

Netiesinis matematinis informacinių sistemų kainos ir naudos analizės modelis

Algis Saulis

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
Informacinių sistemų katedros docentas, daktaras
Vilnius Gediminas Technical University,
Department of Information Systems, Assoc. Prof., Doctor
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40
Tel. (+370 5) 237 06 20
El. paštas: asaulis@fm.vgtu.lt

Straipsnyje nagrinėjama informacinių sistemų matematinis ekonominis modelis, aprašantis sąnaudų, naudos ir pelno priklausomybes nuo apibendrinto sistemos kokybės parametro. Aptariami kokybės parametro nustatymo būdai. Konkrečios sistemos modeliui gauti pakanka išmatuotų ar apskaičiuotų sistemos charakteristikų esant dviem skirtingoms kokybės reikšmėms. Pateikiamas detalus modelio sudarymo algoritmas ir modelio taikymo pavyzdys didžiausiam pelnui skaičiuoti bei sistemos optimalios kokybės paieškai. Atlikta modelio tikslumo analizė, apibrėžtos modelio taikymo galimybės. Modelis gali būti naudojamas racionalioms investicijoms nustatyti modernizuojant ar plečiant organizacijų informacines sistemas.

Informacinės sistemos (IS) matematinis modelis aprašo įvairių sistemos charakteristikų tarpusavio priklausomybes. Kelioms sistemoms palyginti būtina jas įvertinti. Visapusiškas IS įvertinimas yra labai sudėtingas uždavinys, aprašytas daugelyje šaltinių (Irani, 2002; Peffers, Saarinen, 2002; Lewis, 2001). McAuly, Doherty, Keval (2002) pastebėjo, kad tos pačios sistemos įvertinimas gali būti įvairus, nes vertintojai pabrėžia skirtingus dalykus. Vadybos teorija rekomenduoja vertinimams naudoti plačią kriterijų aibę, tačiau dažnai pasitaiko ir supaprastinti vertinimo metodai (Irani ir Love, 2001).

Wen ir Sylla (1999) pasiūlė trijų žingsnių IS vertinimo procesą:

- nematerialių pranašumų įvertinimas,
- investicijų rizikos analizė,
- materialių pranašumų įvertinimas.

Šie žingsniai turi būti vykdomi nurodyta tvarka, t. y. materialūs pranašumai (turbūt aiškiausi) įvertinami paskiausiai.

Peffers ir Saarinen (2002) bei Hallikainen ir Chen (2005) IS vertinimo kriterijus suskirstė į penkias pagrindines universalias grupes:

- strateginės vertės,
- rizikos,
- pelningumo,
- kūrimo ir įsigijimo sėkmingumo,
- naudojimo sėkmingumo.

Pirmosios trys grupės analogiškos pirmiau minėtiems trimis žingsniams. Idealiu atveju vertinimas turėtų būti nuosekliai vykdomas per visas penkias grupes. Palankus vienos grupės kriterijų įvertinimas duoda pagrindą paskesnės grupės sėkmei. Maža investicijų rizika didina pelno tikimybę, sėkmingas IS sukūrimas duoda svarų pagrindą ir sėkmingam jos naudojimui. Reikia pasakyti, kad paskutinių grupių įvertinimas yra galimas tik jau turint veikiančią sistemą. Praktikoje IS vertinimas dažnai esti siauresnis ir priklauso nuo to, kas yra vertintojas ar vertinimo kriterijų užsakovas (McAuly et al.,

2002; Benyon-Davies et al., 2002). Konkretūs organizacijos interesai gali smarkiai sureikšminti vienus kriterijus ir sumenkinti kitus. Gali būti akcentuojama kaina, materialinė nauda, konkurencinis pranašumas ir pan.

IS įvertinti naudojami įvairūs metodai. Renkema ir Berghout (1997) savo apžvalgoje juos skirsto į finansinius, daugiakriterinius, santykinius ir paketinius. Vieno ar kelių tinkamiausių metodų bei kriterijų aibės pasirinkimas priklauso nuo vertinimo tikslo, konkrečios sistemos ir situacijos (Silvius, 2008).

