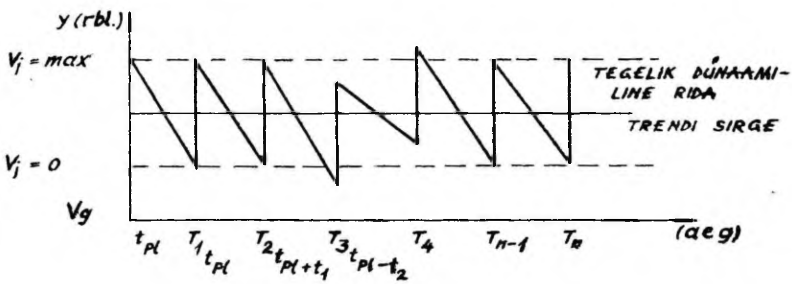
EHITUSETTEVÕTETE TOOTMISVARUDESSE PAIGUTATUD KÄIBEVAHENDITE NORMATIIVIDE ANALÜÜS MATEMAATILIS-STATISTILISTEL MEETODITEL

V. Raudsepp
Rahanduse ja krediidi kateeder
V. Tamm
Rahvamajandusharude ökonoomika kateeder

Materiaalsed tootmisvarud on vajalikud iga tööstusettevõtte või ehitusettevõtte tootmislikus tegevuses. Kuna materiaalsed ressursid varude kujul on ajutiselt ringlussfäärist kõrvaldatud (n.-ö. kinni külmutatud), siis rahvamajandusele tervikuna ei ole see ükskõik, milline kogus varudena seisab. See pole ükskõik ka ehitusettevõttele, sest suurte tootmisvarude puhul nõutakse rohkem käibevahendeid, mis omakorda mõjutavad ehitusettevõtte rentaablust (fondimaksu, krediidiprotsendi jne. abil). Järelikult on tootmisvarude ja nendesse paigutatavate käibevahendite teaduslikult põhjendatud normeerimisel ja normatiivide analüüsil esmajärguline tähtsus.

Peab möönma, et seni on meie majandusalases kirjanduses veel vähe tähelepanu pööratud käibevahendite normatiivide analüüsi meetodite väljatöötamisele. Seepärast pidasime vajalikuks hakata otsima teid maaehitusettevõtte käibevahendite normatiivide analüüsiks matemaatilis-statistilistel meetoditel. Järgnevalt lühidalt meie poolt väljatöötatud analüüsi meetodist.

Piltliku ülevaate tootmisvarude liikumisest annab tootmisvarude liikumise graafiline mudel.



Joon. 1. Tootmisvarude liikumise mudel.

Ehitusettevõtte varustuse ideaalsel organiseerimisel peaks V_j hälbima oma maksimaalväärtuse ja nulli vahel, s. o. $V_{j\,max} \geqslant \geqslant V_j \geqslant 0$, kuna aga $V_g = \text{const}$. Tegelikult see ongi nii ajamomentidel T_0, T_1, T_2, kuid ajamomendil T_3 saabusid materjalid hilinemisega t_1 päeva, mistõttu kulutati garantiivarust $q \cdot t_1$ ühikut. Ajamomendil T_4 saabusid materjalid varem t_2 päeva võrra, mille tagajärjel tekkis ülenormatiivne varu $q\ (t_2 - t_1)$ ühikut jne.

Ehitusettevõte kasutab oma tootmislikus tegevuses palju eri liiki materjale, mis saabuvad erinevatel aegadel (ja erinevates kogustes). Näiteks kui ühe materjali puhul $V_j = \max$, on teise seis kahanenud poole võrra, kolmas läheneb nullseisule jne. Tootmisvarudesse paigutatavate käibevahendite normeerimisel võimaldab selline olukord kasutada vahendite vajaduse leidmiseks trendi.

Võtame ühe materjaliliigi (näiteks tsemendi) ja uurime sellesse paigutatud käibevahendite hulga muutust. Lähteandmed koondame tabelisse 1 ning kujutame dünaamilise reana joonisel 2.

Materjalivaru dünaamilisele reale võime trendi arvutada vähimruutude meetodil siis, kui oleme tõestanud, et materjalivarude seisud on juhuslikud suurused ja need alluvad normaaljaotusele.

