

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни
«Системний аналіз»
для студентів спеціальності
122 – «Комп'ютерні науки»

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни
«Системний аналіз»
для студентів спеціальності
122 – «Комп'ютерні науки»**

Вінниця
ВНТУ
2021

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 2 від 22.10.2020 р.)

Рецензенти:

А. А. Яровий, доктор технічних наук, професор

В. А. Петрук, доктор педагогічних наук, професор

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системний аналіз» для студентів спеціальності 122 – «Комп’ютерні науки» / Уклад. : В. В. Колодний, В. С. Озеранський, О. П. Прозор. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 20 с.

В методичних вказівках наведено завдання лабораторних робіт для студентів з дисципліни «Системний аналіз». Методичні вказівки містять настанову щодо використання комп’ютерної програми «GenGraph» та приклад виконання завдання лабораторної роботи.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	5
НАСТАНОВА ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «GENGRAPH»	7
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	12
ЛІТЕРАТУРА.....	19

ВСТУП

За означенням М. З. Згуровського та Н. Д. Панкратової, системний аналіз – це узгоджена сукупність методологічних принципів, процедур і методів досліджень, орієнтованих на діалектичне пізнання загальних властивостей та особливостей міждисциплінарних системних задач і способів їх вирішення для отримання конкретно-наукових і прикладних результатів в різних сферах людської діяльності [2].

Метою дисципліни «Системний аналіз» є вивчення теоретичних і практичних основ методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, вивчення основних методів формалізації системних завдань, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику, засвоєння практичних навичок застосування системної методології для аналізу, моделювання складних систем, розвиток навичок використання практичних методів системного аналізу для прийняття рішень, формування у майбутніх спеціалістів системного мислення.

У результаті вивчення дисципліни «Системний аналіз» студент має оволодіти такими компетентностями: знання теоретичних і практичних основ методології системного аналізу для дослідження складних міждисциплінарних проблем різної природи, методів формалізації системних завдань, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику; уміння вирішувати практичні науково-технічні та соціально-економічні завдання міждисциплінарного характеру.

У результаті виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системний аналіз» студент має отримати практичні навички: застосування методів системного аналізу в дослідженні складних систем; використання процедури прийняття рішень в умовах невизначеності; дослідження ефективності різних режимів функціонування складної системи з позиції системного аналітика.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

На автозаправній станції (АЗС) працює 3 бензоколонки.

Режим функціонування АЗС як багатоканальної системи масового обслуговування задається двома випадковими величинами: часом обслуговування клієнтів $t_{\text{обсл}}$ та інтервалом часу між надходженням вимог (прибуттям клієнтів) Δt . Ймовірність одночасного прибуття двох клієнтів $p = 0,07$ є постійною для різних режимів.

Для першого (основного) режиму функціонування АЗС R_1 : $t_{\text{обсл}}$ – неперервна випадкова величина, що має нормальний закон розподілу з параметрами $M = 5$ хв; $\sigma = 1$ хв, а Δt – неперервна випадкова величина, що має експоненціальний розподіл з параметром $\lambda = 2$ хв.

Для другого режиму функціонування АЗС R_2 : $t_{\text{обсл}}$ залишається без змін, а Δt визначається згідно з варіантом за таблицею 2.

Для третього режиму функціонування АЗС R_3 : $t_{\text{обсл}}$ визначається згідно з варіантом за таблицею 1, а Δt – за таблицею 2.

Для четвертого режиму функціонування АЗС R_4 : $t_{\text{обсл}}$ визначається згідно з варіантом за таблицею 1, а Δt є таким, як в основному режимі функціонування.

Необхідно дослідити динаміку зміни ефективності функціонування АЗС для послідовності зміни режимів $R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow R_1$ та визначити найефективніший режим.

Хід роботи

1. Промоделювати та дослідити основний режим функціонування АЗС R_1 .

2. Промоделювати та дослідити вплив параметрів й виду розподілу часу обслуговування клієнтів і часу між прибуттям клієнтів на кількість черг в системі, максимальну довжину черги та сумарний час простою бензоколонок в режимах R_2 , R_3 , R_4 (згідно з індивідуальним варіантом).

3. Дослідити ефективність різних режимів функціонування з позиції системного аналітика та обґрунтувати висновки.

4. Для режиму функціонування АЗС R_3 провести дослідження чутливості моделі до змін двох довільно вибраних параметрів розподілу в межах -5% , $+5\%$, -10% , $+10\%$. Виявити чутливість моделі до виду законів розподілу (вибрати не менше 4 видів) при фіксованих значеннях математичного сподівання.

5. Зробити висновки з роботи.

Таблиця 1 – Види законів розподілу часу обслуговування

Перша цифра номера варіанта	Розподіл величини $t_{\text{обсл}}$ (хв)	
1	Нормальний	$M = 7; \sigma = 1,2$
2	трикутний	$a = 0; b = 10; m = 2$
3	прямокутний	$a = 1; b = 6$
4	трикутний	$a = 1; b = 8; m = 7$
5	нормальний	$M = 4; \sigma = 0,5$
6	прямокутний	$a = 3; b = 5$
7	нормальний	$M = 8; \sigma = 2$
8	трикутний	$a = 0,5; b = 9; m = 6$
9	прямокутний	$a = 2; b = 4$
0	трикутний	$a = 2; b = 7; m = 3$

Таблиця 2 – Види законів розподілу інтервалу часу між прибуттям клієнтів

Друга цифра номера варіанта	Розподіл величини Δt (хв)	
1	експоненціальний	$\lambda = 3$
2	нормальний	$M = 5; \sigma = 1,2$
3	трикутний	$a = 1; b = 3; m = 2$
4	експоненціальний	$\lambda = 3,5$
5	нормальний	$M = 6; \sigma = 1$
6	трикутний	$a = 1; b = 4; m = 3$
7	експоненціальний	$\lambda = 2,5$
8	нормальний	$M = 4; \sigma = 0,5$
9	трикутний	$a = 1; b = 6; m = 5$
0	експоненціальний	$\lambda = 4$

НАСТАНОВА ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «GENGRAPH»

Початок роботи

GenGraph – програма, що призначена для моделювання (генерації) випадкових величин з графічно заданими законами розподілу.

Основні функції програми:

- задання та модифікація існуючих розподілів графічними засобами;
- отримання статистичних параметрів заданих законів розподілу;
- побудова .NET бібліотеки на основі заданого закону розподілу для подальшого використання у прикладних програмах.

