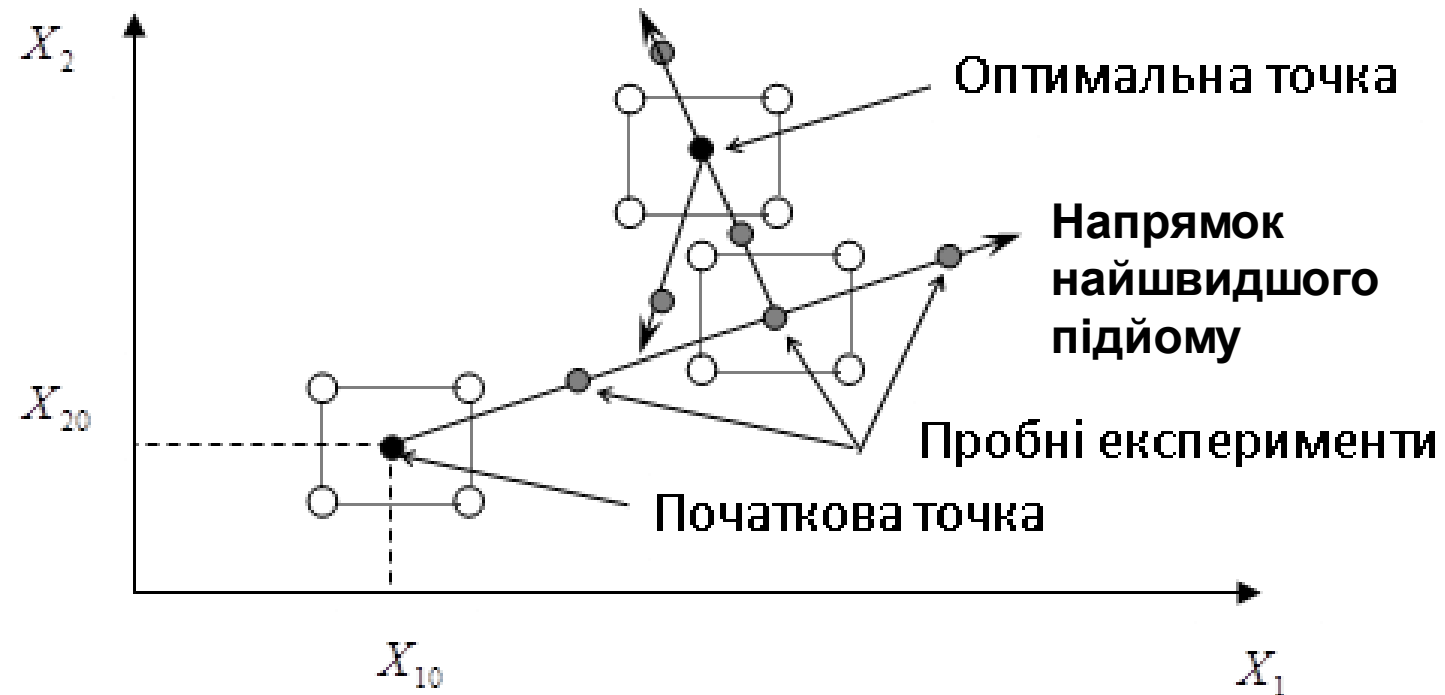


# Методи оптимізації імітаційних моделей

# Методи оптимізації імітаційних моделей: Метод найшвидшого підйому



# Еволюційні методи пошуку оптимального значення

- Елементом **популяції** є набір параметрів, пошук яких здійснюється.
- Початкова популяція (генерування 0) формується з випадкових значень, розкиданих в області допустимих значень параметрів.
- Кожний елемент популяції запускається у «життя», тобто в імітаційну модель. Результатом такої **життєдіяльності елемента популяції** є відгук моделі. Набори параметрів, які виявились «неспрможними», тобто дістали в процесі імітації великі значення відгуку моделі, «гинуть» або знищуються. Таким чином за значенням відгуку моделі здійснюється відбір елементів популяції.
- Елементи популяції, що пройшли відбір, допускаються до схрещування. **Схрещування** здійснюється для випадково обраних пар елементів популяції склеюванням частин наборів параметрів. Нехай для схрещування обрані елементи популяції  $A_j$  та  $A_k$ . В результаті роботи **оператора кросовера** випадковим чином обираються компоненти, параметри яких в елементі-нащадку будуть прийняті такими, як в елементі  $A_j$ , інші компоненти елемента-нащадка приймають значення параметрів такі, як в елементі  $A_k$ .
- **Мутація** здійснюється додаванням випадкового відхилення до результату, який отриманий в результаті схрещування, наприклад, додаванням з рівною ймовірністю -1, 0 або 1.
- Кожна наступна популяція (генерування  $j$ ) формується з елементів, що пройшли відбір на попередньому генеруванні (генерування  $j-1$ ), та з елементів, що створені в результаті схрещування та мутації.
- У **правилі зупинки еволюційного пошуку** користувач задає точність визначення оптимального значення (перехід до наступної популяції не суттєво поліпшує оптимальне значення) та максимальну кількість генерувань.

