

Elektroninių sistemų algoritmų efektyvumas

N. Bagdanavičius, A. Žickis, E. Keras

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,
Studentų g. 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva; tel. +370 37 35138, el. p. nerijus.b@one.lt

Įvadas

Šiuolaikinių elektroninių sistemų (ES) kokybę lemia jų elektroninių įtaisų (EI) ir juose vykstančių procesų kokybė. Dažnai abu šie veiksniai daro beveik vienodą įtaką ES naudojimo efektyvumui.

EI savybių įtaka jų naudojimo efektyvumui įvairiais būdais modeliuota, ištirta ir pateikta daugelyje publikacijų [1–3]. Dėl procesų gausos ir įvairovės kiekviename įtaise sunku įvertinti jų efektyvumą.

Šių procesų efektyvumą lemia paskirties funkcijų sutikimas su poreikiais bei šių funkcijų atlikimo galimybės. Techninius šių galimybių ypatumus apibūdina užduoties vykdymo nesutrikdomumas, vykdomo proceso nepažeidžiamumas (numatytoje ir (atskirai) ekstremalioje, nenumatytoje aplinkoje) bei sistemos atkaklumas [3]. Pirmoji savybė apibūdina savaime išnykstančių kito (ar kitų) ciklo (ciklų) metu funkcionavimo sutrikimų galimybes, antroji – proceso nepataisomo pažeidimo (jame naudojamų įtaisų gedimo, programų pažeidimo, procese naudojamoms informacijos praradimo ir kt.) galimybės, o trečioji – proceso galimybės, įvykus minėtiems sutrikimams ar (ir) pažeidimams, keistis ir toliau vykdyti užduotį. Visas šias savybes labai lemia ES veikimo algoritmas – tiksliai ar tikimybiškai nustatyta procesų (veiksnių) joje tvarka nuo pradinių sąlygų nustatymo iki veiklos rezultato pateikimo [4]. Todėl, kalbant apie algoritmo efektyvumą, suvokiamas ne tvarkos ar jos struktūrinės schemos, o jos apimamos procesų visumos, jų išdėstymo bei valdymo (įvertinant juose naudojamų įtaisų būsenas) efektyvumas.

ES veikimo algoritmo techninio efektyvumo rodiklis – jos procesų kokybiško įvykdymo tikimybė – procesų metu atliekamos užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybė.

Ribojant užduoties vykdymo trukmę, reikia įvertinti dar vieną ES procesų (todėl ir jų veikimo algoritmų) savybę – rezultatyvumą – galimybę per nustatytą laiką (po nustatyto bandymų ar ciklų skaičiaus) gauti priimtina veiklos rezultata. Šio rezultato negausime, jei ES sutriks ir nebus galimybės per nustatytą laiką reikiamą skaičių kartų kartoti veiklos ciklus (etapus), jei darbo metu bus pažeistas procesas ir nepakaks laiko (nebus galimybių) jį renovuoti (reikiamą skaičių kartų), taip pat jei nepakaks atkaklumo lygio (laipsnio) [3]. Tačiau, stengiantis, kad ketvirtoji

procesų savybė nedubliuotų pirmųjų trijų, vertinant ES procesų rezultatyvumą, į šiuos atvejus neatsižvelgiama.

Rezultatyvumo rodiklio (tikimybės per nustatytą laiką gauti priimtina veiklos rezultata) reikšmė sumažės, jei pernelyg ilgai užtruks duomenų (normatyvų) paieška ir analizė, jei veikimo algoritmas ar jame naudojami modeliai pasirodys pernelyg sudėtingi, jei pritrūks resursų (informacijos, atminties ir kt.) bei susidarys kitos nepalankios sąlygos.

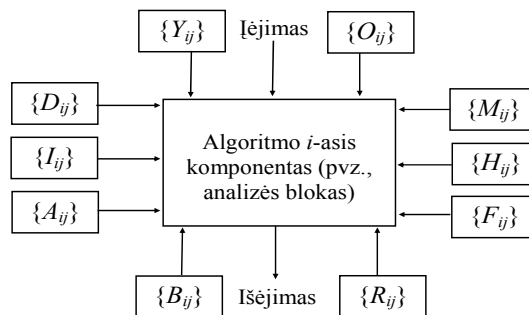
Sudarykime informacinės ES veikimo algoritmo efektyvumo vertinimo metodą. Sistemos efektyvumą vertinkime užduoties įvykdymo tikimybę.

