

INFORMACIJOS IR REGULIAVIMO (VALDYMO) KILMĖ PLĖŠRŪNAS–AUKA TIPO DINAMINIŲ SISTEMŲ RAIDOJE

Dobilas Kirvelis

Vilniaus universitetas, M.K.Čiurlionio 21/27, 2009 Vilnius

Informacija, reguliavimas, valdymas – tai pagrindinės sąvokos, be kurių negali apseiti nei viena mokslo ir praktinės veiklos sritis, turinti reikalų su organizuotomis sistemomis – biologinėmis, socialinėmis, ekonominėmis, techninės kibernetikos ir pan. Lygiai prieš pusę šimto metų į tai atkreipė pasaulio dėmesį N. Vineris (Wiener) paskelbęs naują mokslą – KIBERNETIKĄ – mokslą apie valdymą, valdančias sistemas bei informacinius ryšius gyvuose organizmuose, kai kuriuose techninėse sistemose ir visuomenėje. Tais pačiais metais K. Šenonas (Shannon) sukūrė matematinę informacijos teoriją, kurios dėka žmogus išmoko kiekybiškai vertinti nematerialios, principiniai kitokios nei medžiaga bei energija prigimties vertybės – *informacijos* dydį, suformulavo pagrindinius informacinių procesų dėsningumus. Paašškėjo, kad informacija – rodanti panaikintą neapibrėžtumą, jo dydį, reikalinga tik valdymui ir valdymui, ir niekam kitam apart valdymo t.y. medžiaginių bei energetinių virsmų, veiksmų nukreipimui tam tikra, ne atsitiktine, bet *tikslinga* kryptimi. Greta fundamentaliųjų fizikos ir chemijos mokslų atsistojo naujas, taip pat fundamentalus, dar gerai nesusiformavęs mokslas, pretenduojantis aiškinti organizuotų – tikslingų sistemų dėsningumus. Fizika ir chemija aiškindama gamtą atmeta tikslingumą, pripažįstant tik dėsningą priežasingumą, nes šių mokslų metodologija liečia neorganizuotas – negyvas sistemas, kurioms absurdiška kelti funkcinio tikslingumo klausimus. Tuo tarpu gyvąją gamtą be trečiojo Aristotelio klausimo – “kokiam tikslui tarnauja lapas” – pažinti neįmanoma. Tokiu būdu tikslingumas per informacinį valdymą su kiekybiniu įvertinimu suteikė principinę galimybę mokslui žengti organizuotų sistemų pažinimo kryptimi.

Dar anksčiau buvo sukurta eilė originalių techninių įrenginių – reguliatorių – palaikančių pastoviais kai kuriuos sistemų parametrus kintant aplinkai, išvystyta *automatinio reguliavimo teorija*, kurios esmėje slypi paprasčiausia organizuota sistema. Buvo parodyta, kaip netiesinių grįžtamųjų ryšių pagalba organizuojama tikslinga dinaminių sistemų veikla. Tiesiniai grįžtamieji ryšiai sistemai reguliavimo savybes suteikia tik išimtiniais atvejais. Pastebėta, kad grįžtamieji ryšiai atlieka informacines funkcijas.

Praeito šimtmečio vidury Klodas Bernaras (K. Bernard) atkreipė dėmesį į gyvulių ir žmogaus fiziologinių sistemų unikalias reguliavimo savybes palaikant pastovią temperatūrą, medžiagų koncentracijas, teigdamas, kad reguliavimo savybė yra specifinė gyvųjų organizmų savybė. Jau mūsų šimtmetyje buvo išvystyta homeostazės samprata, bei grįžtamųjų ryšių reikšmė fiziologinių sistemų organizacijoje. Biologai-ekologai pastebėjo reguliavimosi efektus *plėšrūnas–auka* dinaminėse sistemose. Matematikas V. Volterra sukuria populiacijų sambūvio netiesinį dinaminį modelį ir paašškina plėšrūno–aukos reguliavimosi efektą per švytuojamąją sąveiką. A. Lotka panašius efektus parodė matematiniais cheminių ir biocheminių reakcijų kinetikos modeliais, kuriuose netiesiškumą lemia grįžtamieji ryšiai. Grįžtamuosius ryšius

biologai stebi kaip gana bendrą gyvosios gamtos reiškinį įvairiuose organizacijos lygiuose bei sistemose. Daugeliu atvejų grįžtamieji ryšiai būna informacinio charakterio – naudoja gan mažus energijos–medžiagų kiekius. Jie lemia didžiulių virsmų eigą.

