

І.М. Пістунів

**МОДЕЛЮВАННЯ
БІЗНЕС ПРОЦЕСІВ**

**НТУ «ДП»
Дніпро
2021**

Міністерство освіти і науки України



І.М. Пістунов

МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Навчальний посібник

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

УДК 004.738.5:338.46(075)
0-92

Автор: І.М. Пістунов

Рецензенти: д-р екон.наук, професор А.В. Бардась (НТУ ДП),
д-р екон. наук, професор, Н.К. Васильєва (ДАЕУ)),

Друкується за рішенням вченої ради Національного технічного
університету «Дніпровська політехніка» (протокол № 2 від 14.02.2021).
УДК 004.738.5:338.46(075)
0-92

Пістунов І.М. Моделювання бізнес процесів [Електронне видання]:
навчальний посібник / І.М. Пістунов Електрон. текст. дані. – Д.: НТУ
«ДП», 2021. – 130 с. – Режим доступу:
http://pistunovi.inf.ua/MOD_BIZ_IPOU.pdf (дата звернення: 01.02.2021). –
Назва з екрана.

Навчальний посібник містить відомості про основні положення графічного
моделювання бізнес процесів на прикладі системи позначень BPMN, опис
можливостей додатку Draw.io, методів Монте-Карло та прийомів нечіткої
логіки з моделюванням через програму MatLab.

Посібник містить декілька індивідуальних завдань, які студенти мають
виконати для закріплення теоретичного матеріалу. Завдання виконуються із
застосування спеціалізованих програм та додатків.

Призначений для опанування студентами навчальних дисципліни
«Моделювання бізнес-процесів» під час вивчення і засвоєння методів та
способів моделювання бізнес процесів.

Іл. 34. Табл. 7. Бібліогр.: 34 назв.

ББК 32.973.202я73

© І.М. Пістунов 2021

© НТУ «ДП», 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1. ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	11
1.1. Блок-схеми обчислювального процесу	13
1.2. Індивідуальне завдання №1	19
1.3. Системи умовних позначень для моделювання бізнес-процесів	23
1.3.1. Система умовних позначень BPMN	23
1.3.2. Система позначень бізнес-процесів BPEL	39
1.4. Опис програмних комплексів, які реалізують моделювання бізнес- процесів	45
1.4.1. Браузерна програма Draw.io.....	45
1.4.2 Програма Microsoft Visio.....	49
1.4.3. Програма моделювання бізнес-процесів Dia.....	51
1.5. Індивідуальне завдання № 2.....	53
Розділ 2	
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	55
2.1. Математичне моделювання.....	55
2.2. Синтез моделей, що описують періодичні бізнес-процеси	61
2.4. Індивідуальні завдання № 3	64
2.5. Синтез моделей бізнес-процесів методом нейронних сіток	65
2.5.1. Приклади застосування нейронний сік при моделюванні бізнес-процесів.....	68
2.5.2. Створення нейросіткової моделі із застосуванням програмного пакету Statistica	74
2.6. Індивідуальне завдання № 4.....	78

2.7. Синтез моделей бізнес-процесів на формальній мові (нечіткі моделі)	79
2.7.1. Приклад застосування моделі нечіткої логіки для логістичних операцій	87
2.7.2. Використання програмного комплексу MatLab для побудови нечіткої моделі	92
2.8. Індивідуальне завдання № 5.....	96
2.9. Імітаційне моделювання (метод Монте-Карло)	98
2.9.1. Віднесення випадкової величини до певного закону розподілу	103
2.9.2. Приклад застосування методу Монте-Карло для ідентифікації бізнес-процесу.....	105
2.9.2. Використання електронних таблиць Microsoft Excel за методом Монте-Карло	114
2.10. Індивідуальне завдання № 6.....	119
 ВИСНОВКИ	 126
 СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	 127

ВСТУП

Модель – речова, знакова або уявна (мислена) система, що відтворює, імітує, відображає принципи внутрішньої організації або функціонування, певні властивості, ознаки та/або/і характеристики об'єкта дослідження (оригіналу). Розрізняють фізичні, математичні та ін. моделі. Слово «модель» походить від латинського *modulus*, що означає міра, такт, ритм, величина. Воно пов'язане також із словом *modus* – копія, зразок.

Смислове навантаження терміна “модель” багатопланове:

- а) зразок, взірцевий примірник чогось;
- б) тип, марка конструкції;
- в) те, що є матеріалом, натурою для відтворення;
- г) зразок, з якого знімається форма для відливання в іншому матеріалі;
- д) комп'ютерна модель,
- е) розрахункова модель,
- ж) теоретична модель (процесу, конструкції тощо).

Наприклад, модель – опис об'єкта (предмета, явища або процесу) на якій-небудь формалізованій мові, складений з метою вивчення його властивостей. Такий опис особливий корисний у випадках, коли дослідження самого об'єкта ускладнене або фізично неможливе.

Найчастіше в ролі моделі виступає інший матеріальний або уявний об'єкт, що замінює в процесі дослідження об'єкт-оригінал. Процес побудови моделі називається моделюванням. Таким чином, модель виступає як своєрідний інструмент для пізнання, який дослідник ставить між собою і об'єктом, і за допомогою якого вивчає об'єкт, що його цікавить.

Макетна модель – це реально існуюча модель, що відтворює модельовану систему у деякому масштабі

Математична модель – система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище.

При одержанні математичної моделі використовують загальні закони природознавства, спеціальні закони конкретних наук, результати пасивних та активних експериментів, імітаційне моделювання за допомогою ЕОМ. Математична модель дозволяє передбачити хід процесу, розрахувати цільову функцію (вихідні параметри процесу), керувати процесом, проектувати системи з бажаними характеристиками.

Для створення математичних моделей можна використовувати будь які математичні засоби – мову диференціальних або інтегральних рівнянь, теорії множин, абстрактної алгебри, математичну логіку, теорії ймовірностей та інші. Процес створення математичної моделі називається математичним моделюванням. Це найзагальніший та найчастіше використаний в науці, зокрема, в кібернетиці, метод досліджень.

Якщо відношення задаються аналітично, то їх можна розв'язати в замкнутому вигляді (явно) відносно шуканих змінних як функції від параметрів моделі, або в частково замкнутому вигляді (неявно), коли шукані змінні залежать від одного або багатьох параметрів моделі. До моделей цього класу належать диференціальні, інтегральні, різницеві рівняння, ймовірнісні моделі, моделі математичного програмування та інші.

Якщо не можна здобути точний розв'язок математичної моделі, використовуються чисельні (обчислювальні) методи або інші види моделювання.

У залежності від того, якими є параметри системи та зовнішні збурення математичні моделі можуть бути детермінованими та стохастичними. Останні мають особливо важливе значення при дослідженні і проектуванні великих систем зі складними зв'язками і властивостями, які важко врахувати. Математичний опис неперервного процесу (напр., диференціальними рівняннями) являє собою неперервну математичну модель

Якщо ж математична модель описує стан системи тільки для дискретних значень незалежної змінної і нехтує характером процесів, які протікають у проміжках між ними, то така модель є дискретною (тут важливим є вибір кроку

дискретності, від якого залежить точність опису реального об'єкта його математична модель). Якщо параметри об'єкта, для якого розробляють Математичної моделі, можна вважати незалежними від часу, то така система описується стаціонарною моделлю, характерна особливість якої – постійні коефіцієнти. У протилежному випадку математична модель є нестаціонарною.

Дискретна модель – математична чи імітаційна модель, змінні якої приймають тільки дискретні значення, тобто змінюються від одного значення до іншого і не приймають проміжних значень (наприклад, модель, що прогнозує рівні запасів організації, ґрунтуючись на відвантаженнях, які змінюються, і платежах). Протилежність: неперервна модель.

Алгебраїчна система (алгебраїчна структура) – в математиці це не порожня множина з заданим на ній набором операцій та відношень, що задовольняють деякій системі аксіом.

Основним завданням абстрактної алгебри є вивчення властивостей аксіоматично заданих алгебраїчних систем.

Формально: об'єкт $\langle A; \Omega_F; \Omega_R \rangle$, де:

- A — не порожня множина,
- Ω_F — множина алгебраїчних операцій визначених на A ,
- Ω_R — множина відношень визначених на A .

Множина A називається **носієм** алгебраїчної системи.

Множини Ω_F, Ω_R називається **сигнатурою** алгебраїчної системи.

Якщо алгебраїчна система не містить операцій, вона називається моделлю, якщо не містить відношень, то – алгеброю.

Якщо не розглядають ніяких аксіом, яким мають задовольняти операції, то алгебраїчна система називається універсальною алгеброю заданої сигнатури Ω_F

Концептуальна модель має такі ознаки:

1. Формулювання змістовного і внутрішнього представлення, що поєднує концепцію користувача і розробника моделі. Вона включає в явному виді логіку, алгоритми, припущення й обмеження.

2. Абстрактна модель, яка виявляє причинно-наслідкові зв'язки, властиві досліджуваному об'єкту в межах, визначених цілями дослідження. По суті, це формальний опис об'єкта моделювання, який відображає концепцію (погляд) дослідника на проблему.

Аналітична модель – один з класів математичного моделювання.

Перевагою аналітичної моделі є те, що розв'язки можна аналізувати математичними методами. Недоліком аналітичних моделей є спрощення реальних ситуацій з метою отримання аналітичних розв'язків.

В економіці - модель, що складається з системи розв'язних рівнянь, наприклад, система розв'язних рівнянь, що представляють закони попиту та пропозиції на світовому ринку.

Українська Вікіпедія так визначає бізнес-процес ([англ.](#) *Business Process*) – це будь-яка діяльність, що має вхідний продукт, додає вартість до нього, та забезпечує вихідний продукт для внутрішнього або зовнішнього споживача.

Наприклад, видобуток вугілля в якості вхідного продукту має шахту або кар'єр, транспортні засоби, збагачувальну фабрику, завдяки праці додає до собівартості вугілля вартість і відвантажує для зовнішнього споживача.

Термін «моделювання бізнес-процесів» сам по собі був придуманий у 1960-ті роки в галузі інженерних систем. С. Вільямс в 1967 «Моделювання бізнес-процесів покращує адміністративний контроль» («Business Process Modeling Improves Administrative Control»). Його ідея полягала в тому, що методи для отримання більш глибокого розуміння фізичних систем управління можуть бути використані аналогічним чином для бізнес-процесів.

У 1990-х років термін «процес» набув нової парадигми. Нові методики, такі як реорганізація бізнес-процесів, впровадження інноваційних бізнес-процесів, управління бізнес-процесами, комплексне бізнес-планування спрямовані на вдосконалення процесів у всіх традиційних функціях, які утворюють компанію.

Моделювання бізнес-процесів лягли в основу нових методик, що, наприклад, також підтримує збір даних, аналіз потоку, діаграми процесів та

звітності. Близько 1995 були представлені перші програмні візуально-орієнтовані інструменти для моделювання і впровадження бізнес-процесів.

Моделювання бізнес-процесів відіграє величезну роль в управлінні бізнес-процесами. Необхідно відзначити, що в англійському перекладі обидва види діяльності мають однакову аббревіатуру BPM (Business Process Modeling та Business Process Management, відповідно), що часто призводить до плутанини. Цей факт необхідно враховувати, тому що більшість літератури з даного предмету видано англійською мовою.

Існують три види бізнес-процесів:

1. **процеси управління** – бізнес-процеси, які управляють функціонуванням системи. Прикладом керувального процесу може служити корпоративне управління та стратегічний менеджмент.

2. **основні** – бізнес-процеси, які складають основний бізнес компанії і створюють основний потік доходів. Прикладами операційних бізнес-процесів є постачання, виробництво, маркетинг та збут.

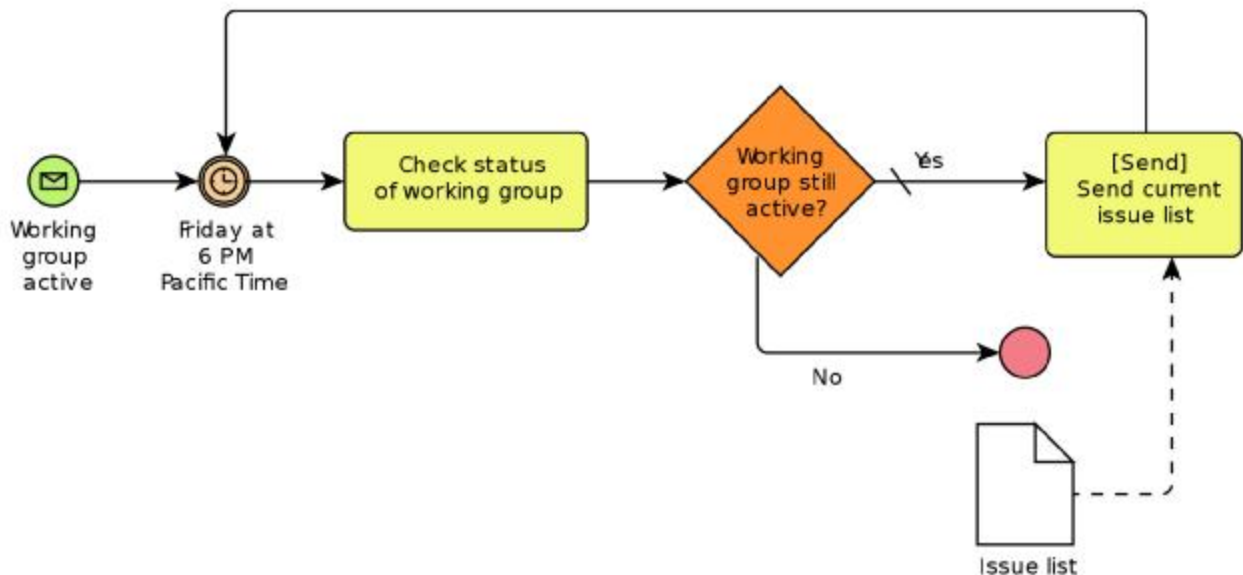
3. **забезпечувальні** – бізнес-процеси, які обслуговують основний бізнес. Наприклад, бухгалтерський облік, кадрове, інформаційне забезпечення.

Бізнес-процес починається з попиту споживача і закінчується його задоволенням.

Бажання автоматизувати бізнес-процеси викликало появу нового предмету: **Моделювання бізнес-процесів** (Business process modeling – BPM).

Згідно Вікіпедії, це формалізований, виконаний за певними правилами опис послідовності дій фахівців у формі логічних блок-схем, що визначають вибір подальших дій, виходячи з ситуативного факту. Наприклад: «якщо всі документи для формування страхового акту є в наявності, то формуємо цей документ. Якщо немає, то вживаємо заходів для отримання документів, яких не вистачає». У моделі бізнес-процесів певні послідовності окремих дій об'єднуються у відповідні процедури і сценарії бізнес-процесів. Описується взаємодія фахівців різних підрозділів в рамках одного бізнес-процесу.

Моделювання бізнес-процесів – це покрокове відображення (як правило, графічне) діяльності підприємства з тим, щоб в подальшому дані процеси можна було аналізувати і вдосконалювати. На рисунку нижче надано приклад такого відображення.



Метою моделювання бізнес-процесів як правило є:

- Документація бізнесу компанії
 - Для отримання знання про бізнес
 - Формування карти підрозділів
 - Переведення бізнесу в інші місця
 - Для задоволення потреб бізнес-партнерів або об'єднань (наприклад, з метою сертифікації)
 - Для навчання співробітників (передачі знань)
 - Для впровадження (підтримки системи менеджменту якості) та екологічного менеджменту
- Підготовка бізнес-процесів (який зазвичай починається з аналізу фактичного стану)
 - З метою впровадження нових організаційних структур
 - Впровадження Аутсорсингу
- Підготовка і автоматизації IT-підтримки бізнес систем

- Визначення показників процесу
- Бенчмаркінг (процес пошуку стандартного чи еталонного економічно ефективнішого підприємства-конкурента з метою порівняння із власним та переймання його найкращих методів роботи.)
- Найкраща практика (спосіб чи метод реалізації бізнес-процесів, який вважається найкращим серед усіх інших відомих методів.)
- Організаційні зміни
 - При підготовці до продажу бізнесу
 - При підготовці до інтеграції компаній або їх частин
 - Введення або зміна ІТ-систем та/або організаційних структур
- Участь у конкурсах (наприклад, Європейський фонд управління якістю)
- Удосконалення внутрішніх процесів.

Ці методи описані у першому розділі.

Але графічна форма моделювання бізнес-процесів не є повним набором методів. Тому, у другому розділі подано методи моделювання із застосуванням чіткої та нечіткої логіки, моделювання періодичних процесів та методу Монте-Карло.

В обох розділах подано індивідуальні завдання, які студенти мають виконати і здати в електронному вигляді як звіти з логічних міркувань щодо поданих на їх розсуд тверджень. Ці звіти можуть бути в форматах TXT, DOC, DOCX, ODT.

Також звіти мають містити графіки бізнес-процесів в умовних позначеннях BPMN, кодах MatLab для режиму Fuzzy Logic, тощо.

Статистичні розрахунки потрібно виконувати із застосуванням електронних таблиць Excel або Calc і представляти у відповідних форматах XLS, XLSX або ODS. Розрахунки потрібно супроводжувати поясненнями та висновками.

Індивідуальні завдання оформляються як документ, який подається в електронному вигляді, вміщеним на компакт-диск, вкладений у файл з титульним листом, що оформлюється згідно прикладу, поданому нижче.

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Кафедра економіки та економічної кібернетики

ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ
«МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ»

Розроби(ла)в ст. гр. 051-21-1 Косач-Квітка Л.П.

Варіант № 5

Прийняв проф., д.т.н. Пістунов І.М.

Дніпро

2021

Кожне виконане завдання повинно містити опис задачі, початкові значення змінних, які обираються за номером по списку студентської групи, вирішення та висновки щодо отриманих результатів.

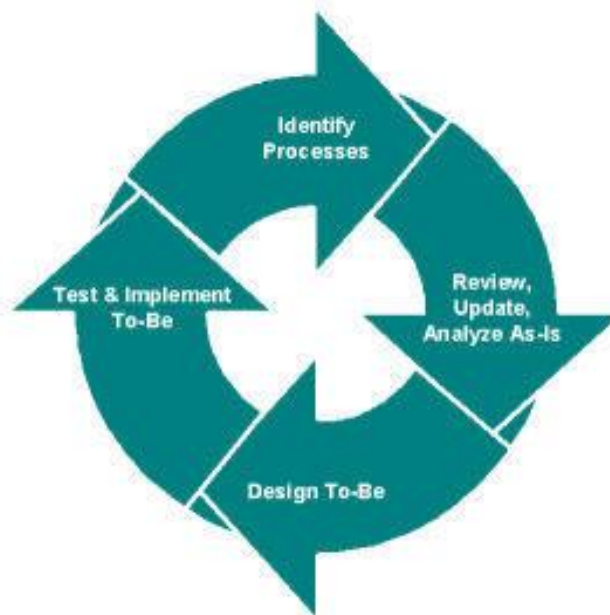
Розділ 1

ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

В розділі описано системи позначень блок-схем для обчислювальних процесів, систему символів BPMN, додаток Draw.io для автоматизації створення графічних схем.

Моделювання бізнес-процесів, як правило, здійснюється та використовується бізнес-аналітиками і менеджерами, які прагнуть підвищити ефективність процесу та їх якість. В великих компаніях без формалізації і опису бізнес-процесів складно забезпечити належний рівень виконавської і технологічної дисципліни. Формалізація і опис бізнес-процесів є ключовою умовою для їх автоматизації. Взаємозв'язана система бізнес-процесів зображає весь комплекс завдань і функцій структурних підрозділів, виконання яких необхідно забезпечити в процесі діяльності компанії. Моделювання бізнес-процесів дозволяє, незалежно від актуальної чисельності персоналу компанії, на будь-якому етапі її еволюційного розвитку, дозволяє закріпити ті або інші функції не тільки за конкретними структурними підрозділами, але і за конкретними фахівцями. В міру збільшення чисельності персоналу, створення нових структурних підрозділів можна гнучко перерозподіляти функції і завдання структурних підрозділів.

Графічний опис бізнес-процесів та їх імітація це методи аналізу бізнес-процесів, ефективність яких доведена багаторічною практикою використання та численними дослідженнями.



