

Elektroninių sistemų sprendimų sudarymo modelių efektyvumas

N. Bagdanavičius, P. Balaišis, I. Barysaitė, A. Besakirskas, G. Janaščius, A. Žickis

Elektronikos inžinerijos katedra, Kauno technologijos universitetas,

Studentų g. 50, LT-51368, Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 351389, el. p.: nerijus.b@one.lt; zandrelis@one.lt

Įvadas

Daugelyje literatūros šaltinių [1–3 ir kt.] nurodoma, kad elektroninės sistemos (ES) dažniausiai veikia nestacionarioje, ne visada iš anksto numatytoje aplinkoje. Šių sistemų efektyvumą lemia [4] naudojamų elektroninių įtaisų (EI) bei įdiegtų technologijų efektyvumas. Technologija šiuo atveju vadinama [5] tarpusavyje susietų veikų ir procesų visuma, skirta kuriam nors tikslui pasiekti. Veikas sudaro ES funkcijos („funkcija“ [6] – veiksmas ar jų grupė). Procesu vadinamas [6] nuoseklus reiškinių, būsenų ar stadijų kitimas. Struktūriškai šios technologijos apibūdinamos veikimo algoritmais, o kokybiniu požiūriu – algoritmų efektyvumais [7]. Kiekvienas algoritmo komponentas – tai dalies ES funkcijų ar (ir) procesų atlikimo tvarka, atsižvelgiant į situaciją apibūdinančių veiksmų sąsajas, įtaką bei savybių dinamiką. Todėl neįmanoma tirti ar (ir) didinti ES efektyvumo, neatsižvelgiant į jose vykstančių procesų efektyvumą, šių procesų efektyvumo, – neatsižvelgiant į juos apibūdinančių algoritmų efektyvumą, o algoritmų efektyvumo, – neatsižvelgiant į jų komponentams sudaryti naudojamų sprendimo sudarymo modelių (SSM) efektyvumą. Kadangi modeliu vadinama kurio nors objekto (įtaiso ar proceso) struktūrą ir (ar) veikimą atkurianti ar imituojanti priemonė, tai akivaizdu, kad šis terminas apima fizinius ir matematinius modelius (MM). MM – tai matematinių priemonių visuma, apibūdinanti kurią nors reiškinį ar procesą.

Šiems tyrimams pasirinkime matematinius SSM. Todėl sprendimą, o kartu ir MM efektyvumą, lems pradinį duomenų atsitiktinumas, jų dinamika, sprendimo sudarymo metodas ir kt. Išskiriami struktūrų, logikos, veiksmų, sąryšio, reakcijos, optimizavimo ir kiti MM. Atskirai vertinama MM ir juos naudojant sudarytų sprendimų kokybė.

ES MM kokybė ir efektyvumas

ES MM kokybė – tai jų atitiktis poreikiams, kuri apibūdinama tik atsižvelgiant į naudojimo sritį. Todėl, vertinant MM kokybę, nepakanka žinoti naudojamų pradinį duomenų kieki, veiksmų operatyvumą ir rezultatų tikslumą (sprendimų neapibrėžtį). MM dažnai naudojamas (ne vieną kartą, ne vienoje vietoje) kaip sprendimų procesų

dalies ES veikimo algoritmuose ir nuo jo panaudojimo rezultatų priklauso tolesnių veiksmų visuma, eiliškumas ar tikimybės.

Vienuose algoritmuose tai labai svarbu, o kituose didesnių pasekmių nesukelia. Todėl MM kokybė – tai jo tinkamumas sprendimams sudaryti, o sprendimų kokybė – tai jų racionalumas (optimalumas). Be šių savybių, MM apibūdina jo universalumas, adaptyvumas, lankstumas, modulumas, informacijos imlumas, sprendimo laiko sąnaudos ir kt. Sprendimo savybes (kokybę) apibūdina jo determinuotumas, statistiškumas, autonomiškumas ar sistemiškumas.

MM efektyvumas – jo atitiktis poreikiams laipsnis, kuris apskaičiuojamas, atsižvelgiant į leistiną rezultatų neapibrėžtį, jos viršijimo tikimybę ar nuostolių (panaudojus šį sprendimą) lygį. Tai vidutinis, statistinis, stacionarus ar nestacionarus efektyvumai. Taip pat išskiriami: momentinis ir dinaminis MM efektyvumai. Juos patogiau iliustruoti pavyzdžiu.