Užduoties įvykdymo per nustatytą laiką tikimybė

Tarkime, kad algoritmo kiekvieno i -ojo komponento vykdomos užduoties įvykdymo per laiką t_{oi} tikimybė – $P_{ui}(t_{oi})$. Akivaizdu, kad

$$P_{ui}(t_{oi}) = f_i[\{D_{ij}\}, \{F_{ij}\}, \{A_{ij}\}, \{M_{ij}\}, \dots, t_{oi}]; \quad (1)$$

čia $\{D_{ij}\}$, $\{F_{ij}\}$, $\{A_{ij}\}$, ir $\{M_{ij}\}$ – i -ajame komponente naudojamų EI patikimumo, ši komponentą veikiančių veiksnių, jame naudojamų algoritminių priemonių bei modelių rodiklių verčių aibės. Bendra i -ąjį algoritmo komponentą veikiančių veiksnių schema pateikta 1 pav.



1 pav. Algoritmo i -ąjį komponentą veikiančių veiksnių schema

Šiame paveiksle: $\{I_{ij}\}$, $\{B_{ij}\}$, $\{H_{ij}\}$, $\{R_{ij}\}$, $\{Y_{ij}\}$ ir $\{O_{ij}\}$ – informacinės sistemos, programų, normatyvinės

bazės, rezultatyvumą užtikrinančių priemonių, išorinio valdymo priemonių ir operatoriaus – ES sistemos rodiklių verčių aibės.

Iš 1 pav. matyti, kad tada, kai šių rodiklių vertės yra tarpusavyje nepriklausomos, tai

$$P_{ui}(t_{oi}) = P_{Ei}(t_{oi}) \cdot P_{Ii}(t_{oi}) \cdot P_{Ai}(t_{oi}) \cdot P_{Bi}(t_{oi}) \times \\ \times P_{Mi}(t_{oi}) \cdot P_{Hi}(t_{oi}) \cdot P_{Ri}(t_{oi}) \cdot P_{Yi}(t_{oi}) \cdot P_{Oi}(t_{oi}); \quad (2)$$

čia $P_{Ei}(t_{oi})$, $P_{Ii}(t_{oi})$, $P_{Ai}(t_{oi})$, $P_{Bi}(t_{oi})$, $P_{Mi}(t_{oi})$, $P_{Hi}(t_{oi})$, $P_{Ri}(t_{oi})$, $P_{Yi}(t_{oi})$, $P_{Oi}(t_{oi})$ – tikimybės, kad per laikotarpį t_{oi} EĮ, informacinė sistema, vidiniai algoritmai, programos, metodai, normatyvinė bazė, rezultatyvumą užtikrinančios bei išorinio valdymo priemonės ir operatorius įvykdys savo užduotį

$$P_{Ii}(t_{oi}) = P_{Pli}(t_{oi}) \cdot P_{Vli}(t_{oi}) \times \\ \times P_{Isi}(t_{oi}) \cdot P_{IKi}(t_{oi}) \cdot P_{ITi}(t_{oi}); \quad (3)$$

čia $P_{Pli}(t_{oi})$, $P_{Vli}(t_{oi})$, $P_{Isi}(t_{oi})$, $P_{IKi}(t_{oi})$ ir $P_{ITi}(t_{oi})$ – kokybiškos pradinės ir valdymo informacijos pateikimo, kokybiško jos saugojimo, pakeitimo bei pateikimo per laiką t_{oi} tikimybės.

Įvertinant kiekvieno iš (2) ir (3) formulėse nurodytų algoritmo atributų $\{a_{ci}\}$ galimas užduoties neįvykdymo priežastis, jų atkaklumą bei rezultatyvumą, galima užrašyti, kad

$$P_{aci}(t_{oi}) = \{P_{Sci}(t_{oi}) + [1 - P_{Sci}(t_{oi})] \cdot P_{Sci}(t_{oi})\} \times \\ \times \{P_{Pci}(t_{oi}) + [1 - P_{Pci}(t_{oi})] \cdot P_{Pci}(t_{oi})\} \times \\ \times \{P_{Rci}(t_{oi}) + [1 - P_{Rci}(t_{oi})] \cdot P_{Rci}(t_{oi})\}; \quad (4)$$

