

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та інформаційних технологій
Кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій

Номер реєстрації:
МВ11759

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Імітаційне моделювання соціально-економічних
систем та процесів»
для здобуття третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (PHD) зі
спеціальностей: 051 – Економіка;
073 – Менеджмент

ОДЕСА - 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та інформаційних технологій
Кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт

з дисципліни «Імітаційне моделювання соціально-економічних систем та процесів»

для здобуття третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (PHD) зі спеціальностей 051 – Економіка;
073 – Менеджмент

Затверджено
на засіданні кафедри
економічної кібернетики
та інформаційних технологій
Протокол № 8 від 09.03.2021 р.

ОДЕСА 2021

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Імітаційне моделювання соціально-економічних систем та процесів» для здобуття третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (PHD) зі спеціальностей 051–Економіка; 073 – Менеджмент/ уклад. З.М. Соколовська. Одеса: ОНПУ, 2021 р. 44 с.

УКЛАДАЧ: З.М. Соколовська, проф., д.е.н., зав каф. економічної кібернетики та інформаційних технологій

Рецензенти: Діленко В.О., д-екон. наук, професор
(зовнішній рецензент)
Клепікова О.А., канд. екон. наук, доцент
Семенов А.С., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Зміст

	Стор.
1. Загальні положення.....	5
2. Вимоги до лабораторних робіт.....	5
3. Обсяг та структура лабораторної роботи.....	5
4. Лабораторна робота 1: «Моделі на платформі подієво-дискретного підходу»	6
4.1. Постановка задачі дослідження – «Моделювання діяльності аптечної мережі».....	6
4.2. Приклад побудови моделі на базі об'єкту дослідження – аптечної мережі.....	7
4.3. Постановка задачі дослідження – «Моделювання діяльності двох торговельних мереж».....	11
4.4. Приклад побудови моделі на базі об'єкту дослідження – двох торговельних мереж.....	13
4.5. Варіанти постановок задач для реалізації на платформі подієво-дискретного підходу.....	25
5. Лабораторна робота 2: «Моделі на платформі системно-динамічного та агентного підходів»	29
5.1. Постановка задачі дослідження – «Моделювання кредитної діяльності банку».....	29
5.2. Технологія розробки базової моделі.....	29
5.3. Варіанти постановок задач для реалізації на платформі системно-динамічного та агентного підходів.....	40
ЛІТЕРАТУРА.....	44

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки присвячені технології виконання лабораторних робіт з дисципліни «Імітаційне моделювання соціально-економічних систем та процесів».

Головною метою методичних матеріалів є надання інформації стосовно тематики, складу та структури лабораторних робіт. Згідно з цим в методичних вказівках наводиться зміст та обсяг лабораторної роботи, список основної літератури для використання.

Методологічна мета виконання лабораторних робіт з дисципліни «Імітаційне моделювання соціально-економічних систем та процесів» є наступною:

- Засвоєння методологічних засад багатопідходної парадигми імітаційного моделювання, зокрема, системно-динамічного, агентного та подієво-процесного підходів.
- Набуття навичок застосування системного аналізу в ході дослідження специфіки та динаміки функціонування соціально-економічних систем і процесів, а також постановки задач розв'язання визначених проблем.
- Набуття навиків використання інструментарію програмної платформи реалізації багатопідходної парадигми імітації (програмна платформа AnyLogic) в побудові імітаційних моделей згідно з поставленими задачами.

Лабораторні роботи повинні продемонструвати вміння здобувача користуватися багатопідходною парадигмою імітаційного моделювання в процесі розв'язання економічних задач.

2. ВИМОГИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

До лабораторних робіт пред'являються наступні вимоги:

1. У межах роботи здійснюється розв'язання актуальної прикладної задачі, поставленої на базі функціонування різноманітних суб'єктів господарювання.
2. Лабораторна робота повинна доводити обізнаність здобувача у використанні методів багатопідходної парадигми імітації до реалізації поставлених задач на базі створення відповідних моделей й проведення імітаційних експериментів.
3. Лабораторна робота повинна відповідати викладеним нижче вказівкам щодо змісту, структури та обсягу.
4. Робота повинна бути оформлена у відповідності до прийнятих стандартних вимог.

3. ОБСЯГ ТА СТРУКТУРА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторна робота повинна мати наступну структуру:

1. Постановка задачі. Містить економічну постановку проблеми із коротким визначенням специфіки об'єкту дослідження, основних видів його діяльності та «вузьких місць», які підлягають моделюванню.
2. Створення моделі засобами багатопідходної парадигми імітації.
3. Програмний код реалізації моделі на базі платформи, що підтримує задіяні парадигми імітаційного моделювання.
4. Опис проведених імітаційних експериментів на моделі з аналізом отриманих результатів та наданням власних пропозицій стосовно удосконалення досліджуваних на базі моделі процесів.

Обсяг лабораторної роботи залежить від конкретної постановки і повинен становити приблизно – 20-30 сторінок.

Правила оформлення тексту повинні відповідати прийнятим стандартам.

У методичних вказівках наводиться зміст *лабораторної роботи №1* – «Моделі на платформі подієво-дискретного підходу». Пропонуються постановки задач дослідження діяльності аптечної мережі та двох торгівельних мереж. Наводяться приклади реалізації досліджень на базі обраних об'єктів.

Пропонуються напрямки досліджень в рамках наведеної тематики та спрямування імітаційних експериментів на моделях.

Здобувач може обрати іншу тематику досліджень, відповідну побудові моделей на платформі подієво-дискретного підходу.

Лабораторна робота №2 – «Моделі на платформі системно-динамічного та агентного підходів». Пропонується постановка задачі дослідження кредитної діяльності банку. Наводиться технологія розв'язання задачі засобами системи AnyLogic.

4. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1: «МОДЕЛІ НА ПЛАТФОРМІ ПОДІЄВО-ДИСКРЕТНОГО ПІДХОДУ»

4.1. Постановка задачі дослідження – «Моделювання аптечної мережі»

Треба промодельовати роботу системи розподілу ліків у аптечній мережі.

Фармацевтична продукція надходить до загального товарного складу мережі. Час надходження визначається, як випадкова змінна, підпорядкована «показательному» закону розподілу ймовірностей з середнім значенням 1.5 години.

Час знаходження продукції на складі – випадкова змінна, підпорядкована трикутному закону розподілу з наступними параметрами (год.):

triangular(4, 6, 8)

Одночасно на складі може зберігатися 10000 одиниць продукції. Максимальна місткість складу не обмежена.

До мережі належить 5 аптек. Розподіл продукції між ними здійснюється за наступними значеннями ймовірностей відбору аптеки (вихідного порту):

- Аптека №1 (порт1): 0.3
- Аптека №2 (порт2) : 0.2
- Аптека №3 (порт3) : 0.1
- Аптека №4 (порт4) : 0.2
- Аптека №5 (порт5) : 0.2

Інтенсивність продажів ліків по кожній з аптек задається трикутним законом розподілу ймовірностей з наступними параметрами (год.):

- Аптека №1 (порт1): **triangular(1, 2, 4)**
- Аптека №2 (порт2): **triangular(1, 1.5, 3)**
- Аптека №3 (порт3): **triangular(3, 6, 9)**
- Аптека №4 (порт4): **triangular(4, 6, 8)**
- Аптека №5 (порт5): **triangular(1, 2, 3)**

Необхідно підрахувати наступне:

- Загальну кількість одиниць продукції, що надійшли до аптечної мережі.
- Кількість одиниць продукції, що надійшла зі складу до кожної з аптек.
- Обсяги продажів кожної з аптек.
- Загальний обсяг продажів всієї аптечної мережі.

Побудувати гістограму «Відсотки продажів товарів у мережі».

Провести експерименти з метою визначення найбільш ефективного розподілу товарів серед аптек мережі.

Одиниці модельного часу – години.

4.2. Приклад побудови моделі на базі об'єкту дослідження – аптечної мережі

Загальний вигляд моделі у графічному редакторі AnyLogic представлено на рис. 1. Призначення головних модельних елементів визначено у табл. 1.

Таблиця 1.

Призначення головних елементів моделі діяльності аптечної мережі

Найменування елемента	Тип елемента	Призначення елемента
2	3	4
надх_товарів_мережу	Блок типу Source	Генерує надходження фармацевтичної продукції до загального товарного складу мережі. Часовий інтервал надходження (параметр «час між прибуттями») визначається, як стохастична змінна: exponential(1/1.5) Дія при вході: продукція_мережа++ ;
продукція_мережа	змінна	Накопичує протягом експерименту кількість одиниць фармацевтичної продукції, що надійшли до складу аптечної мережі.
склад_мережі	Блок типу Delay	Склад аптечної мережі. Загальна ємкість складу – 10000 одиниць. Час знаходження на складі – стохастична змінна: triangular(4, 6, 8)
розподіл_по_аптека_м	Блок типу Select Output5	Блок реалізує розподіл фармацевтичної продукції зі складу між аптеками мережі згідно заданої ймовірності надходження у конкретну аптеку мережі.
аптека_1	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів ліків. Тип затримки у блоці – за визначеним часом triangular(1, 2, 4) . Дія при вході: надійшло_аптека_1++ ; Дія при виході: продажі_аптека_1++ ;
аптека_2	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів ліків. Тип затримки у блоці – за визначеним часом triangular(1, 1.5, 3) . Дія при вході: надійшло_аптека_2++ ; Дія при виході: продажі_аптека_2++ ;
аптека_3	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів ліків. Тип затримки у блоці – за визначеним часом triangular(3, 6, 9) Дія при вході: надійшло_аптека_3++ ; Дія при виході: продажі_аптека_3++ ;
аптека_4	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів ліків. Тип затримки у блоці – за визначеним часом triangular(4, 6, 8) Дія при вході: надійшло_аптека_4++ ; Дія при виході: продажі_аптека_4++ ;

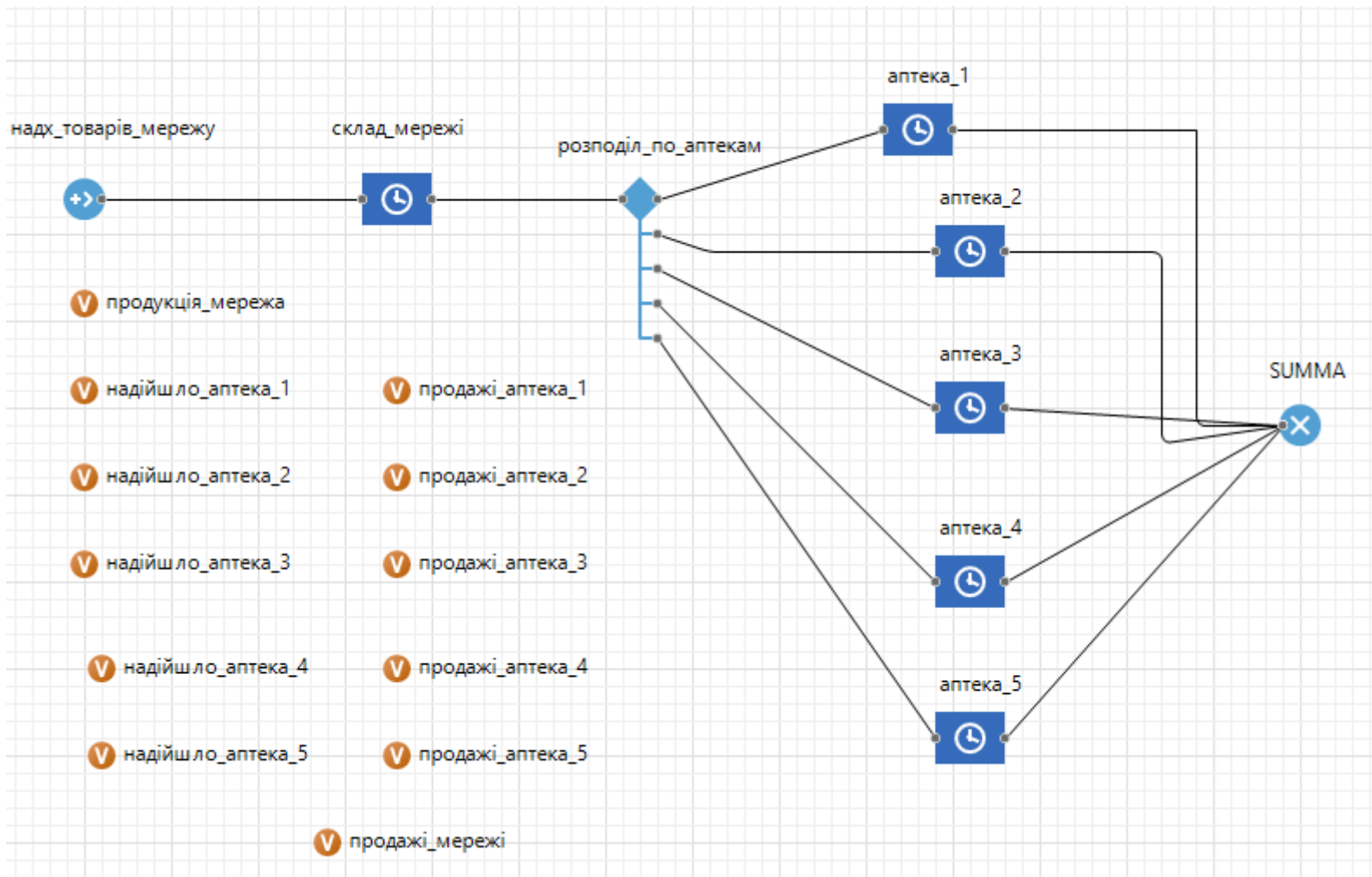



Рис. 1. Загальний вигляд моделі діяльності аптечної мережі

2	3	4
аптека_5	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів ліків. Тип затримки у блоці – за визначеним часом triangular(1, 2, 3) Дія при вході: надійшло_аптека_5++ ; Дія при виході: продажі_аптека_5++ ;
надійшло_аптека_1 надійшло_аптека_2 надійшло_аптека_3 надійшло_аптека_4 надійшло_аптека_5	Змінні	Накопичують протягом експерименту кількість одиниць фармацевтичної продукції, що надійшла до відповідної аптеки: 1,2, ..., 5
продажі_аптека_1 продажі_аптека_2 продажі_аптека_3 продажі_аптека_4 продажі_аптека_5	Змінні	Накопичують протягом експерименту обсяги продажів одиниць фармацевтичної продукції конкретними аптеками мережі.
SUMMA	Блок типу Sink	Акумулює сумарні продажі всієї аптечної мережі. Дія при вході: продажі_мережі++ ; відсотки_продажів.add(SUMMA.count()/продукція_мережа) ;
 відсотки_продажів	Набір даних для побудови гістограми	Накопичує дані стосовно відсотків продажів аптечної мережі (відносно загальних поставок фармацевтичної продукції на склад мережі) протягом терміну імітації.

Фрагмент вікна властивостей гістограми наведено на рис. 2.

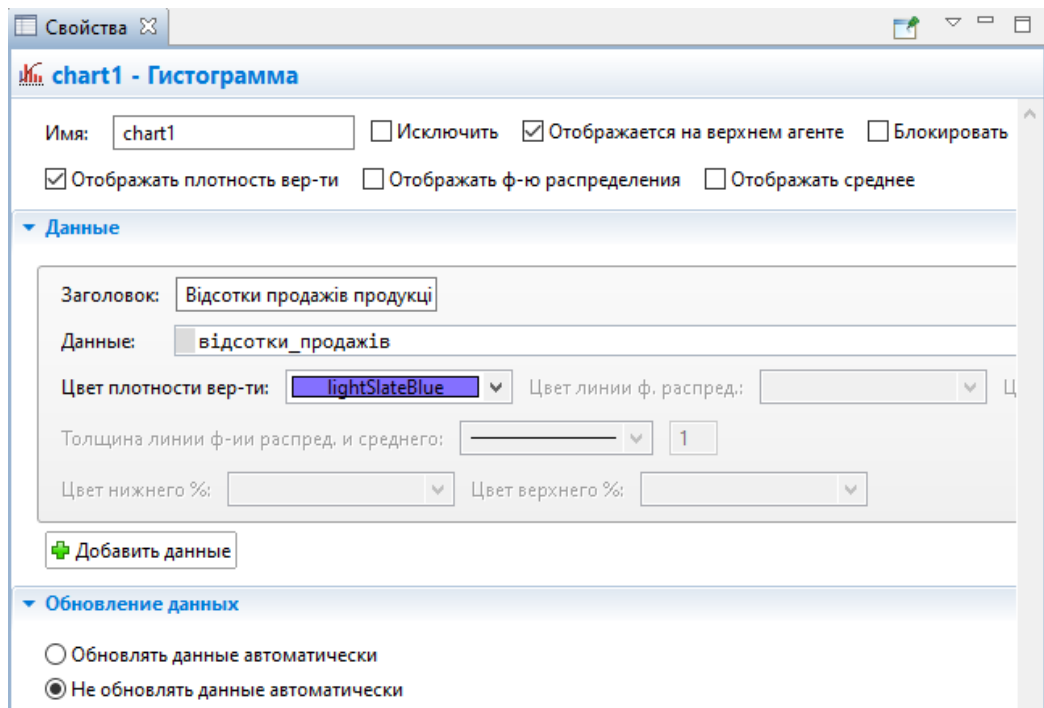


Рис. 2 Фрагмент вікна властивостей гістограми

В результаті налаштування й проведення стандартного імітаційного експерименту на умовних даних отримані наступні результати – рис. 3. Термін імітації – 3600 годин; почальне число прогонів – 100.

