtojuma noskaidrošanai daudzu vielisku sistēmu gadījumā efektīvi tiek lietota rentgenogrāfija, aptverot kā mūsu organismā uzbūves detaļu, tā vietu atomārās un molekulārās uzbūves mikroizpēti. Jebkuras mērķtiecīgas rīcības programmas atšifrēšanā tiek noskaidrots atsevišķo darbību savstarpējais izkārtojums (secība) laikā.

Sistēmu uzbūvi raksturojošie fakti konstatējami gan tieši (sistēmu elementiem tieši iedarbojoties uz mūsu manu orgāniem), gan arī netieši. Tā, piemēram, daudzu tehnisko sistēmu sastāvu un šo sistēmu sastāvdalījumi savstarpējo izvietojumu noteicam, tiešos, vizuālos novērojumos apskatīdamies, kas «melnajā kastē» ir iekšā, turpretī citu vielisku sistēmu izpētē informāciju iegūstam netieši. Te izmantojam īpašas tehniskās īerīces un jau agrāk noskaidrotas un pārbaudītas teorētiskās (modeliskās) sakarības starp noteiktām vielas makroīpašībām un tās mikrostrukturām.

tūru (uzbūvi). Ievērosim, ka joti daudzos sistēmu izpētes gadījumos (piemēram, attiecībā uz politisko uzskaņu sistēmām, finanšu sistēmām, mākslīgā intelekta sistēmām, elektronisko skaitļotāju operāciju sistēmām u. tml.) tieša, vizuāla uztvere mums vispār ir liegta un sistēmas uzbūves noskaidrošana ir «tirs» prāta darbs, tātad netieša analitiska darbība.

Sistēmas elementu uztveramības tiešums ir atkarīgs no aplūkojamā hierarhijas līmeņa dzījuma. Sistēmu uzbūvi pētot, mums vienmēr jābūt gataviem, ka mapu orgānu tieši uztverto informāciju vajadzēs apstrādāt teorētiski. Tikai tā, netiešā veidā, varam iedziņināties daudzu jo daudzu sistēmu saturā, kas mūsu tiešajai uztverei nav pieejams.

Sistēmu uzbūvi raksturojošu faktu (elementu mijiedarbības, savstarpējā izkārtojuma, sastāva) aprakstīšanai, tāpat kā sistēmu makroizpētē, lieto atbilstošas valodas. Tās ir atkarīgas no sistēmu specifikas, tāpēc plaši sastopam gan vārdiskus, gan simboliskus aprakstus (piemēram, kāmisko elementu simbolika, pasaules politiskajā karte) pieņemtie apzīmējumi u. tml.). Daudzu sistēmu mikroizpētē plaši izmanto matemātisko aprakstes valodu, kas īpaši efektīva ir kvantitatīvo aprakstu veidošanā. Tā kā par faktu aprakstīšanu pietiekami sīki esam runājuši makroizpētes cikla apskatā, tagad ple tā vairs nekavēsimies.

Otrs posms jebkuras sistēmas mikroizpētes ciklā ir sistēmas mikromodelja izveide un analīze. Tāpat kā sistēmu makroizpētē, šis ir centrālais cikla posms, kurā, apkopojet un kritiski izvērtējot pirmajā posmā konstatētos faktus, tiek veikta izraudzītajam mikrolīmenim atbilstoša sistēmas modeļēšana. Neatkārtojot sistēmu modeļēšanas vispārigās atzinās, kas ir spēkā gan makro-, gan mikromodelēšanā un iepriekš jau tika aplūkotas, pievērsīsimies tam specifiskajam, kas raksturīgs modeļēšanai mikrolīmeni, vienkāršuma labad aprobežodamies tikai ar determinētām sistēmām.

Otrā posma 1. etaps — sistēmas mikromodelja izveide (mikromodelēšana). Parasti tā sākas ar sistēmas struktūras — jebkuras sistēmas pamatlīpašības — modeļa izveidošanu. Struktūras modelis ir sistēmas elementu attēlojums to faktiskajā savstarpējā izkārtojumā telpā, laikā. Jebkurš sistēmas struktūrmodells parāda, kas un kā šo sistēmu veido.

Sistēmas struktūras noskaidrošana nav pietiekams: pamats sistēmas īpašību izskaidrošanai. Tomēr joti bieži struktūras pārzināšana ļauj izdarīt svarīgu secinājumus par pārējām sistēmas īpašībām, kas tai piemīt komplektā ar tās konkrētu struktūru. Citiem vārdiem sakot, sistēmas elementu savstarpējais izkārtojums ir sistēmas īpašība, kas raksturo elementu mijiedarbību attiecīgajos ārējos apstākjos un parasti joti cieši ir saistīta ar mūs interesējošajām sistēmas makroīpašībām.

Sistēmas īpašības mikromodelēšanu ērti var demonstrēt, piemēram, kādas konkrētas vielu īpašības apskatā. Sajā nolūkā pievērsīsimies no skolas fizikas kursa pazīstamajai vielai dielektriskajai polarizācijai.

Vielas dielektriskā polarizācija ir fizikāla parādība: elektriskajam laukam iedarbojoties, vielā notiek saistīto elektisko lādiņu pārkertošanās, un vielas paraugam parādās elektriskais dipolmoments. Šis parādības makroliemeņa matemātiskais apraksts vielā darbojošos elektrisko lauku  $E$  (akcija) saista ar atbilstošo vielas polarizētību  $P$  (reakcija): polarizētība (tilpuma vienības elektriskais dipolmoments) ir tiesī proporcionāla elektriskā lauka intensitātei, un proporcionālītās koeficients  $\chi$  raksturo atbilstošo vielas parauga (sistēmas) īpašību — vielas dielektrisko uzmēmību.

$$P = \chi E$$

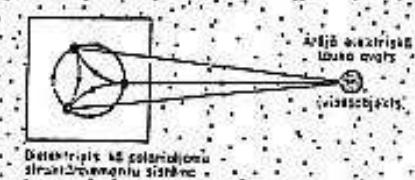
Vielu dielektriskās uzmēmības mikroizpētē tiek izveidoti atbilstoši mikromodelji, kas atsedz šīs mūs interesējošās īpašības izceļsmi un līdz ar to arī iespējas, kā to mērķtiecīgi izmānīt. Jebkurs dielektrisks (viela, kas var dielektriski polarizēties) tiek uzlūkots kā noteiktu polarizējumu struktūrelementu (atomu, molekulu u. tml.) kopums, kurā katrs no šiem elementiem ir elementāra elektriskā dipolomenta nesējs. Šie elementārie dipolmomenti ir atbilstoši struktūrelementu reakcija uz elektriskā lauka iedarbību un kopsummā veido vielas gabala makroskopisko dipolmentu. Vienkāršuma dēļ pieņemot, ka visi polarizējamie dielektrika struktūrelementi ir vienādi (dod vienādu ieguldījumu) un elementārs elektriskais dipolments tiem parādās tikai ārējā elektriskā lauka klātbūtnē, vielas makroskopisko polarizētību var izteikt kā elementāro dipolmentu

( $m$ ) reizinājumu ar struktūrelementu skaitu tilpuma vienībā — koncentrāciju ( $N$ ).

$$P = Nm$$

Bet kā izpaužas struktūrelementu mijiedarbība? Sākotnēji, kad ārēja elektriskā lauka nav, visiem polarizējamajiem struktūrelementiem dipolmoments ir nulle. Tas nozīmē, ka šajos apstākļos mūs interesējošās elektriskās struktūrelementu mijiedarbības nav. Vielas paraugu pakļaujot ārēja elektriskā lauka iedarbībai, rodas struktūrelementu elektriskie dipolmomenti (vide atraisa sistēmas elementu potences) un nekavējoties sākas struktūrelementu elektriskā mijiedarbība: jebkura struktūrelementa dipolmoments ar savu radīto elektisko lauku ietekmē visus pārējos struktūrelementus un pats savukārt tiek ietekmēts no visu pārējo puses. Lūk, šeit tad ir polarizējamo struktūrelementu mijiedarbība, kuras rezultātā uz katru no tiem iedarbojas ne tikai ārējais (primārais) elektriskais lauks, bet arī šo elementu dipolu mijiedarbības radītais elektriskais lauks (18. att.). Tieši šis summārais elektriskais lauks  $E^*$  nosaka, cik liels ir katrā polarizējā struktūrelementa dipolmoments, kas ir tiesī proporcionāls šī elektriskā lauka intensitātei. Proporcionalitātes koeficients  $\alpha$  raksturo katrā struktūrelementa spēju mijiedarbības ar elektrisko lauku vispār. So elementu individuālo raksturielumu sauc par polarizējā struktūrelementa polarizējāmību.

$$m = \alpha E^*$$



18. att. Polarizējamo dielektriku struktūrelementu mijiedarbības shematisks attēlojums, kas veido šādu dielektriskās uzmēmības mikromodeli: uz katru struktūrelementu iedarbojas gan ārējais elektriskais lauks, gan arī pašu elementu elektrisko dipolu radītais elektriskais lauks. (Uzskatāmības dēļ attēloti tikai trīs struktūrelementi.)

Kad esam uzzinājuši un aprakstījuši dielektriku uzbrūvi raksturojošos faktus, varam izveidot mūs interesējošas ipašības — dielektriskās uzņēmības — mikromodeli. Nemandami vērā šīs trīs matemātiski pie-rakstītās sakarības, atvēdinādami  $P = NaE^*$  un savstarpēji pielīdzinādami makro- un mikrolīnēpiem-atbilstošas polarizētības izteiksmes, dabūjam

$$\times E = P = NaE^*$$

$$x = N\alpha \frac{E^*}{E}$$

Dielektriskās uzņēmības  $x$  matemātiskā izteiksmē ir attiecīgās vielas dielektriskās uzņēmības matemātiskais modelis (ikdienā sakām vienkārši «formula»). Ar tā palīdzību mēs gūstam atbildi uz jautājumu «Kāpēc attiecīgajam dielektrikim ir tāda dielektriskā uzņēmība?». Šīs atbildes vārdiskais formulējums: skan šādi. Vielu dielektrisko uzņēmību nosaka tās sastāvs (komandas dalībnieki) un ārējie eksistences apstākļi (treneri, līdzjutēji, sporta vadība, sacensību vieta utt.). Komandas mikroizpētē šo vispārīgo sistēmīsmas atziņu vajag konkrētizēt. Vispirms jāizpēta komandas sastāvs (piemēram, cik komandā ir aizsargu, pussargu, uzbrucēju). Jāiepazīst katra komandas dalībnieka individuālās spējas. Tālāk jānoskaidro komandas dalībnieku mijiedarbība gan spēlu laikā, gan ārpus spēlēm. Kāds ir komandas dalībnieku savstarpējais izkārtojums spēles laikā, kādus individuālos uzdevumus kopsaistībā ar pārejīem veic katrs komandas dalībnieks? Visbeidzot, ir jātiekt skaidrībā par to, kā komandu ietekmē apkārtējā vide — kā tā atraisa vai slāpē komandas dalībnieku individuālās potences un to izpausmi atbilstošās mijiedarbēs. Cītīm vārdiem sakot, kāds ir komandas treneris, administrators, ārsts, kāda ir sporta dzīves organizatoru un līdzjutēju attieksme pret komandu utt.

Pēc faktu iegūšanas tās apkopojam un saistām vienotā komandas mikroizpētes faktu sistēmā, lai komandu un noteiktā mikrolīmenī mūs interesējošo komandas makroipašību modelētu. Protams, par komandas matemātisko modeli šajā gadījumā nevar būt runa. Šādu sistēmu modelēšanā tiek izmantots vārdiskais sistēmu apraksts, ietojot veselu virknī ipašu sporta terminu, kā arī sporta statistiskā fiksētos skaitliskos datus. Līdztekus tradicionālajiem sacensību papīrprotokoliem kā specifiska faktu krātuve šodien jau plaši kalpo sacensību videoeraksti. So videoerakstu izpētē veido noteiktu attiecīgās komandas mikroizpētes daļu.

Visbeidzot vēl ipaši jāatzīmē, ka jebkura komanda faktiski ir varbūtiska sistēma: līdzās sarežģītam cilvēku savstarpējām mijiedarbēm pašā sistēmā (komandā) pastāv ārkārtīgi daudzveidīga komandas da-

Lasītājam ar humanitāru ievirzi mikromodelēšanas piemēru varam izvēlēties no sociālo sistēmu jomas. Piemēram, no sporta dzīves. Kā izskaidrot kādas sporta komandas kā vienota veseluma ipašību, kas apzīmējama ar vārdiem «zaudējumu sērija kādā no-teiktā sacensību posmā». Kāpēc komanda zaudē? (Kāpēc «Daugavas» futbola meistarokanda 1986. gada sezonā neiekļuva augstākajā līgā?) Ko darīt, lai zaudējumus novērstu? Pasekosim sistēmu mikroizpētes vispārlīgajai shēmai šajā konkrētajā gadījumā.

Sistēmas (komandas) ipašības nosaka tās sastāvs (komandas dalībnieki) un ārējie eksistences apstākļi (treneri, līdzjutēji, sporta vadība, sacensību vieta utt.). Komandas mikroizpētē šo vispārīgo sistēmīsmas atziņu vajag konkrētizēt. Vispirms jāizpēta komandas sastāvs (piemēram, cik komandā ir aizsargu, pussargu, uzbrucēju). Jāiepazīst katra komandas dalībnieka individuālās spējas. Tālāk jānoskaidro komandas dalībnieku mijiedarbība gan spēlu laikā, gan ārpus spēlēm. Kāds ir komandas dalībnieku savstarpējais izkārtojums spēles laikā, kādus individuālos uzdevumus kopsaistībā ar pārejīem veic katrs komandas dalībnieks? Visbeidzot, ir jātiekt skaidrībā par to, kā komandu ietekmē apkārtējā vide — kā tā atraisa vai slāpē komandas dalībnieku individuālās potences un to izpausmi atbilstošās mijiedarbēs. Cītīm vārdiem sakot, kāds ir komandas treneris, administrators, ārsts, kāda ir sporta dzīves organizatoru un līdzjutēju attieksme pret komandu utt.

libnieku mijiedarbība ar apkārtējo vidi. Rezultātā uzvaras parasti mijas ar neparedzētiem zaudējumiem, kas mums nodrošina tik labi pazīstamo sporta ozartu.