Kaip palyginti kelias IS, turinčias skirtingus parametrus? Ir ką šiuo atveju reikėtų vertinti? Palyginimas įmanomas tik naudojant tą patį matavimo vienetą, apimančią pagrindines IS vertinimo kriterijų grupes. Kriterijų aibės pasirinkimas priklauso nuo projekto tipo, kuris gali būti naujos IS sukūrimas ar įsigijimas, esamos IS modernizavimas ar tobulinimas. Skirsis investicijos į rutinišką ir inovacinę, paprastą ir sudėtingą sistemą.

Organizacijų darbo ir technologinė aplinka laikui bėgant keičiasi, o jų IS nuolat modernizuojamos. Tačiau modernizacijos laipsnis gali būti labai įvairus. Tai labai priklauso nuo organizacijos finansinių galimybių. Netgi jei jos ir nėra ribotos, neaišku, ar didesnės investicijos visada duos didesnę naudą. IS gali būti modernizuojama įvairiais būdais: išplečiamos funkcijos, įsigyjama nauja techninė ir programinė įranga, gerinami esamos sistemos kokybės parametrai.

Šio tyrimo tikslas yra rasti būdą racionalioms investicijoms nustatyti modernizuojant IS. Sprendžiant šį uždavinį tenka pabrėžti ekonominius įvertinimus.

Ekonominiai įvertinimai

Atlikta daug tyrimų siekiant nustatyti IS vertę verslui. Davaraj ir Kohli (2002) išskiria du pagrindinius analizės būdus – skirtumų ir procesų. Skirtumų atveju nagrinėjamas santykis tarp IS investicijų ir organizacijos verslo charakteristikų (pajamų padidėjimo, kainų sumažėjimo, rinkos sąlygų pagerėjimo). Darbai, atlikti paskutiniame XX amžiaus dešimtmetyje, parodė, kad ryšys tarp informacinių technologijų (IT) investicijų

ir organizacijos veiklos charakteristikų bendru atveju negali būti įrodytas (Salmela, 1997). Šis rezultatas žinomas kaip „IT našumo paradoksas“ (Brynjolfsson, 1993). Nepaisant to, investicijų gražos studijos tęsiamos. Silvius (2006) pateiktoje darbų apžvalgoje matyti, kad „našumo paradoksas“ pasireiškia toli gražu ne visada ir ne visur. Skirtumų būdas leidžia gauti statistiškai pagrįstus rezultatus, kurie yra svarbūs ekonominės politikos planavimui. Tačiau šie dėsningumai nebūtinai galios konkrečios organizacijos IT investicijoms. Tos pačios investicijos vienoje organizacijoje gali duoti teigiamą rezultatą, o kitoje neigiamą. Galutinis rezultatas priklauso nuo to, kaip investicijos yra naudojamos.

Procesų būdas nagrinėja, kaip IT investicijos gerina organizacijos veiklą. Pirmiausia buvo atkreiptas dėmesys į veiklos našumo kėlimą, vėliau buvo suprasta ir tai, kad IS gali būti verslo inovacijos įrankiu. Didėjantis IS vaidmuo atspindi ir vertinant IT investicijas. Be tradicinio sąnaudų mažinimo, atsiranda našumo ir verslo vertės veiksniai (Brown, 2005). IT gali padaryti verslą efektyvesnį, lankstesnį ir inovatyvesnį.

Šiuo metu naudojama keletas ekonominių įvertinimų metodų (Silvius, 2008), turinčių savo apribojimus ir taikymo sritis:

- investicijų dabartinės vertės skaičiavimas, naudojamas ilgalaikiams projektams, kai sunku lyginti dabartines kainas su būsima nauda, todėl būsimos vertės perskaičiuojamos šiai dienai;
- investicijų atsipirkimo laiko skaičiavimas, naudojamas ilgalaikių investicijų atveju;
- investicijų gražos skaičiavimas – tai gautos naudos ir sąnaudų skirtumas;
- investicijų gražos normos skaičiavimas – tai investicijų gražos santykinė išraiška;
- pinigų srauto analizė, kai stebimos suminės pajamos ir išlaidos, susijusios su IS investicija, laiko atžvilgiu.