čia $P_{Sci}(t_{oi})$, $P_{Pci}(t_{oi})$ ir $P_{Rci}(t_{oi})$ – tikimybės, kad c -asis i -ojo algoritmo komponento atributas nesutriks, nebus pažeistas ir kad užtikrins reikiamą rezultatyvumą; $P_{Sci}(t_{oi})$, $P_{Pci}(t_{oi})$, $P_{Rci}(t_{oi})$ – tikimybės, kad šis atributas, jam sutrikus, jį pažeidus ar pritrūkus rezultatyvumo užtikrinimo priemonių, sugebės per laiką t_{oi} pasikeisti ir baigti kokybiškai vykdyti savo užduotį. Panauginėkime keletą iš $\{a_{ci}\}$ atributų (4) formulėje naudojamų rodiklių verčių apskaičiavimo būdus.

Tikimybė, kad per laiką t_{oi} nesutriks i -ajai užduočiai vykdyti naudojamas (i -asis) EĮ, yra

$$P_{SEIi}(t_{oi}) = e^{-\lambda_{Si} t_{oi}}; \quad (5)$$

čia λ_{Si} – poveikių su artima vienetui tikimybė, lemiančių i -ojo EĮ sutrikimus, susidarymo intensyvumas, kai jų srautas yra paprasčiausias. Tarkime, kad turimos sutrikimų aptikimo priemonės leis juos pastebėti, teorinė i -ojo EĮ užduoties vykdymo (be sutrikimų) trukmė – t_{ii} , o vidutinė trukmė:

$$t_{vi} = \lambda_{vi} t_{ii}^2 + t_{ii}; \quad (6)$$

$$t_{vi} \geq t_{ii}; \quad (7)$$

$$\lambda_{vi} = \frac{\lambda_{i1} \cdot \Delta t_{i1} + \dots + \lambda_{ij} \cdot \Delta t_{ij} + \dots + \lambda_{in} \cdot \Delta t_{in}}{t_{ii}}; \quad (8)$$

čia λ_{ij} – j -ajį užduoties etapą vykdančios i -ojo EĮ dalies sutrikimų intensyvumas; t_{ij} – j -ojo užduoties vykdymo etapo trukmė (be sutrikimų); n – užduoties etapų skaičius;

$$\sum_{j=1}^n \Delta t_{ij} = t_{ii}. \quad (9)$$

Tikimybė, kad vykdant i -ojo EĮ užduotį įvyks k sutrikimų,

$$p(k) = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot \Delta t_{ij} \right)^k}{k!} \cdot e^{-\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot \Delta t_{ij}}. \quad (10)$$

Tikimybė, kad sutrikus i -ajam EĮ, jo laiko rezervo (t_{oi}) pakaks sutrikusiems etapams pakartoti, pažymėkime $p\{(t_{oi} - t_{ii}) \geq k \cdot t_{mi}\}$; čia t_{mi} – vidutinė i -ojo EĮ vieno etapo vykdymo trukmė. Tada tikimybė, kad i -asis EĮ komponentas be sutrikimų įvykdys savo užduotį per laiką t_{oi} , apskaičiuojama taip:

$$P_{EiIS}(t_{oi}) = \sum_{k=0}^{\infty} \left[\frac{\left(\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot \Delta t_{ij} \right)^k}{k!} \cdot e^{-\sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \cdot \Delta t_{ij}} \times \right. \\ \left. \times p\{(t_{oi} - t_{ii}) \geq k \cdot t_{mi}\} \right]. \quad (11)$$

Šiuo atveju

$$P_{EiIS}(t_{oi}) = P_{SEIi}(t_{oi}) + [1 - P_{SEIi}(t_{oi})] \cdot P_{SEIi}(t_{oi}). \quad (12)$$