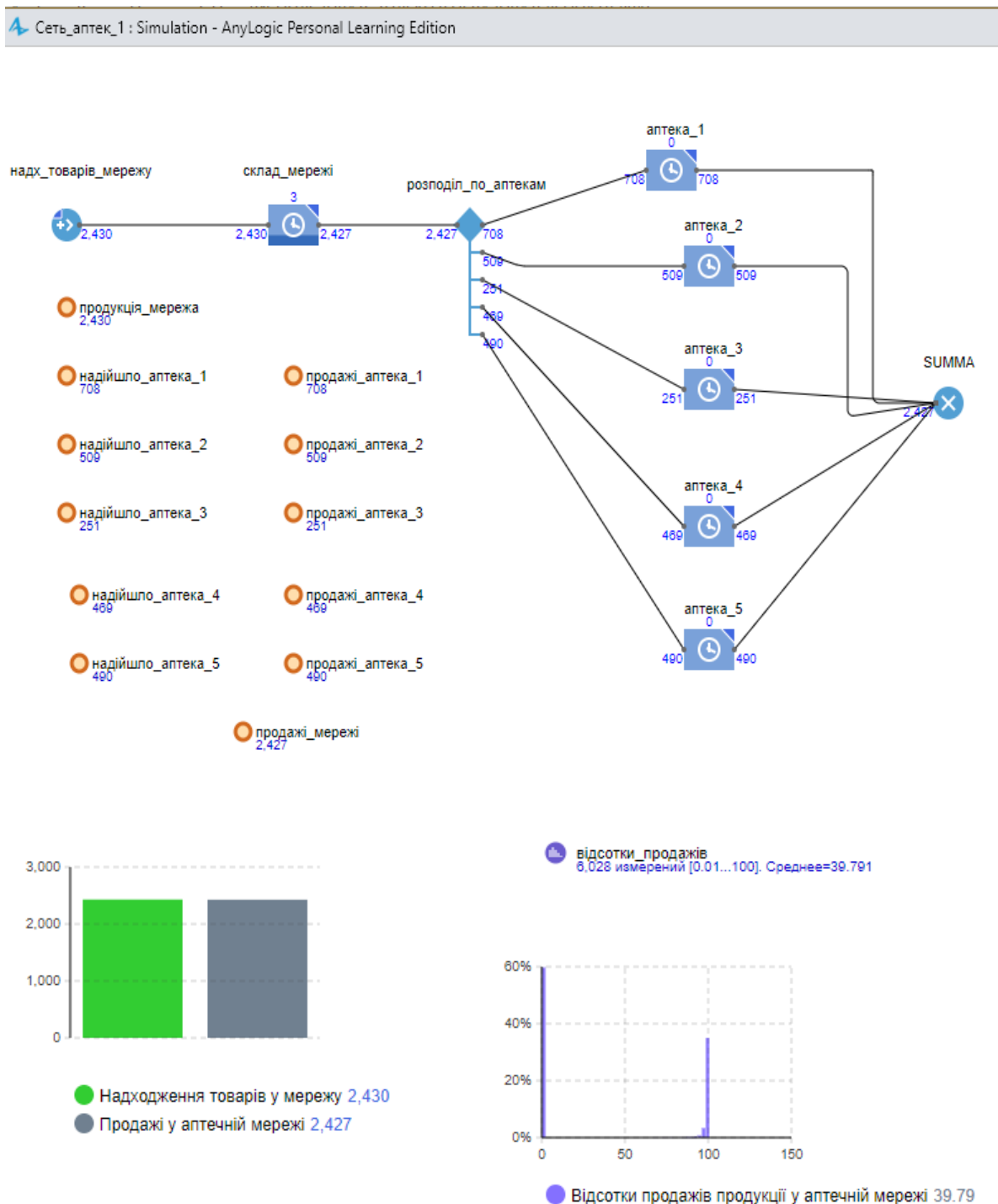


Рис. 3. Результати стандартного імітаційного експерименту

Необхідно:

Провести серію імітаційних експериментів з метою виявлення найбільш ефективного розподілу фармацевтичної продукції в мережі. Обґрунтувати отримані результати.

4.3. Постановка задачі дослідження – «Моделювання діяльності двох торговельних мереж»

Моделюється робота двох торговельних мереж. У одній мережі здійснюється продаж товару повсякденного використання (умовно товар 2 сорту). У іншій мережі йде торгівля товаром високої якості за відповідно вищою ціною (умовно товар 1 сорту).

За замовченням ціна одиниці товару 1-го сорту – 1000\$; ціна одиниці товару 2 сорту визначається як випадкова змінна, що розподілена за трикутним законом ймовірностей з параметрами: $\text{triangular}(100, 200, 300)$ \$.

Товари 2 сорту надходять на оптовий товарний склад, ємкістю 100 одиниць товару (час надходження товарів на склад – стохастична змінна із трикутним законом розподілу та наступними параметрами $\text{triangular}(10, 20, 30)$: у годинах), з якого здійснюється розподіл у торговельній мережі, яка містить 2 торгові точки. На склад першої торгової точки розподіляються товари за ціною меншою або рівною 200 грн., інші товари надходять на склад торгової точки 2.

Склад торгової точки 1 вміщає 40 одиниць товару й затримує товари на деякій час для сортування, перевірки пакунку, документації тощо. Час затримки – стохастична змінна, розподілена за трикутним законом розподілу з наступними параметрами $\text{triangular}(0.5, 1, 1.5)$ (год.). Після цього товари відвантажуються до торгового залу, де або продаються (інтенсивність продажів – $\text{triangular}(0.5, 1, 1.5)$ год.; одночасно продається 5 одиниць товару) або після знаходження у залі 10 годин знецінюються й відвантажуються на склад знецінених товарів. Товари з торгової точки 1 знецінюються на 20%. На складі знецінених товарів товар чекає на продаж впродовж 5 годин, після чого списується (фінансові втрати для торговельної мережі).

Інтенсивність продажів знецінених товарів 2 сорту становить час – $\text{triangular}(0.5, 1, 1.5)$ год. Одночасно здійснюється продаж 10 одиниць товару.

Процес торгівлі на торговій точці 2 здійснюється за аналогічним алгоритмом. Відповідні параметри для кожної з наведених двох точок торговельної мережі товарів 2 сорту наведені у таблиці 2.

Таблиця 2.

Параметри процесів торгівлі товарами 2 сорту

Показник	Торгова точка 1 (ТТ1)	Торгова точка 2 (ТТ2)
1	2	3
Ємкість складу (од. товару)	40	30
Час затримки на складі (год.)	$\text{triangular}(0.5, 1, 1.5)$	$\text{triangular}(2.5, 5, 7.5)$
Місткість торговельного залу (од. товару)	100	80
Час знаходження товару у залі (год)	10	10
Інтенсивність продажу (год.)	$\text{triangular}(0.5, 1, 1.5)$	$\text{triangular}(1.5, 4, 8)$
Інтенсивність продажу (од. товару)	5	1
Знецінення товарів (%)	20	40

Товари 1 сорту надходять до власного оптового складу з інтенсивністю triangular(1, 2, 3) год. Місткість складу 50 одиниць товару. Зі складу товари розподіляються в мережі магазинів (5 торгових точок, що торгують товарами високої якості). Розподіл по 5 торговим точкам здійснюється рівномірно (ймовірність 0.2). Інтенсивність продажів у магазинах мережі наведена у табл. 3.

Таблиця 3.

Параметри процесів торгівлі товарами 1 сорту

Торгова точка	Інтенсивність продажу (год.)	Інтенсивність продажу (од.)
1	2	3
Торгова точка 1	triangular(0.5, 1, 1.5)	1
Торгова точка 2	triangular(2.5, 5, 8.5)	2
Торгова точка 3	triangular(4.5, 8, 11.5)	10
Торгова точка 4	triangular(0.5, 1, 1.5)	10
Торгова точка 5	triangular(1.5, 3, 5)	1

Якщо минає 30 годин, а на оптовому складі товарів 1 сорту є нерозподілені у мережі товари, вони знецінюються на 30% та відвантажуються на склад знецінених товарів 1 сорту. Місткість складу – 70 одиниць. Наступний етап – продаж товарів зі складу: інтенсивність продажів – triangular(0.5, 1, 1.5) годин; одночасно продається 1 одиниця товару.

Якщо товари зі складу знецінених товарів 1 сорту не продаються впродовж 15 годин, вони списуються (фінансові втрати торгової мережі).

Необхідно розрахувати:

1. По мережі товарів широкого попиту (2 сорт):
 - кількість одиниць товару, що надійшли до мережі (**КОТМ2**);
 - кількість одиниць товару, що надійшли до складів торгових точок мережі: торгової точки 1 та торгової точки 2 (**КОТ_склад_ТТ1; КОТ_склад_ТТ2**);
 - кількість одиниць товару, проданих торговими точками 1, 2 (**КОТ_продано_ТТ1; КОТ_продано_ТТ2**) та загалом у мережі (**КОТ_продано_М2**), а також обсяг продажів у вартісному вимірі (**Sum_ТТ1; Sum_ТТ2; Sum_М2**);
 - кількість одиниць товару, що були знецінені на торгових точках 1, 2, загалом по мережі (**КОТ_знец_ТТ1; КОТ_знец_ТТ2; КОТ_знец_М2**);
 - кількість одиниць знецінених товарів 2 сорту, що були продані у мережі (**КОТ_знец_прод_М2**); обсяг проданих знецінених товарів у вартісному вимірі (**Sum_знец_прод_М2**);
 - втрати мережі товарів широкого попиту у натуральних та вартісних одиницях (**КОТ_втрата_М2; Sum_втрата_М2**).
2. По мережі товарів високої якості (1 сорт):
 - кількість одиниць товарів, що надійшли до мережі (**КОТМ1**);
 - кількість одиниць товарів, що надійшли для продажу у торгові точки мережі (**КОТТТ3; КОТТТ4; КОТТТ5; КОТТТ6; КОТТТ7**);
 - обсяг продажу по окремим торговим точкам у натуральному (**КОТ_продано_ТТ3; КОТ_продано_ТТ4; КОТ_продано_ТТ5; КОТ_продано_ТТ6; КОТ_продано_ТТ7**) та вартісному вимірах (**Sum_ТТ3; Sum_ТТ4; Sum_ТТ5; Sum_ТТ6; Sum_ТТ7**); загальний обсяг продажу по усім

- п'яти торговим точкам мережі у натуральному (**KOT_продано_M1**) та вартісному вимірах (**Sum_M1**);
- кількість одиниць товару 1 сорту, що надійшли на склад знецінених товарів (**KOT_знец_M1**);
- обсяг продажів знецінених товарів 1 сорту у натуральному (**KOT_знец_прод_M1**) та вартісному вимірах (**Sum_знец_прод_M1**);
- втрати мережі товарів високої якості у натуральних та вартісних одиницях (**KOT_втрата_M1**; **Sum_втрата_M1**).

Необхідно побудувати:

- графіки, що відображають динаміку основних показників функціонування обох торговельних мереж;
- гістограми ймовірностей продажів товарів по відповідним базовим цінам у кожній з торговельних мереж;
- гістограми ймовірностей знецінення товарів відносно загального обсягу їх надходження у кожну з торговельних мереж.

Необхідно провести імітаційні експерименти на моделі. Крок імітації – година. Термін імітації – залежно від завдань користувача.


Запропонувати власні параметри роботи торговельних мереж, за якими досягається найбільший комерційний успіх.

Надати рекомендації стосовно реорганізації (якщо це потрібно) торговельних мереж.

4.4. Приклад побудови моделі на базі об'єкту дослідження – двох торговельних мереж

В моделі використовується три типи агентів:

- Агенти класу Main (стандартного класу), які завжди присутні в моделях за замовченням.
- Агенти класу product1 (товари 1 сорту). Параметри: торгова марка (1 сорт), ціна (1000\$).
- Агенти класу product2 (товари 2 сорту). Параметри: торгова марка (2 сорт), ціна (triangular(100, 200, 300) \$).

Для створення агентів зазначених класів використовується елемент  Тип агента ³ бібліотеки моделювання процесів.

Загальний вигляд моделі представлено на рис. 4. Призначення головних елементів моделі наведено у табл. 4.

Таблиця 4.

Призначення головних елементів моделі діяльності аптечної мережі

Найменування елемента	Тип елемента	Призначення елемента
2	3	4
товари_2сорт	Блок типу Source	Генерація надходження в мережу товарів 2 сорту. Час між прибуттям товарів у мережу – стохастична змінна, розподілена за трикутним законом triangular(10,20,30) Дія при виході: KOTM2++;

