

## INFORMACIJOS SRAUTŲ, ATSPINDINČIŲ DETALIŲ GAMYBĄ CECHE, TYRINĖJIMAS KORELIACINĖS IR REGRESINĖS ANALIZĖS METODAIS

V. MACIEKUS

Projektuojant automatizuoto gamybos valdymo sistemas pramonės įmonėms, susiduriama su ekonominės informacijos srautų, atspindinčių įvairius įmonėje vykstančius gamybinius-ūkinius procesus, apimčių nustatymo problema. Jeigu apskaičiuoti esamų informacijos srautų apimtis praktiškai įmanoma (nors tai ir darbiamus procesas), tai būsimų informacijos srautų prognozės paprastai būna su didelėmis paklaidomis, nes kol kas tiksliai nežinoma, kokie veiksniai ir koku mastu nulemia įvairių informacijos rūšių srautų kiekybines charakteristikas. Dėl netikslumų prognozuojant informacijos srautų apimtis, nukenčia projektavimo darbų kokybė, nes, remiantis klaidingais duomenimis, neteisingai apskaičiuojamas periferinių informacijos surinkimo ir perdavimo įrenginių ir mašininų informacijos nešėjų (perforacinių kortelių, perforacinių juostų, magnetinių juostų ir t. t.) poreikis, netiksliai planuojamas elektroninės skaičiavimo mašinos apkrovimas. Iš to, kas pasakyta, galima padaryti išvadą, kad reikia specialiai ištyrinėti informacijos srautams įtakos turinčius veiksnius ir išreikšti jų įtaką kiekybiškai.

Siame straipsnyje aprašomi įvairių veiksmų įtakos informacijos srautams, atspindintiems detalių gamybą ceche, tyrinėjimo rezultatai. Tyrinėjimų vieta — Vilniaus kuro aparatūros gamyklos Automatinis cechasis. Informacijos srautai buvo tyrinėti trijuose (iš penkių) cecho baruose, t. y. Siurblio detalių galutinio apdirbimo bare, Sešių velenų automatų bare ir Vieno veleno automatų bare.

Informacinių požiūriu pats faktas, kad ceche pagamintas arba gaminamas tam tikras detalių kiekis, yra „daiktinis įvykis“ [1], o šio fakto atspindėjimas dokumente arba kokiame nors kitame informacijos nešėjyje (perforacinėje kortelėje, perforacinėje juostoje ir t. t.) yra jau „informacinis įvykis, pranešimas“ [1]. Pranešimas — tai vieną reiškinį, įvykį, procesą aprašančių „konkrečių reikšmių kompleksas“ [2]. Mūsų nagrinėjamu atveju vieną pranešimą sudaro duomenys apie patį darbo objektą (detalės šifras arba pavadinimas), darbo atlikėją (darbininko tabelinis numeris arba pavardė ir inicialai), darbo procese įvykusių darbo objekto geometrinės formos arba fizikinių-mechaninių savybių pakitimų turinį (vienos arba kelių technologinių operacijų šifrai arba pavadinimai priklausomai nuo to, ar darbininkas atlieka vieną ar kelias operacijas), darbo objekto kiekybines ir kokybines charakteristikas (darbininkui išduotų detalių skaičius, darbininko kokybiškai apdorotų ir techninės kontrolės išbrokuotų detalių skaičius), darbo objektų partijų numerius (maršrutinės kortelės (detalių partijos) numeris). Apdorojant tokio turinio pranešimus, atliekama tarpoperacinio detalių judėjimo ir išbrokuotų detalių apskaita, darbininkams

priskaitomas darbo užmokestis, apskaičiuojamas darbininkų išdirbis. Šie pranešimai Automatiniam ceche fiksuojami tik šiai gamyklai būdinguose pirminiuose dokumentuose — „Kontrolinėse knygosė“, kuriomis remiantis vėliau išrašomos paskyros darbininkų darbo užmokesčiui priskaityti, sudaromi kai kurie kiti dokumentai. Suskaičiuotus įrašus „Kontrolinėse knygosė“, buvo nustatytas pranešimų apie atskirų pavadinimų detalių gamybą tiriamuose baruose per tam tikrą laikotarpį skaičius. Be to, buvo gauti duomenys apie pagamintų per tą patį laikotarpį detalių skaičių, detalių svorius ir atskirų pavadinimų detalių apdorojimo operacijų skaičių. Gautų duomenų analizė parodė, kad tarp pranešimų skaičiaus, iš vienos pusės, ir pagamintų per tą patį laikotarpį detalių skaičiaus, detalių svorių ir technologinių operacijų skaičiaus, iš antros pusės, yra tiesinės formos koreliacinis ryšys.