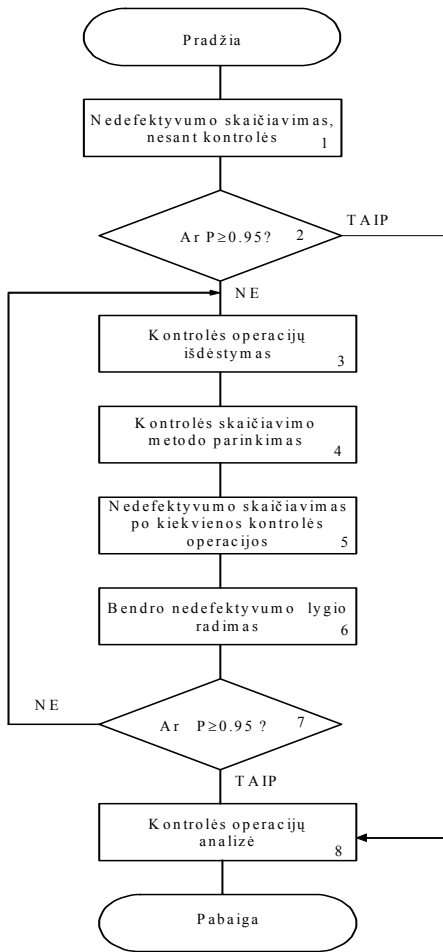
Analogiškai galima apskaičiuoti ir tikimybę, kad i -asis EĮ, nepaisant pažeidimų, įvykdys savo užduotį, t.y.

$$P_{EiIP}(t_{oi}) = P_{PEIi}(t_{oi}) + [1 - P_{PEIi}(t_{oi})] \cdot P_{PEIi}(t_{oi}). \quad (13)$$

Tikimybės, kad i -asis EĮ užtikrins reikiamą rezultatyvumą ($P_{REIi}(t_{oi})$ ir $P_{REIi}(t_{oi})$) apskaičiuojamos tiriant jo resursų poreikius, vykdant kiekvieną j -ajį užduoties vykdymo etapą ir realias galimybes šiuos resursus užtikrinti (tuo laikotarpiu).

Panašiai tiriamos ir informacinės sistemos, programų, metodų bei kitų atributų galimybės užtikrinti algoritmo i -ojo bloko užduoties įvykdymo galimybes ($P_{ui}(t_{oi})$).

Pabaigai panagrinsime viso algoritmo efektyvumo įvertinimo tvarką. Tarkime, kad šiuo atveju tiriamas gamybos kontrolės operacijų parinkimo algoritmas, kurio struktūrinė schema pateikta 2 pav. Tarkime, kad priimtinas gamybos produktų nedefektyvumo lygis – $P \geq 0,95$.



2 pav. Kontrolės operacijų parinkimo algoritmas

Pažymėkime i -osios algoritmo dalies užduoties įvykdymo tikimybę simboliu $P_i(t)$. Tada tikimybė, kad visas algoritmas įvykdys t trukmės užduotį,

$$\begin{aligned}
 P_{u\Sigma}(t) = & P_1(t) \cdot P_2(t) [\eta_{2T} \cdot P_8(t) + \eta_{2N} \times \\
 & \times P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t) \cdot P_7(t) [\eta_{7T} \cdot P_8(t) + \\
 & + \eta_{7N} [P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t) \times \\
 & \times P_7(t) [\eta_{7T} \cdot P_8(t) + \eta_{7N} \cdot \prod_{i=3}^7 P_i(t) [\eta_{7T} \cdot P_8(t) \dots; \quad (14)
 \end{aligned}$$

čia η_{2N} ir η_{2T} – tikimybės, kad antrojoje algoritmo dalyje, patekus į ją pirmą kartą, bus priimti sprendimai „taip“ ir „ne“; η_{7T} ir η_{7N} – tikimybės, kad septintojoje algoritmo dalyje, patekus į ją pirmą, antrą ir trečią kartą (atitinkamai) bus priimtas sprendimas „taip“; $P_1(t)$, ..., $P_8(t)$ – tikimybės, randamos naudojant (2) formulę;

$$t = \sum_{i=1}^G t_{oi}; \quad (15)$$

čia G – algoritmo dalių skaičius.

Tais atvejais, kai užduočiai vykdyti galima naudoti M skirtingų (alternatyvių) algoritmų, kurių prioritetai yra $\eta_{M1}, \eta_{Me}, \dots, \eta_{MM}$, tikimybė, kad bent vienas iš jų įvykdys užduotį

$$P_{u\Sigma}^o(t) = \sum_{e=1}^M \eta_{Me} \cdot P_{u\Sigma e}(t); \quad (16)$$

čia $P_{u\Sigma e}(t)$ – tikimybė, kad e -asis algoritmas įvykdys t trukmės užduotį. Jei