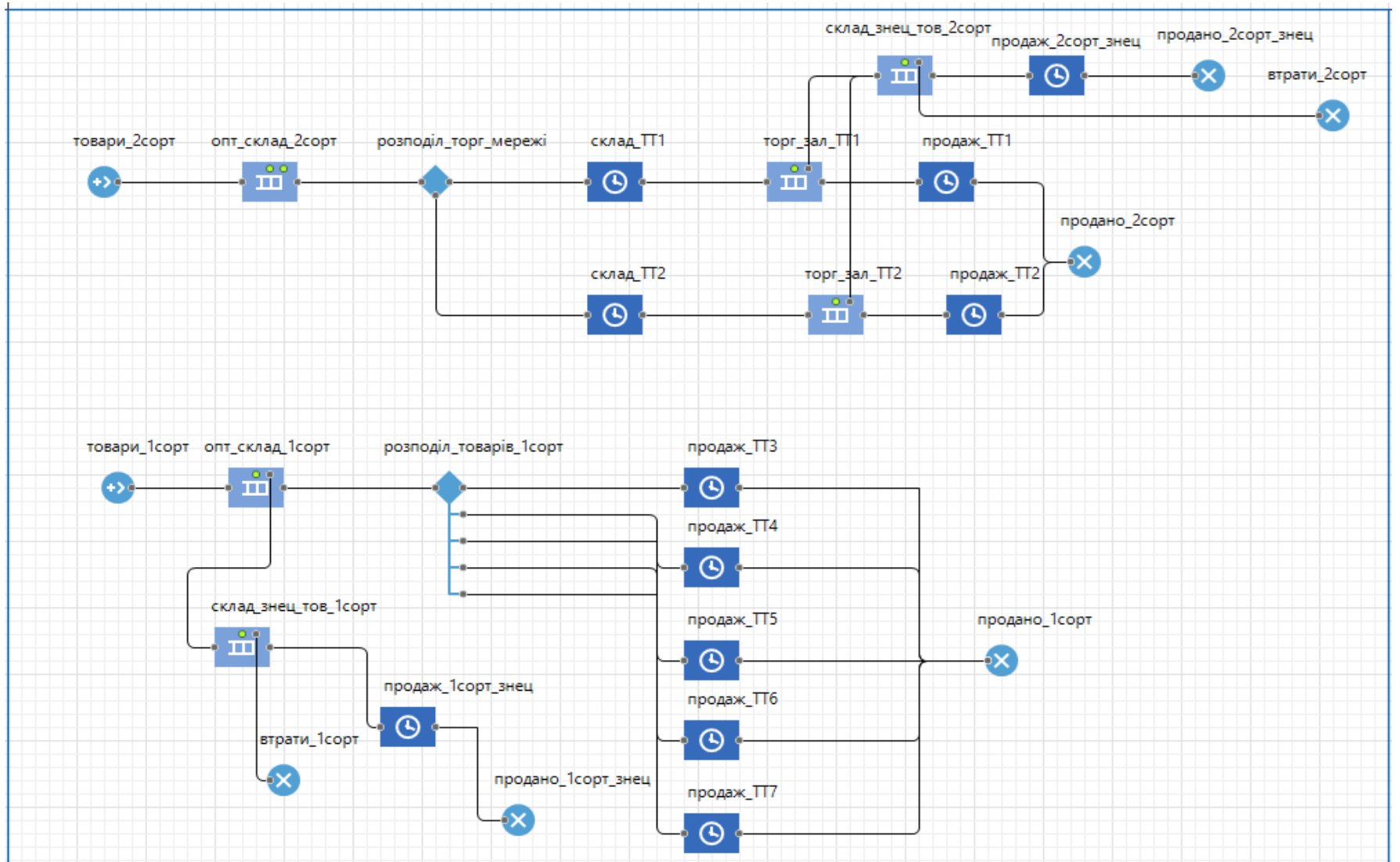


Рис. 4. Загальний вигляд моделі діяльності двох торговельних мереж

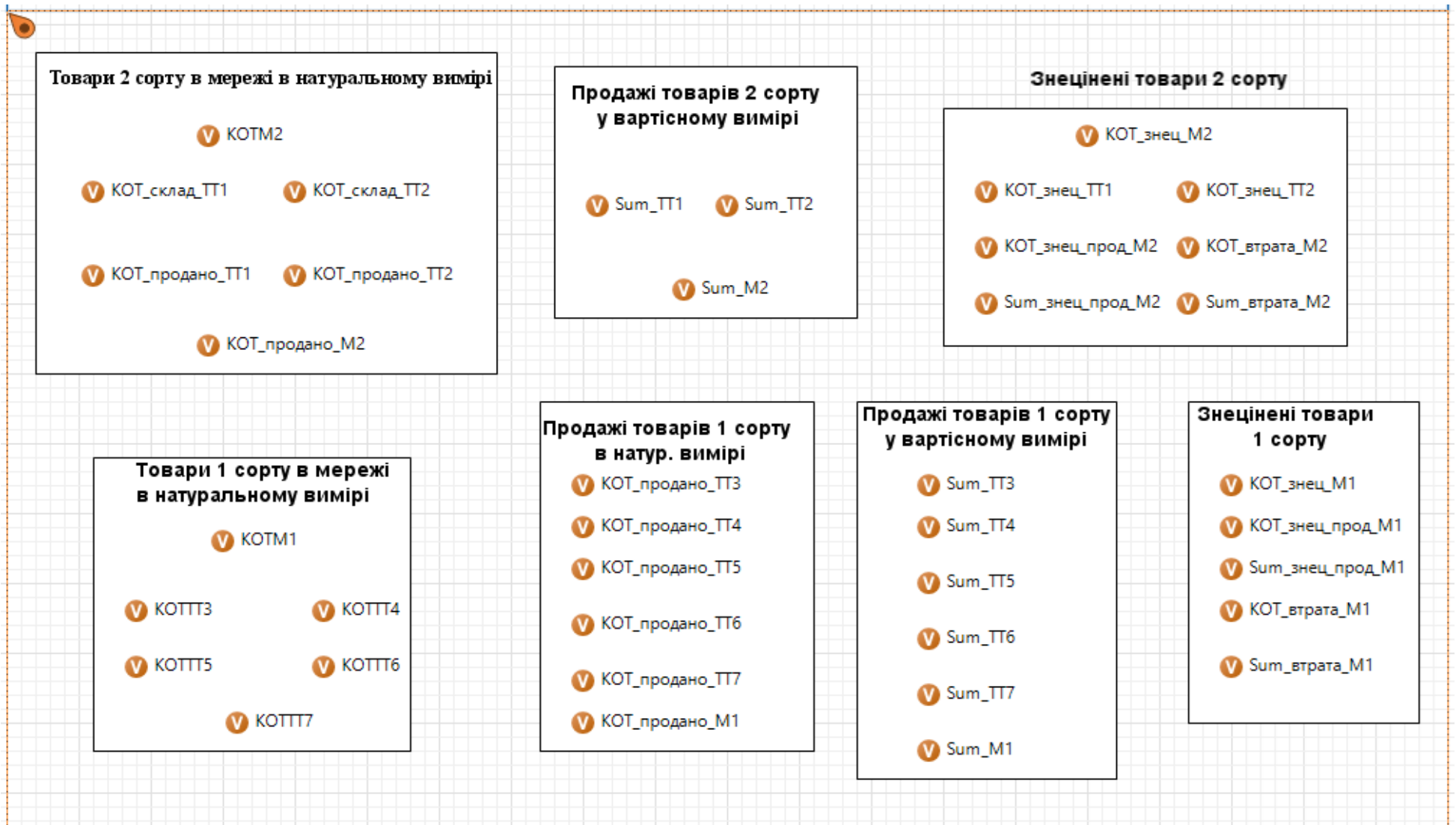


Рис. 4 (продовження)



Рис. 4 (продовження)

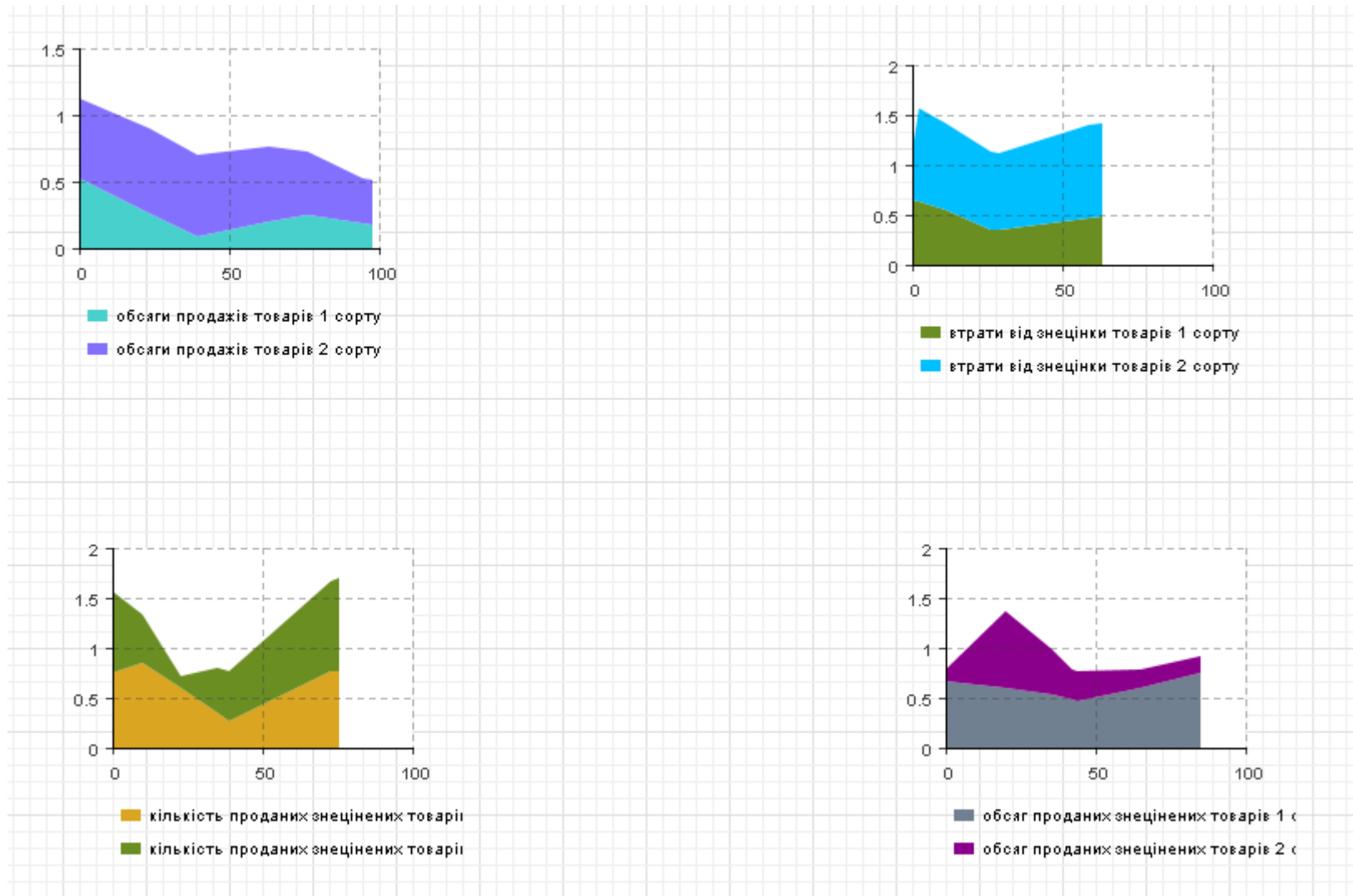


Рис. 4 (закінчення)

2	3	4
опт_склад_2сорт	Блок типу Queue	Оптовий склад товарів 2 сорту. Ємкість – 100 одиниць.
розподіл_торг_мережі	Блок типу Select Output	Розгалуження процесу подальшої поставки здійснюється за перевіркою умови $agent.ціна2 \leq 200$
склад_ТТ1	Блок типу Delay	Надходять товари за ціною $\leq 200\$$ Ємкість блоку – 40 одиниць товару 2 сорту. Час зберігання – triangular(0.5, 1, 1.5) год. Дія при вході: KOT_склад_ТТ1++;
торг_зал_ТТ1	Блок типу Queue	Торговий зал товарів за ціною $\leq 200\$$. Ємкість – 100 одиниць. Вихід по таймауту – 10 годин. Черга типу FIFO. Дія при виході по таумауту (знецінення товару, якщо він не продається): $agent.ціна2 = agent.ціна2 - agent.ціна2 * 0.2$; KOT_знец_ТТ1++;
склад_знец_тов_2сорт	Блок типу Queue	Склад знецінених товарів 2 сорту. Ємкість – 100 од. Вихід по таймауту (5 годин). Дія при вході: KOT_знец_M2++; $ймовірність_знецінення_2_сортu.add((KOT_знец_M2/KOTM2)*100)$;
продаж_2сорт_знец	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів знецінених товарів 2 сорту становить час – triangular(0.5, 1, 1.5) год. Одночасно здійснюється продаж 10 одиниць товару (ємкість – 10 од.).
продано_2сорт_знец	Блок типу Sink	Продаж знецінених товарів 2 сорту. Дія при вході: KOT_знец_прод_M2++; $Sum_знец_прод_M2 = Sum_знец_прод_M2 + agent.ціна2$;
склад_ТТ2	Блок типу Delay	Надходять товари за ціною $> 200\$$ Ємкість блоку – 30 одиниць товару 2 сорту. Час зберігання – triangular(2.5,5,7.5)год. Дія при вході: KOT_склад_ТТ2++;
торг_зал_ТТ2	Блок типу Queue	Торговий зал товарів за ціною $> 200\$$. Ємкість – 80 одиниць. Вихід по таймауту – 10 годин. Черга типу FIFO. Дія при виході по таумауту (знецінення товару, якщо він не продається): $agent.ціна2 = agent.ціна2 - agent.ціна2 * 0.4$; KOT_знец_ТТ2++;
продаж_ТТ1	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 2 сорту (не знецінених) становить час – triangular(0.5, 1, 1.5) год. Одночасно здійснюється продаж 5 одиниць товару (ємкість – 5 од.). Дія при виході: $Sum_ТТ1 = agent.ціна2 + Sum_ТТ1$; KOT_продано_ТТ1++;

2	3	4
продаж_ТТ2	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 2 сорту (не знецінених) становить час – triangular(1.5, 4, 8) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 1 од.). Дія при виході: KOT_продано_ТТ2++; Sum_ТТ2=Sum_ТТ2+agent.ціна2;
продано_2сорт	Блок типу Sink	Загальні продажі товарів 2 сорту. Дія при вході: KOT_продано_M2++; Sum_M2=agent.ціна2+Sum_M2; ймовірність_продажів_2_сорт.add((KOT_продано_M2/KOTM2)*100);
втрати_2сорт	Блок типу Sink	Втрати знецінених товарів 2 сорту. Дія при вході: KOT_втрата_M2++; Sum_втрата_M2=Sum_втрата_M2+agent.ціна2;
товари_1сорт	Блок типу Source	Генерація надходження в мережу товарів 1 сорту. Час між прибуттям товарів у мережу – стохастична змінна, розподілена за трикутним законом triangular(1,2,3). Дія при виході: KOTM1++;
опт_склад_1сорт	Блок типу Queue	Оптовий склад товарів 1 сорту. Ємкість – 50 одиниць. Вихід за таймаутом – 30 год. Дія при виході (знецінення залежалих товарів): agent.ціна1=agent.ціна1-agent.ціна1*0.3; Черга типу FIFO
склад_знец_тов_1сорт	Блок типу Queue	Склад знецінених товарів 1 сорту. Ємкість – 70 одиниць. Вихід за таймаутом – 15 год. Дія при вході: KOT_знец_M1++; ймовірність_знецінення_1_сорт.add((KOT_знец_M1/KOTM1)*100);
втрати_1сорт	Блок типу Sink	Втрати знецінених товарів 1 сорту. Дія при вході: KOT_втрата_M1++; Sum_втрата_M1=Sum_втрата_M1+agent.ціна1;
продаж_1сорт_знец	Блок типу Delay	Продаж знецінених товарів 1 сорту Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 1 од.). Тип затримки – до виводу функції StopDelay.
продано_1сорт_знец	Блок типу Sink	Загальні продажі знецінених товарів 1 сорту. Дії при вході: KOT_знец_прод_M1++; Sum_знец_прод_M1=Sum_знец_прод_M1+agent.ціна1;
розподіл_товарів_1сорт	Блок типу Select Output5	Розподіл товарів 1 сорту по торговим точкам згідно заданої ймовірності (у даному випадку пропорційно).

2	3	4
продаж_ТТ3	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 1 сорту у торговій точці ТТ3 становить час – triangular(0.5, 1, 1,5) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 1 од.). Дія при вході: КОТТТ3++; Дія при виході: КОТ_продано_ТТ3++; Sum_ТТ3=Sum_ТТ3+agent.ціна1;
продаж_ТТ4	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 1 сорту у торговій точці ТТ4 становить час – triangular(2.5, 5, 8,5) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 2 од.). Дія при вході: КОТТТ4++; Дія при виході: КОТ_продано_ТТ3++; Sum_ТТ4=Sum_ТТ4+agent.ціна1;
продаж_ТТ5	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 1 сорту у торговій точці ТТ5 становить час – triangular(4.5, 8, 11,5) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 10 од.). Дія при вході: КОТТТ5++; Дія при виході: КОТ_продано_ТТ5++; Sum_ТТ5=Sum_ТТ5+agent.ціна1;
продаж_ТТ6	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 1 сорту у торговій точці ТТ6 становить час – triangular(0.5, 1, 1,5) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 10 од.). Дія при вході: КОТТТ6++; Дія при виході: КОТ_продано_ТТ6++; Sum_ТТ6=Sum_ТТ6+agent.ціна1;
продаж_ТТ7	Блок типу Delay	Інтенсивність продажів товарів 1 сорту у торговій точці ТТ7 становить час – triangular(1.5, 3, 5) год. Одночасно здійснюється продаж 1 одиниці товару (ємкість – 1 од.). Дія при вході: КОТТТ7++; Дія при виході: КОТ_продано_ТТ7++; Sum_ТТ7=Sum_ТТ7+agent.ціна1;
продано_1сорт	Блок типу Sink	Загальні продажі товарів 1 сорту. Дія при вході: КОТ_продано_М1++; Sum_М1=Sum_М1+agent.ціна1; ймовірність_продажів_1_сорт. add((КОТ_продано_М1/КОТМ1)*100);

Приклад результатів проведених імітаційних експериментів наведено на рис. 5. Як доводить експеримент, надходження товарів в обидві мережі майже однакове. Однак, інтенсивність продажів товарів 1 сорту вища. Знецінених товарів 2 сорту більше, але всі вони реалізуються по зниженим цінам. Втрат по списаних товарів в мережі 2 сорту не має. Вождночас, не зважаючи на значно менші показники знецінення товарів 1 сорту всі вони відносяться до втрат, тому що знецінені товари 1 сорту не продаються. Наступні дослідження повинні виявити «вузькі місця» та забезпечити більш ефективну роботу торгівельних мереж.

