

1.7. SISTEMOS KONCEPTAS, SUBSTRATAS, SUDĖTIS IR STRUKTŪRA. STRUKTŪRŲ APRAŠYMO STRATOS IR FORMOS

1.7.1. Sistemos konceptas

Nagrinėdami sistemos sąvoką ir pirmojo bei antrojo tipo sistemų formalius apibrėžimus, mes nustatėme, kad, norint atsakyti į klausimą, ar duotoji objektų aibė yra sistema, ar ne, reikia žinoti tą konkretų santykį „t“ ar tą konkrečią savybę „t“, kurių atžvilgiu šita aibė gali būti (ar nebūti) sistema. Informacija, sukaupta tvirtinime apie santykio ar savybės „t“ egzistavimą objektuose, ne tik leidžia spręsti klausimą apie sistemos egzistavimą ir formuluoti jos apibrėžimą, bet ir skirti vieną konkrečią sistemą nuo kitos. O tai reiškia, kad **simboliu „t“ žymima tai, kas sudaro nagrinėjamos konkrečios sistemos konkrečią esmę**, skiriančią ją nuo kitų sistemų. Ujomovas tą sąvoką, kurią sistemos apibrėžimuose mes pažymėjome simboliu „t“, pavadino **sistemos konceptu** (nuo lotyniško žodžio „conceptio“ – „suvokimas“). **Pirmojo tipo sistemose jų konceptais vadinsime sisteminės savybės, o antrojo tipo sistemose sisteminis santykius.** Dirbtinės pirmojo tipo sistemos tam ir kuriamos, kad gautume sistemą, turinčią mums reikalingą sisteminę savybę, vaidinančią sistemos koncepto vaidmenį, o norėdami sukurti antrojo tipo sistemą, mes privalome surasti jos konceptą, t. y. tą sisteminį santykį, kurį tenkina sistemos elementų savybės.

Sistemų konceptus ternarinėje TSF kalboje galima apibrėžti kaip:

$$\begin{aligned} \langle :t \rangle \text{ [pirmojo tipo sistemos konceptas]} &\stackrel{\text{def}}{=} \langle a \langle \langle A \rangle \rangle \rangle];t[\text{ arba} \\ \langle \langle :t \rangle \rangle \text{ [pirmojo tipo sistemos konceptas]} &\stackrel{\text{def}}{=} \langle \langle a \langle \langle A \rangle \rangle \rangle];t[]; \\ \langle :t \rangle \text{ [antrojo tipo sistemos konceptas]} &\stackrel{\text{def}}{=} \langle \rangle];t[\langle \langle \langle A \rangle \rangle a \rangle \text{ arba} \\ \langle \langle :t \rangle \rangle \text{ [antrojo tipo sistemos konceptas]} &\stackrel{\text{def}}{=} \langle \rangle];t[\langle \langle \langle A \rangle \rangle a \rangle \rangle. \end{aligned}$$

1.7.2. Sistemos substratas ir sudėtis

Sistemos substratu vadinsime tai, iš ko ta sistema sudaryta. Jei nagrinėsime sistemą elementų lygyje, nesigilindami į elementų sandarą ir priimdami elementus kaip nedalomas sistemos dalis, tai sistemos substratu bus tie objektai „A_i“, kurie priimti kaip sistemos elementai. Jei į nagrinėjamos sistemos elementus mes pažiūrėsime kaip į žemesnio lygio sistemas ir išskirsime jų elementus, tai nagrinėjamos sistemos substratu taps žemesnio lygio elementų visuma. Tęsdami dekompozicijos procesą žemyn ir gilyn, mes pasieksime molekulių bei atomų lygį ir padarysime išvadą, kad **sistemos substratas – tai ta „materija“, iš kurios sudaryta sistema.** Tačiau kiekviename dekompozicijos lygyje sąlyginai galėtų būti teisingas ir toks tvirtinimas, kad sistemos substratas – jos elementų visuma, t. y. **jos sudėtis.**

Jei pasinaudotume abstrahavimo operacija ir priimtume, jog A – žemiausiojo lygio elementų A_i aibė, tai **pirmojo tipo sistemų substrato apibrėžimą galima būtų užrašyti formalizuotai:**

$$\langle :A \rangle \text{ [sistemos I substratas]} \stackrel{\text{def}}{=} \langle a \langle \langle \rangle];A[\rangle \rangle t.$$

Antrojo tipo sistemų substrato formalizuotas apibrėžimas:

$$\langle \langle :A \rangle \rangle \text{ [sistemos II substratas]} \stackrel{\text{def}}{=} \langle \rangle t \langle \langle \rangle];A[\rangle \rangle a.$$

Abu apibrėžimus, išreikštus predikatų ekvivalentumo formoje, galime išreikšti ir uždaromis TSF:

$$\langle\langle :A \rangle\rangle \text{]sistemos I substratas[} \overset{\text{def}}{=} \langle\langle a\langle\langle \text{]; } A[\rangle\rangle t \rangle,$$

$$\langle\langle :A \rangle\rangle \text{]sistemos II substratas[} \overset{\text{def}}{=} \langle t\langle\langle \text{]; } A[\rangle\rangle a \rangle.$$

Užrašytos tapatybės yra abstrakčių terminų lygybės – sąvokos „sistemos substratas“ apibrėžimai.

Nors sąvokos „sistemos substratas“ ir „sistemos sudėtis“ reiškia, galima sakyti, beveik tą patį, tačiau mes jas vartosime šiek tiek skirtingai: **kai kalbėsime apie objektus – nagrinėjamos sistemos elementus, iš kurių sistema sudaryta nagrinėjamame sistemos dekompozicijos lygyje, tai vartosime terminą „sudėtis“, o kai kalbėsime apie tą „materiją“ (medžiagą, informaciją, energiją), iš kurios sudaryta sistema, t. y. kai turėsime omenyje duotos sistemos nagrinėjimui duotu aspektu priimtino žemiausio lygio elementus, tai vartosime terminą „substratas“.** Toks sąvokos „substratas“ panaudojimas neprieštarauja ką tik įvestiems apibrėžimams, nes nei sistemos, nei jos substrato bei sudėties apibrėžimuose nėra kokių nors apribojimų sistemos dekompozicijos į elementus lygiui. **Sistemos sudėties elementais A_i gali būti bet kokie objektai.** Tai patvirtina ir termino A pavartojimas sistemos sudėties elementų žymėjimui formalizuotose sistemos apibrėžimuose. Kadangi, sudarant sistemos sąvoką ir sistemos matematinį modelį, sistemos dekompozicija vykdoma tik abstrakčiai („mintyse“), tai **reali sistema nepriklausomai nuo dekompozicijos lygio lieka ta pačia realia sistema, o skiriasi tik jos matematiniai modeliai:** vienuose sistemos elementai „stambesni“, kituose – „smulkesni“. O tai reiškia, kad **„reali sistemos sudėtis“ ir „realus sistemos substratas“** (kaip sąvokos, rodančios, iš ko nagrinėjamoji sistema yra sudaryta) – **viena ir ta pati sąvoka, ir galima kalbėti tik apie įvairius sistemos sudėties (ir jos substrato) modelius, atitinkančius įvairius abstrakčios dekompozicijos lygius ir būdus.** Sąvokų „sistemos sudėtis“ ir „sistemos substratas“ vartojimas skirsis tik tokiu niuansu: **kalbėdami apie sistemos sudėtį, mes turėsime omenyje sistemos elementus kaip elementarius objektus, pakankamai pilnai aprašomus savo išoriniais modeliais, ir nekreipsime dėmesio į tai, iš ko (iš kokios „materijos“) tie objektai padaryti, o kalbėdami apie sistemos substratą, mes turėsime omenyje ne tik pačius elementus, bet ir tai, iš ko jie padaryti.** Kalbėdami apie sistemos substratą, mes gana dažnai stengsimės pasirinkti tokį sistemos dekompozicijos į elementus lygį, kuriame sistemos elementų skirtingų rūšių skaičius būtų mažiausias. Pavyzdžiui, jei nagrinėjama sistema – kokia nors metalinė konstrukcija, tai kalbėdami apie sistemos sudėtį, mes turėsime omenyje tos konstrukcijos detales, o kalbėdami apie sistemos substratą – tuos skirtingus metalus, iš kurių pagaminta nagrinėjamoji sistema.

Kaip matome, **skirtumas – tik dekompozicijos lygiuose ir būduose.** Todėl ką tik pateiktos TSF, **formaliai apibrėžiančios sistemos substratą, tinka ir sistemos sudėties apibrėžimui: tereikia žodį „substratas“ pakeisti žodžiu „sudėtis“.**

Tai, kad **skirtumas, egzistuojantis tarp sąvokų „sistemos sudėtis“ ir „sistemos substratas“, yra reliatyvus** tuo atžvilgiu, jog vienuose dekompozicijos lygiuose tas skirtumas yra ryškus, o kituose – visai išnyksta, galima gana nesunkiai įrodyti.

Teoriškai galima įsivaizduoti tokį atvejį, kai kokios nors medžiaginės pirmojo tipo sistemos dekompozicija, vis smulkinant ir smulkinant sistemos sudėties dalis – jos elementus, pasiekia molekulinį lygį, kuriame sistemos sudėties elementais tampa medžiagų, iš kurių sudarytos sistemos dalys, molekulės. Tuomet išnyksta skirtumas tarp sistemos sudėties ir substrato elementų. Todėl galima teigti, jog **molekuliniame dekompozicijos lygyje pasiekiamas visiškas sąvokų „sistemos sudėtis“ ir „sistemos substratas“ susitapatinimas.**

Einant nuo to dekompozicijos lygio „aukštn“, t. y. **stambinant sistemos sudėties elementus, tos sąvokos pradeda skirtis ir, kuo „aukščiau“, tuo stipriau, nes sistemos sudėties elementams stambėjant, sistemos substrato elementai išlieka tie patys.**

Smulkinant sistemos sudėties elementus „žemiau“ molekulinio lygio, sąvokų „sistemos sudėtis“ ir „sistemos substratas“ tapatumas išlieka.

Pavyzdžiui, jei molekulės, iš kurių sudaryta nagrinėjamoji sistema, suskaidytume į jas sudarančius atomus, pasirinkdami juos sistemos sudėties elementais, tai tie atomai sudarytų ir sistemos substratą tame dekompozicijos lygyje.

Šiame dekompozicijos lygyje sistemų (techninių, organizminių, organizacinių, natūraliųjų, dirbtinių ir t. t.) sudėtis ir substratas, pilnai sutapdami vienas su kitu kiekvienoje konkrečioje sistemoje, skitūsi, pereinant nuo vienos sistemos prie kitos, tik kiekybiškai, nes **kokybiškai visų sistemų sudėties elementai priklausytų vienai ir tai pačiai baigtinei cheminių elementų aibei.**

Jei pirmo tipo sistemos apibrėžime šiek tiek išplėstume santykių a sąvoką, priimdami, kad tie santykiai, sudarydami sistemos struktūrą, **išreiškia ne tik ryšius tarp sistemos elementų bei jų ryšius su sistemos aplinka, bet ir apibrėžia struktūros elementų vietas (vaidmenis) sistemoje ir tų vietų skaičių,** nusakydama, kokius reikalavimus turi tenkinti atitinkami sistemos sudėties elementai, kad galėtų užimti atitinkamas vietas sistemos struktūroje, tai gautume išvadą, jog **šiuame dekompozicijos lygyje sistemos beveik nebesiskiria viena nuo kitos savo sudėtimi ir substratu, o skiriasi tik savo struktūra.**

Iš to išplauktų, jog sąvokų „sistemos sudėtis“, „sistemos substratas“ ir „sistemos struktūra“ turinys taip pat yra reliatyvus, nes priklauso nuo dekompozicijos lygio, o taip pat tai, kad sudėtingose sistemose jų struktūra yra esmingesnė už jų substratą.

Idomu pažymėti, kad gyvoji gamta patvirtina šį sistemos struktūros pirmenybės, lyginant su sistemos substratu, bendrasisteminį principą. Tai, kad gyvuose organizmuose jų struktūra yra esmingesnė ir stabilesnė sudėtinė organizmo dalis negu jo substratas, rodo eilė faktų.

Pirma, per tą laiką, kol gyvūnas gyvena, jo substratas medžiagų apykaitos dėka visą laiką atsinaujina, o organizmo struktūros esminiai bruožai išlieka. Mes atpažįstame savo draugus, kurių nematėme daugelį metų, nors mūsų kūnų molekulės jau seniai pakeistos naujomis.

Antra, organizmui senstant, pasensta ne jo substrato molekulės (ir atomai), o struktūriniai ryšiai tarp organizmo dalių, stabilųjų cheminių medžiagų atomai praktiškai nesensta ir gali egzistuoti milijardus metų. Todėl organizmas yra ne tiek substratas, kiek struktūra. Tą patį galima pasakyti ir apie organizacijas bei technines sistemas. Restauruodami rūmus, atstatome ne tiek substratą, kiek struktūrą, nors substratas irgi yra svarbus.

Trečia, gyvūnui susergant, suseraga ne jo atomai, o pažeidžiama organizmo sudėtinųjų dalių sąveikavimo normali tvarka, t. y. organizmo struktūra, o ne jo substratas. Nors, žinoma, patekusios į organizmą bei susikaupusios jame kenksmingos medžiagos irgi gali dezorganizuoti organizmo darbą.

Ketvirta, paveldimumo keliu tėvai perduoda savo vaikams didelę dalį savo savybių, ne perduodami jiems savo substratą – savo kūną bei jo sudėtinę dalis, o genetiniu kodu užrašytą informaciją apie savo organizmo struktūrą ir sudėtį.

Šį sąrašą galima tęsti, bet ir tai, kas čia pasakyta, pakankamai patvirtina išsakytą mintį apie tam tikrą struktūros pirmumą, lyginant ją su sistemos substratu.