Для того, щоб почати роботу з програмою, завантажте розподіл з колекції або нарисуйте графік щільності розподілу в робочій області екрана.

Задання щільності розподілу

Для того, щоб задати закон розподілу, використовуйте графічні інструменти або готовий розподіл з колекції.

Графічне задання розподілу

За допомогою графічних засобів задання розподілу Ви можете нарисувати і редагувати графік щільності розподілу, який бажаєте отримати.

Перед початком роботи вкажіть мінімальне і максимальне значення випадкової величини, з якою Ви хочете працювати. Це можна зробити у вкладці «Розподіл» в групі елементів «Графічні інструменти».

Для того, щоб збільшити точність моделювання, рекомендується збільшити площу робочої області (розгорніть програму на весь екран).

Порада: після встановлення мінімального і максимального значень випадкової величини переведіть мишку у робочу область. Ви побачите координати курсора: перша координата відповідає значенню випадкової величини, друга – кількості пікселів до нижньої межі робочої області. Використання цих величин може допомогти Вам при побудові графіка щільності розподілу.

Рисуння та редагування графіка щільності може бути виконано такими інструментами:

- «олівець» – дозволяє рисувати лінії довільної форми;
- «лінія» – побудова прямої лінії під довільним кутом. Для того, щоб отримати **горизонтальну лінію**, затисніть під час рисуння **Shift**;
- «ластик» – очищує обмежену область від нарисованих ліній;
- «лінія по точках» – дозволяє побудувати лінію за координатами її крайніх точок.

Порада: на етапі графічного задання розподілу можна задати наближений графік щільності за допомогою інструментів «Лінія» та «Лінія по точках». Отримавши графік щільності розподілу, можна буде згладити кути графіка за допомогою апроксимувальної функції.

Для того, щоб продовжити роботу з заданим розподілом, потрібно зафіксувати розподіл.

Якщо Ви хочете почати роботу з початку – натисніть кнопку «Очистити роб. обл.».

Вибір розподілу з колекції

Ви можете отримати графік щільності одного зі стандартних або раніше збережених розподілів та, модифікувавши цей графік, отримати новий закон розподілу.

Для того, щоб завантажити розподіл з колекції, необхідно виконати такі дії.

1. У вкладці «Розподіл» в групі елементів «Графічні інструменти» вкажіть мінімальне і максимальне значення випадкової величини, з якою Ви хочете працювати.

2. У головному меню виберіть вкладку «Колекція розподілів».

3. Якщо Ви збираєтесь використати нормальний або експоненціальний розподіли – вкажіть їх параметри.

4. Натисніть на кнопку, що відповідає вибраному вами закону розподілу.

Отримавши графік щільності закону розподілу з колекції, Ви можете редагувати його графічними засобами або зафіксувати розподіл на основі наявного графіка щільності.

Якщо Ви уже маєте готовий закон розподілу, вкладка «Колекція розподілів» та поля мінімального і максимального значень випадкової величини будуть неактивними. Щоб активізувати їх, натисніть кнопку «Очистити» або «Повернутися до рисування» у вкладці «Розподіл».

Фіксація розподілу

Після того, як Ви нарисували графік щільності розподілу, програма має проаналізувати його та згенерувати функцію розподілу.

У вкладці «Розподіл» в групі елементів «Отримання розподілу» натисніть на кнопку «Зафіксувати розподіл».

Після натискання кнопки «Отримання розподілу» виконується низка дій:

– програма переходить у режим, в якому не можна редагувати графік щільності розподілу графічними засобами та завантажувати розподіл з колекції;

– відбувається аналіз усіх точок в робочій області та виділяється графік функції щільності розподілу. Виділення графіка функції щільності розподілу відбувається за таким правилом: для кожної точки по горизонталі вибирається найнижча точка по вертикалі;

– генерується функція, що повертає значення, розподілені за заданим законом розподілу;

– стають доступними засоби, для роботи яких потрібен закон розподілу.

Отримавши точний графік функції щільності розподілу, Ви можете апроксимувати або видалити його частину, компіювати отриманий закон у .Net збірку, отримати гістограму заданого розподілу, або виділити частину графіка і дізнатися, з якою ймовірністю випадкова величина потраплятиме в цей діапазон.

Для того, щоб повернутися у режим графічного задання розподілу, натисніть «Повернутися до рисування». Щоб почати все спочатку – тисніть «Очистити».



Апроксимація та видалення частини графіка

Отримавши графік щільності розподілу, Ви можете апроксимувати або видалити його частину.

Щоб здійснити апроксимацію, здійсніть такі дії.

1. Виділіть частину робочої області, затиснувши мишку на одному кінці частини області, яку Ви бажаєте виділити, та відпустивши на іншому.

2. Натисніть на кнопку «Апроксимувати виділене» для апроксимації або «Видалити виділене» – для видалення.

3. Якщо результат операції з пункту 2 Вам не сподобався, натисніть на кнопку «назад» , щоб повернути графік – натисніть «вперед» .

Налаштувати параметри апроксимації можна у вкладці «Налаштування».

Далі Ви можете компіювати отриманий закон у .Net збірку, отримати гістограму заданого розподілу або виділити частину графіка і дізнатися, з якою ймовірністю випадкова величина потраплятиме в цей діапазон.

Якщо після апроксимації або видалення Ви бажаєте повернутись до графічного задання графіка щільності розподілу – натисніть «Повернутися до рисування».

Налаштування параметрів апроксимації

Програма GenGraph підтримує два методи апроксимації.

1. Апроксимація кривої поліномом.
2. Апроксимація кривої формою гнучкої нитки.

Для того, щоб змінити параметри апроксимації, перейдіть у вкладку «Налаштування». У групі елементів «Тип апроксимації» можна переглянути і змінити поточний метод апроксимації.

За замовчуванням використовується апроксимація поліномом 30-го степеня.

Апроксимація ниткою дає добрі результати при застосуванні до ділянки кривої з одним екстремумом або без екстремумів. Перевагою цього методу є те, що не змінюються вертикальні координати кінців ділянки, що апроксимується. Це дозволяє уникнути розривів у графіку функції щільності розподілу.

Метод апроксимації гнучкою ниткою має параметр – стрілу прогину нитки. Ця величина дорівнює відстані від нижчого з кінців нитки до найнижчої точки усієї нитки. За замовчуванням значення параметра вибирається автоматично таким чином, щоб імовірність частини графіка, що апроксимується, не змінилася.