ES MM efektyvumo įvertinimas

Iš daugelio ES MM pasirinkime optimalios kurio nors rodiklio vertės parinkimo modelį.

Praktikoje paplitę determinuoto kurių nors rodiklių (L_i) verčių ($\{L_i\}$) parinkimo modeliai, kuriuose naudojamos ekonominės tikslo funkcijos. Šie modeliai dažnai neįvertina atsitiktinio rodiklių verčių susidarymo pobūdžio, jų dinamikos.

Norėdami išvengti šių trūkumų, tarkime, kad:

– bet kokio rodiklio vertės $\{L_i\}$ yra atsitiktinės ir apibūdinamos skirstinio tankiu $f(L_i, t)$;

– rodiklio vertės L_i optimizavimo tikslo funkcija –

$$\frac{\partial C_{\Sigma}(L_i, t)}{\partial L_i} = \frac{\partial [C_n(L_i, t) + C_0(L_i, t)]}{\partial L_i} = 0; \quad (1)$$

čia $C_n(L_i, t)$ ir $C_0(L_i, t)$ – atitinkamai tiesioginės ir atvirkštinės tikslo funkcijos komponentės priklausomybė nuo L_i ;

– priklausomybės $C_n(L_i, t)$ ir $C_0(L_i, t)$ – pakankamai adekvačios aprašomam procesui ir neadekvatumo neapibrėžtis $\delta_A = 0$, o absoliučios šių

dydžių apskaičiavimo neapibrėžtys atitinkamai lygios $\delta C_n(t)$ ir $\delta C_0(t)$;

– modelio atributai: \bar{L}_x^0 – įėjimo ir \bar{L}_y^0 – išėjimo (optimizuojamieji) parametrai.

Naudojant tikslo funkciją, apskaičiuotų verčių pilnoji neapibrėžtis

$$\delta_n(t) = f[\delta_A(t), \delta_M(t), \delta_C(t), \{\delta_{L_x}(t)\}, \delta_0(t)]; \quad (2)$$

čia $\delta_M(t)$ – neapibrėžtis, atsirandanti atliekant matematinės operacijos su riboto tikslumo dydžiais; $\delta_C(t)$ – neapibrėžtis, atsirandanti dėl optimizuojamojo rodiklio verčių atsitiktinumo praktikoje (pavyzdžiui, dėl EĮ gamybos kokybės rodiklio atsitiktinės statistinės vertės); $\{\delta_{L_x}(t)\}$ – rodiklių \bar{L}_x^0 verčių neapibrėžčių visuma; $\delta_0(t)$ – neapibrėžtis, susidaranti apvalinant vertes.

Santykinė neapibrėžtis $\delta_M(t)$ apskaičiuojama pagal šią formulę [8]:

$$\delta_M(t) = \frac{C_n(L_i, t)}{C_n(L_i, t) + C_0(L_i, t)} \cdot \delta C_n(t) + \frac{C_0(L_i, t)}{C_n(L_i, t) + C_0(L_i, t)} \cdot \delta C_0(t). \quad (3)$$

Pradžioje tarkime, kad sumą $C_\Sigma(L_i, t)$ veikia tik vieno rodiklio (L_i) verčių atsitiktinis pobūdis.

Norint surasti $\delta_C(t)$ gerai žinomu metodu, remiantis tikslo funkcija (1), ieškoma rodiklio L_i optimali vertė L_{i0} (1 pav.).

Sureguliuotas iki optimalios vertės L_{i0} valdomas procesas, veikiamas išorinių (sistemos nevaldomų) veiksnių, galės užtikrinti faktines rodiklio vertes, aprašomas skirstinio tankiu $f(L_i, t)$. Šis procesas bus

optimalus tik tada, kai i -ojo rodiklio L vertės bus artimos L_{i0} . $C_\Sigma(L_i, t)$ nuokrypis nuo $C_\Sigma(L_{i0}, t)$

$$\Delta C_\Sigma(t) = C_\Sigma(L_i, t) - C_\Sigma(L_{i0}, t), \quad (4)$$

o vidutinė absoliuti nurodyto nuokrypio vertė

$$\Delta C'_\Sigma(t) = \int_0^\infty |C_\Sigma(L_i, t) - C_\Sigma(L_{i0}, t)| \cdot f(L_i, t) dL_i. \quad (5)$$