Visos šios išvados pasidarytų dar akivaizdesnės, jei mes pereitume į tokį sistemos dekompozicijos lygį, kuriame sistemos sudėties elementais taptų elementariosios dalelės (protonai, neutronai, elektronai, mezonai, pozitronai ir t. t.), sugebančios išspinduliuojamos bei gaunamos energijos kvantų dėka **virsti vienos kitomis. Riba tarp substrato ir struktūros tampa labai reliatyvi.**

Atsižvelgdami į tai, galėtume teigti, jog **atitinkamame dekompozicijos lygyje sistemos struktūros modelis, galima sakyti, beveik „absorbuoja“ tai, ką mes vadiname sistemos sudėties bei sistemos substrato modeliais.**

Čia pateiktų gana drastiškų ir šokiruojančių išvadų kategoriškumą švelninančių žodelių „beveik“ ir „galima sakyti“ galėtume ir nevartoti, jei elementariųjų dalelių aibė būtų visiškai homogeninė, t. y. jei visos elementariosios dalelės būtų visiškai vienodos. Bet tikrovėje, atrodo, taip nėra: elementariosios dalelės gali skirtis viena nuo kitos rimties mase, elektriniu krūviu, spinu ir t. t. Be to, atrandama vis daugiau naujų elementariųjų dalelių, t. y. jų įvairovės vis auga ir iki šiol neaišku, kiek jų iš viso yra, kaip neaišku ir tai, ar hipotetinės tų mikrodalelių dalelės, jei jos egzistuoja, sudaro homogenines ar heterogenines aibes.

Todėl ir pridėti jau minėtieji žodeliai, šiek tiek švelninantys dar pilnai neįrodytų teiginių kategoriškumą ir kol kas sulaikantys nuo galimos galutinės išvados, kad **visi pasaulyje egzistuojančių objektų skirtumai galų gale turi tik struktūrinę prigimtį.** Šią išvadą kai kurie fizikai formuluoja dar drastiškiau: „Materija dingsta ir belieka tik matematinės lygtys“. Ši frazė, aišku, yra metaforiška, nes materija niekur nedingsta, tik keičia savo egzistavimo formą, tačiau ši frazė pabrėžia, jog daiktų esmės pagrindą sudaro jų vidinės struktūros, kurias ir aprašo matematinės lygtys.

Santykių tarp materijos ir jos struktūros, tarp materijos ir sąmonės, tarp medžiagos ir informacijos klausimais pirmojoje XX a. pusėje vyko gana aistringos mokslinės diskusijos, kai kur peraugusios iš mokslinių net į politines, apie ką byloja kad ir toks faktas, jog sovietmečiu visose Sovietų Sąjungos aukštosiose mokyklose visų specialybių studentai privalėjo fundamentaliai išstudijuoti Lenino knygą „Materializmas ir empiriokriticizmas“, skirtą kaip tik šiems klausimams. Diskusijos šia tema, nors jau žymiai ramesnės ir dalykiškesnės, tebevyksta iki šiol, nes ši tema svarbi ir fizikams, ir filosofams. Svarbi ji ir sistemotyrininkams.

Teiginys, kad **visos sistemos skiriasi viena nuo kitos, galų gale, vien tik struktūra, nes sudarytos iš tos pačios materijos tų pačių elementų, tik imant juos skirtingomis proporcijomis ir skirtingai juos organizuojant** (t. y. skirtingai surišant vienus su kitais), nėra logiškai prieštaringas, todėl **toks virtualus pasaulis galėtų egzistuoti, o gal ir egzistuoja.**

Kaip iš tikrųjų yra mūsų realiame pasaulyje, parodys tolimesni moksliniai tyrimai elementariųjų dalelių fizikos srityje bei biologijoje. Reikėtų pažymėti, jog **šio klausimo sprendimas aktualus ir sistemotyros mokslui, ir net matematikai**, nes nuo atsakymo į šį klausimą priklauso atsakymas, ar viską galima aprašyti matematine kalba.

Kol šis klausimas neišspręstas, mes dar neturime teisės laikyti galutinai įrodytu teiginį, jog tam tikrame dekompozicijos lygyje tokios pirmojo tipo sistemų charakteristikos kaip sistemos sudėtis ir jos substratas galėtų būti išbrauktos iš pirmojo tipo sistemą ir jos modelį apibrėžiančių pagrindinių charakteristikų sąrašo, nes pirmojo tipo sistemų funkcionavimą elementariųjų dalelių lygyje, esą, pilnai apsprendžia vien tik kintanti sistemos struktūra tame lygyje visiškai nepriklausomai nuo sistemos sudėties. Dar negalime laikyti pilnai įrodytu, jog vien tik sistemos struktūra ir jos kitimas elementariųjų dalelių sąveikavimo lygyje pilnai apsprendžia tai, kokia bus

sistemos būsena ateinančiu momentu, kaip duotieji sistemos įėjimo srautai bus pertvarkyti į išėjimo srautus.

Tuo labiau negalime atsisakyti sudėties ir substrato sąvokų, kai sistemos elementais pasirenkamos esybės, stambesnės už elementariąsias daleles, atomus bei molekules. Tai būtų ir nepagrįsta, ir neracionalu, netikslinga praktiškai.

Pavyzdžiui, praktinėje veikloje, projektuojant sudėtingas sistemas (automobilius, elektrogeneratorius, įmones, jų AVS ir t. t.), jų elementais pasirenkamos, palyginti, stambios sudėtinės dalys. Juk niekas neaprašinėja ir neprojektuoja automobilio ar elektrogeneratoriaus (nekalbant jau apie įmonę ar jos AVS) elementariųjų dalelių, atomų ar molekulių lygyje, niekas, norėdamas išsiaiškinti, kaip funkcionuoja koks nors mechanizmas ar organas, nepradeda nuo to, kad nagrinėtų juos elementariųjų dalelių lygyje ar, ištirpinęs azoto rūgštyje, tirtų jų cheminę sudėtį, tikėdamasis, jog tai padės jam suprasti, kaip veikia automobilis ir elektrogeneratorius. Iš šio pavyzdžio išplaukia dvi išvados: 1) praktinė, teigianti, kad tikslinga turėti ne tik smulkiausias, bet ir stambesnių sistemų elementus ir operuoti jais; 2) teorinė, kad tų stambesnių elementų savybės yra atsiradusios ne tiek jų substrato, kiek struktūros dėka.

Todėl kasdieninėje praktikoje ir didelėje dalyje mokslinių tyrimų, **išlieka ir visada išliks aktualiomis ne tik sistemos struktūros, bet ir sistemos sudėties bei jos substrato nustatymo problemos, suprantant, kad praktiškai beveik visada visos trys sąvokos skiriasi viena nuo kitos ir viena kitą papildo.**

Apie tai, kaip sudaromas sistemos struktūros modelis ir kokiose sratose jis gali būti aprašytas, bus kalbama 1.7.3.–1.7.7. skyreliuose todėl, baigdamas šį (1.7.2-ąjį) skyrelį, apsiribosiu tik **sistemos sudėties matematinio modelio apibrėžimu, pažymėdamas, kad sistemos substrato modelis gaunamas iš sistemos sudėties modelio, išskaidant sistemos sudėties elementus į sistemos substrato elementus** ir sudarant sistemos sudėties elementų vidinius matematinius modelius (žiūr. 1.10-ąjį skyrį) sistemos substrato elementų lygyje.

Sistemos sudėties matematiniu modeliu vadinsime informaciją apie sistemos sudėtį, atitinkančią pasirinktą sistemos dekompozicijos lygį bei būdą ir susidedančią iš sistemos elementų pavadinimų bei žymėjimų (identifikatorių) sąrašo ir visų tų elementų išorinių matematinių modelių. Sąvoka „sudaryti sistemos sudėties matematinį modelį“ reiškia:

a) išskirti sistemos elementus, įvesti jų žymėjimus (pavadinimus, identifikatorius) ir sudaryti tų elementų sąrašą;

b) sudaryti kiekvieno sistemos elemento išorinį matematinį modelį ir nurodyti elemento pradinę būseną.

Jei pereitume prie visai matematizuotos terminologijos, tai **sistemos sudėties matematinį modelį galėtume apibrėžti kaip sudėtingą hierarchinį vektorių, turintį pirmame lygyje tiek komponentių, kiek sistemoje mes išskyrėme elementų, ir kurio kiekviena komponentė – atitinkamo elemento išorinis matematinis modelis, t. y. vėl savo rūšies sudėtingas vektorius. Pastarasis vektorius turi septynias „koordinates“: elemento kalendorių, įėjimų, išėjimų ir būsenų erdves, pradinę būseną bei perėjimų ir išėjimų funkcijų matematinius modelius.**

1.7.3. Pirmojo tipo sistemos struktūra

Pirmojo tipo sistemos struktūra siaurąja prasme – tai tie **sisteminiai santykiai** tarp sistemos elementų, kurių dėka elementai susijungia į vieningą visumą, tampančią nauju objektu, įgyjančiu savybių, priklausančių ne pavieniams elementams, o jų visumai. Šią apibrėžimą galima formalizuoti:

$\langle :a \rangle \rangle$ [sistemos I struktūra] $\stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle ;a[\langle A \rangle]t$.
 Perėję prie uždary TSF, gausime lygybę:

$\langle :a \rangle \rangle$ [sistemos I struktūra] $\stackrel{\text{def}}{=} \langle \langle ;a[\langle A \rangle]t$.

Nors pirmojo tipo sistemų struktūros sąvoka yra pakankamai akivaizdi ir, ją įsisavinant, didelių konceptualinių problemų neiškyla, tačiau kol kas dar nėra vieningos nuomonės, atsakant į klausimą, **ar sistemos elementai priklauso jos struktūrai, ar ne**. Jei vadovausimės aukščiau paminėtais apibrėžimais, tai atsakymą gausime neigiamą, bet tuoj pat išgirsime tokios nuomonės priešininkų repliką: o kaip tada tą struktūrą pavaizduoti, neparodant pačių elementų; kaip nupiešti ryšius, nepavaizduojant to, ką jie riša. Toks klausimas skamba rimtai. Bet ne mažiau rimtai atrodo ir klausimas: o kuo tada skirsis sistemos struktūros sąvoka nuo pačios sistemos sąvokos, jei mes sutiksime su nuomone, kad į struktūros sąvoką įeina ne tik santykiai (elementų į sistemą jungimo būdas), bet ir patys elementai.

Šį ginčą išspręsim, jei išmoksime skirti dvi sąvokas: kokio nors **objekto, vadinamo sistemos sudėties elementu**, sąvoką ir **to elemento užimamos vietos sistemoje** sąvoką, suvokdami pastarąją ne tik kaip tam tikrą erdvės dalį, bet ir kaip **elemento vietą (vaidmenį) sistemoje**. Juk akivaizdu, kad įmonės direktoriaus vieta (t. y. įmonės direktoriaus pareigos) ir konkretus įmonės direktorius (konkretus asmuo) – ne viena ir ta pati sąvoka. Supratęs tą skirtumą, nesunku prieiti prie išvados, kad **konkrečios sistemos elementai priklauso sistemos sudėčiai ir nepriklauso jos struktūrai, o elementų vietos (vaidmenys) sistemoje priklauso sistemos struktūrai ir yra jos elementai**. Tuomet, t. y. įsivedus sistemos sudėties elemento ir sistemos struktūros elemento sąvokas, aukščiau išvardinti **prieštaravimai lengvai išsprendžiami**.

Elemento (su jo vidine sandara ir iš jos išplaukiančiomis individualiomis savybėmis) ir elemento vaidmens sąvokų skirtumo suvokimas leidžia naujai ir giliau pažvelgti į jau minėtas individualias ir sisteminės (struktūrinės) elemento savybes.

Individualios elemento savybės priklauso pačiam sistemos sudėties elementui ir gali keistis tik jam keičiantis, t. y. keičiantis elemento modeliui.

Sisteminės elemento savybės, atsiradusios tik elementui įsijungus į sistemą ir užėmus joje tam tikrą vietą, priklauso ne pačiam sudėties elementui, o jo vietai, t. y. **sistemos struktūrai, jos elementui**. Tos savybės gali keistis, keičiantis sistemos struktūrai, todėl ir vadinamos elemento **struktūrinėmis savybėmis**.

Konkrečiam elementui pereinant sistemoje iš vienos vietos į kitą, su juo pereina tik individualios savybės, o struktūrinės savybės pasilieka savose sistemos struktūros elementų vietose.

Žinoma, daugelyje atvejų sistemų sudėties ir struktūros elementai nėra nekintami: užimdami tam tikrą vietą sistemoje ir tos sistemos veikiami, jie keičiasi, ir kai kurios struktūrinės savybės gali tapti individualiomis. Kartais pastebimas ir atvirkštinis procesas: kai kurie aktyvūs elementai sugeba pakeisti sistemos struktūrą taip, kad savo užimamą vietą sistemoje pritaiko individualiems poreikiams arba net sudaro sistemoje naują vietą, jei pradinėje sistemos struktūroje patinkančios elementui vietos nebuvo. Apie tai, kaip keičiantis sistemos struktūrai gali keistis sistemos sisteminės ir jos elementų struktūrinės savybės, bus rašoma 1.8. skyriuje ir antrojoje šios mokymo priemonės dalyje. Tai tema, kuri aktuali ne tik teoriškai, bet ir praktiškai.

Sąvokų „sistemos elementas“ ir „elemento vieta (vaidmuo) sistemoje“ skirtumo supratimas paaiškina ir dažnai literatūroje sutinkamų **sistemos elementų aprašymo dviejų būdų** egzistavimą.

Pirmasis yra vadinamas „**aparatininiu**“ („aparatiniu“) ir skirtas individualių elemento savybių bei galimybių aprašymui. Pagal tą aprašymo būdą du sistemos

elementai, užimantys sistemoje skirtingas vietas ir vykdantys vienodas ar skirtingas funkcijas, tačiau turintys vienodus išorinius modelius bei vienodas sudėtis ir struktūras (jei į tuos elementus pažiūrėtume kaip į sistemas), laikomi „aparatūriškai“ vienodais. Sistemos, sudarytos iš elementų, vienodų aparatūriniu požiūriu, vadinamos **homogeninėmis**, o iš skirtingų tuo požiūriu sudėties elementų – **heterogeninėmis**.