Kiekybiniam atskirų veiksnių įtakos įvertinimui reikia apskaičiuoti daugybinės regresijos lygties parametrus. I lentelėje pateikti regresijos lygties parametrai apskaičiuotam reikalingi duomenys, gauti atlikus tyrimus Automatinio cecho Siurblio detalių galutinio apdirbimo bare. Iš generalinės visumos, kurią sudaro 57 bare apdorojamos detalės, tipinės atrankos būdu atrinkta 30.

I lentelė

**AUTOMATINIO CECO SIURBLIO DETALIŲ GALUTINIO APDIRBIMO BARE  
PER 1970 METŲ VASARIO—BIRZELIO MĖNESIUS PAGAMINTŲ DETALIŲ KIEKIS,  
JŲ SVORIAI, TECHNOLOGINIŲ OPERACIJŲ IR PRANEŠIMŲ  
APIE DETALIŲ GAMYBĄ SKAIČIUS**

	Pagaminta detalių* (vnt.)	Detalių svoriai** (g)	Technologinių operacijų skaičius (vnt.)	Pranešimų skaičius (vnt.)
1	2	3	4	5
1106012-05	77190	129	2	259
1106013-05	37000	105	2	140
1106031-06	73360	78	1	120
1106095-06	84530	15	1	108
1106324-06	36030	14	1	41
1106326-06	37650	106	1	81
1106381	38430	126	1	110
1106388	45200	27	1	94
1110022	34540	131	1	90
1110023	33020	42	2	95
1110033	41580	14	2	80
1110103	35680	5	2	82
1110174	37490	12	2	120
1110178	37070	105	2	123
1110182	32610	18	2	92
1110185	39230	6	2	80
1110187-05	77550	17	2	143
1110192	40660	6	3	150
1110193	37910	40	1	73
1110212	38270	2	2	105
1110213	35140	5	1	37
1110271	36920	208	4	327
1110273	31940	5	1	22
1110362	75560	31	2	203
1111118	35590	65	1	37
1111122	42440	26	1	95
1111124	38880	18	2	154
1111246	36760	135	3	253
1111248	73830	45	2	135
1111356	158870	11	3	364

\* Skaičiuojami palengvinti detalių skaičiai suapvalinti iki dešimčių.

\*\* Skaičiuojami palengvinti detalių svoriai suapvalinti iki vienetų.

Tegul  $X_1$  — pranešimų apie detalių gamybą bare skaičius per penkis mėnesius,  $X_2$  — pagamintų per tą patį laikotarpį detalių skaičius,  $X_3$  — detalių svoriai,  $X_4$  — technologinių operacijų skaičius. Tuomet bendra daugybinės regresijos lygties forma tokia [3]:

$$X_1 = a + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 \quad (1).$$

Reikia surasti parametras  $a$  ir grynuosius regresijos koeficientus  $b_2$ ,  $b_3$  ir  $b_4$ . Tuo tikslu, panaudojus 1 lentelės duomenis, apskaičiuojami normalinių lygčių koeficientai ir sudaroma tokia normalinių lygčių sistema [3]:

$$\begin{aligned} 201699340,6b_2 - 548285,8b_3 + 11798,6b_4 &= 3739711,4 \\ -548285,8b_2 + 84703,1b_3 + 285,6b_4 &= 54759,6 \\ 11798,6b_2 + 285,6b_3 + 17b_4 &= 1390 \end{aligned} \quad (2).$$

Išsprendus (2) lygčių sistemą, gaunama:

$$b_4 = 60,896688, \quad b_3 = 0,559752, \quad b_2 = 0,016501.$$

Parametras  $a = 127,1 - 4936,43b_2 - 51,57b_3 - 1,77b_4$  [3], iš kur  $a = -91$ .

Ištačius surastas reikšmes į (1) lygtį, gaunama:

$$X_1 = -91 + 0,00165X_2 + 0,559752X_3 + 60,896688X_4 \quad (3).$$

(Skaičiavimams palengvinti buvo paimta  $\frac{X_2}{10}$ ; todėl, įstatant  $b_2$  reikšmę į (1) lygtį, imama  $\frac{b_2}{10}$ .)