# Алгоритм еволюційного методу пошуку оптимального значення

- Задати  $2N$  елементів початкової популяції  $A_0$  та точність  $\varepsilon$  визначення оптимального значення.
- Доки не досягнута задана точність ( $\Delta_j < \varepsilon$ ) визначення оптимального значення:
  - Для кожного елемента популяції  $A_j$  розрахувати показник його життєдіяльності та визначити найліпше досягнуте на даному етапі еволюції значення
  - Упорядкувати елементи популяції за спаданням значення показника життєдіяльності та відкинути половину найгірших з них.
  - Оператором кросовера створити  $N$  нових елементів популяції, використовуючи схрещування тільки для елементів, що залишились після відбору.
  - Виконати мутацію нових елементів
  - Створити нову популяцію з  $N$  елементів, які виявились найкращими в результаті відбору, та  $N$  новостворених елементів.
  - Розрахувати  $\Delta$ , тобто різницю між найліпшими значеннями показника життєдіяльності попередньої та нової популяції.
- Визначити найліпший елемент в останній популяції та значення його показника життєдіяльності

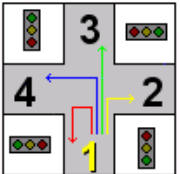
# Приклад: оптимізація параметрів управління транспортним рухом

**CrossRoad**

Файл Правка Візуалізація Імітація Настроювання Допомога

Перехрестя Імітація Експеримент

Назва перехрестя  
Перехрестя 0



**Характеристики напрямку**

Вага напрямків руху

2	20	58	20
---	----	----	----

Інтервал руху: 1,5  
Кількість рядів: 2

**Зв'язок з іншим перехрестям**

Час подолання відстані: 30  
Відхилення: 10

**Світлофори**

Час повного циклу світлофора: 56

Фаза світлофора

25	3	25	3
----	---	----	---

Поточний час фази: 0

**Інтенсивність руху**

☒ Активність напрямку

Закон розподілу: Експоненціальн

Часова затримка: 5

Відхилення: 3

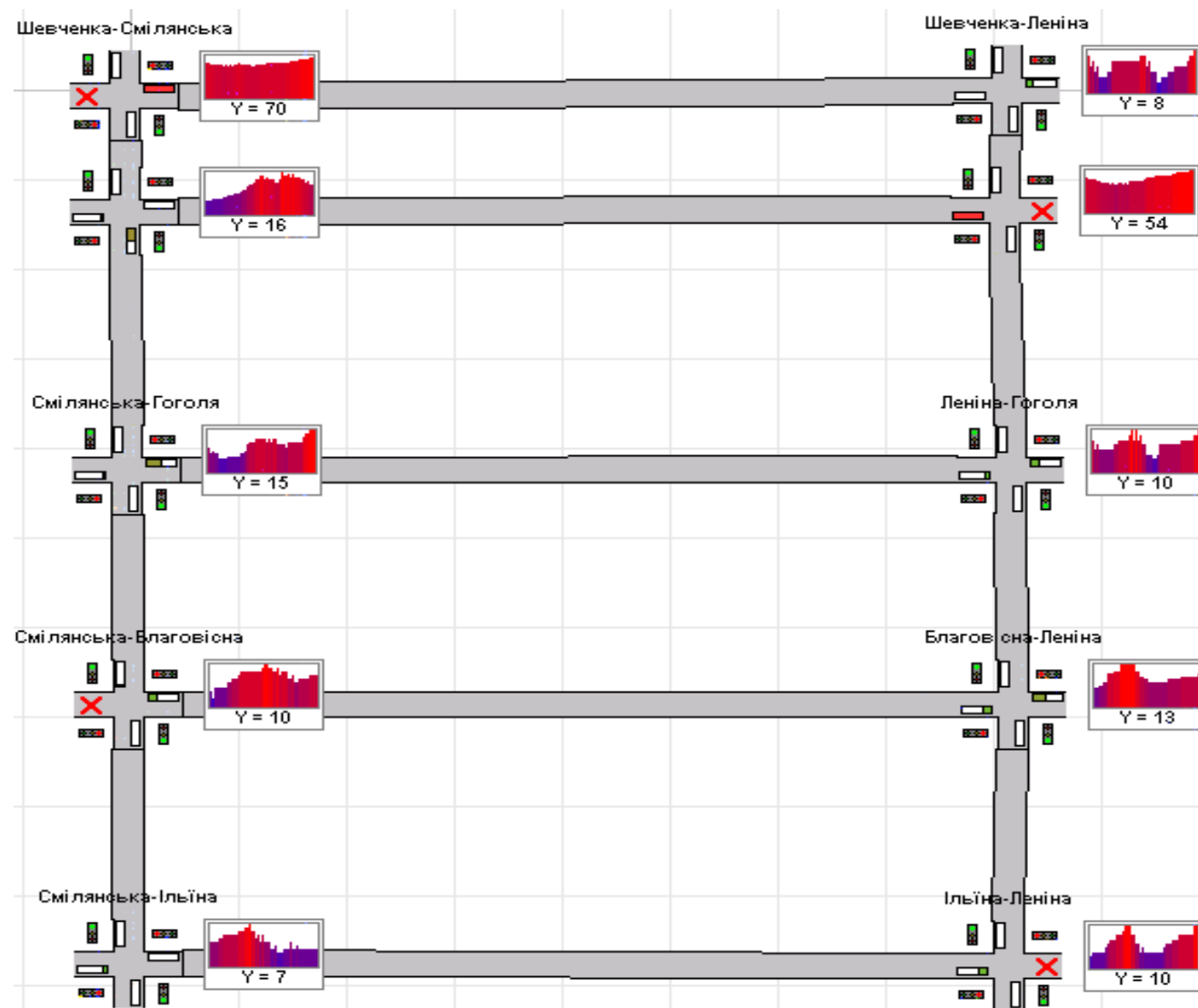
Поточний час: 0,00  
Всього автомобілів: 0  
Активних автомобілів: 0  
Пасивних автомобілів: 0

