

ДОДАТОК А

Графічний матеріал атестаційної роботи

**Харківський національний університет
радіоелектроніки**

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

*«Клітинно-автоматне моделювання
динаміки реструктурованих мережевих
структур»*

Виконав: студент групи СПм-19-1 Гук А.С.

Керівник: проф. каф. ЕОМ Міхаль О.П.

Аналіз предметної області:

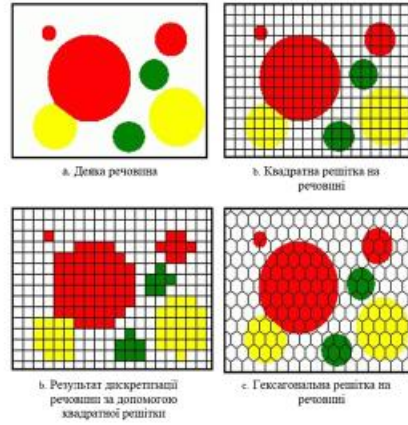
2

Метою атестаційної роботи є дослідження моделей і алгоритмів клітинних автоматів в контексті реструктурованих мережевих структур.

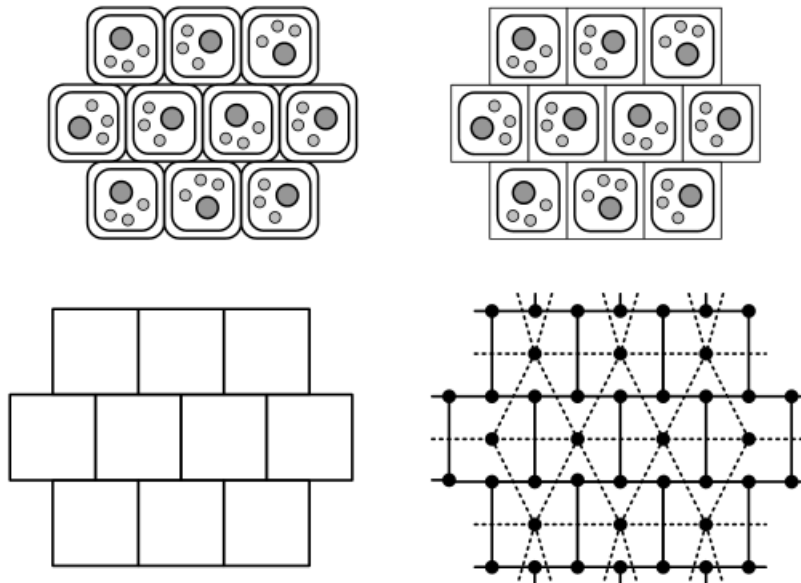
Завдання:

- ❖ розглянути базові принципи організації клітинної структури об'єктів живої природи;
- ❖ розробити комп'ютерну модель ресурсно-залежних клітинних автоматів з використанням мови Python;
- ❖ провести аналіз реструктурованих мережевих структур;
- ❖ провести імітаційне моделювання.

Дискретизації елемента простору



Клітинні автомати. Зв'язок з комп'ютерними мережами ⁴



Проаналізовані інструментальні засоби

5

Назва	1	2	3	4	5	6	7
CAGE	+	+	-	-	-	+	-
CAM Simulator	-	+	-	-	-	+	-
CAMEL	-	-	+	+	-	+	-
CANL	+	-	-	+	-	+	-
CAPow	+	+	-	-	-	+	-
CASim	-	-	-	-	-	+	-
CAT/CARP	-	-	-	-	-	+	-
CDL	-	-	-	+	-	+	-
CDM/SLANG	-	-	-	-	-	+	-
CellLab	-	-	-	+	-	+	-
CELLAS/FUNDEF	-	-	-	-	-	+	-
Cellsim	+	+	-	-	-	+	-
Cellular/Cellang	+	-	+	-	-	+	-
CEPROL	-	-	-	-	-	+	-
DDLab	+	+	-	-	-	+	-
HICAL	+	-	-	-	-	+	+
LCAU	-	+	-	-	-	+	+
Mirek's Celebration	+	+	-	-	-	+	-
SCARLET	+	+	-	-	-	+	-
SIMP/STEP	-	-	-	+	+	+	-
WinCA	+	+	-	-	-	-	-