Šiame darbe nagrinėsime tik IS išplėtimo (modernizavimo) atvejį. Investicijos efektyvumą vertinsime gauto papildomo pelno terminais.

$$P = N - K;$$

čia P – pelnas, N – sukurta nauda, K – sąnaudos.

Visi dydžiai čia gali būti išreikšti piniginiiais vienetais. Keliems sistemos variantams palyginti reikės rasti funkcijas $N(x)$, $K(x)$; čia x – sistemos kokybės parametras. Ieškosime

$$P(x) \rightarrow \max,$$

esant tam tikriems x apribojimams (technologiniams, organizaciniams, finansiniams). Šio uždavinio sprendimui tiktų apibendrintas modelis, susiejantis sistemos technines ir ekonomines charakteristikas. Tokio modelio IS atveju literatūroje nerasta. Šiame darbe siūlomas netiesinis IS kainos ir naudos modelis, leidžiantis nustatyti optimalią sistemos kokybės parametro reikšmę, užtikrinančią didžiausią pelną. Tyrimui naudotas teorinis analitinis metodas ir skaitmeninis eksperimentas.

IS modernizacija pradedama suformulavus geidžiamos sistemos funkcinius reikalavimus. Aišku, kad kuo reikalavimai bus aukštesni ir platesni, tuo geresnė IS galėtų būti. Tačiau keliant didesnius reikalavimus kils ir sistemos kaina. Todėl reikalavimai paprastai apsiriboja mažiausiais būtiniais. Projektavimo metu dažnai paaiškėja, kad yra galimybė gauti geresnę sistemą, žinoma, šiek tiek daugiau į ją investavus. Galima gerinti įvairius techninius IS parametrus, išigyti papildomos techninės ar programinės įrangos. Bet ar tai ekonomiškai pagrįsta? Sistemos sąnaudų ir naudos analizė, turinti pateikti galutinį atsakymą, yra gana sudėtinga, nes:

- sistema turi daug parametrų,
- kai kurie parametrai yra tarpusavyje susiję,
- kai kurių parametrų reikšmės įvertinamos subjektyviai,
- nėra analitinių sąnaudų ir naudos priklausomybių nuo atskirų IS parametrų.

Bendru atveju efektyviausios sistemos paieška būtų per daug sudėtinga ir kažin ar pasiteisintų, nes pradiniai duomenys vis tiek bus riboto tikslumo.

Sąnaudų ir naudos analizė

Analizės metu nustatoma tikėtina nauda bei santaupos ir palyginama su numatomomis sąnaudomis.

Pagrindines IS kūrimo ir eksploatavimo sąnaudas sudaro:

- aparatūros ir programinės įrangos kaina,
- personalo darbo užmokestis,
- patalpų įrengimas,
- eksploatacinių medžiagų kaina,
- sistemos naudojimo ir priežiūros sąnaudos.

IS naudą sudaro:

- padidėjusios pajamos,
- sumažėjusios sąnaudos,
- sumažėjusi duomenų apdorojimo kaina,
- aukštesnė gautos informacijos kokybė (mažiau klaidų, trumpesnis atsako laikas ir pan.),
- klientų pasitenkinimas,
- organizacijos įvaizdžio pagerėjimas.

Reikia pažymėti, kad sąnaudos yra nevienodai pasiskirsčiusios laike. Pirmaisiais metais jos yra didžiausios, nes susijusios su aparatūros ir programinės įrangos įsigijimu. Vėlesnės kasmetinės sąnaudos skiriasi nedaug. Nauda pirmaisiais metais gali būti kiek mažesnė nei vėlesniais.