Antrasis aprašymo būdas vadinamas „**funkcionaliniu**“ („funkciniu“) ir skirtas elemento vaidmeniui, elemento funkcijų sistemoje aprašymui. Pagal tą aprašymo būdą du aukščiau paminėtieji „aparatūriškai“ vienodi sistemos elementai, vykdantys skirtingas funkcijas, bus laikomi „funkcionaliai skirtingais“, o du sistemos elementai, būdami nevienodi pagal „aparatūrinį“ požiūrį, tačiau vykdantys sistemoje vienodas funkcijas, t. y. turintys sistemoje vienodus vaidmenis, bus laikomi „**funkcionaliai nesiskiriančiais**“ vienas nuo kito.

Iš tų aprašymo būdų kilo sąvokos: „**funkcionalinė (funkcinė) sistemos struktūra**“ ir „**aparatūrinė (aparatinė) sistemos struktūra**“. Iš jų tik pirmąją privalėtume vadinti „struktūra“, o paskutinę, tiksliau kalbant, reikėtų vadinti „aparatine sistemos sudėties schema“ arba tiesiog „**sistemos sudėties schema**“. Kartais ją vadina „**morfologiniu sistemos aprašymu**“, o kalbant apie biologines sistemas – „**anatominiu sistemos aprašymu**“. Funkcinį biologinės sistemos aprašymą neretai vadina „**fiziologiniu aprašymu**“.

Sąvokų „**sistemos sudėties elementas**“ ir „**sistemos struktūros elementas**“ skirtumas ir paskirtis ypač išryškėja, kalbant apie sistemos **deskriptyvinius** (deskriptivinius) ir **normatyvinius** modelius. Deskriptyviniuose modeliuose, aprašančiuose (iš čia ir modelio pavadinimas, nes „descriptive“ anglų kalboje reiškia „aprašomasis“) realią sistemą, tos sistemos elementai vaizduojami sistemos sudėties elementų modeliais, tačiau neapsiribojama vien tik individualių jų savybių aprašymu. Nurodomos ir tos jų struktūrinės savybės, kurios realiai pasireiškia tų elementų funkcionavime. Normatyviniuose (kitais dar vadinamuose **preskriptyviniais**) modeliuose, vaizduojančiuose tai, kokia turi būti projektuojama ar reorganizuojama sistema, sistemos elementų modeliai priklauso ne tiek sistemos sudėties, kiek sistemos struktūros elementų modelių tipui, nes jie – ne realių elementų aprašymai, o normatyviniai tų elementų etalonai, rodantys, kokias savybes (struktūrines ir individualias) privalo turėti projektuojamos sistemos elementai, kokius reikalavimus jie privalo tenkinti, kokias funkcijas vykdyti.

Reziumuodami galime suformuluoti tokį, kol kas patenkinamai pilną, **pirmojo tipo sistemos struktūros sąvokos aprašymo apibrėžimą**: „**Pirmojo tipo sistemos struktūros aprašymą sudaro funkcionaliniai sistemos elementų vietų ir jų tarpusavio ryšių (santykių, sąveikos) bei jų santykių (ryšių) su aplinka modeliai**“. Šį apibrėžimą 1.9. skyriuje, panagrinėję atomų, cheminių junginių ir kristalų struktūras dar šiek tiek papildysime ir patikslinsime. Dar labiau pagilinsime ir papildysime sistemos struktūros sąvokos supratimą, panagrinėję organizmų ir organizacijų veiklą.

Sistemos struktūros sąvoka kartais išplečiama, prijungiant prie čia aprašytos **formalios (normatyvinės) struktūros** tas neformalias struktūras, kurios susidaro dėl neformalių (nebendrasisteminių) santykių, atsirandančių tarp atskirų elementų. Tokiu būdu gaunamas **sistemos deskriptinės struktūros aprašymas**.

1.7.4. Antrojo tipo sistemų atributinė struktūra

Šiek tiek sudėtingesnė antrojo tipo sistemos struktūros sąvoka. Žinoma, galima antrojo tipo sistemos struktūros sąvokos apibrėžimą formuluoti taip, kaip jis buvo formuluojamas, nagrinėjant pirmojo tipo sistemas, t. y. bandyti išvelgti sistemos

struktūros kontūrus tame sisteminiame santykiyje „t“ (tuose sisteminiuose santykiuose „t“), kurį Ujomovas pavadino antrojo tipo sistemos konceptu. Tiesa, santykis „t“ čia nėra santykis tarp sistemos elementų. Tai **dėsningumas, kurį tenkina sistemos elementų savybės**, jei tuos elementus atitinkamai išdėstyti. **Šią elementų išdėstymą antrojo tipo sistemoje kaip tik ir būtų tikslinga pavadinti antrojo tipo sistemos struktūra**. Juk galima kalbėti apie periodinės cheminių elementų lentelės struktūrą, apie kokių nors objektų (detalių, augalų, gyvūnų) klasifikavimo sistemos struktūrą ir t. t.

Elementų vietas antrojo tipo sistemoje, vadovaujantis tais pačiais samprotavimais, kaip ir svarstant šį klausimą pirmojo tipo sistemų atžvilgiu, natūralu priskirti sistemos struktūrai, o pačius elementus – sistemos sudėčiai (substratui). Nuo ko gi priklauso atsakymas į klausimą, kokią vietą antrojo tipo sistemoje užima konkretus jos elementas? Atrodytų, kad visų pirma nuo dėsningumo (sisteminio santykio) „t“, kurį turi tenkinti elementų savybės, o antra – nuo pačių tų savybių: juk **grupuojami, sistematizuojami ir klasifikuojami ne elementai, o elementų vietos pagal elementų savybes**. Tačiau, jei kalbėtume ne apie „voliuntaristinį“, o apie objektyvų klasifikavimą ir sistematizavimą, tai reiktų pažymėti, kad **pirminiu čia dažniausiai yra ne dėsningumas „t“, o objektų savybių pasiskirstymas**: juk objektų savybės egzistavo ir anksčiau, o tai reiškia, kad (bent jau potencialiai) egzistavo ir pati antrojo tipo sistema, nors pats dėsningumas „t“ dar gal ir nebuvo pastebėtas bei atrastas. Todėl galima sakyti, kad antrojo tipo sistemos elementų vietų pasiskirstymas sistemoje, o tai reiškia, ir **antrojo tipo sistemos struktūra, lyg ir glūdėjo elementų savybėse** ir tik reikėjo tą pasiskirstymą pamatyti. Šią dar nepamatytą (bet jau glūdinčią elementų savybėse) sistemos struktūrą, Ujomovas pavadino „**atributine antrojo tipo sistemos struktūra**“. Jos formalizuotas apibrėžimas:

$$\begin{aligned} \langle :a \rangle & \text{ [atributinė sistemos II struktūra]} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} t \langle \langle A \rangle \rangle ; a \rangle . \\ \text{Jei pereisime prie uždaryų TSF, tai gausime lygybę:} \\ \langle \langle :a \rangle \rangle & \text{ [atributinė sistemos II struktūra]} \stackrel{\text{def}}{=} \langle t \langle \langle A \rangle \rangle ; a \rangle \rangle . \end{aligned}$$

1.7.5. Antrojo tipo sistemų reliacinė struktūra

Benagrinėdami antrojo tipo sistemos elementų savybes, mes galime pastebėti jungiančius jas dėsningumus, t. y. pamatyti tuos sisteminius santykius „t“, kuriuos tenkina elementų savybės „a“, ir tuo pagrindu surasti elementų „A“ vietas sistemoje, t. y. sudaryti „**matomąją antrojo tipo sistemos struktūrą**“. Tos matomosios struktūros pagrindu bus dėsningumas „t“, kurį galima pavadinti „**reliacine antrojo tipo struktūra**“. Jos formalizuotas apibrėžimas:

$$\begin{aligned} \langle :t \rangle & \text{ [reliacinė sistemos II struktūra]} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} ; t \langle \langle \langle A \rangle \rangle a \rangle . \\ \text{Pasinaudoję uždaromis TSF, gausime:} \\ \langle \langle :t \rangle \rangle & \text{ [reliacinė sistemos II struktūra]} \stackrel{\text{def}}{=} \langle ; t \langle \langle \langle A \rangle \rangle a \rangle \rangle . \end{aligned}$$

1.7.6. Atributinės ir reliacinės struktūrų sąvokų nepakankamumas ir papildomumas

Sunkumai, kurie iškyla nagrinėjant ir bandant apibrėžti antrojo tipo sistemų struktūros sąvoką, glūdi tame, kad **nei „reliacinės“, nei „atributinės“ struktūros sąvokos, paimitos atskirai, pilnai neišsemia antrojo tipo sistemos struktūros sąvokos**: „reliacinė struktūra“ (t. y. dėsningumas „t“) duoda tik principą, pagal kurį turi būti išdėstytos elementų vietos, bet ne patį jų išsidėstymą, t. y. ne pačią struktūrą;

„atributinė struktūra“ lyg ir turi savyje „užslėptą“, „nematomą“ elementų vietų sistemoje išsidėstymą, tačiau, kad jį pamatytume, reikia arba jau turėti dėsninę „t“, t. y. turėti „reliacinę struktūrą“, arba tą dėsninę reikia surasti, t. y. įvykdyti atradimą, o tai nėra paprasta, dažnai – gana sudėtinga. Na, bet jei antrojo tipo sistemos modelis jau sudarytas, t. y. jei nustatyti sistemos elementai ir nustatytos jų vietos antrojo tipo sistemoje, tai „pamatyti“ sistemos struktūrą ir nagrinėti jos savybes, jau palyginti nesudėtinga.

1.7.7. Sistemos struktūros aprašymo stratos ir formos

Išsiaiškinę klausimą, kas yra sistemos struktūra, pereisime prie klausimo, kaip matematiškai aprašyti sistemos struktūrą, t. y., kaip sudaryti struktūros matematinį modelį.

Struktūros aprašymai gali priklausyti įvairiems lygiams, vadinamiems **struktūros aprašymo stratomis** [18]. Jos gali būti išskiriamos atsižvelgiant į nagrinėjamos sistemos aprašymo detalumo bei pilnumo lygį, į sistemos aprašymo aspektus, į galimus sistemos dekompozicijos būdus bei į galimus jos elementų klasifikacijos būdus.

Sistemos struktūros aprašymo stratas išskirsime, atsižvelgdami į:

- 1) sistemoje egzistuojančių **santykių (ryšių) aprašymo pilnumo lygį**,
- 2) sistemos **dekompozicijos į posistemius bei elementus lygį**.

Atsižvelgdami į pirmąjį požymį išskirsime **loginę ir „fizinę“**, o į antrąjį – **„vienaeseloninę“ ir daugiaeseloninę** struktūrų aprašymo stratas.

1.7.7.1. Loginė struktūros aprašymo strata ir jos formos

Loginėje struktūros aprašymo stratoje apsiribojama tik sistemos elementų vietų ir jų ryšių sistemoje nurodymu, t. y. nurodymais, su kuriais kitais sistemos elementais ir jo aplinka sąveikauja (santykiauja) kiekvienas nagrinėjamos sistemos elementas. Ši strata vadinama loginė todėl, kad joje struktūros aprašymui pakanka klasikinės (dvireikšmės) matematinės logikos kalbos: egzistuojančius tarp elementų i ir j ryšius r_{ij} žymime loginiais vienetais („1“, „t“, „taip“), o neegzistuojančius – loginiais nuliais („0“, „f“, „ne“).

Loginėje stratoje sistemos struktūros modelį galima sudaryti grafinėje, lentelinėje (matricinėje) ir analizinėje formose.

Grafinėje (scheminėje) formoje sistemos loginė struktūra vaizduojama **viršūniniais grafais**: orientuotais grafais (orgrafais), neorientuotais grafais, multigrafais, pseudografais.

Su grafine sistemos struktūros aprašymo forma loginėje stratoje mes jau esame susidūrę 1.3. skyriuje. Pavaizduota 8 pav. schema – tai DVS struktūros schema, grafinėmis priemonėmis vaizduojanti loginius ryšius tarp sumatoriaus elementų: trijų įėjimo polių (kontaktų) 1, 2, 3, dviejų išėjimo polių 16, 17 ir dvylikos vidinių elementų (loginių blokų) 4÷15, turinčių nuosavus įėjimų bei išėjimų kontaktus ir realizuojančių logines funkcijas „¬“, „^“, „v“.

Kiti sistemos struktūros loginėje stratoje grafinio vaizdavimo pavyzdžiai – 9 ir 10 pav.

Kaip žinome iš **grafų teorijos**, grafinė loginių ryšių tarp sistemos elementų vaizdavimo formai ekvivalenti **lentelinė (matricinė) forma**. Pavyzdžiui, pasinaudodami nurodytais 8 pav. schemas elementų numeriais, mes galime sudaryti ryšių r_{ij} tarp elementų i ir j matricą (r_{ij}) (žiūr. 26-ąją lentelę).

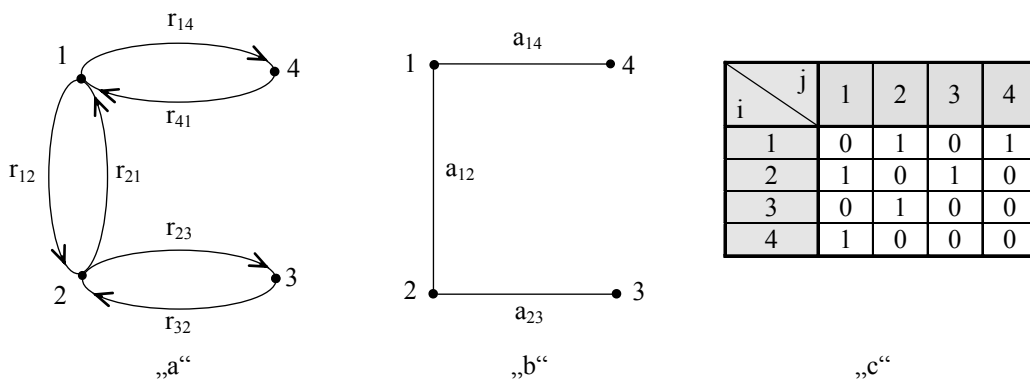
Matrica, pavaizduota 26-oje lentelėje priklauso **loginių matricų** klasei, nes tos matricos elementai r_{ij} gali turėti tik logines reikšmes 1 ir 0: jei sistemos elementas **i tiesiogiai veikia** į elementą **j**, tai $r_{ij}=1$, jei **tiesiogiai neveikia**, tai $r_{ij}=0$.