© Стеценко Інна Вячеславівна НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"

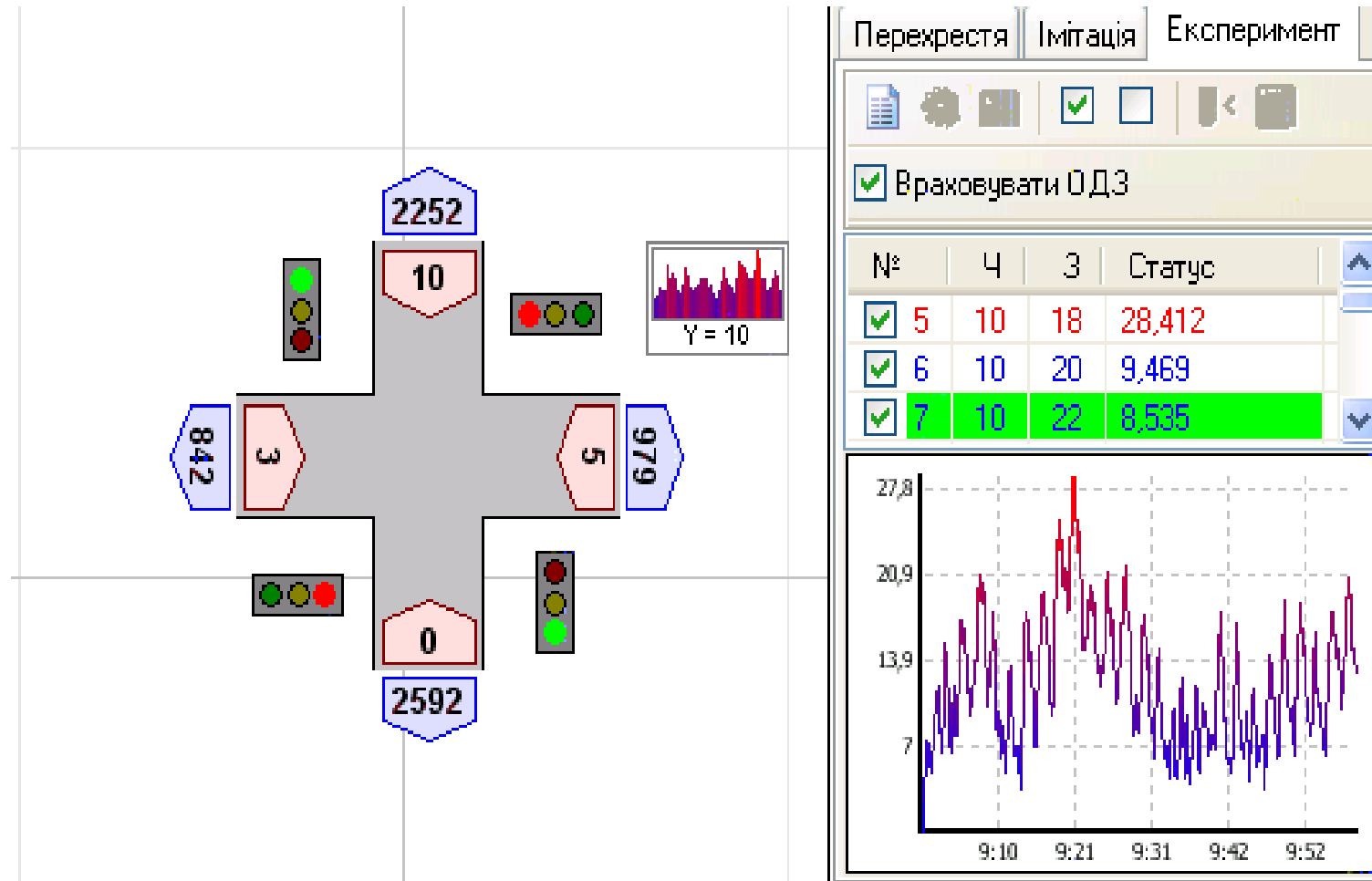
Для переміщення робочої області використовуйте праву кнопку миші