Kad apskaičiuotume pelną:

- sąnaudos ir nauda turi būti matuojamos tais pačiais vienetais, geriausiai tam tinka pinigines išraiškos,
- naudojamos suminės reikšmės, nes pasiskirstymas laike gali būti įvairus; paprastai skaičiuojama visam IS gyvavimo ciklui;
- ekvivalentinėmis piniginėmis išraiškomis reikia įvertinti ir nematerialius komponentus, pvz., darbo sąlygų ar įvaizdžio pagerėjimą.

Netiesinis modelis

IS naudą ir kūrimo sąnaudas modeliuosime vieno kintamojo antros eilės polinomais. Toks pasirinkimas motyvuojamas siekiu naudoti paprasčiausias netiesines funkcijas, kurių parametrus būtų lengva nustatyti. Kintamuoju arba apibendrintu sistemos parametru x (sistemos kokybe) galima laikyti svarbiausią sistemos parametru, jeigu tokį galima išskirti, arba tam tikrą išvestinį parametru. Tokių parametrų sudarymas yra nagrinėtas Vasileco ir kt. (2006, 2007) darbuose.

Modeliuojamos funkcijos turi būti nemažėjančios esant teigiamoms argumento reikšmėms ir tenkinti šiuos reikalavimus:

$$F(0) = 0, \\ F(x) > 0, F'(x) \geq 0, \text{ kai } x > 0.$$

Tam naudosime antros eilės polinomą

$$F(x) = \begin{cases} ax^2 + bx, & \text{kai } (a > 0) \vee (x \leq x_0), \\ -ax_0^2, & \text{kai } (a < 0) \wedge (x > x_0), \end{cases} \quad (1)$$

čia $b > 0, x_0 = \frac{-b}{2a}$.

Kai $a > 0$, tai $F''(x) > 0$, o kai $a < 0$, tai $F''(x) \leq 0$.

Sistemos pelningumas bus nusakomas kaip naudos ir sąnaudų reikšmių skirtumas

$$P(x) = N(x) - K(x),$$

čia $N(x)$ ir $K(x)$ bus modeliuojamos $F(x)$ tipo funkcijomis, t. y. nagrinėsime pelno funkciją

$$P(x) = F_1(x) - F_2(x).$$

F_1 parametrai bus žymimi a_1, b_1, x_{01} , o $F_2 - a_2, b_2, x_{02}$.

Įvairių pelno modeliavimo atvejų suvestinė pateikiama lentelėje.

Vartoti žymėjimai:

$$x_m = \frac{b_2 - b_1}{2(a_1 - a_2)}; \quad d = x_{01}^2 - \frac{a_2}{a_1} x_{02}^2;$$

x_{max}, x_{min} – argumento reikšmės, kai $P(x)$ įgyja ekstremalias reikšmes.

Galima išskirti keturis pagrindinius pelno skaičiavimo atvejus (1 pav.):

A) Nauda viršija sąnaudas, kai $x < 2x_m$; galima rasti x_{max} .

B) Sąnaudos viršija naudą, kai $x < 2x_m$; pelnas didėjantis, kai $x > 2x_m$.

C) Nauda viršija sąnaudas visą laiką, pelnas didėjantis.

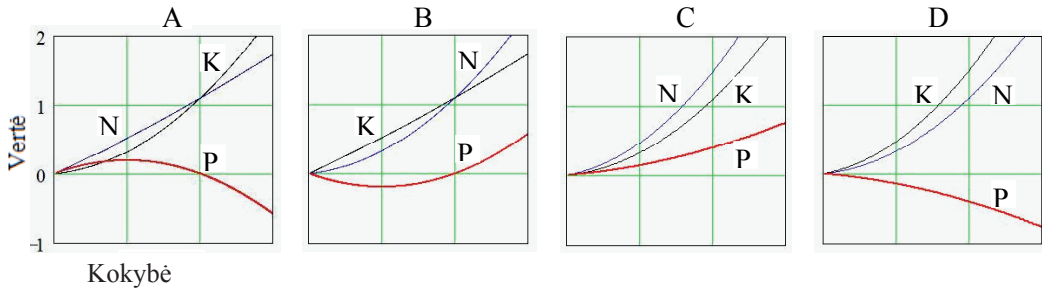
D) Sąnaudos viršija naudą visą laiką, pelno nėra.