Business Process Reengineering Cycle

1.1. Цикл вдосконалення бізнес-процесу

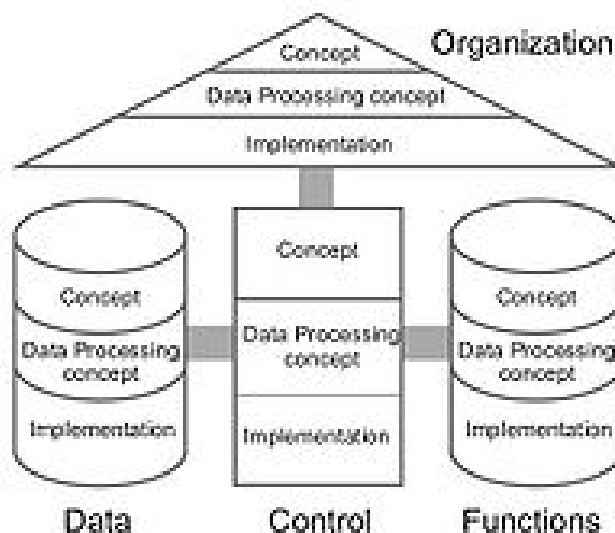


Рис. 1.2. Організаційна модель в нотації ARIS

На сьогодні найвідомішими мовами (нотаціями) графічного моделювання бізнес-процесів є UML, ARIS, IDEF (IDEF0, IDEF3 у програмній інтерпретації BPwin), BPMN.

Методи моделювання бізнес-процесів, таких як схема, функціональна блок-схема потоку, схема контролю, Діаграма Ганта, PERT-діаграми, і IDEF з'явилися з початку 20 століття. Діаграми Ганта були одними з перших в 1900 році, схеми в 1920 р. Функціональна блок-схема потоку і PERT в 1950-х, потоку

даних і діаграми IDEF в 1970-х. Серед сучасних методів уніфікована мова моделювання.

1.1. Блок-схеми обчислювального процесу

Створення графічного опису бізнес-процесів може видатися досить складним для початківців, тому спочатку потрібно засвоїти основні прийоми та символи складення блок-схем.

Блок-схема (англ. *block scheme, flowchart, block diagram, flow diagram*; нім. *Block-schema*) це:

1. Представлення алгоритму розв'язування або аналізу задачі за допомогою геометричних елементів (блоків), які позначають операції, потік, дані тощо.

Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

2. Схема машини, приладу, апарата, пристрою, в якій основні вузли (блоки), що утворюють її, зображено прямокутниками та іншими фігурами, а зв'язок між ними показано лініями зі стрілками.

У автоматичній функціональній схемі, або блок-схемі Системи Автоматичного Регулювання, складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

У другому варіанті схема зображаються більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

У таблиці 1.1. надано відомості щодо основних елементів блок-схем та способів їх використання.

Таблиця 1.1

Основні елементи схем алгоритму

Найменування	Позначення	Функція
Початок (кінець)		Елемент відображає вхід у зовнішнє середовище або вихід з нього (найчастіше застосування - початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.
Процес		Елемент відображає одну або кількох операцій, обробку даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції.
Умова		Елемент відображає обробку умови, рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента. Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається

Найменування Позначення

Функція

лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижньої). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижньої) елемента, яка потім розгалужується. Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Функція

(процедура)



Елемент відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

ввід/вивід



Елемент відображає перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи).

Цикл з
параметром



Елемент відображає заголовок циклу з параметром. У ньому через крапку з комою вказуються ім'я змінної (параметра) з початковим значенням, граничне значення параметра (або умова виконання циклу), крок зміни параметра.

Найменування Позначення

Функція

Межа циклу



Елемент складається з двох частин - відповідно, початок і кінець циклу – операції, що виконуються всередині циклу, розміщуються між ними. Умови циклу і збільшення записуються всередині символу початку або кінця циклу - в залежності від типу організації циклу. Часто для зображення на блок-схемі циклу замість цього символу використовують символ рішення, вказуючи в ньому умову, а одну з ліній виходу замикають вище в блок-схемі (перед операціями циклу).

З'єднувач



Елемент відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми. Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Коментар



Елемент використовується для детальнішої інформації про кроки, процесу або групи процесів. Опис поміщається з боку квадратної дужки і охоплюється нею по всій висоті.

Пунктирна лінія йде до описуваного елементу, або групи елементів (при цьому група виділяється замкнутою пунктирною лінією). Також символ коментаря слід використовувати в тих випадках, коли обсяг тексту в будь-якому іншому символі

Найменування Позначення

Функція

(наприклад, символ процесу, символ даних та ін) перевищує його обсяг.

Для прикладу розберемо побудову блок-схеми розрахунку масиву з 10 чисел за формулою $c_i = a^2 + b^i$.

Блок схема цього алгоритму, створена за допомогою додатку Draw.io, який буде описано нижче, наведена на рис. 1.3.

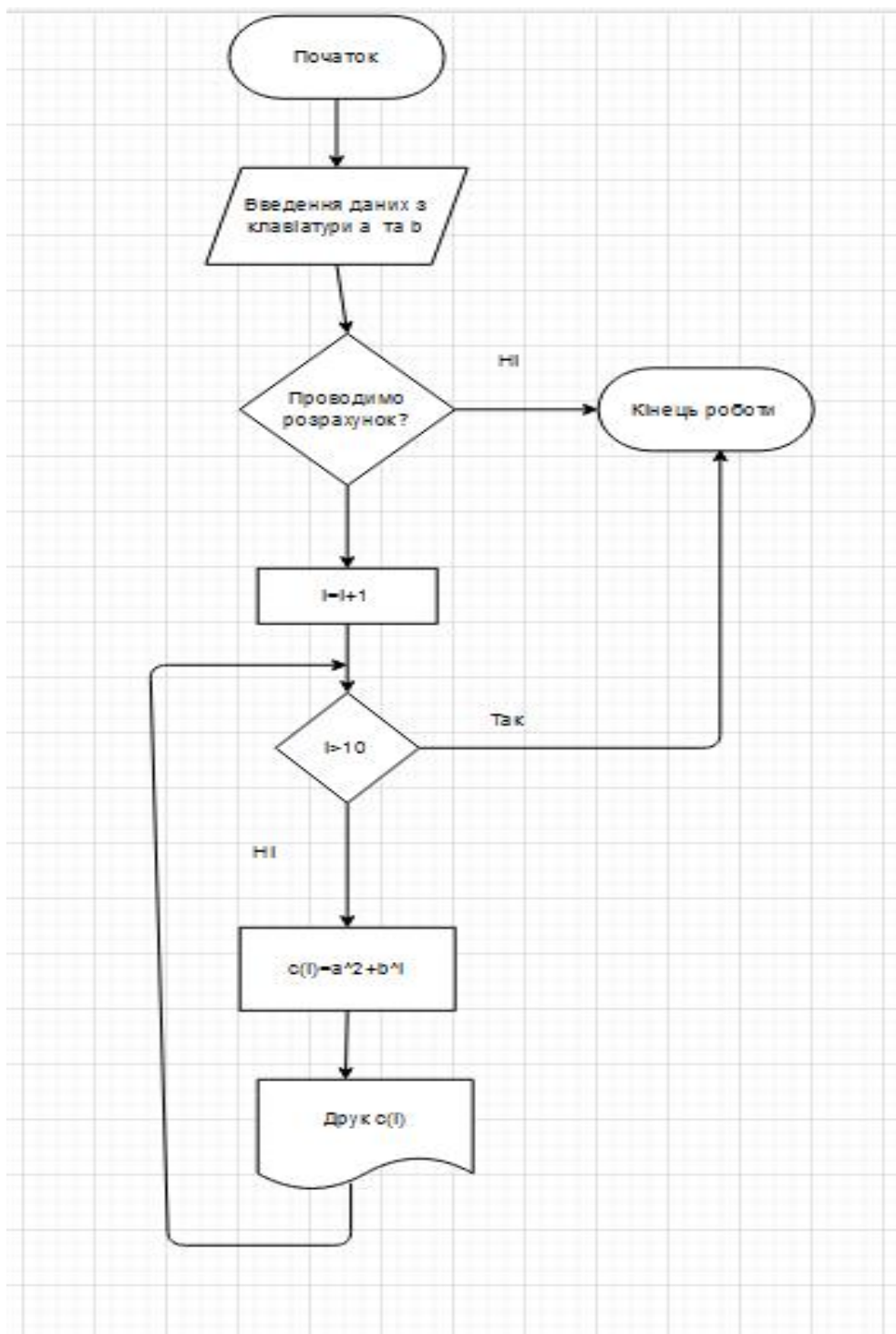


Рис. 1.3. Блок схема простого алгоритму розрахунку $c_i = a^2 + b^i$

1.2. Індивідуальне завдання №1

Тема: Створення блок-схеми обчислювального процесу

Мета: Навчитися складати блок-схеми обчислювального процесу

Завдання: Студенти обирають задачу згідно останньої цифри номеру залікової книжки. Створення блок-схеми можна робити на папері або із застосуванням додатку Draw.io.

Задача № 0. Банківська позика

Потрібно розрахувати вартість кредиту, тобто треба обчислити, скільки доведеться платити в місяць по позиції та скільки всього віддати грошей банку за весь період.

Місячна виплата по позиції обчислюється за такою формулою:

$$m = (s * p * (1 + p)^n) / (12 * ((1 + p)^n - 1)).$$

де:

m – розмір місячної виплати;

s – сума позики (кредиту) (№ залікової книжки);

p – відсоток банку, виражений в частках одиниці (тобто якщо 20%, то буде 0.2) (поточний рік-2000).

n – кількість років, на які береться позика (№ по списку у журналі).

Параметри s , p та n – вводяться користувачем.

Результат: m – розмір місячної виплати; sum – загальна сума за весь період.

Округлити неціле число до двох знаків після коми.

Задача № 1. Логічні оператори, булевий тип даних

Напишіть програму, що визначає:

- 1) який з двох введених рядків довший,
- 2) чи введено порожній рядок,

- 3) чи рядки однакові,
 - 4) яке з двох введених чисел більше,
 - 5) чи буде від'ємною сума введених чисел,
- за допомогою логічних функцій.

Користувачу подається запит, наприклад:

```
Введіть перший рядок: ty
Введіть другий рядок: kl;
Введіть перше число: 6.8
Введіть друге число: 8
-----
Перший рядок більший за другий: True
Числа не рівні: True
Перший рядок більший другого та числа не рівні: True
Сума чисел більше нуля АБО ні один з рядків не пустий: True
```

Задача № 2. Конкатенація і повторення рядків

Напишіть програму, в якій:

- 1) Користувач вводить два рядка та кількість повторів (Прізвище, Ім'я, По-
батькові) та шифр групи,
- 2) Надрукувати символ "*" задану кількість раз у вигляді:

```
      *
    * *
  * * *
* * * *
```

Задача № 3. Обмін значень змінних.

Обмін значень двох змінних – це "дія", в результаті якого одна змінна приймає значення, рівне другою змінною величиною, а друга – першої.

Вводяться дві змінні a і b . Наприклад, $a = 5$ і $b = 6$. В результаті обміну має стати $a = 6$ і $b = 5$. Друкується результат.

Задача № 4. Програма "Вгадай число"

Користувач загадує число від 1 до 5. Потрібно його відгадати, задавши якомога менше питань, і обмежитися тільки використання оператора розгалуження (зазвичай подібні завдання вирішують за допомогою циклу).

Щоб користувачеві задати менше питань, треба "розділити" діапазон чисел на дві по можливості рівні частини і визначити, в якій із них знаходиться шукане число.

Задача № 5. Програма "Розрахунки з умовами"

Вводяться 3 числа: A, B, C. Визначається їх ненегативність, інакше виводиться повідомлення щодо зупинки розрахунків. Визначається, яке із чисел найменше, яке найбільше і як по середині. Друкується інформація щодо цього.

Задача № 6. Визначити індекси елементів масиву (списку), значення яких належать заданому діапазону

Необхідно визначити індекси елементів списку, значення яких не менше заданого мінімуму і не більше заданого максимуму.

Нехай досліджуваний масив (список в Python) заповнюється випадковими числами в діапазоні від 0 до 99 (включно) і складається з 100 елементів.

Далі мінімум і максимум для пошуку значень задається користувачем.

Задача № 7. Робота з комплексом в Інтернеті

1. Вибрати статистичну інформацію згідно номеру студента за списком групи за якнайбільший період. Конкретну таблицю в групі даних обирати довільно.

2. Зберегти цю інформацію на диску у файлі.

3. Розрахувати середнє, дисперсію та стандарт для кожної колонки таблиці.
4. Розрахувати кореляційну матрицю зв'язку усіх колонок таблиці.
5. Представити кореляційну матрицю у вигляді графіку з точками.

Задача № 8. Робота зі списками

Заповніть список випадковими числами від 0 до N , де N – номер за списком у журналі ($N \geq 5$).

Потім:

- 1) Знайдіть найбільший елемент в списку.
- 2) Знайдіть найменший елемент в списку.
- 3) Знайдіть другий за величиною елемент у списку.
- 4) Знайдіть кількість елементів списку, рівних найбільшому.

Задача № 9. Робота з списками

Програма сортування від меншого до більшого чисел у масиві, розміром N . У масиві порівнюються 2 сусідніх числа і якщо ліве більше правого, вони переставляються місцями.

1.3. Системи умовних позначень для моделювання бізнес-процесів

Таких систем існує декілька, але ми розберемо тільки дві із них, одну – детально. Це BPMN.

1.3.1. Система умовних позначень BPMN

Модель та нотація бізнес-процесів є стандартом для моделювання бізнес-процесів що надає графічну нотацію для визначення бізнес-процесу у вигляді "Діаграми бізнес-процесу" (Business Process Diagram, BPD). Така діаграма ґрунтується на представленні бізнес-процесу у вигляді блок-схеми, що семантично схожа на діаграму діяльності.

Метою BPMN є підтримка моделювання та управління бізнес-процесами. При чому єдина модель бізнес-процесу повинна бути зрозумілою для всіх користувачів (зацікавлених осіб). Тим не менше, нотація дає можливість визначати складну семантику бізнес-процесів. Для спрощення розуміння та використання стандарту пропонуються розбити елементи нотації на два рівні: базових елементів нотації та елементи, що дають можливість визначити всі (технічні) деталі бізнес-процесу.

BPMN (англ. *Business Process Model and Notation*, *модель та нотація бізнес-процесів*) — система умовних позначень (нотація) для моделювання бізнес-процесів. Розроблена Business Process Management Initiative (BPMI) та підтримується Object Management Group після їх злиття в 2005 році. Остання версія BPMN — 2.0, що була прийнята у січні 2011 року

Модель та нотація бізнес-процесів є стандартом для моделювання бізнес-процесів що надає графічну нотацію для визначення бізнес-процесу у вигляді "Діаграми бізнес-процесу" (Business Process Diagram, BPD). Така діаграма ґрунтується на представленні бізнес-процесу у вигляді блок-схеми, що семантично схожа на діаграму діяльності.

Метою BPMN є підтримка моделювання та управління бізнес-процесами. При чому єдина модель бізнес-процесу повинна бути зрозумілою для всіх користувачів (зацікавлених осіб). Тим не менше, нотація дає можливість визначати складну семантику бізнес-процесів. Для спрощення розуміння та використання стандарту пропонуються розбити елементи нотації на два рівні: базових елементів нотації та елементи, що дають можливість визначити всі (технічні) деталі бізнес-процесу.

BPMN підтримує тільки набір концепцій, що необхідні для моделювання виключно бізнес-процесів. Моделювання інших аспектів бізнесу (підприємства) таких як дані, організаційну структуру чи інформаційні потоки не є предметом моделювання в BPMN. Тим не менше, в нотації BPMN передбачено можливість моделювання потоків даних та потоків повідомлень, а також асоціації даних та дій.

Моделювання з використанням BPMN виконується у вигляді діаграм, що складаються з різних елементів. Розрізняють чотири категорії елементів:

- Об'єкти потоку керування: дії, події та логічні оператори
- Поєднуючі елементи: потік керування, потік повідомлень та асоціації
- Ролі: пули та доріжки
- Артефакти: дані, групи та текстові анотації

Розберемо детальніше кожен категорію.

Дії та їх підмножини складаються з:

- **Задача** – одиниця роботи. Якщо задача є підпроцесом, то вона може бути деталізована.
- **Транзакція** – набір логічно пов'язаних дій. Для транзакції може бути визначений протокол виконання.
- **Подієвий підпроцес** розміщується всередині іншого процесу. Він починає виконуватися, якщо ініціюється його початкова подія. Подієвий підпроцес може переривати батьківський підпроцес або виконуватися паралельно з ним.

- **Викликаюча дія** є точкою входу для глобально визначеного підпроцесу, що повторно використовується в даному процесі.

Події

- **Проста**: нетипізована подія, зазвичай вказує на початок, зміну стану, чи завершення процесу.

- **Повідомлення**: Отримання і відправлення повідомлень.

- **Таймер**: циклічні події, моменти часу, часові періоди і тайм-аути.

- **Ескалація**: перенесення розгляду задачі на більш високий рівень організаційної ієрархії.

- **Умовна**: реакція на зміну бізнес-умов або інтеграція бізнес-правил.

- **Посилання**: пара відповідних посилань, що еквівалентна неперервному потоку керування.

- **Помилка**: генерація й обробка помилок заданого типу.

- **Скасування**: обробка скасування транзакції або ініціювання скасування.

- **Компенсація**: обробка або ініціювання компенсації.

- **Сигнал**: передається між процесами та може оброблятися декількома одержувачами одночасно.

- **Складена**: обробка однієї події із багатьох або генерація всіх визначених подій.

- **Паралельна складена**: обробка всієї множини паралельних подій.

- **Зупинник**: викликає негайне припинення виконання процесу.

На рис. 1.4 показані основні елементи, що зображають дії.



Рис. 1.4. Зображення дій у BPMN

Логічні оператори в BPMN складніші за звичайний вибір у блок-схемах, оскільки у бізнес-процесах існує значно складніша система взаємодій різних осіб та методів роботи.

Ось перелік:

- **Оператор виключаючого АБО, такий, що керується даними**

При розгалуженні оператор активує один із вихідних потоків. При об'єднанні — очікує завершення одного вхідного потоку і активує вихідний потік.

- **Оператор виключаючого АБО, такий, що керується подіями**

Передує тільки обробляючим подіям або завданням отримання повідомлення. Виконується тільки той потік, де подія сталася раніше.

- **Оператор І**

При розгалуженні оператор активує всі вихідні потоки. При об'єднанні — очікує завершення всіх вхідних потоків і активує вихідний потік.

- **Оператор АБО**

При розгалуженні активує один або більше вихідних потоків. При об'єднанні всі запуснені вхідні потоки повинні бути завершені.

- **Складний оператор**

Моделює складні умови розгалуження та злиття.

- **Оператор виключного АБО, що керується подіями (створює новий екземпляр)**

Настання кожної події, яким передуює оператор, створює екземпляр процесу.

- **Оператор І, що керується подіями (створює новий екземпляр)**

Настання всіх подій, яким передуює оператор, створює екземпляр процесу.

На рис. 1.5. наведено приклади блоків, що описують логічні оператори.



Рис. 1.5. Логічні та умовні оператори

Потоки керування:

- **Потік керування** визначає порядок виконання дій.
- **Потік за умовчанням** визначає потік, що буде виконаний, якщо умови всіх інших потоків розгалуження невірні.
- **Умовний потік** визначає потік, що буде виконаний, якщо пов'язана з цим потоком умова вірна.

Ролі:

- **Пули (учасники) і доріжки** відображають розподіл обов'язків. Пул або доріжка позначає організацію, роль або систему. Доріжки дають змогу ієрархічно поділяти пули та інші доріжки.
- **Потік повідомлень** описує інформаційний потік між учасниками процесу. Потік повідомлень може приєднуватися до пулів, дій чи подій-повідомлень.
- **Порядок обміну повідомленнями** може бути заданий за допомогою потоку повідомлень і потоку керування.

Дані:

- **Вхідні дані** — це вхідний параметр процесу.
- **Вихідні дані** – результат виконання процесу (вихідний параметр). Під час виконання дії використовують вхідні дані та продукують вихідні дані.
- **Об'єкт даних** представляє інформацію, що оброблюється в ході процесу, наприклад документ або лист.

- **Колекція об'єктів** даних представляє групу об'єктів, що несуть інформацію, наприклад перелік замовлених товарів.
- **Сховище даних** — це об'єкт, який процес може використовувати для запису та вибірки даних, наприклад база даних. Сховище даних дає змогу зберігати дані після закінчення життєвого циклу екземпляра процесу.
- **Повідомлення** дає змогу явно продемонструвати передачу інформації в ході спілкування двох учасників. Біле повідомлення надсилається ініціатором спілкування, сіре — іншим учасником.