X: 266 Y: 231 Масштаб: 100%

# Результати імітаційного моделювання ділянки транспортного руху



## Результати визначення оптимальних параметрів управління окремого перехрестя



# Застосування еволюційної стратегії для визначення оптимальних параметрів управління світлофорними об'єктами

Елемент популяції

$$A = (r_1, g_1, r_2, g_2, \dots, r_n, g_n)$$

Початкова популяція: A1, A2, ...A20.

Відбір та знищення:

A1, A2, ...A20  $\Rightarrow$  імітаційна модель транспортного руху  $\Rightarrow y_1, y_2, \dots, y_{20} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  сортування за значенням відгуку моделі  $\Rightarrow$  знищення неспроможних елементів  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow A_1, A_2, \dots, A_{10}$

Кросовер:

$$\left. \begin{aligned} A^{(j)} &= (r_1^{(j)}, g_1^{(j)}, r_2^{(j)}, g_2^{(j)}, \dots, r_{n-1}^{(j)}, g_{n-1}^{(j)}, r_n^{(j)}, g_n^{(j)}) \\ A^{(k)} &= (r_1^{(k)}, g_1^{(k)}, r_2^{(k)}, g_2^{(k)}, \dots, r_{n-1}^{(k)}, g_{n-1}^{(k)}, r_n^{(k)}, g_n^{(k)}) \\ A^{(m)} &= (r_1^{(j)}, g_1^{(j)}, r_2^{(k)}, g_2^{(k)}, \dots, r_{n-1}^{(k)}, g_{n-1}^{(k)}, r_n^{(j)}, g_n^{(j)}) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

Мутація

$$A = (r_1 + \xi_1, g_1 + \xi_2, r_2 + \xi_3, g_2 + \xi_4, \dots, r_n + \xi_{2n-1}, g_n + \xi_{2n})$$

Наступна популяція: A1, A2, ...A10, A11, A12..., A20 – елементи попередньої популяції та знов створені елементи