Materjali laovaru suuruse juhuslikkust tingivad järgmised tegurid:

1) ehitus- ja montaažitööde plaani täitmine, ületamine, mittetäitmine;
2) ülekulu või sääst materjalide kasutamisel;
3) hankelepingute, tellimuste, hankegraafikute täitmine või mittetäitmine;
4) kasutatavad transpordiliigid ja -skeemid jne.

Ehitusmaterjalide laoseisude kui juhuslike suuruste normaalsele jaotusele allumise tõestamiseks piisab, kui pöördume Westergardi [1] arvude poole.

Westergardi arvud on 0,3; 0,7; 1,1 ja 3. Et neid arvusid kasutada, tuleb kõigepealt kindlaks määrata aritmeetiline keskmine $\bar{x}$ ja ruutkeskmise hälve σ (vt. tabel 2):

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i}{t} = \frac{33{,}41}{17} \approx 2;$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{t}} = \sqrt{\frac{3{,}621}{17}} \approx 0{,}46.$$

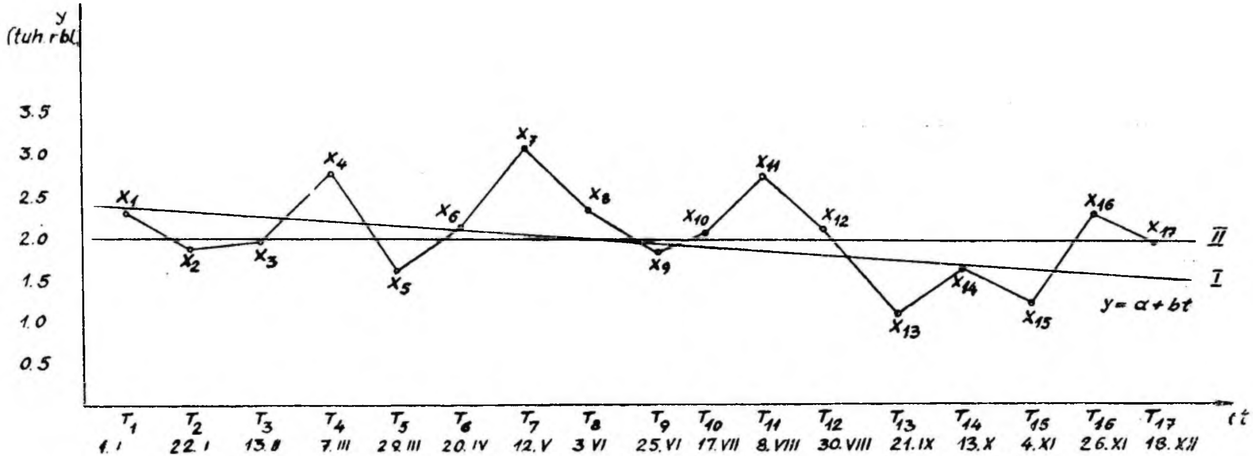
---

[1] И. Т. Венецкий, Г. С. Кильдишев. Основы теории вероятностей и математической статистики. М., 1968, с. 206.

Tabel 1

Käibevahendite vajaduse (Y_i) arvutustabel

t' arv	tinglikud t_i'	x_i	$t_i'^2$	$x_i t_i'$	$y_i = 1{,}965 + (-0{,}024)\,t_i'$
1	—8	2,25	64	—18,00	$y_1 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-8) = 2{,}157$
2	—7	1,83	49	—12,81	$y_2 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-7) = 2{,}133$
3	—6	1,91	36	—11,46	$y_3 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-6) = 2{,}109$
4	—5	2,62	25	—13,10	$y_4 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-5) = 2{,}085$
5	—4	1,50	16	—6,00	$y_5 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-4) = 2{,}061$
6	—3	2,12	9	—6,36	$y_6 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-3) = 2{,}037$
7	—2	3,04	4	—6,08	$y_7 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-2) = 2{,}013$
8	—1	2,21	1	—2,21	$y_8 = 1{,}965 + (-0{,}024)(-1) = 1{,}989$
9	0	1,84	0	0,00	$y_9 = 1{,}965 + (-0{,}024)\ (0) = 1{,}965$
10	1	2,00	1	2,00	$y_{10} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 1 = 1{,}941$
11	2	2,58	4	5,16	$y_{11} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 2 = 1{,}917$
12	3	2,06	9	6,18	$y_{12} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 3 = 1{,}893$
13	4	1,04	16	4,08	$y_{13} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 4 = 1{,}869$
14	5	1,58	25	7,90	$y_{14} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 5 = 1{,}845$
15	6	1,36	36	8,16	$y_{15} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 6 = 1{,}821$
16	7	2,11	49	14,77	$y_{16} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 7 = 1{,}797$
17	8	1,96	64	15,68	$y_{17} = 1{,}965 + (-0{,}024)\ 8 = 1{,}773$
	$\Sigma t_i' = 0$	$\Sigma x_i = 33{,}41$	$\Sigma t_i'^2 = 408$	$\Sigma x_i t_i' = -10{,}09$	