Vai tikko veiktais apskats atbilst sporta dzīves reallītēm? Par to, cienījamais lasītājs, Jūs varat pārliecināties, ielūkojoties savā aktīvā sportista vai vismaz skatītāja pieredzē vai sīri cītīgāk palasot mūsu laikrakstu «Sports». Atbilde būs pozitīva.

Otrā posma 2. etaps ir sistēmas mikromodeļa analīze. Seit tiek iegūti noteikti secinājumi par apļukotās makroipašības izceļsmi, par šīs ipašības pamatā esošajiem mikroprocesiem.

Aplūkotajā piemērā ar vielu dielektrisko uzņēmību šādi secinājumi iegūstami, analizējot izveidoto matemātisko modeli (šajā gadījumā — joti vienkāršu algebrisko izteiksmi). Protī, zinot attiecīgos dielektriskā mikromodelē raksturlielums  $\alpha$ ,  $N$  un  $E^*/E$ , varam aprēķināt, kāda ir mūs interesējošas vielas dielektriskā uzņēmība. Reālo iespēju robežas šo liejumu vērtības variējot, varam projektēt un pēc tam izveidot dielektrikus ar noteiktu dielektrisko uzņēmību, tātad mākslīgi radīt sistēmas ar iepriekš paredzētām ipašībām.

Par sporta komandas kā vienota veseluma makroipašībām mēs varam spriest, apkopojet savstarpēji saistītus faktus par komandas mikrostruktūru un raksturīgajiem mikroprocesiem. Konkrēti secinājumi var attiekties uz komandas sastāva, trenera un treniņapstākļu maiņu utt. Var vēlēties, lai reālajā dzīvē šie jautājumi vienmēr tiktu risināti konsekventi sistēmiski, nepāļaujoties uz mirkļa iespaidiem un atsevišķiem faktiem bez to kopsakara ar pārejīem faktiem.

Sistēmu mikromodelēšana un izveidoto modeļu analīze sākotnēji vienmēr ir saistīta ar hipotēzu izvirzīšanu. Hipotēze sistēmu mikroizpētē — tas ir kāds noteikts no mikromodelē analīzes izrietos sezinājums vai vairāki secinājumi par attiecīgās sistēmas uzbrūvi, par to, kā izskaidrojamas šīs sistēmas ipašības un ar kādām jaunām ipašībām to būtu iespējams apveltīt. Hipotēze vienmēr ir oriģināla, satur jaunus secinājumus, skaidrojumus, priekšlikumus. Hipotēze ir izaicinājums līdz šim vēl nezināmajam. Saturīgas un pamatootas hipotēzes izvirzīšana tagad ir iespējama, tikai vairāk vai mazāk (labāk

gan pēc iespējas vairāk) apzināti sekojot sistēmiska metodoloģijas pamatatzīpām. Visbiežāk hipotēzes izvirzām netiešas mikroizpētes gadījumos: tad runājam par hipotētiskiem modeļiem, ar to domādami, ka attiecīgais sistēmas mikromodelis izveidots pirmo reizi vai ir viens no vairākiem mikromodeliem, kuri pretendē uz kādas noteiktas mikrolīmeni vēl neizpētītas sistēmas išpāšības izskaidrošanu. Tā, piemēram, daudz hipotēžu šobrid ir izteikts sakarā ar 1987. gada martā paziņoto konstatējumu, ka noteiktam keramiskajam materiālam supravadi spēja piemīt samērā augstās temperatūrās. Kāpēc šis efekts pastāv, kā šo išpāšību varētu mērķtiecīgi regulēt — tāds būtībā ir visu šo hipotēžu saturs.

Lai gan lielākoties hipotēžu izvirzīšana ir saistīta ar sistēmu mikroizpēti, hipotēzes sastopam arī makroizpētē. To apliecinā jau minētie piemēri no brāļu Kiri un D. Mendeļjeva pētnieciskās darbibas. Kā sistēmu makro-, tā mikroizpētē hipotēžu tipa secinājumiem ir zinātnisks raksturs.

Attiecīgo sistēmu vēlākajā izpētē šādai analīzei un secinājumiem jau ir izteikti praktisks raksturs: aplūkojamās sistēmas mikromodelis šajā gadījumā jau kalpo par pamatu atkārtotai un attiecīgi modifīcētai šīs ar nepieciešamajām išpāšībām apvērtītās sistēmas izgatavošanai, atjaunošanai u. tml.

Trešais posms jebkuras sistēmas mikroizpētes ciklā ir šīs sistēmas mikromodela analīzes gaitā iegūto zinātnisko un praktisko secinājumu pārbaudišana. Tāpat kā makroizpētē, šīs posms ciklu noslēdz, tajā tiek izvērtēta secinājumu atbilstība praksi, tātad arī to nozīmība mūsu tālakajā rīcībā.

Jaunu vai mazizpēitu sistēmu pētišanas gaitā izteiktās zinātniskās hipotēzes parasti pārbauda vairāki pētnieki (pētnieku kolektīvi), strādādami neatkarīgi un apmainīdamies ar iegūto informāciju. Ja liekas, ka atrastas būtiskas sakarības starp mikro- un makrolīmeniem (išpāšībām), tad tās pārbauda, iepriekš «paraustot» attiecīgās līmeni saites. Praksē to veic, atbilstoši manipulējot ar sistēmas mikrostruktūru vai arī radot iepriekš ērējos apstākļus. Piemēram, to, vai gimenēs stabilitātes pamatā tiešām ir laulāto draugu savstarpejā ciepa un milstība, parasti pārbauda kāds trešais vai trešā. Iepriekš komentāri te, šķiet, lieki. Ja nu vienīgi jāattopas no kārtējā sistē-

misma piemēra, kas atklājies tepat mūsu acupriekšā. Bet tieši par to jau šī grāmatīga arī ir.

Secinājumi arī tiek pārbaudīti tieši un netieši. No pārbaudes rezultātu ticamības viedokļa ieteicama pēc iespējas tiešāka pārbaudes metodika. Tāda, kuru netiešo (pastarpināto) sakarību aptuvenums ieteikmētu minimāli. Galvenajiem secinājumiem iespējamie tieši «jāiznāk» drošu novērojumu līmeni. Prakse pierāda, ka savās pamatkoncepcijās sarežģītie mikromodeli bieži vien izrādās samāksloti un neatbilst realitātē. Varam teikt, ka vienkāršums sistēmu modelēšanā ir dabas diktēts pētījumu labais tonis. Bet atziņa, ka sistēmas konkrētās išpāšības būtība pamatā ir vienkārša, diemžēl, apstiprinās tikai šīs sistēmas izzināšanas ērkšķainā ceļa galā. Ideju drāmu un traģēdiju piemērus varam atrast jebkuras zinātnes nozares vēsturē. Tāpēc ilgāk šeit neuzkavēsimies, tikai atgādināsim, ka šīs drāmas un traģēdijas risinās ne-pārtraukti un arī zināma daļa no mums kādā no tām var nospēlēt un nospēlē savu lomu.

Sistēmu mikromodelēšanas gaitā legūtos secinājumus pirms to ieviešanas praksē pārbauda augsti kvalificēti nozares speciālisti — eksperti. Pārbaudišanu veic gan teorētiski, pēc izdarītajiem aprēķiniem, gan arī praktiski — ar išpāšiem izmēģinājumiem, kuros objekts (sistēmas) pārbauda reālos ekspluatācijas apstākļos. Piemēram, ar ekspertsležēniem, kas apstiprina attiecīgi sagatavotos dokumentus (rasējumus, plānus u. t.), parasti ceļā uz praksi sākas standartveida projektiem mašīnbūvē, celtniecībā, izglītībā, apgārbu un apavu ražošanā u. tml. Ja runa ir par būtiski jaunām tehniskajām, ekonomiskajām un citām izstrādnēm, pirms ekspertsležēniem tiek organizēta izmēģinājuma paraugu pārbaude, rīkota iepriekšēja projekta apsprēšana (piemēram, izglītības sistēmas un citu sociālekonomisko reformu projektu). Tikai pēc tam, kad izdarīti loti rūpīgi izmēģinājumi, apliekās nokļūst jauni ērējniecības līdzekļi, darbā un sadzīvē — eksperimentāli tehnikas paraugi.

Sistēmas mikroizpētes viena cikla noslēgums — izdarīto secinājumu pārbaude — loti bieži ir arī nākamā cikla uzsākums. Pētījumu turpinājums var būt orientēts uz jau veiktās izpētes precizēšanu vai padziļināšanu. Izpēti precizējot, tiek nemitas vērā kādas papilddetajas, kas sākotnēji modeļi apzināti vai neapzināti nav tikušas ievērotas, bet kam tomēr

izrādījusies pietiekami būtiska loma aplūkojamās išpāšības skaidrošanā. Ja nepieciešams, izpēti var padziļināt, pārejot uz nākamo dzīļako sistēmas uzbūves, hierarhijas līmeni. Šāda mērķtiecīga pētījumu ciklu atkārtošanās veido sistēmas mikroizpētes spirāli.

Ieskatu sistēmu izpētes problemātikā noslēdzot, lietderīgi ir nedaudz tuvāk vēl aplūkot dažādu sistēmu matemātisko modelēšanu un elektronisko skaitlotāju lomu tajā.

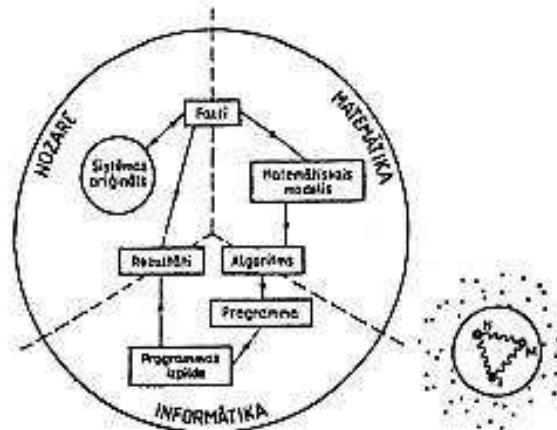
### Matemātiskā modelēšana un elektroniskā skaitļošanas tehnika sistēmu izpētē

«Matemātiskā modelēšana» un «elektroniskā skaitļošanas tehnika» (EST) — šie jēdzieni aizvien biežāk sastopami gan masu informācijas līdzekļu ziņojumos, gan daudzās mūsu profesionālās darbības jomās, gan skolās un profesionālās orientācijas pasākumos. Entuziasti aizrautīgi tos propagandē, skeptiki un konservatori nostājas aizsardzības pozīcijās, bet vairākums ar interesē vēro, kas te īsti notiek un kas galu galā iznāks. Lieta ir nopietna, jo skolās jau kopš 1985. gada ieviests jauns mācību priekšmetss «Informātikas un skaitļošanas tehnikas pamati», tomēr matemātika daudziem skolēniem, pēc tam arī pieaugušajiem ir cienījams, bet nesaistošs un grūts priekšmetss. Taču tautsaimniecības progresā interešēs mūsu valstī līdztekus kompjuterizācijas izvēršanai tiek pieņemti un iestenoti lēnumi par matemātisko metožu plašāku lietošanu, paredzot attiecīgajās ražotājorganizācijās izveidot lietišķas matemātikas nodalas ar iestādes vai organizācijas galveno matemātiski priekšgalā.

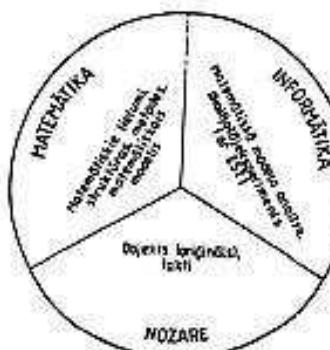
Bet vai šiem matemātizācijas un kompjuterizācijas procesiem ir kāds sakars ar mūsu tematu — dažādu sistēmu izpēti? Sakars ir pavismā tiešs, jo matemātiskā modelēšana ir loti efektīvs, kaut arī nevisos gadījumos izmantojams sistēmu modelēšanas paņēmiens un EST savukārt ir varens modeļu analīzes tehniskais līdzeklis. Isumā par to jau runājām, sistēmu makroizpētes apskata noskaidrodam i faktu aprakstes valodas un simboliskās modelēšanas jēdzienus. Tagad izteiksim vēl dažas vispārīgas piezīmes par šiem pašlaik loti aktuālajiem jautājumiem.

Matemātiskās modelēšanas bāzi tagad veido trīs saistītas jomas. Pirmkārt, tā ir konkrētā nozare, kurai atbilst aplūkojamais objekts (sistēma) — ekonomika, medicīna, celtniecība, izglītība, mašīnbūve, ķīmija, fizika, politika, psiholoģija utt. Otrkārt, tā ir matemātika, kura nodrošina simbolisko konkrētas sistēmas apraksta valodu — matemātiskos lielumus un matemātiskās struktūras. Treškārt, tā ir modernā EST, kura būtiski palielina matemātisko modeļu analīzes tehniskās iespējas, piemēram, jauj realizēt ārkārtīgi apjomīgus skaitliskos aprēķinus. Veicot attiecīgo sistēmu izpēti, visas trīs minētās jomas atrodas ciešā kopsakarā, un vērīgs lasītājs uzreiz pamanīs, ka tās arī pašas veido noteiktu sistēmu (19. un 20. att.).