# Результати визначення оптимальних параметрів управління системи перехресть

genethic Imitation							
Популяція							
Початкова популяція	Львівська-Гоголя	Смілянська-Благовісна	Смілянська-Ільїна	Леніна-Гоголя	Благовісна-Леніна	Ільїна-Леніна	Y
Популяція 1	3; 8	4; 11; 3; 13	4; 17; 3; 20	4; 22; 3; 25	4; 29; 3; 32	4; 34; 3; 37	297,05
Популяція 2	3; 34	4; 38; 3; 40	4; 8; 3; 11	4; 14; 3; 17	4; 20; 3; 22	4; 26; 3; 29	96,11
Популяція 3	3; 26	4; 29; 3; 32	4; 35; 3; 38	4; 6; 3; 8	4; 12; 3; 15	4; 17; 3; 20	378,35
Популяція 4	3; 16	4; 19; 3; 23	4; 25; 3; 28	4; 32; 3; 34	4; 37; 3; 5	4; 8; 3; 11	377,78
Популяція 5	3; 8	4; 11; 3; 14	4; 16; 3; 20	4; 23; 3; 25	4; 29; 3; 32	4; 35; 3; 37	304,04
	3; 34	4; 36; 3; 40	4; 8; 3; 10	4; 13; 3; 17	4; 19; 3; 22	4; 26; 3; 28	162,32
	3; 25	4; 28; 3; 31	4; 34; 3; 37	4; 40; 3; 8	4; 10; 3; 14	4; 17; 3; 20	446,15
	3; 16	4; 19; 3; 23	4; 25; 3; 28	4; 31; 3; 34	4; 37; 3; 5	4; 7; 3; 11	356,23
	3; 8	4; 11; 3; 14	4; 17; 3; 20	4; 23; 3; 26	4; 28; 3; 32	4; 35; 3; 38	92,91
	3; 34	4; 36; 3; 40	4; 8; 3; 10	4; 13; 3; 17	4; 20; 3; 22	4; 25; 3; 29	89,27
	3; 23	4; 27; 3; 30	4; 32; 3; 35	4; 39; 3; 6	4; 9; 3; 13	4; 15; 3; 18	479,82
	3; 15	4; 18; 3; 22	4; 24; 3; 27	4; 30; 3; 32	4; 36; 3; 39	4; 6; 3; 10	341,29
	3; 6	4; 10; 3; 13	4; 15; 3; 19	4; 22; 3; 24	4; 27; 3; 31	4; 34; 3; 36	416,44
	3; 33	4; 36; 3; 38	4; 7; 3; 10	4; 12; 3; 15	4; 19; 3; 21	4; 24; 3; 28	74,06
	3; 23	4; 27; 3; 30	4; 33; 3; 35	4; 39; 3; 7	4; 9; 3; 12	4; 16; 3; 18	467,21
	3; 14	4; 17; 3; 20	4; 23; 3; 26	4; 29; 3; 31	4; 35; 3; 38	4; 5; 3; 8	41,62
	3; 5	4; 9; 3; 12	4; 14; 3; 17	4; 21; 3; 23	4; 26; 3; 29	4; 33; 3; 35	396,23
	3; 32	4; 35; 3; 38	4; 6; 3; 9	4; 12; 3; 15	4; 19; 3; 21	4; 24; 3; 27	78,62
	3; 24	4; 27; 3; 30	4; 33; 3; 35	4; 39; 3; 7	4; 9; 3; 12	4; 16; 3; 18	498,71
	3; 15	4; 17; 3; 20	4; 24; 3; 26	4; 29; 3; 32	4; 35; 3; 38	4; 6; 3; 9	44,13
Сума: 5438,35213045844							
Налаштування							
Наступне покоління		Наступні 2 покол.		<input checked="" type="checkbox"/> Кросингвер	<input checked="" type="checkbox"/> Мутація		

genethic Imitation

Популяція

Початкова популяція

Популяція 1

Популяція 2

Популяція 3

Популяція 4

Популяція 5

Ганська-Гоголя	Смілянська-Благовісна	Смілянська-Ільїна	Леніна-Гоголя	Благовісна-Леніна	Ільїна-Леніна	Y
2; 3: 14	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 26	4: 30; 3: 30	4: 36; 3: 37	4: 6; 3: 7	151,03
3; 3: 33	4: 34; 3: 39	4: 6; 3: 9	4: 12; 3: 15	4: 19; 3: 22	4: 23; 3: 28	200,91
3; 3: 20	4: 24; 3: 26	4: 13; 3: 14	4: 18; 3: 21	4: 24; 3: 27	4: 30; 3: 33	74
3; 3: 34	4: 36; 3: 41	4: 7; 3: 10	4: 13; 3: 17	4: 19; 3: 22	4: 26; 3: 29	158,53
3; 3: 8	4: 10; 3: 14	4: 15; 3: 21	4: 21; 3: 26	4: 29; 3: 32	4: 34; 3: 37	284,41
3; 3: 14	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 25	4: 30; 3: 30	4: 36; 3: 39	4: 5; 3: 8	56,41
3; 3: 33	4: 35; 3: 38	4: 6; 3: 9	4: 12; 3: 16	4: 20; 3: 20	4: 23; 3: 28	178,43
3; 3: 20	4: 24; 3: 26	4: 12; 3: 15	4: 18; 3: 21	4: 24; 3: 27	4: 31; 3: 32	42,1
3; 3: 34	4: 36; 3: 41	4: 7; 3: 11	4: 12; 3: 17	4: 19; 3: 22	4: 26; 3: 28	139,09
3; 3: 8	4: 11; 3: 13	4: 17; 3: 19	4: 23; 3: 24	4: 30; 3: 31	4: 34; 3: 37	309,46
3; 3: 14	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 26	4: 29; 3: 32	4: 34; 3: 39	4: 4; 3: 9	139,4
3; 3: 14	4: 18; 3: 19	4: 24; 3: 26	4: 29; 3: 32	4: 35; 3: 38	4: 7; 3: 8	60,98
3; 3: 34	4: 35; 3: 39	4: 8; 3: 9	4: 11; 3: 15	4: 19; 3: 21	4: 24; 3: 28	88,46
3; 3: 32	4: 35; 3: 38	4: 5; 3: 10	4: 13; 3: 14	4: 20; 3: 21	4: 24; 3: 27	119,35
3; 3: 34	4: 36; 3: 40	4: 8; 3: 10	4: 13; 3: 18	4: 19; 3: 23	4: 24; 3: 30	50,35
3; 3: 9	4: 10; 3: 15	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 26	4: 28; 3: 33	4: 34; 3: 37	143,96
3; 3: 33	4: 39; 3: 39	4: 9; 3: 10	4: 15; 3: 17	4: 20; 3: 22	4: 26; 3: 29	144,19
3; 3: 34	4: 36; 3: 40	4: 7; 3: 11	4: 12; 3: 18	4: 18; 3: 22	4: 26; 3: 28	89,89
3; 3: 8	4: 11; 3: 13	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 24	4: 30; 3: 31	4: 35; 3: 38	279,45
3; 3: 9	4: 10; 3: 14	4: 16; 3: 20	4: 23; 3: 25	4: 29; 3: 33	4: 34; 3: 38	268,87

