

---

# Dispečerinių sistemų modeliavimas panaudojant baigtinių automatų ir Bulio funkcijų teoriją

---

**Arūnas Dargis,  
Nerijus Kruopis,  
Eligijus Sakalauskas**

*Architektūros ir statybos institutas,  
Energetinių sistemų automatizavimo  
sektorius,  
Tunelio g. 60, LT-3036 Kaunas*

Straipsnyje sudaryti dispečerinėse sistemose (DS) taikomi informacijos perdavimo algoritmai. Pateikiamas informacinis modelis, kuris leidžia formaliai algoritmiškai atlikti DS valdymą, sintezuojant sprendimo taisykles. Tam panaudotas DS kaip baigtinių automatų modeliavimas, o pats baigtinis automatas aprašomas vektorinėmis Bulio funkcijomis. Tada sprendimo taisyklės gali būti sintezuojamos panaudojant Bulio funkcijų gradientų suradimo algoritmus.

**Raktažodžiai:** dispečerinės sistemos, baigtinis automatas, vektorinės Bulio funkcijos, informacijos perdavimo algoritmai

---

## 1. ĮVADAS

Dispečerinėmis sistemomis (DS) vadinamos informacijos sistemos, susidedančios iš vietinių sistemų, išdėstytų tam tikrame regione ir centralizuotai valdomų iš dispečerinio punkto. Šių sistemų efektyvus funkcionavimas priklauso nuo to, kaip yra paskirstomos vietinių sistemų funkcijos. Tam tikras funkcijas turi atlikti sistemos sudėtinės dalys – vietinės sistemos, tačiau kita funkcijų dalis turi būti priskirta dispečeriui. Pagrindinė dispečerio funkcija – visos sistemos efektyvus valdymas. Valdymo funkcija aprėpia informacijos apie pradinę sistemos būklę surinkimą ir sprendimų priėmimą, remiantis šia informacija. Taigi, DS darbą sąlygoja joje vykstantys informaciniai procesai.

Šiame straipsnyje nagrinėsime DS informacinius procesus, o pačią DS traktuosime kaip informacijos sistemą. Priminsime, jog DS yra regioninis kompiuterinis tinklas WAN (*angl.* Wide Area Network), kuris pasižymi hierarchine struktūra ir turi centrinę valdytuvą, vadinamą DS valdytuvu. Be to, tarsime, kad DS tinklas atitinka visus atvirų informacijos sistemų OSI (*angl.* Open Systems Interconnect) reikalavimus. DS valdymą laikysime OSI aukščiausio lygio taikomojo protokolo uždaviniu. Tokiu būdu, DS galima nagrinėti sisteminiu požiūriu, kuris leidžia pritaikyti naujausius informacinių technologijų laimėjimus projektuojant tokio tipo sistemas. Be to, ši sistemine metodologija leidžia plėtoti DS kartu su informacinėmis technologijomis.

Principinė prielaida, nagrinėjant informacijos mainus, kaip dalį informacinių procesų, yra tai, jog bus nagrinėjami tik informacijos mainai, paremti infor-

macinių paketų komutacija. Remiantis paketų komutacija, kaip tik ir yra sudaryti naujausi informacijos mainų protokolai, ir šis komutacijos būdas labai perspektyvus.

Straipsnyje sudarytas DS informacijos perdavimo sistemų informacinis modelis, kuris leidžia formaliai algoritmiškai atlikti DS valdymą, sintezuojant sprendimo taisykles. Tam panaudotas DS, kaip baigtinių automatų modeliavimas, o pats baigtinis automatas aprašomas vektorinėmis Bulio funkcijomis. Tokio sprendimo taisyklės gali būti sintezuojamos taikant Bulio funkcijų gradientų paieškos algoritmus.

## 2. DISPEČERINIŲ SISTEMŲ SPRENDIMO TAISYKLIŲ SINTEZĖ BŪSENAI VALDYTI

Nagrinėdami DS, aprašomą aibių trejetu  $\{X, Q, Y\}$  (čia  $\vec{X}$  – sistemos įėjimo (paskatų) parametrų vektorius (aibė),  $\vec{Q}$  – sistemos būsenų vektorius (aibė);  $\vec{Y}$  – sistemos išėjimo parametrų vektorius (aibė)), priimsime prielaidą, kad sistema yra determinuota, nes šios prielaidos pakanka dauguma atvejų, norint atlikti sprendimo taisyklių sintezę būsenai valdyti.

Vektoriuje  $\vec{Q}$  išskirkime subvektorių  $\vec{Q}_s$ , nusakantį tam tikrą sistemos būsenų poerdvį, kurį reikia valdyti. Uždavinys yra nustatyti seką sistemos įėjimo subvektorių  $\{X_{si}\}_1^n$  (čia  $\vec{X}_{si} \in \vec{X}$ ), kurie keičia sistemos subvektorių  $\vec{Q}_s$ .