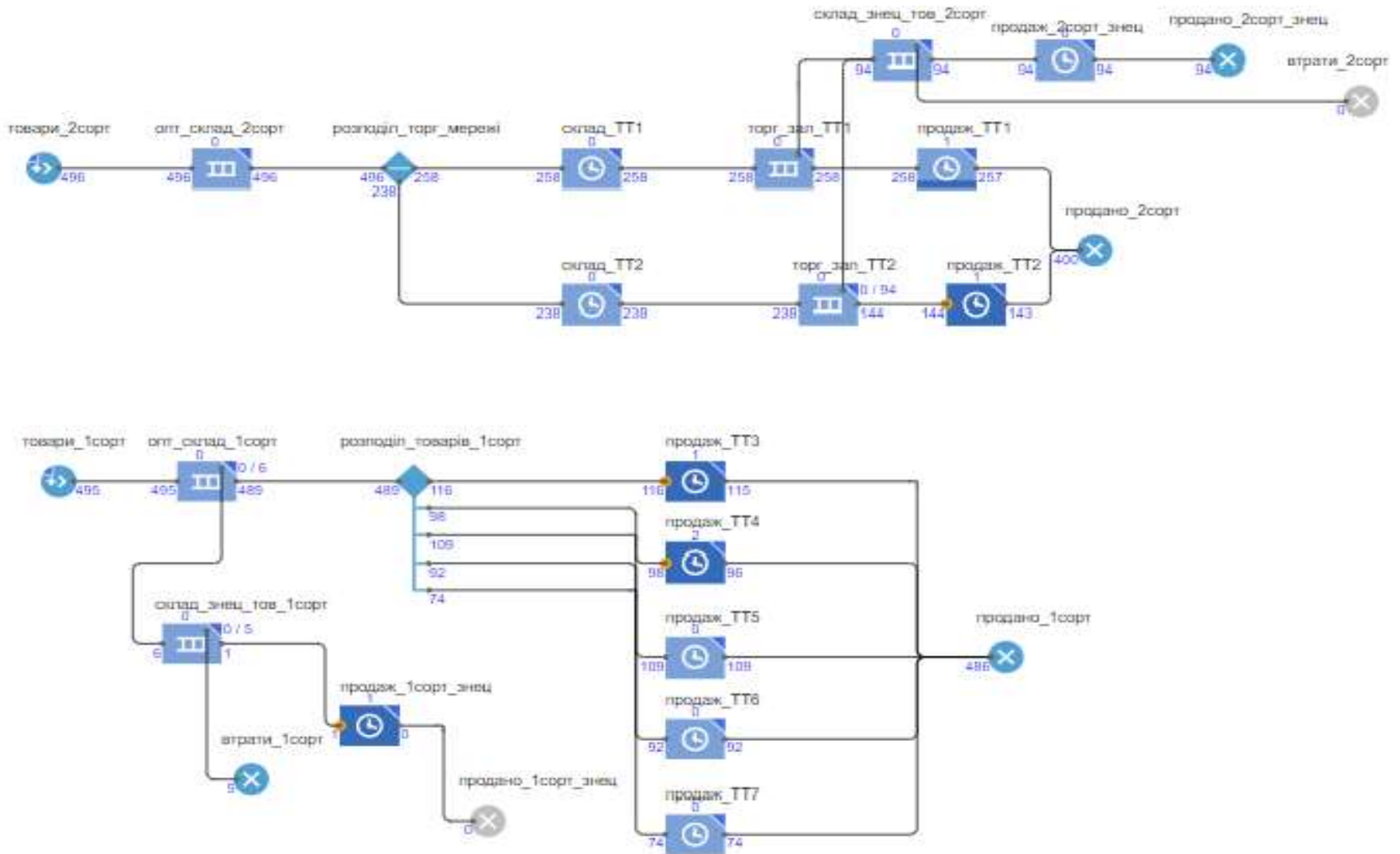


Рис. 5 Результати стандартного імітаційного експерименту на моделі діяльності торгівельних мереж

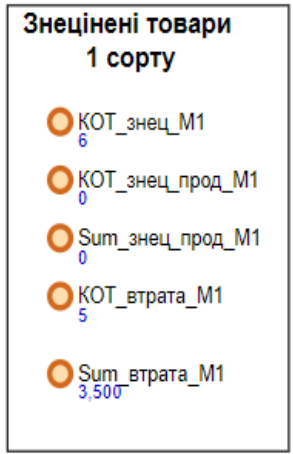
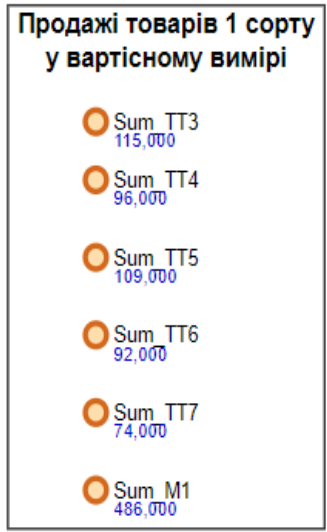
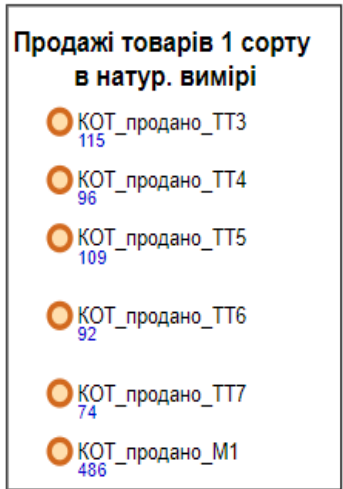
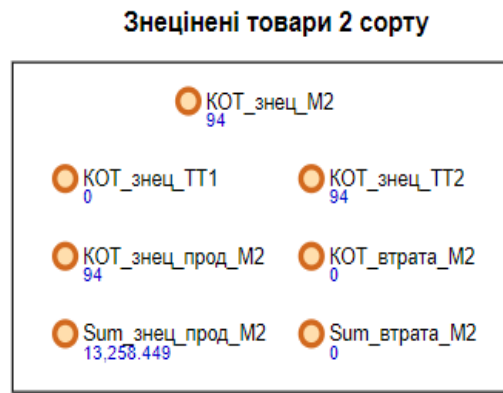
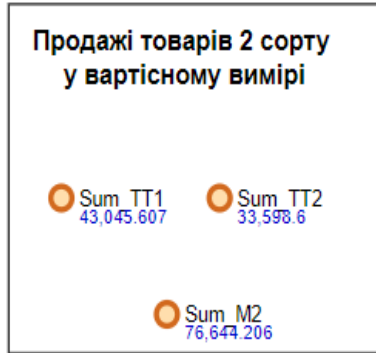
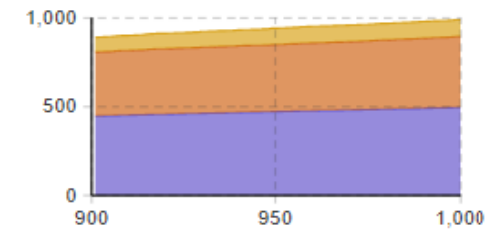
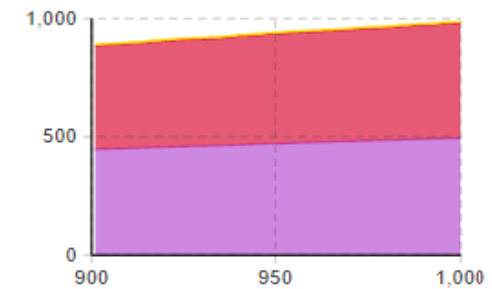


Рис. 5 (продовження)



● Ймовірність продажів товарів 1 сорту в мережі 96. ● ймовірність продажів товарів 2 сорту в мережі 78.92

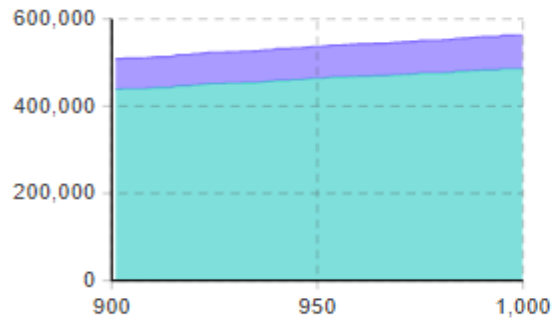
- товари 2 сорту в мережі
- продажі товарів 2 сорту в мережі
- кількість одиниць знецінених товарів 2 сорту



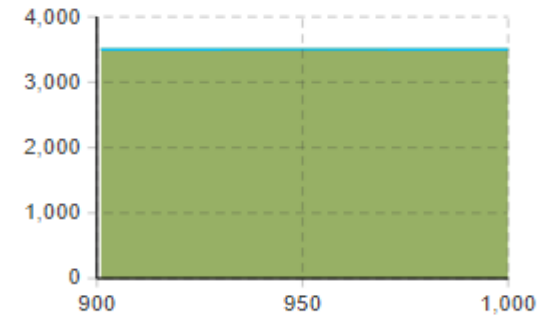
● ймовірність знецінення товарів 1 сорту 4.32 ● ймовірність знецінення товарів 2 сорту 19.88

- товари 1 сорту в мережі
- продажі товарів 1 сорту в мережі
- кількість одиниць знецінених товарів 1 сорту

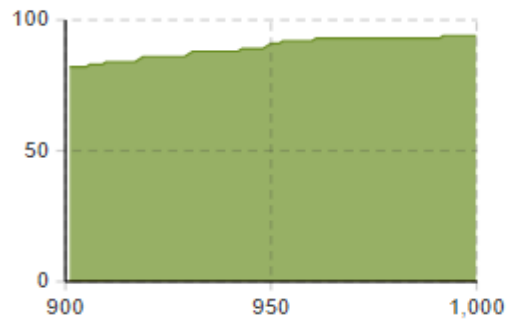
Рис. 5 (продовження)



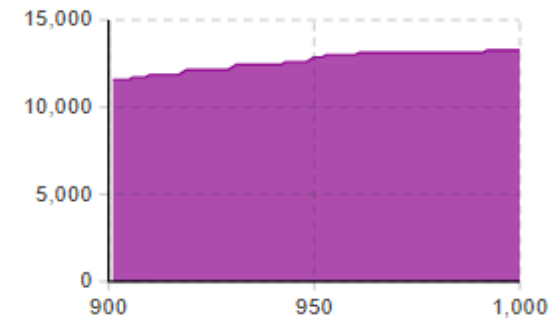
- обсяги продажів товарів 1 сорту
- обсяги продажів товарів 2 сорту



- втрати від знецінки товарів 1 сорту
- втрати від знецінки товарів 2 сорту



- кількість проданих знецінених товарів 1 сорту
- кількість проданих знецінених товарів 2 сорту



- обсяг проданих знецінених товарів 1 сорту
- обсяг проданих знецінених товарів 2 сорту

Рис. 5 (закінчення)

4.5. Варіанти постановок задач для реалізації на платформі подієво-дискретного підходу

ВАРІАНТ 1

Моделюється обслуговування клієнтів у двох відділеннях комерційного банку протягом тижня. Крок імітації – година.

Клієнт обслуговується у тому відділенні, яке знаходиться найближче до нього. Потік клієнтів генерується випадковою змінною, розподіленою за експоненціальним законом із середнім значенням 0,5 години.

У потоці клієнтів є ті, хто потребує отримання готівки і ті, хто звертається за отриманням кредиту (потребує більш тривалого обслуговування).

Середній час отримання готівки – час звернення до каси:

- Відділення №1: каса – одне вікно (середній час обслуговування одного клієнта – 10 ± 5 хвилин).
- Відділення №2: каса – два вікна (середній час обслуговування одного клієнта у каси №1 – 16 ± 5 хвилин; у каси №2 – 8 ± 4 хвилини).

Алгоритм обслуговування черг до кас – «перший прийшов – першим обслуговується». Середня ємкість кожної з черг – 5 осіб. Якщо не має жодної з вільних кас та відповідна черга переповнена, клієнт покидає відділення, не отримавши послугу.

Видача кредитів в кожному з відділень здійснюється у кредитному відділі (працює 5 співробітників у кожному з відділів). Час обслуговування наступний:

- Відділення №1: середній час обслуговування у кожного з п'яти клерків – випадкова змінна, розподілена за трикутним законом розподілу **triangular(20, 40, 60)** хвилин.
- Відділення №1: середній час обслуговування у кожного з п'яти клерків – випадкова змінна, розподілена за трикутним законом розподілу **triangular(18, 40, 50)** хвилин.

Розподіл клієнтів між клерками – до «першого вільного на поточний час». Якщо клієнт чекає у загальній черзі більше години, він покидає відділення.

Необхідно підрахувати:

- Чисельність відвідувачів кожного з відділень.
- Чисельність клієнтів, які отримали готівку в кожному з відділень та відвідувачів, які обслуговувалися у кредитних відділах.
- Чисельність клієнтів, що покинули відділення у зв'язку з чергами та неможливістю чекати надалі.
- Середній час знаходження клієнтів у конкретному відділі банку (за двома видами клієнтів).
- Ймовірність обслуговування клієнтів у кожному з відділень за видами операцій.

Представити отримані результати у графічному вигляді (графіки та гістограми).

Надати аналітичне резюме щодо рівня організації роботи у кожному з банківських відділень.

ВАРІАНТ 2

Моделювання обслуговування клієнтів в універсамі.

Термін моделювання – тиждень; місяць.

Крок імітації – хвилина.

Потік клієнтів в універсам – випадкова змінна: підкорюється експоненціальному закону розподілу із середнім 2 хвилини. Клієнти знаходяться у торгових залах універсаму час, що дорівнює у середньому **triangular(8, 10, 15)** хвилин. Обравши необхідне, покупці прямують до каси.

В універсамі працює 7 кас. Клієнт прямує до будь-якої, найменш навантаженої. Обслуговування одного покупця триває у середньому **triangular(8, 10, 15)** хвилин, після чого клієнт покидає універсам.

Необхідно розрахувати наступне:

- Чисельність клієнтів, що надійшли до універсаму протягом терміну моделювання.
- Чисельність клієнтів, що були обслуговані універсамом протягом терміну моделювання.
- Середній час перебування клієнта в універсамі.
- Середній час перебування клієнта у черзі до каси.

Представити отримані результати моделювання у графічному вигляді.

Надати рекомендації щодо рівня організації роботи в універсамі, її удосконалення.

ВАРІАНТ 3

Моделювання альтернативних систем обслуговування у банку.

Клієнти відвідують банківське відділення з інтенсивністю 15 клієнтів у годину. Кожний з клієнтів за одне відвідування звертається за однією послугою, після чого покидає банк. Досліджується обслуговування клієнтів у кас.

Обслуговування клієнтів банку у кас (банківське відділення має 5 кас) може здійснюватися за двома варіантами, ефективність яких треба встановити шляхом імітаційних експериментів.

Варіант №1. До кожної з п'яти кас встановлюється окрема черга. Клієнти стають до першої з черг, поточний вміст якої не перевищує максимально встановлену ємкість. Обслуговування клієнтів у кожній з кас займає час, що визначається стохастичною змінною, розподіленою за трикутним законом розподілу з параметрами **triangular(8, 12, 17)** хвилин. Принцип обслуговування черг – «першим прийшов – першим обслуговується».

Варіант №2. Клієнти при вході в банк стають в єдину чергу. Поточний клієнт обслуговується у першій з вільних кас. Якщо всі каси зайняті, клієнт стає у чергу до останньої з них. Принцип обслуговування черги – «першим прийшов – першим обслуговується». Обслуговування клієнтів у кожній з кас займає час, що визначається стохастичною змінною, розподіленою за трикутним законом розподілу з параметрами **triangular(8, 12, 17)** хвилин.

Необхідно визначити наступні параметри варіантів обслуговування:

- Чисельність клієнтів, які відвідали відділення протягом терміну моделювання.
- Чисельність клієнтів, яка була обслугована у кожній з кас та загалом.
- Середню чисельність клієнтів у кожній з черг протягом терміну моделювання.
- Середній час знаходження одного клієнта у кожній з черг.
- Середній час знаходження клієнта у банківському відділенні.

Здійснити моделювання протягом різних часових періодів – робочого дня, тижня, декади, місяця. Крок моделювання – хвилина.

Обґрунтувати вибір найбільш ефективної системи обслуговування у банківському відділенні.

ВАРІАНТ 4.

Моделюється робота морського порту.

Порт використовується для заливки танкерів сировою нафтою. Порт має можливість заливати одночасно до 3 танкерів. Танкери, що прибувають у порт, можуть бути трьох різних типів. Частота прибуття у порт танкерів різних типів та необхідний час їх заливки наведені у таблиці 5.

Тип	Частота прибуття у порт	Час заливки, год.
1	2	3
1	11±7	18±2
2	10±6	24±3
3	10±5	30±4

В порту наявний один буксир. Танкери будь-якого типу потребують послуги цього буксиру для підходу до стоянки.