Апроксимація поліномом ставить у відповідність вибраній ділянці графіка графік функції вигляду $y = a_1x^n + a_2x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x^2 + a_nx + a_{n+1}$, де n – степінь полінома. Перевагою методу є можливість застосування до кривої з багатьма екстремумами (відтворюється кількість екстремумів до $n-1$ включно). Недолік – вертикальні координати кінців ділянки, що апроксимується, змінюються.

При виборі значення степеня полінома рекомендується вибирати у діапазоні $[k+1; 30]$, де k – кількість екстремумів на ділянці, що апроксимується. При виборі значення, більшого за 30, можлива нестабільна робота програми.

Компіляція збірки із розподілом

Отримавши закон розподілу, Ви можете скопіювати його у збірку для подальшого використання у прикладних програмах та у колекції розподілів програми GenGraph.

Для того, щоб скопіювати отриманий закон у збірку, потрібно виконати такі дії.

1. Натисніть кнопку «Компілювати», яка знаходиться у вкладці «Розподіл» у групі елементів «Отримання розподілу».

2. У вікні, що з'явилося, введіть ім'я класу* (назву вашого розподілу) та ім'я простору імен (сімейства, що об'єднує споріднені класи). Якщо не бажаєте, щоб ваш розподіл можна було додавати до колекції, – зніміть відмітку з «Додати до колекції».

3. Натисніть кнопку «Зберегти». За замовчуванням буде запропоновано зберегти файл у папку колекції програми GenGraph. За потреби – змініть шлях збереження.

Для того, щоб компіляція пройшла успішно, назви класу і простору імен мають бути оформлені згідно зі специфікацією мови C#. *Рекомендації щодо назви класів і просторів імен:* ім'я має містити тільки латинські літери і цифри, починатися з великої латинської літери, складатися з одного слова.

Якщо Ви змінили шлях збереження за замовчуванням і хочете додати отриману збірку до колекції, – скопіюйте її до каталогу «Generated», що міститься у папці з програмою GenGraph. Якщо Ви бажаєте видалити розподіл із колекції, – видаліть відповідний файл з каталогу «Generated».

Бібліотеки, побудовані програмою GenGraph, можна використовувати у проектах, що використовують платформу .Net 4.0.

Якщо кнопка «Компілювати» неактивна, – зафіксуйте закон розподілу.

Побудова гістограми заданого розподілу

Після отримання закону розподілу Ви можете згенерувати вибірку величин, розподілених за заданим розподілом. На базі вибірки буде побудовано гістограму.

Для того, щоб побудувати гістограму, натисніть на кнопку «Гістограма», яка знаходиться у вкладці «Розподіл» у групі елементів «Параметри розподілу».

Площа гістограми дорівнюватиме площі під графіком функції щільності розподілу.

Побудова гістограми переводить програму GenGraph у режим, в якому є можливість перегляду статистичних параметрів розподілу, але не можна змінювати графік функції щільності розподілу.

Статистичні параметри розподілу

Після побудови гістограми з'являється можливість переглянути та порівняти статистичні характеристики заданого закону розподілу та вибірки, згенерованої відповідно до цього закону.

Для того, щоб переглянути статистичні параметри розподілу в вкладці «Розподіл» у групі елементів «Параметри розподілу» натисніть на кнопку «Статистичні параметри».

Програма GenGraph обчислює та дозволяє переглядати основні статистичні параметри.

Якщо параметри закону розподілу Вас задовольняють, можете скопіювати його у .Net збірку для додання у колекцію розподілів.

Якщо Ви хочете відредагувати закон, натисніть на кнопку «Редагувати графік».

Для того, щоб почати все спочатку, натисніть «Очистити роб. обл.».

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ (для варіанта 00)

1. Про моделюємо основний режим функціонування АЗС R_1 (рис. 1).

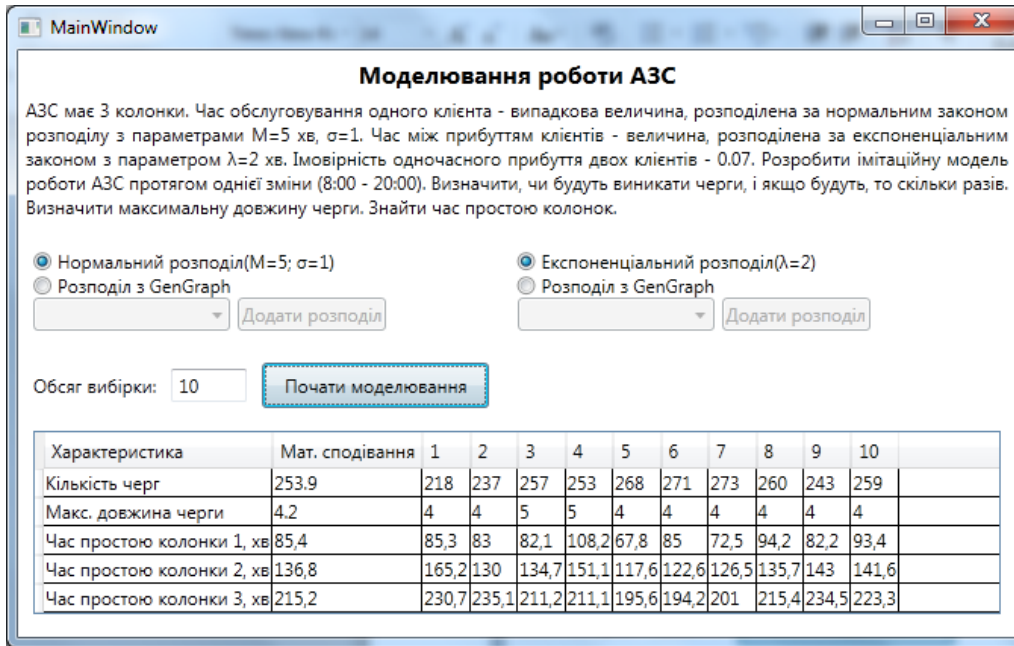


Рисунок 1 – Моделювання роботи АЗС (обсяг вибірки 10)

За замовчуванням обсяг вибірки дорівнює 10. Спробуємо підвищити його на порядок (рис. 2):