Ryšiai tarp elementų, pavaizduotų 8 pav., yra orientuoti, todėl DVS schema yra **orientuotas grafas** (orgrafas). Orientuotame grafe r_{ij} ir r_{ji} nebūtinai turi vienodas reikšmes. Pavyzdžiui, 26-oje lentelėje $r_{12}=r_{21}=0$, tačiau $r_{16}=1$, o $r_{61}=0$, t. y. $r_{16} \neq r_{61}$.

26. lentelė

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ne visi grafai yra būtinai orientuoti. Pavyzdžiui, sistemoje, pavaizduotoje 10 pav., ryšiai tarp elementų nėra orientuoti, todėl joje $r_{ij}=r_{ji}$. Dėl šios priežasties vietoj dviejų **lankų** r_{ij} ir r_{ji} galima vaizduoti vieną **briauną** a_{ij} , kaip parodyta 37 pav., kur „a“ – orientuotas grafas, „b“ – jam ekvivalentus **neorientuotas** grafas, „c“ – tuos abu grafus atitinkanti matrica.

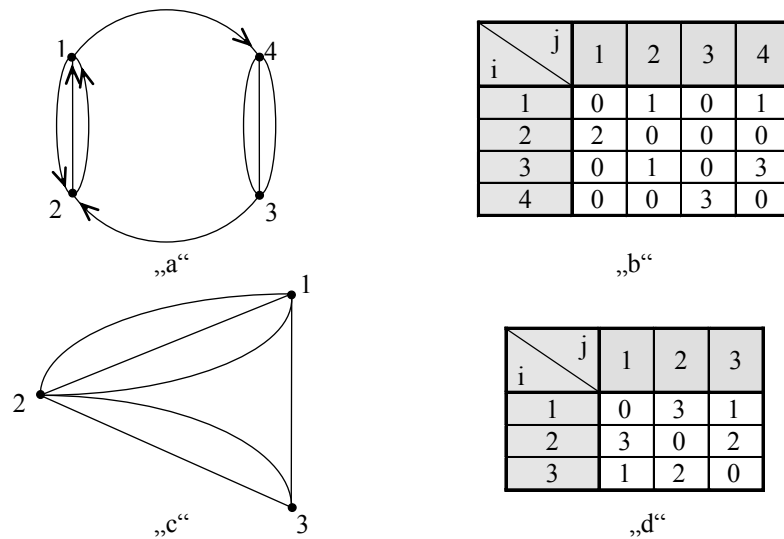


37 pav.

Neorientuoto grafo ryšių matrica visuomet simetrinė matricos teigiamos įstrižinės atžvilgiu.

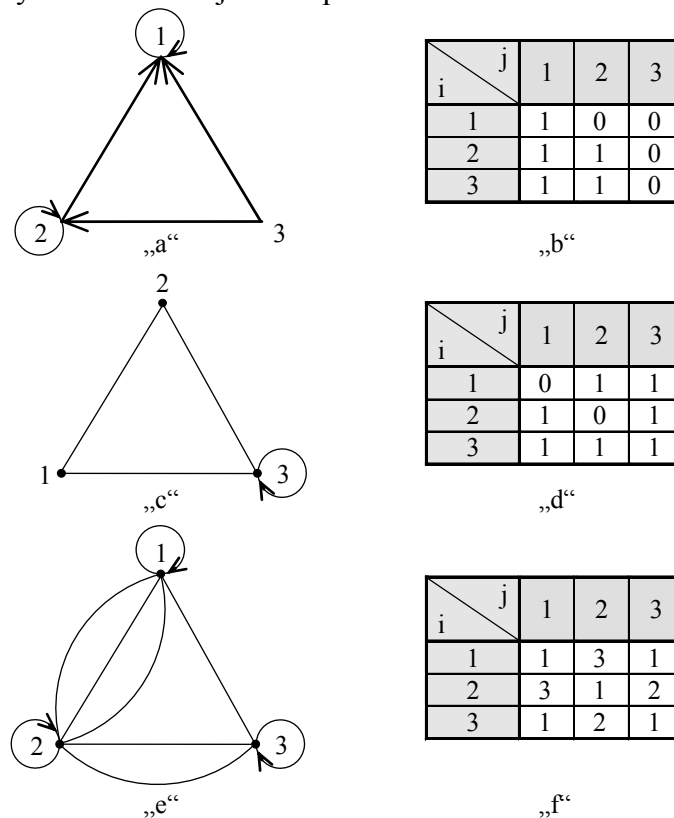
Tarp dviejų sistemos elementų gali būti ne tik vienas, bet ir daugiau ryšių. Tokių struktūrų vaizdavimui naudojami **multigrafai**. Jie, kaip ir paprasti grafai, gali būti ir orientuoti, ir neorientuoti. Jei multigrafų matricų langeliuose žymėsime ryšių

tarp elementų i ir j skaičių b_{ij} , tai mes gausime jau ne logines, o **skaitmenines matricas**, kaip tai parodyta 38 pav., kur pavaizduoti du multigrafai ir jų elementų ryšių matricos. Skaitmeninės matricos ir multigrafai gali būti taikomi ir tada, kada norima kiekybiškai charakterizuoti tarpelementinių ryšių intensyvumą bei stiprumą.



38 pav.

Ir paprastų, ir multigrafų ryšių matricų teigiamų įstrižainių elementai visuomet lygūs 0, t. y. $\forall i (r_{ii}=0)$. Tai reiškia, kad sistemose, kurių struktūra vaizduojama paprastais grafais ir multigrafais, elementai patys su savimi nesąveikauja. Tai būdinga daugeliui sistemų. Tačiau gali būti atvejų, kai reikia atsižvelgti į kai kurių elementų galimybę sąveikauti su savimi. Pavyzdžiui, žmogus gali veikti pats save (užsiimti saviuokla ir pan.). Tokių struktūrų vaizdavimui naudojami **pseudografai**. Pseudografų ir jų matricų pavyzdžiai vaizduojami 39 pav.

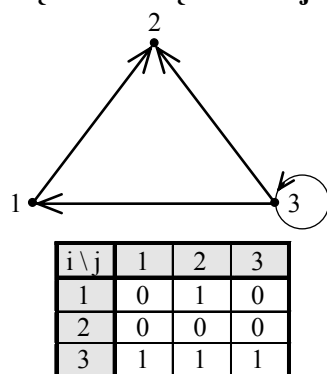


39 pav.

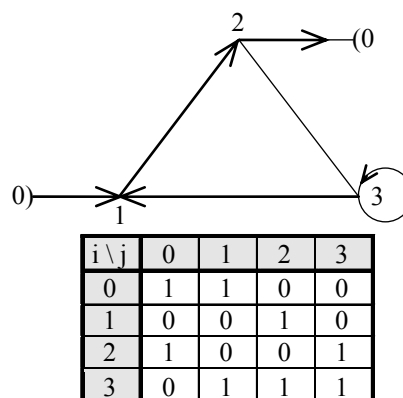
Grafas, pavaizduotas 15 pav., taip pat pseudografas.

Ryšių matricos, vaizduojančios sistemos elementų vidinius tarpusavio ryšius, vadinamos sistemos **vidinės struktūros (mikrostruktūros) matricomis**. Jos, kaip taisyklė, yra kvadratinės, nes jų eilutės ir stulpeliai atitinka sistemos elementus. Žinoma, eilučių ir stulpelių skaičių tokiose matricose neretai galima sumažinti: išbraukti tas eilutes, kurios atitinka sistemos elementus, neturinčius išėjimų, vedančių į kitus tos sistemos elementus, o taip pat išbraukti tuos stulpelius, kurie atitinka elementus, neturinčius įėjimų, ateinančių iš kitų tos sistemos elementų. Pavyzdžiui, 26-oje lentelėje galima buvo išbraukti 16-ąją ir 17-ąją eilutes ir 1-ąjį, 2-ąjį bei 3-ąjį stulpelius. Tuomet ryšių matrica būtų tapusi šiek tiek ekonomiškesnė užimamos vietos atžvilgiu ir nekvadratinė.

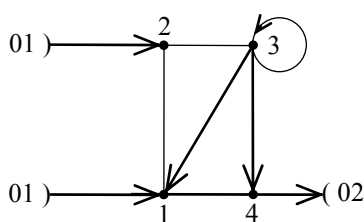
Jei sistemos struktūros matrica sudaryta uždarai struktūrai, tai jos eilutės ir stulpeliai atitinka **vidinės struktūros elementus** (žiūr. 40^a pav.). Sąveikos su aplinka atvaizdavimui atvirų sistemų struktūros matricoje įvedamos papildomos eilutės ir papildomi stulpeliai. Jei sistemos aplinka nediferencijuojama, tai užtenka įvesti vieną eilutę aplinkos poveikiams į sistemos elementus pavaizduoti ir vieną stulpelį sistemos poveikių į aplinką pavaizdavimui. Tokia eilutė ir toks stulpelis 40^b pav. pažymėti numeriu „0“. Jei sistemos išorinė aplinka kaip nors diferencijuojama, tai įvedamos kelios papildomos eilutės ir keli stulpeliai (40^c ir 40^d pav. jie pažymėti 01, 02, 03). Įvedamų eilučių ir įvedamų stulpelių skaičius gali būti nevienodas, todėl **atvirų sistemų pilną struktūrą vaizduojančios matricos gali būti nekvadratinės**.



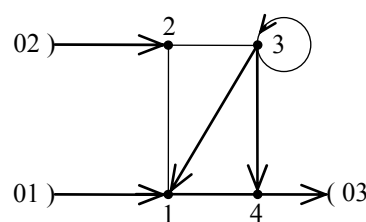
„a“



„b“



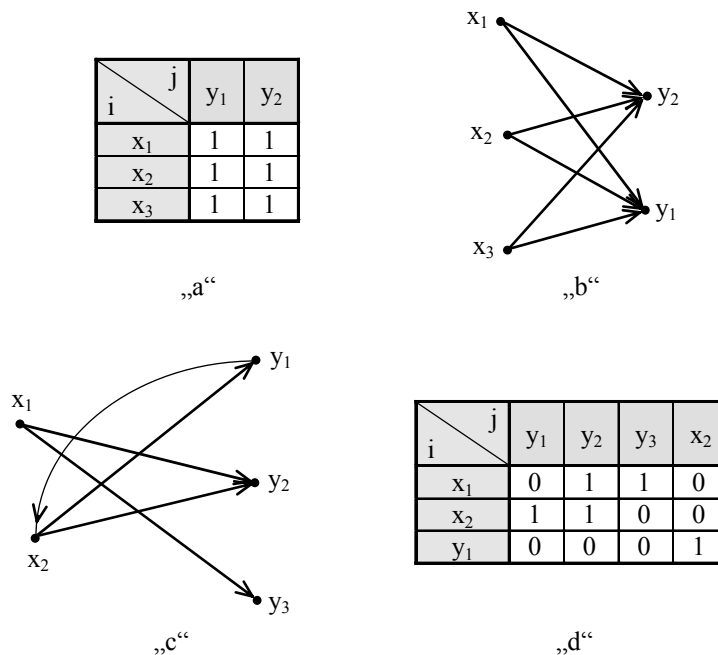
„c“



„d“

40 pav.

Labai dažnai nekvadratinėmis būna taip vadinamos „išorinės struktūros“ **ryšių matricos**, vaizduojančios sistemos „makrostruktūrą“, t. y. ryšius tarp sistemos išorinių elementų – įėjimo ir išėjimo kontaktų – polių. Tokios matricos turi tiek eilučių, kiek sistema turi įėjimo kontaktų, ir tiek stulpelių, kiek sistema turi išėjimo kontaktų. Jei sistemos išėjimų vektoriaus $\vec{y}$ koordinatę y_j atitinkanti išėjimo funkcija $y_j = \psi_j(\vec{x}, \vec{z})$ yra priklausoma nuo sistemos įėjimų vektoriaus $\vec{x}$ koordinatės x_i reikšmės, t. y., jei aplinkos poveikis x_i į sistemos įėjimo polių i tiesiogiai ar netiesiogiai pasiekia sistemos išėjimo polių j ir paveikia išėjimo koordinatės y_j reikšmę, tai atitinkamame matricos langelyje rašomas 1, reiškiantis, kad $r_{ij}=1$. Jei tokio poveikio nėra, t. y., jei y_j nepriklauso nuo x_i , tai rašoma $r_{ij}=0$. Sistemos „išorinę struktūrą“ galima vaizduoti ir grafais. Pavyzdžiui, 41 pav. pavaizduoti DVS „išorinės struktūros“ matrica ir grafas (žiūr. 41 a ir b pav.).



41 pav.

Jei kai kurie sistemos išėjimai per aplinką gali paveikti sistemos įėjimus, tai šių **grįžtamųjų ryšių** pavaizdavimui „išorinės struktūros“ matricoje gali atsirasti eilučių, atitinkančių sistemos išėjimus, ir stulpelių, atitinkančių tuos sistemos įėjimus, kurie gauna tą grįžtamąjį ryšį. Tokio grafo ir tokios matricos pavyzdžiai – 41 c ir d pav.