Joon. 2. Materjalivaru dünaamiline rida trendi arvutamiseks (Valga ehituskolonni 1969. aasta tegelikel andmetel)
I sirge $V_j + V_g$ — paigutatavate käibevahendite vajadus, arvutatuna trendi abil;
II sirge $V_j + V_g$ — paigutatavate käibevahendite vajadus, arvutatuna kehtiva instruktsiooni järgi.

Tabel 2

x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
2,25	0,25	0,0625
1,83	—0,17	0,0289
1,91	—0,09	0,0081
2,62	0,62	0,1444
1,50	—0,50	0,2500
2,12	0,12	0,0144
3,04	1,04	1,0816
2,21	0,21	0,0441
1,84	—0,16	0,0256
2,00	0,00	0,0000
2,58	0,58	0,3364
2,06	0,06	0,0360
1,04	—0,96	0,9216
1,58	—0,42	0,2764
1,36	—0,64	0,4096
2,11	0,11	0,0121
1,96	—0,04	0,0016
$x_i = 33{,}41$		$(x_i - \bar{x})^2 = 0{,}46$

Meie poolt vaadeldav kogum allub normaalsele jaotusele, kui on täidetud neli tingimust. 1. Vahemikku $\bar{x} - 0{,}3\sigma$ kuni $\bar{x} + 0{,}3\sigma$ peab mahtuma vähemalt $^1/_4$ kogumist x_i. Seega meie andmetel $2 - 0{,}3 \cdot 0{,}46$ kuni $2 + 0{,}3 \cdot 0{,}46$, s. o. 1,862 kuni 2,138. Antud vahemikku jääb meie juhuslike suuruste reast x_i isegi 41 protsenti.

2. Vahemikku $\bar{x} - 0{,}7\sigma$ kuni $\bar{x} + 0{,}7\sigma$ peab mahtuma vähemalt $^1/_2$ kogumist x_i. Meie näites jääb sinna 65 protsenti.

3. Vahemikku $\bar{x} - 1{,}1\sigma$ kuni $\bar{x} + 1{,}1\sigma$ peab mahtuma vähemalt $^3/_4$ kogumist x_i. Meie andmetel jääb sellesse vahemikku 76 protsenti kogumist x_i.

4. Vahemikku $\bar{x} - 3\sigma$ kuni $\bar{x} + 3\sigma$ peab mahtuma vähemalt 0,998 osa kogumist x_i. Meie näites jääb sinna 100 protsenti.

Nagu leidsime, on kõik neli tingimust täidetud. Sama arvutuskäiku on katsetatud 15 põhilise ehitusmaterjali puhul ja kõik tulemused allusid normaaljaotusele. Antud kirjutises ei ole mõtet neid ära tuua. Tähtis on see, et oleme tõestanud materjalivaru dünaamilisele reale trendi arvutamiseks vajalike eelduste olemasolu.

Joonisel 2 kujutatud dünaamilise rea paremaks kohandamiseks trendi arvutamiseks võtame kasutusele tingliku hankeintervalli t', seejuures peab $t' < t_{pl}$.

$x_1, x_2, \ldots, x_{17}$ on materjali (meie näites tsemendi) seisud (konstantse hankeintervalli t' puhul);

a ja b — parameetrid, mis määravad võrrandi $y = a + b \cdot t$;

n — rea liikmete arv (meie näites 17).