Bet organizuotų sistemų teorija yra neišvystyta ir, kas svarbiausia, – nėra sukurta darnaus ryšio tarp informacinių ir medžiaginių–energetinių virsmų: informacijos teorija aiškindama tik informacinius procesus vengia konkretizuotai rištis prie medžiaginių virsmų, pasižyminčių semantika, o reguliavimo–valdymo teorija pasitenkina tik informacijos nešiklių – signalų perdirstimu. Todėl kyla mintis, kad paprasčiausios *plėšrūnas–auka* tipo dinaminės savireguliuojančios sistemos analizė *reguliavimo–valdymo* teorijos požiūriu gali sujungti į darnią aiškinimo schemą *informaciją, reguliavimą, valdymą, signalus ir medžiagų–energijos virsmus* organizuotoje struktūroje.

Aiškinimąsi prasminga pradėti paprasčiausių sąveikaujančių dinaminių sistemų raida, pasitelkus A. Puankare matematinį modelį.

SAVEIKŲ RAIDOS SCHEMA

Kooperaciją (simbiozę–mutualizmą, simbiozę–protokooperaciją, simbiozę–komensalizmą), konkurenciją ir plėšrumą galima sąlyginai pavaizduoti tam tikra raidos schema, tarus, kad sąveikauja dvi populiacijos ar socialinės grupės $X(t)$ ir $Y(t)$ pagal A. Puankare tiesinį modelį

$$\frac{dX}{dt} = \alpha_1 X + \beta_1 Y + F_1(X, Y)$$

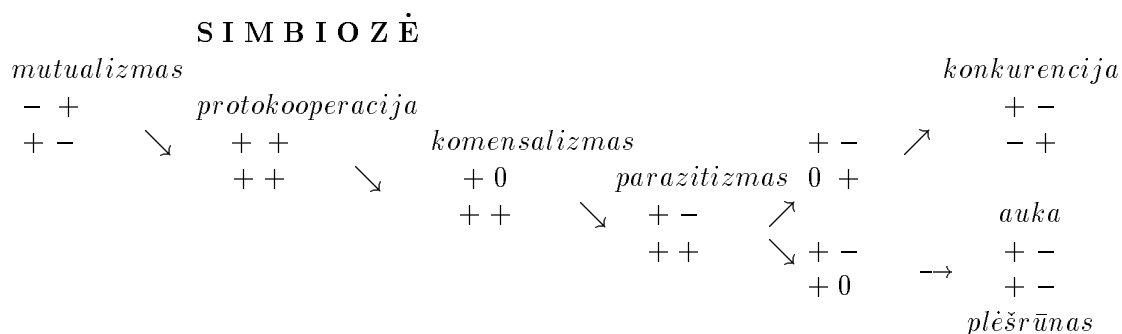
$$\frac{dY}{dt} = \beta_2 X + \alpha_2 Y + F_2(X, Y),$$

kur α_1, α_2 – augimo ar sąviveikos koeficientai, β_1, β_2 – tarpusavio sąveikos koeficientai, $F_1(X, Y), F_2(X, Y)$ – netiesinių sąveikų funkcijos, kurios ignoruojamos.