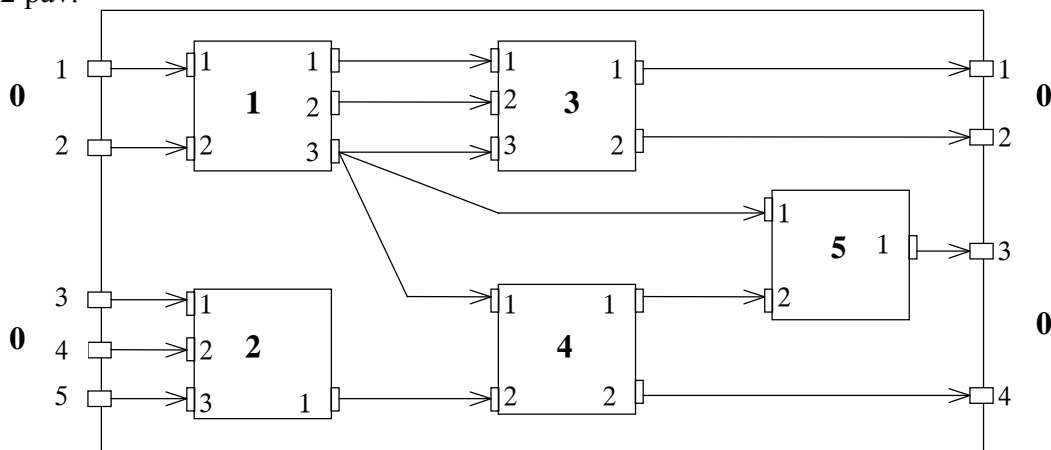
Matricinė sistemų struktūros vaizdavimo forma gana patogi savo universalumu ir „matematiškumu“, leidžiančiu informaciją apie sistemos struktūrą beveik be papildomo apdorojimo užrašyti ESM atmintyje. Tačiau ši forma turi vieną gana esminį trūkumą – palyginti mažą „informacinį talpumą“ (tiksliau, „informacinį tankumą“): didelių sistemos struktūros vaizdavimui ryšių matrica reikalauja daug vietos, kai tuo tarpu ji gana dažnai būna „beveik tuščia“, nes tarpusavio ryšius turi tik kai kurios poros elementų ir tos poros sudaro tik mažą dalį visų galimų porų. Pavyzdžiui, schemeje, pavaizduotoje 8 pav., susidedančioje iš 17 elementų, iš galimų

$2C_{17}^2 = 2 \cdot \frac{17 \cdot 16}{1 \cdot 2} = 272$ tarpelementinių orientuotų ryšių realizuoti tik 34 orientuoti ryšiai. Todėl tos schemas ryšių matricoje tik 34 langeliai užpildyti vienetukais, o visi likusieji $17 \times 17 - 34 = 225$ langeliai užpildyti nuliais, kurių šiuo atveju galima buvo ir nerašyti, nes jų užrašymas jokios naujos informacijos neduoda. Jei pabandytume matricinėje formoje pavaizduoti tos schemas ryšius schemas blokų kontaktų lygyje, tai

tokios matricos „informacinis tankumas“ būtų dar mažesnis: 49 kontaktai (5 išoriniai ir 44 vidiniai) būtų sujungti 34 ryšiais ir ryšių matricoje būtų 2367 „tušti“ langeliai.

Daug ekonomiškesnis lentelinis struktūros aprašymo būdas, naudojamas knygoje [32; 45]. Pailiustruosime tą būdą pavyzdžiu.

Tarkim, mes turime sistemą, susidedančią iš 5 elementų, kiekvienas iš kurių gali turėti po keletą įėjimo ir išėjimo kontaktų. Tos sistemos struktūra pavaizduota 42 pav.



42 pav.

Ryšių lentelę, vadinamą **ryšių operatoriaus $R(j, \ell)$ reikšmių lentelę**, sudarysime taip:

1) išskirsime lentelėje tiek stulpelių, kiek sistema turi elementų, ir skirsime dar vieną stulpelį sistemos aplinkai;

2) išskirsime lentelėje tiek eilučių, kiek įėjimo kontaktų turi tas elementas (įskaitant ir aplinką), kuriame tų kontaktų daugiausia;

3) į lentelės langelius, atitinkančius ryšių operatoriaus argumentą – kokio nors elemento „j“ (ar aplinkos) vieną įėjimo kontaktą „ ℓ “, įrašysime ryšių operatoriaus $R(j, \ell)$ reikšmę – elemento (ar aplinkos, kurią žymėsime numeriu 0) ir atitinkamo jo išėjimo kontakto, sujungto su minėtu įėjimo kontaktu, numerius: i, k. Gausime nagrinėjamos sistemos struktūros ryšių operatoriaus $R(j, \ell)=(i, k)$ reikšmių lentelę (žiūr. 27-ją lentelę).

Ir 42 pav. schema, ir ryšių operatoriaus 27-oji lentelė yra sistemos struktūros aprašymai, priklausantys loginei stratai, nes šiame aprašyme elementų santykiai ir ryšiai charakterizuojami tik dviem „dydžiais“: „1“ – santykis (ir ryšys) tarp elementų yra, „0“ – ryšio nėra, kas atitinka loginę teiginio „ryšys $r(i, k, j, \ell)$ yra“ reikšmę.

27. lentelė

Elementai Įėjimo kontaktai	1	2	3	4	5	0
1	0,1	0,3	1,1	1,3	1,3	3,1
2	0,2	0,4	1,2	2,1	4,1	3,2
3	–	0,5	1,3	–	–	5,1
4	–	–	–	–	–	4,2

Pavyzdžiui, teiginys „Pirmojo elemento trečiasis išėjimo kontaktas, sujungtas su ketvirtojo elemento pirmuoju įėjimo kontaktu“ yra teisingas ir turi loginę reikšmę „1“, nes ketvirtojo stulpelio pirmoje eilutėje užrašyta 1, 3, kas reiškia, kad signalas, išėjęs iš pirmojo elemento trečiojo kontakto, patenka į ketvirtojo elemento pirmąjį

kontaktą. Panašiai galima parodyti, kad teiginys „Penktojo elemento antrasis įėjimo kontaktas sujungtas su trečiojo elemento antruoju išėjimo kontaktu“ turi loginę reikšmę, lygią „0“. Jei įvestume teiginio „elemento i išėjimo kontaktas k sujungtas su elemento j įėjimo kontaktu ℓ “ žymėjimą (identifikatorių) (i, k; j, ℓ), tai sistemos struktūrą loginėje stratoje galima būtų užrašyti **logine formule** – teiginių (i, k; j, ℓ), turinčių loginę reikšmę „1“, konjunkcija, kurios loginė reikšmė taip pat būtų „1“. Schemą, pavaizduotą 42 pav., atitiks formulė:

$(0, 1; 1, 1) \wedge (0, 2; 1, 2) \wedge (0, 3; 2, 1) \wedge (0, 4; 2, 2) \wedge (0, 5; 2, 3) \wedge (1, 1; 3, 1) \wedge (1, 2; 3, 2) \wedge (1, 3; 3, 3) \wedge (1, 3; 4, 1) \wedge (2, 1; 4, 2) \wedge (1, 3; 5, 1) \wedge (4, 1; 5, 2) \wedge (3, 1; 0, 1) \wedge (3, 2; 0, 2) \wedge (5, 1; 0, 3) \wedge (4, 2; 0, 4) = 1$. Tai jau **analizinė** struktūros aprašymo forma.

Jei sudarytume schemas, pavaizduotos 8 pav., ryšių operatoriaus reikšmių lentelę schemas kontaktų lygyje, tai gautume 28-ąją lentelę.

28. lentelė

$\ell \backslash j$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0
1	0,3	0,2	0,1	0,1	6,1	6,1	0,1	0,3	0,3	4,1	10,1	13,1	14,1
2	–	–	–	5,1	0,2	5,1	0,2	0,2	5,1	0,2	9,1	12,1	15,1
3	–	–	–	4,1	4,1	0,3	0,3	6,1	0,1	0,1	8,1	11,1	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1	10,1	–

Ši lentelė užima daug mažiau vietos negu tos pačios schemas kontaktų ryšių matrica, kuri turėtų $49 \times 49 = 2401$ langelių.

Ryšių operatoriaus $R(j, \ell) = (i, k)$ loginė formulė, užrašyta teiginių (i, k; j, ℓ) kalba 8 pav. schemai, bus 34 elementarių teiginių (i, k; j, ℓ) konjunkcija:

$(0, 3; 4, 1) \wedge (0, 2; 5, 1) \wedge (0, 1; 6, 1) \wedge (0, 1; 7, 1) \wedge (5, 1; 7, 2) \wedge (4, 1; 7, 3) \wedge (6, 1; 8, 1) \wedge (0, 2; 8, 2) \wedge (4, 1; 8, 3) \wedge (6, 1; 9, 1) \wedge (5, 1; 9, 2) \wedge (0, 3; 9, 3) \wedge (0, 1; 10, 1) \wedge (0, 2; 10, 2) \wedge (0, 3; 10, 3) \wedge (0, 3; 11, 1) \wedge (0, 2; 11, 2) \wedge (6, 1; 11, 3) \wedge (0, 3; 12, 1) \wedge (5, 1; 12, 2) \wedge (0, 1; 12, 3) \wedge (4, 1; 13, 1) \wedge (0, 2; 13, 2) \wedge (0, 1; 13, 3) \wedge (10, 1; 14, 1) \wedge (9, 1; 14, 2) \wedge (8, 1; 14, 3) \wedge (7, 1; 14, 4) \wedge (13, 1; 15, 1) \wedge (12, 1; 15, 2) \wedge (11, 1; 15, 3) \wedge (10, 1; 15, 4) \wedge (14, 1; 0, 1) \wedge (15, 1; 0, 2)$.

Sistemos struktūros aprašymą loginėje stratoje galima taikyti ne tik pirmojo, bet ir antrojo tipo sistemoms. Šitokio aprašymo pavyzdžiai – objektų ir sistemų klasifikavimo schemas, vaizduojančios žemesnės klasės priklausymo aukštesniajai klasei santykius (žiūr., pavyzdžiui, schemas, pavaizduotas [2] 21, 27, 37 ir 61 puslapiuose. „Lentelinio“ antrojo tipo sistemos aprašymo pavyzdys – Mendelevjevo periodinė cheminių elementų lentelė.

Sistemų struktūros vaizdavimui tinklais galima taikyti ne tik **viršūninius grafus**, kur sistemos elementai vaizduojami grafo viršūnėmis, o ryšiai tarp elementų (jų tarpusavio santykiai) – lankais ir briaunomis (kaip, pavyzdžiui, 37, 38, 39 ir 40 pav.), bet ir **briauninius grafus**, kuriuose sistemos elementus vaizduoja grafo briaunos, o jų tarpusavio loginius santykius – grafo viršūnės. Tokių grafų pavyzdys – **briauniniai tinkliniai grafikai**, plačiai naudojami planuojant sudėtingus darbų kompleksus, kai tuos darbus atlieka keletas vykdytojų. Tokiuose tinkliniuose grafikuose komplekso elementai (**darbai**) vaizduojami lankais, o tinklinio grafiko viršūnės atitinka **įvykius** – vienos darbų grupės baigimo ir kitos darbų grupės pradžios momentus (žiūr. 1.9.2.16., 1.9.2.17., 1.9.2.18. skyrelius ir antrąją šios mokymo priemonės dalį).

Sistemų struktūrų vaizdavimo būdai viršūniniais ir briauniniais grafais vienas kitą papildo, nes abu būdai turi savo privalumų ir savo trūkumų, kurie, būdami skirtingi, gali kompensuoti ir papildyti vienas kitą.

Pavyzdžiui, sudaryti sistemos struktūros modelį viršūninio grafo formoje yra gana nesunku, tačiau, analizuojant tokį sistemos modelį, atsiranda nemažai sunkumų dėl tos priežasties, kad visas elemento modelis – ir jo „fizinių“ savybių, ir loginių jo veikimo sąlygų modeliai – atitinka vieną grafo elementą – jo viršūnę – ir todėl viršūninio grafo elemento modelis negali būti dekomponuotas į minėtas sudėtinės dalis. Briauniniuose grafuose „fizinės“ elementų savybės galima asocijuoti su grafo lankais, o logines sąlygas sukongcentruoti grafo viršūnėse. Pavyzdžiui, briauniniuose tinkliniuose grafikuose grafo viršūnės – įvykiai – atitinka sistemos ir jos elementų būsenas, o jo briaunos – darbai – perėjimus iš vienos būsenos į kitą. Tokia galimybė, kaip bus parodyta 1.9.2.16.÷1.9.2.18. skyreliuose ir antrojoje šios mokymo priemonės dalyje, palengvina sistemos analizę, jos projektavimo formalizavimą. Gaila tik, kad pereiti nuo viršūninio grafo prie ekvivalentiško jam (t. y. tenkinančio tuos pačius binarinius santykius) briauninio grafo ne visada paprasta ir kartais tenka net įvedinėti taip vadinamus „fiktyvius darbus“. Su tokio perėjimo algoritmu galima susipažinti knygoje [96], o taip pat antrojoje šios mokymo priemonės dalyje (skyriuje, skirtame tinkliniams grafikams).

1.7.7.2 „Fizinė“ sistemos struktūros aprašymo strata

Sistemos struktūros aprašymas loginėje stratoje konstatuoja ryšių tarp elementų buvimą (ar nebuvimą) ir nurodo elemento vietą sistemoje, tačiau šiame struktūros aprašymo lygyje negalima aprašyti tų ryšių (santykių) charakterio ir pakankamai apibūdinti elemento vaidmens sistemoje. Tam, kad turėtume tokią galimybę, įvedama taip vadinamoji „fizinė“ strata.* Aprašymą šioje stratoje gausime papildę loginę stratą elementų ryšių ir elementų struktūrinių savybių aprašymais, išreikštais įvairiomis priemonėmis (pavyzdžiui, žodžiais ar kitais sutartiniais ženklais). Paėmę pavaizduotą 10 pav. schemą kartu su ją paaiškinančiu tekstu, mes gausime sistemos struktūros aprašymo „fizinėje“ stratoje pavyzdį. Iš to aprašymo mes galime sužinoti **ne tik tai, kokie elementai sąveikauja vienas su kitu, bet ir tai, kaip jie sąveikauja**, t. y. galime nustatyti to sąveikavimo „fiziką“, elemento vaidmenį sistemoje vykstančiuose procesuose. Sistemos struktūros aprašymą „fizinėje“ stratoje mes galime gauti ir lentelinėje formoje, pakeitę sistemos elementų ryšių matricoje (r_{ij}) „vienetukus“ elementų sąveikos aprašymais ar kokiais nors ženklais (pavyzdžiui, elementų sąveikos formulėmis, pakeičiančiomis „žodinius“ aprašymus). Jei periodinėje cheminių elementų lentelėje jos langeliuose įrašysime ne tik cheminių elementų pavadinimus, bet nurodysime tas esmines savybes (pavyzdžiui, atomo branduolio ir jo elektronų apvalkalo sandarą), kurių dėka tas elementas užima periodinėje lentelėje šitą ir tiksliai šitą vietą, tai gausime cheminių elementų sistemos struktūros aprašymą jau „fizinėje“ stratoje. Kad gautume sistemos struktūros aprašymą „fizinėje“ stratoje, ne visuomet būtini žodiniai schemos ar lentelės paaiškinimai. Dažnai pakanka tik sutartinių ženklų, kuriuos pamatęs žmogus gali, pasinaudodamas savo atmintyje sukaupta informacija, mintyse sukurti „žodinius“ schemos ir lentelės papildymus. Šiuo požiūriu schema, pavaizduota 10 pav., yra ne tik sistemos struktūros aprašymo loginėje stratoje pavyzdys, bet taip pat ir pavyzdys struktūros aprašymo „fizinėje“ stratoje, pateikto

* Čia žodis „fizinė“ pavartotas išplėstine prasme ir gali reikšti ne tik grynai fizinių, bet ir cheminių, ekonominių, biologinių, kibernetinių ir pan. sistemos struktūros aprašymą atitinkamos „kalbos“ terminais.