Клітинні автомати. Узагальнені координати для квадратної решітки

Розміщення	Індекс головного сусіда			
	0	1	2	3
$C_{n,0}$	$C_{n+1,0}+1$	$a+1$	$C_{n+1,0}-1$	$C_{n+2,0}-1$
$(C_{n,0}; C_{n,1})$	$C_{n+1,0}+1+a-$ $C_{n,0}$	$a+1$	$C_{n-1,0}-1+a-$ $C_{n,0}$	$a-1$
$C_{n,1}$	$C_{n+1,1}-1$	$C_{n+1,1}+1$	$a+1$	$a-1$
$(C_{n,1}; C_{n,2})$	$a-1$	$C_{n+1,1}+1+a-$ $C_{n,1}$	$a+1$	$C_{n-1,1}-$ $1+a-C_{n,1}$
$C_{n,2}$	$a-1$	$C_{n+1,2}-1$	$C_{n+1,2}+1$	$a+1$
$(C_{n,2}; C_{n,3})$	$C_{n-1,2}-1+a-$ $C_{n,2}$	$a-1$	$C_{n+1,2}+1+a-$ $C_{n,2}$	$a+1$
$C_{n,3}$	$a+1$	$a-1$	$C_{n+1,3}-1$	$C_{n+1,3}+1$
$(C_{n,3}; C_{n+1,0}-1)$	$a+1$	$C_{n-1,3}-1+a-$ $C_{n,3}$	$a-1$	$C_{n+1,3}+1+a$ $-C_{n,3}$
$C_{n+1,0}-1$	$C_{n,0}$	$C_{n-1,0}$	$a-1$	$C_{n+2,0}-2$

79	80	81	82	83	84	85	86	87
80	82	86	27	28	29	30	31	38
79	48	7	10	11	12	13	32	39
78	47	24	1	2	3	14	33	60
77	46	23	8	0	4	15	34	61
76	45	22	7	6	5	16	35	62
75	44	21	20	19	18	17	36	63
74	43	42	41	40	39	38	37	64
73	72	71	70	69	68	67	66	65

Вимоги до розроблювальної моделі

- Графічний інтерфейс не потрібен. Непотрібність графічного інтерфейсу визначається тим, що інформація виводиться виключно в цифровій формі, в текстовому форматі, безпосередньо в Протокол експерименту.
- Статистична обробка результатів декількох запусків моделі - не потрібна. У даній роботі - обмежуємося лише ілюстративної стороною. Достатнім є побудова гістограм розподілу числа клітин КА за значенням їх ресурсу, по кілька запусків моделі.
- Сама побудова графіків гістограм в рамках моделюючої програми - так само не потрібна. Моделююча програма повинна видати числові дані, а графіки будуюмо - в табличному процесорі (Excel, Libre Office або Open Office), при розборі і аналізі результатів, тобто не в єдиному потоці з роботою моделі.

Блок-схема алгоритма



Попередньо оброблені протоколи і графіки коефіцієнту сусідства 4

9

Попередньо оброблені протоколи і графіки коефіцієнту сусідства 4
Ресурс: 10 і 50. Поле: 20. Кількість реалізацій: 15

1	6	7	16	30	45	78	73	78	48	18
1	1	7	12	20	43	72	82	88	52	22
1	2	3	9	23	48	76	91	80	46	21
1	0	2	8	7	33	71	91	96	70	21
1	2	4	11	16	34	59	97	93	66	17
1	1	3	11	32	52	63	91	86	43	17
1	2	5	8	16	47	59	92	86	67	17
1	0	1	3	11	25	58	84	93	84	40
1	0	2	13	27	56	80	82	81	47	11
1	1	4	17	26	47	75	98	70	49	12
1	0	12	16	28	47	72	87	77	46	14
1	3	2	18	18	40	65	79	98	56	20
1	5	5	12	29	49	94	92	60	38	15
1	2	4	21	29	50	69	81	80	52	11
1	0	0	9	23	31	72	98	96	54	16