## 3. LOGINIS DS MODELIS

Sprendimo taisyklės sintezei reikalingas sistemos modelis. Pirmame modeliavimo etape galime daryti prielaidą, kad sistema gali būti modeliuojama kaip baigti-

nis automatas, kurį pavaizduojame orientuotu grafu. Šaltinyje „Informacinių procesų valdymas energijos tiekimo sistemose“ [1, 2] yra pateiktas tokių sistemų formalus aprašymas bei stebimumo ir valdomumo sąlygos. Toliau tarsime, jog sistema tenkina stebimumo ir valdomumo sąlygas. Tačiau šio modelio neužtenka norint atlikti sprendimo taisyklių sintezę. Tam reikia labiau detalizuoti modelį.

Panagrinėkime sistemos būsenos vektorių  $\vec{Q}$ . Dauguma atvejų naudinga suskirstyti kiekvienos  $Q$  komponentės  $Q_k$  kitimo sritį į baigtinį intervalų skaičių ir  $O_k$  nagrinėti kaip diskretinį dydį, galintį įgyti aibę diskretinių reikšmių  $Q_{k1}, Q_{k2}, \dots, Q_{km}$ . Kiekvieną diskretinę reikšmę  $Q_{ki}$  galime užkoduoti Bulio vektoriumi  $\vec{q}_{ki}$ , kurio komponentių skaičius  $m_q = N(\log_2 m)$ . Čia  $N(\cdot)$  – funkcija, apvalinanti argumentą iki sveiko skaičiaus didėjimo kryptimi, t. y. visada galioja sąlygos:

$$\log_2 m \leq N(\log_2 m) \text{ ir } N(\log_2 m) - \log_2 m \leq 1. \quad (1)$$

Kai sistema pereina arba ją pervedant iš būsenos  $Q_{ki}$  į būseną  $Q_{kj}$  (kai  $Q_{ki} < Q_{kj}$ ),  $\text{bin}(q_{ki}) < \text{bin}(q_{kj})$ ; čia funkcija  $\text{bin}(\cdot)$  yra dvejetainis skaičius, atitinkantis Bulio vektorius atitinkamai  $q_{ki}$  ir  $q_{kj}$ . Taigi Bulio vektorių aibė  $\{\vec{q}_{ki}\}$  yra sutvarkyta aibė, kurioje galioja eiliškumo ryšys. Lygiai taip pat galime diskretizuoti įėjimo kintamuosius  $\{X_k\}$  ir  $\{Y_k\}$ , kuriuos atitiks Bulio vektorių aibės atitinkamai  $\vec{x} = \{x_k\}$  ir  $\vec{y} = \{y_k\}$ .

Tokiu būdu, baigtinį automatą galime pavaizduoti vektorinėmis Bulio funkcijomis. Jeigu sistemos būsenos viena nuo kitos nepriklausomos, sistemą gali būti modeliuojama vektorine Bulio funkcija  $B_x$ , nusakančia įėjimų ir būsenų ryšį:

$$\vec{q} = B_x(\vec{x}). \quad (2)$$

Kai sistemos būsenos yra viena nuo kitos priklausomos, tada turime  $K$  vektorinių lygčių kiekvienam būsenos vektoriui  $\vec{q}_k, k = \overline{1, K}$ .

$$\vec{q}_k = \vec{B}_{xq}^k(\vec{x}, \vec{q}), \quad k = \overline{1, K}. \quad (3)$$

Tokiu būdu, (3) priklausomybė žymi vektorinį Bulio modelį baigtiniam automatai.

Panagrinėkime Bulio funkciją  $B(\cdot)$ , nusakančią Bulio kintamųjų  $\{x_n\}_1^N$  ir Bulio kintamojo  $q$  ryšį:

$$q = B(x_1, x_2, \dots, x_N). \quad (4)$$

Bulio funkcijos  $B(\cdot)$  išvestinė kintamojo  $x_n$  atžvilgiu yra Bulio funkcija  $D_q$ , apibrėžiama taip:

$$D_q = B(x_1, \dots, x_2, \dots, x_N) \oplus B(x_1, \dots, \bar{x}_2, \dots, x_N); \quad (5)$$

čia  $\oplus$  – loginė operacija „suma moduli 2“;  $\bar{x}_n$  – kintamojo  $x_n$  invertuota reikšmė, t. y.  $\bar{x}_n = 0$ , jeigu  $x_n = 1$ , ir  $\bar{x}_n = 1$ , jeigu  $x_n = 0$ .