На рис. 16 подано основні графічні зображення вхідних та вихідних даних.



Рис. 1.6. Вхідні та вихідні дані у BPMN

Розберемо тепер порядок застосування цих символів.

BPMN Елементи Пул і Доріжка

Весь бізнес-процес складається з пулів: сукупності операцій + осіб, які ці операції виконують.

Наприклад, пулом виявиться весь набір дій щодо завантаження товару та відправлення його клієнту.

При цьому виділяють так звані "доріжки", з яких складається будь-пул. Для нашого прикладу однієї з доріжок стане оформлення документів, що стосуються

навантаження і відправлення товару, другий доріжкою - фізичне навантаження потрібної партії на автомобіль і поїздка автомобіля до клієнта. Обидві ці доріжки доповнюють одна одну, проходять паралельно, але в цілому служать виконанню одного і того ж етапу бізнес-процесу.

На рис. 1.7 – 1.8. наведено приклад цього поняття.

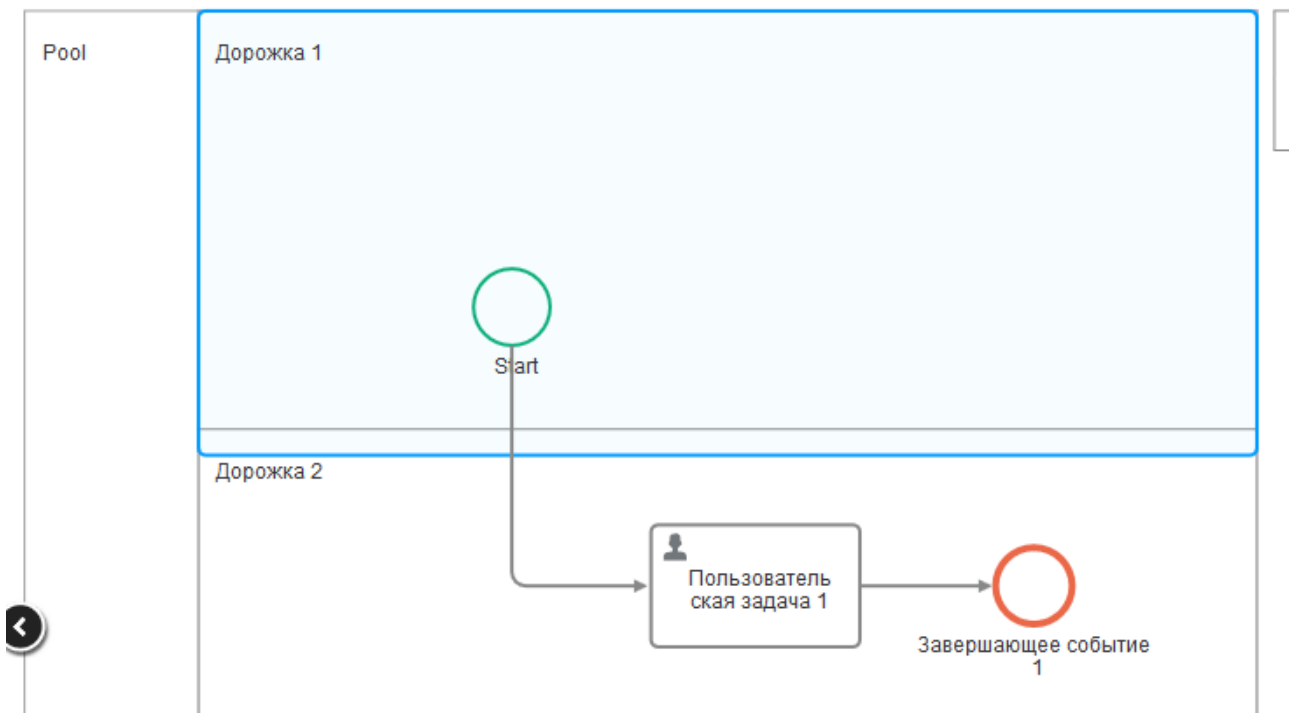


Рис. 1.7. Пул та доріжка

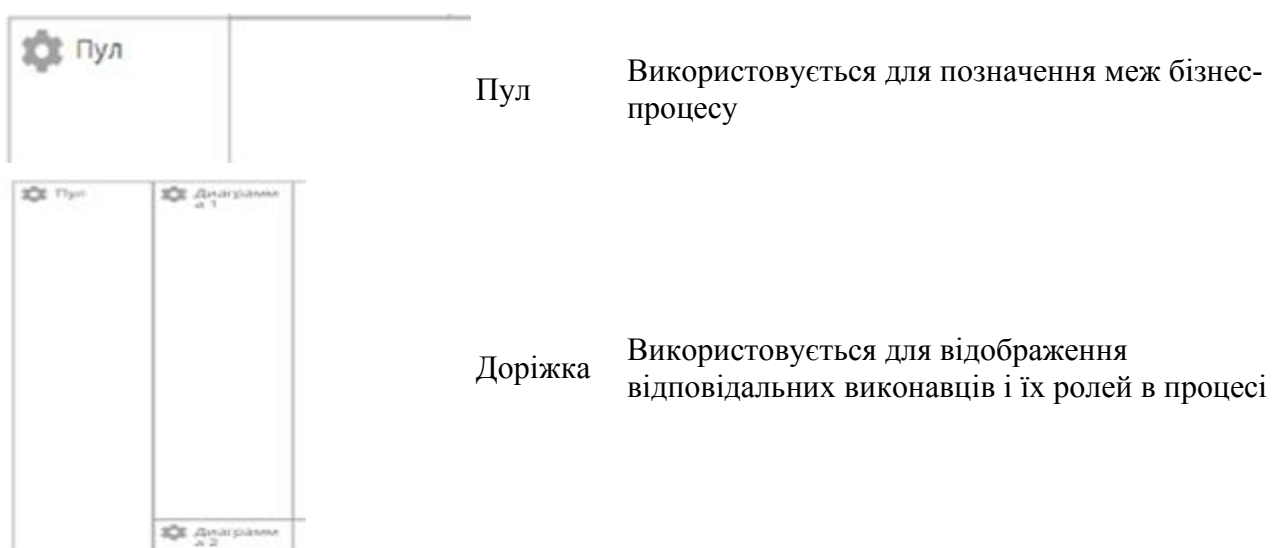


Рис. 1.8. Співвідношення понять пул та доріжка

ВРМН елемент "Дія"

Під "дією" розуміється одиниця роботи, що виконується в ході виконання бізнес-процесу. Дії можуть бути як елементарними (завдання / task), так і складовими (підпроцес / sub-process).

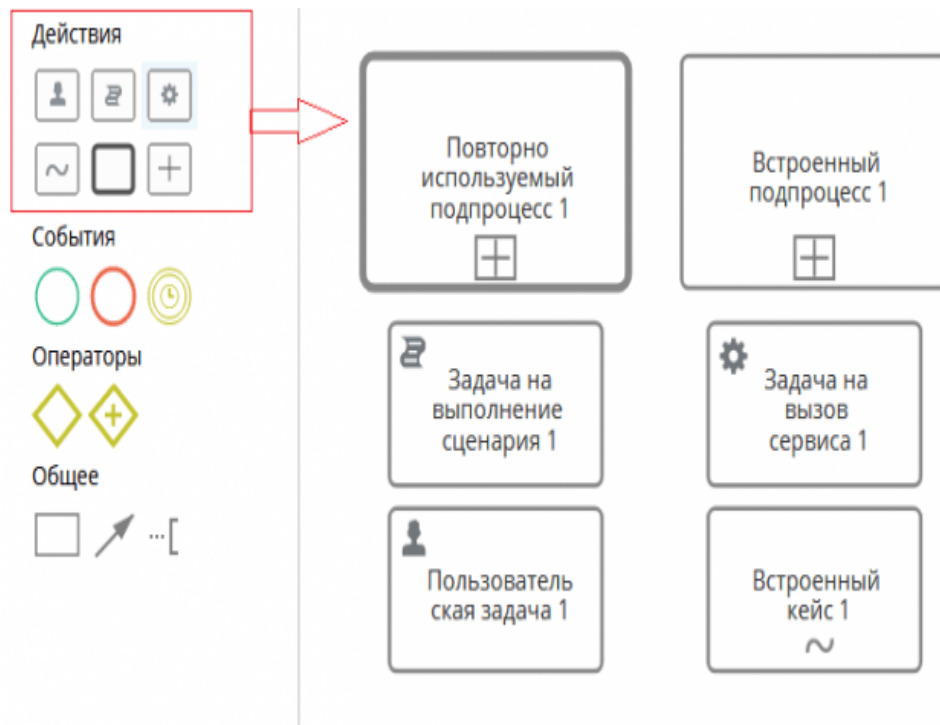


Рис. 1.9. Элементы типа «Дія»

Є кілька типів елементарних дій, які відрізняються умовами виконання:

Багаторазове виконання дії в рамках одного процесу. Наприклад, один і той же дію може виконуватися паралельно для кожного товару в замовленні клієнта.

Циклічне дію виконується багаторазово, поки заданий умова вірна.

ВРМН передбачає наступні графічні відображення для основних типів дій:



Абстрактна
задача

Використовується для позначення простого дії або операції, яка не має подальшої декомпозиції в рамках поточного бізнес-процесу..



Підпроцес

Використовується для відображення процесу, включеного до складу даного процесу. Підпроцес описаний більш детально на своїй діаграмі



Процес-
посилання

Використовується для позначення посилання на один з найбільш часто повторюваних процесів.

Тут варто зазначити, що сучасні BPM-системи часто пропонують більш широкий набір типів дій, ніж пропонує BPMN. Наприклад, в інструменті для моделювання бізнес-процесів в Comindware Business Application Platform ви знайдете графічні елементи для декількох типів елементарних дій, а також вбудованих кейсів:



Користувальницька
задача

Призначена для користувача завдання для користувача завдання Використовується для відображення завдання, яку виконує людина.



Завдання на
виконання
сценарію

Використовується для відображення кроку процесу, після досягнення якого автоматично виконується скрипт.



Завдання на
виклик сервісу

Використовується для ілюстрації кроку процесу, на якому викликається веб-служба або скрипт С #.



Вбудований кейс

Використовується для подання нестандартної задачі, яку курує відповідальною особою або групою осіб. Кейси використовуються, коли потрібно швидко організувати в рамках процесу неструктуровану або слабоструктуровану активність

ВРМН елементи "Розвилка" або "Шлюз"

Під шлюзами розуміються елементи, що визначають розгалуження і злиття потоків робіт.

ВРМН описує 7 типів розвилок. В якості основних виділяють 2 типи:



Шлюз «або»,
яке виключає

Використовується для створення альтернативних потоків процесу або сходяться потоків управління.



Паралельний
шлюз

Використовується для створення паралельних шляхів без оцінки якого б то не було умови або для сходяться потоків і синхронізації паралельних гілок виконання процесу..

Двох розвилок, описаних вище досить для побудови бізнес-процесів будь-якої складності. Решта типів розвилок, описаних в ВРМН, дозволяють будувати більш компактні схеми процесів, але цю перевагу багато експертів ставлять під сумнів, тому що, малоймовірно, що люди без спеціальної підготовки зрозуміють такі схеми.

Приклад використання шлюзу «або», що виключає, для створення альтернативних потоків процесу:

Етап 7. Дзвінок клієнта з метою оцінити якість обслуговування.

1. Якщо клієнт задоволений, фіксація позитивної оцінки, закриття бізнес-процесу.

2. Якщо клієнт незадоволений, з'ясування причини.



Подальша схема може сильно гілкуватися: якщо клієнт незадоволений доставкою, то потрібно зв'язатися з начальником цієї служби; а якщо якістю продукції, то наступним етапом буде передача претензії до відділу виробництва, або ескалація (підняття ієрархічного рівня) з метою донести відомості про таку претензії до більш високого керівництва.



Фактично, шлюзи є одними з найбільш відповідальних і складних етапів бізнес-процесів. Від того, наскільки грамотно будуть прописані всі умови і слідства за принципом "Якщо ... то", багато в чому залежить ефективність роботи всієї системи.

BPMN елемент "Подія"

"Подія" є одним з головних елементів BPMN і служить для опису того, що має статися (на відміну від завдання, коли щось має бути зроблено). Подією може бути, наприклад, підписання договору, або розмова з клієнтом.

Графічні елементи подій в BPMN класифікують двома способами:

Залежно від положення події на схемі процесу:



Початкова подія (ініціює бізнес-процес)



Проміжне подія



Кінцева подія (що закінчує бізнес-процес)

У випадку з доставкою товару початковим подією буде, очевидно, заявка клієнта. Або ж – дзвінок менеджера клієнта з пропозицією здійснити покупку. Кінцевою подією в такому ланцюжку стане факт доставки, підтверджений підписом клієнта.

За типом події класифікація наступна:



Проста подія Проста подія представляє не типізовану подію.



Подія-повідомлення

Подія-повідомлення Показує відправку або отримання повідомлення.



Подія-таймер

Використовується для моделювання регулярних подій. Також таймер може використовуватися для моделювання моментів часу, часових проміжків і перевищення ліміту часу.

Дуже часто початкові і кінцеві події є подіями-повідомленнями.

BPMN елементи "Потоки".

Потік – це послідовність дій, яка позначається стрілкою. Елемент "потік" показує яку дію після якого необхідно здійснити.



Потік управління

На стандартний потік керування не впливають умови і він не проходить через шлюзи, тобто є неконтрольованим.



Умовний потік управління

Використовується для того, щоб показати, що подальше виконання процесу буде відбуватися за певним потоку тільки в тому випадку, якщо буде виконано задана умова. Ромбик біля основи стрілки додається, якщо умовний потік управління є вихідним від процесу. Ромбик не додають, якщо умовний потік управління є вихідним від шлюзу.



Потік управління за замовчуванням

Використовується тоді, коли необхідно показати, що подальше виконання процесу буде відбуватися за певним потоку тільки якщо не виконується жодна з заданих умов.



Потік повідомлень

Використовується для відображення взаємодії між процесами - відображає передачу повідомлень або об'єктів з одного процесу в інший процес або зовнішнє посилення.



Асоціація

Застосовується для візуалізації зв'язку між елементами потоку і об'єктами, які не є елементами потоку (артефактами).

ВРМN елементи "Артефакт"

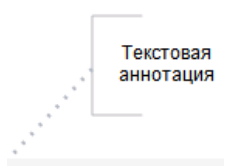
Під артефактами в ВРМN розуміють об'єкти, які не впливають на виконання бізнес-процесу безпосередньо. Це можуть бути документи, дані, інформація.

Основні види артефактів:



Група
об'єктів

Використовується для угруповання графічних елементів, що належать одній і тій же категорії і дозволяє підвищити простоту сприйняття діаграми.



Текстова
анотація

Застосовується для уточнень до діаграми - коментарів і пояснень, які збільшать читабельність діаграми.



Об'єкт
даних

Використовується для відображення інформації про дані, які обробляється в ході процесу.

Наведемо декілька прикладів створення схеми ВРМN для одного і того ж процесу – укладення контракту. Приклади наведено на рис. 1.10 -1.12.

