

# TÖÖVILJAKUSE MATEMAATILIS-STATISTILISEST ANALUUSIST EHITUSES

J. Vainu

TRÜ rahanduse ja krediidi kateeder

## 1. Tööviljakuse modelleerimisest

Käesoleval ajal on üheks tähtsamaks majanduslikuks probleemiks tööviljakust mõjutavate tegurite uurimine ning tööviljakuse tõstmise võimaluste selgitamine. Tööviljakuse tõstmine on kõigi rahvamajandusharude arengu põhiliseks tingimuseks. Eriti suur lähtsus on tööviljakusel ehituses selle suure töömahukuse tõttu.

Tööviljakuse tase sõltub väga mitmesugustest teguritest, mis on tihti üksteisega väga tihedalt seotud, kuid võivad samal ajal toimida ka erinevates suundades.

Tööviljakust ja seda mõjutavaid faktoreid võib käsitleda erinevalt, lähtudes väga mitmesugustest juhtimistasemetest. On selge, et ehituse kui rahvamajandusharu tööviljakust tuleb uurida mõnevõrra teistsuguste meetoditega kui üksiku ehitusettevõtte tööviljakust. Paljud faktorid, mis üksiku ettevõtte seisukohalt on ebaolulised, võivad ehituse kui terviku seisukohalt osutada olulisteks ja vastupidi.

Käesolevas artiklis püütakse käsitleda tööviljakust ehitusettevõtte tasemel.

Kuna tööviljakuse taseme määravad väga mitmesugused faktorid, siis võib tööviljakust vaadelda mitme muutuva funktsioonina. Siin kerkib üles funktsiooni tüübi määramise küsimus. Tööviljakuse modelleerimise teooria ei ole veel küllaldast taset saavutanud, et põhjendatult määrata kindlaks funktsiooni tüüp. Seepärast võetakse vaatluse alla terve rida funktsioone, mille adekvaatsust kontrollitakse korrelatsioon- ja dispersioonanalüüsi karakteristikute abil. Enamkasutatavad on järgmised neli funktsioonide tüüpi:

1) lineaarne funktsioon

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i ; \quad (1)$$

## 2) astmefunktsioon

$$\gamma = \alpha_0 \prod_{i=1}^n \gamma_i^{\alpha_i} . \quad (2)$$

Seda funktsiooni nimetatakse tihti ka logaritmilis-lineaarseks, kuna logaritmimeise kaudu võib selle funktsiooni teisendada lineaarseks:

$$\log y = \log \alpha_0 + \alpha_1 \log x_1 + \alpha_2 \log x_2 + \dots + \alpha_n \log x_n : \quad (3)$$

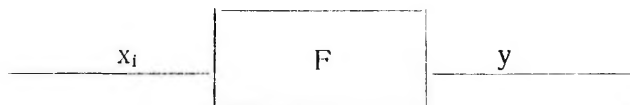
3) funktsioon, mille argumendid on omakorda funktsioonid:

$$y = y f_1(x_1) f_2(x_2) \dots f_n(x_n) : \quad (4)$$

4) polünoom

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n + a_{11} x_1^2 + a_{12} x_2^2 + \dots + a_{1n} x_n^2 + a_{21} x_1 x_2 + a_{22} x_2 x_3 + a_{2n} x_{n-1} x_n + \dots . \quad (5)$$

Tööviljakuse uurimisel võiks ehitusettevõtet kujutada «musta kastina», mille sisenditeks oleksid tööviljakust mõjutavad tegurid ja väljundiks tööviljakuse tase antud perioodil.



Joonis 1.

Tööviljakuse ja seda mõjutavate faktorite vahelist seost võib kujutada siis funktsioonina, mille skalaarne vorm oleks järgmine:

$$y = F(x_i, \alpha_i), \quad (6)$$

kus  $\alpha_i$  on funktsiooni parameetrid.

Majanduslike nähtuste modelleerimisel tekivad alati raskused sobiva funktsioonitüübi valikul. Milline funktsioon esitab antud nähtuse kõige paremini, seda peab selgitama mitmekülgne analüüs, kus tuleb kõigepealt uurida nii tööviljakust kui ka seda mõjutavaid tegureid.