Tada kiekviena galima sąveikų būseną vaizduotina koeficientų matrica

$$\begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ \beta_2 & \alpha_2 \end{pmatrix},$$

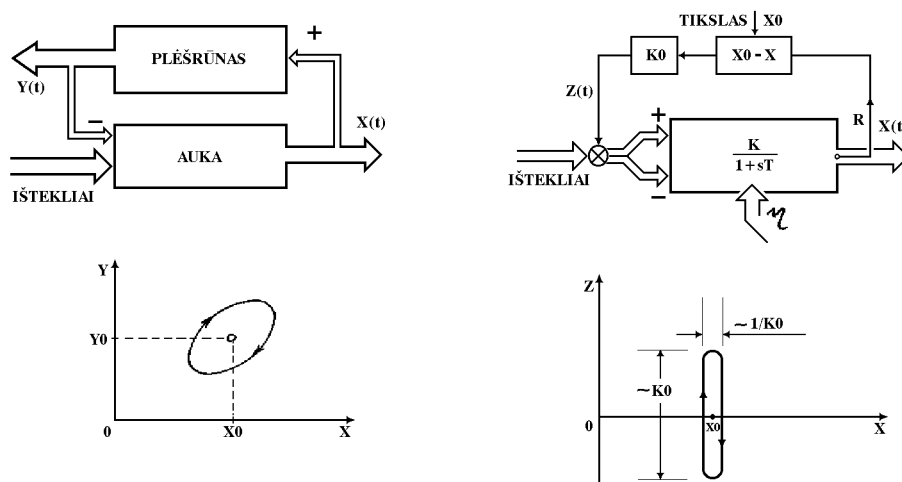
arba net šių koeficientų ženklais. Kintant atitinkamiems ženklams dinaminė sistema keičia elgsenos pobūdį, rodantį jos tipą. Ženklų matricomis galima pavaizduoti būsenas, kurioms taikytini biologiniai–ekologiniai pavadinimai, ir juos pateikti tam tikros raidos tvarka.



Raidą pradedant simbioze–mutualizmu, pasirenkama pradinė būseną, kai abi populiacijos yra nykstančios, jų saviveikos koeficientai neigiami, o sąveikos – teigiami. Teigiamos tarpusavės sąveikos sąlygoja abiejų gyvybingumo augimą ir galima tikėtis, kad sistema pereis į protokooperaciją (visi ženklai teigiami). To pasekoje sistema taps dar gyvybingesnė ir lauktina, kad viena jų pereis į komensalizmą, t. y. kitam pradės nebepadėti (tarpusavės sąveikos koeficientas 0), arba į parazitizmą, net kenkti (koeficientas –). Toliau sistema gali vystytis dviem kryptimis: konkurencijos arba plėšrumo. Konkurencijos atveju pradėjus parazituoti vienam, tuo pačiu pradeda atsakinėti ir kitas: pradžioje tik nepadėt (koeficientas 0), o vėliau ir kenkt (koeficientas –). Plėšrumo atveju degradoja būsimo plėšrūno saviveiksmis koeficientas (pradžioje 0, o vėliau – net –). Tiesinis modelis leidžia gana tiksliai, matematikos lygtimis, išreikšti sistemos elgseną visoms aptartoms būsenoms. Netiesinis Volterra modelis demonstruoja tokiomis pat kokybinėmis savybėmis pasižyminčias situacijas, tik šis modelis labiau priartintas prie realybės.

Reguliavimo požiūriu prasminga atlikti plėšrūno–aukos ir kibernetinio reguliatoriaus sistemų lyginamąją analizę.

8



Pav. 1

Jas lyginant aiškiai matomas gana didelis panašumas ne tik struktūrose su neigiamais grįžtamaisiais ryšiais, bet ir fazinių portretų pobūdyje. Keičiant Plėšrūnas–Auka sistemos parametrus nesunkiai galima pereiti prie reguliatoriaus schemas. Tam mažinamas energetinis–medžiaginis srautas grįžtamajame Plėšrūno ryšyje, net pereinant prie kitokios fizikinės prigimties dydžių, nešančių informaciją apie Aukos–Producento $X(t)$ dydžio kitimą. Tai signalai, kuriuos generuoja specialūs elementai – receptoriai–jutikliai. Jie pernešami Plėšrūnui – signalų lygintojui, kur $X - X_0$ operacijos pasekoje gautas skirtumas, ir ypač ženklas rodo didesnis ar mažesnis X už tikslo dydį X_0 . Šis skirtumas jautrinamas koeficientu K_0 , $Z = K_0(X - X_0)$, ir pagal jį valdomas Aukai–Producentui tiekiamas išteklių srautas: X didinimo

