

Міністерство освіти та науки України  
Національний технічний університет України “КПІ”  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління

**ЗВІТ**  
про виконання  
комп'ютерного практикуму №2  
на тему:  
**«Дослідження основних принципів побудови імітаційних  
моделей мовою GPSS»**

**Завдання 14**  
**Варіант (5) 2**

**Виконав:** студент групи ІС-32  
Капорін Роман

Київ 2016

## Мета роботи:

Мета роботи: дослідження можливостей і придбання навиків використання імітаційних моделей для знаходження оптимальних рішень щодо найму робочої сили та оренди верстатів з метою мінімізації вартості виробництва.

### 1. Постановка задачі

*Завдання.* На трикотажній фабриці  $L$  власних верстатів працюють по  $H$  годин в день і по  $D$  днів в тиждень. Будь-який з цих верстатів може в будь-який момент часу вийти з ладу. В цьому випадку його замінюють резервним верстатом, причому або відразу, або у міру його появи після ремонту. Тим часом зламаний верстат відправляють у ремонтну майстерню, де його лагодять і повертають в цех, але вже в якості резервного.

У існуючому замкнутому циклі руху верстатів можна виділити чотири фази.

На фабриці є декілька ремонтників. Всього в системі знаходиться  $M > L$  машин (з них  $L$  власних, інші орендуються для резерву).

Керівник хоче знати, скільки робітників необхідно найняти для роботи в майстерні та скільки верстатів орендувати, тобто скільки верстатів треба мати в резерві, щоб можна було підміняти ними власні в разі поломок. Мета моделювання полягає в мінімізації вартості виробництва.

Оплата робочих в майстерні  $W$  гривень в годину. За орендовані верстати потрібно платити по  $S$  гривень в день. Почасовою збиток при використанні менш ніж  $L$  верстатів у виробництві оцінюється приблизно в  $Q$  гривень на машину. Збиток виникає із-за зниження виробництва.

Досвід експлуатації показує, що на ремонт зламаного верстату йде приблизно  $A \pm B$  годин. Коли верстати використовують у виробництві, час напрацювання на відмову розподілено рівномірно й складає  $U \pm Y$  годин. Час, для перевезення верстатів з цеху в майстерню та назад малий та його не враховують. Між робітниками в майстерні не робляться ніяких відмінностей, немає відмінностей також і між верстатами.

Плата за орендовані машини не залежить від того, використовують їх або вони простоюють..

Таблиця 3.1 - Числові значення характеристик системи

Варіант	$L$	$H$	$D$	$W$	$S$	$Q$	$A \pm B$	$U \pm Y$
5	30	8	7	5.25	40	120	$9 \pm 4$	$112 \pm 38$

## 2. Розрахунок початкових значень

Процент використання верстату:

$$K = \frac{U}{U + A} = \frac{112}{121} = 0.9256$$

Нижня оцінка числа циркулюючих у системі верстатів:

$$M = \left\lceil \frac{L}{K} \right\rceil = \left\lceil \frac{30}{0.9256} \right\rceil \approx 32$$

Оцінка кількості верстатів, що повинна бути у резерві:

$$L_r = M - L = 32 - 30 = 2$$

## 3. План імітаційних експериментів

Виходячи з умови завдання, проведемо 9 експериментів з 5-ма прогонами у кожному: комбінації ремонтників (2, 3, 4) та запасних верстатів (2, 3, 4).

## 4. Лістинг програми

```
WORK_BENCHES    EQU      32          ; загальне число верстатів
MEN              STORAGE   2          ; число ремонтників
NOWON            STORAGE   30         ; число верстатів, що одночасно
працюють

MAN_SALARY       VARIABLE  5.25
BENCH_RENT       VARIABLE  40
PLAIN            VARIABLE  120

WEEKS            VARIABLE  52
DAYS              VARIABLE  7
HOURS            VARIABLE  8
WORK_HOURS       VARIABLE  V$WEEKS#V$DAYS#V$HOURS

CYCLE            GENERATE   ,,,WORK_BENCHES
ENTER            NOWON      ; верстати починають працювати
ADVANCE          112,48     ; верстати працюють
LEAVE            NOWON      ; верстат виходить з ладу
ENTER            MEN        ; зайняття ремонтника
ADVANCE          9,4        ; ремонт верстату
LEAVE            MEN        ; звільнення ремонтника
TRANSFER         ,CYCLE     ; повернення верстату в роботу
GENERATE         (V$WORK_HOURS) ; 52-кількість тижнів
;SA-ціла частина середнього заповнення БКП
SAVEVALUE

expenditure, ((R$MEN+S$MEN) #V$WORK_HOURS#V$MAN_SALARY+ (WORK_BENCHES-
(R$NOWON+S$NOWON) ) #V$WEEKS#V$DAYS#V$BENCH_RENT+ (R$NOWON+S$NOWON-
SA$NOWON) #V$PLAIN#V$WORK_HOURS)
MSAVEVALUE      RES,row_index,col_index,X$expenditure

TERMINATE       1

INCLUDE "test.txt"
```