## 2. Tööviljakuse näitaja ehituses

Käesoleval ajal kasutatakse ehituses tööviljakuse mõõtmiseks nii naturaalseid kui ka väärtuselisi näitajaid. Tähtsamad neist on järgmised:

- 1) ehitus-montaažitööde maksumus ühe töötaja kohta;
- 2) ehitus-montaažitööde maksumus ühe töölise kohta;
- 3) ehitus-montaažitööde maksumus ajaühiku kohta;
- 4) tööajakulu ehitus-montaažitööde ühiku kohta (töömahukus).

Ehitus-montaažitööde maksumus arvestatakse siinjuures eelarvelistes hindades. Peale eeltoodud näitajate on soovitatud ka normatiivseid näitajaid — tööde normatiivset maksumust ja normatiivset töömahukust.<sup>1</sup> Kõigil neil näitajail on olulisi puudusi, mistõttu pilt tegelikust tööviljakusest on moonutatud.

Tööviljakuse näitaja arvutatakse aruandes vorm nr. 3t tehtud tööde maksumuse suhtena ehitus-montaažitööliste ning abitootmise töötajate arvusse. Seega ei ole arvestatud töötajaid ladudes, transpordis ja laadimistöodel. Siit tulenebki leitud näitaja üks puudus.

Ehitusmaterjalide, konstruktsioonide ja detailide saabumisel ehitusplatsile laaditakse need maha, virnastatakse, osa paigutatakse objekti ladudesse jne. Montaažil transpordivahenditelt («ratastelt») jäävad toodud tööoperatsioonid ära. Seega tõuseb just selle tööloigu tööviljakus, mida näitaja aruandes vorm nr. 3t ei peegelda.

Ehitusmaterjalide tsentraalsel komplekteerimisel ning konteineritega vedudel tõuseb nende tööde mehhaniseeritus. Vähenevad materjalide kaod transportimisel, purunemised laadimisel ja riknemised vaheladudes, samuti väheneb laotöötajate ja laadijate arv. Praegune tööviljakuse näitaja ei olene toodud teguritest ja seepärast ei stimuleeri vedude ja laadimistöode mehhaniseerimist, laadijate ja laotöötajate arvu vähendamist, montaaži ratastelt jne.

Ehitus-montaažitööde maksumus sõltub suurel määral tööde struktuurist.

Materjalide ja konstruktsioonide maksumuse osatähtsus eri töödel on erinev, tööde üldine maksumus sõltub ka ehituse kompleksusest (pro komplekteeritusest, vene keeles сборность). Ehitus-montaažitööde maht sõltub ka töötasust, mis on tunduvalt erinev NSV Liidu üksikutes rajoonides. Kaug-Idas ja Kaug-Põhjas on töötasu 1,5—2 korda kõrgem kui NSV Liidu läänerajoonides. Kindlasti oleks õigem mõõta tööviljakust ja selle dünaamikat töömahukuse kaudu, kuid siin kerkivad üles teist laadi raskused. Ühelt poolt, tegelikku tööaega on küllaltki raske arvestada, teiselt poolt, ehitus-montaažitööde füüsilist mahtu mõõdetakse väga mitmesugustes ühikutes. Ka on sel juhul võimalik tööviljakuse «suurenemine» varjatud ületundide arvel. Mõningaid eeliseid väärtuseliste tööviljakuse näitajate ees on normatiivsetel. Normatiivne töötlemissaksumus ei sisalda kulutusi materjalidele, detailidele ja konstruktsioonidele, mistõttu on välistatud väärtuseliste näitajate vead. Küllaldaselt põhjendamata on aga kasutatavad normid, mis pealegi pidevalt muutuvad.

<sup>1</sup> НИИЭС Госстроя СССР и НИИ Госплана СССР. Методы планирования производительности труда в строительстве. Изд. «Экономика», М., 1964, lk. 6.

K. Marx kirjutab, et «tootmisvahendite mass, millede abil tööline funktsioneerib, kasvab koos tema töötootlikkusega. Need tootmisvahendid etendavad sealjuures kahesugust osa. Ühtede kasv on töötootlikkuse suurenemise tulemus, teiste kasv on töötootlikkuse suurenemise tingimus. Aga ükskõik, kas tootmisvahendite suuruse kasv, võrreldes nendega ühendatava tööjõuga, on töötootlikkuse suurenemise tingimus või tulemus, — mõlemal juhul on see kasv töötootlikkuse suurenemise väljenduseks. Töötootlikkuse suurenemine väljendub seega töö massi vähenemises võrreldes tootmisvahendite massiga, mida see töö liikuma paneb, s.o. tööprotsessi subjektiivse teguri suuruse vähenemises võrreldes tema objektiivsete teguritega».<sup>2</sup>