Grynasis regresijos koeficientas  $b_2$  rodo, kad, esant pastoviam  $X_3$  (detalių svoriui) ir  $X_4$  (technologinių operacijų skaičiui), o  $X_2$  (detalių skaičiui) padidėjus 1000 vienetų, pranešimų skaičius padidėja apytikriai 1,7 vieneto. Tuo pačiu koeficientas  $b_3$  parodo, kad, esant pastoviam  $X_2$  ir  $X_4$ , o  $X_3$  padidėjus 10 gramų, pranešimų skaičius padidėja 5,6 vieneto. Didžiausios įtakos pranešimų apimčiai turi technologinių operacijų skaičius. Kaip matyti iš (3) lygties, esant pastoviam  $X_2$  ir  $X_3$ , o  $X_4$  padidėjus vienetu, pranešimų skaičius išauga beveik 61 vienetu.

2 lentelėje pateiktas teorinis, pagal regresijos lygtį apskaičiuotas pranešimų skaičius bei jų nukrypimai nuo faktiško pranešimų skaičiaus.

Apskaičiuotų pagal regresijos lygtį pranešimų skaičiaus nesutapimo su faktišku pranešimų skaičiumi mastą apibendrintai nusako įvertinimo tikslumo rodiklis — standartinė įvertinimo paklaida [3]  $S = 22,42$ .

Koreliacinio ryšio tarp veiksmų (detalių skaičius, detalių svoriai, technologinių operacijų skaičius) ir priklausomo kintamojo (pranešimų skaičius) tamprumo laipsnį rodo daugybinės koreliacijos koeficientas [3]  $R = 0,965$ . Kadangi  $R$  reikšmė arti maksimalios reikšmės  $+1$ , galima padaryti išvadą, kad koreliacinis ryšys tarp veiksmų ir priklausomo kintamojo yra tamprus.

Atskirų veiksmų dalinis poveikis priklausomam kintamajam patikimiausiai išmatuojamas  $\beta$  koeficientų pagalba [3]. Konkrečios  $\beta$  koeficientų reikšmės duotam atvejui tokios: detalių skaičiui —  $\beta_2 = 0,5374$ , detalių svoriui —  $\beta_3 = 0,6671$ , technologinių operacijų skaičiui —  $\beta_4 = 0,6692$ . Palyginus tarpusavy  $\beta$  koeficientus, matyti, kiek mažesnė detalių skaičiaus įtaka pranešimų apimčiai.

Sešių velenų automatų bare iš 39 pavadinimų detalių generalinės višumos tipinės atrankos būdu analizei atrinkta 20. Kadangi, apdorojant detales, bare atliekama tik viena technologinė operacija, šis veiksnys pra-

1	2	3	4	Apskaičiuoti regresijos lygties komponentai				9	10	11
				5	6	7	8			
	Detalių skaičius $X_2$	Detalių svoriai $X_3$	Technologinių operacijų skaičius $X_4$	$b_2 \cdot X_2$	$b_3 \cdot X_3$	$b_4 \cdot X_4$	parametras $a$	Pagal regresijos lygtį apskaičiuotas pranešimų skaičius* $X'_1$	Faktiškas pranešimų skaičius $X_1$	Nukrypimas nuo faktiško pranešimų skaičius $X_1 - X'_1$
1106012-05	77190	129	2	127,36	72,21	121,79	-91	230	259	+29
1106013-05	37000	105	2	61,05	58,77	121,79	-91	151	140	-11
1106031-06	73360	78	1	121,05	43,67	60,90	-91	135	120	-15
1106095-06	84530	15	1	139,47	8,40	60,90	-91	118	108	-10
1106324-06	36030	14	1	59,45	7,84	60,90	-91	37	41	+4
1106326-06	37650	106	1	62,12	59,34	60,90	-91	91	81	-10
1106381	38430	126	1	63,41	70,53	60,90	-91	104	110	+6
1106388	45200	27	1	74,58	15,11	60,90	-91	60	94	+34
1110022	34540	131	1	56,99	73,33	60,90	-91	100	90	-10
1110023	33020	42	2	54,48	23,51	121,79	-91	109	95	-14
1110033	41580	14	2	68,61	7,84	121,79	-91	107	80	-27
1110103	35680	5	2	58,87	2,80	121,79	-91	92	82	-10
1110174	37490	12	2	61,86	6,72	121,79	-91	99	120	+21
1110178	37070	105	2	61,16	58,77	121,79	-91	151	123	-28
1110182	32610	18	2	53,81	10,09	121,79	-91	95	92	-3
1110185	39230	6	2	64,73	3,36	121,79	-91	99	80	-19
1110187-05	77550	17	2	127,96	9,52	121,79	-91	168	143	-25
1110192	40660	6	3	67,09	3,36	182,69	-91	162	150	-12
1110193	37910	40	1	62,55	22,40	60,90	-91	55	73	+18
1110212	38270	2	2	63,15	1,12	121,79	-91	95	105	+10
1110213	35140	5	1	57,98	2,80	60,90	-91	31	37	+6
1110271	36920	208	4	60,92	116,43	243,59	-91	330	327	-3
1110273	31940	5	1	52,70	2,80	60,90	-91	25	22	-3
1110362	75560	31	2	124,67	17,35	121,79	-91	173	203	+30
1111118	35590	65	1	58,72	36,39	60,90	-91	65	37	-28
1111122	42440	26	1	70,03	14,55	60,90	-91	54	95	+41
1111124	38880	18	2	64,15	10,08	121,79	-91	105	154	+49
1111246	36760	135	3	60,65	75,57	182,69	-91	228	253	+25
1111248	73830	45	2	121,82	25,19	121,79	-91	178	135	-43
1111356	158870	11	3	262,14	6,16	182,69	-91	360	364	+4