Konkrētās nozares, matemātikas un EST mijiedarbojošos kopumu tagad sauc par matemātisko modelēšanu (šo terminu lietojot plašā nozīmē), un uz to kā uz sistēmu var attiecināt jīn visas mūsu jau aplūkotās sistēmismā pamatatzīgas par sistēmu ipāšību izcelsmi un to izpēti. Galvenais, ko patlaban liecina matemātiskās modelēšanas prakses sistēmanalīze, ir šāds konstatējums: tas, ka līdz šim matemātiskā modelēšana attīstās neapmierinoši, sakojas apstākļi, ka joti vājas vēl ir sistēmveidojošās saites (mijiedarbēs) starp minētajiem sistēmas elementiem (nozare, matemātika, EST). Protī, nozares speciālisti pieleikami neorientējās matemātikā un informātikā (darbs ar EST, tās programmnodrošinājums), matemātikā nepārziņa nozares problēmas, toties prot strādāt ar EST, bet EST izmantošanas speciālisti (informātikā) nepārziņa nozari un neprot lietot matemātiskās metodes. Svarīgākais un bēdigākais ir fakti, ka to, ko katrs atsevišķi savā jomā pat lietiski zinām un protam, šobrid pietiekami neapvienojam kopīgā mērķtiecīgā darbībā un tāpēc arī vēlamā rezultāta nav. Vienkāršakojas gadījumos atsevišķu nozaru pārstāvji, piemēram, fiziki (pētnieki, inženieri un pedagoģi) vēl paši tiek galā ar nepieciešamo matemātisko aparātu un EST, bet orientēties uz to, ka sarežģīti mūsdienu uzdevumi būtu kvalificēti atrisināmi tikai ar vienas jomas speciālistu spēkiem, ir nereāli un avantūristiski. Diemžēl, šāda būtībā nepieļaujama nostādne vēl novērojama visai bieži. Te nozaru speciālisti solās paši tikt galā, te uz visspēcību pretendē matemātiku, te, modernās EST



19. att. Matemātiskā modelēšana kā nozares, matemātikas un informātikas kopums. Izpētes cikla 1. posms — fakti (to konstatēšana un matemātiskā sprakste); 2. posms — modelēšana un modeļa analīze (matemātiskā modeļa izveidošana, algoritma un programmas izveide modeļa analīzei ar EST, programmas izpilde ar EST — skaitļotājekspēriem, rezultātu ieguve); 3. posms — iegūto rezultātu pārbaude (salīdzināšanai ar reālojiem faktiem). 1. posms un 3. posms pamatā realizējas konkrētā nozare, kontaktiešoties ar pētīmo objektu — sistēmu (oriģinālu). 2. posms realizējas matemātikā un informātikā (EST).



20. att. Matemātiskā modelēšana kā speciālās nozares, matemātikas un EST (informātikas) kopums — sistēma. P. S. Terminis «informātika» lietots ūsaurā nozīmē — kā EST izmantošana informācijas procesēšanā («computer science»).

iespēju savijpoti, savas spējas pārspilē informātiķi. Vienīgais pareizais ceļš ir strādāt kolektīvos, jo tikai tiem kā sistēmām pieiāt mūsdienu uzdevumu risināšanai nepieciešamā jaunā kvalitāte — tā kvalitāte, kas nepieiāt nevienam no sistēmveidojošajiem elementiem atsevišķi. Kvalitāte, kuru saucam par kolektīva spēku.

Turpinājumā aplūkosim konkrētu piemēru, kurā jau jepazītējās trijos sistēmu izpētes ciklos atsedzas arī nupat minētie matemātiskās modelēšanas kā noteiktas sistēmas elementi. Izvēlēsimies šādu vienkāršu un uzskatāmu problēmu. Jāņis ir iegādājies motorlaivu, un viņu interesē, kādas tai pieiāt īpašības. Sevišķi viņu interesē motorlaivas maksimālais ātrums. So grāmatiņu izlasijs, Jānis apzināti organizē savas motorlaivas kā sistēmas makroizpēti. Motorlaiva ir sistēma, ūdens — vide. Mūs interesējošā mijiedarbe ir motorlaivas kustība pa ūdeni, konkrētā īpašība — motorlaivas kustībes maksimālais ātrums stāvošā ūdenī.

Izpētes cikla 1. posms (faktu konstatēšana un sprakste).

Jānis ar motorlaivu brauc pa upi un konstatē ūdens faktus. Vienmērīgi, ar maksimālo ātrumu braucot pa straumi, motorlaiva 2 stundas veic 18 km; atgriezoties — vienmērīgi, ar maksimālo ātrumu braucot pret straumi —, šo pašu attālumu tā nobrauc 3 stundas. Apmēram pusējā Jānis leverbā krastā sauļojās kādu joti simpatisku meitu, kas garāmbraucējam skukā kapteinīcībā vēlā burvīgu smaidu. Turklāt upi šajā posmā šķērso 2 tilti: viens dzelzsbetona, otrs — koka. Ja par meiteni un tiltiem tas ir viss (seit matemātika maz ko var līdzēt, it īpaši jau melħas simpatiskuma aprakstīšanā), tad, zinot elementārās fizikas atzīmes par vienmērīgu taisnīvīzienu kustību, motorlaivas braucēnu varam aprakstīt matemātiski. Protī, sašķapa ar sakarību  $s = vt$  (kur  $s$  ir ceļš,  $v$  — ātrums,  $t$  — laiks) varam filķēt, ka lejup pa straumi braukts ar ātrumu  $v_1=9$  km/h, bet pret straumi ar ātrumu  $v_2=6$  km/h. Sie ir fakti, kas vēlo pamatu īstākai izpētei, kuras galamērķis ir noteikt motorlaivas ātrumu stāvošā ūdenī.

Izpētes cikla 2. posms (matemātiskā modeļa izveide un analīze). Lai varētu noskaidrot savas motorlaivas ātrumu, Jānis uz konstatēto faktu pamata veido motorlaivas kustības matemātisko modeļi. Viegli saprast, ka fakti par simpatisko meiteni un tiltiem nav viena konkrēto interežu līkni, jo ar motorlaivas kustību tie būtībā nav saistīti. Toties jāņem vērā upes straumes ātrums. Iši sakot, ir jāizveido konkrētajai situācijai atbilstošs matemātiskais modeļis, kura analīzē būtu noteicams līkles straumes, kā pašas motorlaivas ātrums (motorlaivas ātrums stāvošā ūdenī). Šāda matemātiskā modeļa izveides pamatā liekams klasiskajā fizikā pazīstamas parādības — kustības ātrumu saskaitīšanā — matemātiskais apraksts.

Plīzikājumā liecībām «ātrums» matemātiskajā aprakstā atbilst matemātiskais lielums «vektors». Tātad runājām par

ātruma vektoru. Kustības ātrumu saskaitīšanās parādībai, kas novērojams dabā, matemātikā atbilst attiecīgo ātrumu vektoru saskaitīšanas operācija vektoru algebrā. Ja saskaitījo divu vienā val pretējā virzienā vērstu kustību ātrumu, kā tas būtibā ir mūsu aplūkotajā gadījumā, tad varam aprobetoties ar parasto algebru. Protī, motorlaivas ātrums lejup pa straumi  $v_1 = 9$  km/h matemātiski ir aprakstīts kā summa  $v_1 + v_2$ , ko veido motorlaivas maksimāls ātrums stāvēšā ūdenī  $v$  un straumes ātrums  $v_2$ , turpretī motorlaivas ātrums pret straumi  $v_2 = -6$  km/h — kā minēto ātrumu starpība  $v - v_2$ . Abu ātrumu  $v$  un  $v_2$  izteiksmes faktiski ir vienādojumi ar diviem nezināmajiem  $v$  un  $v_2$ . Tādēļ Jāga motorlaivas kustības  $v$  un pret straumi matemātiskais modeļis ir šāda divu vienādojumu sistēma ar diviem nezināmajiem:

$$\begin{aligned} v + v_2 &= 9 \\ v - v_2 &= 6 \end{aligned}$$

Izveldoto matemātisko modeļi analizēt nozīmē atrisināt attiecīgo vienādojumu sistēmu, lietojot noteiktu risināšanas algoritmu un aprēķināt nepieciešamos tehniskos līdzekļus. Vienkāršākajos gadījumos (piemēram, mūsu aplūkotajā) matemātiskā modeļa analīze nepieciešamos aprēķinos var veikt bez EST palīdzības, sarežģītu, ja ipaši liela apjomā, aprēķinu gadījumā šīs dauchs tagad tiek efektīvi veikti ar elektroņiskajiem skaitļotājiem. Matemātiskā risinājuma metode uzdod attiecīgā uzdevuma risināšanas (modeļa analīzes) algoritmu — detalizētu risinājuma priekšrakstu elektroņiskajiem skaitļotājiem. Atbilstoši šīm algoritnām tiek sastādīta konkrēta programma konkrētam elektroņiskajam skaitļotājam. Lūk, šeit tad savu ieguldījumu dod programmatūri, kas ir speciālisti kompjuteri-zetas uzdevumu risināšanas tehnoloģijā. Starp citu, arī mūsu piemērā aplūkoto vienādojumu sistēmu var risināt ar elektroņisko skaitļotāju palīdzību, mūsu rīcībā esošajam elektroņiskajam skaitļotājam atbilstošu programmu sastādot pašiem vai arī izraugoties no šāda tipa uzdevumiem izveidotajām standart-programmām.

Mūsu aplūkotajā gadījumā iegūtais atrisinājums — motorlaivas izpētes galvenais secinājums (rezultāts) — ir šāds: motorlaivas maksimālais ātrums stāvēšā ūdenī ir 7,5 km/stundā.

*Izpētes cikla 3. posms (iegūto secinājumu pārbaude).*

Lai pārliecinātos, ka motorlaivas kustības ātruma izpētes rezultāti ir pareizi, Jānis var lūgt, lai kāds viņa izdarītu pētījumu gaitā — faktus un aprēķinus — pārbauda, kā arī tieši praksē pārliecināties, ka izreķinātais motorlaivas ātrums sakrit ar reālī līmenī. Pārbaudes liecina, ka matemātiskajā modeļēšanā kļūdu nav, un, ar motorlaivu braukdamas pa ezeru, Jānis varēs secināt, ka motorlaivas ātrums stāvēšā ūdenī sakrit ar matemātiskās modeļēšanas ceļa netieši dabītu rezultātu.

Mūsdienās pastāvošo plāsu starp nozaru speciālistiem, matemātikiem un informātikiem (EST programmatūras speciālistiem — sistēmprogrammatūrājiem) faktiski rada tas, ka tradicionālajā apmācībā vājas ir starppiekšmetu saites un tā ir at-

rauta no prakses. Iši sakot, visam jaunajam vispirms ir jāsakņojas skola. Visās mācību iestādēs daudz mērķtiecīgāk jāmāca, kā pētāmas dažādo nozaru aplūkotās sistēmas, konkrēto iespēju robežas izmantojot matemātisko modelēšanu saistībā ar EST lietošanu. Celmlaužiem šeit jābūt dabaszinātā priekšmetu, matemātikas un informātikas skolotājiem. Diemžēl, pagaidām gan šie, gan arī citi mācību priekšmeti lielā mērā tiek apgūti viens no otra atraudī. Matemātikai tikpat kā visu uzmanību koncentrē uz formālu matemātisko struktūru apguvi (piemēram, uz vienādojumu sistēmu risināšanu); vienādojumu sistēmu sastādišanai, kas prasa pārzināt nozari, uzmanības tiek veltīts daudz mazāk. Informātikai pamatā nozīmēs tikai ar programmēšanas un EST lietošanas iemāju apmācību, ar konkrētām nozārēm konkrētu uzdevumu risināšanā nekontaktēdamies. Konkrētu nozaru apguve ir pārsātināta ar faktiem, patstāvīgi analītiskai apmācīmā domas darbībā, kurā būtu izmantojams arī matemātikā un informātikā apgūtais, atliek par maz laika. Tiesa, katram pedagogam neapšaubāmi vispirms jāmāca savs profesionālais priekšmets, taču tagad un vēl vairāk nākotnē tas ir jādara ciešā kopsaistībā ar pārējiem priekšmetiem. Jaunieši jāorientē uz mūsdienu zinātnisko un praktisko uzdevumu sistēmisku risināšanu. Mūsdienās jāpacejas pāri atsevišķajam, to nevis noliedzot, bet gan aplūkojot savstarpējos kopsakaros. Kā jau minējām, katram pedagogam tagad jāpilda virsuzdevums — vispirms savā priekšmelā, pēc tam šī priekšmeta saistībā ar visiem pārējiem priekšmetiem sistēmiski jāmāca sistēmisms.

Aicinot apkārtējās vides objektus un pašiem sevi skatīt un pētīt sistēmiski, turklāt plaši izmantojot matemātiku un EST, jāaicina arī vienmēr un visur iespējamī skaidri apzināties šīs darbības reālās iespējas. Protī, jāzina arī tas, ko matemātika pat ar EST palīdzību vēl nevar izdarīt. Daudzu sistēmu izpētē ekonomikā, socioloģijā, pedagoģijā, psiholoģijā utt. matemātiskās modeļēšanas iespējas pašlaik vēl ir visai kerobežotas. Matematizācija un kompjuterizācija nav pašmērkis, tās tikai gādā konkrētu uzdevumu risināšanas līdzekļus. Ar matematizāciju un EST aizraujoties nevietā, var tikai radīt zinātniskuma un laikmetīguma ilūziju, bet būtibā neko jaunu negūt.