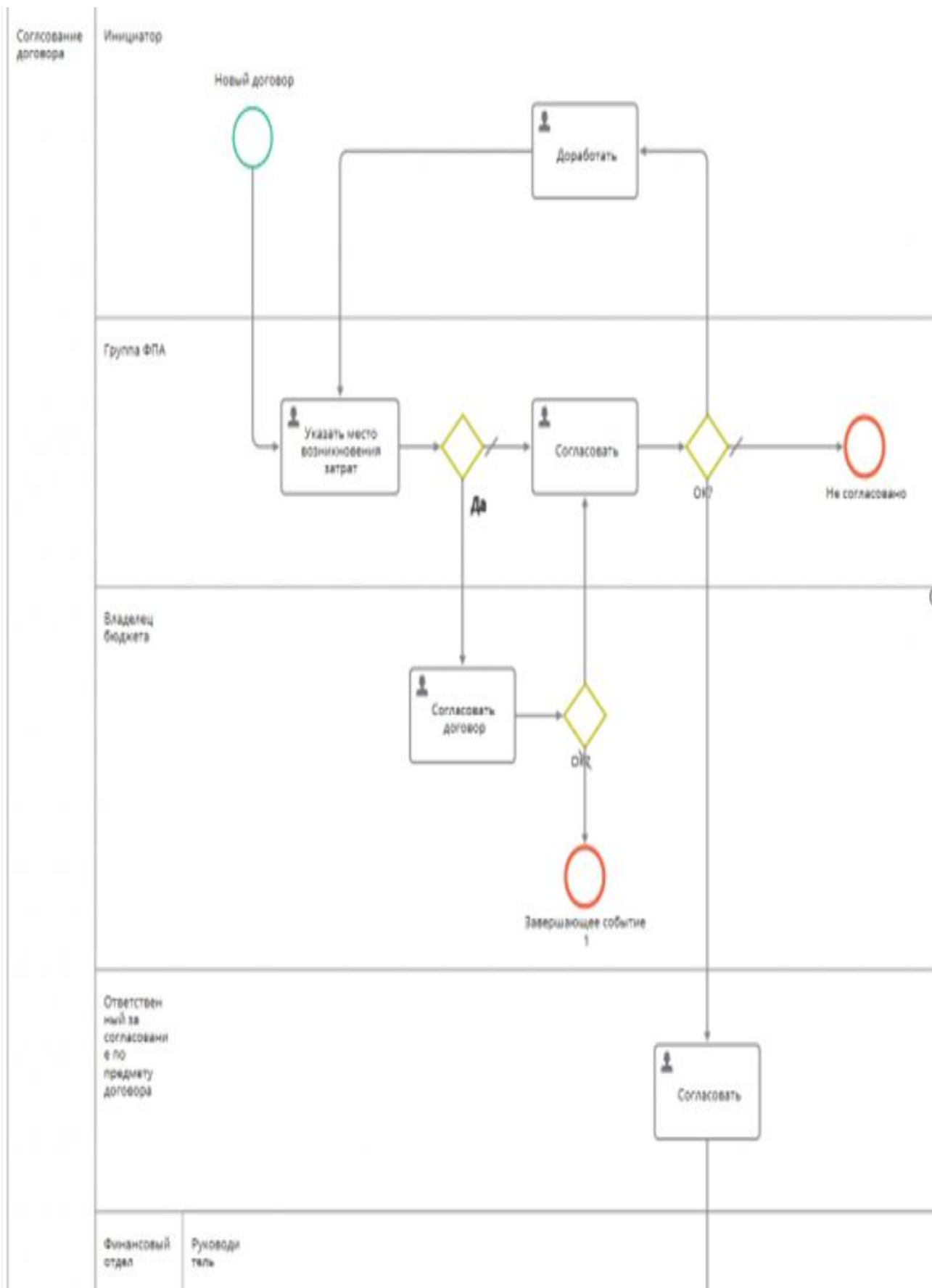


Рис. 1.10. Пример BPMN схемы согласования договора

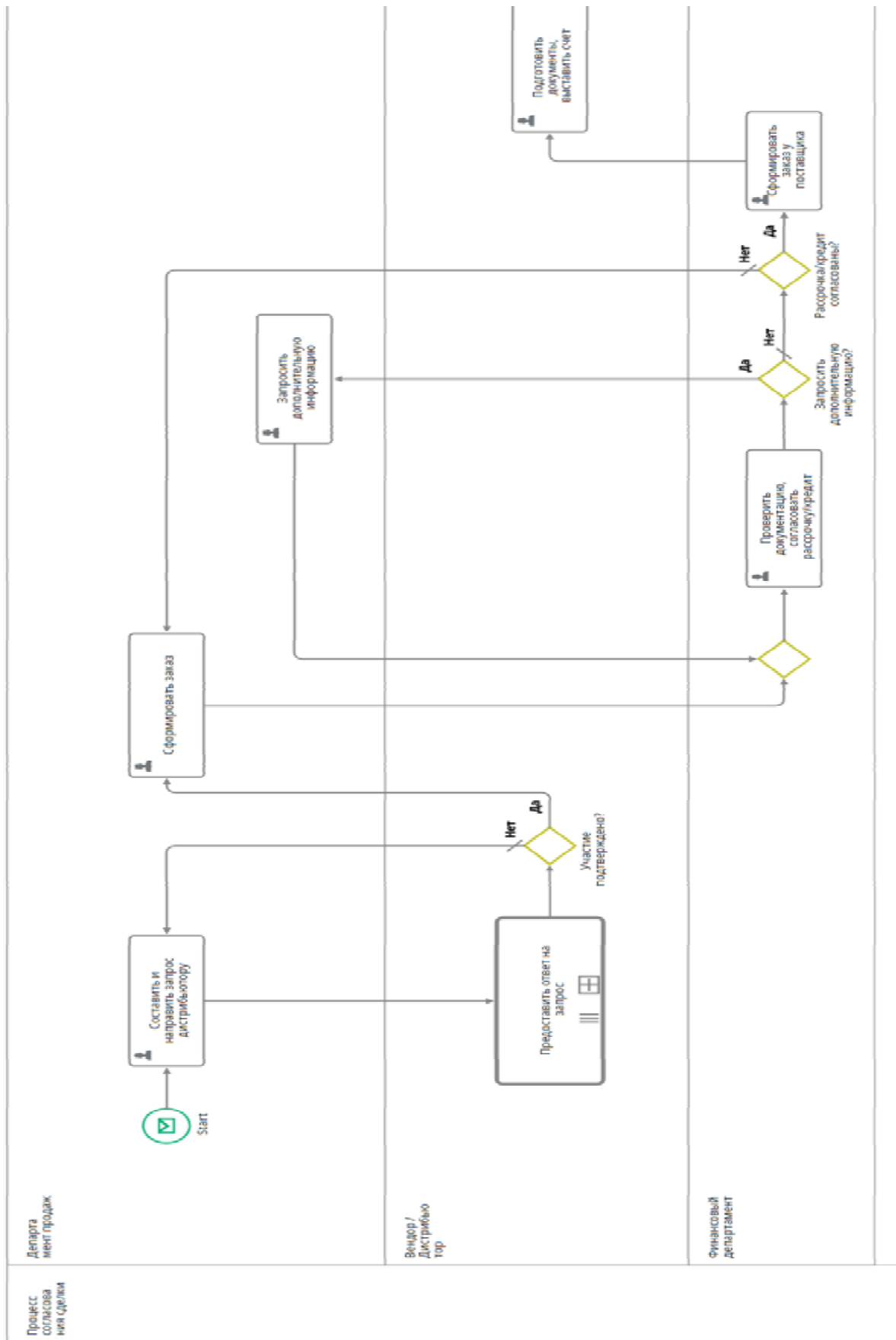


Рис. 1.11. Схема BPMN процессу урегулирования уговора

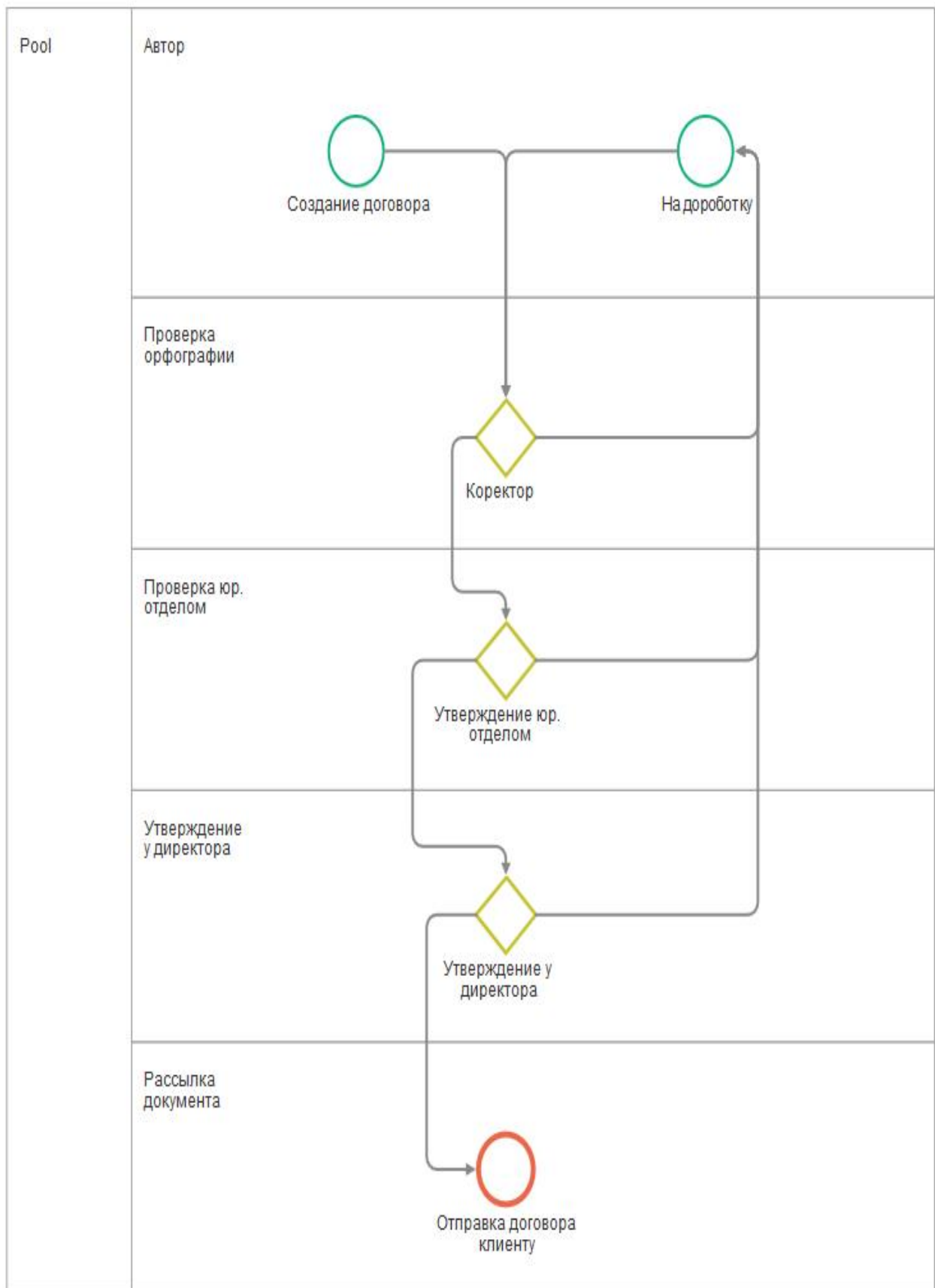


Рис. 1.12. Ще одна схема проходження затвердження угоди

1.3.2. Система позначень бізнес-процесів BPEL

BPEL, скорочення від **WS-BPEL** (англ. *Web Services Business Process Execution Language*) – стандарт OASIS, мова на основі XML для формального опису бізнес-процесів і протоколів їх взаємодії між собою. BPEL розширює модель взаємодії веб-служб і включає в цю модель підтримку транзакцій. Процеси експорту та імпорту інформації в BPEL відбуваються виключно за допомогою інтерфейсів веб-служб.

Вебслужба, *web service* (англ. *web service*) — програмна система, що ідентифікується URI, і публічні інтерфейси та прив'язки якої визначені та описані мовою XML. Опис цієї програмної системи може бути знайдено іншими програмними системами, які можуть взаємодіяти з нею відповідно до цього опису з використанням повідомлень, що базуються на XML та передаються за допомогою інтернет-протоколів.

Термін «вебслужба» введено організацією W3C і застосовується до багатьох різних систем, але в основному термін стосується клієнтів та серверів, що взаємодіють за допомогою повідомлень протоколу SOAP. В обох випадках припускається, що існує також опис доступних операцій у форматі WSDL. Хоча наявність цього опису не є вимогою SOAP, а радше передумовою для автоматичного генерування коду на платформах Java та .NET на стороні клієнта.

Стандарти, що використовуються вебслужбами

- XML: Розширювана мова розмітки, призначена для зберігання і передачі структурованих даних;
- SOAP: Протокол обміну повідомленнями на базі XML;
- WSDL: Мова опису зовнішніх інтерфейсів вебслужби на базі XML;
- UDDI: Універсальний інтерфейс розпізнавання опису та інтеграції (Universal Discovery, Description, and Integration). Каталог вебслужб і даних про компанії, що надаються вебслужби для загального користування або конкретним компаніям.

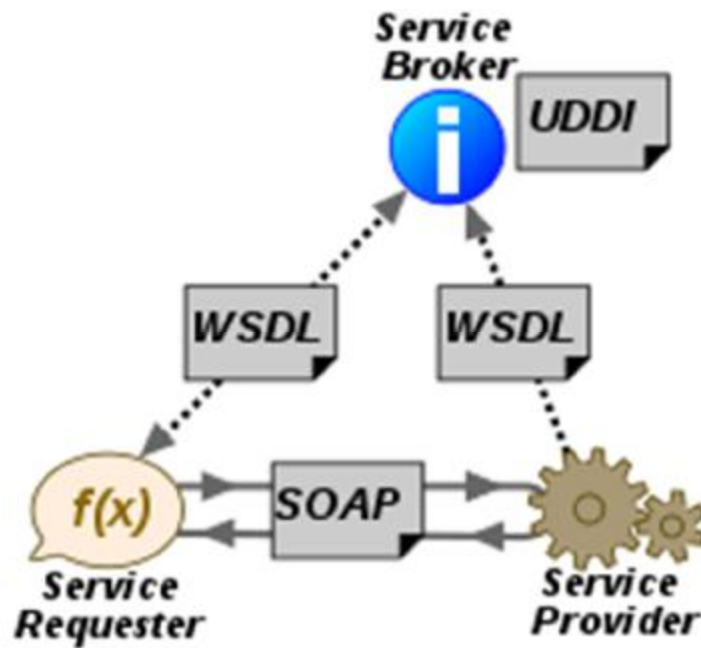


Рис. 1.13. Структура взаємозв'язку різних елементів BSPL

Переваги вебслужб

- Вебслужби забезпечують взаємодію програмних систем незалежно від платформи
- Вебслужби базуються на відкритих стандартах та протоколах. Завдяки використанню XML досягається простота розробки та відлагодження вебслужб
- Використання інтернет-протокола HTTP забезпечує взаємодію програмних систем через міжмережевий екран

Недоліки вебслужб

- Більш низька продуктивність у порівнянні з технологіями CORBA, DCOM за рахунок використання текстових XML повідомлень

Платформи

Веб сервіси розгортаються на серверах прикладних програм. Приклади серверів прикладних програм:

- Axis і Tomcat (обидва є проектами Apache).
- Mono development platform від Novell
- Microsoft .NET сервери від Microsoft

- Java Web Services Development Pack (JWS DP) від Sun Microsystems (оснований на Jakarta Tomcat)
- Zope є об'єктно орієнтованим сервером вебзастосунків, написаним на Python
- WebSphere Application Server від IBM (оснований на Apache і платформі J2EE)
- ColdFusion від Macromedia
- Cordys WS-AppServer
- infoRouter Document Management software Web Services API
- DotGnu від GNU Project
- JOnAS (є частиною ObjectWeb Open Source initiative)
- WebLogic від BEA Systems
- Web Application Server від SAP (Web AS є ключовою частиною стека SAP NetWeaver)
- Pramati Application Server від Pramati Technologies Limited
- OpenEdge Platform від Progress Software
- Oracle Application Server від Oracle Corporation
- Zend Framework — open source від Zend Technologies

BPEL є одним із засобів реалізації сервісно-орієнтованого підходу до створення додатків (SOA, англ. *Service Oriented Architecture*) – нової концепції створення інформаційних систем, повністю заснованої на відкритих стандартах і протоколах.

Для реалізації BPEL-процесу вводяться мовні конструкції:

- послідовності,
- дії (activities),
- виклики,
- призначення
- оператори умовної логіки – для виклику інших сервісів і організації їх спільної роботи.

Один із способів, за допомогою яких BPEL підтримує умовну логіку, необхідну для «оркестровки», зводиться до концепції **дій**. Дії реалізують логіку процесу і розділені на два класи:

- основні – описують елементарні кроки ходу процесу;
- структуровані — визначають логіку управління процесом і тому

можуть рекурсивно містити в собі інші елементарні і/або структуровані дії^[1].

Засоби, що підтримують BPEL, які називаються також засобами «оркестровки» додатків, присутні зараз в лінійках всіх провідних виробників програмних технологій. У лінійці IBM це WebSphere Business Integration Modeler, Microsoft пропонує BizTalk Server.

У лінійці Oracle – це Oracle BPEL-PM (BPEL Process Manager), створений на базі BPEL Server.

Продукт BPEL-PM включає в себе всі необхідні засоби підтримки BPEL, в тому числі графічний редактор моделювання процесів Oracle BPEL Manager Designer, сервер виконання, Oracle BPEL Process Manager Server, веб-інтерфейс моніторингу та управління Oracle BPEL Console і репозитарій сервера виконання на основі вбудованої бази даних Oracle Lite. При цьому Oracle BPEL-PM повністю заснований на відкритих стандартах і може бути розгорнутий на будь-якому J2EE-сумісному сервері додатків.

У поєднанні з можливостями управління бізнес-процесами та можливостями Oracle Application 10g Server, Oracle пропонує тепер повне інтеграційне рішення для побудови архітектури SOA, яке включає підтримку веб-сервісів, специфікації BPEL, технологію моніторингу бізнес-активності (Business Activity Monitoring), засоби моніторингу бізнес-процесів (Business Process Monitoring), а також і традиційні засоби інтеграції корпоративних додатків (Enterprise Application Integration, EAI).

Нова версія специфікації BPEL (Business Process Execution Language) дозволяє «переносити» бізнес-процеси, т. Е виконувати їх в системах, що базуються на BPEL-механізмах різних розробників.

Інтеграція різнорідних систем і додатків в комплексні бізнес-процеси завжди була нелегкою задачею. Web-сервіси з'явилися як засіб довести функціональність цих систем до всієї організації, але самі по собі вони не орієнтовані на потреби інтеграції і координації бізнес-процесів. Мова BPEL (інші назви - BPEL4WS і WS-BPEL) усуває це слабе місце, відображаючи модель того, як Web-сервіси оперують бізнес-процесами. Специфікація BPEL існує вже більше п'яти років, але підготавлювана до випуску нова специфікація WS-BPEL 2.0 містить істотні уточнення. У ній усуваються і виправляються безліч неоднозначностей і неясностей і закладається хороша основа для успішної роботи в майбутньому.

BPEL містить багато мовних конструкцій для роботи з Web-сервісів, включаючи обробку помилок, кореляцію подій і підтримку умовної логіки. Специфікація WS-BPEL 2.0 покращує і розширює ці мовні конструкції.

Незважаючи на це, перехід на версію 2.0 не буде безболісним. Стара і нова версії мають істотні синтаксичні та семантичні відмінності.

І на жаль, версія WS-BPEL 2.0 несумісна з попередньою. Крім того, в ній відсутні деякі ключові можливості, такі, як підтримка взаємодії між людьми і підтримка вкладених процесів (субпроцесів).

BPEL – це мова, яка використовується для управління комунікаціями між системами або бізнес-партнерами. Оскільки він призначений для опису процесів, то BPEL-процес може являти собою IT або бізнес-сценарій. BPEL-процеси зазвичай виконуються на великих часових інтервалах і використовуються для вирішення широкого кола завдань - від інтеграції систем до координування процесу узгодження фінансових відносин між діловими партнерами.

Початковий варіант специфікації, розроблений компаніями BEA Systems, IBM і Microsoft, отримав широку підтримку в галузі. Однак, коли інші розробники почали будувати продукти на базі цієї специфікації, проявилися її неоднозначності і прогалини. Для усунення цих недоліків постачальники, які реалізували виконують механізми BPEL (BPEL engines), розробляли відповідні розширення. Для продовження успішного розвитку BPEL, сприяння його

широкого визнання і включення в нього (як відкритих стандартів) розширень, запропонованих сторонніми розробниками, BEA, IBM і Microsoft в травні 2003 р надали специфікацію в організацію OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards). У відповідності зі своїми правилами OASIS привласнила специфікації найменування WS-BPEL. В результаті специфікація BPEL вже тоді на один крок віддалилась від статусу відкритого стандарту. В IT-співтоваристві у зв'язку з цією специфікацією існують різні очікування. Хо-тя специфікація WS-BPEL 2.0 в порівнянні з BPEL4WS 1.1 пропонує нові можливості і удосконалення, сфера її дії залишається незмінною.

Унікальні мовні конструкції, властиві BPEL, дозволяють помістити відповідну специфікацію на вершину ієрархії Web-сервісів OASIS і роблять її хорошим засобом для організації взаємодії сервісів, яка отримала назву «оркестровка». Значення BPEL зростає разом з широким розповсюдженням сервіс-орієнтованої архітектури SOA (Service-Oriented Architecture), оскільки вона вимагає оркестровки. Остання дозволяє організаціям визначати і перевизначати бізнес-процеси в режимі реального часу, створює таку необхідну організаціям гнучкість і є ключовою цінністю SOA.

Для реалізації оркестровки в BPEL-процес входять мовні конструкції - послідовності, дії (activities), виклики, призначення та оператори умовної логіки - для виклику інших сервісів і організації їх спільної роботи. Один із способів, за допомогою яких BPEL підтримує умовну логіку, необхідну для оркестровки, зводиться до концепції дій. Дії реалізують логіку процесу і розділені на два класи: основні і структуровані. Основні дії описують елементарні кроки ходу процесу, структуровані - визначають логіку управління процесом і тому можуть рекурсивно містити в собі інші елементарні і / або структуровані дії.

Специфікація WS-BPEL 2.0 містить нові дії і покращує майже всі вже існуючі; крім того, деякі існуючі дії в ній перейменовані. Завдяки введенню нових і вдосконалення ряду дотеперішніх механізмів розширення WS-BPEL 2.0 має дуже хороші перспективи. Фірмові удосконалення або розширення, реалізовані у виконавчому механізмі BPEL одного розробника, при спробі

експорту в інші BPEL-механізми будуть ігноруватися. Розробники зазвичай пропонують розширення з метою подолання недоліків специфікації

1.4. Опис програмних комплексів, які реалізують моделювання бізнес- процесів

1.4.1. Браузерна програма Draw.io

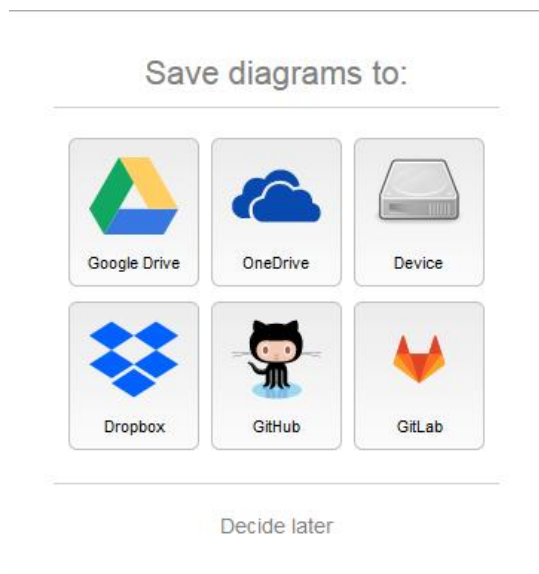
Великі й малі виробники програмного забезпечення пропонують безліч способів побудови блок-схем на комп'ютері. Всі інструменти працюють аналогічним чином – спочатку завантажується проект (за шаблоном або новий), створюються блоки, а потім вони об'єднуються, вибудовуючи певний алгоритм або послідовність дій і подій. Серед кращих програм для створення блок-схем — як платні, так і безкоштовні. Щоб вибрати відповідну саме для ваших потреб, варто ознайомитися з найпопулярнішими з них.

Draw.io – браузерна програма для малювання блок-схем. В цьому і її перевага – не потрібно нічого встановлювати. У повсякденному житті ми часто діємо відповідно до визначеного плану. Навіть при приготуванні вечері багато хто користується кулінарними рецептами. Інструкції, описані в них, – не що інше, як алгоритми. А для того щоб представити алгоритми в графічній формі, і використовуються блок-схеми, які ми можемо створити в draw.io. На додаток до вищезазначених схемами, інструмент також дає можливість розробляти різні типи діаграм — від загальноприйнятої, корисною в багатьох ситуаціях офісної роботи і бізнесу, до спеціалізованих, корисних, наприклад, в розробці програмного забезпечення.

Як і личить розширенню браузера, draw.io пропонує зберігання даних в хмарі. Незалежно від того, на якому пристрої ми працюємо, ми можемо продовжити раніше розпочату роботу або представити її результати в будь-який

зручний час. Для побудови блок-схем і збереження файлів в хмарі необхідно виконати наступне:

1. Відразу після запуску інструменту відображається вікно, в якому можна вибрати місце збереження створеної нами діаграми. У нас є Google Диск, Dropbox і OneDrive.