Tööviljakuse taset näitab seega uue loodud väärtuse osatähtsus toodangu koguväärtuses:

$$\frac{v + m}{c + v + m} \quad (7)$$

Tööviljakuse tõusu näitab siis uue loodud väärtuse osatähtsuse langus, sest «see kaubas sisalduva töö koguhulga vähenemine näib seega olevat töö tootliku jõu tõusu oluline tunnus, ükskõik millistes ühiskondlikes tingimustes tootmine toimub. Ühiskonnas, kus tootjad reguleerivad oma tootmist varem koostatud plaani järgi, ja isegi lihtsas kaubatootmises mõõdetakse töötootlikkust kindlasti selle mõõdupuuga».<sup>3</sup>

Siin kerkib esile jällegi sama probleem, mis esineb teistegi väärtuseliste tööviljakuse näitajate juures — ehitus-montaažitööde maksumuse puudused. Eeltoodud näitaja arvutamisel tuleb kindlasti lähtuda võrreldavatest, s.t. eelarvelistest hindadest. Sellest lähtudes tundub, et kasutatavad on ka eelpool käsitletud väärtuselised näitajad. Eelistada tuleks siiski uue, loodud väärtuse osatähtsust toodangu koguväärtuses, sest see ei võimaldada tööviljakuse kunstlikku suurendamist ületunnitöö arvel, samuti ei nõua tööaja detailset arvestamist.

### 3. Tööviljakust mõjutavad tegurid

Tööviljakust mõjutavate tegurite arv on küllaltki suur, mistõttu on tähtis mudelisse võetavate tegurite õige valik. Kõiki tegureid mudelis arvestada on praktiliselt võimatu. Peale selle on osa tegureid omavahel seotud funktsionaalselt, s.t. iseloomustavad tööviljakust ühest ja samast küljest — dubleerivad üksteist. Nagu näitab A. A. Frenkel, tuleb sellistest teguritest mudelisse võtta üksainus.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> K. Marx. Kapital. I kd., lk. 540.

<sup>3</sup> K. Marx. Kapital. III kd., lk. 242.

<sup>4</sup> A. A. Френкель. Математический анализ производительности труда. Изд. «Экономика», М., 1968, lk. 27.

Ehituses tööviljakust mõjutavad tegurid võiks jagada kolme rühma:

- a) tööjõu kasutamise näitajad;
- b) ehitustööde organiseerimist iseloomustavad näitajad;
- c) ehitustööde mehhaniseerimise näitajad.

Üksikud tegurid igas rühmas võivad olla nii kvalitatiivsed kui ka kvantitatiivsed. Mudelisse valitavad tegurid peavad olema kvantitatiivselt mõõdetavad ja tõepärased. Ka see ahendab mudelisse kõlblike näitajate ringi.

Tööjõu kasutamist iseloomustab terve rida näitajaid:

- töötatud inimpäevade arv;
- tööliste keskmine nimistuline arv;
- tööluusid inimpäevades;
- tööliste põhitöötasu fond;
- tööliste kvalifikatsioon;
- tööaja kasutamine;
- ettevõtte kindlustatus tööjõuga.

Kõiki neid tegureid mudelisse lülitada ei saa. Töötatud inim-päevade arv, tööliste keskmine nimistuline arv ja tööliste põhi-töötasu fond on kindlasti omavahel funktsionaalselt seotud. Töö-viljakuse mudelisse tuleks neist lülitada viimane, sest see tegur on tööviljakusega kõige rohkem seotud. Töötatud inimpäevade arvu muutumine toob endaga kaasa küll toodangu mahu muutu-mise, kuid ei muuda otseselt tööviljakust — ajaühikus tööga loo-dud väärtust. Sama võib öelda ka töötajate keskmise nimistulise arvu kohta. Funktsionaalset seost võib eeldada ka tööluuside ja tööaja kasutamise puhul. Eelistada tuleks neist jällegi viimast näitajat. Teised näitajad on kindlasti tööviljakusega oluliselt seotud.

Ehitustööde organiseerimist iseloomustavad järgmised näita-jad:

- varustamise korrapärasus;
- individuaal- ja tüüpprojektide vahekord;
- ehitusettevõtete suurenemine ja spetsialiseerumine;
- ehituse juhtimise organiseerimine;
- tööde teostamise tehnoloogia;
- ehituse kompleksuse aste.