Фрагмент коду програми

10

```
import random
import math
from copy import copy

file = open("protocol-20151215-6.txt", "a") ## протокол
print >> file, "----- Протокол -----"
n = 50 ## ресурс клетки (10 20 и 50)
m = 200 ## размер поля (20 100 и 200)
k = 400 ## число испытаний - не используется.
## print >> file, "Ресурс: ",n, " Поле: ",m
G = [0]*(n+1) ## список для гистограммы
SG = [0]*(n+1) ## для накопления сумм по гистограмме
SGG = [0]*(n+1) ## для накопления сумм по квадратам гистограммы
MSG = [0]*(n+1) ## для затопки данных гистограммы

A1 = [n]*m
A = [copy(A1) for i in range(m)]

SN=0
SNN=0 ## определение переменных для накопления сумм

S = 15 ## предельное число запусков алгоритма
zzz=0 ## счётчик числа запусков алгоритма

print >> file, "Ресурс: ",n, " Поле: ",m, "Число реализаций: ",S

while int(zzz < S):
    zzz+=1

    ## print >> file, "----- перезагрузка -----"
    for i in range(m):
        for j in range(m):
            A[i][j]= n ## заполнение поля КА заново
            ## print >> file, A[i][j].
            ## print >> file
            for i in range(n+1):
```

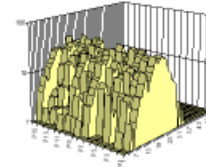
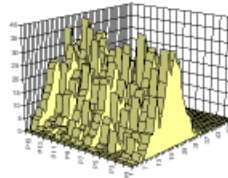
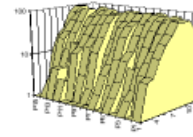
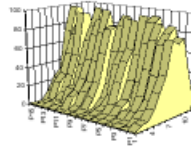
Результати моделювання

11

Попередньо оброблені протоколи і графіки коефіцієнту сусідства 4

Ресурс: 10 і 50. Поле: 20. Кількість реалізацій: 15

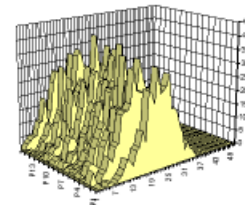
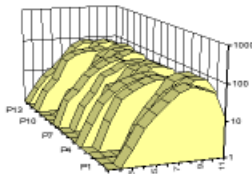
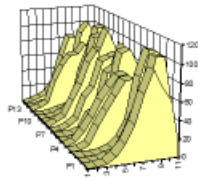
1	6	7	16	30	45	78	73	78	48	18
1	1	7	12	20	43	72	82	88	52	22
1	2	3	9	23	48	76	91	80	46	21
1	0	2	8	7	33	71	91	96	70	21
1	2	4	11	16	34	59	97	93	66	17
1	1	3	11	32	52	63	91	86	43	17
1	2	5	8	16	47	59	92	86	67	17
1	0	1	3	11	25	58	84	93	84	40
1	0	2	13	27	56	80	82	81	47	11
1	1	4	17	26	47	75	98	70	49	12
1	0	12	16	28	47	72	87	77	46	14
1	3	2	18	18	40	65	79	98	56	20
1	5	5	12	29	49	94	92	60	38	15
1	2	4	21	29	50	69	81	80	52	11
1	0	0	9	23	31	72	98	96	54	16



Результати моделювання

12

1	1	3	10	22	42	73	97	77	62	12
1	0	0	4	5	22	46	68	105	104	45
1	0	0	1	5	14	31	81	109	106	52
1	1	6	25	41	57	73	75	65	42	14
1	4	15	30	48	62	74	76	48	36	6
1	0	0	3	9	28	52	95	99	78	35
1	0	1	4	22	25	69	74	100	75	29
1	1	5	12	37	48	79	83	86	36	12
1	6	12	30	48	74	89	65	50	21	4
1	1	2	5	14	29	55	86	108	85	14
1	0	2	6	12	34	54	95	98	71	27
1	0	0	4	6	13	51	74	104	105	42
1	4	9	37	55	67	69	81	52	23	2
1	0	3	3	10	35	42	92	104	84	26
1	3	7	12	25	59	84	83	70	43	13



Висновки

13

Розглянути базові принципи організації клітинної структури об'єктів живої природи. Розроблена комп'ютерна модель ресурсно-залежних клітинних автоматів з використанням мови Python. Проведено аналіз реструктурованих мережевих структур. Проведено імітаційне моделювання.