\* Pranešimų skaičius suapvalintas iki vienetų.

leidžiamas. Todėl bendra daugybinės tiesinės regresijos lygties forma supaprastėja:

$$X_1 = a + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 \quad (4).$$

Pagal anksčiau nurodytą metodiką apdorojus turimus duomenis, gaunama tokia normalinių lygčių sistema:

$$\begin{aligned} 27621774,95b_2 - 384017,8b_3 &= 415574,9 \\ -384017,8b_2 + 528801,2b_3 &= 113009,4 \end{aligned} \quad (5).$$

Išsprendus (5) lygčių sistemą, gaunama:

$$b_3 = 0,226926, \quad b_2 = 0,0182.$$

Parametras  $a$  surandamas iš lygybės  $a = 121,1 - 3739,05b_2 - 164,8b_3$ , iš kur  $a = 15,7$ .

Įstačius surastas reikšmes į (4) lygtį, gaunama:

$$X_1 = 15,7 + 0,00182X_2 + 0,226926X_3 \quad (6).$$

(Skaičiavimams palengvinti buvo paimta  $\frac{X_2}{10}$ ; todėl, įstatant  $b_2$  reikšmę į (4) lygtį, imama  $\frac{b_2}{10}$ .)

Vieno veleno automatų bare iš generalinės visumos, kurią sudaro 37 bare apdorojamos detalės, tipinės atrankos būdu analizei atrinkta 25. Kaip ir Sešių velenų automatų bare, apdorojant detales, atliekama po vieną operaciją. Todėl naudojama antra daugybinės tiesinės regresijos lygties forma. Apdorojus turimus duomenis, sudaroma normalinių lygčių sistema:

$$\begin{aligned} 337470033,8b_2 - 269844,2b_3 &= 2647205 \\ -269844,2b_2 + 1830,6b_3 &= -750,6 \end{aligned} \quad (7).$$

Išsprendus (7) lygčių sistemą, gaunama:

$$b_3 = 0,845994, \quad b_2 = 0,008521.$$

Parametras  $a$  surandamas iš lygybės  $a = 93,52 - 5578,08b_2 - 13,12b_3$ , iš kur  $a = 34,89$ .

Įstačius surastas reikšmes į (4) lygtį, gaunama:

$$X_1 = 34,89 + 0,000852X_2 + 0,845994X_3 \quad (8).$$

(Kaip ir anksčiau, skaičiavimams palengvinti buvo paimta  $\frac{X_2}{10}$ ; todėl, įstatant  $b_2$  reikšmę į (4) lygtį, imama  $\frac{b_2}{10}$ .)

Palyginus (8) lygtį su (6), matyti, kad Vieno veleno automatų bare pranešimų skaičiui žymiai didesnės įtakos turi detalių svoriai. Jeigu Sešių velenų automatų bare, esant pastoviam  $X_2$  (detalių skaičiui) ir  $X_3$  (detalių svoriui) padidėjus 10 gramų, pranešimų skaičius padidėja tik 2,3 vieneto, tai Vieno veleno automatų bare — 8,5 vieneto. Tuo tarpu detalių skaičiaus įtaka pranešimų skaičiui Vieno veleno automatų bare daugiau negu perpus mažesnė. Visa tai iš dalies galima paaiškinti skirtingais detalių svorių ir detalių skaičių variacijos užmojais Sešių ir Vieno veleno automatų baruose. Jeigu pirmame bare detalių svorių variacijos užmojis lygus 639 g, tai antname bare — tik 38 g. Apskaičiavus detalių skaičiaus variacijos užmojus,

gaunami priešingi rezultatai: pirmame bare variacijos užmojis lygus 38 700 vienetų, antrame — 105 490 vienetų. Įtakos grynųjų regresijos koeficientų skaitmeninei išraiškai galėjo turėti ir kiti, straipsnyje nenagrinėjami veiksniai. Norint įvertinti šių veiksnių įtaką, reikia atlikti papildomus tyrinėjimus.