2. У тому ж вікні можна змінити мову програми. Для цього натисніть на значок планети і виберіть потрібну мову зі списку. Зміни будуть зроблені після оновлення сторінки. Якщо на цьому етапі ви не хочете вирішувати, де зберігати проект, просто виберіть варіант «Вирішити пізніше».

1. Після вибору місця зберігання блок-схеми пропонується можливість вибрати між запуском нового проекту і завантаженням вже існуючого.

2. При створенні блок-схем можна використовувати шаблони, які сортуються по тематиці в списку.

3. Після натискання на кнопку «Створити» з'явиться блок-схема, яка містить готові елементи. Всі вони доступні для редагування. Можна змінити їх розмір, перетягуючи маркери по краях, а також повертати — переміщаючи кнопку з круглою стрілкою.

4. Подвійне клацання лівою кнопкою миші на вибраному об'єкті дозволить додати до нього текст. Введений текст буде автоматично зіставлятися з кутом повороту об'єкта.

5. Текстові поля також можна додавати поза об'єктів — за допомогою подвійного клацання лівої кнопки миші або за допомогою комбінації клавіш Ctrl + Shift + X.

6. Якщо на діаграмі не вистачає необхідних елементів, їх можна додати з меню зліва. Обраний об'єкт додається клацанням по ньому або перетягуванням його в потрібне місце в області роботи.

7. Після вибору об'єкта можна надати йому правильний вид. Для цього використовується меню праворуч. Воно розділене на три вкладки, які відповідають різним аспектам відображення об'єкта.

Якщо жоден з доступних шаблонів не відповідає потребам, можна створити власну блок-схему. Для цього потрібно створити новий проект.

1. Щоб створити діаграму без допомоги шаблону, виберіть параметр «Порожня діаграма» з групи базових шаблонів.

2. Запущений проект не буде містити автоматично вставлених елементів. У ньому потрібно розмістити блоки самостійно — так само, як і при редагуванні існуючого шаблону. Щоб отримати доступ до більшої кількості елементів, які можна додати в проект, виберіть «Інші фігури» в меню зліва.

3. Відкриється вікно, в якому можна вибрати, які групи фігур будуть поміщені в бічне меню. Виберіть ваші групи. Вибрати додаткові фігури можна і при використанні проекту на основі шаблону.

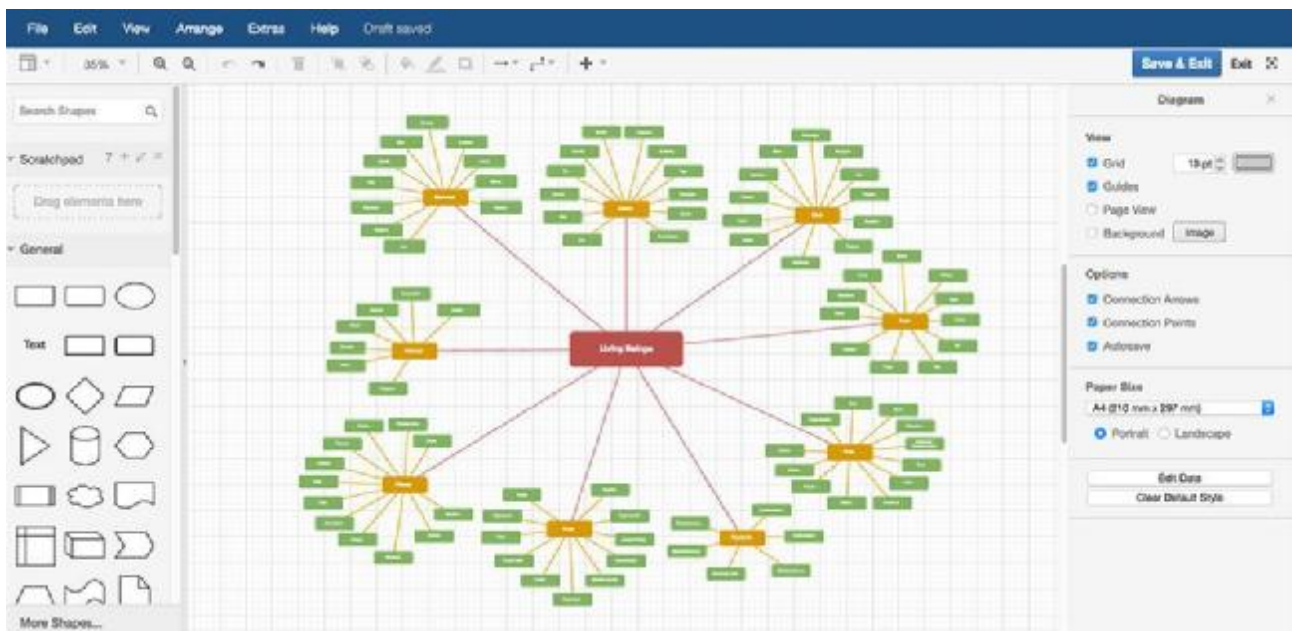
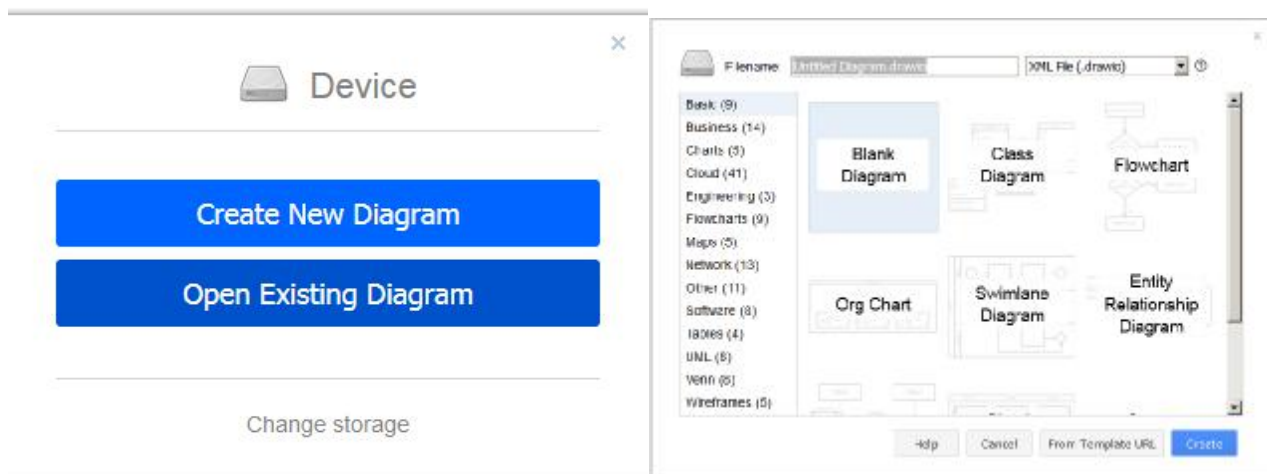


Рис. 1.14. Приклад роботи програми Draw.io

Об'єднання фігур:

1. При додаванні нового елементу його потрібно комбінувати з іншими. Навколо будуть відображатися характерні сині стрілки.
2. Клацання по стрілці скопіює обраний елемент і об'єднає оригінал з його копією тонкої стрілкою.
3. Якщо натиснути на стрілку і перетягнути курсор в інше місце, буде створена лінія, якої можна об'єднати обраний елемент з будь-яким іншим на блок-схемі.

Крім підтримки популярних хмарних сервісів, Draw.io також дає можливість зберігати діаграми на дисках наших комп'ютерів.



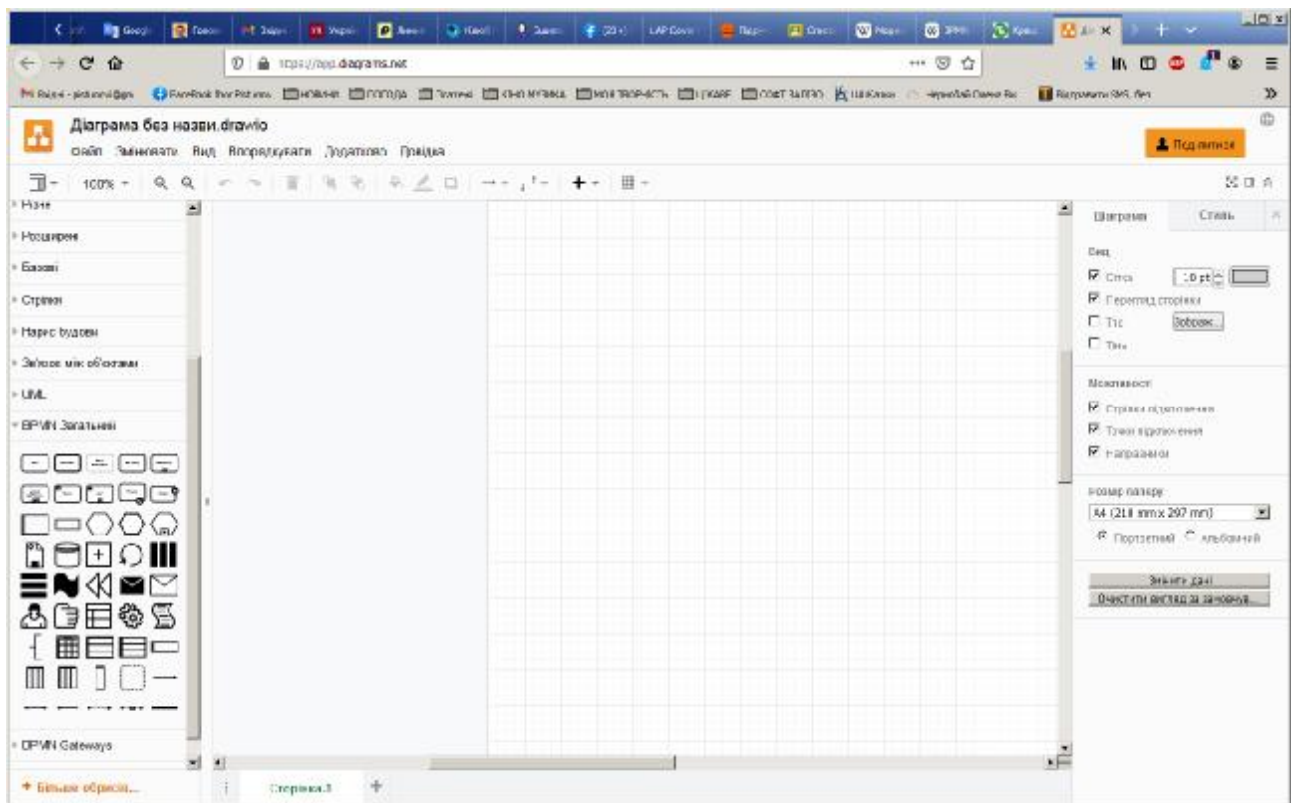


Рис. 1. 15. Порядок запуску програми

1.4.2 Програма Microsoft Visio

Microsoft Visio – це інструмент для людей, які для своєї роботи часто малюють діаграми і блок-схеми на комп'ютері. Тут представлений широкий вибір вбудованих формул. Ця програма допоможе створити привабливу презентацію у вигляді діаграм або блок-схем з великою кількістю інформації:

- форми і візерунки

У Microsoft Visio в розпорядженні надає цілий ряд різних форм, які діляться на групи, щоб полегшити їх пошук і підтримку загального порядку в схемі. Тут також є безліч шаблонів, які представляють собою набір форм і допомагають нам їх до креслення. Навчитися їх використовувати, підключати, відключати, ділитися фігурами і «приклеювати» до відповідних об'єктів досить просто — в інтернеті можна знайти будь-які інструкції по використанню, як відео, так і прості інструкції.

- шаблони

Шаблони дуже корисні при створенні діаграм. Є багато доступних груп шаблонів, і кожна з них при створенні діаграми робить певний процес наших дій більш послідовним. Щоб правильно їх використовувати, спочатку необхідно навчитися адаптувати шаблон до типу роботи.

- дані

Форми діаграми Visio можуть містити різні типи даних. Експорт даних із зовнішніх джерел, таких як Excel, Access, SQL Server або SharePoint, є двоетапним процесом, що складається безпосередньо з завантаження та перетворення даних в необхідний формат. Microsoft Visio використовується для створення всіх видів блок-схем, що дозволяє їх редагувати і адаптувати до наших потреб. Люди, знайомі з популярним офісним пакетом виробника вже через кілька хвилин зможуть освоїтися в інтерфейсі і управляти новими проектами і шаблонами.

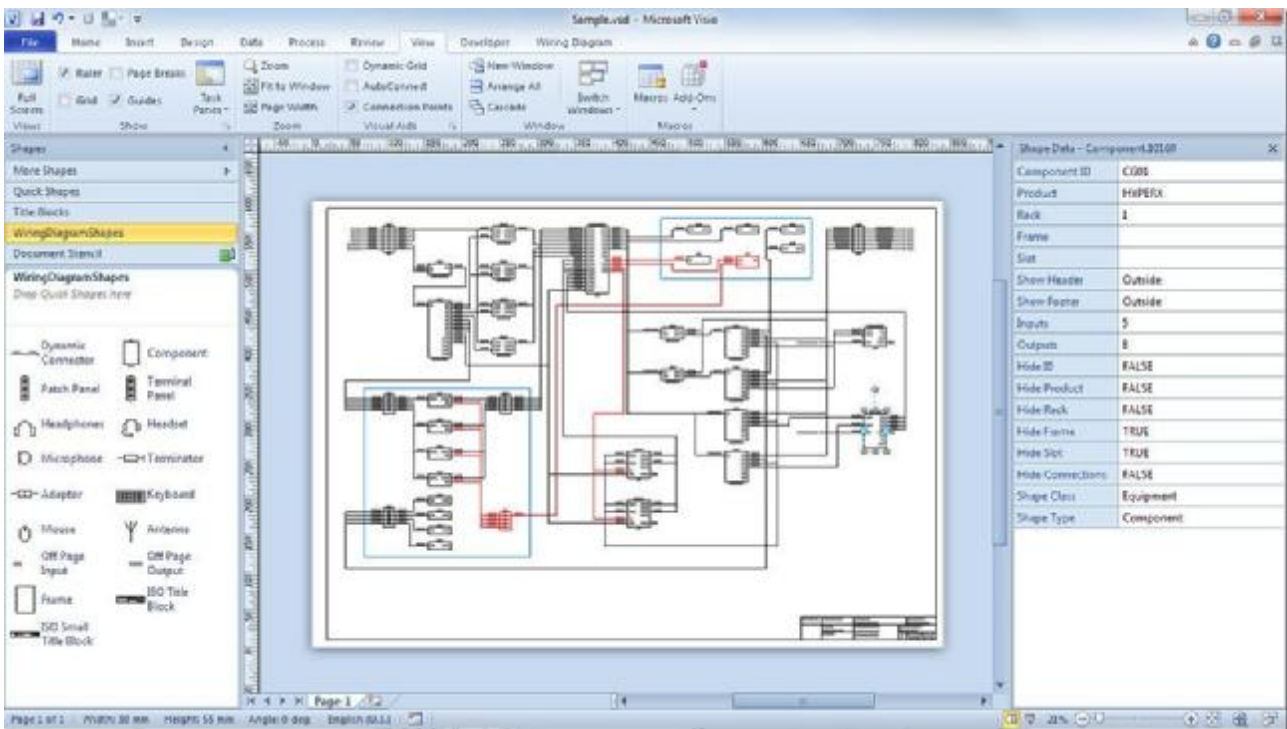


Рис 1.16. Приклад інтерфейсу програми Microsoft Visio

Версія Professional, в порівнянні зі стандартною, оснащена можливістю паралельного використання декількома користувачами, а також додатковими

варіантами редагування: нові форми, шаблони і підтримувані типи блок-схем. Бібліотека поповнена елементами, необхідними для побудови електронних планів приміщень, карт і діаграм, а також блок-схем, пов'язаних з програмним забезпеченням, базами даних і етапами процесу. Незалежно від типу обраного проекту, програма досить проста у використанні – всі функції доступні на стрічці.

1.4.3. Програма моделювання бізнес-процесів Dia

Dia – безкоштовна програма, яка може бути альтернативою Microsoft Visio і іншим подібним інструментам, коли потрібно швидко і якісно намалювати алгоритм у вигляді блок-схеми. Дозволяє створювати графічні презентації різних типів – блок-схеми, діаграми і графіки. Існує бібліотека шаблонів включає в себе універсальні символи UML (використовувані в об'єктному аналізі і об'єктно-орієнтованому програмуванні), а також символи для інших спеціалізацій – електрики, програмування, цивільного будівництва і т. д.

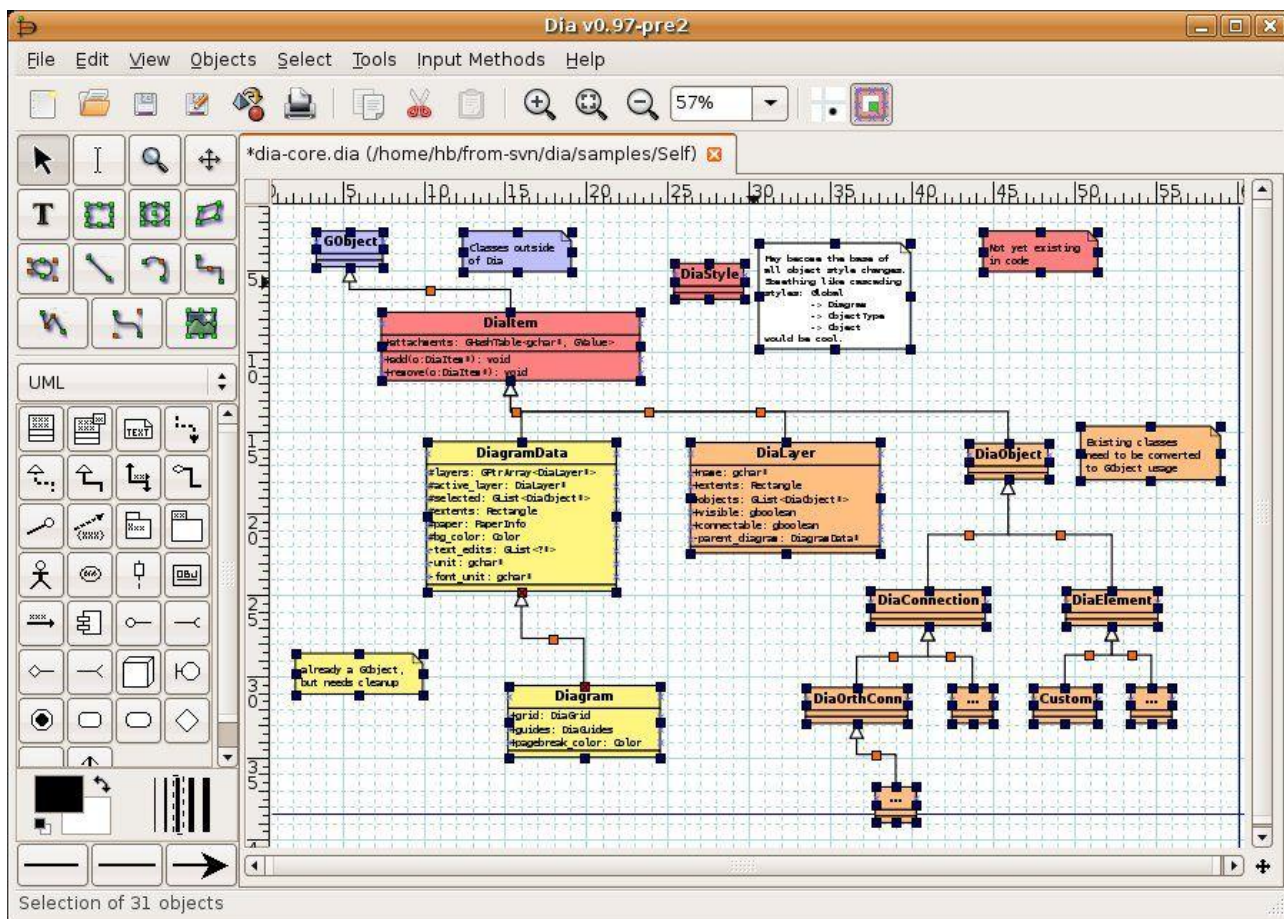


Рис. 1.16. Приклад інтерфейсу програми Dia

Програма використовує власний формат DIA на основі XML, а також дозволяє читати і зберігати документи у форматах DXF і SVG. На жаль, файли Visio VDX і VSX не підтримуються. Інтерфейс програми схожий на популярний GIMP, який є результатом використання тих же бібліотек GTK +.