Порт знаходиться у частині океану, якій притаманні часті шторми. Під час шторму підхід танкера до стоянки та відхід від неї є неможливим. Тривалість шторму, як правило, 4±2 години. Час між закінченням одного шторму та початком наступного підпорядковується експоненціальному розподілу з середнім значенням, що дорівнює 48 год.

Якщо буксир є вільним та немає шторму, час підходу до стоянки або відходу від неї займає близько 1 години.

При спостереженні за роботою порту встановлено, що якірні стоянки зайняті не повний час. Із-за затримок, що виникають внаслідок штормів, зайнятості стоянки або зайнятості буксиру час перебування танкерів у порту є більшим, чим встановлений нормативний час прийняття танкера. Це стосується танкерів будь-якого типу.

Необхідно промодельовати роботу порту протягом року (крок імітації – година) та встановити заходи, які б сприяли підвищенню ефективності роботи порту.

Для цього в моделі необхідно розрахувати наступні параметри:

- Кількість танкерів кожного з типів, що увійшли в порт протягом терміну імітації.
- Кількість залитих нафтою танкерів (кожного типу) протягом імітації.
- Середній час очікування буксиру танкером кожного типу.
- Середній час очікування внаслідок штормів танкером кожного типу.

ВАРІАНТ 5.

Моделювання роботи СТО.

На СТО обслуговуються різноманітні автотранспортні засоби. Існує 2 режими їх обслуговування:

- Автотранспортні засоби поступають до СТО та обслуговуються у порядку загальної черги.
- Автотранспортні засоби поступають до СТО та обслуговуються практично негайно без черги. До такого виду можуть належати машини швидкої допомоги та поліцейські машини.

Час надходження автомашин, які обслуговуються у порядку загальної черги, розподілений рівномірно від 2 до 4 годин. Розподілення часу між надходженням автомашин швидкої допомоги/поліцейських автомашин є пуассонівським із середнім інтервалом, що дорівнює 48 год.

Час обслуговування кожної автомашини із загальної черги рівномірно розподілений в інтервалі від 1,5 до 2,5 годин. Час розподілення пріоритетних автомашин розподілений по експоненті із середнім 2,5 години.

СТО працює 8 годин з 8.00 до 16.00. Машини, які надходять за межами робочого дня, чекають на обслуговування на наступний робочий день.

СТО має 6 робочих площадок для проведення ремонту. Одна автомашини, що надійшла на ремонт, захоплює одну площадку.

Необхідно промодельовати роботу СТО протягом місяця. Крок імітації – година. Надати резюме щодо ефективності його роботи. Запропонувати заходи підвищення ефективності роботи та можливої зміни графіку обслуговування.

Необхідно підрахувати:

- Кількість автомашин, що надійшли до СТО протягом періоду імітації: всього та за видами обслуговування.
- Кількість автомашин, що були обслуговані СТО за досліджуваний період загалом та за видами обслуговування.
- Ймовірності обслуговування автомашин, що надійшли до СТО за видами обслуговування.
Побудувати гістограми визначених ймовірностей обслуговування за видами.

ВАРІАНТ 6.

Модель роботи продовольчого магазину.

Невеликий продовольчий магазин має 3 прилавки та одну касу при виході з магазину. Покупці з'являються в магазин: вхідний потік має пуасонівський характер. Середнє значення інтервалу приходу складає 75 сек.

Увійшовши у магазин, покупець бере корзинку та може обійти один або кілька прилавків, вибираючи продукти. Ймовірність обходу конкретного прилавку наведена у табл. 1.

Час, необхідний для обходу прилавку, та число покупок, що обрані покупцем у прилавку, розподілені рівномірно. Відповідні дані також наведені у табл.6.

Таблиця 6

Прилавок	Ймовірність здійснення покупок	Час обходу прилавка, сек.	Число покупок, здійснених у прилавку, шт.
1	0,75	120±60	3±1
2	0,55	150±30	4±1
3	0,82	120±45	5±1

Після того, як товар відібраний, покупець стає у кінець черги до каси. Вже знаходячись у черзі, покупець може забажати здійснити ще 2±1 покупки.

Час обслуговування покупця на касі пропорційний числу зроблених покупок: на одну покупку припадає 3 сек. перевірки.

Після оплати продуктів покупець залишає корзинку та покидає магазин.

Треба побудувати модель, яка відтворить процес покупок у продовольчому магазині протягом 8 годин робочого дня. Треба визначити загрузку касира і максимальну довжину черги перед касою.

ВАРІАНТ 7.

Модель автобусної зупинки у період карантинних обмежень.

За розписом автобус повинен приходити на зупинку кожні 10 хвилин. Середнє запізнення може становити 2±1 хвилина. Запізнення автобусу ніяк не залежить від запізнення попереднього автобусу та не впливає на запізнення наступного.

Прихід людей на автобусну зупинку підкоряється закону Пуассона з інтенсивністю 14 осіб кожні 20 хвилин.

Автобус має 30 сидячих місць. В момент свого прибуття автобус везе 12±10 пасажирів. Після того, як від 4 до 8 пасажирів вийде (рівномірний закон розподілу), в автобус може увійти стільки пасажирів, скільки вистачає вільних сидячих місць.

Ті пасажери, хто не зміг сісти у автобус, уходять з зупинки і більше не повертаються (знаходячи інші можливості скористатися транспортом).

Для висадки пасажера необхідно 5 ± 2 сек., а для посадки 7 ± 4 сек.

Пасажири виходять та входять один за іншим. Посадки не має, поки з автобусу не вийдуть всі бажаючі.

Посадка здійснюється за правилом «першим прийшов – першим обслуговується». Всі особи, хто знаходиться на зупинці, під час посадки мають право увійти у автобус, якщо можуть бути забезпечені сидячим місцем.

Необхідно промодельовати процеси, що відбуваються на автобусній зупинці, протягом дня, тижня, місяця.

Необхідно зібрати наступну інформацію:

- Зібрати статистику черги, в якій знаходяться особи, які чекають на автобус. Зокрема, визначити, середній час очікування.
- Знайти середнє число пасажирів, які не можуть бути обслужені, загалом протягом досліджуваного періоду.
- Знайти середнє число пасажирів, які не можуть бути обслужені, у середньому на один автобус, що прибув на зупинку.

Надати рекомендації, щодо більш ефективної роботи транспорту під час карантинних обмежень.

5. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2: «МОДЕЛІ НА ПЛАТФОРМІ СИСТЕМНО-ДИНАМІЧНОГО ТА АГЕНТНОГО ПІДХОДІВ»

5.1. Постановка задачі дослідження – «Моделювання кредитної діяльності банку»

Надається постановка задачі під базову модель кредитної діяльності банку, яку здобувачу потрібно перетворити шляхом ускладнення до власної постановки, побудови моделі та проведення імітаційних експериментів.

Базова модель ставить за мету надання навичок роботи з такими елементами бібліотек палітри AnyLogic, як подія, діаграма дії, функції, фонди, потоки, змінні, параметри.

Зміст базової моделі полягає у наступному.

Банк надає кредити двом фірмам, коли на його рахунках є відповідна сума грошей (умовні одиниці). Фірма 1 запрошує кредит на 10-й день місяця (1000 умовних од.), а фірма 2 – на 20 день (800 умовних од.). Якщо банк має наведені суми, він задовольняє кредитний позив фірм. Повернення кредиту фірма 1 здійснює через 30 днів, а фірма 2 через 20 днів. Повернені кредити зараховуються як надходження на рахунок банку.

Водночас, протягом часу здійснюються перевірки фінансового стану банку. Якщо сума на рахунку стає меншою за 10000 умовних одиниць, він поповнюється на 50 умовних одиниць: поточні надходження банку, окрім сум повернення кредиту фірмами.

Крок імітації – 1 день. Моделювання здійснюється впродовж кварталу.

5.2. Технологія розробки базової моделі

Загальний вигляд базової моделі наведено на рис. 6. Призначення елементів моделі наведені у табл. 7.

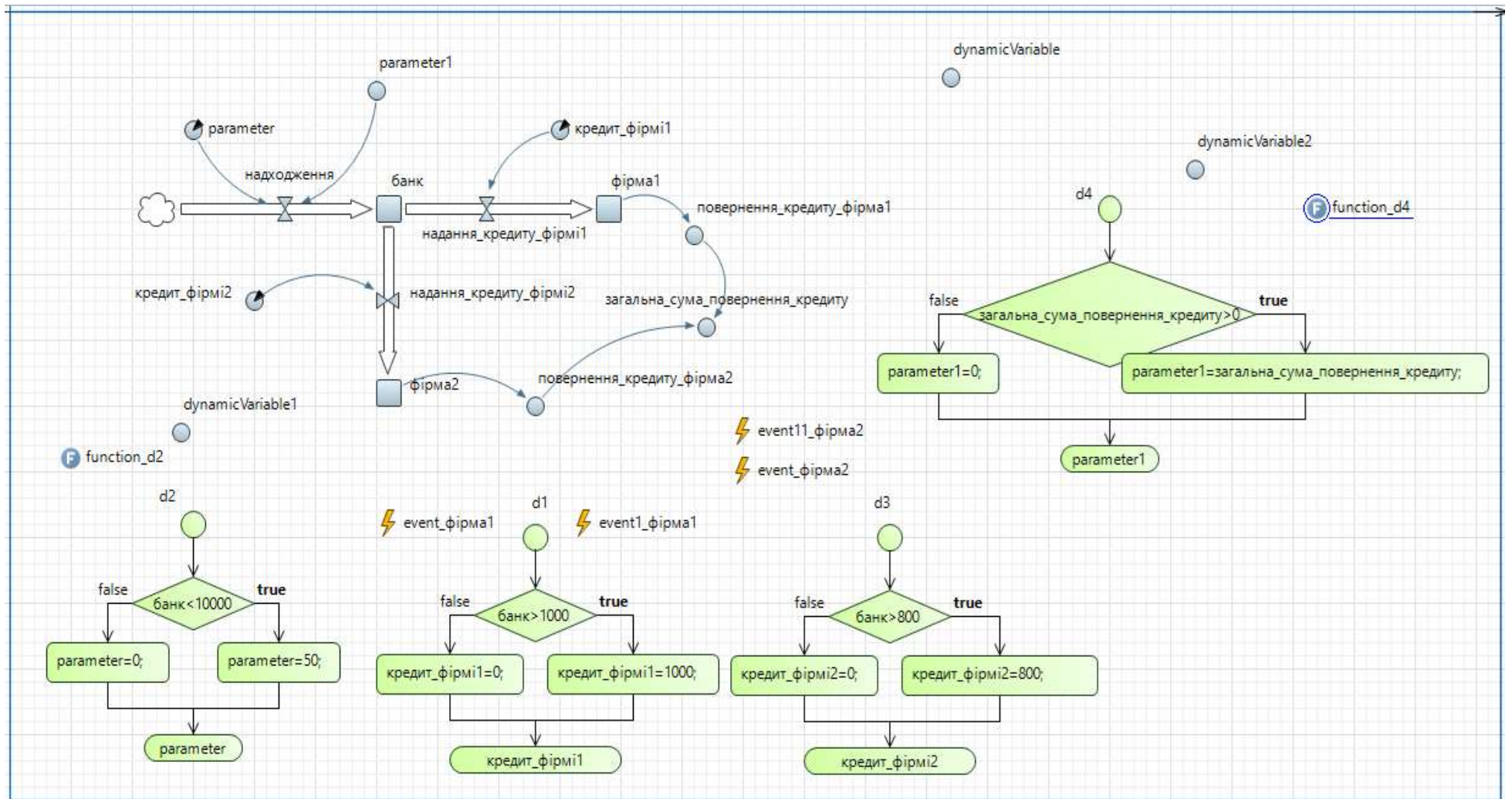




Рис. 7. Загальний вигляд базової моделі


Призначення головних елементів базової моделі банку

Найменування елемента	Тип елемента	Призначення елемента
2	3	4
банк	Блок типу накопичувач	Рахунок банку
	Блок типу потік	Надходження на рахунок банку: parameter+parameter1
parameter	Параметр	Поповнення рахунку банку (окрім повернення кредитів).
parameter1	Параметр	Загальна сума повернення кредиту: Дорівнює або 0, або вмісту динамічної змінної «загальна_сума_повернення_кредиту»
загальна_сума_повернення_кредиту	Динамічна змінна	Загальна сума повернення кредиту фірмами 1 та 2: повернення_кредиту_фірма1+ повернення_кредиту_фірма2
надання_кредиту_фірма1	Блок типу потік	Надання кредиту фірмі 1: кредит_фірма1
кредит_фірма1	Параметр	Значення параметру формується в діаграмі дій d1
фірма1	Блок типу накопичувач	Акумулює суми кредитів, отриманих фірмою 1
повернення_кредиту_фірма1	Динамічна змінна	Повернення кредиту фірмою 1 в означені строки (через 30 днів): delay(фірма1,30)
надання_кредиту_фірма2	Блок типу потік	Надання кредиту фірмі 2: кредит_фірма2
кредит_фірма2	Параметр	Значення параметру формується в діаграмі дій d3
Фірма2	Блок типу накопичувач	Акумулює суми кредитів, отриманих фірмою 2
повернення_кредиту_фірма2	Динамічна змінна	Повернення кредиту фірмою 2 в означені строки (через 20 днів): delay(фірма2,20)

Елемент моделі  event_фірма1 – «подія», в результаті якої здійснюється активізація діаграми дій d1. Фрагмент властивостей блоку наведено на рис. 8. Як визначено у властивостях, подія відбувається на 10 день за таймаутом і активізує діаграму дій, передаючи їй в якості аргументу поточний час (стандартна функція **time()**).

Елемент моделі  event1_фірма1 – «подія», в результаті якої здійснюється дезактивація діаграми дій d1. Фрагмент властивостей блоку наведено на рис. 9. Як визначено у властивостях, подія відбувається на 11 день за таймаутом та обнуляє кредит фірми 1.

Діаграма дій d1 та фрагмент її властивостей наведені на рис. 10. Аргумент діаграми – поточний модельний час time. Діаграма повертає значення – визначену суму кредиту фірмі 1.

Елемент моделі  event_фірма2 – «подія», в результаті якої здійснюється активізація діаграми дій d3. Фрагмент властивостей блоку наведено на рис. 11. Як визначено у властивостях, подія відбувається на 20 день за таймаутом і активізує діаграму дій, передаючи їй в якості аргументу поточний час (стандартна функція **time()**).