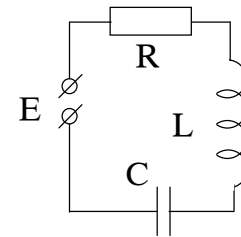
savo rūšies „neišreikštine“ forma, kurią paversti „išreikštine“ gali tik tas, kas moka elektroschemų „kalbą“ ir supranta vykstančius tose schemose reiškinius. Įdomų sistemos struktūros aprašymo „fizinėje“ stratoje pavyzdį pateikia L. G. Šatichinas knygoje [97]: jis į sistemos elementų ryšių matricą vietoje „vienetukų“ (ar kitokių ženklų, pavyzdžiui, rodyklių), rodančių ryšį tarp atitinkamų elementų buvimą, **įrašo tų ryšių Laplaso atvaizdus a(s), aprašančius, pavyzdžiui, tokias grandis, kaip vėlinimo, diferencijavimo, integravimo, stiprinimo, inversijos, forsavimo ir pan.** Sistemos struktūros aprašymą „fizinėje“ stratoje galima gauti ir ryšių operatoriaus $R(j, \ell) = (i, k)$ formoje, jei to operatoriaus reikšmių lentelėje (žiūr. 26-ąją ir 27-ąją lenteles) kartu su poveikio į kontaktą (k, i) siuntėjo adresu (j, ℓ) duosime ir to poveikio „fizinį“ aprašymą kokia nors kalba, t. y. poveikio $(i, k; j, \ell)$ modelį.

Sistemų struktūrų „fizinėje“ stratoje grafiniam vaizdavimui galima taikyti jau minėtus briauninius grafus, kuriuose briaunos vaizduotų sistemoje vykstančius sąveikavimo procesus ir sistemos elementų išėjimų bei įėjimų trajektorijas, o grafo viršūnės – sistemos elementų būsenas bei perėjimo charakteristikas ir sąlygas. Su sistemų struktūrų grafiniu vaizdavimu „fizinėje“ stratoje mes dar susidursime antrojoje šios mokymo priemonės dalyje, nagrinėdami **Foresterio dinamines sistemas (FDS)**.

Iš to, kas pasakyta, išplaukia, jog **grafiniam struktūrų vaizdavimui loginėje stratoje vartojami viršūniniai grafai, o „fizinėje“ stratoje – dažniausiai briauniniai grafai, nes juose briaunos vaizduoja ne tik loginius ryšius, bet ir sąveikavimo procesus**, ir todėl briaunos yra pagrindiniai briauninio grafo ir jo vaizduojamos sistemos (sudėtingo proceso) elementai.

Jei sistemos struktūros aprašymą „fizinėje“ stratoje mes sugebėsime perversi į matematinę kalbą, tai gausime **sistemos struktūros matematinį modelį „fizinėje“ „stratoje“**. Pavyzdžiui, elektromagnetinių virpesių kontūro, pavaizduoto 43 pav., struktūros matematinį modelį gausime, sudarę diferencialinę lygtį:

$$L \frac{d^2 q_c}{dt^2} + R \frac{dq_c}{dt} + \frac{q_c}{C} = E(t).$$



43 pav.

Diferencialinė lygtis $L \frac{d^2 q_c}{dt^2} + R \frac{dq_c}{dt} + \frac{q_c}{C} = E(t)$ matematinių operacijų ir vidi-
nio kintamojo q pagalba jungianti parametrus L , R , C ir išorinį kintamąjį $E(t)$, yra sistemos struktūros matematinis aprašymas, nes ji matematikos kalba aprašo santykius tarp sistemos elementų – ritelės, rezistoriaus, kondensatoriaus ir EVJ šaltinio, sujungtų laidais, tiksliau, santykius tarp tų elementų charakteristikų – ritelės induktyvumo L , rezistoriaus varžos R , kondensatoriaus talpumo C ir šaltinio elektrovaromosios jėgos E .

Kitas pavyzdys – tai DVS struktūros aprašymas formulėmis

$$y_1 = \bar{x}_3 \bar{x}_2 x_1 \vee \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 \vee x_3 \bar{x}_2 \bar{x}_1 \vee x_3 x_2 x_1 \text{ ir}$$

$$y_2 = \bar{x}_3 x_2 x_1 \vee x_3 \bar{x}_2 x_1 \vee x_3 x_2 \bar{x}_1 \vee x_3 x_2 x_1.$$

Ką tik išnagrinėtuose dviejuose pavyzdžiuose struktūros aprašymai sutapo su matematiniais sistemų modeliais, nes, sudarydami struktūros modelius, mes panaudojome ir elementų modelius. Bendrai gi paėmus, **vidinis matematinis sistemos modelis gaunamas, sujungus matematinius sistemos sudėties ir struktūros aprašymus, t. y. „įstačius“ išorinius matematinius sistemos elementų ir jų ryšių modelius į sistemos struktūros matematinį modelį, sudarytą „loginėje“ stratoje**.

Pavyzdžiui, jei pažymėtume pavaizduoto 42 pav. elemento „i“ išėjimo funkciją, atitinkančią išėjimo kontaktą „k“, kaip ψ_{ik} , elemento „j“ būseną – z_j , sistemos įėjimus

– x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , o sistemos išėjimus – y_1, y_2, y_3, y_4 , tai sistemos struktūrą galima užrašyti sistemos išėjimų funkcijų bendrąja forma:

$$\begin{aligned} y_1 &= \psi_{31}(z_3, \psi_{11}(z_1, x_1, x_2), \psi_{12}(z_1, x_1, x_2), \psi_{13}(z_1, x_1, x_2)); \\ y_2 &= \psi_{32}(z_3, \psi_{11}(z_1, x_1, x_2), \psi_{12}(z_1, x_1, x_2), \psi_{13}(z_1, x_1, x_2)); \\ y_3 &= \psi_{51}(z_5, \psi_{13}(z_1, x_1, x_2), \psi_{41}(z_4, \psi_{13}(z_1, x_1, x_2), \psi_{21}(z_2, x_3, x_4, x_5))); \\ y_4 &= \psi_{42}(z_4, \psi_{13}(z_1, x_1, x_2), \psi_{21}(z_2, x_3, x_4, x_5)). \end{aligned}$$

Įstatę į šias formules konkrečias elementų išėjimų funkcijas, gautas aprašant sistemos sudėtį, mes gausime visos sistemos matematinio modelio sudėtinę dalį – jos išėjimų y_1, y_2, y_3, y_4 funkcijas. Kadangi matematiškai aprašant sistemos sudėtį, sudaromos ir elementų perėjimo funkcijos, tai, pasinaudodami jomis, mes galime gauti ir antrąją sistemos modelio dalį – visos sistemos perėjimų funkcijas.

Aprašant sudėtingų sistemų struktūras, gana dažnai tenka naudotis įvairiais struktūros aprašymo būdais ir įvairiomis jo stratomis. Ne visada pavyksta visiškai matematizuoti sudėtingos sistemos sudėties ir struktūros aprašymą ir gauti visai matematizuotą sistemos modelį. Nagrinėjant sudėtingas sistemas, kartais tenka jungti matematinius modelius su fiziniais modeliais, o kartais net su realiais sistemos elementais, tačiau visais atvejais naudinga ir būtina tiksliai išsiaiškinti sistemos sudėtį ir struktūrą. Sistemų struktūrų aprašymo ir nagrinėjimo pavyzdžių skaitytojas gali rasti knygoje [18, 32, 45, 96, 97, 98, 99]. Tose knygoje galima plačiau susipažinti ir su struktūrų modeliavimo bei matematinės jų analizės metodais.

1.7.7.3. Sistemos struktūros stratos, išskiriamos atsižvelgiant į sistemos dekompozicijos lygius. Hierarchinės struktūros ešelonai

Sudėtingų sistemų struktūros sistemos elementų lygyje yra sunkiai apžvelgiamos. Todėl, analizuodami tokias sistemas ir jų struktūras, pradžioje jas dekomponuojame ne iškart į elementus, o į nedidelį skaičių stambių posistemių, kuriuos po to dekomponuojame į smulkesnius posistemius ir t. t., kol galiausiai prieiname iki sistemos elementų.

Aprašydami visos sistemos struktūrą jos stambiųjų posistemių stratoje, o po to kiekvieną tų posistemių – jų posistemių stratoje ir t. t., gauname **hierarchinės struktūros** kiekvieno jos **ešlono**, o kartu ir visos hierarchinės struktūros aprašymą.

Hierarchinės struktūros ešelonai aprašomi skirtingose stratose, kurios skiriasi aprašymo detalumu, savo „elementų“ apimtimi: aukščiausiam hierarchinės struktūros ešelone struktūros „elementais“ laikomi stambiaji sistemos posistemiai, tiksliau, tų posistemių vietos ir vaidmenys sistemoje, o žemiausiam ešelone – tikrieji sistemos elementai, tiksliau, tų elementų vietos ir vaidmenys savo posistemiuose – aukštesniojo ešlono „elementuose“.

Hierarchinės struktūros ešelonų aprašymai gali būti daromi tiek loginėje, tiek „fizinėje“ stratose ir gali turėti grafinę, lentelinę (matricinę) ir analizinę formas. Su hierarchinių struktūrų aprašymo pavyzdžiais susipažinsime antrojoje šios mokymo priemonės dalyje, nagrinėdami Buslenkos agregatines sistemas bei Mesarovičiaus dviešaloninę valdymo sistemą (žiūr. taip pat [18, 32, 45]).

1.7. skyriaus santrauka

Šio skyriaus paskirtį atspindi jo pavadinimas: šiame skyriuje pateikti sąvokų „sistemos konceptas“, „sistemos sudėtis“, „sistemos substratas“, „pirmojo tipo sistemos struktūra“, „antrojo tipo sistemos atributinė struktūra“, „antrojo tipo sistemos reliacinė struktūra“ apibrėžimai, aprašytos sistemos struktūros modelių stratos ir formos, pateikti sistemų struktūrų atvaizdavimo pavyzdžiai.

Pirmojo tipo sistemos konceptu vadinama ta sisteminė savybė, kuri atsiranda jungianti tos sistemos elementams A_i į struktūrą a ir kuri formalizuotame pirmojo tipo sistemos apibrėžime

$$\langle :A \rangle \text{ pirmojo tipo sistema} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle a \langle :A \rangle \rangle t$$

žymima simboliu t – angliško artikelio „the“, žyminčio ko nors apibrėžtumą bei konkretumą, pirmąja raide.

Dirbtinėse pirmojo tipo sistemose konceptas t reiškia tą sisteminę savybę, kurios gavimui ir buvo sukonstruota bei sudaryta nagrinėjamoji dirbtinė sistema.

Apibendrinant galima teigti, jog pirmojo tipo sistemos konceptas t yra ta sisteminė savybė, kurios atžvilgiu kokių nors objektų aibė gali būti laikoma pirmojo tipo sistema bei kuri skiria šią sistemą nuo kitų sistemų, galbūt net ir tokių, kurios sudarytos iš tų pačių elementų, tačiau turi kitokią struktūrą ir kitokį konceptą.

Antrojo tipo sistemos konceptu vadinamas tas sisteminis santykis (dėsningumas), kurį tenkina sistemos elementų savybės ir kurį nustačius (atrados) kiekvienam sistemos elementui priskiriama vienareikšmiškai apibrėžta vieta sistemoje. Antrojo tipo sistemos apibrėžime

$$\langle :A \rangle \text{ antrojo tipo sistema} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle t \langle \langle :A \rangle \rangle a \rangle$$

tos sistemos konceptas žymimas identifikatoriumi t , žyminčiu tą sisteminį santykį, kurį tenkina tos sistemos elementų A_i , priklausančių aibei A , savybės a , priklausančios tų savybių aibei a .

Konceptų pavyzdžiai: pirmojo tipo sistemos, vadinamos „skraidymo aparatu“, konceptas yra tos sistemos savybė – „galėjimas skristi“, o antrojo tipo sistemos, vadinamos „cheminių elementų periodine sistema“, konceptas yra tų elementų savybių kitimo periodinis dėsnis, kurį tenkina tos savybės ir jų kitimas, kai tie cheminiai elementai yra išdėstyti jų atominių numerių Z , rodančių protonų skaičius cheminių elementų atomų branduoliuose, didėjimo tvarka.

Sistemų konceptus galima apibrėžti ir formaliai:

$$\langle :t \rangle \text{ pirmojo tipo sistemos konceptas} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle a \langle \langle :A \rangle \rangle \rangle ; t \text{ arba}$$

$$\langle \langle :t \rangle \rangle \text{ pirmojo tipo sistemos konceptas} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle \langle a \langle \langle :A \rangle \rangle \rangle ; t \rangle ;$$

$$\langle :t \rangle \text{ antrojo tipo sistemos konceptas} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} ; t \langle \langle \langle :A \rangle \rangle a \rangle \text{ arba}$$

$$\langle \langle :t \rangle \rangle \text{ antrojo tipo sistemos konceptas} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle ; t \langle \langle \langle :A \rangle \rangle a \rangle \rangle.$$

Sistemos sudėtimi vadinami tie elementai, iš kurių sudaryta sistema. Formaliuose pirmojo ir antrojo tipo sistemų apibrėžimuose sudėties elementai žymimi identifikatoriais A_i , o jų aibės – identifikatoriais A . Šie žymenys rodo, kad sistemų sudėtį gali sudaryti bet kurios esybės: bet kurie konkretūs ar abstraktūs objektai, bet kurios medžiagos, taip pat bet kurios rūšies energijos bet kokie kiekiai, bet kurie informaciniai simboliai bei iš jų sudaryti sudėtingesni dariniai: žodžiai, sakiniai, pranešimai.