Tada, naudojant tikslo funkciją $C_\Sigma(L_i, t)$, gaunama vidutinė santykinė neapibrėžtis L_i nukrypus nuo L_{i0} :

$$\delta_C(t) = \frac{\int_0^\infty |C_\Sigma(L_i, t) - C_\Sigma(L_{i0}, t)| \cdot f(L_i, t) dL_i}{C_\Sigma(L_{i0}, t)}. \quad (6)$$

Tais atvejais, kai funkciją $C_\Sigma(L_i, t)$ per $C_n(L_i, t)$ ir $C_0(L_i, t)$ veikia vienas (L_j) rodiklis iš \underline{L}_x , jis nepriklauso nuo L_i ir turi įtakos $C_\Sigma(L_i, t)$ nepriklausomai nuo L_i vertės. Tada

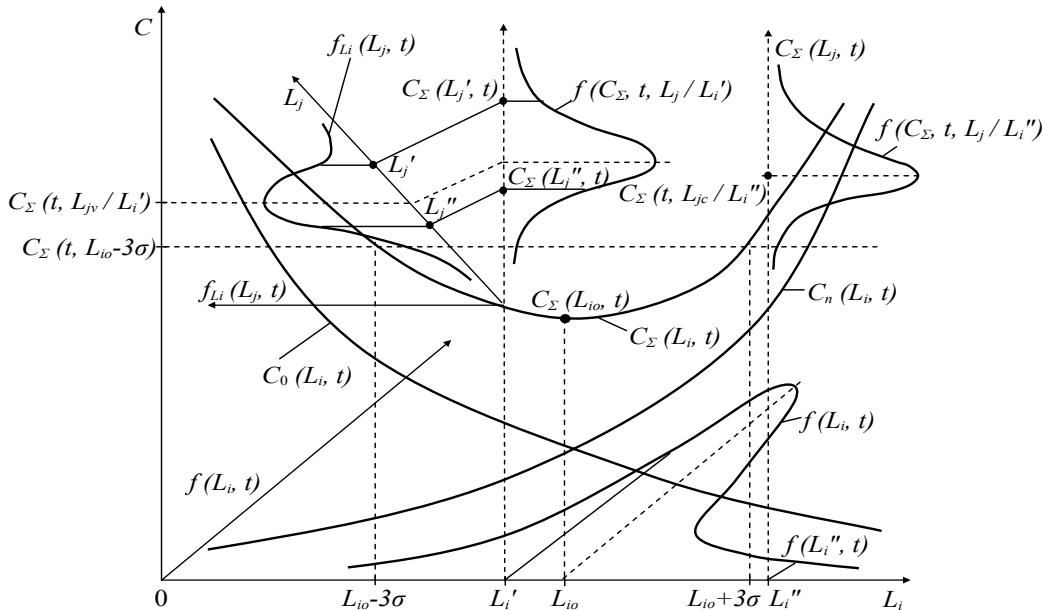
$$\delta'_C(t) \approx \delta_1(t) + \delta_2(t) + \dots + \delta_n(t) = \sum_{i \in \underline{L}_x} \delta_i(t); \quad (7)$$

čia n – sekos \underline{L}_x rodiklių skaičius.

Kai $C_\Sigma(L_i, t)$ priklauso nuo L_i ir L_j vertės, kurios tankis aprašomas funkcija $f(t, L_j / L_i)$, (4) lygtis atrodo šitaip:

$$\Delta \hat{C}_\Sigma(L_j / L_i) = C_\Sigma(L_i, t) \cdot f(t, L_j / L_i) - C_\Sigma(L_{i0}, t) \cdot f(t, L_j / L_{i0}); \quad (8)$$

čia $\Delta \hat{C}_\Sigma(L_j / L_i)$ – funkcijos $C_\Sigma(L_j, t)$ nuokrypis nuo



1 pav. Funkciją $C_\Sigma(L_i, t)$ lemiančių funkcijų grafikai

ekstremalios vertės, kai i -ojo rodiklio vertė – L_i .

Tada lygybė (6) tampa tokia:

$$\hat{\delta}_c^k(t) = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty [C_\Sigma(L_i, t) \cdot f(t, L_j / L_i) - C_\Sigma(L_{i0}, t)] \cdot f(t, L_{jc} / L_{i0})}{C_\Sigma(L_{i0}, t) \cdot f(t, L_{jc} / L_{i0})} \times \frac{\int_0^\infty f(t, L_i / L_{i0}) \cdot f_{L_i}(L_j, t) dL_j \cdot f(L_i, t) dL_i}{1}; \quad (9)$$

čia $f_{L_i}(L_i, t)$ – L_j skirstinio tankis kaip L_i vertės funkcija; $f(t, L_{jc} / L_{i0})$ – funkcijos $f(t, L_j / L_i)$ vertė, kai $L_j = L_{jc}$ ir $L_i = L_{i0}$.