Visbeidzot, runājot par matemātisko modeļēšanu ar EST palīdzību, joti bieži sastopamies ar jēdzenu «skaitļotājeksperiments». Tas ir eksperiments, kurā reāla objekta vietā operē ar tā matemātisko modeļi, veicot šī modeļa skaitlisko analīzi (aprēķinot interesējošos raksturlielumus) pēc noteiktiem izejdatiem par modeļi raksturojošajiem līčumiem. Loti daudzos gadījumos šāds sistēmu raksturojošās informācijas ieguves paņēmējs ir joti izdevīgs un tiek plaši lietots, it īpaši tad, ja reāli eksperimenti ar sistēmu ir joti dārgi, tehniski sarežģīti vai pat neiespējami. Sajās situācijās aprēķinu ceļš — skaitļotājeksperiments ar pētāmās sistēmas modeļi — sevi visā pilnībā attaisno (tiesa gan, tikai tad, ja modeļis pietiekami precīzi atbilst originālam). Protams, šādu netieši iegūtu skaitlisko novērtējumu pareizības pārbaudes pamats tik un tā ir reāla prakse. Starp citu, Jāga motorlaivas ātruma noteikšana ar attiecīgās vienādojumu sistēmas atrisināšanu ir tipisks skaitļotājeksperiments piemērs. Tiesa, motorlaivas ātrumu var noteikt arī reālā eksperimentā, vienu stundu vienmērīgi braucot pa ezeru un izmērot šajā laikā veikto attālumu. Taču Jānim tuvumā ezera nav, toties ir upe. Tāpēc motorlaivas ātruma tiešā noteikšana — izmērišana reāla eksperimentā — nebija iespējama. Atbilde tika iegūta netieši — ar motorlaivas braucienam pa upi atbilstošā matemātiskā modeļa analīzes (skaitļotājeksperiments) palīdzību.

Sistēmu izpētes vispārīgo jautājumu apskatu noslēgdam, vēlreiz īpaši uzsvērīsim, ka sistēmu izpēte nav tikai teorētisko pētījumu darbalaiks; tā ir ne-saraujami saistīta ar praksi. Sistēmu izpēte — mūsu pētnieciskā darbība — realizējas trīs pamatvēdos. Vispirms kā mācību pētnieciskā darbība, kurā skolās un patstāvīgi tiek apgūta cilvēces uzkrātā pieredze. Nākamā ir mūsu ikdienas sadzīvē un profesionālajā sfērā veikta praktiskā pētnieciskā darbība — specifiska mūsu apkārtnes un sevis eksaktā (tehniskā) un humanitārā (mākslinieciskā) izprāzīna un izpēte. Visbeidzot, tas ir zinātniskās pētniecības darbs, ko veic atbilstoši sagatavoti profesionāļi. Jebkāda šī pētnieciskā darbība vairāk vai mazāk apzināti tiek veikta sistēmiski, jo sistēmiskums ir visu pētīmo objektu un arī paša izpētes procesa vispārīgā būtība. Tādēļ dosim ceļu apzinātai sistēmismu uztverei un lietošanai!

Grāmatīgas pamatdaļu «Sistēmskatījums» nu esam noslēguši. Turpinājumā — «Sistēmredzējums» — pirmajā daļā aplūkotās sistēmīma pamatatzīpas konkrētizēsim un ilustrēsim ar piemēriem no prakses. Lai sistēmu ārkārtīgās daudzveidības dēļ šī grāmatīgas daļa nekļūtu bezgala gara, tuvāk vēl aplūkosim tikai dažu veidu konkrētas sistēmas. Turpat uzrādīsim literatūru, kurā aplūkotie objekti (sistēmas) logiski iekļaujas mūsu «Sistēmredzējumā» un to attiecigi papildina. Turklat, cienījamais lasītājs, pēc sistēmskatījuma iepazīšanas Jūs savu interesējošo objektu sistēmredzējumu varat veidot arī pats. Tas gluži vienkārši būtu lieisks!

## SISTĒMREDZĒJUMS

### SISTĒMĪSMS UN VESELAIS Saprāts

Cilvēka aktīvā attieksme pret apkārtni (vidi) ietver domāšanu un darišanu jeb, citiem vārdiem sakot, teoriju un praksi. Grāmatīgas pirmajā daļā pievērsāmies sistēmīma teorijai (sistēmskatījumam), aplūkojām sistēmīma pamatlēdzīenus un koncepčijas, kā arī sistēmu izpētes teorētiskos pamatus. Tagad kaut nedaudz jāparunā par sistēmīmu praksē, par to, kā vispārteorētiskās atzīgas realizējams mūsu ikdienas darbā un sadzīvē. Isi sakot, jāpalūkojas, kāds ir mūsu sistēmredzējums, jo var jau skatīties, bet neko nesaredzēt.

Bet vispirms kaut vai nedaudz jāpakaņējas pie teorijas un prakses savstarpejām attieksmēm — gan vispār, gan arī mūs tieši interesējošā aspektā.

Praksē bieži vien dzirdam, ka sistēmīsmis neesot nekas vairāk kā mūsu veselais aprāts. Sak, ko tur tik gudri par tām sistēmām teorētizēt, viss taču ir tik vienkāršs, dabisks un skaidrs, katrai aprātīgai cilvēkam pats par sevi saprotams. Sādi un līdzīgi praktiku izteikumi ir visaugstākā sistēmīsmām izteiktā atzinība, kas liecina, ka sistēmīma pamatkoncepcijas ir pareizas. Taču ne ar veselo aprātu, ne ar vienkāršumu un skaidribu vienmēr un visur tik vienkārši un skaidri nemaz nav. Vai mūs vienmēr un visur pavada veselais aprāts? Kāpēc mūrs šodien radušās un pastāv tik akūtas ekoloģiskās, sociālās un vēl daudzas citas problēmas? Diemžēl, tas, kas vienkāršs ir teorijā un skaidri saredzams dzīves vieglākajos uzdevumos, nemaz tik vienkāršs nav tad, kad aci pret aci paliekam ar sarežģītākām, agrāk nesastaptām un vēl neizprastām situācijām. Vienkārši un skaidri ir tikai izziņas noietie un prakses ap-

gūtie ceļi, bet ikdienā nepārtraukti paveras kas jauns un neizdibināts. Te nu ar praktiķu veselo aprātu vien ir stipri par maz.

Veselais aprāts — tas ir mūsu praktiskās pieredzes lolojums, tas ir pleredzējuša praktiķa spēks tradicionālu dzīves uzdevumu risināšanā. Lai risinātu jaunus, netradicionālus uzdevumus, veselajam aprātam palīgā jānāk teorētiskajai domai. Neprātīgās idejas un risinājumus uz līdzšinējās pieredzes pamata izauklē teorētiskā doma. Teorētiskā doma ir tilts, kas savieno mūsu konkrētās pieredzes salas un dod iespēju nonākt pie vēl neapgūtā. Isi sakot, tikai praktiskās pieredzes un teorētiskās domas vienība spēj nodrošināt mūsu un apkārtējās vides atliksmju tālākattīstību. Tāpēc sistēmīmu identificēt tikai ar veselo aprātu nav plenēmams, un skaidri ir jāapzinās, ka sistēmīma spēks ir teorijas (sistēmskatījuma) un prakses (sistēmredzējuma) sakaušumā.

Sistēmredzējums («sistēmas sp mums un mēs sistēmās») — tas ir mūsu pasaule redzējums sistēmskatījumā. Ko tad mēs šodien savā konkrētajā prakšē redzam? Kādu uztveram mūsdienu pasaules kopainu?

Visbūtiskākais, uz ko balstās mūsu praktiskais pasaule redzējums, ir atziņa, ka ap mums ir bezgalīdzīgas, mainīgas, kopsakaros saistītas lietas un procesi. Citiem vārdiem sakot, pasaule skatāma:

- kolosāla objektu (lietu, procesu) daudzveidība;
- objektu mijiedarbība — to kopsakari;
- objektu kustība un mainība.

Kā mēs orientējamies šajā bezgala daudzveidīgajā, objektiem pārpilnajā pasaulei? To pajautāsim veselajam aprātam un teorētiskajai domai.

Veselais aprāts: ar objektu raibo pārpilnību taču ir pavisam vienkārši. Pirmkārt, vienmēr taču jāveic interesējošo objektu atlase. Daudz ko no pasaules raibuma katrā konkrētajā gadījumā vispār varam neņemt vērā, jārēķinās tikai ar to, kas šajā gadījumā ir svarīgs. Tā, piemēram, neviens kārtīgs cilvēks, uz satikšanos ar savu meiteni (puisi) iedams, citām (-iem) pārlieku uzmanību nepievērš un iet neatkarīgi no tā, vai arā list lietus vai spīd saule. Skolā fizikas stundā runājam par siltumu, elektrību un citām dabas parādībām, sabiedrības mācības

stundā — par dažādām sabiedriskajām parādībām. Otrkārt, pasaules lietu un procesu gūzmā orientēties palīdz mūs interesējošo objektu grupēšana. Katrā konkrētajā gadījumā objektus grupējot pēc kopīgām pazīmēm, tos var apkopot grupās un tādējādi atvieglo daudzveidīgās apkārtējās vides uztveršanu. Citiem vārdiem sakot, atkarībā no konkrētās vajadzības mēs savu apkārtējo pasaulli sadalām daļas un darbojamies ar šim daļām. Bieži vien šīs daļas daļām vēl sīkāk, citreiz liekam kopā, veidodami kādu lielāku mums nepieciešamu pasaules daļu. Tā rīkojas ikviens saprātīgs cilvēks, piemēram, remontstrādnieks, ceļnieks, priekšnieks un citi sava aroda meistari. Tas taču ir acīm redzams. Visa pasaulei mūsu uztverē tiek sadalita pa plauktiņiem, sakārtoti, un nepieciešamības gadījumā šajā pasaules daļu noliktavā tikai jāprot atrast sev vajadzīgo. Tiesa, šī pasaules sakārtošana nekad nav pabeigta. Lākā gaitā mūsu pasaulei redzējums mainās, paši plauktiņi nemitīgi tiek pārkārtoti, bet objektu atlases un grupēšanas principiālo būtību tas nemaina.

Teorētiskā doma uz jautājumu par mūsu orientāciju apkārtējās vides daudzveidībā atbild īsi: šī sadalītā, sagrupētā pasaules aina ir jāskata un jāapjēdz sistēmiski. Protī, veselā saprāta diktētā objektu atlase ir konkrētu, ar noteiktām ipašībām apveltīlu objektu (sistēmu) izdalīšana uz pārējā fona. Savukārt objektu grupēšana nav nekas cits kā sistēmu veidošana, kurā par pamatiem izmantotas noteiktas sistēmveidojošo objektu ipašības (mijedarbes). Ne velti par objektu grupēšanu sakām, ka notiek šo objektu sistematizēšana.

Pasaules sistēmiskuma apjēgsme ir pamats apzinātai mūsu un vides attieksmju tālākattīstībai. Sistēmskatījums ir drošs pamats orientācijai ne tikai tagadnē, bet arī nākotnē.

Noslēdzot šīs vispārīgās piezīmes par sistēmisms teorijas un prakses savstarpējām attieksmēm, jāatzīmē, ka līdz šim mūsu ikdienas dzīvē ir dominējusi pasaules dalīšana un legūto daļu mijedarbibas nepliekama ievērošana. Mūsdienās īpaši aktuāla klūst pasaules veseluma uztivere, kuras pamatā ir sistēmisms pamattēze, ka sistēma ir mijedarbojošos daļu kopums. Tikai konsekventa daļu mijedarbibas ievērošana spēj nodrošināt atgriešanos no daļām pie-

veselā. To no mums prasa šodienas prakse, un tai palīdz steidz sistēmisms teorētiskā domu.

Turpinājumā pievērsīsimies vienam no aktuālajiem mūsu prakses jautājumiem, proti, objektu (sistēmu) sistematizēšanai (klasificēšanai).

## SISTĒMU KLASIFICĒŠANA

Sistēmisms ir mūs interesējošo objektu atlases un grupēšanas pamatā. Termina «grupēšana» vietā kā sinonīmus var lietot arī terminus «sistematizēšana» un «klasificēšana», jo tie raksturo un apraksta noteiktu sistēmveidojošu objektu izdalīšanu un apvienošanu kādā konkrētā sistēmā. No šī viedokļa visatbilstošākais būtu termins «sistematizēšana», tomēr līdztekus tam praksē joti plaši lieto arī terminu «klasificēšana». Ievērojot to, ka sistēmskatījumā ikviens mūsu apkārtējās vides objekts ir sistēma, labiskās interesēs vārdkopas «sistēmu sistematizēšana» veltā lietosim jēdzieniski ekvivalentu vārdkopu «sistēmu klasificēšana».

Sistēmu klasificēšana ir objektu (sistēmu) apvienošana klasifikācijas sistēmās, kurām ir noteikta uzņēmējus hierarhija. Klasifikācijas sistēmu izveides pamatā vienmēr ir kāda stingri noteikta sistēmveidojošajiem objektiem kopīga iezīme (ipašība, mijedarbe).

Kāda ir klasifikācijas sistēmu izveides praktiskā jēga? Jebkura klasifikācijas sistēma būtībā ir konkrēts sistēmredzējums, kas mums nodrošina orientāciju pasaules lietu un procesu daudzveidībā. Klasifikācijas sistēmas palīdz saskatīt atsevišķu objektu konkrēto vietu kopsakarā ar citiem objektiem, bet tas savukārt jauj praksē šo objektu ipašības iespējami efektīvi izmantot savu interešu apmierināšanai. Tā nu tas ir, visa pamatā vienmēr taču ir mūsu praktiskās intereses. Visbeidzot, kopumā nemetas, daudzās un dažādās klasifikācijas sistēmas veido mūsu šodienas integrālo pasaulei redzējumu. Dažādos aspektos un līmenos uztvertā pasaule tiek pārskatāmi atainota mūsu vēidotajās klasifikācijas sistēmās. Šīs sistēmas nav dogmatiski sastingušas, jo, mūsu priekšstatīem par pasauli attīstoties, atbilstoši mainās arī tās. Isi sakot, klasifikācijas sistēmas ir viena

no konkrētajām mūsu sistēmredzējuma fiksācijas formām.