Sistemos sudėtį, naudojantis ternarine TSF kalba, galima apibrėžti formaliai:

$$\langle :A \rangle \text{ pirmojo tipo sistemos sudėtis} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle a \langle :A \rangle \rangle t \text{ arba}$$

$$\langle \langle :A \rangle \rangle \text{ pirmojo tipo sistemos sudėtis} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle a \langle \langle :A \rangle \rangle \rangle t ;$$

$$\langle :A \rangle \text{ antrojo tipo sistemos sudėtis} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} t \langle \langle :A \rangle \rangle a \text{ arba}$$

$$\langle \langle :A \rangle \rangle \text{ antrojo tipo sistemos sudėtis} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle t \langle \langle :A \rangle \rangle a \rangle.$$

Kai sistemos sudėties dekompozicija pasiekia medžiagų (ar kitų substancijų – energijos, informacijos) rūšių lygį, tai sistemos sudėtį tuomet dažnai vadina **sistemos substratu**. Kadangi sąvokos „sudėtis“ ir „substratas“ reiškia tai, iš ko sudaryta sistema, ir gali skirtis tik sistemos dekompozicijos į sudedamąsias dalis lygiu, tai šių sąvokų formalūs apibrėžimai sutampa, nes A gali žymėti bet kurio lygio sudedamąsias dalis. Kai A_i yra kokie nors „objektai“, tai juos vadinsime sistemos **sudėties elementais**, o kai jie – „substancijos“ – medžiagos, energijos rūšys ar informacija kaip tokia, pavyzdžiui, kokie nors nestruktūrizuoti duomenys, tai mes tai vadinsime „**sistemos substratu**“ (nors galėtume pavadinti ir „sistemos sudėtimi“, taikydami tą sąvoką „plačiaja prasme“). A . Ujomovas gana dažnai „plačiaja prasme“ vartoja žodį „substratas“, aprėpdamas juo ne tik „substratą“ čia aprašytąja prasme, bet ir sistemos sudėtį.

Iš to, kas čia pasakyta apie substratą ir sudėtį, išplaukia, jog vietoj šių dviejų žodžių galima buvo apsiriboti vieno iš jų vartojimu. Tačiau, kadangi literatūroje bent jau kol kas vartojami abu šie žodžiai, tai ir mokymo priemonėje teko pakalbėti apie juos abu, kad studentams nekiltų keblumų, skaitant įvairius literatūros šaltinius, kuriuose įvairūs autoriai vartoja šias sąvokas, ne visai vienodai jas interpretuodami.

Sistemos sudėtį galima ne tik formaliai apibrėžti, bet ir matematiškai aprašyti, t. y. galima sudaryti **matematinį sistemos sudėties modelį**.

Sudarant tokį modelį reikia:

1) nustatyti, išvardinti ir pažymėti atitinkamais identifikatoriais visus sistemos sudėties elementus, o tuo atveju, kai sistema pradžioje yra dekomponuojama į posistemius ir tik žemiausiojo lygio posistemiai – į elementus, t. y. į tokius „posistemius“, kurie jau nebeskaidomi į smulkesnes dalis, nes jiems jau gali būti sudaryti išoriniai matematiniai modeliai, reikia pažymėti identifikatoriais visų lygių posistemius ir pačius elementus taip, kad tie žymenys leistų nustatyti kiekvieno posistemo ir visos sistemos sudėtį elementų lygyje, t. y. leistų sudaryti **hierarchinę sistemos sudėties schemą**;

2) sudaryti kiekvieno elemento išorinį matematinį modelį, aprašant jo įėjimus, išėjimus, būsenas, kalendorių, perėjimo ir išėjimų funkcijas, nurodant pradines sąlygas.

Sistemos sudėties matematinio aprašymo pavyzdžiai pateikti 1.10. skyriuje.

Pirmojo tipo sistemos struktūrą sudaro sisteminiai santykiai, egzistuojantys tarp sistemos sudėties elementų, o taip pat tų elementų santykiai su sistemos aplinka, nusakantys sistemos sudėties elementų vietas ir jų, kaip sistemos struktūros elementų, vaidmenis sistemoje, jų tarpusavio sąveikavimą, kurio pasekoje sistema įgyja sisteminės savybės, sudarančias sistemos konceptą.

Ternarinėje TSF kalboje pirmojo tipo sistemos struktūra apibrėžiama taip:

$$\langle :A \rangle \text{]pirmojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle \rangle ; a[\langle \langle A \rangle \rangle t \text{ arba} \\ \langle \langle :A \rangle \rangle \text{]pirmojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle \langle \rangle ; a[\langle \langle \langle A \rangle \rangle \rangle t \rangle .$$

Tuose apibrėžimuose pirmojo tipo sistemos struktūra žymima žymeniu a , žyminčiu aibę santykių a_{ij} tarp sistemos sudėties elementų A_i ir A_j , priklausančių ne tik vidinių sistemos elementų aibei, bet ir jos polių (įėjimo ir išėjimo kontaktų) aibei.

Apibrėžiant **antrojo tipo sistemos struktūrą**, tenka įsivesti ir apibrėžti **du tos struktūros pasireiškimo lygius: numanomąjį (neišreikštąjį) ir išreikštąjį**.

Numanomąjį antrojo tipo sistemos struktūros pasireiškimo lygmenį, glūdintį sistemos elementų savybėse objektyviai, t. y. nepriklausomai nuo to, ar mes jau esame jį pastebėję, suradę ir išreiškę, ar dar ne, vadina **atributine antrojo tipo sistemos struktūra**.

Jos formalizuotas apibrėžimas atrodo taip:

$$\langle :a \rangle \text{]atributinė antrojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} t[\langle \langle A \rangle \rangle] ; a[\rangle \text{ arba} \\ \langle \langle :a \rangle \rangle \text{]atributinė antrojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle t[\langle \langle A \rangle \rangle] ; a[\rangle \rangle .$$

Kaip matome iš šio apibrėžimo, atributinę antrojo tipo sistemos struktūrą sudaro tos sistemos elementų A_i savybės a_i , tiksliau tose savybėse glūdintys, bet dar neišaiškinti ir neišreikšti dėsningumai, kurie, kai jie bus išaiškinti ir identifikuoti (t. y. pažymėti kaip santykiai t , sudarantys sistemos konceptą), bus pavadinti **reliacine antrojo tipo sistemos struktūra**.

Tos struktūros formalizuotas apibrėžimas atrodo taip:

$$\langle :t \rangle \text{]reliacinė antrojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \rangle ; t[\langle \langle A \rangle \rangle a \text{ arba} \\ \langle \langle :t \rangle \rangle \text{]reliacinė antrojo tipo sistemos struktūra[} \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \langle \rangle ; t[\langle \langle \langle A \rangle \rangle a \rangle \rangle .$$

Sistemos struktūrą galima pavaizduoti įvairiose **aprašymo detalumo stratosė**.

Tos stratos gali priklausyti nuo sistemos sudėties aprašymo detalumo stratų, t. y. nuo to, ką mes priimame sistemos elementais. **Kai sistemos sudėties schema yra hierarchinė, tai ir sistemos struktūra tampa hierarchinė.** Atsiranda **sistemos struktūros ešelonai**. Valdymo sistemose ešelonai ir tarpešeloniniai santykiai **atspindi ne tik bendradarbiavimo, bet ir pavaldumo santykius, funkcijų pasiskirstymą**. Tokių sistemų struktūros sudaromos dekomponuojant pagrindinius sistemos tikslus į potikslus (pagalbinius tikslus) ir **sudarant tikslų medžius**, o po to **funkcinę sistemos struktūrą** paverčiant **vykdomąja struktūra**, t. y. surišant funkcijas, kurias reikia atlikti, siekiant sistemos tikslų, su jų vykdytojais – **sistemos sudėties elementais, paverčiant juos sistemos struktūros elementais** – sistemos pareigūnais.

Su šia sistemų struktūrų sudarymo metodika detaliau galima susipažinti šių eilučių autoriaus paruoštoje metodinėje priemonėje [16], o su jos taikymo pavyzdžiais – antrojoje šios mokymo priemonės dalyje.

Tačiau **sistemos struktūros aprašymo stratos gali atsirasti ir priklausyti nuo pačių santykių, sudarančių sistemos struktūros pagrindą, aprašymo detalumo stratas**.

Taip atsiranda loginė ir fizinė sistemos struktūros aprašymo stratos.

Loginėje sistemos struktūros aprašymo stratoje santykiai, egzistuojantys sistemoje, aprašomi tik jų buvimo – nebuvimo lygyje: jei tarp elementų A_i ir A_j egzistuoja koks nors ryšys, tai priimame, jog santykis $a_{ij} \Leftrightarrow 1$, o jei ryšio nėra, tai $a_{ij} \Leftrightarrow 0$.

„Fizinėje“ (suprantant žodį „fizinė“ pačia plačiaja prasme) **sistemos struktūros aprašymo stratoje** tais atvejais, kai loginėje stratoje santykis a_{ij} būtų lygus 1, neapsiribojama tik santykio egzistavimo patvirtinimu: santykis aprašomas, sudarant to santykio modelį. Pavyzdžiui, jei a_{ij} yra elemento A_i poveikis elementui A_j , tai nurodoma, koks tas poveikis yra (medžiaginis, energetinis, informacinis), įvertinamas to poveikio dydis, jo trukmė ir kitos charakteristikos, jei jos yra reikšmingos nagrinėjamu aspektu. Aprašymo detalumo lygius (stratas) galima pasirinkti įvairiai, t. y. pagal poreikį.

Struktūros aprašymai gali priklausyti ne tik skirtingoms stratoms, bet ir turėti **skirtingas formas**. Jie gali būti **verbaliniai**, t. y. išreikšti natūralios kalbos žodžiais; **matematiniai analiziniai**, t. y. išreikšti matematinėmis formulėmis, matricomis, vektoriais, tenzoriais ir pan.; **grafiniai**, t. y. įvairūs grafai, grafikai, schemas, brėžiniai, piešiniai, fotografijos, filmai; **lenteliniai**, t. y. įvairios lentelės, sąrašai, žinytai, duomenų bankai ir pan.

Įvairių struktūros aprašymo formų pavyzdžiai pateikti šiame ir kituose šios mokymo priemonės skyriuose (1.8., 1.9., 1.10. ir t. t.). Sistemų struktūrų analizei skiriamas specialus 1.9. skyrius, o jų modeliavimui ir projektavimui – atskiri antrosios dalies skyriai.

Išsiaiškinamos sąvokos

Norėčiau atkreipti skaitytojo dėmesį į tai, jog šiame „žodynėlyje“ (o taip pat ir ankstesnių skyrių „žodynėliuose“) neretai pasitaiko sąvokų, kurios dar neturi specialių pavadinimų ir todėl yra išreiškiamos grupėmis, sudarytomis iš kelių žodžių. Tai būdinga jauniems mokslams (o sistemotyra – jaunas mokslas), sprendžiantiems **konceptualizavimo uždavinį** (žiūr. „Įvado“ 0.3.1. skyrelį), kada tam mokslui reikalingos sąvokos dar tik formuojasi ir tik vėliau kai kurios iš jų, būdamos dažniau vartojamos, įgyja atskirus nuosavus pavadinimus. Kitos gi taip ir lieka be nuosavų pavadinimų. Jos suvokiamos iš teksto bei tą sąvoką supančio konteksto. Todėl tokių sąvokų apibrėžimus dažnai ir vadina **kontekstiniais**. Norėdamas atkreipti skaitytojo dėmesį į tokias sąvokas, aš ir patalpinu į „žodynėlius“ kai kurias žodžių grupes, kad skaitytojas, su jomis susidūręs „žodynėlyje“, prisimintų tą teksto vietą, kurioje ta žodžių grupė buvo, ir pagalvotų, kodėl mokymo priemonės autorius norėtų šioje vietoje „pristabdyti“ skaitytojo žvilgsnį.

agregatas	antrojo tipo sistemos reliacinė struktūra
analizinė struktūros aprašymo forma	antrojo tipo sistemos reliacinės struktūros
analizinis modelis	formalizuoti apibrėžimai
anatomija	antrojo tipo sistemos substratas
„anatominis“ sistemos aprašymas	antrojo tipo sistemos substrato formalizuoti
antrojo tipo sistema	apibrėžimai
antrojo tipo sistemos atributinė struktūra	antrojo tipo sistemos sudarymo sąlyga
antrojo tipo sistemos atributinės struktūros	antrojo tipo sistemos sudėties formalizuoti
formalizuoti apibrėžimai	apibrėžimai
antrojo tipo sistemos formalizuotas apibrėžimas	antrojo tipo sistemos sudėtis
antrojo tipo sistemos konceptas	„aparatinis“ („aparatūrinis“) sistemos aprašymas
antrojo tipo sistemos koncepto formalūs	atomo „amžius“
apibrėžimai	atributinė struktūra
briauninis grafas	būtinieji pirmojo tipo sistemos egzistavimo
briauninis tinklinis grafikas (BTG)	požymiai
būtinieji antrojo tipo sistemos egzistavimo požymiai	
darbas – tinklinio grafiko (TG) elementas	diferencijavimo grandis
daugiaėšeloninė struktūra	dirbtinė pirmojo tipo sistema
dekompozicija	dirbtinės pirmojo tipo sistemos kūrimo tikslas
dekompozicijos „atominis“ lygis	du sistemos elemento aprašymo būdai: substratinis
deskriptinis struktūros modelis	ir struktūrinis
elementarioji dalelė	elemento vieta sistemoje
elementas	energija – sistemos galimas substratas
elemento vaidmuo sistemoje	ešelonas sistemos struktūroje
fiktyvus darbas – BTG elementas	„fizinė“ (plačiaja prasme) strata
filosofas, filosofinis požiūris	fiziologija
fizikas, fizikinis požiūris	„fiziologinis“ sistemos aprašymas