Jei funkciją $C_\Sigma(L_i, t)$ per funkcijas $C_n(L_i, t)$ ir $C_0(L_i, t)$ veikia visi rodikliai (L_x), tai vidutinė suminė santykinė neapibrėžtis

$$\hat{\delta}_c^0(t) \approx \hat{\delta}_c^{i-1}(t) + \hat{\delta}_c^{i-2}(t) + \dots + \hat{\delta}_c^{i-n}(t); \quad (10)$$

čia $\hat{\delta}_c^{i-n}(t)$ – vidutinė santykinė neapibrėžtis, susidaranti, esant atsitiktiniam rodiklių L_i ir L_n verčių pobūdžiui.

Tais atvejais, kai L_i ir L_j yra koreliuotos arba turi funkcinį ryšį, (9) formulė įgauna tokį pavidalą:

$$\hat{\delta}_c^k(t) = \frac{\int_0^\infty [C_\Sigma(L_i, t) \cdot f(t, L_j / L_i) - C_\Sigma(L_{i0}, t)] \cdot f(t, L_{jc} / L_{i0})}{C_\Sigma(L_{i0}, t) \cdot f(t, L_{jc} / L_{i0})} \times \frac{\int_0^\infty f(t, L_j / L_{i0}) \cdot f(L_i, t) dL_i}{1}. \quad (11)$$

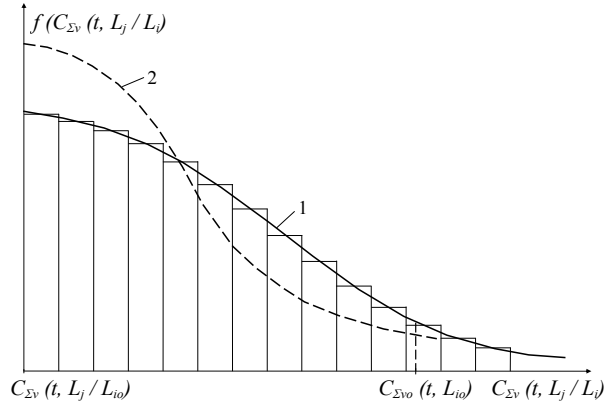
Kadangi $\{\delta_{L_x}^0(t)\}$ jau įvertinta per $\delta C_n(t)$ ir $\delta C_0(t)$, tai iš (2) formulės neapibrėžta liko tik apvalinimo neapibrėžtis $\delta_0(t)$, kurios tikslumas priklauso nuo L_{i0} vertės skaičiavimo, naudojant (1) formulę, tikslumo. Kai skaičiavimams naudojami kompiuteriai, $\delta_0(t) \ll \delta_n(t)$, taigi jos galima nepaisyti. Todėl pilnoji skaičiavimų iš tikslo funkcijos neapibrėžtis:

$$\delta_n(t) \approx \delta_M(t) + \delta_C(t). \quad (12)$$

Taigi ekonominis-matematinis modelis, įėjime turėjęs ekonominių charakteristikų, nusakytų su neapibrėžtimis $\{\delta_{L_x}(t)\}$, visumą ir aibę efektyvumo rodiklių (L_x) su jų skirstinių tankiais $\{f(L_x)\}$, išėjime garantuos ekonominę charakteristiką $C_\Sigma(L_i, t)$ su neapibrėžtimi $\delta_n(t)$ ir rodiklių L_i ($L_i \in L_y$) su verčių skirstinio tankiu, artimu $f(L_i)$. Vidutinė (L_j verčių atžvilgiu) $C_\Sigma(L_i, t)$ funkcijos vertė bet kuriame (pvz., L_i'') taške

$$C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i'') = \int_0^\infty C_\Sigma(L_j, t) \cdot f(C_\Sigma, t, L_j / L_i'') dL_j. \quad (13)$$

Šios vertės tikimybė (kai $L_i = L_i''$) (žr. 1 pav.) – $f(L_i'', t)$. Apskaičiuavę $C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i)$ funkcijos vertes skirtinguose L_i verčių intervaluose (pvz., $L_{i0} + \Delta L_i, L_{i0} - \Delta L_i, L_i'' + \Delta L_i, L_i'' - \Delta L_i$ ir kt.) ir šių verčių tikimybės (atitinkamai $f(L_{i0} + \Delta L_i, t); f(L_{i0} - \Delta L_i, t), \dots$), galime sudaryti $C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i)$ funkcijos vidutinių (j -ojo rodiklio atžvilgiu) verčių skirstinio tankį, kurio grafikas galėtų būti panašus į pateiktą 2 pav. (1-oji kreivė).