З огляду на сказане вище, найближчими наступними напрямками досліджень по розробленій моделі можуть бути:

- ✓ варіювання вихідного ресурсу і розміру поля,
- ✓ варіювання конфігурацій сусідства (охоплення випадків 2, 3, 5 і 7 сусідів),
- ✓ вивчення анізотропності поля за вибором сусідів,
- ✓ введення нелінійних генераторів випадкових чисел,
- ✓ запровадження нерівномірності з вироблення ресурсу в залежності від положення елемента в поле.

Може бути так само цікавим в інтерпретаційному плані введення багатовимірності чи багатозв'язності поля. Але при цьому можуть бути затребувані значні обчислювальні потужності.

ДОДАТОК Б

Программный код

```

# coding: cp1251

## Однослойная клеточно-автоматная модель фрагмента сетевой структуры.
## Реструктуризация по перестройке числа соседей: 4 - 6 - 8.
## Алгоритм со случайным выбором замещения.
## Работа до появления на поле ПЕРВОГО нуля
## Получение данных для построения гистограммы.
## =====

## ===== Main program =====

import random
import math
from copy import copy

file = open(«protocol-20151215-6.txt», «a») ## протокол
print >> file, «==== Протокол ====»
n = 50          ## ресурс клетки      (10 20 и 50)
m = 200        ## размер поля        (20 100 и 200)
k = 400        ## число испытаний - не используется.
## print >> file,»Ресурс: «,n,» Поле: «,m
G = [0]*(n+1)  ## список для гистограммы
SG = [0]*(n+1) ## для накопления сумм по гистограмме
SGG = [0]*(n+1) ## для накопления сумм по квадратам гистограммы
MSG = [0]*(n+1) ## для матожидания гистограммы

A1 = [n]*m
A = [copy(A1) for i in range(m)]

SN=0
SNN=0          ## определение переменных для накопления сумм

S = 15         ## предельное число запусков алгоритма
zzz=0          ## счётчик числа запусков алгоритма

print >> file,»Ресурс: «,n,» Поле: «,m, «Число реализаций: «,S

while int (zzz < S ):
    zzz+=1

    ## print >> file, «==== перезагрузка ====»
    for i in range(m):
        for j in range(m):
            A[i][j]= n          ## заполнение поля КА заново
            ## print >> file, A[i][j],
            ## print >> file
    for i in range(n+1):
        G[i] = 0                ## чистим гистограмму
    ## print >> file, «==== конец перезагрузки ====»

    zz = n
    N = 0                       ## число шагов до получения первого НУЛЯ
    while int (zz > 0):
        N += 1
        x=int(random.random() * m)      ## номер столбца
        y=int(random.random() * m)      ## номер строки
        x3=int(random.random() * 6)     ## функция соседства = 6