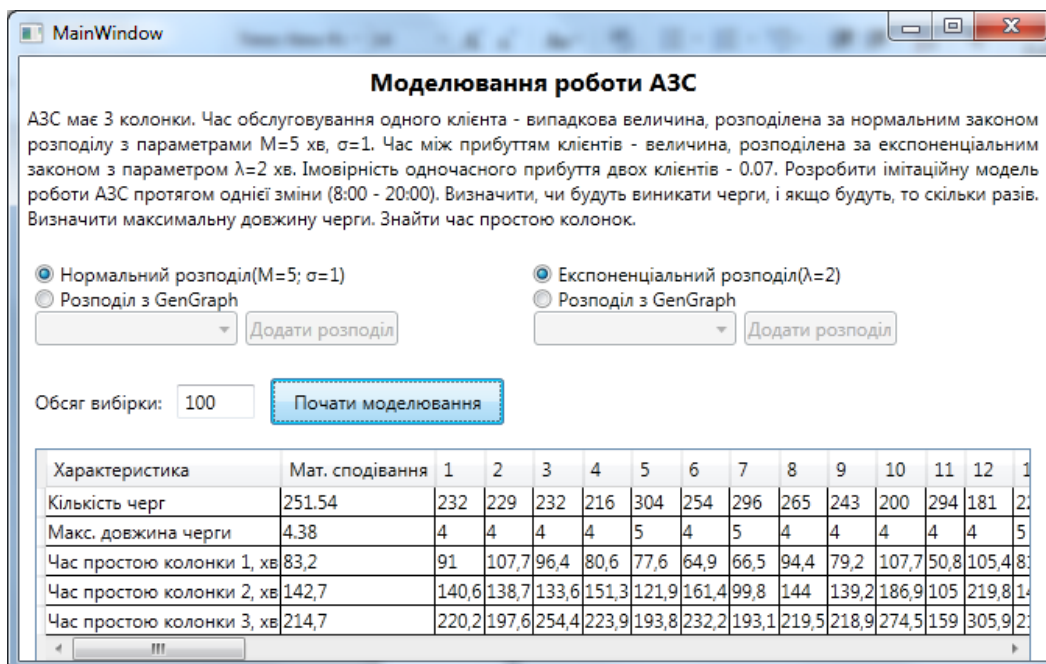


Рисунок 2 – Моделювання роботи АЗС (обсяг вибірки 100)

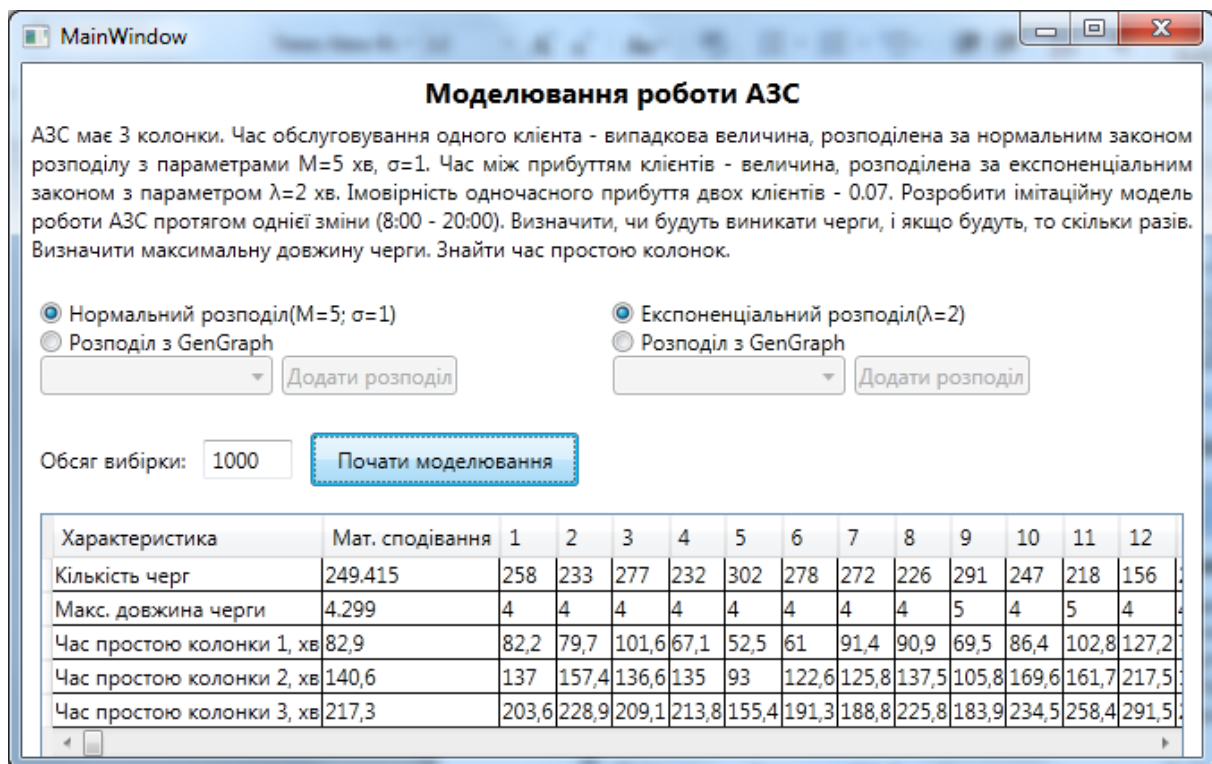


Рисунок 3 – Моделювання роботи АЗС (обсяг вибірки 1000)

Бачимо, що при більшому обсязі вибірки ми отримуємо точніші результати, але це потребує більше часу. Отже, виберемо обсяг вибірки 1000 (рис. 3), оскільки він дає достатню точність та не потребує багато часу на обчислення.

З отриманого результату зробимо висновок, що режим функціонування АЗС R_1 не надто ефективний для заданої величини часу між прибуттям клієнтів, оскільки кількість черг дуже велика, хоча максимальна довжина черги не є великою. Також досить великий час простою бензоколонок.

2. Проаналізуємо та дослідимо вплив параметрів та виду розподілу часу обслуговування клієнтів і часу між прибуттям клієнтів на кількість черг в системі, максимальну довжину черги та сумарний час простою бензоколонок в режимах R_2, R_3, R_4 .