2 pav. $f(C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i))$ funkcijos grafikas

Šiame paveiksle $C_{\Sigma v}(t, L_j / L_{i0})$ – vidutinė (j -ojo rodiklio atžvilgiu) $C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i)$ funkcijos vertė, kai $L_i = L_{i0}$.

Kaip jau buvo nurodyta, SSM efektyvumas (atitiktis poreikiams laipsnis) vertinamas lyginant šių modelių savybes su poreikiais. Šiuo atveju atitiktį pakankamai gerai apibūdina tikslo funkcijos vertė $C_{\Sigma v}$, kuri, atmetant kitų ($L_1, \dots, L_{i-1}, L_{i+1}, \dots, L_j, \dots, L_n$) rodiklių verčių įtaką, yra tapati $C_\Sigma(L_{i0}, t)$ vertei. Bet koks nuokrypis nuo šios vertės jos didėjimo kryptimi yra nepageidautinas. Todėl šis nuokrypis gali būti ribojamas (pvz., dydžiu $\Delta C_{\Sigma v}(t, L_{i0})$). Tada ribinė (maksimali) priimtina tikslo funkcijos vertė (2 pav.)

$$C_{\Sigma v0}(t, L_{i0}) = C_{\Sigma v}(t, L_j / L_{i0}) + \Delta C_{\Sigma v}(t, L_{i0}). \quad (14)$$

Modelio efektyvumą galima būtų išreikšti taip:

$$E_M(t) = \frac{C_{\Sigma v0}(t, L_{i0})}{C_{\Sigma v}(t, L_j / L_{i0})} \int f(C_{\Sigma v}(t, L_j / L_i)) dC_{\Sigma v}(t, L_j / L_i). \quad (15)$$

Iš 1 pav. akivaizdu, kad (atmetant kitų rodiklių verčių įtaką) $E_M(t)$ vertė priklausys nuo $C_\Sigma(L_i, t)$ ir $f(L_i, t)$ funkcijų pobūdžio.

Kai $f(L_i, t)$ – normaliojo skirstinio tankio funkcija, o $C_\Sigma(L_i, t)$ – funkcija, nesimetrišinė $C_\Sigma(L_{i0}, t)$ atžvilgiu, SMM efektyvumą galima padidinti (žr. 2 pav., 2-ąją kreivę), pasirenkant šiek tiek didesnę ar mažesnę (priklausomai nuo to, kuria kryptimi tikslo funkcijos vertė didėja lėčiau) nei L_{i0} i -ojo rodiklio vertę.

Taikant čia pateiktus SMM efektyvumo vertinimo principus, galima sudaryti ir kitokių modelių efektyvumo skaičiavimo metodus bei ieškoti būdų jam padidinti.

Išvados

Vertinant ES efektyvumą, būtina atsižvelgti ne tik į EĮ, bet ir į jose vykstančių funkcionavimo procesų (funkcijų) efektyvumą.

Vertinant procesų (funkcijų) efektyvumą, galima naudoti jų algoritmų struktūrines schemas.

Kadangi dalį šių algoritmų komponentų sudaro SMM, tai tenka kurti šių modelių efektyvumo vertinimo metodus.

Kai optimizuojamo rodiklio vertės yra atsitiktinės, SMM efektyvumui įvertinti galima taikyti anksčiau pateiktą metodą ar jo modifikaciją.

Literatūra

1. **Balaišis P., Navikas D., Vilutis G.** Analysis of digital electronic device reliability // *Telekomunikavijas un elektronika*. ISSN 1407-8880. – Riga: RTU, 2001. – Dejums 1, serija 7. – P. 75 – 80.
2. **Balaišis P., Eidukas D., Navikas D., Besakirskas, A.** Aspects of complex electronic systems reliability // *BEC'2002 Proceedings*. – Tallin, 2002. – P. 307 – 310.