Teiktā ilustrēšanai ikdienas piedāvā bezgala daudz konkrētu piemēru. Tāpat kā grāmatas ievadā nosaucām dažādus praksē sastopamus objektus (sistēmas), varam nosaukt arī dažādas klasifikācijas sistēmas (tiesa gan, ne katrai attiecīgās sistēmas nosaukumā ir vārdkopa «klasifikācijas sistēma»). Minēsim, tikai dažas no tām.

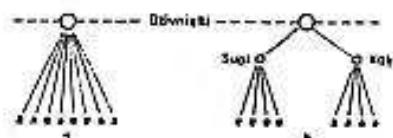
Pazīstams klasifikācijas sistēmas piemērs ir grāmatu katalogi bibliotēkās. Sie katalogi mums sniedz grāmatu sistematizējumu pēc tematikas vai autoriem. Tematiskais katalogs, tāpat kā jebkurš informācijas klasificējums pēc nozares, dod visvērtīgāko ieskatu: sistēmredzējumā. Noteiktajā klasifikācijā, turklāt visai dažādos aspektos, pakļaujas arī pašas bibliotēkas. Praksē sastopam daļiliteratūras un zinātniski-tehniskās, patentu un izgudrojumu, kā arī citu tipu bibliotēkas.

Kā konkrētas klasifikācijas sistēmas līdz ar grāmatu katalogiem sastopam arī vēl citus katalogu tipus. Piemēram, preses izdevumu katalogi, dažādu iekārtu un mehānismu detaļu katalogi, elektronisko ierīci katalogi, jaunākās produkcijas katalogi utt.

Cits piemērs ir nomenklātūras tipa klasifikācijas sistēmas. Piemēram, inženierītehnisko un zinātnisko darbinieku nomenklātūra, dažādās mācību iestādēs, apgūstamo specialitāšu nomenklātūra, iestādes darbinieku nomenklātūra, lietvedības līetu nomenklātūra u.tml.

Bez augu un dzīvnieku klasifikācijas sistēmām nav iedomājama orientēšanās dzīvajā dabā. Cilvēku sašķarsmes (mijedarbibas) problēmu risināšanā palīdz cilvēku iedalījums (klasifikācija) pēc nervu darbības tipa, izglītības, nacionālītātes un citām raksturīgām pazīmēm. Ārkārtīgi daudz klasifikācijas sistēmu, jeb, īsāk izsakoties, klasifikatoru sastopam tehnikā, medicīnā, kultūrā, sportā un citās nozares. Sie un daudzi citi piemēri pārliecinoši rāda, ka ikdienā mūs katrā solī payada vairāk vai mazāk apzināts sistēmisms.

Klasifikācijas sistēmas uzskaņā tiek attēlotas arī sauktajām klasifikācijas shēmām. Parasti tās atbilst 6.attēlā parādītajam shēmas tipam, un lielākoties tām piemīt šāda ipašība: nevienu līmena sistēmās neietilpst daudz hierarchiski zemāka līmeņa objektu (sistēmu). Tas ir saistīts ar klasifikācijas sistēmu iz-



21. att. Iespējamie vienas un tās pašas objektu kopas klasificēšanas varianti. Lielākas pārskatāmības dēļ pirmā (a) varianta vietā ieteicams otrs (b), jo, no augstākā klasifikācijas sistēmas līmeņa pārejot uz zemāku, tiek levtests vēl viens sistēmas līmenis un saņemta shēmas zarošenās pakāpe.

veides pamatuzdevumu — nodrošināt, lai apkārtējās pasaules raibums būtu pārskatāmi uzverams. Praksē to panāk, iespējami vienkārsojot klasifikācijas sistēmu sazarojumus, bet palielinot sistēmas struktūras līmeņu skaitu (21. att.). Ja objektu skaits ir liels, daudzlīmeju klasifikācijas sistēmas ir pārskatāmākas nekā sistēmas, kurās līmeņu ir maz. Faktiski šo sistēmveides principu mēs visi joti labi pazīstam no skolas sacerējumu rakstīšanas laikiem. Protī, par pārskatāmākiem vienmēr tikuši atzīti nevis vienlaidus sastādītie, bet gan ar pakātotiem plāna punktiem veidotie sacerējumu plāni. Kāds te sakars ar klasifikācijas sistēmām? Pavisam tiešs: sacerējums tāču ir sistematizēts vielas izklāsts. Sacerējumu rakstot, noteik šīs vielas klasificēšana, un shēmu, pēc kuras tas tiek darīts, attēlo sacerējuma plāns. Kā redzams, ar sistēmismu mēs sastopamies jau skolas solā un ne tikai eksaktajos, bet arī humanitārajos priekšmetos.

Līdz šim galveno vērību esam pievērsuši sistēmu klasificēšanai, tās būtībai un metodoloģijai. Ne mazāku uzmanību pelnījis jautājums, kādu sistēmredzējumu mūsu lietotās klasifikācijas nodrošina. Citiem vārdiem, kāds ir tas pasaules ainas sakātjums pa plauktiņiem, kurš sniedz ieskatu par mūsu apkārtni un par mums pašiem un līdz ar to arī pamatu vispārigai orientācijai pasaules raibumā. Iši sakot, kāds ir mūsdienu sistēmiskais pasaule redzējums.

Atbildēt uz tik fundamentālu jautājumu nav vienkārši. Lielum lielais vairums sistēmu mūsu praksē aptver noteiktu pasaules ainas fragmentu un savā

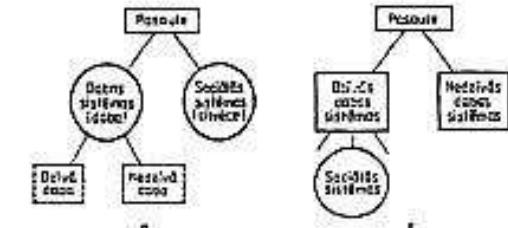
būtībā tikai detalizē kādu vispārigāku klasifikācijas sistēmu. Sādām vispārigām augsta līmeņa klasifikācijas sistēmām raksturīga joti sarežgita uzbūves hierarhija, un iespējami pilnīgā kopskatā tās aptvert ir joti grūts uzdevums. Sādās supersistēmās parasti vēl ir daudz tukšumu, nesaskauju, un tās atrodas nepārtrauktā mainībā atbilstoši zinātnes jaunākajām atziņām. Tāpēc kādu konkrētu nozaru pilnīgi aptverošs sistēmredzējums un augstvērtīgs tā izklāsts ir pa spēkam tikai augsti kvalificētiem attiecīgās nozares speciālistiem. Ja pasaules ainu gribam ivert kopumā, tad visu šo speciālistu pūles noteikti jāapvieno tikpat augsti kvalificēta «vīrsdirigenta» vadībā. Lūk, tāpēc uz izvirzīto jautājumu par pasaules kopainu atbildēt tik tiešām nav vienkārši. Sajā sakarā varam atjaunies ieskicēt tikai dažas, pēc autora domām nozīmīgas mūsdienu pasauleskātījuma vispārigās detaljas. Protī, aplūkosim jautājumu, kādus vispārīgus sistēmu tipus tagad fiksē sistēmu klasifikācija.

Te nu lasītājs noteikti jābūdina, ka atbildēt uz šo jautājumu iespējami dažādi varianti. Lai gan interešu objekts mums visiem ir viens un tas pats, proti, mūsu apkārtējā vide un mēs paši, redzējumi joti biezi ir atšķirīgi. Kāpēc tā? Tāpēc, ka pat vienādi izprastā sistēmskātījuma ietvaros iespējami dažādi sākotnēji izraudzītie klasifikācijas principi jeb tā sakot, dažādas pīejas.

Teikto varam ilustrēt ar piemēriem. Viena no vispārigākajām mūsu pasaule redzējuma shēmām pasaulei dala divās pamatdaļās — cilvēcē (sociālās sistēmas) un dabā (dabas sistēmas). Citiem vārdiem, katru nomums aptver sociālā vide un dabasvide (7. un 22.a att.). Cita šī paša pasaules līmeņa objektu klasifikācijas shēma pamatā izdala dzīvo un nedzīvā dabu (22.b att.). Sajā shēmā cilvēce — sociālās sistēmas — ir dzīvās dabas apakšsistēma, un salīdzinājumā ar iepriekšējo klasifikācijas shēmu ir būtiski mainījies jēdziens «dzīvā dabas saturs». Citiem vārdiem, dzīvo dabu katrā gadījumā redzam citādu.

Līdz ar to varam izdarīt sistēmismu izpratnei un mūsu praksi joti svarīgu secinājumu: iespējamo un praksē realizēto sistēmskātījumu dažādība nosaka atbilstošo sistēmredzējumu dažādību.

Atgriezoties pie mūsdienu vispārigās dažādu sistēmu tipologijas, jāzemē vērā, ka turpmākais iz-

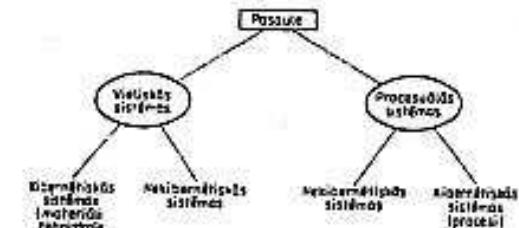


22. att. Iespējamās mums apkārtējo objektu klasificēšanas shēmas. Sistēmisms ir viena vispārigā metodoloģija, taču tā ietvaros pastāv atšķirīgi sistēmskātījumi, un tāpēc dažādi var būt arī sistēmredzējumi.

klāsts zināmā mērā atspoguļo autora izraudzīto sistēmskātījuma variantu. Jūs pīeja, cienījamo lasītāj, var būt lielākā vai mazākā mērā atšķirīga, un neviens no mums nebūs grēkojis. Dažādas variācijas par doto tēmu tāču bagātīna mūsu pieredzi un rosinā domu un darbu tālākattīstību.

Līdzās apkārtējo objektu grupēšanai dabas sistēmās un sociālajās sistēmās vai dzīvās un nedzīvās dabas sistēmās praksē joti noderīga ir vielisko objektu un visu pasaule noritošo procesu sistematizēšana (23. att.).

Vielisko objektu apkopošana sistēmās mūsu veselajam saprātam ir parasta parādība, turpretī parādītu sistēmu izveidi, kurās sistēmveidojošie elementi ir dabasvidē vai sociālajā vidē notiekošie procesi, gluži tā vis nevar teikt. Kāpēc ne? Sādās procesuālās sistēmas piemērs ir jebkurš tehnoloģiskais process — cikls, kuram raksturīgi noteikti apakš-



23. att. Vēl viena objektu (lietu, procesu) klasificēšanas shēma.

procesi un fiksēti to kopsakari (sistēmveidojošie elementi un to mijiedarbība). Grāmatīgas sākumā kā noteiktu darbību (procesu) sistēmu jau aplūkojām autobraucienu, sistēmredzējumā palūkojāmies uz darbību «atnest maizi». Sajā sistēmu tipā (klasē) ietilpst visas elektronisko skaitļotāju programmu sistēmas un daudzas citas sistēmas, kurās apkopotas noteiktas savstarpēji saistītās darbības (komandu izpildes). Procesuālās sistēmas ļoti nozīmīgas ir jurisprudencē. Visbeidzot, ipaši jāatzīmē, ka šajā sistēmu klasei ietilpst mūsu praksē izcili svarīgās kibernetiskās procesuālās sistēmas. Protī, kā sistēma tiek uzlūkota mērķtiecīga darbība, kurā realizējas tā sauktais vadības process.

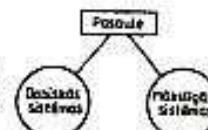
Visu apkopodami, varam teikt, ka procesuālās sistēmas vienmēr ir izdalāmas visur, kur tiek pētītas vai izmantojas jebkādas kustības un tās tiek uzvertas kā savstarpēji saistīti elementārkustību (darbību) kopumi. Nemot vērā kibernetisko sistēmu izseņis lielo un vēl pieaugašo nozīmi mūsu praksē, kā arī procesuālo sistēmu apskata zināmo netradicionālitāti, pie ūt veida procesuālajām sistēmām pakavēsimies sīkāk.

Nodalā par sistēmu makroskopisko izpēti mēs jau minējām dažas mūsu praksē ļoti svarīgās vispārīgās sistēmu klasses, proti, determinētās un varbūtiskās sistēmas, kā arī statiskās un dinamiskās sistēmas. Par tām sīkāk vairs nerunāsim, bet uzmanību pievērsim šobrid ipaši aktuālajam sistēmu iedalījumam dabiskajās un māksligajās sistēmās (24. att.).

Visas māksligās sistēmas ir cilvēka darbības rezultāts. Tās ir dabā līdz šim neeksistējušas vai nedabīgi radītas sistēmas. Dabiskās sistēmas veido objekti, kurus cilvēks gan var lielākā vai mazākā mērā ieteikmēt, bet kuru izcelsme ar cilvēci nav tieši saistīta. Sajā skatījumā katru no mums aptver dabiskā un māksligā vide.

Par to, cik aktuāls kļūst dabisko un māksligo sistēmu savstarpējo attieksmju jautājums un cik aktuālas kļūst mūsu pašu dzīves problēmas, kas rodas māksligās vides ieteikmē pieaugot un dabiskajai videi deformējoties, tagad neviens laikam ipaši nav jāpārliecina. Apkārtējā dabiskā vide vieliski piesārnojas; fiziskā darba apjomam aizvien sarūkot, pārlieku samazinās kustību slodze un jau tuvā perspektīvā garīgās darbības atvieglošanā vispusīgas

24. att. Māsdienās ipaši aktuāla objektu (īetu, procesu) vispārīgās klasificēšanas shēma. Sajā skatījumā katru no mums aplver dabiskā un māksligā vide.