Kasutatava vähimruutude meetodi ülesanne seisneb parameetrite a ja b leidmises nii, et vastavate materjalivaru seisude ruutude hälvete summa trendist oleks minimaalne, s. o.

$$\sum_{i=1}^{n} (X_i - y_i)^2 = \min. \tag{1}$$

Tõestust edasi arendamata on arusaadav trendi arvutamise võrrandite süsteem

$$\begin{aligned} \Sigma x_i - na - b\,\Sigma t_i &= 0, \\ \Sigma x_i t_i - a\,\Sigma t_i - b\,\Sigma t_i^2 &= 0, \end{aligned} \tag{2}$$

mis rea paaritu liikmete arvu puhul omandab lihtsama kuju

$$\begin{aligned} na &= \Sigma x_i, \\ b\,\Sigma t_i^2 &= \Sigma x_i t_i. \end{aligned} \tag{3}$$

Kanname tabeli 1 andmed võrrandisse (3), saame

$$\begin{aligned} 17a &= 33{,}41, \text{ kust } a = 1{,}965; \\ 408b &= -10{,}09, \text{ kust } b = -0{,}024. \end{aligned}$$

Edasi y_i arvutus on tabeli 1 äärmises lahtris.

Nagu näeme, on trendi arvutuskäik võrdlemisi töömahukas, mistõttu tuleb kasutada kaasaegset arvutustehnikat. Trendi arvutuskäigu sisuliseks mõistmiseks ja selle kohandamiseks kas elektronarvutile või klaviatuurmasinatele koostame trendi arvutuskäiku iseloomustava blokkskeemi (vt. skeem 1) ja anname seletused ning tähistused.

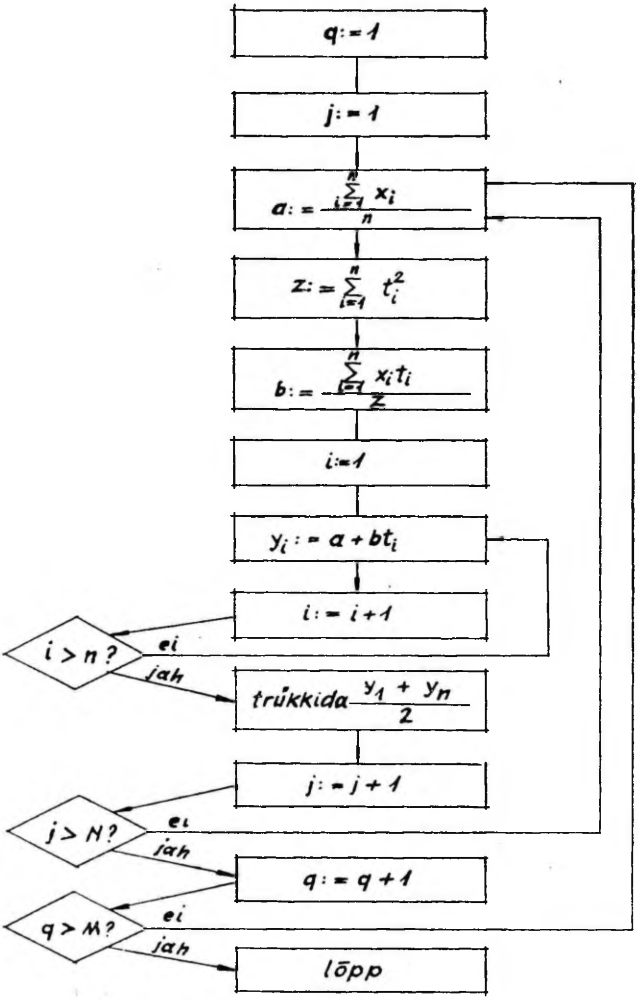
Olgu meil vaatluse all M ladu. Tähistame nad üldjuhul $q = 1, 2, \ldots, M$. Ehitusmaterjalide eri liigid tähistame $j = 1, 2, \ldots, N$. Uuritavad laoseisud tähistame $i = 1, 2, \ldots, n$.