Згідно з варіантом 00 режими функціонування будуть такими:

R_2 :

$t_{\text{обсл}}$ (хв) – без змін, нормальний, $M = 5, \sigma = 1$;

Δt (хв) – за таблицею 2, експоненціальний, $\lambda = 4$.

Задаємо в GenGraph експоненціальний розподіл із параметром $\lambda = 4$ та виводимо на екран статистичні дані (рис. 4). Моделюємо роботу АЗС в режимі функціонування R_2 (рис. 5).

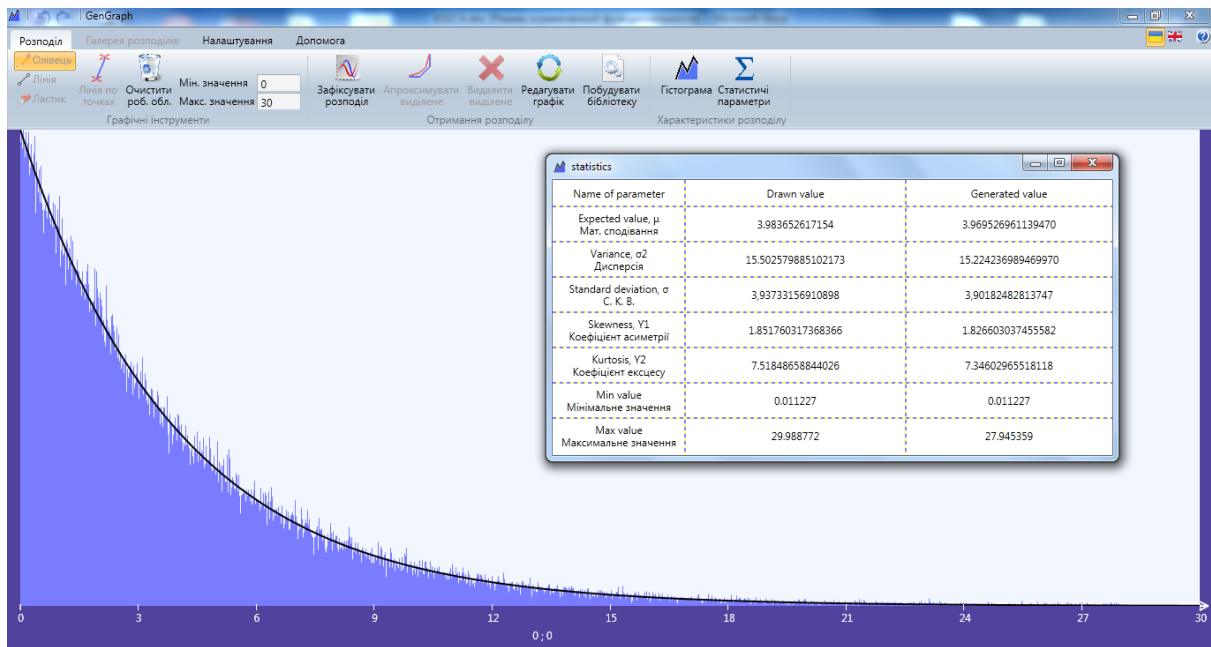


Рисунок 4 – Побудова експоненціального розподілу ($\lambda = 4$) в GenGraph

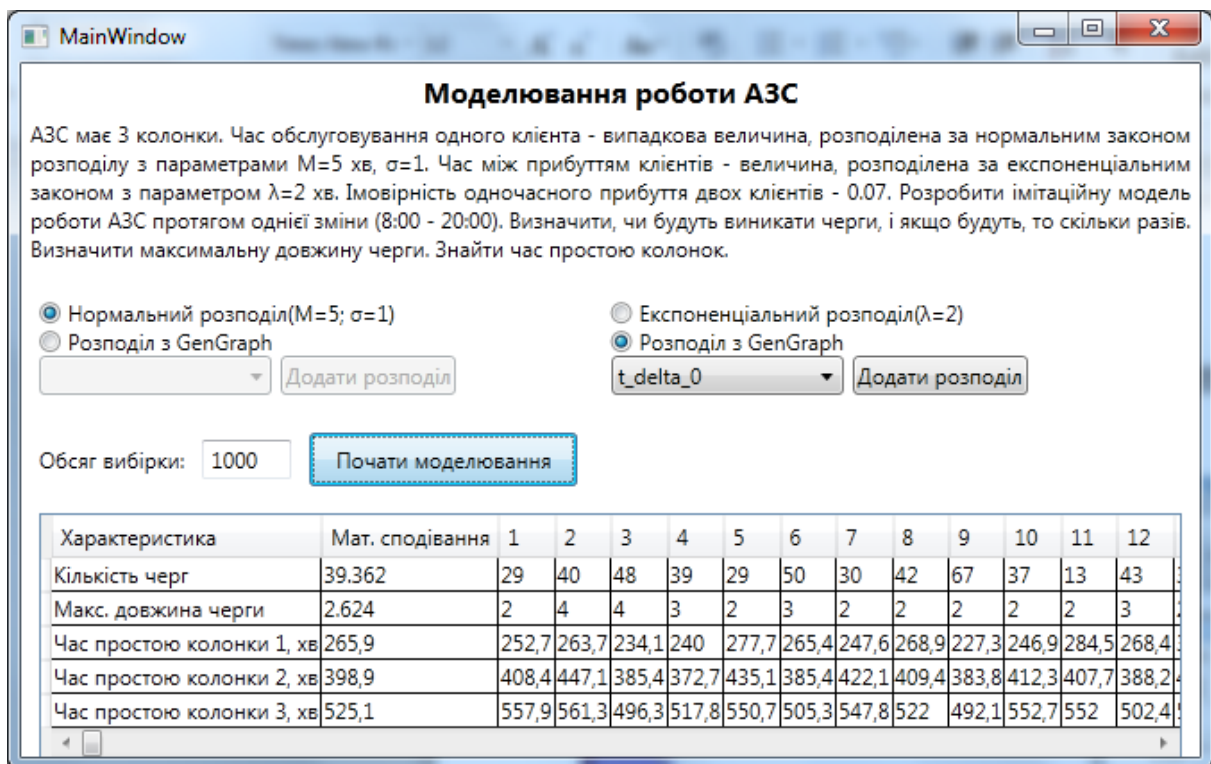


Рисунок 5 – Моделювання роботи АЗС в режимі функціонування R_2

З отриманих результатів моделювання можна зробити висновок, що оскільки час між прибуттям клієнтів в середньому збільшився (λ збільшилася на 2), то черги стали значно коротшими. Але їх кількість дуже зменшилася і час простою колонок набагато збільшився, що є неефективним.