←

→

Сума: 2979,26098684142

Налаштування

Наступне покоління

Наступні 2 покол.

↑

↓

☒ Кросингвер
 ☒ Мутація

genethic Imitation

Популяція

Початкова популяція

Популяція 1

Популяція 2

**Популяція 3**

Популяція 4

Популяція 5

Смілянська-Гоголя	Смілянська-Благовісна	Смілянська-Ільїна	Леніна-Гоголя	Благовісна-Леніна	Ільїна-Леніна	Y
2; 3: 22	4: 27; 3: 28	4: 16; 3: 18	4: 20; 3: 24	4: 25; 3: 30	4: 15; 3: 17	6,31
1; 3: 18	4: 19; 3: 24	4: 16; 3: 21	4: 22; 3: 27	4: 29; 3: 32	4: 19; 3: 19	7,41
2; 3: 34	4: 36; 3: 40	4: 7; 3: 10	4: 14; 3: 16	4: 20; 3: 21	4: 25; 3: 29	93,3
3; 3: 24	4: 26; 3: 28	4: 15; 3: 17	4: 19; 3: 23	4: 25; 3: 30	4: 14; 3: 18	5,76
5; 3: 25	4: 31; 3: 31	4: 11; 3: 12	4: 14; 3: 19	4: 21; 3: 24	4: 28; 3: 29	125,85
3; 3: 23	4: 25; 3: 30	4: 14; 3: 19	4: 19; 3: 25	4: 25; 3: 30	4: 15; 3: 18	7,44
1; 3: 18	4: 20; 3: 23	4: 17; 3: 19	4: 24; 3: 25	4: 30; 3: 31	4: 19; 3: 19	6,4
3; 3: 35	4: 36; 3: 40	4: 7; 3: 11	4: 13; 3: 17	4: 18; 3: 23	4: 23; 3: 30	69,81
3; 3: 22	4: 27; 3: 27	4: 15; 3: 17	4: 19; 3: 23	4: 26; 3: 29	4: 16; 3: 16	6,16
1; 3: 26	4: 29; 3: 33	4: 9; 3: 13	4: 13; 3: 19	4: 21; 3: 24	4: 27; 3: 30	64,89
3; 3: 23	4: 27; 3: 29	4: 15; 3: 17	4: 21; 3: 23	4: 27; 3: 29	4: 16; 3: 17	7,48
2; 3: 23	4: 26; 3: 30	4: 15; 3: 18	4: 20; 3: 26	4: 24; 3: 32	4: 13; 3: 20	6,43
3; 3: 16	4: 16; 3: 19	4: 24; 3: 26	4: 29; 3: 32	4: 35; 3: 37	4: 9; 3: 6	231,69
3; 3: 20	4: 22; 3: 28	4: 10; 3: 15	4: 18; 3: 21	4: 24; 3: 27	4: 31; 3: 32	89,82
2; 3: 34	4: 36; 3: 40	4: 6; 3: 12	4: 15; 3: 16	4: 21; 3: 21	4: 24; 3: 30	105,32
3; 3: 33	4: 36; 3: 40	4: 7; 3: 11	4: 13; 3: 18	4: 18; 3: 24	4: 24; 3: 30	74,45
3; 3: 35	4: 34; 3: 40	4: 7; 3: 10	4: 10; 3: 16	4: 18; 3: 20	4: 25; 3: 27	150,82
3; 3: 12	4: 19; 3: 17	4: 25; 3: 26	4: 28; 3: 31	4: 35; 3: 38	4: 7; 3: 7	135,09
1; 3: 33	4: 35; 3: 39	4: 5; 3: 11	4: 11; 3: 18	4: 17; 3: 21	4: 24; 3: 28	109,44
3; 3: 19	4: 25; 3: 25	4: 14; 3: 15	4: 17; 3: 20	4: 23; 3: 28	4: 29; 3: 34	83,41