```

```

A[y][x] -= 1 ## [номер строки] [номер столбца] отсчёт с нуля
if A[y][x] == 0 :
    zz=0; x0=x; y0=y ## указание координат нуля
if x3 == 0:
    xx = 0; yy = -1
elif x3 == 1:
    xx = 1; yy = -1
elif x3 == 2:
    xx = 1; yy = 0
elif x3 == 3:
    xx = 0; yy = 1
elif x3 == 4:
    xx = -1; yy = 1
else:
    xx = -1; yy = 0

## конфигурация поля соседства
## 6 соседей
##   x 0 1
##   5 0 2
##   4 3 x

    xxx = x + xx
    yyy = y + yy
    if xxx < 0 : xxx = m-1      ## РЕАЛИЗАЦИЯ функции соседства = 8
    if yyy < 0 : yyy = m-1
    if xxx > m-1 : xxx = 0
    if yyy > m-1 : yyy = 0
    A[yyy][xxx] -= 1
    if A[yyy][xxx] == 0 :
        zz=0; x0=xxx; y0=yyy    ## указание координат нуля

    ## print >> file,»zz = «,zz,» Число шагов: «,N, «координаты нуля: «,
x0+1, y0+1

    SN=SN+N                    ## накопление сумм первых степеней первого нуля
    SNN=SNN+N*N               ## накопление сумм квадратов первого нуля

    for i in range(m):
        for j in range(m):
            for jj in range(n+1):
                if A[i][j]==jj: G[jj] += 1                ## помещение в
гистограмму
                ## print >> file, A[i][j],                ## построилка
матрицы поля KA
                ## print >> file                            ## переход к следующей
строке матрицы
            ## print >> file,»G = «,G,» всего: «,sum(G)    ## выводит гистограмму
print >> file,G        ## выводит ПРЕДОБРАБОТАННУЮ гистограмму

    for i in range(n+1):
        SG[i]=SG[i]+G[i]    ## накопление сумм первых степеней гистограммы
        SGG[i]=SGG[i]+G[i]*G[i]    ## накопление сумм квадратов гистограммы

    MSN=SN/S                ## матожидание первого нуля
    for i in range(n+1):
        MSG[i]=SG[i]/S        ## матожидание гистограммы

    #print >> file, «===== Результаты =====»
    #print >> file, «S = «, S, «SN = «,SN,» SNN = «,SNN ## суммы первых
степеней и квадратов первого нуля
    #print >> file, «Матожидание первого нуля: «,MSN

```

```

#print >> file, «SG = », SG      ##      суммы      первых      степеней
гистограммы
#print >> file, «SGG = », SGG ## суммы квадратов гистограммы
#print >> file, « Матожидание гистограммы: »,MSG
#print >> file, «=====»

print >> file, «===== The END =====»
file.close()
print «      Protocol is generated»
z=0
while z != «»:
    print «=====»
    z = input(«      Press ENTER for exit ... «)

## ===== End of program =====

```

ДОДАТОК В

Протоколи

1	6	7	16	30	45	78	73	78	48	18
1	1	7	12	20	43	72	82	88	52	22
1	2	3	9	23	48	76	91	80	46	21
1	0	2	8	7	33	71	91	96	70	21
1	2	4	11	16	34	59	97	93	66	17
1	1	3	11	32	52	63	91	86	43	17
1	2	5	8	16	47	59	92	86	67	17
1	0	1	3	11	25	58	84	93	84	40
1	0	2	13	27	56	80	82	81	47	11
1	1	4	17	26	47	75	98	70	49	12
1	0	12	16	28	47	72	87	77	46	14
1	3	2	18	18	40	65	79	98	56	20
1	5	5	12	29	49	94	92	60	38	15
1	2	4	21	29	50	69	81	80	52	11
1	0	0	9	23	31	72	98	96	54	16

Рисунок В.1 – Протоколи

1	1	3	10	22	42	73	97	77	62	12
1	0	0	4	5	22	46	68	105	104	45
1	0	0	1	5	14	31	81	109	106	52
1	1	6	25	41	57	73	75	65	42	14
1	4	15	30	48	62	74	76	48	36	6
1	0	0	3	9	28	52	95	99	78	35
1	0	1	4	22	25	69	74	100	75	29
1	1	5	12	37	48	79	83	86	36	12
1	6	12	30	48	74	89	65	50	21	4
1	1	2	5	14	29	55	86	108	85	14
1	0	2	6	12	34	54	95	98	71	27
1	0	0	4	6	13	51	74	104	105	42
1	4	9	37	55	67	69	81	52	23	2
1	0	3	3	10	35	42	92	104	84	26
1	3	7	12	25	59	84	83	70	43	13