R₃:

t_{обсл} (хв) – за таблицею 1, трикутний, $a = 2, b = 7, m = 3$;

Δt (хв) – за таблицею 2, експоненціальний, $\lambda = 4$.

Задаємо в GenGraph трикутний розподіл з параметрами $a = 2, b = 7, m = 3$ (рис. 6), виводимо на екран статистичні дані. У вкладці «Галерея розподілів» обираємо **t_delta_0** (експоненціальний розподіл із параметром $\lambda = 4$) та **t_obs1_0** (трикутний розподіл з параметрами $a = 2, b = 7, m = 3$). Моделюємо роботу АЗС в режимі функціонування **R₃** (рис. 7).

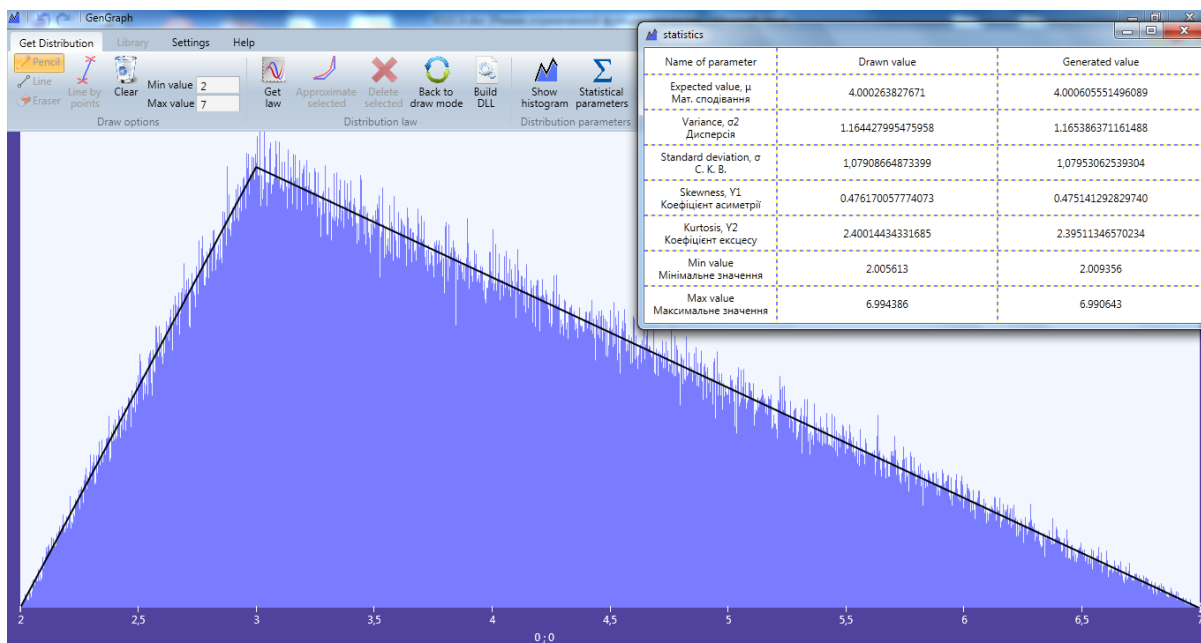


Рисунок 6 – Побудова трикутного розподілу з параметрами $a = 2, b = 7, m = 3$ в GenGraph

Середній час обслуговування клієнтів зменшився, отже, черги стали коротшими, але їх стало менше та час простою бензоколонок збільшився.

R₄:

t_{обсл} (хв) – за таблицею 1, трикутний, $a = 2, b = 7, m = 3$;

Δt (хв) – основний, експоненціальний, $\lambda = 2$.

Моделюємо роботу АЗС в режимі функціонування **R₄** (рис. 8), додаючи з колекції **t_obs1_0**, що відповідає трикутному розподілу з параметрами $a = 2, b = 7, m = 3$.

В режимі **R₄** середній час обслуговування клієнтів став меншим порівняно з **R₁**, а обслуговуються вони швидше. Отже, кількість та довжина черг зменшилися. Проте збільшився час простою бензоколонок.