$$\eta_{M1} > \eta_{M2} > \dots > \eta_{Me} > \dots > \eta_{MM}, \quad (17)$$

užduotį antruoju algoritmu bus galima vykdyti tik tada, kai suges (sutriks) pirmasis, tai užduoties įvykdymo bet kuriuo iš jų tikimybė

$$\begin{aligned}
 P_{u\Sigma}^i(t) = & P_{u\Sigma 1}(t) + [1 - P_{u\Sigma 1}(t)] \cdot P_{u\Sigma 2}(t) + \dots = \\
 = & \sum_{e=1}^M P_{u\Sigma e}(t) \cdot \prod_{k=1}^{e-1} (1 - P_{u\Sigma k}(t)). \quad (18)
 \end{aligned}$$

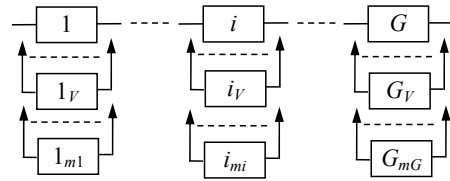
Didinant algoritmų efektyvumą, galima sudaryti autonomiškus (kiekvienai i -ajai daliai) laiko rezervus bei bendrą užduoties vykdymo laiko rezervą. Pirmuoju atveju – kiekvienos i -osios algoritmo dalies užduoties vykdymo laiko rezervas

$$\Delta t_{oi} = t_{oi} - t_{ti}, \quad (19)$$

o antruoju atveju –

$$\Delta t = t - \sum_{i=1}^G t_{ti}. \quad (20)$$

Pirmuoju atveju, kai i -osios algoritmo dalies veikimo procedūros smulkiau nedalomos, gaunama 3 pav. pateikta rezervavimo schema.



3 pav. i -osios algoritmo dalies užduoties vykdymo laiko rezervo schema

$$m_1 = \left| \frac{t_{o1}}{t_{t1}} \right|, \dots, m_i = \left| \frac{t_{oi}}{t_{ti}} \right|, \dots, m_G = \left| \frac{t_{oG}}{t_{tG}} \right|; \quad (21)$$

čia t_{o1}, \dots, t_{oG} – $\{t_{oi}\}$ realizacijos; t_{t1}, \dots, t_{tG} – $\{t_{ti}\}$ realizacijos. Apskaičiuojant m_i vertę, imama tik sveikoji santykio dalis.

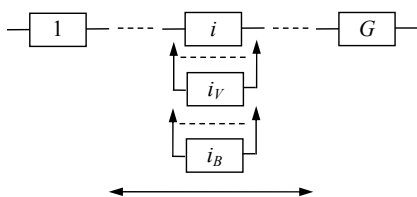
Sudarius bendrą užduoties vykdymo laiko rezervą, gaunama 4 pav. pateikta rezervavimo schema.

Šiuo atveju

$$B = \left| \frac{\Delta t}{t_{tv}} \right|; \quad (22)$$

čia

$$t_{iv} = \frac{\sum_{i=1}^G t_{ti}}{G}. \quad (23)$$



4 pav. Bendro užduoties vykdymo laiko rezervo schema

Apskaičiuojant B vertę, imama tik sveikoji santykio dalis.

Akivaizdu, kad bendrasis laiko rezervas užtikrina didesnę algoritmo užduoties įvykdymo tikimybę.

Išvados

Iš pateiktos medžiagos matyti, kad, vertinant algoritmo kiekvieno komponento įtaką užduoties įvykdymo tikimybei, būtina viename matematiniam modelyje susumuoti skirtingų veiksmų (įtaisų, modelių, informacijos ir kt.) įtaką užduoties įvykdymo tikimybei. Tai ir lemia būtinumą vertinti ne tik kiekvieno įtaiso, kiekvienos programos, bet ir viso algoritmo efektyvumą, atsižvelgiant į atskirų jo komponentų atkaklumą, rezultatųumą ir kitas savybes.

Būtina dar kartą pabrėžti, kad, vertinant algoritmo efektyvumą, atsižvelgiama ne tik į procesų atlikimo tvarką,

bet ir į juose naudojamų priemonių (techninių, metodinių, programinių ir kt.) efektyvumą.