Neist näitajatest saab mudelisse lülitada ainult kvantitatiiv-selt mõõdetavad, s.t. varustamise korrapärasuse, individuaal- ja tüüpprojektide vahekorra ning ehituse kompleksuse näitaja. Üle-jäänud on kvalitatiivsed näitajad, kuigi nad tööviljakust kindlasti mõjutavad.

Kolmanda tööviljakust mõjutavate tegurite rühma moodusta-sid ehitustööde mehhaniseerimise näitajad:

- masinate ja mehhanismide maksumus;
- masinate ja mehhanismide eksploatatsioonikulud;

- ehitustööde mehhaniseerituse koefitsient;
- mehhanismide kasutamise koefitsient;
- põhivahendite uuendamise koefitsient.

Esimesed kaks näitajat on omavahel jällegi funktsionaalses või peaaegu funktsionaalses seoses, sest masinate ja mehhanismide eksploatatsioonikulud sõltuvad eelkõige just nende hulgest. Mudelisse võiks neist võtta esimese, sest tööjõu varustatus tootmisvahenditega on tööviljakuse tõusu oluline tingimus.

Seega võiks ehitusettevõtte tööviljakuse mudelisse võtta järgmised tegurid:

- 1) tööliste põhitöötasu fond;
- 2) tööaja kasutamine;
- 3) tööliste kvalifikatsioon;
- 4) ettevõtte kindlustatus tööjõuga;
- 5) varustamise korrapärasus;
- 6) individuaal- ja tüüpprojektide vahekord;
- 7) ehituse kompleksus;
- 8) masinate ja mehhanismide maksumus;
- 9) ehitustööde mehhaniseerituse koefitsient;
- 10) mehhanismide kasutamise koefitsient;
- 11) põhivahendite uuendamise koefitsient.

Enamiku näitajate kvantitatiivsel väljendamisel tuleb kasutada suhtarve, seepärast tuleks tööviljakuse mudelina esmajoonnes kõne alla astmefunktsioon (2).

Mudeli kuju oleks siis järgmine:

$$y = \alpha_0 \prod_{i=1}^{11} x_i \alpha_i. \quad (8)$$

Mudeli praktilisele lahendamisele asudes tuleb jälgida, et kasutatavad andmed oleksid tõepärased. Paremini on mõni tegur mudelist välja jätta kui sinna sisse viia kahtlase väärtusega andmeid, mis viiksid moonutatud tulemusteni.

## **О МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Я. Вайну**

Резюме

В настоящее время изучение путей повышения производительности труда и факторов, влияющих на уровень производительности, является одной из важнейших экономических проблем.

Для измерения производительности труда в строительстве пользуются стоимостными, натуральными и нормативными

показателями. Все эти показатели имеют большие недостатки, вследствие чего происходит искажение фактического уровня и динамики производительности труда.

Автор предлагает для измерения производительности труда в строительстве новый показатель (обозначения К. Маркса):

$$\frac{v + m}{c + v + m} \quad (10)$$

т. е. отношение вновь созданной стоимости к общей стоимости конечной продукции. «С» исчисляется в сопоставимых-сметных ценах строительства.

Для изучения влияния факторов на производительность труда целесообразно построить модель производительности в виде функции, аргументами которой являются соответствующие факторы. Число факторов, влияющих на производительность, велико. Теоретическим анализом необходимо выявить из них самые существенные, количественное измерение которых не представляет трудностей. Все данные должны быть достоверные, иначе полученные результаты лишены экономического смысла.

В модель производительности труда строительства автор предлагает включить следующие факторы:

- 1) фонд основной заработной платы рабочих,
- 2) показатель использования рабочего времени,
- 3) квалификация рабочих,
- 4) обеспеченность предприятия рабочей силой,
- 5) регулярность снабжения,
- 6) соотношение индивидуальных и типовых проектов,
- 7) стоимость машин и механизмов,
- 8) сборность строительства,
- 9) механизация строительных работ,
- 10) использование машин и механизмов,
- 11) обновление основных фондов

Так как большинство из перечисленных факторов характеризуется относительными величинами, автор считает целесообразным выбрать из множества типов функций в качестве модели степенную функцию:

$$y = \alpha_0 \prod_{i=1}^{11} x_i^{\alpha_i} \quad (2)$$

параметры которой  $\alpha_i$  могут быть найдены методом наименьших квадратов. Существенность и значимость аргументов и коэффициентов проверяются методами корреляционного и дисперсионного анализа.