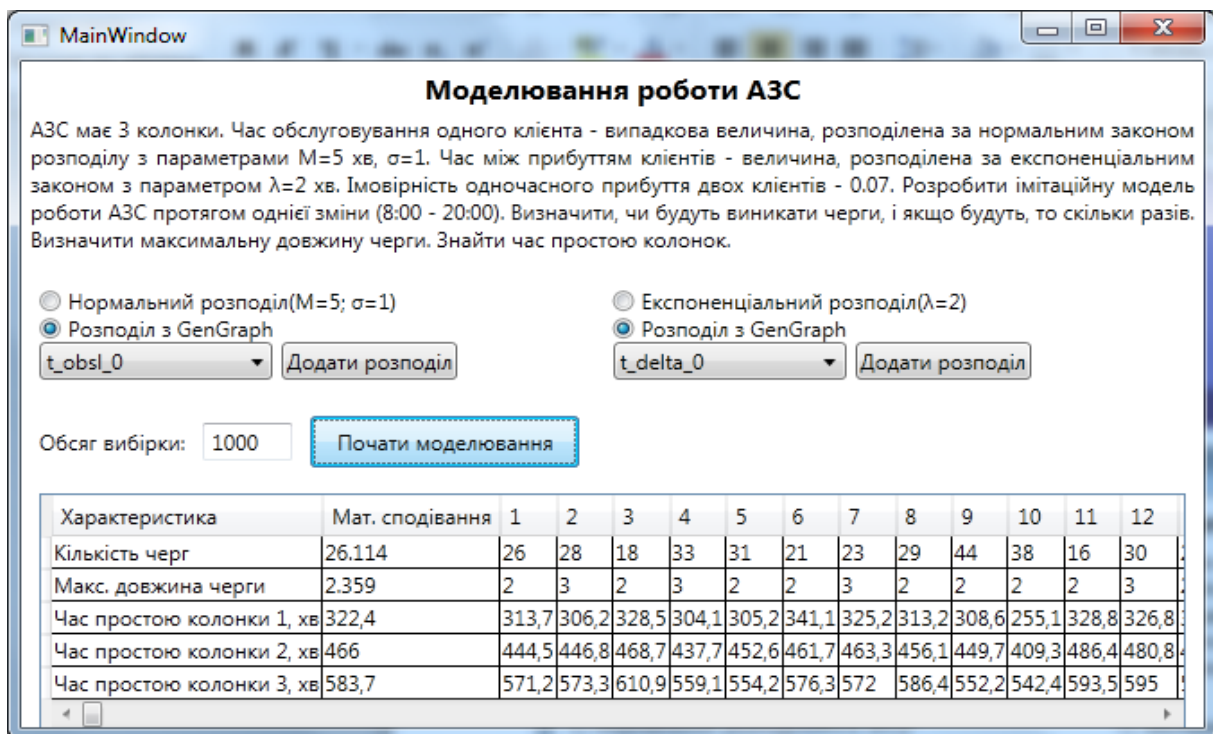


Рисунок 7 – Моделювання роботи АЗС в режимі функціонування R_3

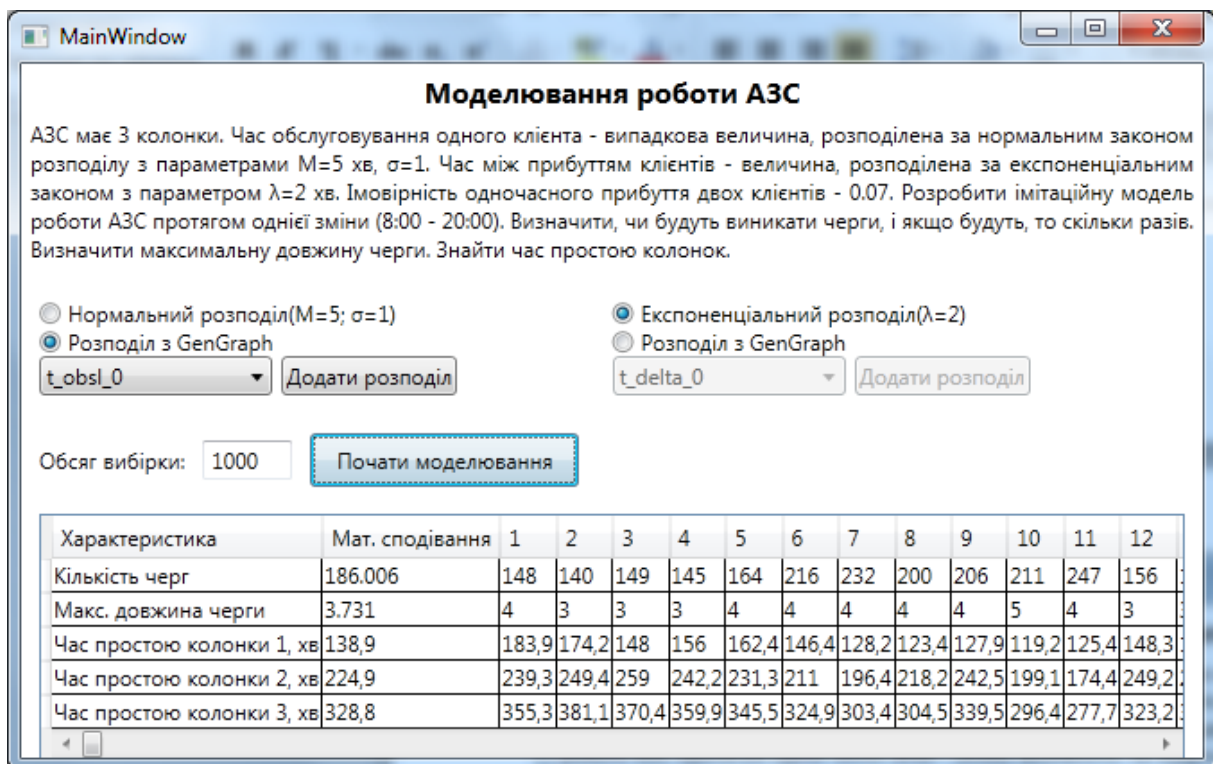


Рисунок 8 – Моделювання роботи АЗС в режимі функціонування R_4

3. Дослідити ефективність різних режимів функціонування з позиції системного аналітика та обґрунтувати висновки.

Цілі для оцінювання ефективності роботи АЗС є такими: найбільша кількість клієнтів, найменша максимальна довжина черги, найменший час простою кожної бензоколонки.

Режим функціонування R_1 є ефективним з точки зору часу простою бензоколонок, але велика кількість довгих черг робить цей режим неефективним з точки зору довгого очікування клієнтами своєї черги.

В режимах R_2 та R_3 черги стали коротшими, що вигідно для клієнтів, бо їм потрібно менше чекати своєї черги. Але черг стало значно менше, отже, кількість обслугованих клієнтів зменшилася. До того ж час простою бензоколонок дуже збільшився, що свідчить про недостатню ефективність їх використання.

Режим функціонування R_4 має невелику середню довжину черги і велику кількість черг, що є досить ефективним. Але час простою бензоколонок є значним, що є не дуже ефективним. Тому можна зробити висновок, що найефективніший режим функціонування – R_4 .

4. Виберемо два параметри розподілів (b , λ) та проведемо дослідження чутливості моделі до змін цих параметрів розподілу в межах: -5%, +5%, -10%, +10% для режиму функціонування R_3 (табл. 3–4).

Таблиця 3 – Зміна параметрів розподілу для $t_{\text{обсл}}$

Для параметра b	Кількість черг	Макс. довжина черги	Час простою колонки 1	Час простою колонки 2	Час простою колонки 3
Початкове значення $b = 7$	26,114	2,359	322,4	466,0	583,7
-5% = 6,65	24,086 ↓	2,303 ↓	330,2 ↑	474,2 ↑	591,9 ↑
+5% = 7,35	26,862 ↑	2,389 ↑	316,4 ↓	459,7 ↓	579,0 ↓
-10% = 6,3	22,067 ↓	2,265 ↓	338,5 ↑	484,3 ↑	599,2 ↑
+10% = 7,7	28,706 ↑	2,422 ↑	309,4 ↓	451,1 ↓	571,7 ↓

Таблиця 4 – Зміна параметрів розподілу для Δt

Для параметра λ	Кількість черг	Макс. довжина черги	Час простою колонки 1	Час простою колонки 2	Час простою колонки 3
Початкове значення $\lambda = 4$	26,114	2,359	322,4	466,0	583,7
-5% = 3,8	30,159 ↑	2,454 ↑	311,2 ↓	451,7 ↓	572,5 ↓
+5% = 4,2	22,532 ↓	2,297 ↓	335,4 ↑	479,5 ↑	595,3 ↑
-10% = 3,6	36,459 ↑	2,569 ↑	295,7 ↓	434,1 ↓	555,8 ↓
+10% = 4,4	19,297 ↓	2,231 ↓	345,2 ↑	491,2 ↑	604,2 ↑

З отриманих результатів можна побачити, що більшу чутливість модель має до зміни параметра λ .