## 5. Аналіз результатів

6

12/03/16 13:11:19	Source of	Sum of	Degrees of	Mean Square	F	Critical Value
12/03/16 13:11:19	Variance	Squares	Freedom			of F (p=.05)
12/03/16 13:11:19						
12/03/16 13:11:19	A	22494385150946.652	8	2811798143868.332		413.901 2.21
12/03/16 13:11:19						
12/03/16 13:11:19	Error	244562754419.898	36	6793409844.997		
12/03/16 13:11:19	Total	22738947905366.551	44			
12/03/16 13:11:19						
12/03/16 13:11:19						
12/03/16 13:11:19	Treatment Level	Count	Mean	Minimum	Maximum	95% C.I. (SE)
12/03/16 13:11:19	A					
12/03/16 13:11:19						
12/03/16 13:11:19	1	5	1803238.331	1681788.822	1984285.898	[ 1729517.724, 1876958.938 ]
12/03/16 13:11:19	2	5	1836262.505	1655963.645	1966297.884	[ 1762541.898, 1909983.112 ]
12/03/16 13:11:19	3	5	1797385.824	1669170.780	1987309.348	[ 1723665.217, 1871106.431 ]
12/03/16 13:11:19	4	5	504050.072	476759.279	524863.909	[ 430329.465, 577770.678 ]
12/03/16 13:11:19	5	5	354606.490	349228.365	373847.132	[ 280885.884, 428327.097 ]
12/03/16 13:11:19	6	5	250635.769	234286.132	258573.844	[ 176915.163, 324356.376 ]
12/03/16 13:11:19	7	5	390069.836	375025.172	402729.817	[ 316349.229, 463790.443 ]
12/03/16 13:11:19	8	5	253762.720	245634.324	261168.264	[ 180042.113, 327483.327 ]
12/03/16 13:11:19	9	5	189134.514	178588.441	206761.924	[ 115413.907, 262855.121 ]
12/03/16 13:11:19						

Рис. 1 – Результат обчислень ANOVA

Фактор впливу є достовірним, так як  $F = 413.901$  перевищує Critical Value of  $F = 2,21$ . Згідно з отриманою таблицею, оптимальною є кількість найнятих працівників 4, загальне число верстатів при цьому рівне 34 (30 працюють і 4 у резерві). Значення сумарних витрат при цьому рівне 189134.514. Але цей результат лежить на границі обчислень і тому проведемо додаткові експерименти для варіанту коли додаткових станків може бути від 2 до 5 та ремонтників у такому же обсязі.

12/03/16 13:33:55	Source of	Sum of	Degrees of	Mean Square	F	Critical Value
12/03/16 13:33:55	Variance	Squares	Freedom			of F (p=.05)
12/03/16 13:33:55						
12/03/16 13:33:55	A	36279876357763.523	15	2418658423850.901		463.393 2.00
12/03/16 13:33:55						
12/03/16 13:33:55	Error	334044996914.953	64	5219453076.796		
12/03/16 13:33:55	Total	36613921354678.477	79			
12/03/16 13:33:55						
12/03/16 13:33:55						
12/03/16 13:33:55	Treatment Level	Count	Mean	Minimum	Maximum	95% C.I. (SE)
12/03/16 13:33:55	A					
12/03/16 13:33:55						
12/03/16 13:33:55	1	5	1803238.331	1681788.822	1984285.898	( 1738619.739, 1867856.923 )
12/03/16 13:33:55	2	5	1836262.505	1655963.645	1966297.884	( 1771643.913, 1900881.098 )
12/03/16 13:33:55	3	5	1797385.824	1669170.780	1987309.348	( 1732767.231, 1862004.416 )
12/03/16 13:33:55	4	5	1819773.812	1626259.496	1951266.197	( 1755155.220, 1884392.404 )
12/03/16 13:33:56	5	5	504050.072	476759.279	524863.909	( 439431.479, 568668.664 )
12/03/16 13:33:56	6	5	354606.490	349228.365	373847.132	( 289987.898, 419225.083 )
12/03/16 13:33:56	7	5	250635.769	234286.132	258573.844	( 186017.177, 315254.362 )
12/03/16 13:33:56	8	5	200886.549	173295.229	224229.417	( 136267.957, 265505.141 )
12/03/16 13:33:56	9	5	390069.836	375025.172	402729.817	( 325451.244, 454688.429 )
12/03/16 13:33:56	10	5	253762.720	245634.324	261168.264	( 189144.128, 318381.312 )
12/03/16 13:33:56	11	5	189134.514	178588.441	206761.924	( 124515.922, 253753.107 )
12/03/16 13:33:56	12	5	160391.961	155066.529	164669.618	( 95773.369, 225010.553 )
12/03/16 13:33:56	13	5	370248.440	355474.748	390169.355	( 305629.848, 434867.032 )
12/03/16 13:33:56	14	5	249474.598	246283.393	251763.276	( 184856.005, 314093.190 )
12/03/16 13:33:56	15	5	183597.707	178745.476	188201.811	( 118979.115, 248216.299 )
12/03/16 13:33:56	16	5	167955.887	165345.345	169943.539	( 103337.295, 232574.479 )

Рис. 1 – Результат обчислень ANOVA

Як і у першому експерименті, коефіцієнт Фішера значно перевищив критичне значення. Але тепер знайдено не граничне значення функції 160391.961 і це відповідає ситуації коли 4 ремонтника працюють та залучено 4 додаткових верстат.

## 6. Висновок

Для заданої моделі було встановлено, що оптимальна кількість ремонтників – 4 та кількість додаткових верстатів – 4.