Pažymėtina, kad teoriškai įdomiausias A atvejis dažnai pasitaiko praktikoje. Mat nedidelis sistemos kokybės pagerinimas gali būti labai naudingas, o esminis pagerinimas jau nebus įdiegtas. Sąnaudų priklausomybė gali būti priešinga – čia tik nedidelis kokybės pagerinimas gali nebrangiai kainuoti.

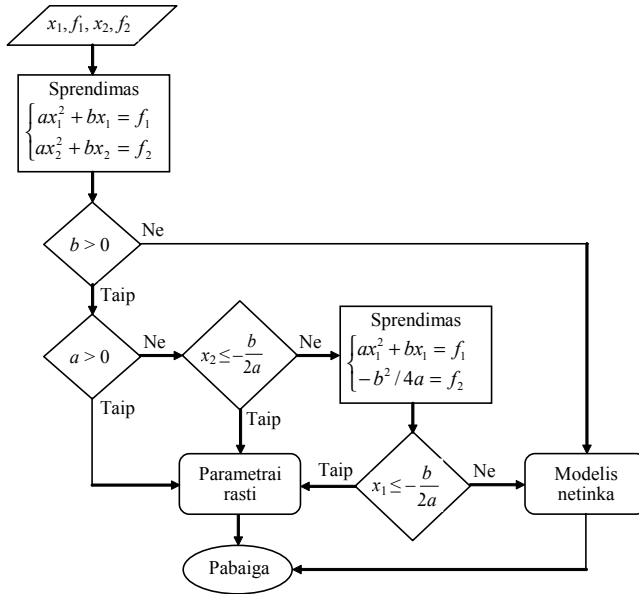
Norint rasti modelio (1) parametrų reikšmes, reikia turėti bent dvi skaičiuotas (ar išmatuotas) funkcijų reikšmes $f_1 = F(x_1)$ ir $f_2 = F(x_2)$. Modelio parametrų skaičiavimo schema parodyta 2 pav. Šiame darbe nesigilinsime, kaip buvo gautos f_1 ir f_2 . Tai atskiras sudėtingas klausimas.

Lentelė. Pelno funkcijos savybės

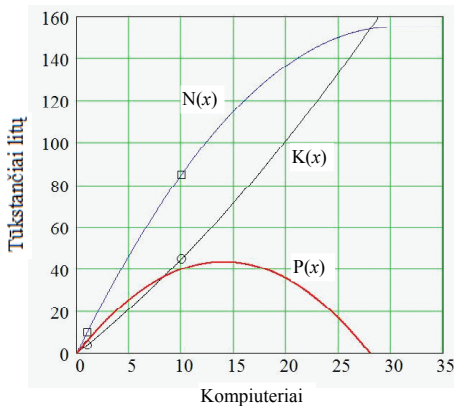
a_1	a_2	$a_1 - a_2$	$b_1 - b_2$	Pelno funkcija ir ekstremalios kokybės parametro reikšmės
> 0	> 0	> 0	> 0	teigiama didėjanti
		> 0	< 0	neigiama, $x_{min} = x_m$; teigiama didėjanti, kai $x > 2x_m$
		< 0	> 0	teigiama, kai $x < 2x_m$; $x_{max} = x_m$
		< 0	< 0	neigiama mažėjanti
< 0	< 0	> 0	> 0	teigiama didėjanti, $x_{max} = x_{01}$
		> 0	< 0	neigiama, $x_{min} = \min(x_{01}, x_m)$; teigiama, kai $(d > 0) \wedge (\min(x, x_{02}) \geq 2x_m \vee (x_{02} < 2x_m \wedge x > (x_{02} - \sqrt{d})))$; $x_{max} = x_{01}$
		< 0	> 0	teigiama, $x_{max} = \min(x_{01}, x_m)$
		< 0	< 0	neigiama mažėjanti, $x_{min} = x_{02}$
> 0	< 0		> 0	teigiama didėjanti
			< 0	neigiama, $x_{min} = x_m$; teigiama, kai $(\min(x, x_{02}) \geq 2x_m) \vee (x_{02} < 2x_m \wedge x > (x_{02} + \sqrt{d}))$
< 0	> 0		> 0	teigiama, $x_{max} = x_m$
			< 0	neigiama mažėjanti