В інтернеті є безліч аналогічних програм, який незначно відрізняється функціональністю. У більшості випадків головна відмінність – це вартість програми.

1.5. Індивідуальне завдання № 2

Тема: Створення схеми бізнес-процесу у символах BPMN.

Мета: Навчитися складати схеми бізнес-процесу із застосуванням додатку Draw.io.

Завдання:

1. Студенти обирають задачу згідно останньої цифри номеру залікової книжки.
2. За цим завданням створюється словесний опис бізнес-процесу. Цей опис затверджується керівником практичних занять.
3. Створення схеми виконується тільки у додатку Draw.io з достатньою кількістю коментарів.
4. Процес має бути розбитий на пули з визначенням рівня підпорядкування посадових осіб.
5. Варіанти завдань наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Варіанти бізнес-процесів

№ п/п	Об'єкт управління	Бізнес-процес
0	Відділ кадрів	Прийом на роботу нового співробітника
1	Відділ постачання	Пошук потрібних запчастин
2	Бухгалтерія	Нарахування заробітної платні
3	Відділ збуту	Пошук клієнтів для власної продукції.
4	Керівник	Прийняття рішень в умовах нестачі клієнтури
5	Керівник виробничого підрозділу	Прийняття рішення в умовах аварії на виробництві

№ п/п	Об'єкт управління	Бізнес-процес
6	Психолог	Вироблення узгоджених умов діяльності співробітників в умовах конфліктів
7	Декан	Розробка заходів при пропусках занять студентами
8	Фінансовий відділ	Залучення ресурсів в разі нестачі оборотних коштів.
9	Конструкторське бюро	Розробка нових і модифікація наявних продуктів

Контрольні запитання

1. Що таке блок-схема ?
2. Що таке схема бізнес-процесу?
3. Чим блок-схема обчислювального процесу відрізняється від схеми бізнес-процесу?
4. Опишіть структуру позначень BPMN.
5. Чим об'єкт відрізняється від процесу?
6. Як працювати з програмою Drow.io?
7. Для чого існує позначень BPML?
8. Що таке пул?

У розділі студенти вивчили поняття методології створення схематичних моделей обчислювальних процесів та бізнес-процесів. Ознайомилися з програмами, що автоматизують процес моделювання.

Розділ 2

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

В розділі наведено основні дані про моделювання. Показано важливість моделювання соціально-економічних систем бізнес-процесів.

Графічне моделювання бізнес-процесів не завжди дозволяє вирішувати всі проблеми, що постають перед управлінцями. У логістиці, зокрема, потрібні інші рішення, що дозволили б визначити статистичні характеристики керованих процесів. Також у випадку, коли бізнес-процес характеризується набором статистичних даних щодо значень параметрів цього процесу, потрібно мати готову формулу, що описує зв'язок вхідних факторів з вихідними.

Тоді на допомогу приходить математичне моделювання.

2.1. Математичне моделювання

Математичне моделювання – метод дослідження процесів або явищ шляхом створення їхніх математичних моделей, дослідження цих моделей.

В основу методу покладено ідентичність форми рівнянь і однозначність співвідношень між змінними в рівняннях оригіналу і моделі, тобто, їх аналогії. Математичні моделі досліджуються, як правило, із допомогою аналогових обчислювальних машин, цифрових обчислювальних машин, комп'ютерів.

На початку 60-их років XX сторіччя було розроблено один із методів математичного моделювання – квазіаналогове моделювання. Цей метод полягає в дослідженні не досліджуваного явища, а явища або процесу іншої фізичної природи, яке описується співвідношеннями, еквівалентними відносно отримуваних результатів.

Розрізняють *геометричне*. (*наочне*) *моделювання*, здійснюване на макетах або об'ємних моделях. Вони передають в наочній формі просторові властивості

об'єкту, його зовнішній вигляд, співвідношення і взаємозв'язок його частин. Такі, наприклад, модель, відтворююча форми літака, і макет мікрорайону.

Методами *фізичного моделювання* вивчають фізико-хімічні, технологічні, економічні процеси, що відбуваються в оригіналі. Раніше ці процеси вивчалися за допомогою аналогових пристроїв, придатних для моделювання різноманітних динамічних і статичних процесів. Але поява персональних комп'ютерів з сучасним математичним забезпеченням має величезні можливостями для моделювання поведінки складних систем (технічних, біологічних і економічних). Як правило, фізичне моделювання здійснюється на базі логіко-математичної моделі процесу, що вивчається, що грає роль проміжної ланки між об'єктом і його фізичною моделлю.

Фундаментальне значення у всіх областях науки і техніки має інформаційне моделювання. Як моделі тут використовуються схеми і графіки, креслення, а також символи, що формуються в слова, формули і рівняння. Ці матеріальні утворення можуть служити моделями лише у тому випадку, коли визначені допустимі для них операції перетворення і правила їх виконання. Найважливішу роль грає інформаційне моделювання, здійснюване засобами математичного і логічного апарату. Його називають логіко-математичним моделюванням. Використовувані при цьому символи (букви і цифри) і їх послідовності (формули, рівняння і нерівності) описують властивості оригіналу, що вивчаються, і є його логіко-математичною (або математичною) моделлю.

На рис. 2.1 наведено класифікацію прийомів та методів моделювання.

Аналіз економічних явищ, планування розвитку народного господарства, розробка ефективних методів управління, фізичне моделювання процесів в економічних системах і, нарешті, автоматизація планово-економічних розрахунків засновані на їх математичному або, як його зазвичай називають, економіко-математичному моделюванні. Точність і обґрунтованість аналізу і управління залежать від об'єктивності і точності віддзеркалення в моделях реальних економічних процесів, зв'язків між параметрами економічної системи, обмежень, що накладаються на неї зовнішніми умовами, достовірністю використовуваної інформації.

На рис. 2.2 представлено класифікацію методів моделювання соціально-економічних процесів і явищ.

Пояснимо наведені вище схеми для глибшого розуміння напрямків застосування методів моделювання при моделюванні соціально-економічних явищ.

Моделі лінійного програмування (параметричного, непараметричного, детерміністичного, стохастичного, цілочислового, не цілочислового) – вирішення завдань оперативно-календарного планування, технічної підготовки виробництва (складання карт, розкрою листових і смугових матеріалів, знаходження оптимальної шихти, виробничої суміші і т. п.), транспортних завдань і деяких завдань техніко-економічного планування (визначення оптимальної виробничої програми і т. і.);

- нелінійного програмування – ухвалення рішень в області техніко-економічного планування, оперативно-календарного планування, по питаннях загальної господарської політики підприємства, фінансування і кредитування;
- динамічного програмування – вибір політики заміни устаткування, оптимальний розподіл амортизаційних відрахувань на заміну устаткування і відновлення його, визначення оптимальних умов розширеного відтворення;
- блокового програмування – вирішення завдань великого розміру шляхом розбиття їх на ряд моделей з меншим числом змінних і обмежень;
- балансових методів аналізу – вирішення проблем пропорційного розвитку виробництва на різних рівнях, складання техпромфінплану підприємства в матричній формі;
- мережевого планування – управління здійсненням крупних індивідуальних і рідше серійних розробок: є формою виразу ухваленого рішення (з вказівкою цілей, завдань, термінів виконання, виконавців, резервів), інструментом оперативного керівництва виконанням рішення і контролю за ходом виконання;
- транспортних завдань на мережі – розробка оптимальних схем прикріплення постачальників до споживачів;
- теорії аналізу кореляцій і регресії і теорії дисперсійного аналізу — вивчення статистичних взаємозв'язків в економічних процесах встановлення

різних нормативів – трудових, вартісних, по витраті матеріалів і інших;

- теорії масового обслуговування – встановлення оптимальних співвідношень між розмірами основного і допоміжного виробництв і окремими частинами усередині кожного з них, якщо процеси в них мають елементи нерегулярності і можуть бути представлені як масове обслуговування;
- теорії надійності – вирішення проблем надійності і довговічності устаткування, підвищення якості продукції і роботи;
- теорії запасів – встановлення оптимальних розмірів оборотних фондів на підприємстві, вирішення деяких завдань оперативно-календарного планування в серійному і масовому виробництві, визначення оптимальних заділів;
- теорії ігор і теорії статистичних рішень – управління процесами взаємовідношення підприємства з ринком, страхування від стихійних лих, створення сезонних запасів сировини і матеріалів;
- теорії інформації – вдосконалення інформаційних потоків в управлінні, вирішення інших завдань, не інформаційних, але схожих за типом даних процесів;
- теорії розкладів – визначення раціональної послідовності запуску деталей у виробництво, встановлення оптимальної тривалості виробничого циклу виробів;
- статистичного моделювання – вирішення завдань теорій масового обслуговування, ігор, статистичних рішень, надійності, інформації, запасів, для яких немає власного математичного апарату.
- наочні і знакові – при оптимізації управлінських рішень всіх видів, як і взагалі у всій економічній роботі, тому виділити переважну область їх застосування важко. Такі, як натуральні, фізичні, застосовуються при оптимізації управлінських рішень ще рідко, епізодично, що також утрудняє можливість виділення якихось конкретних областей переважного їх застосування.

Такі моделі створюються методом синтезу.

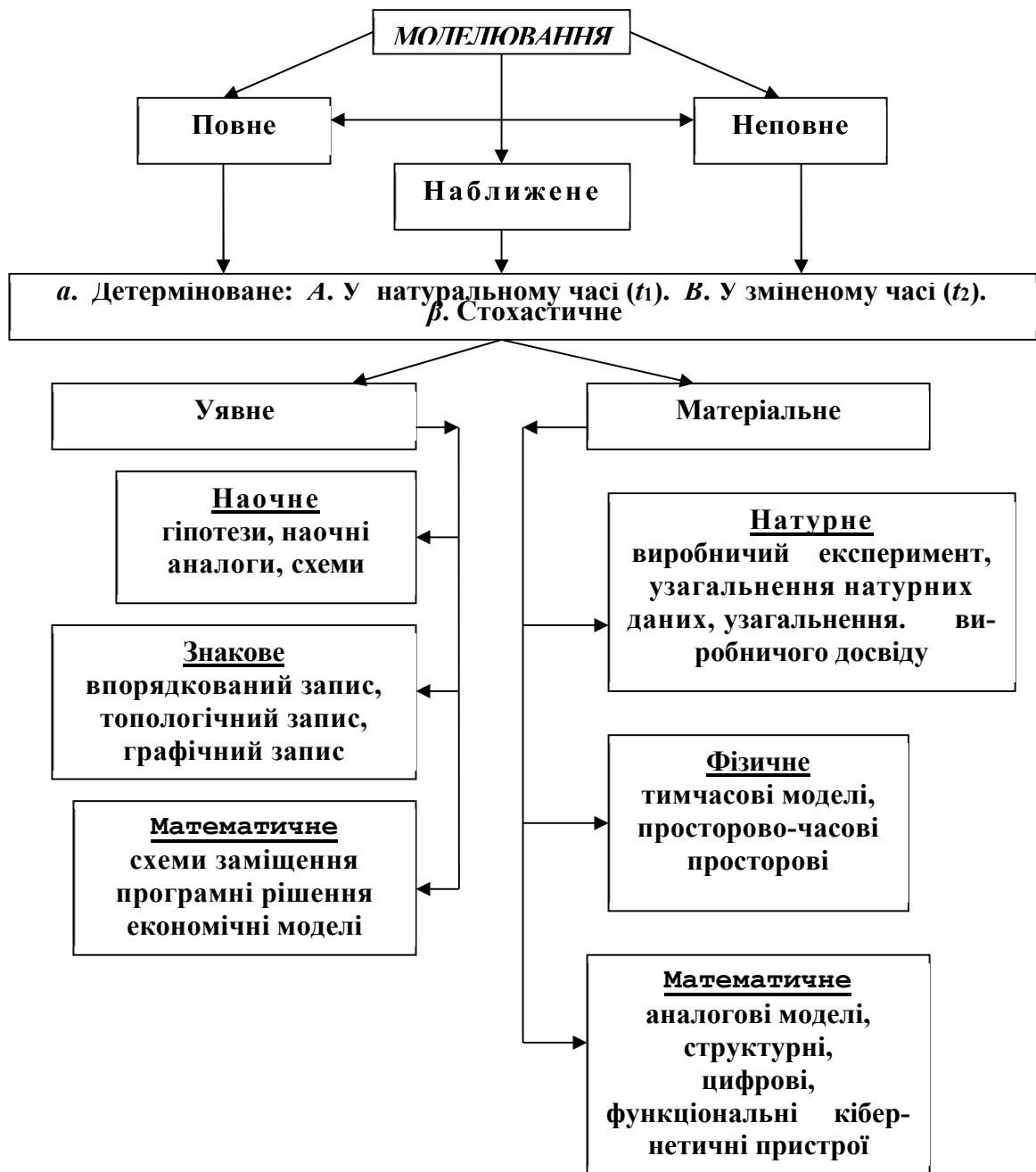


Рис. 2.1. Класифікація методів та прийомів моделювання

Синтез (від грец. συνθεσις – поєднання, з'єднання, складання) – поєднання абстрагованих сторін предмета і відображення його як конкретної цілісності; метод вивчення об'єкта у його цілісності, у єдиному і взаємному зв'язку його частин. У процесі наукових досліджень синтез пов'язаний з аналізом, оскільки дає змогу поєднати частини предмета, розчленованого у процесі аналізу, встановити їх зв'язок і пізнати предмет як єдине ціле.

Синтез моделей соціально-економічних систем полягає у з'єднанні результатів їх аналізу в єдиний комплекс математичного опису і/або формалізований опис

системи на якійсь спеціальній мові. В цьому розділі буде подано інформацію про перший напрямок синтезу. Інколи замість терміну «синтез», вживається термін «ідентифікація», що в межах цього посібника буде розумітися як синонім.

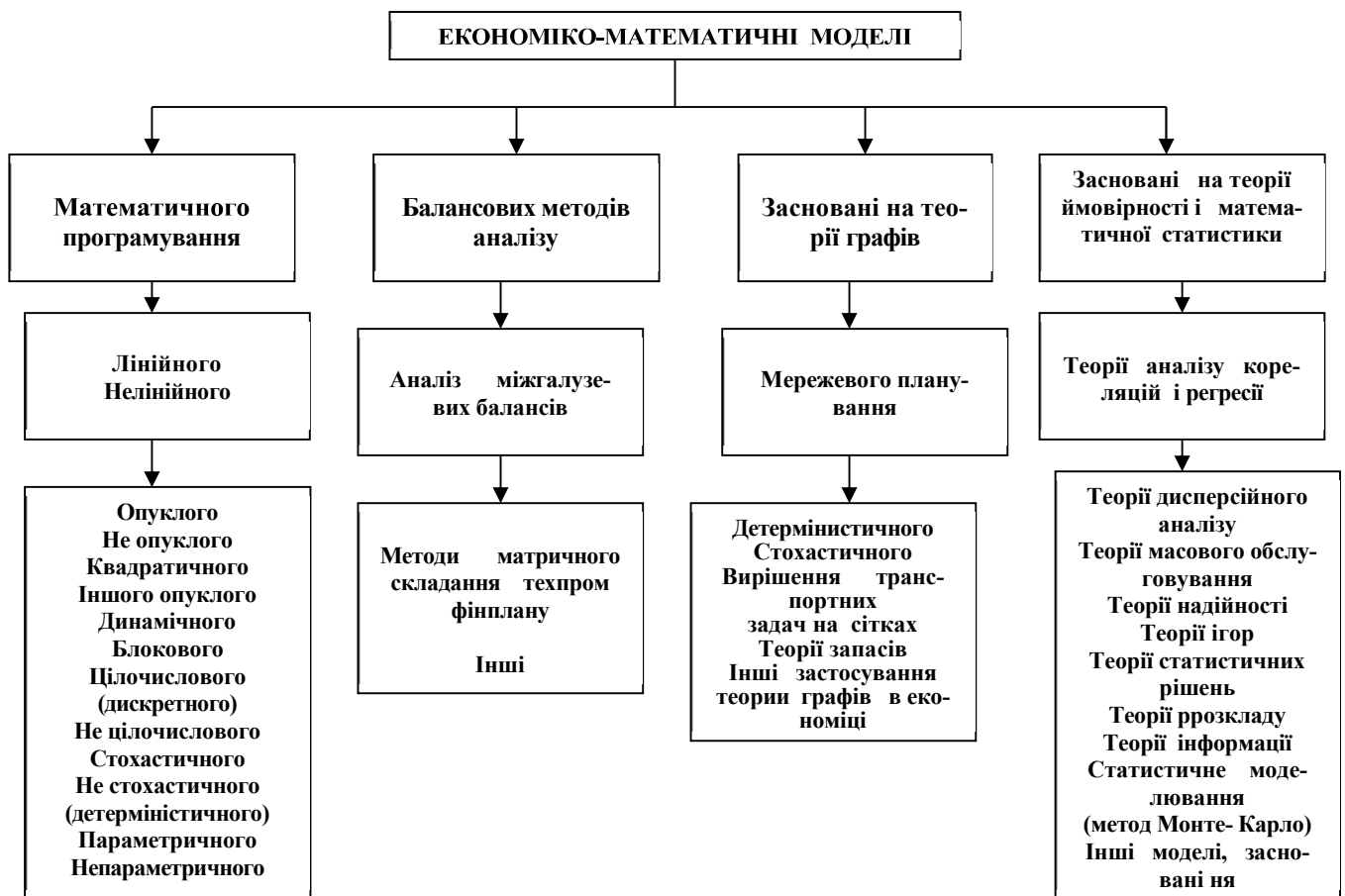


Рис. 2.2. Структура методів моделювання

Економічний об'єкт, що підлягає ідентифікації, найчастіше стає перед дослідником як «чорний ящик». Відомі тільки стани його вхідних та вихідних факторів та існує статистика їх значень. При викладенні матеріалу розділу припускається, що на етапі дослідження соціально-економічної системи було визначено ті вхідні фактори, які мають статистично достовірний зв'язок, і для побудови моделі було залишено тільки такі входи, що такого зв'язку між собою не мають. Включення до моделі взаємозалежних факторів викликає явище «мультиколінеарності», що погіршує якість створеної моделі. Отже вважатимемо, що всі входи взаємонезалежні і тоді задачею синтезу є побудова моделі з багатьма входами і

одним виходом. Якщо в реальній соціально-економічній системі виходів більше, то представлені нижче методи потрібно застосувати для кожного виходу окремо, а повна модель буде являти собою сукупність «чорних ящиків».

2.2. Синтез моделей, що описують періодичні бізнес-процеси

Якщо бізнес-процеси мають справу з сезонними явищами, рекомендується будувати періодичні моделі. Це такі моделі, в яких присутні тригонометричні періодичні функції. В деяких випадках дослідних може висунути гіпотезу про періодичність процесів апріорі.

В якості апроксимуючої залежності пропонується наступна формула

$$y = Ax^B + C(1 - e^{Dx})\sin(Ex^F + G) + H, \quad (2.1)$$

де x – аргумент, y – функція, $A - H$ – константи, e – основа натурального логарифму. В залежності від чисельних значень констант, ця формула дає мно-
жину кривих, представлену на рис. 2.3.