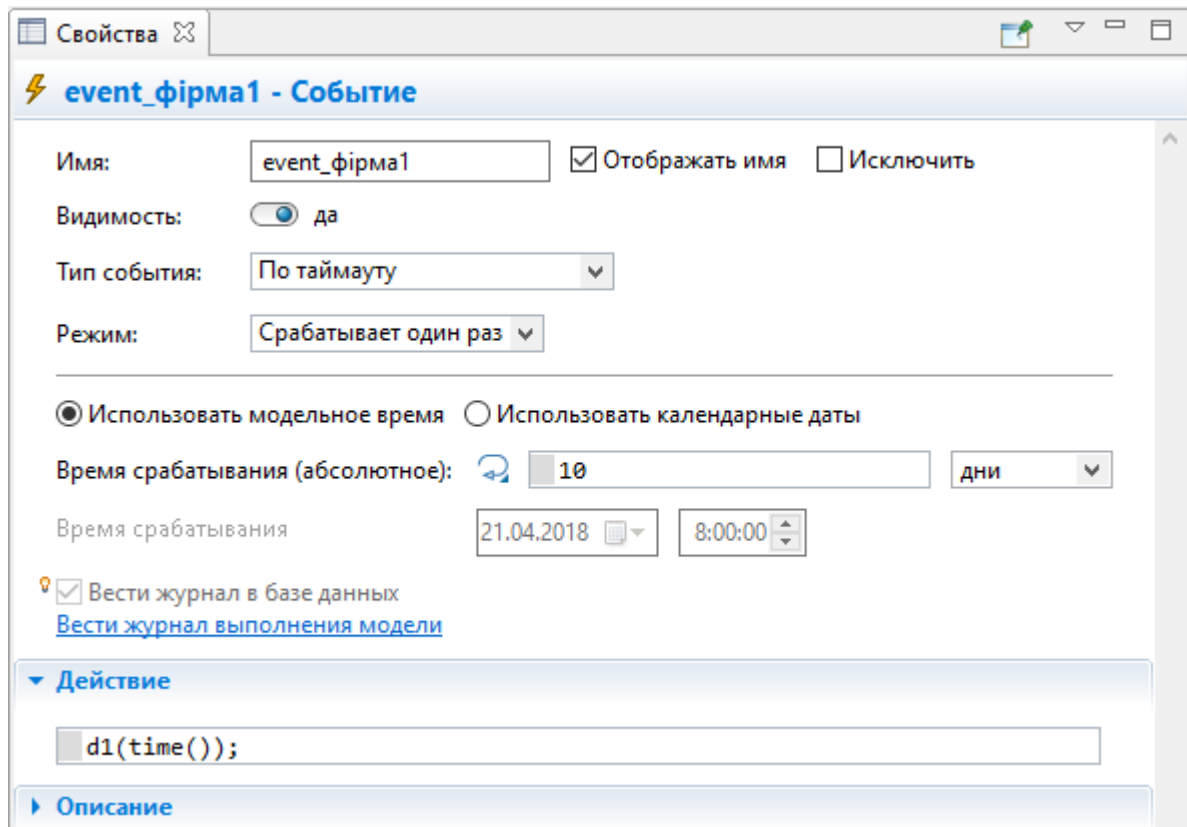


Рис. 8. Вікно властивостей элементу event_фирма1

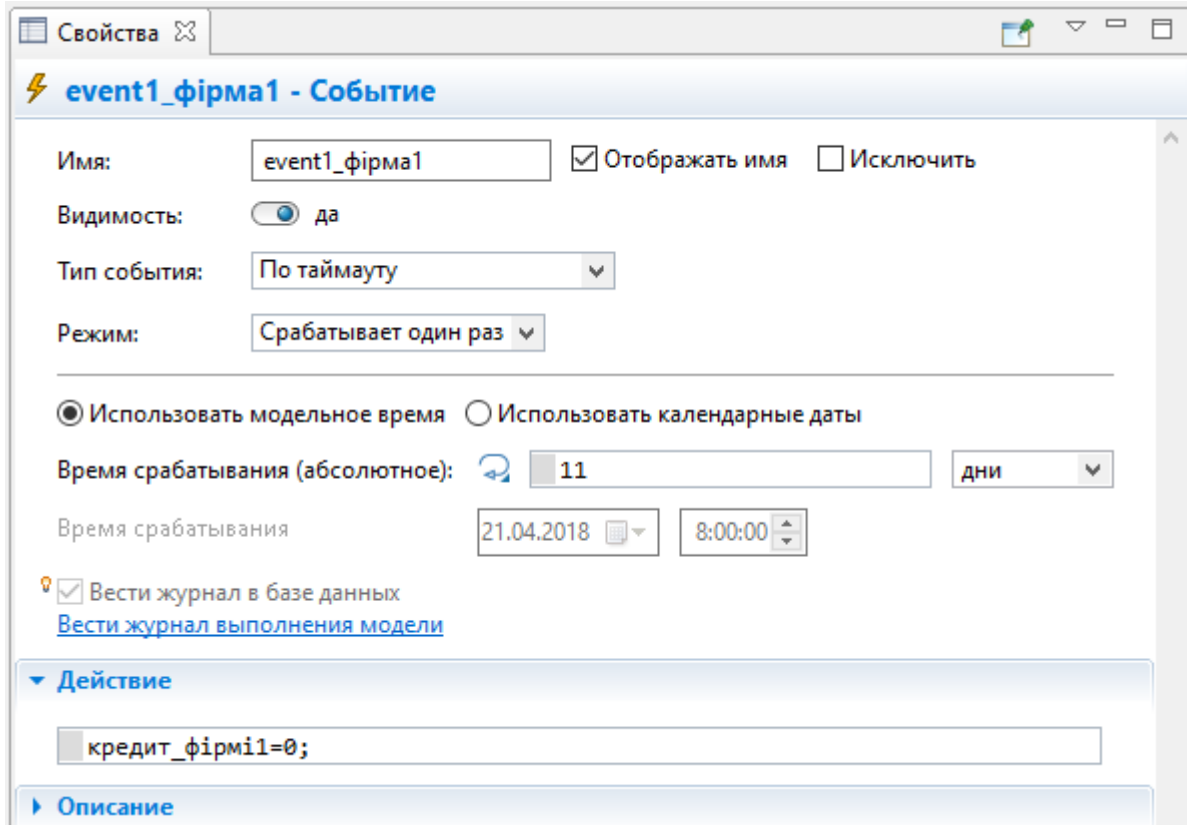


Рис. 9. Вікно властивостей элементу event1_фирма1

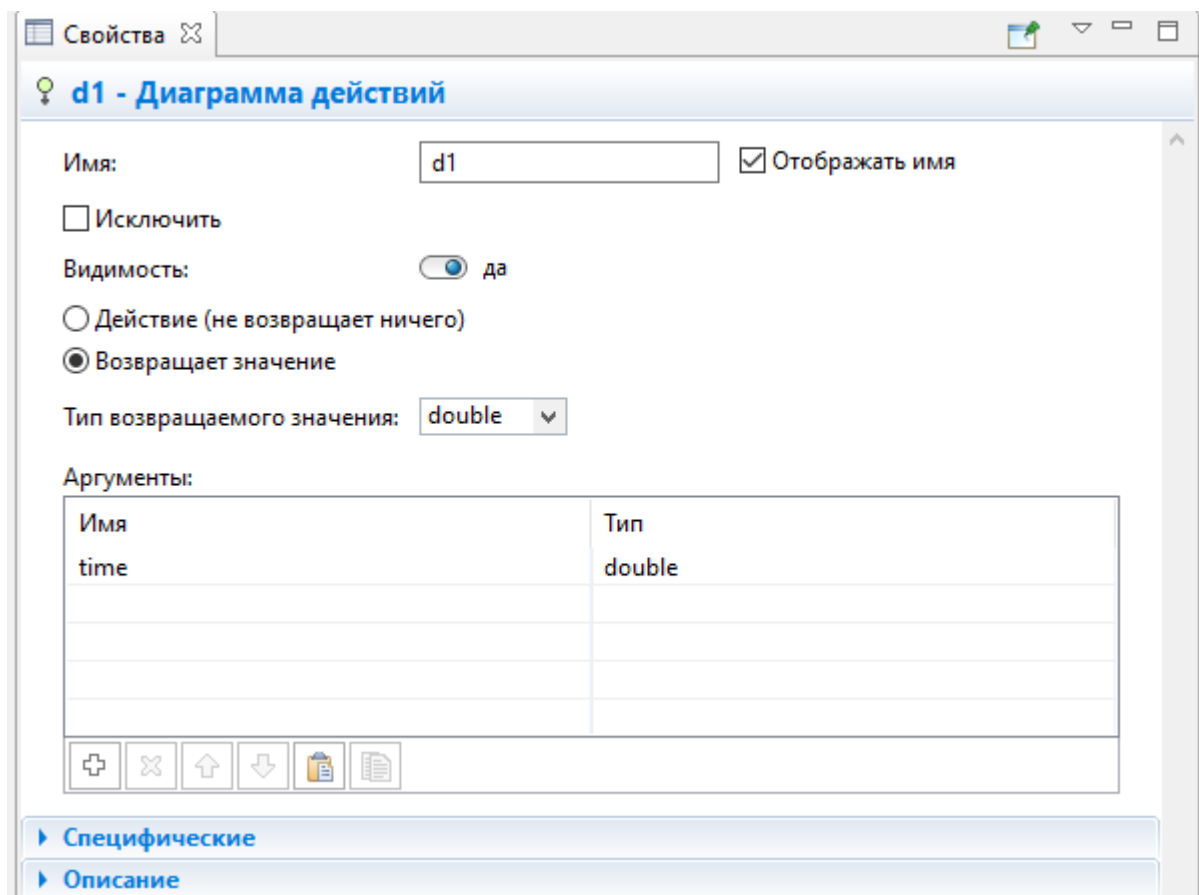
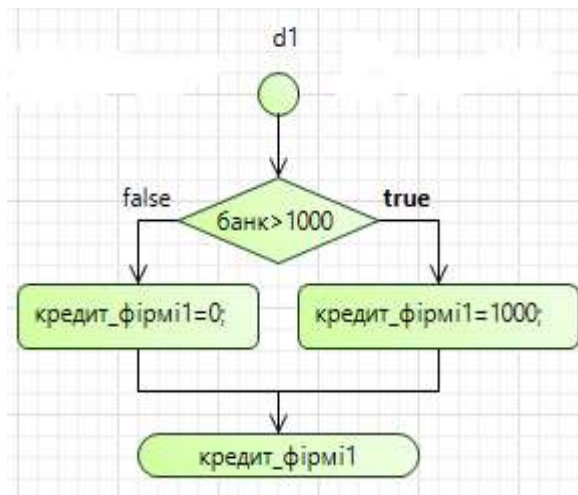



Рис. 10. Диаграмма дій d1 та фрагмент її властивостей

Елемент моделі  event11_фірма2 – «подія», в результаті якої здійснюється дезактивація діаграми дій d3. Фрагмент властивостей блоку наведено на рис. 12. Як визначено у властивостях, подія відбувається на 21 день за таймаутом та обнуляє кредит фірми 2.

Діаграма дій d3 та фрагмент її властивостей наведені на рис. 13. Аргумент діаграми – поточний модельний час time. Діаграма повертає значення – визначену суму кредиту фірми 2.