Kõigepealt võtame vaatluse alla esimese lao, s. o. $q := 1$ ja esimese ehitusmaterjali liigi, s. o. $j := 1$. Järgnevalt leiame (vastavalt vähimruutude meetodile) parameetri a (vt. skeem 1, kolmas blokk), $\sum_{i=1}^{n} t_i^2$ leiame neljandas blokis ja parameetri b viiendas blokis.

Edasi leiame trendi väärtused iga meie poolt vaadeldava laoseisu puhul. Selleks omistame $i := 1$ (kuues blokk). Trendi arvutamisel võrrandi järgi leiame vastava trendi väärtuse y_1 (seitsmes blokk). Nüüd leiame trendi väärtuse järgmise laoseisu korral $i := i + 1$ (y_2) jne. i-le omistame järjest uusi väärtusi, kuni ta saab võrdseks n-ga. Sel juhul on siis kõikidele laoseisudele leitud vastavad trendi väärtused ($y_1, y_2, \ldots, y_n$). Kui kõik y väärtused on leitud, trükime välja trendi keskväärtuse $\frac{y_1 + y_2}{2}$.

SKEEM 1

TRENDI ARVUTUSKÄIKU ISELOOMUSTAV BLOKKSKEEM



Seejärel võtame käsile järgmise ehitusmaterjali liigi ja kordame kogu tsüklit seni, kuni $j > N$. Kui viimane tingimus on täidetud, olemegi kõikide materjalide kohta esimeses laos välja arvutanud tinglikud keskmised laoseisud.

Nüüd võtame käsile järgmise lao $q := q + 1$, ning kordame eeltoodud arvutustsüklit kuni $q > M$. Kui viimane tingimus on täidetud, oleme kõikide ladude kohta kõigi materjaliliikide vastavad keskmised laoseisud välja toonud, mis sisuliselt võrdub nendesse varudesse paigutatavate käibevahendite summaga.

Need summeeritud vastused antakse tabeli kujul. Siinjuures jaotame ehitusettevõtte tootmisvarudesse kuuluvad materjalid, konstruktsioonid, detailid jne. vastavalt käibevahendite elementidele ning šifreerime. Maaehituses sobivad järgmised šifrid:

001—400 põhimaterjalid;
401—750 konstruktsioonid ja detailid;
751—800 kütus;
801—999 väheväärtuslikud ja kiiresti kuluvad esemed.

Toodud käibevahendite normatiivide analüüsi meetodi rakendamine aitaks optimiseerida ehitusettevõtete tootmisvarusid, parandaks nende finants-majanduslikku tegevust ja vabastaks tootmisvarudesse liigselt paigutatud käibevahendid.

АНАЛИЗ НОРМАТИВОВ ОБОРОТНЫХ СРЕДСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В. Раудсепп, В. Тамм

Резюме

В резюмируемой статье рассмотрена методика анализа нормативов оборотных средств, выделенных для образования производственных запасов строительных организаций, с применением математико-статистических методов. В настоящее время в нашей экономической литературе еще недостаточно внимания обращено на разработку научно обоснованных методов анализа нормативов оборотных средств в строительстве.

Авторы статьи применяют метод наименьших квадратов для выравнивания динамического ряда запасов материалов (называемый ими «метод тренда»).

Задача определения тренда методом наименьших квадратов основана на таком выборе параметров a и b в уравнении тренда ($y = a + bt$), чтобы сумма квадратов отклонений соответствующих остатков материалов от норматива (тренда) была наименьшей. Условие это мы можем записать следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2 = \min.$$

Без развития доказательства понятно решение системы уравнений тренда:

$$\Sigma x_i - na - b\,\Sigma t_i = 0$$

$$\Sigma x_i t_i - a\,\Sigma t_i - b\,\Sigma t_i^2 = 0.$$

Когда число членов ряда нечетное, решение системы уравнений упрощается:

$$na = \Sigma x$$

$$b\,\Sigma t_i = \Sigma x_i t_i^2.$$

По данной методике можно вычислить тренд на основные виды строительных материалов. Величина тренда соответствующего вида материала к концу каждого периода (квартала) будет равна вложенным в этот вид материала оборотным средствам.

В целях уменьшения объемов вычислительных работ, при рассматриваемой методике, целесообразно использовать современную вычислительную технику.