3. **Balaišis P., Eidukas D., Besakirskas, A.** Atypical aspects of reliability of measuring devices (MD) // *Measurement Science Review*. ISSN 1335-8871. – 2003, Vol. 3, section 1. – P. 79 – 82.
4. **Balaišis P., Eidukas D., Kavoliūnas R., Plėštys R., Vilutis G.** Search of Network Efficiency of Information Transmission // *Proceedings of 26th International Conference on INFORMATION TECHNOLOGY INTERFACES ITI 2004*. June 7-10, 2004. – Cavtat/Dubrovnik, Croatia. – P. 587 – 592.
5. **Першиков В.И., Савинков В.М.** Толковый словарь по информатике. – Москва: Финансы и статистика, 1991. – 536 с.
6. **Словарь иностранных слов / Под ред. А. Г. Спиркина.** – Москва: Русский язык, 1993. – 608 с.
7. **Bagdaniavičius N., Besakirskas A., Žickis A., Keras E.** Efficiency of Algorithms of information System Operation // *Proceedings of the 9th Biennial Baltic Electronics Conference*. – Tallinn University of Technology, October 3-6, 2004, Tallinn, Estonia. ISBN 9985-59-462-2. – P. 79 – 82.
8. **Балайшис П.А., Эйдукас Д.Ю.** Динамика качества радиоэлектронных устройств. – Каунас: КТУ, 1991. – 182 с.

Pateikta spaudai 2005 04 12

N. Bagdaniavičius, P. Balaišis, I. Barysaitė, A. Besakirskas, G. Janaščius, A. Žickis. Elektroninių sistemų sprendimų sudarymo modelių efektyvumas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 6(62). – P. 67–70.

Iš elektroninių įtaisų (EĮ) (tarp jų ir elektroninių sistemų (ES)) kokybės sampratos išskirta jų savybių dalis, apibūdinanti techninį efektyvumą. Parodyta, kad šį efektyvumą lemia EĮ ir procesų juose savybės. Nurodytų procesų struktūra apibūdinama ES veikimo algoritmu, kuriame viena iš dalių dažnai būna sprendimų sudarymo modelis (SSM). Pateikti SSM kokybės ir efektyvumo apibūdinimai. Pasiūlytas SSM techninio efektyvumo įvertinimo metodas, kurio esmė iliustruojama ES kokybės rodiklio optimizavimo modeliu. Pasirinktas atvejis, kai optimizuojamoji ES kokybės rodiklio vertė yra atsitiktinė ir apibūdinama skirstiniu. Efektyvumas vertinamas, atsižvelgiant į SSM atitikties poreikiams laipsnį. Poreikiai nusakomi maksimalia leistina tikslo funkcijos verte. Il. 2, bibl. 8 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų kalbomis).

N. Bagdaniavičius, P. Balaišis, I. Barysaitė, A. Besakirskas, G. Janaščius, A. Žickis. Electronic System Solution Creation Model Efficiency // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 6(62). – P. 67–70.

A part of features of electronic devices (ED) (including electronic systems (ES)) was distinguished from their quality conception, which characterizes technical efficiency. It was shown, that this efficiency is determined by ED attributes and properties of processes inside them. The structure of indicated processes is characterized by operation algorithm. Solution creation model (SCM) is often a constituent part of this algorithm. SCM quality and efficiency descriptions were offered. SCM technical efficiency evaluation method was introduced. Essence of this method is illustrated by optimization model of ES quality index. A case was chosen, when value of optimized ES quality index is random, and it is characterized using distribution. Efficiency is evaluated considering degree by which SCM satisfies needs. Needs are defined as the maximal allowable value of purpose function. Ill. 2, bibl. 8 (in Lithuanian; Summaries in Lithuanian, English and Russian).

Н. Багданивичюс, П. Балайшис, И. Барисайте, А. Бэсакирскас, Г. Янашчюс, А. Жицкис. Эффективность моделей принятия решений в электронных системах // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 6(62). – С. 67–70.

Из понятия качества электронных устройств (ЭУ) (в том числе и электронных систем (ЭС)) выделено та часть их свойств, которая характеризует техническую эффективность. Показано, что эту эффективность определяют свойства ЭУ и процессов в них. Структура указанных процессов выражается алгоритмом функционирования ЭС, в котором одной из частей часто бывает модель принятия решения (МПР). Приведены определения качества и эффективности МПР. Предложен метод оценки технической эффективности МПР. Суть указанного метода проиллюстрирована на модели определения оптимального значения показателя качества ЭС. Исследуются варианты, когда значение показателя качества ЭС – случайное и характеризуется распределением. Эффективность определяется исходя из степени соответствия МПР потребностям. Потребности выражаются максимальным допустимым значением целевой функции. Ил. 2, библи. 8 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.10453