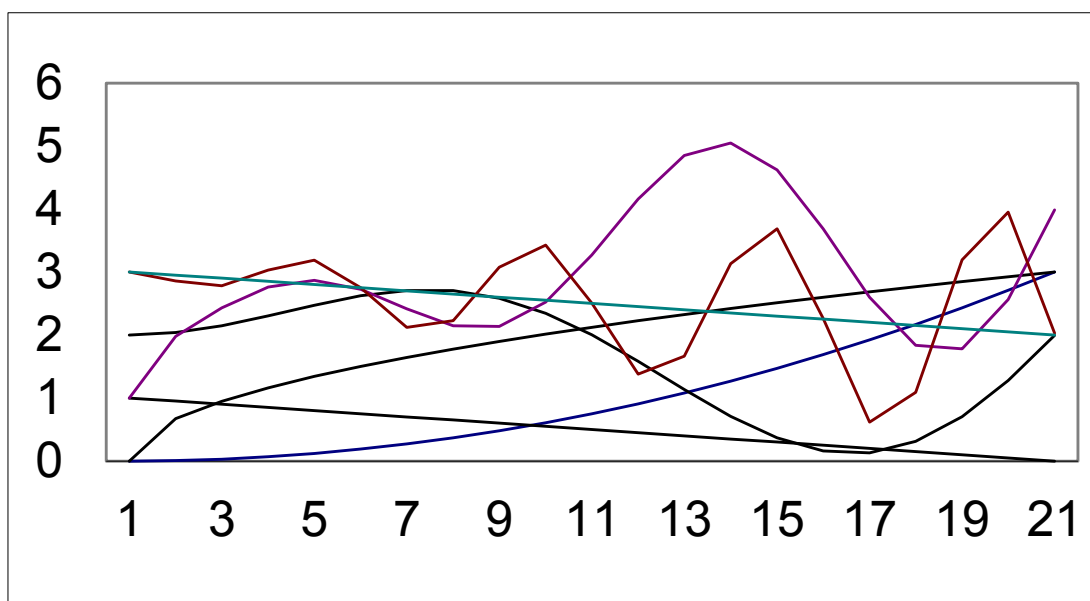


Рис. 2.3. Типи кривих, які можна створити за допомогою формули (2.1)

Вирішення задачі визначення числових значень коефіцієнтів такої моделі ускладнюється тим, що не існує таких математичних перетворень, які б дозволили лінеаризувати (2.1), щоб потім отримати значення констант $A - H$ методом регресії. Тому для вирішення цієї задачі був застосований підхід, який враховує відсутність чи наявність знань про значення характерних частот чи періодів:

1. Встановити довільні значення констант $A - H$. Якщо відомі
2. Для всіх значень аргументу і довільних значень констант розрахувати величину y , яку позначимо як y_p за формулою (2.1).
3. Для кожного значення функції знайти $(y_p - y_\phi)^2$, де y_ϕ – фактичне значення функції, отримане за статистичними даними.
4. Вирішити оптимальну задачу з функціоналом виду

$$\sum_{i=1}^N (y_p - y_\phi)^2 \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

а параметрами, що змінюються, будуть константи $A - H$. Де N – розмір статистичної вибірки.

Для збільшення точності розрахунку, рекомендується встановлювати обмеження на значення констант за наступним правилом:

1. На графіку, який було побудовано за статистичними даними, виділяється елемент кривої, що нагадує синусоїду і знаходиться проміжок значень аргументу, на якому ця синусоїда здійснює повне коливання – Δx . Тоді, для константи E треба встановити наступне обмеження

$$E \leq (0,5 - 1,5) 2\pi/\Delta x_1. \quad (2.3)$$

Якщо період знайдено за спектральним аналізом, то підставляти ці значення.

2. Початкові значення констант B та F рекомендується становити рівними одиниці, константи H – середньому арифметичному статистичного значення функції, константу – $D = 0.05$, $A = 0$.

3. Константа C визначається з максимальної амплітуди Δy тієї частини графіку, яка визначена як синусоїдальна, і має наступні обмеження

$$C \leq (0,4 - 0,6) \Delta y. \quad (2.4)$$

Якщо амплітуда знайдена за спектральним аналізом, то підставити її значення.

Розглянута вище методика для одного вихідного фактору може бути розповсюджена для будь-якої їх кількості. Це відбувається тоді, коли кількість характерних частот більше ніж одна. При цьому утворюється сума з формул виду (2.1), а далі вся процедура аналогічна. Тільки кількість змінних параметрів у (2.2) збільшується на кількість вхідних факторів, які включені до такої моделі.

Для прикладу, наведемо авторегресійну модель собівартості граніту Торчинського родовища (Дніпропетровська область) в якій було взято собівартість за попередній рік ($c_{t-12,1}$) та за попередні два роки ($c_{t-24,1}$).

$$C_{t,1} = 1,342c_{t-12,1}^{0,887} + 0,525(1 - e^{-0,976c_{t-12,1}}) \sin(0,524c_{t-12,1}^{1,187} + 0,664) - 0,402c_{t-24,1}^{0,686} + 0,288(1 - e^{-0,106c_{t-24,1}}) \sin(0,524c_{t-24,1}^{0,808} + 0,195) - 0,146 \quad (2.5)$$

Як видно з рис. 2.4, отримана функція майже точно повторює фактичні значення собівартості.

Запропонована методику була успішно використана для створення моделей споживання палива енергогенеруючою компанією, потоку замовлень на підприємстві зв'язку, розрахунку середньорічних температур, визначення врожайності зернових культур, тощо.

Для знайдення коефіцієнтів A - H рекомендується використання функції «Розв’язувач» (Solver, «Пошук рішення») з Microsoft Excel.

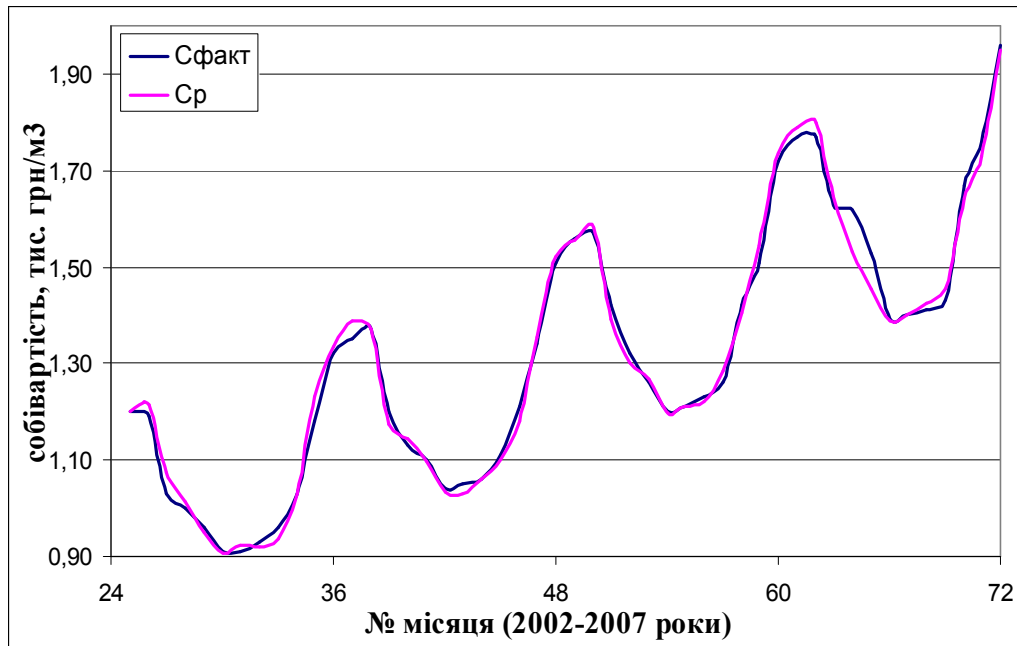


Рисунок 2.4. Порівняння фактичного та розрахункового значення собівартості Торчинського граніту

2.4. Індивідуальні завдання № 3

Тема: Синтез періодичної моделі бізнес-процесу

Завдання: синтезувати статистичні періодичну модель.

Порядок виконання: для визначення свого варіанту студент використовує останню цифру номеру залікової книжки N_3 та номер за списком навчальної групи N_2 .

Методичні вказівки: 1) за допомогою функції Excel

$$=\text{RANDBETWEEN}((N_3+1)*N_2; (N_3+2)*(N_2+1))/341$$

згенерувати два стовпці по 25 чисел. Перший стовпець позначити як X_1 , а другий – як Y (вихідний фактор). Відмітьте цей масив даних, натисніть Ctrl + C,

а потім виконайте операцію через головне меню «Основне – Вставити – Тільки значення»;

2) відсортувати за зростанням перший стовпець;

3) застосувати методику синтезу періодичних статистичних моделей для створення таблиці початкових розрахунків для розрахунку коефіцієнтів моделі;

4) записати одержану модель у вигляді формули.

2.5. Синтез моделей бізнес-процесів методом нейронних сіток

При моделюванні економічних процесів однією з найбільш складних задач є вибір виду функції апроксимації. Це пояснюється тим, що часто характер залежності одного економічного параметра від іншого є невідомим. Фактично, нам необхідно, знаючи певний набір значень вхідних параметрів, віднести значення вихідного параметра до певного класу чи значення.

Для вирішення поставленої задачі найбільш прийнятним є використання такого математичного методу як нейронні сітки.

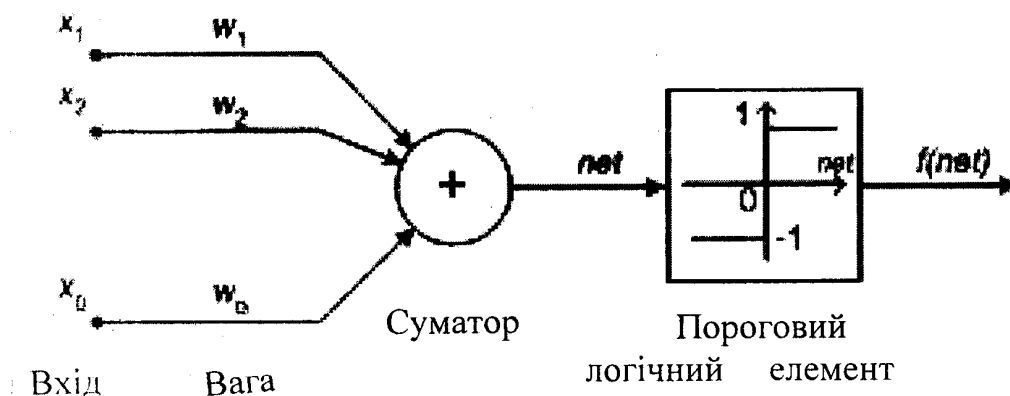


Рис. 2.5. Модель граничного нейрона МакКаллоха-Піттса

Нейронні сітки – це сітки, що складаються зі зв'язаних між собою простих елементів – формальних нейронів. Ядром використовуваних представлень є ідея про те, що нейрони можна моделювати досить простими формулами, а вся

складність процесу моделювання визначається зв'язками між нейронами. Кожен зв'язок представляється як зовсім простий елемент, що служить для передачі сигналу. Для опису кожного нейрону використовується проста і одна й та сама функція. Показана на рис. 4.4 модель нейрона, як найпростішого процесорного елемента, що виконує обчислення перехідної функції від скалярного добутку вектору вхідних сигналів x_i і вектор вагових коефіцієнтів w_i описується наступною системою рівнянь

$$\left. \begin{aligned} net &= \sum_{i=1}^n x_i w_i \\ f(net) &= \text{sgn}(net) = \begin{cases} +1, & net > 0 \\ -1, & net < 0 \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

Інколи в (2.6) додається ще параметр θ – порогової чутливості, яка віднімається від суми зважених сигналів.

Функція $f(net)$, яку ще позначають як $OUT(net)$, називається такою, що активізує. Тому в штучних нейронних мережах використовують інші функції активації, найбільш популярною з яких є так звана логістична уніполярна сигмоїдальна функція (сигмоїд)

$$f(net) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \cdot net}}, \quad (2.7),$$

де $f(net) \in [0; +1]$, $\lambda > 0$ – коефіцієнт крутості безупинної функції $f(net)$ біля $net = 0,5$. Функція симетрична відносно $NET = 0$, $OUT = 1/2$.

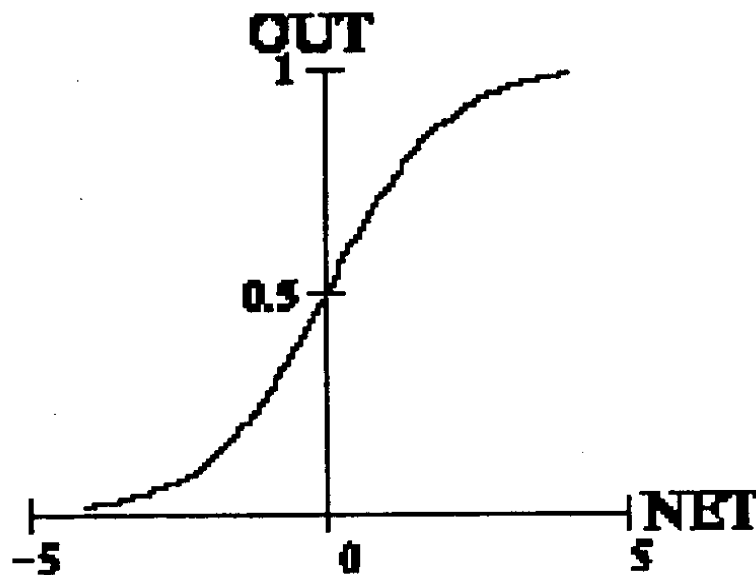


Рис. 2.6. Вид логістичної функції

Визначення коефіцієнтів λ та w_i називається навчанням, тому, існує задачник – набір прикладів із заданими відповідями. Ці приклади пред'являються системі. Нейрони одержують по входніх зв'язках сигнали – «умови прикладу», перетворюють їх, кілька разів обмінюються перетвореними сигналами і, нарешті, видають відповідь – також набір сигналів. Відхилення від правильної відповіді штрафуються. Навчання складається в мінімізації штрафу як (неявної) функції зв'язків. Неявне навчання приводить до того, що структура зв'язків стає «незрозумілою» – не існує іншого способу її прочитати, крім як запустити функціонування сітки. Стає складно побудувати зрозумілу людині логічну конструкцію, що відтворює дії сітки.

Режими навчання з учителем нейронних сіток можуть бути різними, але найбільш ефективним є так зване “дельта-правило”:

1. Початкові ваги можуть бути будь-якими. Корекція провадиться пропорційно величині похідної по даній координаті. Похідна береться від функції активації. Підстроювання j ваги для i нейрона здійснюється за формулою

$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot [d_i - f(net_i)] \cdot f'(net_i) \cdot x_j, \quad (2.8)$$

де $j=1,2,\dots,n$ $\eta > 0$ - коефіцієнт навчання, підбирається евристично

2. Помилка при навчанні на k кроці:

$$E_k = \frac{1}{2} [d_i - f(net_i)]^2, \quad (2.9)$$

де d_i - очікуваний вихід

4. Загальна помилка при навчанні:

$$E = \frac{1}{2 \cdot p} \sum_{k=1}^p [d_i - f(net_i)]^2, \quad (2.10)$$

де p - число прикладів у навчальній вибірці

4. Похідна від сигмоїди

$$f'(net) = \lambda \cdot f(net) \cdot [1 - f(net)], \quad (2.11)$$

де p - число прикладів у навчальній вибірці.

Після проведення корекції коефіцієнтів моделей, їх пред'являється наступні дані із «задачника».

2.5.1. Приклади застосування нейронний сік при моделюванні бізнес-процесів

Приклад 1. Побудуємо нейронну сітку для двох варіантів економічних процесів. Перший стосується розпізнавання безперервних економічних процесів, а другий – дискретних.

Почнемо зі створення апроксимуючої залежності для даних про кількість замовлень підприємства зв'язку по годинах робочого дня.

В якості моделі було обрано одношаровий перцептрон з логістичною функцією активації та з одним нейроном на три входи. На кожен вхід подавалося

значення трьох послідовних значень кількості викликів від початку доби. Кожне значення вхідного параметру x бралось з вагою w та з певним значенням порогової чутливості θ . Таким чином, математична модель такого перцептрона мала наступний загальний вигляд

$$OUT = \frac{1}{1 + 1^{-(w_1 x_i + w_2 x_{i+1} + w_3 x_{i+2})}} . \quad (2.12)$$

На кожному наступному кроці, підставлялося нове значення x , як $i+2$ -й елемент перцептрона, а i -е значення x відкидалося. Значення OUT порівнювалося зі значенням y з розрахунком погрішності прогнозування вигляду $x' = \frac{(x - m_x)}{\sigma_x}$. На кожному кроці розрахунку провадилося корегування ваги та порогової чутливості за правилом

$$\left. \begin{aligned} \Delta w_{ij} &= \varepsilon (d_j^s - y_j^s) x_{ij} \\ \Delta \theta_j &= -\varepsilon (d_j^s - y_j^s) \end{aligned} \right\} . \quad (2.13)$$

де $d = y$, $y = OUT$, ε – число, яке характеризує швидкість навчання. Було встановлено наступне правило зменшення ε на кожному кроці розрахунку $\varepsilon' = \varepsilon / 1.5668$, де ε' – нове значення швидкості навчання.

Перед початком навчання перцептрона всі дані були нормовані за правилом (3.8). В результаті навчання перцептрона було отримано показане на малюнку співпадіння розрахованих і реальних значень y . При цьому, сама апроксимуюча формула для нормованих значень параметрів, має вигляд

$$OUT = \frac{1}{1 + 1^{-(1,58x_i + 0,37x_{i+1} + 1,15x_{i+2} + 1,62)}} . \quad (2.14)$$

На рис. 4.5 показано графіки навчальної вибірки та кривої, яка реалізується за (5.26), в якій бралися три попередніх значення кількості викликів. Можна бачити, що точність апроксимації поступово збільшується, оскільки експериментальна і розрахована криві поступово зближуються.

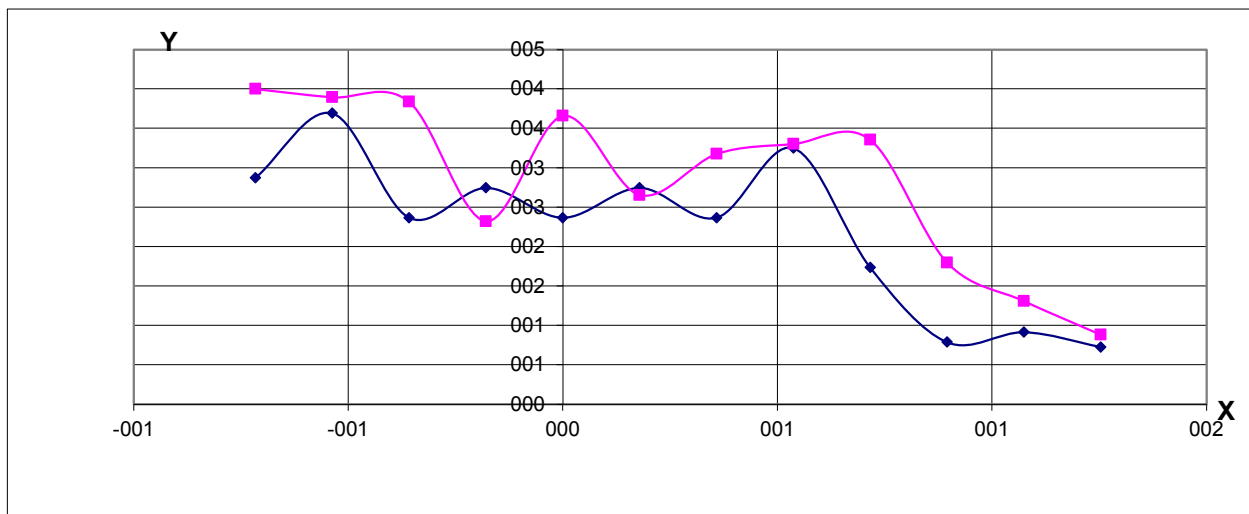


Рис. 2.7. Графік кількості викликів Y оператора по годинам робочого дня X .
(♦ – експериментальна, ■ – розрахована крива)

Приклад 2. Розробити модель бізнес-процесу інвестування у видобутку вугілля. Для цього були взяті основні фінансово-економічні показники, геологічні фактори та технічні характеристики вугілля, а саме:

- | | | |
|---|---|-----|
| – обсяг видобутку; | залишкові промислові запаси | млн |
| – прибуток; | | т; |
| – геологічні фактори, включаючи основні характеристики вугілля, що видобувається: | середня геологічна потужність пластів; | |
| | максимальна глибина розробки, м.; | |
| – середня зольність вугілля; | протяжність гірничих виробок, км.; | |
| – середня вологість вугілля; | кут падіння пластів; | |
| – середня сірчистість; | виробнича потужність (проектна) млн т на рік. | |

Вихідні дані – інвестиції за видами (матеріальні, фінансові, нематеріальні):

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| підіймальні установки; | технічний комплекс поверхні шахти; |
| вентиляторні установки; | електротехнічні установки; |
| компресорні установки; | інші капітальні вкладення; |
| водовідливні установки; | портфель цінних паперів; |
| транспортні установки; | нематеріальні інвестиції. |
- дегазація;
- теплоенергетичні установки;

Робота такої мережі була описана формулою:

$$OUT = \text{sigm}(\sum \text{sigmNET}) = \left[\frac{1}{1 + \exp(\lambda_3 \left\{ \frac{1}{1 + \exp(\lambda_1 \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^3 x_{ij}^1 w_{ij}^1)} + \frac{1}{1 + \exp(\lambda_2 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} x_{ij}^2 w_{ij}^2)} \right\})} \right]$$

де i – номер входу, j – номер нейрона у шарі, l – номер шару,

для $l=1; j=1,3; i=1,11$: x_1^1 – обсяг видобутку; x_2^1 – прибуток; x_3^1 – середня зольність вугілля; x_4^1 – середня вологість вугілля; x_5^1 – середня сірчистість вугілля; x_6^1 – залишкові промислові запаси, млн. тонн.; x_7^1 – середня геологічна потужність пластів, м; x_8^1 – максимальна глибина розробки, м; x_9^1 – протяжність гірничих виробок, км; x_{10}^1 – кут падіння пластів; x_{11}^1 – потужність (проектна), млн т на рік;

для $l=2; i=1,3; j=1,12$: x_1^2 – інвестиції в підіймальні установки; x_2^2 – інвестиції в вентиляторні установки; x_3^2 – інвестиції в компресорні установки; x_4^2 – інвестиції у водовідливні установки; x_5^2 – інвестиції в транспортні установки; x_6^2 – інвестиції в дегазацію; x_7^2 – інвестиції в теплоенергетичні установки; x_8^2 – інвестиції в технічний комплекс поверхні шахти; x_9^2 – інвестиції в електротехнічні установки; x_{10}^2 – інвестиції в інші капітальні вкладення; x_{11}^2 – інвестиції в портфель

цінних паперів; x_{12}^2 – нематеріальні інвестиції; w_{ij}^l – ваговий коефіцієнт i -го входу нейрона номер j у шарі l , NET_{lj} – сигнал NET j -го нейрона в шарі l , OUT_{lj} – вхідний сигнал нейрона, вектор даних, що являє собою обсяги інвестування за видами інвестицій: інвестиції в підймальні установки; інвестиції у вентиляторні установки; інвестиції в компресорні установки; інвестиції у водовідливні установки; інвестиції в транспортні установки; інвестиції в дегазацію; інвестиції в теплоенергетичні установки; інвестиції в технічний комплекс поверхні шахти; інвестиції в електротехнічні установки; інвестиції в інші капітальні вкладення; інвестиції в портфель цінних паперів; нематеріальні інвестиції, $\lambda > 0$ – коефіцієнт крутості безперервної функції $f(net)$, приблизно $net = 0.5$.