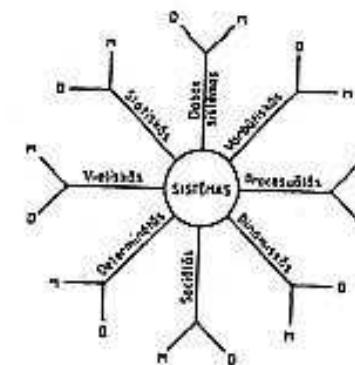


kompjuterizācijas apstākļos draudēs ar infantilisma briesmām. Vai mūsu fiziskā un garīgā kustīguma samazināšanās ir mūsu interesēs? Vai tiešām mūsu mērķis ir patēriņš sabiedrība, kur fiziski un garīgi atvieglojotā ikdienā neliels skaits strādājošo ar māksligajiem palīgiem spēs nodrošināt visas sabiedrības eksistēši? (Bet ko darīs pārējie?) Vai laikā, kad nepārtraukti pieaug mūsu vara pār dabu un sevi, spēsim ar to saprātīgi aplieties? Šie jautājumi ļoti uztrauc mūsdienu cilvēkus (tiesa gan, tikai daļu) un faktiski mūs nolieks blakus saviem tālajiem senčiem, kuri pielūdza dabas spēkus. Mēs tagad izjūtam bijāšanu pret pārveldotajiem dabiskajiem un pašu māksligi radītajiem spēkiem.

Pārāk sabiezīnātas krāsas? Varbūt, bet autors gribēja par māksligajām sistēmām un ar tām saistītām problēmām mazliet pašausmināties, klusībā sevi un lasītājus mierinot ar domu, ka velns vismaz līdz šim nekad vēl nav bijis tik melns, kā viņu mālē. Ar šo optimistisko atziņu tad arī noslēgsim jescatu šī tipa sistēmu problemātikā.

Sistēmu klasificēšanai veltīto nodalju pabeigdamī, tajā minētās sistēmas varam apkopot noteiktā klasifikācijas shēmā (25. att.). Attiecībā uz šo shēmu — «sniegpārslīpu», kas grezno arī grāmatas vāku, — būtu jāievēro, lūk, kas. Kopsakaros atrodas nevis tikai pāros savstarpēji saistītās radniecīgās sistēmu klasses, bet gan jebkuras ar stariem attēlotās klasses. Mūsu skatījumā to apliecinā kaut vai fakts, ka ikviens klasē ir iedalīma dabiskajās un māksligajās sistēmās. Tiesa, māksligo sociālo sistēmu jēdziens vērīgu lasītāju var satraukt, bet varbūt te būs darīšana ar māksligi intelektualizētu robotu sabiedrībām? Par pārējām septiņām sistēmu klasēm šajā ziņā šaubu vairs nav jau tagad. Katra no tām izgaismo kādu apkārtējās vides fragmentu.

Visbeidzot, autors Jums, cienījamo lasītāj, vēlētos ieteikt dažas citu autoru sarakstītās grāmatas, kas atsevišķu šeit minēto sistēmu apskatu lieliski papildinātu un kompetenti padziļinātu.



25. att. Apkopojoša aplūkoto objektu klasificēšanas shēma (M — māksligās sistēmas; D — dabiskās sistēmas).

Jautājumā par māksligajām sistēmām ļoti ieteicams iepazīties ar V. Hubkas grāmatu «Tehnisko sistēmu teorija»<sup>1</sup>. Sajā pašā sistēmu klasē ietilpst otrs māksligā intelektuāla problēmas izklāstītās autoru kollektīva darbā «Ekspertsistēmas»<sup>2</sup>. Dabas sistēmu un sociālo sistēmu, dabisko un māksligo sistēmu saskare ekoloģisko jautājumu griezumā aplūkota L. Gērķes grāmatās «Ekoloģiskās audzināšanas pamatproblēmas» un «Saistoši par ekologiju»<sup>3</sup>.

Daudz vērtīga papildmateriāla par dažādajām sistēmām sniedz mūsu grāmatu sērijā «Zinātnē šodien» publicētie darbi. Piemēram, daži jaunākie no tiem. Varbūtisku sistēmu matemātiskās modelēšanas jautājumi tiek atsegiti J. Hurgina grāmatā «Kā atvērt neapķeramā»<sup>4</sup>, bet cilvēka personība kā sistēma sociālajā vide aplūkota M. Budovska grāmatā «Personības un sociālās vides rezonanse»<sup>5</sup>.

Protams, ar ieteiktajām grāmatām nav jāaprobedz. Lasītājs pats atradis daudz literatūras, kas atbildis interesējošajai tematikai un viņa gaumei.

<sup>1</sup> Хубка В. Теория технических систем. М., 1987. 208 с.

<sup>2</sup> Экспертные системы / Под ред. Р. Форсаита. М., 1987. 224 с.

<sup>3</sup> Гēрķe L. Ekoloģiskās audzināšanas pamatproblēmas. R., 1983. 75 lpp.; Гērķe L. Saistoši par ekologiju. R., 1985. 83 lpp.

<sup>4</sup> Hurgins J. Kā atvērt neapķeramā. R., 1987. 183 lpp.

<sup>5</sup> Budovskis M. Personības un sociālās vides rezonanse. R., 1986. 118 lpp.

## KIBERNĒTISKĀS SISTEMAS

Mūsu apkārtējās vides daudzveldībā izcilu vietu īeņem mērķtiecīgi norisošie procesi. Jebkurš šāds process jeb, respektīvi, mērķtiecīga darbība ir uzlūkojams kā procesuāla sistēma, ko saskaņā ar izveidojušos terminoloģiju sauc par kibernetisku sistēmu. Kibernetika ir zinātnes un prakses nozare, kurās uzmanības centrā ir mērķtiecīga darbība jeb, ūsaurākā skatījumā, šo mērķtiecību nodrošinošie tā sauktie vadības procesi. Saprotamāks līdz ar to kļūst arī mūsdienu terminoloģijā ienākušais sengrieķu vārds «*kibernetikē*», kas tulkojumā nozīmē «*stūrmanis*».

Kibernetiskā sistēma ir jebkura mērķtiecīga darbība sistēmskatījumā. Sajā sakarā vēlreiz uzsvērim, ka kibernetiskās sistēmas šeit aplūkojam kā procesuālas sistēmas (skatiet nodalju «*Sistēmu klasificēšana*»), un par šo sistēmu materiāltehnisko realizāciju pagaidām nemaz neinteresējamies. Ikdienas praksē attiecīgie procesi, protams, vienmēr ir saistīti ar konkrētiem to materiālajiem nesējiem, un tad arī par tiem tiek runāts speciāli.

Makrolīmeni kibernetiskās sistēmas tiek aplūkotas kā «melnās kastes» ar divām ieejām un vienu izēju (skatiet iedalju «*Sistēmu makroskopiskā izpēte*»). Sistēmas un apkārtējās vides mijiedarbību šādi modelējot (26. att.), attiecīgajām ieejām un izejai ir, lūk, kāda jēga. Mērķa ieeja fiksē apkārtējās vides iedarbību uz kibernetisku sistēmu (akcija), un rezultātā izraisās noteikta sistēmas reakcija, tātad noteikta mērķtiecīga tās darbība; resursu ieeja fiksētādu mijiedarbību ar vidi, kas sistēmai nodrošina reāgētspēju, tātad mērķtiecīgās darbības norises iespējamību; izējā parādās darbības rezultāts. Notiek pilnīgi sistēmas un vides mijiedarbībai pa abām ieejām un izēju, var runāt par atvērtām (valējām) kibernetiskajām sistēmām. Iespējami arī joti interesanti daļējas mijiedarbības gadījumi, kur ārējās ierosmes vietā pastāv sistēmas pašierosme, no vides nekādi resursi netiek saņemti un darbība noris uz sistēmas iekšējo resursu rēķina val arī darbības rezultāts vidē neiznāk.

Par uzskatāmu atvērtas kibernetiskās sistēmas piemēru var noderēt grāmatīgas pirmajā daļā aplūkotā darbība «*atnest maizi*». Šī mērķtiecīgā darbība



26. att. Shematisks kibernetiskās sistēmas attēlojums makroskopiskā skatījumā.

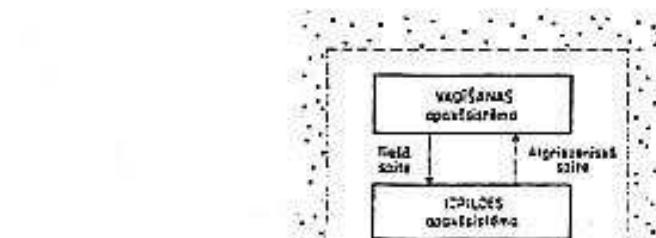
ir jāierosina ar attiecīgu līgumu, rīkojumu, komandu. Darbības norise ir jānodrošina ar nepieciešamajiem resursiem, piemēram, ar transportu līdz veikalā, ar naudas nopelnīšanu, kā arī ar maižveikalā. Ja būs izpildīti šie sistēmas ieejas nosacījumi, būs darbibas rezultāts — maize mājas.

Kibernetisko sistēmu iekšējā būtība visskaidrāk atsedzas to apskata pirmajā mikrolīmenī, kurā tiek liksts divas principiāli svarīgas sistēmu sastāvdaļas — vadības un izpildes apakšsistēma (27. att.). Raugoties no mērķtiecīgās darbības rezultāta viendokļa, abas apakšsistēmas ir vienlīdz nozīmīgas, jo katra dod savu neaizstājamu ieguldījumu kopējā procesā. Katrai apakšsistēmai raksturīga sava specifika, un abas atrodas ciešā sistēmveidojošā mijiedarbībā. Šī mijiedarbība ir abpusēja, un šajā sakarā tradicionāli pieņemts attiecīgi runāt, ka starp abām apakšsistēmām pastāv tiešā un atgriezeniskā saite. Citiem vārdiem sakot, jebkura kibernetiskā sistēma ir divu mijiedarbojošos apakšsistēmu — vadības un izpildes sistēmas — kopums.

Vadības apakšsistēma tieši gādā par mērķtiecību, un tai ir tāda ipatnība, ka šeit notiek tikai informācijas procesēšana — informācijas ieguve, apstrāde, uzglabāšana un pārvalde. Vadības apakšsistēmai uz informācijas procesēšanas bāzes nepārtraukti jānodrošina darbības mērķskaidrība, darbības analīze, kā arī operatīva darbības norises kontrole un rīcības izlešanā.

Sakarā ar to, ka vadības apakšsistēmas darbība visā pilnībā ir tikai informācijas procesēšana, šobrīd biježi jauc jēdzienus «informātika» un «kibernetika». Tādēļ vēlreiz ievērosim, ka kibernetika — mērķtiecīgu darbību pētniecība — kopsakarā aptver vadības un izpildes procesus un tātad informācijas procesi ir tikai kopējās mērķtiecīgās darbības sastāvdaļa. Isi sakot, informatika ir kibernetikas sastāvdaļa.

Kibernetisko sistēmu vispārigā shēma elementāru līmeni (skatiet iedalju «*Sistēmu mikroskopiskā iz-*



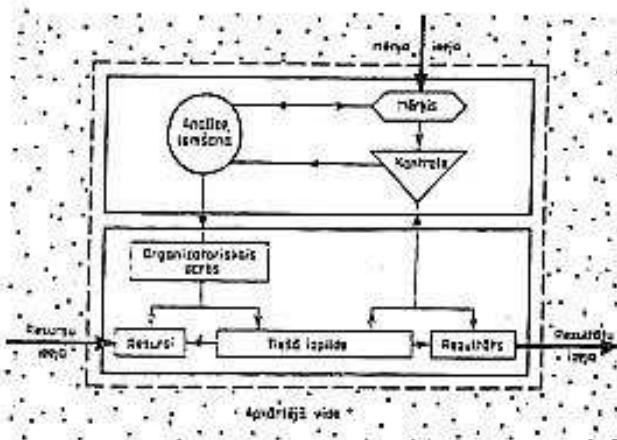
27. att. Kibernetiskās sistēmas struktūra pirmajā mikrolīmenī.

gēte») parādīta 28. attēlā. Vadības apakšsistēmas elementārdalas ir darbības mērķis, darbības analīze un rīcības izlešanā, darbības norises operatīvā kontrole. Katrā no tām sniedz vadības procesam kopumā nepieciešamo informāciju un nodrošina vadības un izpildes apakšsistēmas informacionālo mijedarbību.

Izpildes apakšsistēma gādā, lai darbība noristu atbilstoši vadības apakšsistēmas norādījumiem (tiešā saite). Atbilstoši šiem norādījumiem izpildes apakšsistēmā noris sagatavošanās uz darbību (organizatoriskais darbs) un darbības tiešā izpilde. Apakšsistēmas sastāvā vēl ietilpst darbības izpildei nepieciešamie resursi un darbības rezultāts. Sagatavošanās ir veicamās darbības gaitas detalizēšana (tehnoloģijas izveide) un izpildes resursu sadale. Sekmīga darbības tiešā izpilde nodrošina rezultātu, kas ir sākotnēji izvirzītais darbības mērķis. Mērķtiecības nodrošināšanas interesēs informācija par darbības tiešās izpildes gaitu (starprezultātiem) un galarezultātu tiek nodota vadības sistēmas operatīvajai kontrolei (atgriezeniskā saite).

Līdz ar to mēs kibernetisko sistēmu vispārigā apskatu no makrolīmena līdz elementārdaju līmenim esam pabeiguši un tagad vēl varam izteikt vairākus komentārus.