Siūlomas metodas kaip reikiant neivertina algoritmo kokybės, o tik apibūdina techninį jo efektyvumą – užduoties įvykdymo galimybes. Norint nuodugniau apibūdinti algoritmo kokybę, reikėtų įvertinti jo negendumą, korektiškumą, mobilumą, modifikuojamumą, patikrinamumą, tinkamumą plėtoti, suderinamumą, lydimumą, patogumą naudoti, unifikuotumą, atkaklumą, vientisumą ir kitas savybes.

Toliau tęsiant tyrimus į ES valdymo algoritmus būtina įvesti proceso adaptyvumo bei lankstumo užtikrinimo priemones bei vertinti šių priemonių efektyvumą.

Literatūra

1. Bagdanavičius N., Besakirskas A., Žickis A., Tervydis P. Efficiency of Algorithms of Information System Operation // Proceedings of the 9th Biennial Baltic Electronics Conference. – Tallinn University of Technology, October 3-6. – Tallinn, Estonia. ISBN 9985-59-462-2. – P. 79–82.
2. Balaišis P., Eidukas D., Besakirskas A. Atypical Aspects of Reliability of Measuring Devices (MD) // Measurement Science Review. ISSN 1335-8871. – Bratislava: Slovak Academy of Science. – Vol. 3, Section 1, 2003. – P. 79–82.
3. Balaišis P., Eidukas D., Navikas D., Vilutis G. Persistence of Electronic Devices // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (Proceedings International Conference TCSET 2002, FEB 18-23, 2002). – Lviv Slavsko, Ukraine, 2002. – P. 13–15.
4. Baase S. Computer Algorithms: Introduction to Design and Analysis. Reading, Mass.: Addison – Wesley, 3rd ed., 2000.

Pateikta spaudai 2004 09 09

N. Bagdanavičius, A. Žickis, E. Keras. Elektroninių sistemų algoritmų efektyvumas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 1(57). – P. 38–41.

Aprašytos informacinėse sistemose vykstančių procesų efektyvumą lemiančios savybės. Pateikta bendra i -ąjį algoritmo komponentą veikiančių veiksmų schema, nurodyti šių veiksmų rodikliai ir parodyta, kad šių rodiklių vertės yra tarpusavyje nepriklausomos.

Iširtas gamybos kontrolės operacijų parinkimo algoritmo efektyvumo vertinimo pavyzdys. Iširta atskiro (kiekvienam algoritmo procesui) ir bendro užduoties vykdymo laiko rezervo įtaka užduoties įvykdymo tikimybei. Parodyta, kad šiuos atvejus galima tapatinti su atskiru ir slystamuoju rezervavimu. Nustatyta, kad bendrasis laiko rezervas užtikrina didesnę algoritmo užduoties įvykdymo tikimybę. Il. 4, bibl. 4 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

N. Bagdanavičius, A. Žickis, E. Keras. Efficiency of Algorithms of Electronic Systems // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 1(57). – P. 38–41.

Efficiency conditioning features of processes, which take place in information systems, are described here. General scheme of factors, which affect algorithm component “ i ” is presented, indexes of these factors are indicated and it is shown, that values of these indexes are independent in respect of each other.

Manufacturing control operation selection algorithm efficiency evaluation example is performed. Influence of separate (for each process of algorithm) and general task execution time reserve over probability of task accomplishment is analyzed. It is shown, that these cases can be identified with separate and sliding reservation. It is found, that general time reserve provides larger probability of algorithm task fulfillment. Ill. 4, bibl. 4 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

N. Багданавичюс, А. Жицкис, Э. Кярас. Эффективность алгоритмов электронных систем // Электроника и электротехника. – Каunas: Технология, 2005. – № 1(57). – С. 38–41.

Приведены и описаны свойства информационных систем, определяющие эффективность процессов в них. Представлена общая схема воздействий, влияющих на i -ый компонент алгоритма, указаны показатели этих воздействий. Полагается, что значения указанных показателей не зависят между собой.

В качестве примера исследована эффективность алгоритма выбора операций контроля качества электронных устройств на стадии производства. Исследовано влияние отдельного (для каждого процесса алгоритма) и общего резерва времени выполнения задания на вероятность выполнения устройством предусмотренных функций. Показано, что при оценке эффективности алгоритма эти варианты можно отождествлять с вариантами отдельного и скользящего резервирования. Установлено, что общий резерв времени обеспечивает большую (чем отдельные резервы) вероятность выполнения задания алгоритма. Ил. 4, библи. 4 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).