Apibrėšime Bulio funkcijos  $B(\cdot)$  dalinį gradientą subvektoriaus  $x_s = \{x_{si}\}_1^n \subset x$  atžvilgiu:

$$\nabla_{xs} q = \bigcup_{i=1}^n B(x_1, \dots, x_2, \dots, x_N) + B(x_1, \dots, x_2, \dots, x_N); \quad (6)$$

čia  $\cup$  – Bulio funkcijų junginys (loginė operacija „arba“).

Tiek Bulio funkcijos išvestinė, tiek gradientas nusakoma loginę funkciją, rodančią, ar kinta Bulio funkcija, pakitus jos argumentui ar argumentams. Funkcija  $q$  kinta pakitus argumentui  $x_n$ , jeigu  $D_q = 1$ , ir nekinta, jeigu  $D_q = 0$ . Lygiai taip pat funkcija  $q$  kinta pakitus subvektoriui  $x_s$ , jeigu  $\nabla_{xs} q = 1$ , ir nekinta, jeigu  $\nabla_{xs} q = 0$ .

#### 4. DS SPRENDIMO TAISYKLIŲ SINTEZĖ, PANAUDOJANT BULIO FUNKCIJŲ MODELĮ IR JŲ GRADIENTUS

Tarkime, reikia pakeisti sistemos subvektorių  $\vec{Q}_s$ , t. y. sistemą reikia perversi iš būsenos  $\vec{Q}_s$  į būseną  $\vec{Q}_r$ . Remiantis anksčiau išdėstyta metodika, reikia aprašyti  $\vec{Q}_s$  kaip vektorinę Bulio funkciją  $q_s$ , priklausančią nuo vektorinių argumentų

$$\vec{q}_s = \vec{B}_s(x, q). \quad (7)$$

Nustatoma visa arba dalinė funkcijos  $\vec{Q}_s$  gradientų aibė  $\{\nabla_{xs}\}_1^n$ . Jai galioja sąlyga:

$$\nabla_{xs} \vec{q}_s = 1. \quad (8)$$

Iš šios aibės išrenkami tokie  $\{x_s\}_1^m$ , kurie perveda  $\vec{Q}_s$  į būseną  $\vec{Q}_r$ . Jeigu  $m > 1$ , tada parenkamas toks  $x_{si} \in \{x_s\}_1^m$ , kuris tenkintų tam tikras optimalumo sąlygas, pvz., minimalios normos nustatytoje skaičių metrinėje erdvėje.

#### 5. IŠVADOS

Pateiktas dispečerinės sistemos Bulio funkcijų modelis leidžia modeliuoti sistemas, aprašomas baigtiniais automatais ir pavaizduojamas grafų modeliu. Panaudojant Bulio funkcijų modelį ir Bulio funkcijų išvestines, galima algoritmizuoti DS sprendimo taisyklių sintezės procedūrą.

Gauta  
2000 06 22

### Literatūra

1. Sakalauskas E., Akramas R., Dargis A., Ruseckas A. Šilumos tiekimo sistemos dispečerizacija // Energetika. 1999. Nr. 3. P. 55–58.
2. Dargis A., Kruopis N., Ruseckas A., Sakalauskas E., Stankaitis G. Informacinių procesų valdymas energijos tiekimo sistemose // Energetika. 1999. Nr. 3. P. 38–43.

Arūnas Dargis, Nerijus Kruopis, Eligijus Sakalauskas

### SIMULATION OF MONITORING SYSTEMS BY MEANS OF FINITE AUTOMATE AND BULLEAN FUNCTION THEORY

#### S u m m a r y

Algorithms of information transfer in monitoring systems are created. An information model is proposed. It enables to carry out the control of monitoring systems by means of synthesis of decision making rules according to formal algorithms. For this purpose, monitoring systems are modeled as finite automates. A finite automate is described by Bullean vector functions. Therefore the decision making rules are synthesized on the basis of algorithms for the calculation of the gradient of Bullean functions.

**Key words:** monitoring system, finite automate, Bullean vector function, algorithms of information transfer

Арунас Даргис, Нерийус Круопис,  
Элигиус Сакалаускас

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ И БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИСПЕЧЕРСКИХ СИСТЕМ

#### Р е з ю м е

В статье сформулированы алгоритмы для передачи информации в диспетчерских системах (ДС). Предложена информационная модель, с применением которой можно формально осуществлять управление ДС синтезируя правила решения. Для этого ДС моделируется как конечные автоматы, а сам конечный автомат описывается векторными Булевыми функциями. В этом случае правила решения можно синтезировать применяя алгоритмы для поиска градиентов Булевых функций.

**Ключевые слова:** диспетчерские системы, конечные автоматы, векторные Булевы функции, алгоритмы для передачи информации