1 p av. Pelno modeliavimas



2 p av. Modelio parametrų radimas



3 p av. Informacinės sistemos išplėtimo modeliavimas

Pavyzdys

Nagrinėjama turimos IS išplėtimo galimybė įsigyjant daugiau kompiuterių. Apskaičiuota, kad vienas papildomas kompiuteris sistemos gyvavimo ciklo metu sukurtų 10 tūkst. litų naudą, o 10 kompiuterių – 85 tūkst. litų. Mažesnė santykinė nauda gaunama dėl to, kad įsigyti 10 kompiuterių būtų naudojami ne visu pajėgumu. Vieno kompiuterio pirkimo ir priežiūros kaina – 4 tūkst. Lt, o 10 kompiuterių – 45 tūkst. Lt. Čia didesnės santykinės sąnaudos atsiranda todėl, kad papildomai tektų plėsti ir kompiuterių tinklą. Netiesinio modeliavimo rezultatai pateikiami 3 pav. Diagramoje parodyti keturi pradinių reikšmių taškai bei naudos $N(x)$, sąnaudų $K(x)$ ir pelno $P(x)$ funkcijos. Didžiausias pelnas gaunamas perkant 14 kompiuterių, tuomet $P(14) = 43\,560$ Lt, o kai kompiuterių yra daugiau kaip 28, sistema tampa nuostolinga. Pažymėtina, kad 10–18 kompiuterių užtikrina 90 % didžiausio efektyvumo.

Tikslumo analizė

Pavyzdyje apskaičiuota optimali sistemos kokybės parametro (kompiuterių skaičiaus) reikšmė yra apytiksli, nes skaičiavimams imtos naudos ir sąnaudų reikšmės irgi nėra tikslios. Turime iš anksto susitaikyti su mintimi, kad visų skaičiavimuose naudotų funkcijų reikšmės turi tam tikrą paklaidą. Rasto optimalaus sistemos parametro x_m tikslumą nusako jo didžiausia

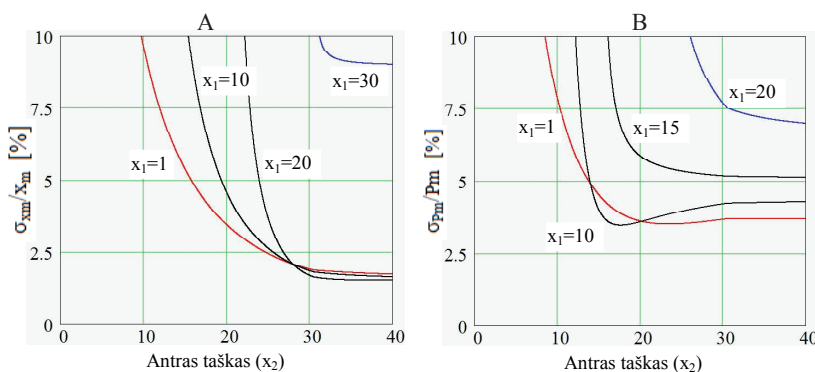
Δ_{x_m} ir vidutinė kvadratinė σ_{x_m} paklaidos. Jeigu nagrinėtame pavyzdyje visų funkcijų f_i reikšmės buvo gautos su 5 % didžiausia santykine paklaida, tai rezultato santykinės paklaidos būtų:

$$\Delta_{x_m}/x_m = 53,8\%; \quad \sigma_{x_m}/x_m = 9,6\%.$$

Didžiausių paklaidų pasirodymo tikimybė yra maža, todėl tikslumo vertinimams geriau naudotis vidutine kvadratine paklaida σ_{x_m} . Nors gautos paklaidos atrodo gana didelės, jas galima sumažinti pasirenkant kitus pradinius taškus x_1 ir x_2 . Laikydami konstantomis rastus modelio parametrus a_1, b_1, a_2, b_2 , o kintamaisiais – x_1 ir x_2 , ieškosime

$$\sigma_{x_m}(x_1, x_2) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Santykinės vidutinės kvadratinės paklaidos analizės rezultatai pateikiami 4 pav. A. Matyti, kad tikslumas didėja mažinant x_1 ir didinant x_2 . Aprašytam pavyzdžiui $\sigma_{x_m}/x_m < 2,0\%$, kai x_2 reikšmė yra neigiamo pelno (nuostolių) srityje, t. y. $x_1 < 2x_m < x_2$. Skaičiavimo tikslumas čia beveik nepriklauso nuo pasirinktų x_1 ir x_2 reikšmių, bet yra tiesiog proporcingas funkcijų f_i tikslumui.



4 pav. Sistemos modeliavimo tikslumas

Didžiausio pelno P_m skaičiavimo tikslumo modeliavimo rezultatai pavaizduoti 4 pav. B. Jie rodo, kad $\sigma_{P_m}/P_m < 4,5\%$, kai $x_1 < x_m < x_2$.

Nagrinėtas pavyzdys neturėjo jokių apribojimų. Praktikoje gali būti ribojamos sąnaudos (pradinės arba visos). Tai būtina 1 pav. B ir C atvejais, tačiau gali būti taikoma ir 1 pav. A atveju. Didžiausios leistinos sąnaudos $K_m = F_2(x_k)$ padeda rasti atitinkamą x_k reikšmę ir apskaičiuoti didžiausią pelną $P(x_{max})$.

$$x_{max} = \begin{cases} x_k, & \text{kai } x_k < x_m, \\ x_m, & \text{kai } x_k \geq x_m. \end{cases}$$

Nagrinėtame pavyzdyje, kai $K_m = 50\,000$ Lt, gauname $x_{max} = x_k = 11$; $P_m = 41\,555$ Lt. Šio skaičiavimo tikslumo analizė duoda rezultatus, panašius į pateiktus 4 pav.:

$$\sigma_{x_{max}}/x_k < 1,5\% \text{ ir } \sigma_{P_m}/P_m < 4,5\%, \text{ kai } x_1 < x_k < x_2.$$

Reikia pasakyti, kad visos pateiktos rezultatų tikslumo reikšmės yra gautos esant prielaidai, kad pats modelis yra tikslus. Modelio atitiktis konkrečiai IS gali būti iširta turint daugiau sistemos sąnaudų ir numatomos naudos duomenų.

Išvados

Pasiūlytas matematinis IS modelis, aprašantis ekonominių IS charakteristikų priklausomybes nuo apibendrinto sistemos kokybės parametro. Sistemos kokybės parametru galima laikyti svarbiausią sistemos parametą, jeigu tokį galima išskirti, arba tam tikrą išvestinį parametą. Modelis gali būti naudojamas ekonomiškai efektyviausiai

sistemai nustatyti, optimaliam IS kokybės parametru rasti, racionalioms investicijoms ir didžiausiam pelnui skaičiuoti.

Modelio parametrams nustatyti reikia žinoti analizuojamos sistemos ekonomines charakteristikas esant dviem skirtingoms kokybės parametro reikšmėms.

Aprašytas modelio parametų skaičiavimo algoritmas ir pateiktas pavyzdys, iliustruojantis praktinį modelio taikymą. Atlikta modelio parametų tikslumo nustatymo analizė ir apibrėžti pradinių duomenų reikalavimai siekiant gauti norimo tikslumo modelį.