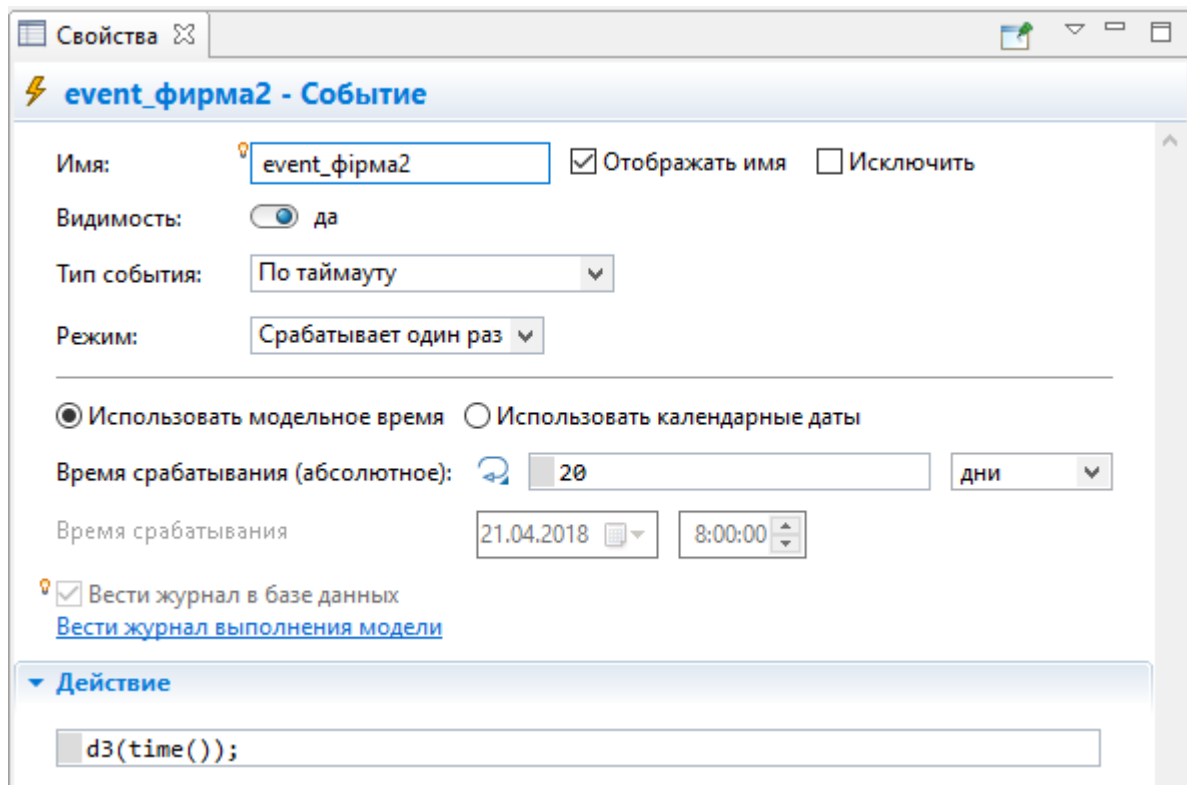


Рис. 11. Вікно властивостей элементу event_фирма2

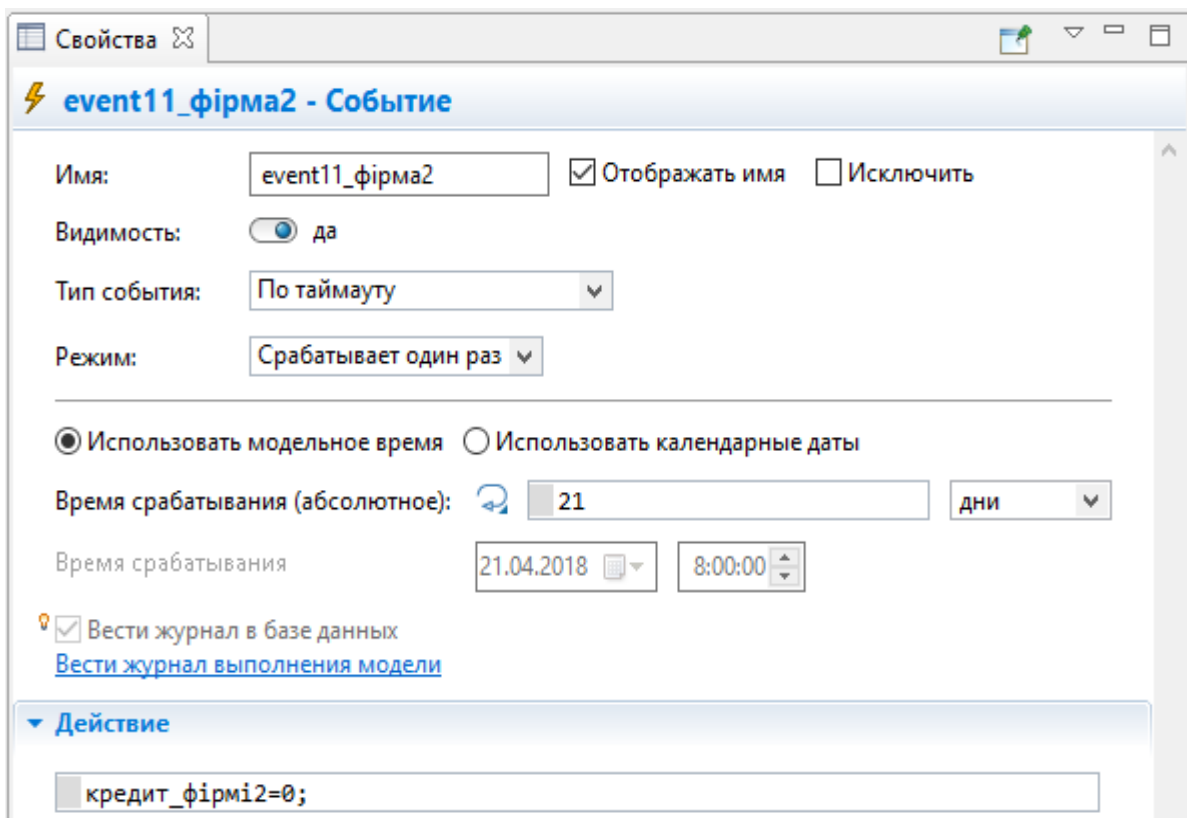


Рис. 12. Вікно властивостей элементу event11_фирма2

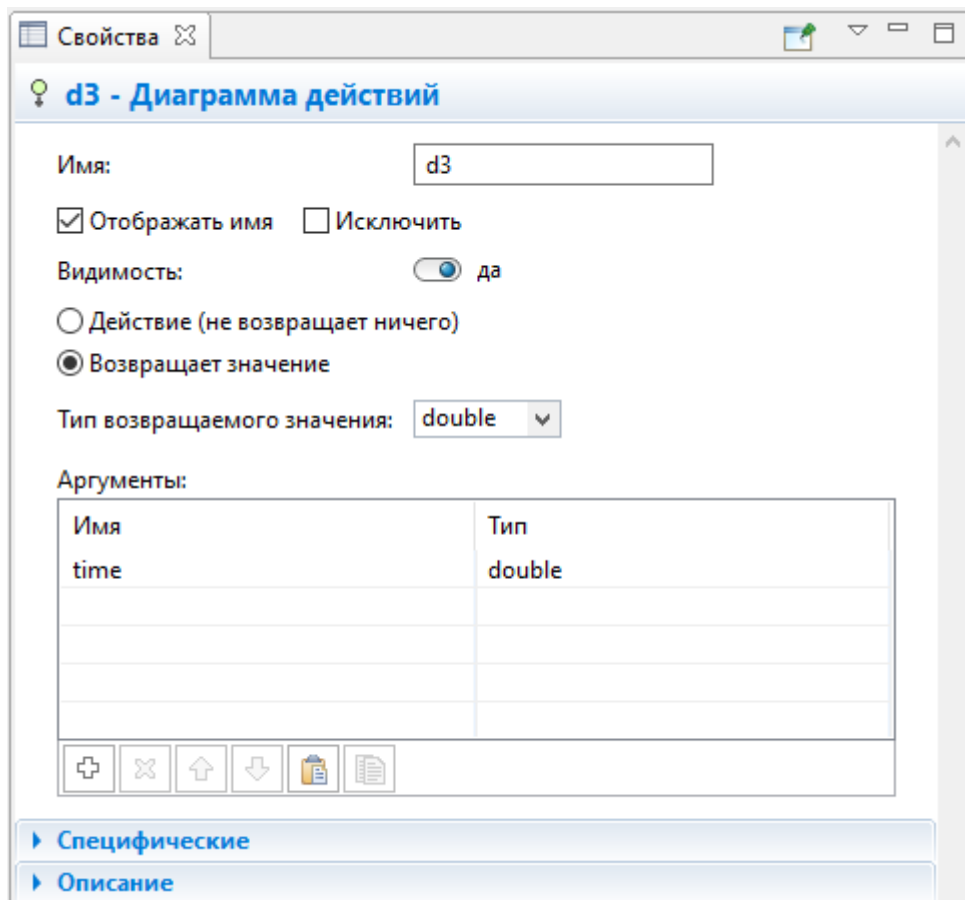
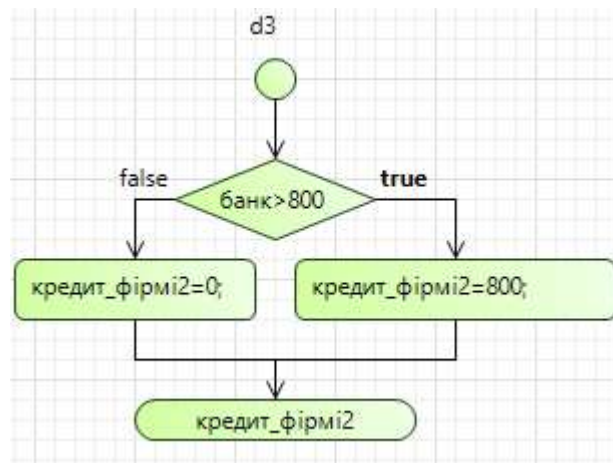




Рис. 13. Диаграмма дій d3 та фрагмент її властивостей

Модельний елемент  викликає функцію  function_d2, яка в свою чергу, активізує діаграму дій d2, призначену для визначення величини поповнення рахунку банку (окрім сум повернення кредиту).
 Фрагменти властивостей наведених елементів представлені на рис. 14-16.

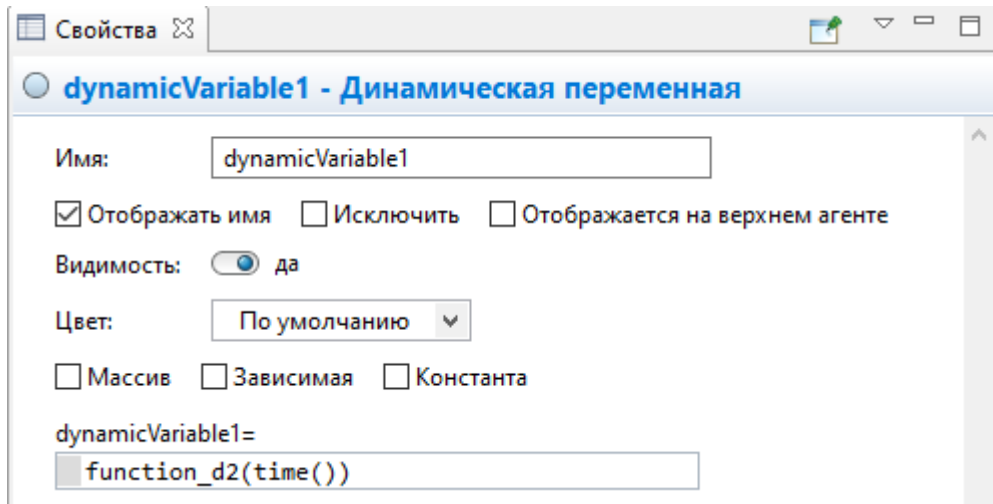


Рис. 14. Фрагмент властивостей элементу dynamicVariable1

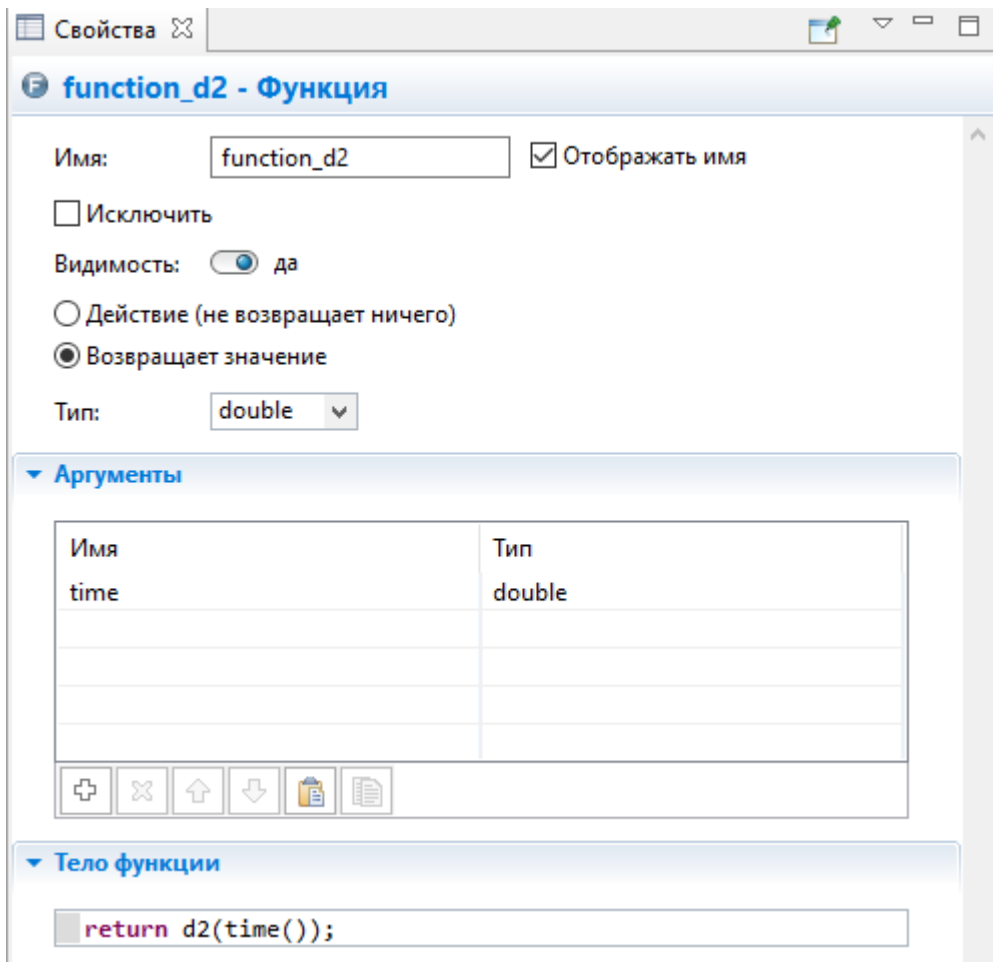


Рис. 15. Фрагмент властивостей элементу function_d2

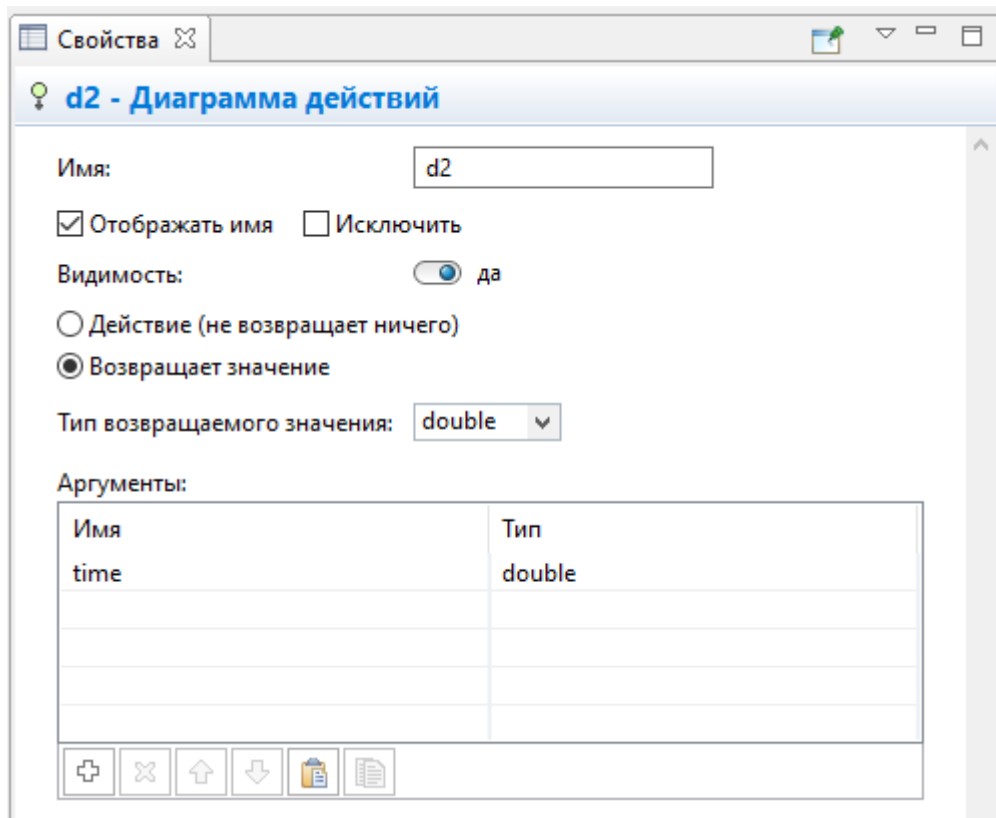
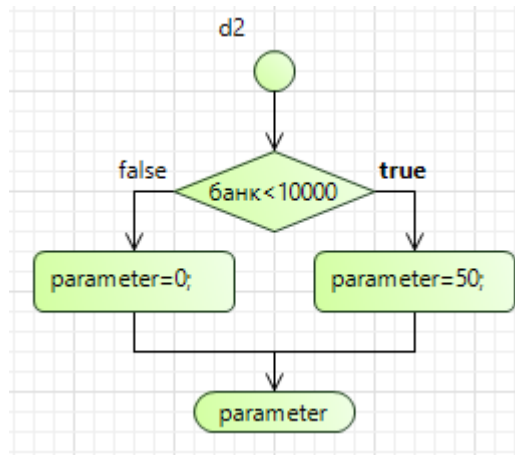




Рис. 16. Диаграмма дій d2 та фрагмент її властивостей

Модельний елемент  викликає функцію , яка в свою чергу, активізує діаграму дій d4, призначену для визначення величини поповнення рахунку банку сумами повернення кредиту.

Фрагменти властивостей наведених елементів представлені на рис. 17-19.