Рисунок В.2 – Протоколи

ДОДАТОК Г
Імітаційне моделювання

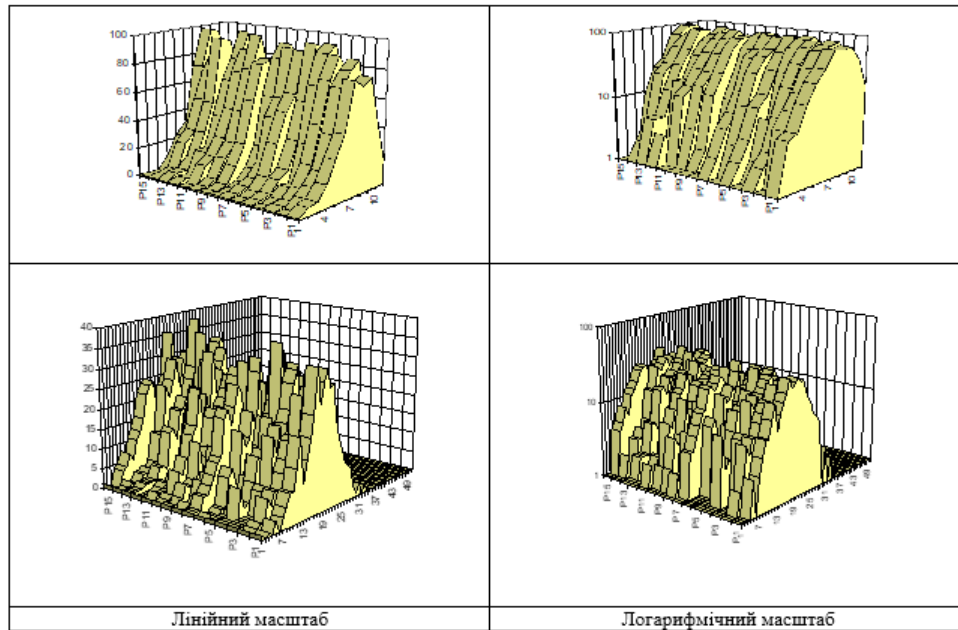


Рисунок Г.2 – Результати моделювання

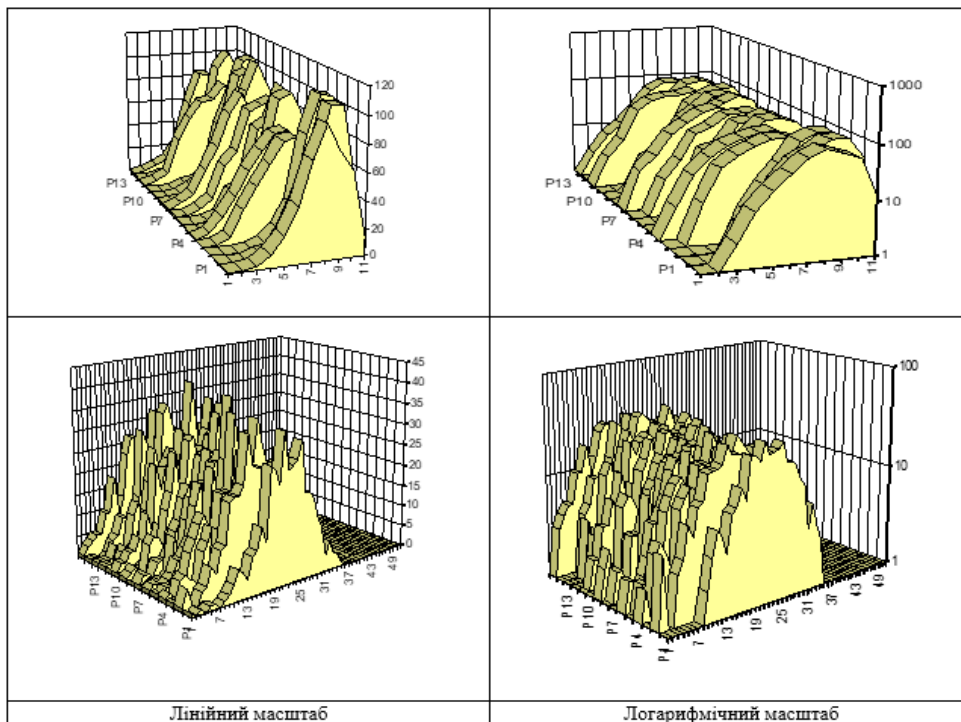


Рисунок Г.2 – Результати моделювання