Nevienodą tų pačių veiksnių abiejuose baruose įtaką priklausomam kintamajam  $X_1$  vaizdžiai iliustruoja 3 lentelėje pateikti  $\beta$  koeficientai.

3 lentelė

**$\beta$  KOEFICIENTŲ REIKSMES**

Gamybinio baro pavadinimas	$\beta_1$	$\beta_2$
Sešių velenų automatų	0,4711	0,8128
Vieno veleno automatų	0,8922	0,2064

Daugybinės koreliacijos koeficientai rodo pakankamai tamprų ryšį tarp veiksnių ir priklausomo kintamojo tiek viename, tiek  $\dagger$  kitame bare. Jų skaitmeninės reikšmės tokios: Sešių velenų automatų bare  $R=0,897$ , Vieno veleno automatų bare  $R=0,844$ .

Standartinės įvertinimo paklaidos abiejuose baruose, kaip ir Siurblio detalių galutinio apdirbimo bare, nežymiai viršija 20, būtent, Sešių velenų automatų bare  $\bar{s}=21,81$ , Vieno veleno automatų bare  $\bar{s}=20,05$ .

Remiantis gautais visuose trijuose baruose teigiamais tyrinėjimų rezultatais (palyginti nedidelės standartinės įvertinimo paklaidos ir tamprus koreliacinis ryšys tarp veiksnių ir priklausomo kintamojo), galima padaryti išvadą apie galimybę panaudoti daugybinės regresijos lygties parametrus informacijos apimčių nustatymui.

Vilniaus Valstybinis V. Kapsuko universitetas  
Ekonominės kibernetikos katedra

Redakcinei kolegijai įteikta  
1970 m. spalio mėn.

**L I T E R A T O R A**

1. Майминас Е. З., Процессы планирования в экономике: информационный аспект, «Минтис», Вильнюс, 1967.
2. Королев М. А., Обработка экономической информации на электронных машинах, (Теоретические вопросы), «Экономика», М., 1964.
3. Езекиэл М., Фокс К. А., Методы анализа корреляций и регрессий линейных и криволинейных, «Статистика», М., 1966.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ,  
ОТРАЖАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВО ДЕТАЛЕЙ В ЦЕХЕ,  
МЕТОДАМИ АНАЛИЗА КОРРЕЛЯЦИИ И РЕГРЕССИИ**

**В. МАЧЕКУС**

**Резюме**

В статье излагаются результаты исследования количественного влияния отдельных факторов на объемы информационных потоков, отражающих производство деталей в цехе. Исследовались три участка автоматного цеха Вильнюсского завода топливной аппаратуры. Анализ собранных данных показал, что между количеством сообщений о поопе-

рациональном производстве деталей, с одной стороны, и количеством деталей, их весом и количеством технологических операций, с другой стороны, существует корреляционная связь линейной формы. Для количественной оценки отдельных факторов были определены параметры уравнений множественной регрессии и составлены следующие уравнения для отдельных участков:

$$X_1 = -91 + 0,00165X_2 + 0,559752X_3 + 60,896688X_4;$$

$$X_1 = 15,7 + 0,00182X_2 + 0,226926X_3;$$

$$X_1 = 34,89 + 0,000852X_2 + 0,845994X_3,$$

(где  $X_1$  — количество сообщений о производстве деталей;  $X_2$  — количество изготовленных деталей в штуках;  $X_3$  — веса деталей в граммах;  $X_4$  — количество технологических операций. Для второго и третьего участков, где выполняется только одна операция,  $X_4$  пропущен).

Уровень несоответствия количества сообщений, вычисленных по уравнениям регрессии, с фактическим количеством сообщений обобщенно определяют стандартные ошибки оценки, значения которых для отдельных участков следующие:  $\bar{S}_1 = 22,42$ ,  $\bar{S}_2 = 21,81$ ,  $\bar{S}_3 = 20,05$ . Тесноту корреляционной связи между факторами (количество деталей, их вес, количество технологических операций) и зависимой переменной (количество сообщений) показывают коэффициенты множественной корреляции:  $R_1 = 0,965$ ,  $R_2 = 0,897$ ,  $R_3 = 0,844$ . Их значения близки максимальному значению +1.

Положительные результаты исследования (сравнительно небольшие стандартные ошибки оценки, тесная корреляционная связь) являются предпосылкой возможности использования параметров уравнения множественной регрессии для определения объемов информационных потоков.