Виявимо чутливість моделі до законів розподілу при фіксованих значеннях математичного сподівання (табл. 5). Виберемо додатково три закони (прямокутний, нормальний та довільно нарисований в GenGraph (рис. 9)).

Таблиця 5 – Показники законів розподілу для Δt

Закон розподілу	Кількість черг	Макс. довжина черги	Час простою колонки 1	Час простою колонки 2	Час простою колонки 3
Експоненціальний $\lambda = 4$	26,114	2,359	322,4	466,0	583,7
Прямокутний $a = 0, b = 8$	8,515	2,031	273,5	480,3	630,7
Нормальний $M = 4, \sigma = 1$	0,646	0,850	236,7	468,6	680,0
Довільний	5,145	1,986	272,4	476,4	637,7

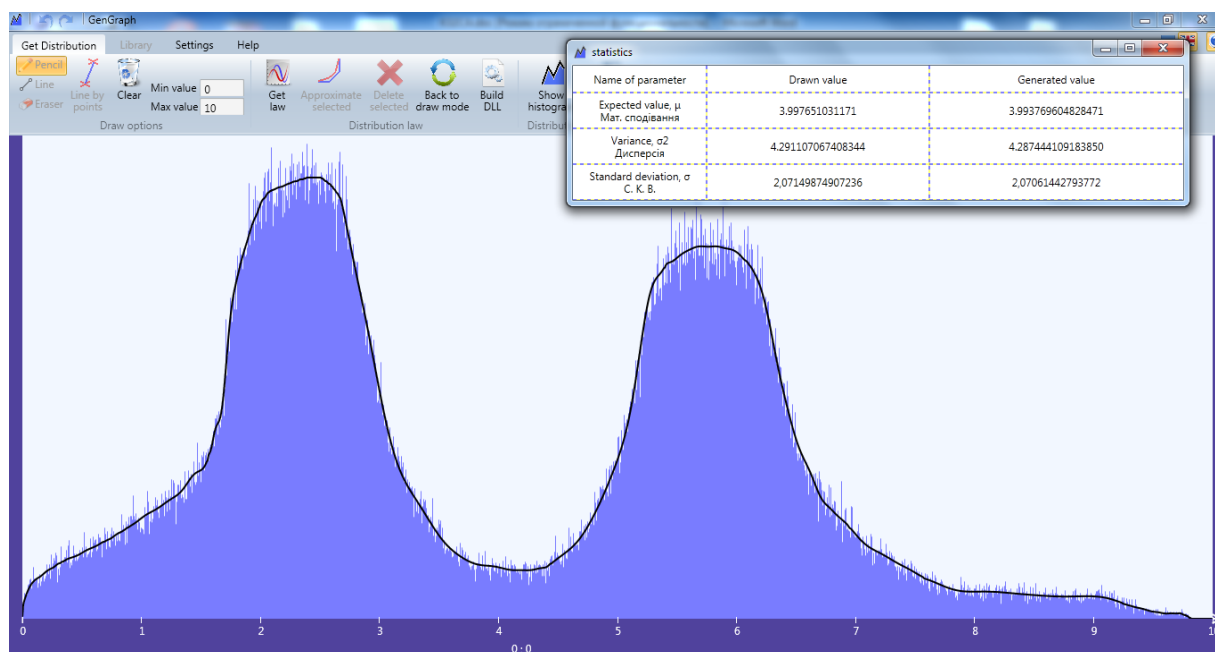


Рисунок 9 – Побудова довільного розподілу в GenGraph

Можна побачити, що модель дуже чутлива до типів законів розподілу.

Висновок. Під час виконання роботи було проведено дослідження системи, що моделює роботу АЗС в різних режимах функціонування. В результаті було виявлено найефективніший режим роботи АЗС – R_4 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбань О. М. Основи теорії систем і системного аналізу : навчальний посібник / О. М. Горбань, В. Є. Бахрушин. – Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2004. – 204 с.
2. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова – К. : Видавнича група НУ, 2007. – 544 с.
3. Згуровский М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова – К. : Наук. думка, 2005. – 744 с.
4. Згуровский М. З. Технологическое предвидение / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова – К. : Политехника, 2005. – 165 с.
5. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації : навчальний посібник / Катренко А. В. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2003. – 424 с.
6. Катренко А. В. Системний аналіз : підручник / Катренко А. В. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2009. – 396 с.
7. Колодний В. В. Система моделювання неперервних випадкових величин з графічно заданими особливостями «GenGraph» / Т. О. Савчук, В. В. Колодний, А. В. Козачук // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 2. – С. 49–55.
8. Панкратова Н. Д. Системний аналіз. Теорія та застосування : підручник / Панкратова Н. Д. – Київ : Наукова думка, 2018. – 345 с.
9. Сорока К. О. Основи теорії систем та системного аналізу : навчальний посібник / Сорока К. О. – Харків, 2005. – 288 с.
10. Шарапов О. Д. Системний аналіз : навч.-метод. посібник для самот. вивч. дисц. / Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семенов Д. Є. – К. : КНЕУ, 2003. – 154 с.
11. Шарапов О. Д. Системний аналіз / Шарапов О. Д., Терехов Л. Л., Сіднев С. П. – К. : Вища школа, 1993. – 304 с.
12. Швець С. В. Основи системного аналізу : навч. пос. / С. В. Швець, У. С. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 126 с.

Навчальне видання

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Системний аналіз»
для студентів спеціальності
122 – «Комп'ютерні науки»**

Укладачі: Володимир Володимирович Колодний,
Володимир Сергійович Озеранський,
Олена Петрівна Прозор

Рукопис оформлено *О. Прозор*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет виготовлено *Т. Крикливою*

Підписано до друку 01.02.2021 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 1,2.
Наклад 40 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2021-008.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.