Vispirms jāaizrāda, ka aplūkotā kibernetisko sistēmu struktūra ir ārkārtīgi universāla, tā tik tiešām attaisno vispārigas struktūras statusu. Šī struktūra realizējas jebkuros mērķtiecīgi norisošos dabas un sociālās sfēras procesos, dabiskās un mākslīgās sistēmās. Pēc aplūkotajām mērķtiecīgās darbības struktūrshēmām noris valsts, rajona, ģimenes eko-



28. att. Kibernetiskās sistēmas struktūra elementārdajā līmenī.

nomiskie procesi, tiek realizēta jebkura no pletna politika, darbojas veselības aizsardzības, izglītības un sistēmas, strādā ESM un dažādas automatizētās ražotnes. Milzum daudz vienkāršaku un sarežģītāku mērķtiecīgo darbību veicam mēs paši savā ikdienā.

Ipaši svarīgi ir ievērot, ka mērķtiecīgi procesi, tādāk kibernetiskas sistēmas, ir būtiska visu dzīvības procesu sastāvdaļa. Mērķtiecīga darbība (rīcība, atstātība) ir viena no principiālajām dzīvo sistēmu ipāšībām, un ne veltī modernās kibernetikas tēvs Norberts Viners savu 1948. gadā izdoto monogrāfiju nosaucis «Kibernetika jeb vadība un sakari dzīvos organismos un mašīnās». Ar šo publikāciju bija «trāpīts naglai uz galvas», un sākās vētrainais kibernetizācijas ziedulaiks. To neizbēgami pamadīja ar visu jauno vienmēr saistītās nodevas modei «vispārēja aizlāzīja», pārspilējumi, nekompetenti spriedumi un citas «bērniņas slimības», pēc tam šī nozare sasniedza briedumu.

Kibernetisko sistēmu pamatīpašība ir mērķtiecība. Ja šādai sistēmai dodam mērķierosmi un resursus, sistēma mums nodrošina izvirzītajam mērķim atbilstošu rezultātu. Taču praksē joti bieži gadās, ka kaut kādu cēlonu dēļ sistēmas sniegtais rezultāts mūs tomēr iet neapmierina, jo pietiekami labi ne-

atbilst izvirzītajam mērķim, vai arī ir radusies nepieciešamība izveidot pilnīgi jaunu kibernetisko sistēmu, kas mērķtiecīgu darbību nodrošinātu kādā līdzīm vēl neapgūtā jomā. Abos gadījumos vispirms ir jāizprot, kas iet i nosaka, no kā ir atkarīgas kibernetisko sistēmu ipāšības, it īpaši katras sistēmas pamatīpašība. Vispārīgu norādi sniedz sistēmas pamatatzīpa par sistēmu ipāšību izceļsmi (skatiet nodauju «Sistēmu ipāšību izceļsmē»): jebkuru sistēmas ipāšību nosaka šīs sistēmas sastāvs un apkārtējās vides nosacītie ārejie sistēmas eksistences apstākļi.

Kibernetiskās sistēmas obligātais sastāvs, pirmkārt, ir visas septīnas tās elementārdajās. Ja jebkuras no tām trūkst, nebūs arī darbības mērķtiecības, un līdz ar to nebūs nepieciešamā rezultāta. Piemēri tālu nav jāmeklē. Vislabākie vadības lēmumi «paliek gaisā karājamies», ja trūkst organizatoriskā darba, kas tos saistītu ar tiešo izpildi. Pat viscēlākie mērķi paliek nesasniegli, ja nav nodrošināti darbībai nepieciešamie resursi. Darbība bez operatīvas kontroles (pārtrūkusi atgriezeniskā salte starp apakšsistēmām) faktiski ir nevadāma un pārstāj būt mērķtiecīga. Ne veltī tautas gudrība māca: darīt ko darīdams, apdomā galu. Praksē viskuriozākās, bet tāpēc nebūt ne reti sastopamās ir «mērķtiecīgās» darbības, kurās noris vai nu bez skaidra mērķa (ikdienā sakām, ka darbam nav redzama jēga), vai bez tiešas izpilddarbības (ir tikai priekšnieki, bet nav strādnieku), vai arī darbība noris bez konkrēta galarezultāta (sakām, ka notiek tukšu salmu kulšana).

Liela loma jebkuras kibernetiskās sistēmas ipāšību izceļsmē ir tās elementu ipāšībām. Ja atsevišķi elementi savas funkcijas veic nepilnvērtīgi, tas tūlīt atspoguļojas arī sistēmas kā veseluma ipāšībās. Mērķtiecīgās darbības rezultātus jūtami ietekmē mērķa formulējuma neprecizums, vadības lēmumu nepamatotība, lietoto resursu nepiemērotība, izpilddarba nekvalitatīvums u. tml. Tā, piemēram, pat izcils karavadonis (vadītājs) diezin vai spēs uzvarēt kaujā (mērķis), ja viņa rīcībā nebūs pietiekami izstrādāta kaujas plāna, ja karaspēks būs vāji apmācis vai apbrūnots un karaviri cīnīties mazdzīšīgi (organizatoriskās darbības nepilnības, izpildei nepieciešamo resursu un tiešas izpildes nekvalitatīvums).

Otrs kibernetiskās sistēmas īpašības nosakošo faktoru kopums ir ārejie sistēmas eksistences apstākļi. Tos būtībā veido sistēmas un vides mijiedarbes, atskaitot pamatmijiedarbes, ar kurām attiecīgā īpašība tieši saistīta. Makrolīmeņa skatījumā teikto uzskatāmi paskaidro fakts, ka jebkura sistēmas izeja vispār ir saistīta ar visām sistēmas ieejām (skatiet iedauju «Sistēmu makroskopiskā izpēte»; 16., 17. att.). Kibernetisko sistēmu gadījumā tas nozīmē, ka mērķtiecīgas darbības rezultāts principā ir atkarīgs netikai no pamatmijiedarbēm (tās modelē mērķa un resursu ieejas un rezultāta izeja), bet arī no visām pārējām sistēmas un vides mijiedarbēm (tās ar atsevišķām ieejām un iezājām parasti netiek attēlotas). Iisi sakot, kibernetiskās sistēmas rezultāta izejā vienmēr atspoguļojas visa sistēmas un vides mijiedarbība — tiklab mūs interesējošā (mērķierosme un resursu piegāde), kā visa pārējā. Pēdējās ieguldījums tad arī raksturo sistēmas ārejo eksistences apstākļu nosakošo lomu.

Teiktā ilustrēšanai vēlreiz varam izmantot piemēru ar karošanu. Nebūs grūti saprast, ka karaspēka realizēto mērķtiecīgo karadarbību un, galvenais, tās rezultātu var jūtami ietekmēt vides klimatiskie un geogrāfiskie apstākļi (karaspēka papildmijiedarbes ar apkārtējo vidi, kas notiek līdztekus pamatmijiedarbībai ar pretinieka karaspēku).

Tagad joti iši pakavēsimies pie dažiem vispārīgiem kibernetisko sistēmu materiāltehniskās realizācijas (iemiesošanās) jautājumiem. Kādi konkrēti objekti ir mērķtiecīgo darbību un to atsevišķo elementārdaju materiālle nesēji?

Sajā sakarā vispirms atgādināsim plaši pazīstamo izteicienu, ka mērķis nosaka līdzekļus. Tā tas tiešām ir, jo konkrētais mērķis nosaka konkrēto vadības mehānismu, resursu un izpildītāja izvēli. Kadas kibernetiskās sistēmas šodien zinām?

Ikvieni cilvēks pats par sevi ir ārkārtīgi universāla kibernetiskā sistēma. Sākotnei kā «melno kasti», pēc tam jau attiecīgā dzīluma mikroskatījumā, procesuālā un vieliskā aspektā cilvēku pēta dažādas zinātnes un prakses nozares. Humanitārās un sabiedriskās zinātnes pēta cilvēka garīgo darbību, cilvēka psihi (prātu, jūtas utt.), spējas, personību, cilvēka mijiedarbību ar citiem cilvēkiem un dabu. Cilvēks kā vieliska sistēma ir eksakto zinātnu pār-

zinā, mūsu uzbūvi un īpašības no makrofizioloģiskā līdz molekulārajam līmenim pēta un remontē mediksi, biologi, biokimiki, biofizikai. Šī sakot, mūsdienu pasaule redzējumā cilvēks ir sistēmas saistīta sistēma, pašā vispārīgākajā skaitā — kibernetiska sistēma.

Nākamais kibernetisko sistēmu piemērs ir cilvēku kolektīvs. Jebkurš mūsu kolektīvs izveidojas ar konkrētu mērķi, kuru tas savā darbībā cēnās saņiegt. Visu kolektīvu veidošanās pamatā ir kopīgs mērķis. Piemēram, ilkviena normāla ģimene (sabiedrības pamatlīnija) kā divu pretēja dzimuma cilvēku savienība ir kibernetiska sistēma, kuras mērķis ir radīt un patstāvīgai dzīvei sagatavot jaunas pasaules cilvēkus. Vai šis mērķis vienmēr tiek saņiegt, un no kā tas ir atkarīgs? Vai uz šo jautājumu ir kāda universāla atbilde? Jā, ir. Šim gadījumam konkrētizējiet nupat veikto vispārīgo analīzi par kibernetisko sistēmu īpašību izceļsmi, un galvenajos vilcienos viss nostāties sevās vietās. Kā noteiktu mērķtiecīgu darbību varat apcerēt arī pašas ģimenes veidošanos. Vai ir darbības mērķskaidrība, resursu nodrošinājums? Ja te viss nav, kā vajag, tad ko gan varam gribēt un ko lai vēl brīnītos par to, ka tāk daudzos gadījumos līdzīnējā praksē iznāk čiks. Secinājums ir viens: mūsu ģimenes lietas jārisina sistēmiski. Līdzīgi varam analizēt arī jebkādus citus cilvēku kolektīvus, sākot ar nelielu darba kolektīvu un beidzot ar valsts līmeni. Mēs katrs esam daudzvien sociālo kibernetisko sistēmu elements. Sociologs šajā sakarā mēdz sacīt, ka dažādos kolektīvos mēs izpildām dažādas sociālās lomas.

Kibernetisko sistēmu apskatā joti nozīmīgs ir jautājums par to, kāda vieta un loma tajās ir dažādajiem cilvēka radītajiem un lietotajiem tehniskajiem līdzekļiem, kurus, tiekdamies paplašināt savu iespēju robežas, cilvēks veido jau kopš senseniem laikiem. Šos tehniskos līdzekļus cilvēks lieto dažādā mērķtiecīgā darbībā, un šeit saknējas jēdziens par kibernetiskajām sistēmām «cilvēks un mašīna» (C—M sistēmām), kā arī problēmas, kas saistītas ar cilvēku un viņa radīto tehnisko līdzekļu — mašīnu — savstarpējām attieksmēm un to attīstību. (Terminus «mašīna» šeit saprotams visplašākā nozīmē — no mašīnas kā vienkārša darbarīka līdz automobilim, elektroniskajai skaitļošanas mašīnai vai atomelektrostacijai.)

Klasiskajās C—M tipa kibernetiskajās sistēmās tehniskie līdzekļi (mašīnas), kas ietilpst izpildes apakšsistēmā, ir cieši saistīti ar izpildītāju cilvēku. Šie tehniskie līdzekļi, kurus varam saukt par mehāniem, cilvēkam izsenis kalpojuši savu fizisko iespēju paplašināšanai (akmens cirvis, svira, ritenis, laiva, tālskatis, tālrulis, celtnis, automobilis, ekskavatoru u. tml.).

Modernajām C—M tipa kibernetiskajām sistēmām raksturīgs kvalitatīvs lēciens izpildes apakšsistēmas darbībā. Cilvēka un viņa tehniskā palīgī līdz šim kopīgi veikto izpilddarbību, kurā cilvēks pamata bijis attiecīgā mehāniisma vadītājs, daudzos gadījumos visā pilnībā jau veic automātiskas tehniskās ierīces — automāti. Automāts ir bez cilvēka tiešas līdzdalības strādājošs izpildes tehniskais līdzeklis (mašīna). Citiem vārdiem sakot, moderno C—M tipa kibernetisko sistēmu izpildes apakšsistēmās jau strādā automāti, un kopumā par šīm sistēmām runā kā par automatizētām C—M tipa kibernetiskajām sistēmām. Cilvēks šajās sistēmās atbilstoši mērķim dod uzdevumus (vadības apakšsistēma), bet automāti tos izpilda (izpildes apakšsistēma). Protams, izpildē iespējama arī paralēla izpildītāju cilvēku un izpildītāju automātu darbība, katrai veicot savu darba daļu.

Supermodernajām C—M tipa kibernetiskajām sistēmām raksturīgs jauns kvalitatīvais lēciens izpildes apakšsistēmu darbībā. Līdzīnējo automātu, kas bez cilvēka tiešas līdzdalības pildījis kādu stingri fiksētu darbību, aizstāj automāts, kas prot jebkārā uzdotā secībā veikt vairākas darbības. Uzdotā darbību secību sauc par darbības programmu, bet pašu jauno automātu — par programmētas darbības automātu jeb programmautomātu. Sāds programmautomāts bez cilvēka tiešas līdzdalības jau spēj izpildīt joti dažādus uzdevumus, un vadības apakšsistēmai tas piedāvā krietni plašāku iespējamo izpilddarbību klāstu.

Kā redzams, cilvēka mērķtiecīgajā darbībā lietotie tehniskie līdzekļi — mašīnas — ir nogājuši evolūcijas ceļu no dažādas sarežģītības mehāniem līdz automātiem un programmautomātiem, un rezultātā cilvēks no izpilddarbības pamazām tīcis izstumts.