(kai Z neigiamas), ar mažinimo (kai Z teigiamas) kryptimi. Tokiu būdu Auka keičia savo dydį ar tankį švytuodama apie tikslo dydį X_0 . Nuokrypių paklaidos atvirksčiai proporcingos K_0 dydžiui: kuo grįžtamojo ryšio jautrumas didesnis, tuo paklaidos mažesnės. Tokia reguliavimo savybė priklauso tik nuo galutinio rezultato X , ir nepriklauso nuo atsitiktinių poveikių. Taip Plėšrūnas virsta reguliuojančia–valdančia grandimi, specializuojasi informacijos perdurbime, nes visą laiką pejunginėja sistemą iš vienos būsenos į kitą – naikina jos neapibrėžtumą. Kai abiejų būsenų tikimybės lygios – tada Plėšrūnas perdurbia ir siunčia vieną bitą informacijos, kurios funkcinė prasmė – didinti ar mažinti X . Kai tikimybės nelygios – informacijos kiekis mažiau už 1 bitą, išskaičiuojamas pagal Šenono formulę. Plėšrūno grįžtamojo ryšio grandis virsta informacijos perdavimo kanalu, kuriame receptorių–jutiklis tampa koderiu, išteklių sriauto perjungėjas – dekoderiu, o pats Plėšrūnas – informacijos perdurbėju–procesoriumi. Toks neigiamas informacinis grįžtamasis ryšys fazinį dinaminės sistemos portretą perkelia ant X ašies, kurio centrinis taškas būna X_0 . Galutinis rezultatas – $X = X_0$, t. y. dydžio $X(t)$ palaikymas pastoviam, arba artimam lygyje X_0 . O tai ir yra reguliavimas.

Automatinio reguliavimo kibernetikos teorija įrodo, kad reguliavimas gerėja (mažėja paklaidos), kai Plėšrūnas virsta integruojančia grandimi ir kai sistemos būsenų perjungiklis didina būsenų kiekį. Pastarasis reiškia perduodamos informacijos kiekio didinimą.

VALDYMAS IR INFORMACIJA

Pateiktas reguliatorius yra pati paprasčiausia organizuota sistema perdurbanti 1 bitą informacijos. Šiuo principu veikia ir sudėtingesnės kibernetinės sistemos – programinio valdymo bei sekimo. Dar sudėtingesnės – optimalaus reguliavimo bei adaptyvaus valdymo reikalauja kur kas sudėtingesnių informacijos perdurbimo procedūrų, ir sudėtingesnių informacijos perdurbimo grandinių bei kanalų.

Informacijos kanalai organizuotose sistemose ne būtinai turi būti grįžtamajame ryšyje. Jie gali turėti apriorinę informaciją apie pačią sistemą ir/arba aplinką, ir gaudami dalinę informaciją apie pokyčius aplinkoje gali nukreipti išteklius programai norima kryptimi. Tai tiesioginio valdymo sistemos. Joms būdingos ekstrapoliavimo–prognozavimo galimybės. Pačios tobuliausio yra kombinuoto valdymo sistemos, kurios turi ir grįžtamo, ir tiesioginio valdymo informacinius kanalus.

Apibendrinant galima teigti, kad informacijos gavimas, perdurbimas, saugojimas, kaupimas ir siuntimas yra pagrindinė organizuotų sistemų funkcija, realizuojama netiesinėmis procedūromis. Norint suprasti realių sistemų veikimo principus negalima informacinių struktūrų atskirti nuo vykdančių grandžių, jas visas būtina analizuoti komplekse – informacijos, signalų, medžiagų bei energijos virsmų kalbomis programinių tikslų kontekste.

Literatūra

1. V. Volterra, *Lecons sur la theorie mathematique de la lutte pour la vie*, Paris, Gauthier–Villars et Cie, 1931.
2. В. Н. Новосельцев, *Теория управления и биосистемы*, Москва, Наука, 1978.