Сума: 1387,27481453834

Налаштування

Наступне покоління

Наступні 2 покол.

☒ Кросингвер

☒ Мутація

genethic Imitation

Популяція

Початкова популяція

Популяція 1

Популяція 2

Популяція 3

Популяція 4

**Популяція 5**

Популяція 6

Гоголя-Смілянська	Смілянська-Благовісна	Смілянська-Ільїна	Леніна-Гоголя	Благовісна-Леніна	Ільїна-Леніна	Y
); 3: 23	4: 24; 3: 28	4: 13; 3: 18	4: 20; 3: 22	4: 25; 3: 28	4: 14; 3: 17	6,1
2; 3: 21	4: 27; 3: 27	4: 15; 3: 16	4: 20; 3: 23	4: 26; 3: 29	4: 13; 3: 17	6,75
); 3: 22	4: 24; 3: 28	4: 14; 3: 18	4: 19; 3: 25	4: 23; 3: 32	4: 15; 3: 18	6,46
); 3: 19	4: 23; 3: 25	4: 15; 3: 18	4: 21; 3: 25	4: 26; 3: 31	4: 15; 3: 19	5,78
; 3: 22	4: 26; 3: 29	4: 14; 3: 19	4: 19; 3: 23	4: 27; 3: 28	4: 16; 3: 16	7,18
); 3: 23	4: 25; 3: 27	4: 14; 3: 16	4: 20; 3: 22	4: 26; 3: 27	4: 14; 3: 17	5,88
; 3: 22	4: 27; 3: 27	4: 15; 3: 17	4: 19; 3: 24	4: 24; 3: 31	4: 13; 3: 16	6,3
); 3: 20	4: 25; 3: 27	4: 14; 3: 18	4: 19; 3: 25	4: 24; 3: 31	4: 15; 3: 20	6,17
); 3: 20	4: 21; 3: 27	4: 13; 3: 19	4: 20; 3: 25	4: 26; 3: 31	4: 16; 3: 18	7,29
; 3: 22	4: 27; 3: 28	4: 15; 3: 17	4: 21; 3: 22	4: 28; 3: 27	4: 16; 3: 16	8,51
); 3: 23	4: 26; 3: 27	4: 15; 3: 17	4: 19; 3: 24	4: 25; 3: 29	4: 13; 3: 19	6,98
); 3: 23	4: 26; 3: 27	4: 15; 3: 18	4: 19; 3: 23	4: 25; 3: 29	4: 16; 3: 16	6,13
; 3: 23	4: 26; 3: 28	4: 14; 3: 18	4: 17; 3: 24	4: 25; 3: 30	4: 15; 3: 17	5,55
); 3: 21	4: 28; 3: 27	4: 17; 3: 17	4: 21; 3: 23	4: 26; 3: 29	4: 14; 3: 18	6,45
); 3: 24	4: 26; 3: 29	4: 14; 3: 18	4: 18; 3: 25	4: 23; 3: 31	4: 13; 3: 19	6,77
); 3: 20	4: 23; 3: 26	4: 15; 3: 19	4: 21; 3: 26	4: 25; 3: 33	4: 16; 3: 19	6,69
); 3: 21	4: 22; 3: 26	4: 14; 3: 20	4: 20; 3: 25	4: 26; 3: 31	4: 17; 3: 18	7,03
); 3: 20	4: 22; 3: 28	4: 15; 3: 17	4: 23; 3: 24	4: 28; 3: 31	4: 16; 3: 19	6,19
; 3: 22	4: 27; 3: 28	4: 15; 3: 19	4: 20; 3: 25	4: 25; 3: 30	4: 14; 3: 18	7,61
2; 3: 22	4: 26; 3: 28	4: 15; 3: 17	4: 20; 3: 22	4: 28; 3: 28	4: 18; 3: 15	13,07