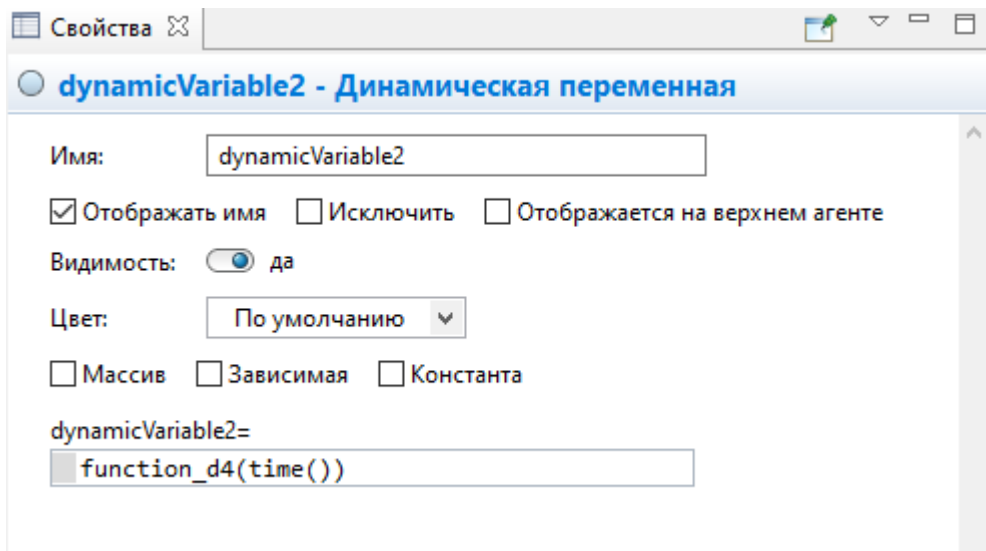


Рис. 17. Фрагмент властивостей элементу dynamicVariable2

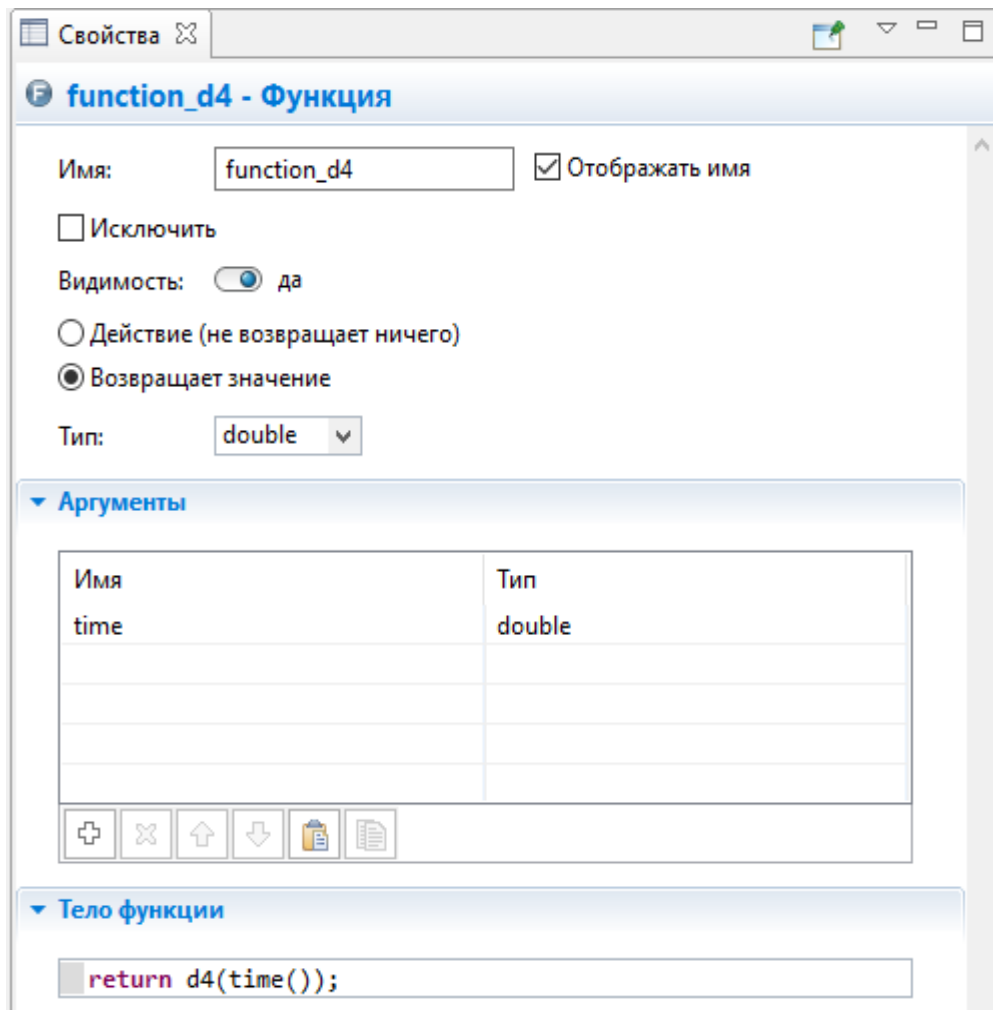


Рис. 18. Фрагмент властивостей элементу function_d4

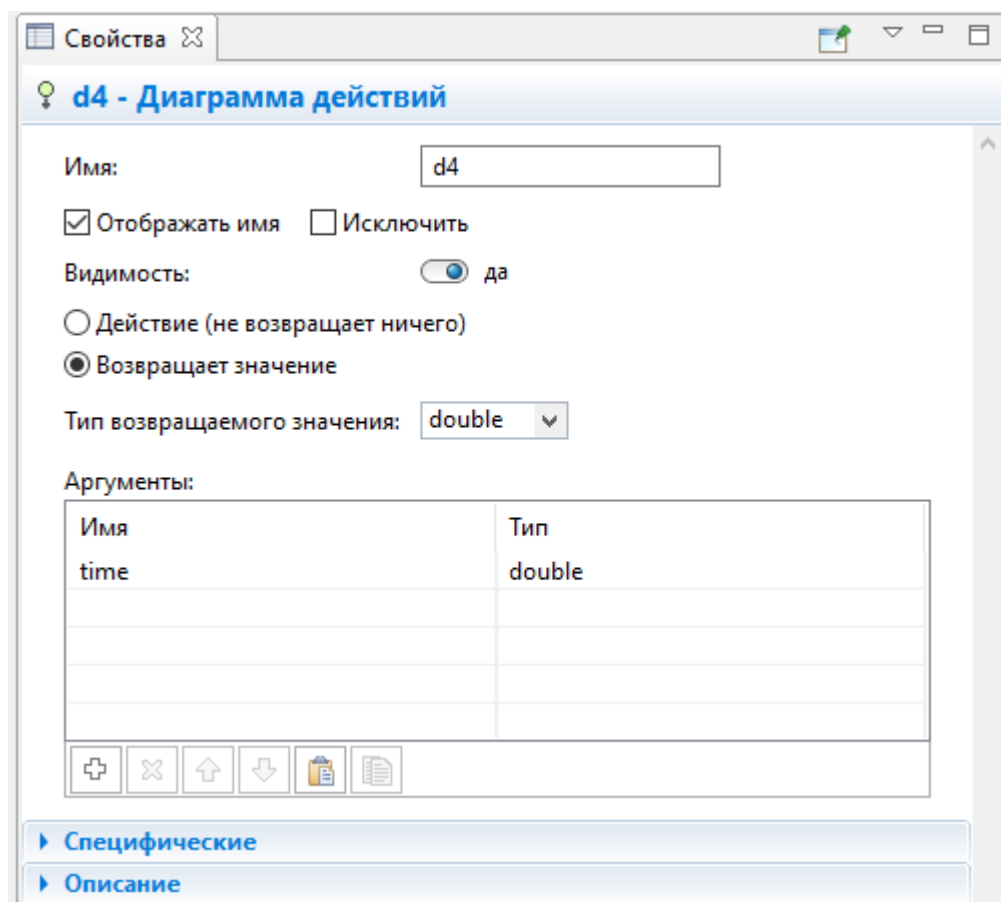
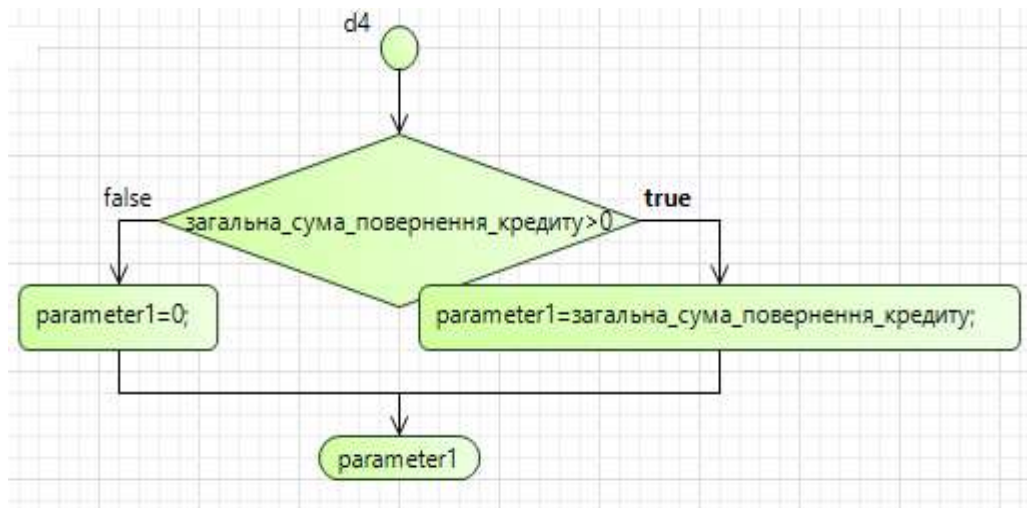


Рис. 19. Діаграма дій d4 та фрагмент її властивостей

Фрагмент результатів імітаційних експериментів, проведених на базовій моделі представлений на рис. 20.

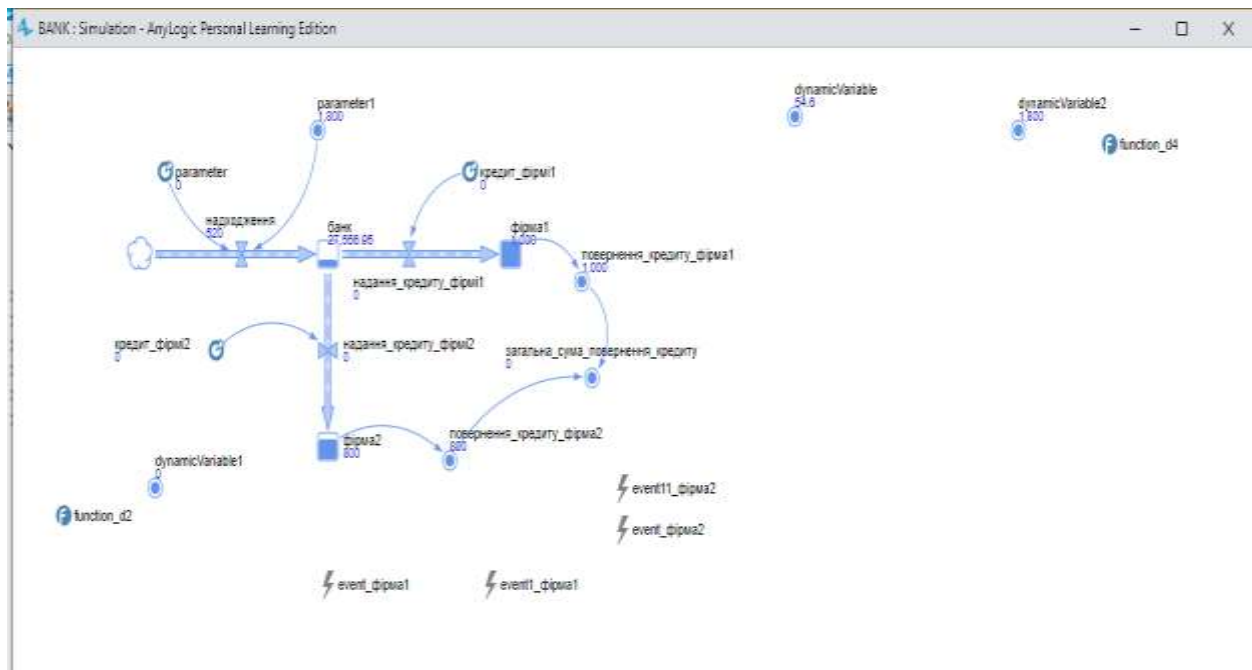


Рис. 20. Фрагмент результатів імітаційних експериментів, проведених на базовій моделі кредитної діяльності банку

Необхідно:

- Запропонувати узагальнення моделі стосовно надання банком серії кредитів фірмам 1 та 2 протягом періоду імітації.
- Запропонувати алгоритм повернення не тільки кредитів, наданих фірмам, але й відсотків за кредит.
- Визначити алгоритми можливих графіків кредитування.
- Запропонувати алгоритм поповнення рахунку банку окрім повернення кредитів, відмінний від застосованого у базовій моделі.
- Провести серію імітаційних експериментів на моделі з метою визначення найбільш прийнятних графіків кредитування; поповнення рахунків банку, можливостей ефективного використання його активів.

5.3. Варіанти постановок задач для реалізації на платформі системно-динамічного та агентного підходів

ВАРІАНТ 1

Модель розповсюдження епідемії.

Вважається, що загальна чисельність населення, яка приймається в якості генеральної сукупності, становить 20000 осіб. Начальні умови та алгоритм мають наступні характеристики:

- Спочатку моделювання наявний 1 заражений індивід, а інші особи лише чутливі до захворювання.
- Під час захворювання одна людина в середньому контактує з іншими з інтенсивністю, що дорівнює 2,3 людини в день.

- Якщо інфікована людина контактує з особами, які чутливі до захворювання, то ймовірність передачі інфекції становить 0.7.
- Після того, як людина інфікована, інкубаційний період становить 10 днів.
- Середня тривалість захворювання після інкубаційного періоду (тобто тривалість періоду, коли людина може інфікувати інших) становить 21 день.
- Люди, які одужали, отримують імунітет від хвороби та не можуть знов захворіти.

Необхідно: побудувати модель та провести імітаційні експерименти протягом різних часових термінів.

ВАРІАНТ 2

Моделювання процесів формування бізнес-плану підприємства й експрес-оцінка можливостей його реалізації: одноланкова система збуту.

Для обґрунтованого формування бізнес-плану підприємства необхідно вивчення ринкового попиту на його продукцію та попередня оцінка його виробничих й реалізаційних можливостей.

Генеральна сукупність суб'єктів ринку – покупців – становить 10000 осіб. Всі суб'єкти розподіляються за трьома ознаками:

- потенційні клієнти підприємства;
- бажаючі купити продукцію підприємства;
- фактичні покупці.

Перехід клієнтів з класу потенційних до класу бажаючих купити здійснюється двома способами:

- з заданою інтенсивністю (в день): стохастична змінна, що підкорюється закону розподілу gamma з наступними параметрами: $\text{gamma}(2.8, 1, 1)$;
- при отриманні повідомлення с рекомендацією покупки від фактичних покупців-контактерів: "Buy !" .

Бажаючі купити переходять у стан фактичних покупців при наявності продукції на складі готової продукції підприємства.

Фактичні покупці-контактери передають повідомлення про рекомендацію покупки випадковим способом за таймаутом: таймаут дорівнює 1 дню.

Виробничо-збутовий ланцюг підприємства містить наступні ланки:

- Виробництво: на початок моделювання у виробництві знаходиться 100 одиниць незавершеної продукції. Виробництво здійснюється згідно програмі випуску, яка формується на основі ринкового попиту з поправкою на прогнозний коефіцієнт.
- Склад готової продукції: на початок моделювання на складі знаходиться 1000 одиниць продукції. Доставка на склад здійснюється згідно виробничим потужностям та триває 3 дні.
- Час доставки зі складу готової продукції до торгової мережі триває 4 дні.

Необхідно:

- Промоделювати наведені процеси за різні часові періоди впродовж року.
- Забезпечити параметричне налаштування моделі.
- Визначитися з найбільш прийнятним співвідношенням «ринковий попит – виробничі потужності».
- Отримати у графічній формі динаміку процесів.
- Надати аналітичну довідку стосовно формування бізнес-плану підприємства.

ВАРІАНТ 3

Моделювання процесів формування бізнес-плану підприємства й експрес-оцінка можливостей його реалізації: двохланкова система збуту.

Використовується базова постановка варіанту 2 з додаванням однієї ланки, а саме:

- Зі складу готової продукції виробу відвантажуються у дилерську мережу: на склад дилерської мережі. Час доставки становить 5 днів.
- Зі складу дилерської мережі продукція відвантажується на склад роздрібною мережі, в якій безпосередньо здійснюється процес реалізації. Час доставки становить 2 дні.

Необхідно:

- Промодельовати наведені процеси за різні часові періоди впродовж року.
- Забезпечити параметричне налаштування моделі за рахунок введення елементів управління з метою варіації часу доставки між різними ланками виробничо-збутового ланцюга підприємства.
- Визначитися з найбільш прийнятним співвідношенням «ринковий попит – виробничі потужності».
- Отримати у графічній формі динаміку процесів.
- Надати аналітичну довідку стосовно формування бізнес-плану підприємства.
- Порівняти одно та двох ланкові мережі підприємства з точки зору їх ефективності щодо здійснення процесів реалізації.

ВАРІАНТ 4

Моделювання виробництва та реалізації продукції на основі заданого бізнес-плану та коригуючих коефіцієнтів ринкового попиту.

На підприємство згідно з бізнес-планом (сформованим на базі реалізації моделей попередніх варіантів) надходять замовлення, що обробляються протягом одного дня у плановому відділі. Після цього замовлення запускаються у виробництво. Виробничий цикл триває 1 день, після чого готові вироби відвантажуються на склад готової продукції.

Зі складу готової продукції вироби відвантажуються у роздрібну мережу. Доставка триває 2 дні.

У роздрібній мережі здійснюється реалізація продукції, обсяг якої залежить від наявності продукції на складі роздрібною мережі та відповідного коригуючого коефіцієнту (який відображає реальний ринковий попит на продукцію).

Оптова ціна одиниці товару становить 10 умовних одиниць, а роздрібна ціна – 12 одиниць.

Бізнес-план визначено наступним чином:

Номер місяця	Обсяг випуску (в натуральних одиницях)
1	2
1	1000
2	800
3	900
4	1000
5	1000
6	700
7	600
8	500
9	400
10	600
11	1200
12	1800

Коригуючі коефіцієнти ринкового попиту мають наступні значення:

Номер місяця	Коригуючі коефіцієнти ринкового попиту
1	2
1	0.9
2	0.8
3	0.8
4	0.7
5	0.7
6	0.6
7	0.6
8	0.6
9	0.7
10	0.8
11	1
12	1

Необхідно промодельовати роботу підприємства протягом року. Крок імітації – 1 день.
Визначити обсяги товарної та реалізованої продукції.
Зробити висновки стосовно ефективності роботи підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Довідкова документація системи AnyLogic. URL:<https://help.anylogic.ru/index.jsp>
2. Соколовська З.М. Багатопідходне імітаційне моделювання на платформі AnyLogic: [навчальний посібник]. Одеса: Екологія, 2018. 212 с. URL: <http://memos.library.opu.ua:8080/memos/jsp/materials.iface?mId=36036>
3. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/>
4. Ivanov D. Operations and Supply Chain Simulation with AnyLogic. URL:<https://www.anylogic.com/resources/books/operations-and-supply-chain-simulation-with-anylogic/>
5. Mahdavi Arash. The Art of Process-Centric Modeling with AnyLogic. URL: <https://www.anylogic.com/resources/books/the-art-of-process-centric-modeling-with-anylogic/>
6. Grigoryev I. AnyLogic in Three Days: Modeling and Simulation Textbook. 2016. 202 p. URL: <https://www.anylogic.com/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/>

Додаткова література

7. Матеріали науково-практичних конференцій з імітаційного моделювання та його використання в науці та промисловості «Імітаційне моделювання. Теорія та практика». (ІММОД-2011, 2013, 2015, 2017). URL: [http://simulation.su/static/ru-immod-2017\(2015,2013,2011\).html](http://simulation.su/static/ru-immod-2017(2015,2013,2011).html)
8. Матеріали європейського конгресу EUROSIM (Federation of European Simulation Societies (EUROSIM) 1992-2018). URL: <https://www.eurosim.info/publications>
9. Матеріали ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation) URL: <https://www.asim-gi.org/asim>
10. Матеріали Winter Simulation Conference (The premier international forum for disseminating recent advances in the field of system simulation) URL:[http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2018\(2017...\)/](http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2018(2017...)/)
11. Матеріали The International Conference of the System Dynamics Society URL: <https://www.systemdynamics.org/conference> (URL:<https://www.systemdynamics.org/past-conference-2018>)
12. Соколовська З.М., Яценко Н.В. Багатопідходне імітаційне моделювання в управлінні збутовою діяльністю фармацевтичних підприємств. //Моделирование процессов управления в информационной экономике [колективна монографія]. – Бердянск, Издатель Ткачук А.В., 2017. с. 234-253 (420 с.) URL: <http://dspace.opu.ua/jsru/handle/123456789/7576>

Ресурси Інтернет

13. Сайт The AnyLogic company. URL: <http://www.anylogic.ru/>
14. Портал моделей системи AnyLogic. URL: <https://runthemodel.com/>