Līdztekus cilvēka fizisko iespēju paplašināšanai ir noritējusi arī garīgās darbības daļīšana starp cil-

vēku un attiecīgajām tehniskajām iekārtām — mašīnām. Pirmsākumi saistīti ar aritmētisko aprēķinu jeb skaitļošanas darbu mehanizāciju un automatizāciju: dažādu skaitīku, mehānisko, elektromehānisko un elektronisko aritmometru radišana un izmantošana. Arī šajā tehnisko līdzekļu attīstībā saskatāmi attiecīgie posmi: klasiskās, modernās un supermodernās tehnikas apguve. Mūsdienu elektroniskais kabatas skaitļotājs ir tipisks skaitļošanas automāts, bet skaitļošanas programmautomāti ir programmējamās skaitļošanas mašīnes, tagad — elektroniskās skaitļošanas mašīnes (ESM) jeb elektroniskie skaitļotāji (ikdienā — programmējamie elektroniskie kabatas skaitļotāji, personālās ESM jeb mikroESM). Visai šīs laikā pēc to radīšanas elektroniskie skaitļotāji sāka arī tekstuālās un vizuālās (attēlu) informācijas apstrādi, un tagad elektroniskie skaitļotāji ir kļuvuši par universālu informācijas procesēšanas tehnisko līdzekli.

Kāds tam visam sakars ar kibernetiskajām sistēmām? Vistiešķais: elektroniskā skaitļotāja kā universāla informācijas procesētāja lietošana joti būtiskas pārmaiņas rada pašās kibernetiskajās sistēmās, stipri paplašinādama to darbību skaitu un apjomu, kuras C—M tipa sistēmās mēs varam uzdot mašīnai. Tādējādi šodien C—M tipa kibernetiskajās sistēmās programmautomāti veic gan informācijas apstrādi, gan konkrētus tehniskus uzdevumus. Tipisks šādu supersistēmu piemērs ir mūsdienu lielās automātētās ražotnes, kurās, pateicoties kompjuterizētajiem automātiskajiem darbgaldiem un transportlīdzekļiem, izpilddarbs noris ārkārtīgi augstiā automātizācijas līmeni.

Vērīgs lasītājs jautās, kāpēc autors mašīnas «neielaiž» kibernetisko sistēmu vadības apakšsistēmā. Jāatzīstas, ka šajā ūjā ieskatā tas tiek darīts apzināti, lai uzsvērtu fundamentālo atzīni, ka vadībai vienmēr un visur ir jāpaliek cilvēku rokās. Istenībā jau automatizācija joti strauji ienāk arī vadības apakšsistēmās, it īpaši sakarā ar mikroESM masveida ienāšanu mūsu ikdienā. Elektroniskie skaitļotāji sniedz nenovērtējamu palīdzību un paver jaunas iespējas vadības apakšsistēmā veiktajā informācijas procesēšanā (automatizētā kontrole, analīze, informācijas pārraide izpildes apakšsistēmai u. tml.). Tomēr vēlreiz jāuzsver, ka automātiskajām kiber-

nestiskajām sistēmām mūsu mērķtiecīgo darbību hierarhijā jāuztīc tikai stingri noteiktu līmenī darbības. Katrā pietiekami lielā kibernetiskajā sistēmā (piemēram, iestādē, rajonā, republikā, valstī) ir jābūt līmeniem, kuros vadības apakšsistēmā lēmējdarbu veic kompetents cilvēks. Cilvēks sistēmas rada mērķtieci, lai to iepāšības izmantotu savā labā. Tātad arī visaugstāk automatizētajām kibernetiskajām sistēmām ir jākalpo cilvēkam, viņam jāspēj tās novāldīt, jābūt kompetentam. Tā mēs ikdienā lietojam ESM: elektroniskais skaitļotājs kā programmatomāts izpilda mūsu uzdevumu, mēs saņemam rezultātu, rūpīgi to apdomājam, dodam jaunu uzdevumu utt. Tāpat ir jāapiecas ar automatizētajām vadības sistēmām (AVS), automatizētajām projektēšanas sistēmām un citām supermodernām C—M tipa kibernetiskajām sistēmām.

Ieskatu kibernetisko sistēmu teorijas un prakses problematikā noslēdzot, vēl pēdējais komentārs.

Sistēmisms ir darba zinātniskās organizācijas (DZO) būtiskais pamats. Arī DZO ir sistēmredzējums, jo darbs ir mērķtiecīgs process, t.i., kibernetiska sistēma. Citiem vārdiem sakot, darba organizācija ir kibernetisko sistēmu vispārīgās struktūras realizācija. Šī ļoti svarīgā praktiskā atziņa lai būtu teorētiskās domas balva Jums, cienījamais lasītājs, kas «izēdies» cauri grāmatas teorētiskajam materiālam un aplūkotajos jautājumos nav aprobežojes tikai ar veselo saprātu. Viss par kibernetiskajām sistēmām un vispār par sistēmām teiktais konkrētējais mūsu darbā un sadzīvē. Kāpēc tik slīkti vai labi strādā Jūsu darba kolektīvs, uzņēmums, rajons, republike, valsts? Kāpēc Jums pašam, mums katram ne vienmēr viss izdodas, kā iecerēts? Ja tagad Jums mostas vēlēšanās vēlreiz atgriezties pie grāmatīgas sākumā iztīrītājiem sistēmīša pamatjēdzieniem un pamatatzīnām, jeb, citiem vārdiem, turpināt ciklu «prakse — teorija — prakse — teorija...», tad autors savu mērķi ir sasniedzis.

## NOBEIGUMS

[par ko stāsta šī grāmatīpa  
un kāpēc tā radusies]

Grāmatīgas noslēgumā, ar sistēmīša pamatatzīnām iepazīnušies un savu noteiktu spriedumu par sistēmīšu ieguvuši, vēlreiz palūkosimies uz sistēmīšu kopumā: kas tas ir, un kāpēc mums tas ir nepieciešams?

Mūsdienās sistēmisms ir mūsu dzīves metodoloģijas pamatā. Vairāk vai mazāk apzināts, tas veido mūsu pasaulei un praktiskās darbības principus. Sistēmīšs ikdienā ir mūsu konkretās domāšanas un darīšanas vispārīgā tehnoloģija. No veselā saprāta līmena pacelts vispārinātas teorētiskās domas līmeni, sistēmisms dod spēku mūsu Prātam un jēgu mūsu Rīcībai.

Sistēmisms nodrošina apkārtējās pasaules objektu (lietu, procesu) kopskatu, ieksjetot šos objektus raksturīgos kopsakaros. Līdz šim gan domās, gan darbos pasauli lielākoties esam tikai dalījuši, turpretī tagad arvien aktuālāka kļūst pasaules daļu vienošana. Veselais un tā daļas, veselā un daļu savstarpējās attieksmes ir sistēmīša aptverto jautājumu kodols.

Sistēmisms ir mūsdienu cilvēka intelektuālā arsenaļa nepieciešama sastāvdaļa. Pasaules uztverei ejot dzīlumā un plašumā, tikai sistēmskatījums spēj nodrošināt mūsu orientāciju apkārtējo objektu daudzveidībā. Tikai sistēmskatījums spēj nodrošināt mūsu kompetenci sarežģītu objektu izpētē un lietošanā.

Sistēmisms ir modernā apmācības procesa fondaments. Jebkurš mācību priekšmets jāmāca un jāapgūst sistēmiski, atsedzot šī priekšmeta kā konkretās sistēmas uzbūves hierarhiju un līdztekus parādot šī priekšmeta kā sistēmveidojoša elementa vietu citu

priekšmetu vidū. No faktu gūzmas jāpāriet uz faktu sistēmām, daudz vairāk izcelot faktu kopsakarus un veltot laiku arī patstāvīgas sistēmiskas domāšanas attīstīšanai un nostiprināšanai.

Sistēmisms ir mūsu pašapziņas stūrakmens. Skatit un rēdzēt sevi starp līdzīgiem, sevi dzīvajā un nedzīvajā dabā, sevi savā darba kolektīvā, draugu pulkā, ģimenē utt. — tas nozīmē sevi tvert sistēmskatījumā un tam atbilstošā sistēmredzējumā. Sistēmisms sevis apzināšanā un pašapļecināšanā atsedz mūsu vietu visos dažādajos kopsakaros ar pārējo pasauli (sabiedrību, dabu). Katrā nō mums ir sistēma starp sistēmām.

Sistēmisms... tas taču ir tik vienkārši? Bet sistēmīša pamatjēdzienu un koncepciju sistēma vienkārša ir tikai tad, ja esam pietiekami bagāti ar konkrēto pieredzi un spējam sekot tās teorētiskajai analizei. Ikdienas praksē šis vienkāršums zūd, tīklīdz saduramēs ar reālajiem objektiem (lietām, procesiem) — tīklīdz mums tie jāuztver, jāizpēta, jālieto. Vienkāršums atgriežas tikai pēc sūra objektu izzināšanas darba, tā ir balva, ko saņem paši neatlaidegākie un prātīgākie censori.

Isi sakot, apzināts sistēmisms ir joti būtiska mūsu teorētiskās un praktiskās sagatavotības sastāvdaļa, un šobrīd jādara viss, lai tas tiktu apgūts. Tādēļ arī šī grāmatīpa ir sarakstīta kā sava veida ābece, kas noderētu par sistēmīša pamatjēdzienu un koncepciju apgūves celvedi.

Visbeidzot, pašu grāmatīpu, tās tapšanu un struktūru nedaudz vēl raksturosim tiem lasītājiem, kuri grāmatas lasa no beigām.

Šī grāmatīpa ir sistēmīšs stāsts par sistēmīšu. Atskirībā no daudzām citām par šo tematu sarakstītajām grāmatām, kas pārsvārā veltītas kādiem noteiktiem visai speciālistiem jautājumiem, šo grāmatīpu esmu centies izveidot jespējamī vispārinātu. Citiem vārdiem sakot, esmu atlasījis un sistematizējis sistēmīša pamatjēdzienus, formулējis galvenās koncepcijas un visu apvienojis noteiktā sistēmā. Izklāsta logika radīja nepieciešamību risināt arī valrākus literatūrā līdz šim iepāsi neaplūkotus jautājumus. Tādējādi tāpa nodaļa par sistēmu iepāšību izcelsmi, radās grāmatu daļu nosaukumos izmantotie termini «sistēmskatījums» un «sistēmredzējums», sistēmu klasificēšanas apskatā tika nodaļita proce-

suālo sistēmu klase, kibernetisko sistēmu vispārīgās shēmas apskatā — elementārdaju līmenis. Daudzos gadījumos materiāla izklāsta vispārinātības, vienkāršuma un iekšējā kopsakara interesēs lietoti netradicionāli piemēri un nostāndes.

Grāmatas centrālajā daļā izklāstīts sistēmskaitums, galveno uzmanību veltot mūsu praktisko interešu centrālajam objektam — sistēmu īpašībām. Pārējai no sistēmu teorētiskā apskata uz praktisku vērojumu kalpo grāmatas noslēdzošā daļa «Sistēmredzejums», kurās loģisks turpinājums rodams neskaitāmās citu autoru publikācijās. Dažas no tām norādītas tekstā, citas bez īpašām grūtībām un atbilstoši savām konkrētajām interesēm lasītāji var sameklēt paši.

Lidz ar to šī grāmatina ir galā. Kā autoram ir izdevies sasniegt izvirzītos mērķus? Ar interesu un pateicību viņš sagaidītu Jūsu vērtējumu un priekšlikumus par šo grāmatu, jo sistēmisms... tas nemaz nav tik vienkārši!

Veiksmi Jums, cienījamais lasītāj, apzinātā Jūs interesējošo sistēmu pētīšanā un lietošanā.

#### Broks A.

Br 695 Sistēmas ap mums un mēs sistēmās. — R.: Zinātne, 1988. — 94 lpp., il. — (Zinātne šodien).

ISBN 5-7966-0023-0

Grāmatā iekoniski izskaidrota sistēmiskā pieejā dažiem pētniecības objektiem — vielām, mašīnām, organizācijām utt. Apļukotas visām dabas, tehniskas un sabiedrības sistēmām kopīgās īpašības un to ģenerēzēs likumiņas. Ar piemēriem parādīts, kā sistēmiskā pieejā paplašina pētnieka metodoloģisko redzesloku un palīdz mākslīgi sintezēt sistēmas ar iepriekš izplānotām īpašībām.

Zinātniekiem, mācībspēkiem, studentiem, kā arī visiem, kas interesējas par mūsdienīgas materiālistiskās pasaулuzīveres un izziņas jaunājumiem.

B 1402050000—101  
M811(11)—88 23—88

ISBN 5-7966-0023-0

© Izdevniecība «Zinātne», 1988

LATVIJAS PSR ZINĀTNU AKADEMIIA  
P. STUČKAS LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTE



Andris Broks  
SISTĒMAS AP MUMS  
UN MĒS SISTĒMĀS

#### Andris Broks

Andris Broks (dz. 1942. g. Valkā) ir fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts (1974), P. Stučkas LVU Pārvaldījumu fizikas katedras docens, Fizikas un matemātikas fakultātes dekāns (kopš 1982). Beldzis P. Stučkas LVU Fizikas un matemātikas fakultāti (1965). Zinātniskās intereses seissītis ar segnelelektriku dielektriskajām īpašībām un fāzu pārejām, kā arī fizikas un informātikas mācīšanas metodiku. Vairāk nekā 30 zinātnisku un populārzinātnisku publikāciju autors.

## SISTĒMAS AP MUMS UN MĒS SISTĒMĀS

Андрис Янович Броクс  
СИСТЕМЫ ВОКРУГ НАС  
И МЫ В СИСТЕМАХ

(Академия наук Латвийской ССР; Латвийский государственный университет им. П. Стучки)  
Серия «Наука сегодня»  
Издательство «Зинатне»  
Рига 1988  
На латышском языке



RĪGA «ZINĀTNE» 1988

Reцензент: LPSR ZA korespondētājs J. Zalījs,  
Illoz. zin. kand. E. Liepiņš

Izdots saskaņā ar Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Redakciju un izdevumu padomes 1987. gada 25. jūnija lēmumu