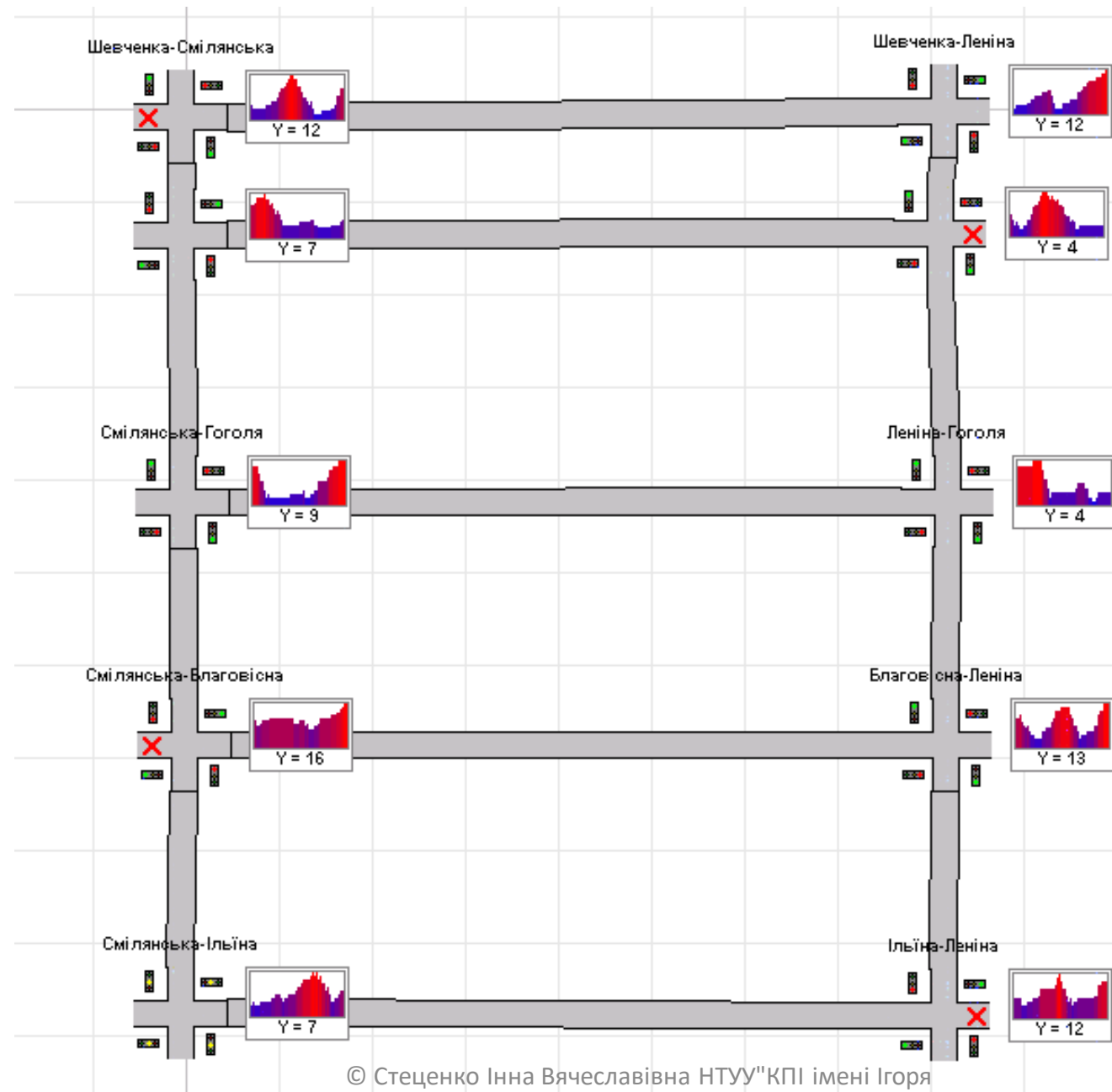
Сума: 138,896065808533

Налаштування

Наступне покоління

Наступні 2 покол.

☒ Кросингвер
 ☒ Мутація



# Висновки

- ✓ Факторний аналіз слід використовувати у випадку невеликої кількості факторів та дослідження лінійної залежності від факторів. Дисперсійний аналіз використовують для констатації факту залежності. Регресійний аналіз - для кількісної оцінки впливу.
- ✓ Методи оптимізації слід використовувати для систем, в яких наявність оптимального значення обґрунтована.
- ✓ Для систем з великою кількістю факторів слід використовувати методи еволюційного пошуку.