Modelis gali būti tobulinamas ir plečiamas įtraukiant į jį daugiau IS parametų, susietų su ekonominėmis charakteristikomis, ir modeliuojant sudėtingesnius šių dydžių tarpusavio ryšius.

LITERATŪRA

- BENYON-DAVIES P.; OWENSI.; WILLIAMS M. (2004). Information systems evaluation and the information systems development process. *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 17, no. 4, p. 276–282.
- BRYNJOLFSSON E. (1993). The productivity paradox of information technology. *Communications of the ACM*, vol. 36, no. 12, p. 67–77.
- BROWN A. (2005). IS Evaluation in Practice. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, vol. 8, issue 3, p. 169–178, available online at: www.ejise.com
- DAVARAJ S.; KOHLI R. (2002). *The IT Payoff. Measuring the business value of information technology investments*. Prentice Hall.
- HALLIKAINEN P.; CHEN L. (2005). A Holistic Framework on Information Systems Evaluation with a Case Analysis. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, vol. 9, issue 2, p. 57–64, available online at: www.ejise.com
- IRANI Z. (2002). Information systems evaluation: navigating through the problem domain. *Information & Management*, vol. 40, no. 1, p. 11–24.
- IRANI Z.; LOVE P. (2001). The Propagation of Technology Management Taxonomies for Evaluating Investments in Information Systems. *Journal of Management Information Systems*, vol. 17, no. 3, p. 161–177.
- LEWIS J. (2001). *Fundamentals of project management*. NY, USA: AMACOM.
- MCAULAY L.; DOHERTY N.; KEVAL N. (2002). The stakeholder dimension in information systems evaluation. *Journal of Information Technology*, vol. 17, no. 4, p. 241–255.
- PEFFERS K.; SAARINEN T. (2002). Measuring the Business Value of IT Investments: Inferences from A Study of Senior Bank Executives. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, vol. 12, no. 1, p. 17–38.
- RENKEMA T. J. W.; BERGHOUT E. W. (1997). Methodologies for information system investment evaluation at the proposal stage: a comparative view. *Information and Software Technology*, vol. 39, no. 1, p. 1–13.
- SALMELA H. (1997). From information systems quality to sustainable business quality. *Information and Software Technology*, vol. 39, no. 12, p. 819–827.
- SILVIUS A. J. G. (2006). Does ROI Matter? Insights into the true Business Value of IT. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, vol. 9, issue 2, p. 93–104, available online at: www.ejise.com
- SILVIUS A. J. G. (2008). The Business Value of IT: A Conceptual Model for Selecting Valuation Methods. *Communications of the IIMA*, vol. 8, issue 3, p. 7–65.
- VASILECAS O.; SAULIS A.; DEREŠKEVIČIUS S. (2006). Evaluation of information systems procurement: goal and task-driven approaches. *Information Technology and Control*, vol. 35, no. 3, p. 229–234.
- VASILECAS O.; SAULIS A.; PALIULIS N. K.; VAIČIULIS R. S. (2007). Managerial Aspects of the Evaluation of Information Systems Procurement. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, nr. 41, p. 169–181.
- WEN H. J.; SYLLA C. A. (1999). Road Map for the Evaluation of Information Technology Investment. Iš: Mahmood and Szewczak (Eds.). *Measuring Information Technology Investment Payoff: Contemporary Approaches*. Idea Group Publishing.

NONLINEAR MATHEMATICAL MODEL OF INFORMATION SYSTEM FOR COST-BENEFIT ANALYSIS

Algis Saulis

Summary

The paper deals with mathematical economic model describing dependencies between system cost, benefit, profit and generalised quality parameter of information system. Methods of quality parameter definition are briefly discussed. To specify model of an actual information system, it's enough to know system characteristics that correspond to two different

quality values. Detail algorithm of the model specification and its application to find the highest profit and corresponding quality parameter is presented. Analysis of model accuracy is performed, and possibilities of model employment are defined. The model can be used to estimate rational investments during development of business information systems.