Foresterio dinaminė sistema (FDS)	funkcinė struktūra
forsavimo grandis	funkcinis (funkcionalinis) aprašymas
funkcinė metodologija	
grafas, vaizduojantis sistemos struktūrą	grįžtamasis ryšys sistemos struktūroje
grafinė struktūros vaizdavimo forma	
heterogeninė sistemos struktūra	hierarchinis vektorius
heterogeninė sistemos sudėtis	homogeninė sistemos struktūra
heterogeniškumas	homogeninė sistemos sudėtis
hierarchinė sistemos struktūra	homogeniškumas
hierarchinė sistemos sudėties schema	
įėjimo kontaktai (įėjimo poliai)	išėjimo kontaktai (išėjimo poliai)
individuali savybė	išorinė struktūra (makrostruktūra)
informacija – galimas sistemos substratas	išreikštinis antrojo tipo sistemos struktūros lygis
integravimo grandis (integratorius)	įvykis – BTG elementas
inversijos grandis (invertorius)	
konceptas	kontaktai – sistemos poliai
Laplaso atvaizdas	loginė formulė
lentelinė (matricinė) sistemos struktūros	loginė strata
vaizdavimo forma	loginis ryšys
„makrostruktūra“	medžiagos tvėrmės dėsnis
materija	metafora
materijos tvėrmės dėsnis	„mikrostruktūra“
matrica	„molekulinis“ dekompozicijos lygis
matricinė forma	morfologinis sistemos aprašymas
matricos elementas	multigrafas
medžiaga	
normatyvinė struktūra	numanomasis (neišreikštinis) antrojo tipo sistemos
normatyvinis (preskripcinis) modelis	struktūros pasireiškimo lygis
orientuotas grafas (orgrafas)	
paprastas grafas	pirmojo tipo sistemos substratas
paveldimumas	pirmojo tipo sistemos substrato formalizuoti
perėjimo funkcija	apibrėžimai
perėjimo nuo BTG prie VTG algoritmas	pirmojo tipo sistemos sudėties formalizuoti
perėjimo nuo VTG prie BTG algoritmas	apibrėžimai
pirmojo tipo sistema	pirmojo tipo sistemos sudėtis
pirmojo tipo sistemos formalus apibrėžimas	posistemis
pirmojo tipo sistemos konceptas	preskripcinis (normatyvinis) modelis
pirmojo tipo sistemos koncepto formalizuoti	pseudografas
apibrėžimai	
reliacinė struktūra	$R(j, l) = (i, k)$ – ryšių operatoriaus formulė
ribos tarp substrato ir sudėties sąvokų reliatyvumas	$r(i, k, j, l)$ – ryšių žymenys (identifikatoriai)
ryšių operatorius $R(j, l)$	
sąmonė	sistemos „fiziologija“
sistema	sistemos konceptas
sisteminė savybė	sistemos struktūra
sisteminis santykis	sistemos struktūros apibrėžimas
sistemos „anatomija“	sistemos struktūros elementai
sistemos dekompozicija	sistemos struktūros esmingumo pirmenybės
sistemos elementai	principas

sistemos struktūros modelis	stabiliosios cheminės medžiagos
sistemos substratas	stiprinimo grandis (stiprintuvas)
sistemos substrato apibrėžimas	strata
sistemos substrato modelis	struktūra
sistemos substrato sąvokos reliatyvumas	struktūrinė savybė
sistemos sudėties apibrėžimas	struktūros aprašymo stratos
sistemos sudėties elementai	struktūros formos
sistemos sudėties ir struktūros elementų poveikiai	struktūros matematinis modelis „fizinėje“ stratoje
vieni kitiems	struktūros matematinis modelis loginėje stratoje
sistemos sudėties matematinis modelis	struktūros pasireiškimo lygiai
sistemos sudėties matematinio modelio sudarymas	substratas
sistemos sudėties sąvokos reliatyvumas	sudėtis
sistemos sudėties schema	sudėties elementai
sistemos sudėtis	sudėties matematinis modelis
sistemos vidinis matematinis modelis	sudėties schema
skaitmeninė matrica	
Šatichino matrica	
tenzorius	tinklinis grafikas (TG)
verbalinis modelis	vykdomoji struktūra
vėlinimo grandis	viršūninis grafas
vidinis modelis	viršūninis TG (VTG)
vidinė struktūra	virtualus pasaulis

UŽDUOTYS

1.7.1. Raskite keletą pirmojo tipo sistemų pavyzdžių, priklausančių techninių sistemų, organizmų ir organizacijų grupėms, ir nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.2. Raskite keletą antrojo tipo sistemų pavyzdžių, paimtų iš negyvosios gamtos, technikos, gyvosios gamtos ir ekonominių bei socialinių reiškinių aprašymų, ir nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.3. Raskite keletą abstrakčių ir konkrečių sistemų pavyzdžių ir nurodykite jų konceptus.

1.7.4. Raskite keletą natūralių ir dirbtinių sistemų pavyzdžių ir nurodykite jų konceptus.

1.7.5. Raskite keletą rochrematinių (t. y. tokių, kurių pagrindinis substratas – medžiaga), energetinių (t. y. tokių, kurių pagrindinis substratas yra energija) ir informacinių (kibernetinių) sistemų pavyzdžių ir nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.6. Raskite keletą determinuotų ir nevisai determinuotų sistemų pavyzdžių ir nurodykite jų konceptus.

1.7.7. Raskite keletą atvirų (t. y. sąveikaujančių su aplinka) ir koku tai aspektu uždary (autonominių, t. y. tuo aspektu nesąveikaujančių su aplinka) sistemų pavyzdžių ir nurodykite jų konceptus.

1.7.8. Raskite keletą pavyzdžių sistemų, turinčių nuosavus tikslus ir neturinčių jų. Nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.9. Raskite keletą pavyzdžių sistemų, turinčių diskrečią ir tolydžią sudėtį ir struktūrą. Nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.10. Raskite keletą pavyzdžių sistemų, kurių sudėtyje yra elementų, turinčių savo tikslus, o taip pat tokių sistemų, kurių sudėtyje minėto tipo elementų nėra. Nurodykite tų sistemų konceptus.

1.7.11. Grįžkite prie užduoties 1.6.10 ir įvykdykite ją dar kartą. Palyginkite dabar gautus atsakymus į tos užduoties klausimus su gautais anksčiau. Jei tie atsakymai skiriasi, tai išsiaiškinkite skirtumų priežastis.

1.7.12. Išnagrinėkite sistemos substrato formalizuotus apibrėžimus, užrašytus atvirų ir uždary TSF pagalba, ir išsiaiškinkite, kuo tie apibrėžimai skiriasi.

1.7.13. Nurodykite sąvokų „sistemos sudėtis“ ir „sistemos substratas“ bendrąsias savybes, o taip pat tų sąvokų panaudojimų skirtumo niuansus. Pailiustruokite savo samprotavimus konkrečiais pavyzdžiais.

1.7.14. Sudarykite kokios nors sistemos sudėties matematinį aprašymą hierarchinio vektoriaus forma.

1.7.15. Grįžkite prie užduoties 1.6.11 ir įvykdyskite ją dar kartą. Palyginkite dabar gautus atsakymus į užduoties klausimus su gautais anksčiau. Jei tie atsakymai skiriasi, tai išsiaiškinkite tų skirtumų priežastis.

1.7.16. Grįžkite prie užduoties 1.6.15 ir įvykdyskite ją dar kartą. Palyginkite dabar gautus atsakymus su gautais anksčiau. Tą patį padarykite ir su užduoties 1.6.25 klausimais. Išsiaiškinkite skirtumų atsakymuose, gautuose anksčiau ir dabar, priežastis.

1.7.17. Raskite pavyzdžių, iliustruojančių sąvokų „pirmojo tipo sistemos struktūra siaurąja prasme“ ir „pirmojo tipo sistemos struktūra plačiąja prasme“ skirtumą.

1.7.18. Raskite pavyzdžių, iliustruojančių sąvokų „sistemos sudėties elementas“ ir „sistemos struktūros elementas“ skirtumą. Tuose pavyzdžiuose nurodykite, kurios elementų savybės yra individualios, kurios – struktūrinės. Palyginkite dabar gautą atsakymą su atsakymais, gautais vykdant užduotis 1.6.26-1.6.28.

1.7.19. Raskite „aparatinio“ ir „funkcinalinio“ sistemos elementų aprašymo ir tų aprašymų panaudojimo pavyzdžių. Kuris iš šių aprašymų gali būti pavadintas sistemos sudėties elemento modeliu, o kuris – sistemos struktūros elemento modeliu? Savo atsakymą pagrįskite. Sudarykite kokios nors sistemos funkcinių ir morfologinių aprašymus. Kodėl naudinga šių aprašymų sintezė?

1.7.20. Raskite pavyzdžių, iliustruojančių sistemos sudėties elemento struktūrinių savybių kitimą, jam pereinant iš vienos vietos sistemos struktūroje į kitą.

1.7.21. Raskite pavydžių, iliustruojančių sistemos struktūros elemento normatyvinio modelio poveikį į atitinkamos sudėties elemento deskriptyvinį modelį, t. y. parodykite, kad objektas, tapęs sistemos struktūros elementu, ilgainiui gali pakeisti ir kai kurias individualias savo savybes.

1.7.22. Raskite sistemos sudėties konkretaus elemento poveikio į sistemos struktūrą ir į atitinkamo jos elemento normatyvinį modelį pavyzdžių. Ką, Jūsų nuomone, gali reikšti „aktyvaus sistemos sudėties elemento“ ir „aktyvios sistemos“ sąvokos. Palyginkite savo samprotavimus su tuo, kaip tos sąvokos suprantamos V. Burkovo knygoje [100].

1.7.23. Kas yra antrojo tipo sistemų struktūra? Kas sudaro tos struktūros pagrindą ir konceptą? Kaip ta struktūra pasireiškia „išoriškai“ ir „viduje“? Išnagrinėkite formalizuotus antrojo tipo sistemos atributinės ir reliacinės struktūros apibrėžimus ir pailiustruokite konkrečiais pavyzdžiais, kaip mes, žinodami sistemos atributinę ir reliacinę struktūrą, galime nustatyti konkretaus tos sistemos elemento vietą sistemoje (jos struktūroje). Kokie sunkumai iškyla, bandant apibrėžti antrojo tipo sistemos struktūros sąvoką, ir kur tų sunkumų priežastys? Kokią duomenų banko struktūrą – atributinę ar reliacinę – aprašo to banko metaduomenys?

1.7.24. Kodėl antrojo tipo sistemos turi atributinę ir reliacinę struktūras ir kodėl, kalbant apie pirmojo tipo sistemų struktūras, apie tokias struktūras nekalbama?

1.7.25. Kokius žinote sistemos struktūros aprašymo būdus? Duokite keletą sistemos struktūros aprašymo pavyzdžių įvairiose stratosė.

1.7.26. Kuo skiriasi sistemos struktūros elementų ryšių lentelė (matrica) nuo elementų ryšių operatoriaus reikšmių lentelės? Išnagrinėkite kokią nors sistemą ir sudarykite abi minėtas lenteles, aprašančias jos struktūrą.

1.7.27. Aprašykite išnagrinėtos užduotyje 1.7.26. sistemos struktūrą grafiškai, o taip pat matematinės logikos kalba ir sistemos išėjimo funkcijų bendrosios struktūrinės formos pagalba. Ar visuomet sistemos struktūros matematinis modelis sutampa su sistemos matematiniu modeliu? Kokios to sutapimo ar nesutapimo priežastys? Pailiustruokite savo samprotavimus konkrečiais pavyzdžiais.

1.7.28. Sudarykite vienaskilčio dvejetainio sumatoriaus, pavaizduoto 9 pav., struktūros aprašymą įvairiose stratosė ir formose.

1.7.29. Sudarykite n-ženklių dvejetainių skaičių lygiagretaus veikimo kombinacinio tipo sumatoriaus struktūros aprašymą, jei to sumatoriaus schema vienaskilčių dvejetainių sumatorių (VDS) lygyje tokia, kaip parodyta 7 pav.

1.7.30*. Sudarykite dvejetainių daugiaženklių skaičių nuoseklaus veikimo sumatoriaus NVDS, pavaizduoto 44 pav. ir aprašyto 1.4.2. skyrelyje, vidinės struktūros aprašymą.

1.7.31*. Sudarykite NVDS (žiūr. užduotį 1.7.29.) sudėties aprašymą:

a) loginių elementų lygyje,

b) elektrotechnikos bei radiotechnikos detalių lygyje.

1.7.32*. Sudarykite triggerio išorinį modelį ir jo sudėties bei struktūros aprašymą radioelektronikos elementų (radijo detalių) lygyje.

* Jei, vykdant šią užduotį, kiltų sunkumų, rekomenduojamos knygos:

1) Глушков В. М., Синтез цифровых автоматов. – М.:Физматгиз, 1962. [101].

2) Вавилов Е. Н., Портной Г. П., Синтез электронных цифровых машин. – М.: Сов. радио, 1963. [103].



44 pav.

1.7.33. Sudarykite kokios nors sudėtingos sistemos hierarchinį struktūros aprašymą. Pavaizduokite tą struktūrą bei jos sudėtinės dalis grafiškai. Ar galima kai kuriuos iš Jūsų sudarytų grafų pavadinti ERD? O FHD?

1.7.34. Ką bendro, Jūsų nuomone, turi tokios sąvokos kaip „struktūra“ ir „forma“ ir kuo jos skiriasi? O tokios sąvokos kaip „sistemos sudėtis“ ir „turinys“? Kaip Jūs apibrėžtumėte tokias sąvokas kaip „sistemos paskirtis“, „sistemos misija“, „sistemos tikslas“, „sistemos funkcijos“? Kur, kada ir kaip tos sąvokos vartojamos?

1.7.35. Kuo, Jūsų nuomone, skiriasi sistemų sisteminė analizė nuo jų cheminės analizės? Atsakymą iliustruokite pavyzdžiais.

1.7.36. Parašykite referatą, skirtą tiems klausimams, kurie buvo nagrinėjami šiame – 1.7. – skyriuje. Kas, Jūsų nuomone, tuos klausimus jungia? Kokią naują informaciją apie sistemą ir jos sandarą pateikia šis skyrius? Kuo Jūs galėtumėte ar norėtume šį skyrių papildyti?