Приклад 3. Розробити економіко-математичну модель визначення прибутку вуглевидобувного підприємства від інвестицій засобами нейронних мереж.

Мета моделі – визначити, яким чином впливає розмір інвестицій на прибуток вуглевидобувного підприємства.

На відміну від моделі, розробленої на попередньому етапі, вхідними даними тут будуть інвестиції за видами (матеріальні, фінансові, нематеріальні), геологічні фактори та технічні характеристики вугілля:

підймальні установки;	технічний комплекс поверхні шахти;
вентиляторні установки;	електротехнічні установки;
компресорні установки;	інші капітальні вкладення;
водовідливні установки;	портфель цінних паперів;
транспортні установки;	нематеріальні інвестиції,
дегазація;	
теплоенергетичні установки;	

та геологічні фактори, включаючи основні характеристика вугілля, що видобувається:

середня зольність вугілля;	максимальна глибина розробки, м;
середня вологість вугілля;	протяжність гірничих виробок, км;
середня сірчистість;	кут падіння пластів;

залишкові промислові запаси млн т; виробнича потужність (проектна) млн середня геологічна потужність пластів на рік.
тнів;

Робота такої мережі описується формулою:

$$OUT = \text{sigm}(NET) = \frac{1}{1 + \exp(\lambda_3 \left\{ \frac{1}{1 + \exp(\lambda_1 (\sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^3 x_{ij}^1 w_{ij}^1))} + \frac{1}{1 + \exp(\lambda_2 (\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^1 x_{ij}^2 w_{ij}^2))} \right\})},$$

де i – номер входу, j – номер нейрона у шарі, l – номер шару,

для $l=1$:

$j=1,3; i=1,21$: x_1^1 – інвестиції в підймальні установки; x_2^1 – інвестиції у вентиляторні установки; x_3^1 – інвестиції в компресорні установки; x_4^1 – інвестиції у водовідливні установки; x_5^1 – інвестиції в транспортні установки; x_6^1 – інвестиції в дегазацію; x_7^1 – інвестиції в теплоенергетичні установки; x_8^1 – інвестиції в технічний комплекс поверхні шахти; x_9^1 – інвестиції в електротехнічні установки; x_{10}^1 – інвестиції в інші капітальні вкладення; x_{11}^1 – інвестиції в портфель цінних паперів; x_{12}^1 – нематеріальні інвестиції; x_{13}^1 – середня зольність вугілля; x_{14}^1 – середня вологість вугілля; x_{15}^1 – середня сірчистість вугілля; x_{16}^1 – залишкові промислові запаси млн т; x_{17}^1 – середня геологічна потужність пластів, м.; x_{18}^1 – максимальна глибина розробки, м; x_{19}^1 – протяжність гірничих виробок, км; x_{20}^1 – кут падіння пластів; x_{21}^1 – потужність (проектна), млн т на рік.

для $l=2$:

$j=1,3; i=1$; x_1^2 – прибуток.

x_{ij}^l – i -ий вхідний сигнал j -го нейрона в шарі l ,

w_{ij}^l – ваговий коефіцієнт i -го входу нейрона номер j у шарі l ,

NET_{lj} – сигнал NET j -го нейрона в шарі l ,

OUT_{lj} – вхідний сигнал нейрона,

$\lambda > 0$ – коефіцієнт крутості безперервної функції $f(net)$ біля $net = 0.5$.

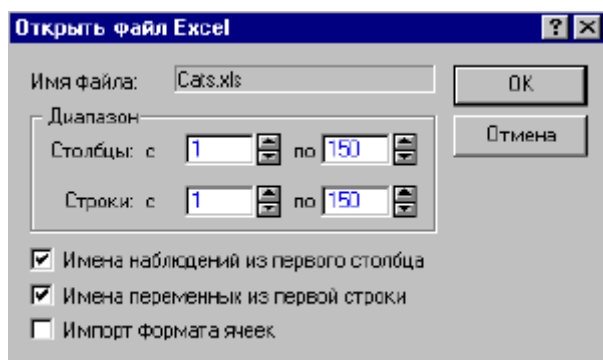
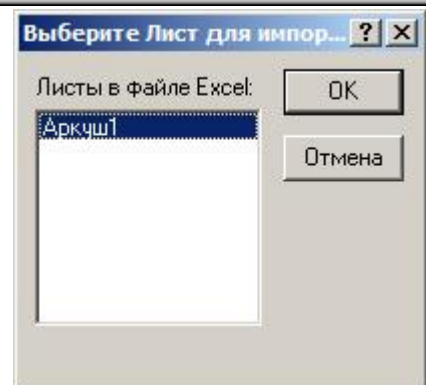
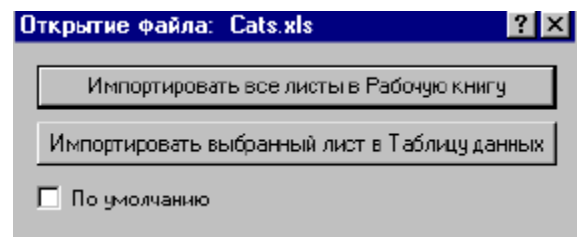
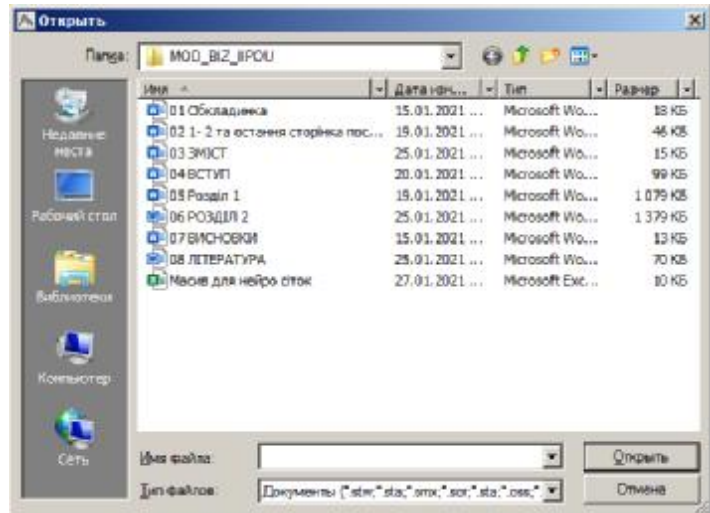
2.5.2. Створення нейросіткової моделі із застосуванням програмного пакету Statistica

Після відкриття програми ви побачите вікно, де вже подана пуста таблиця. Закрийте її та натисніть кнопки «Ctrl + O».

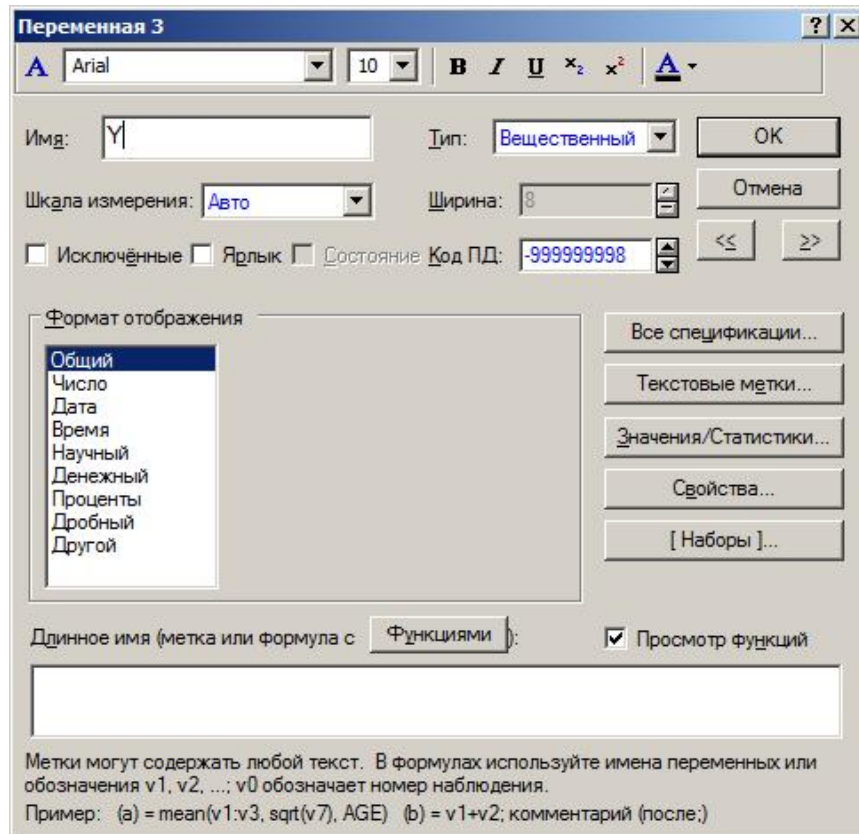
У вікні файл-менеджера виберіть файл Excel, в якому містяться дані, розташовані по стовпцям. Бажано, щоб вони не мали підписів заголовків, оскільки Statistica їх може сприйняти як числа.

У наступному вікні вам буде запропоновано вибрати лист Excel, де ці дані знаходяться.

Автоматично відкриється наступне вікно, де буде вказано розмір таблиці з даними. У цьому вікні приберіть всі галочки зі списків.

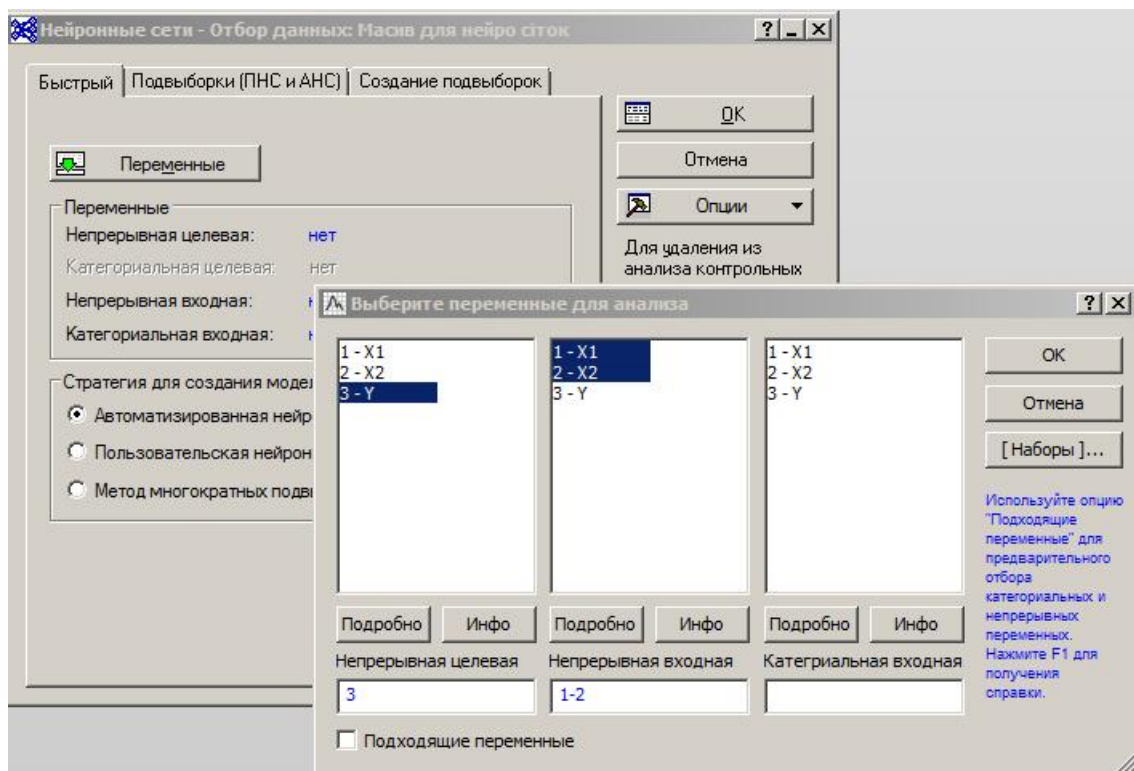


Щоб надати вашим змінним імена, двічі клацніть мишкою по потрібному стовпцю. Відкриється вікно, в якому є пункт «Имя», де й можна ввести назву змінної та тип числа, якщо і вони не вірно розпізналися. Але перший рядок даних система сприймає як імена змінних, тому їх можна одразу туди записати.

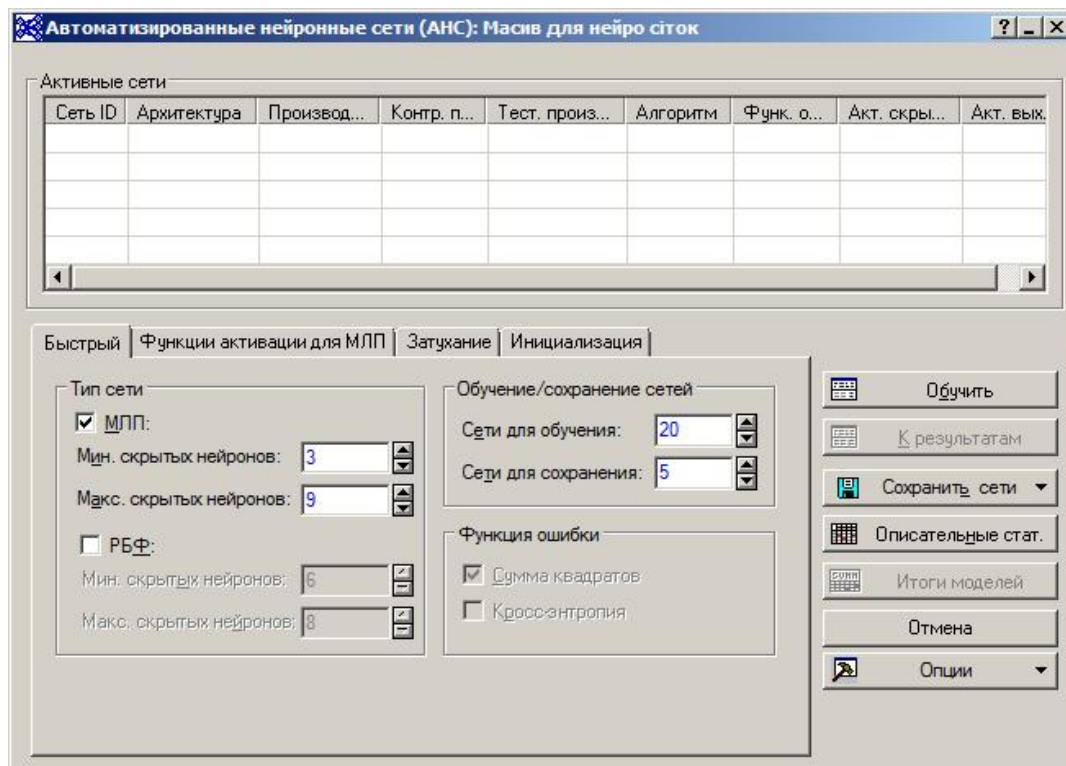


За пунктом головного меню обираємо «Анализ-Нейронные сети» і на таблиці, що з'явиться, натискаємо кнопку «Переменные».

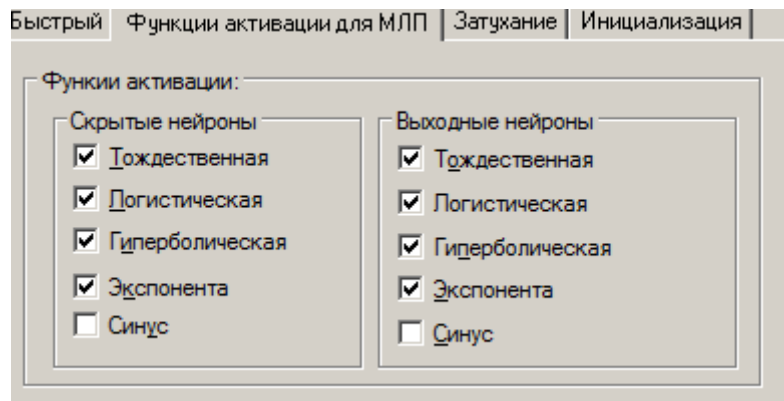
У першому вікні потрібно відмітити залежну змінну (вихідний фактор), а у другому – незалежні змінні (вхідні фактори). Потім натискаємо «ОК».



Нове вікно показує, скільки мереж буде використано для навчання і яка кількість із них буде відібрана і збережена за критерієм мінімуму похибки на навчальній вибірці.



Потім клацнути на вкладку «Функции активации» і обрати тип функцій активації для кожного шару нейронів. Потім натискаємо «Обучить».

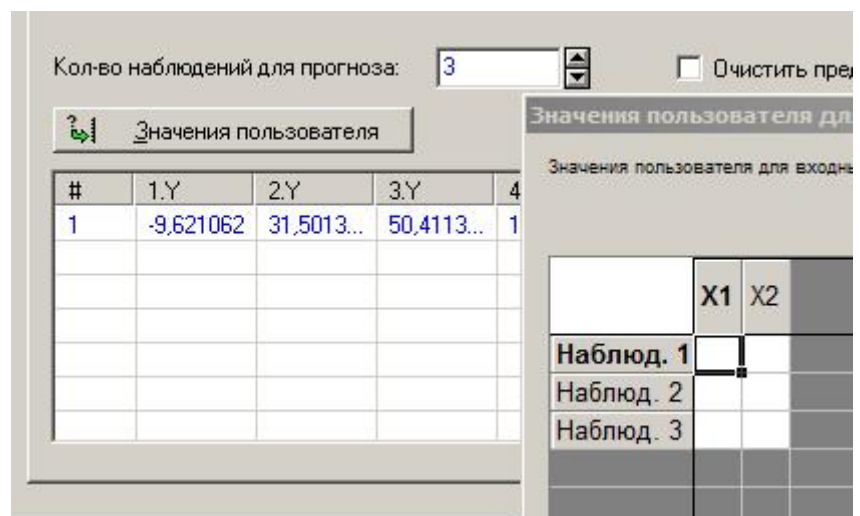


За кнопкою «Обучить» отримаємо результати, які можна переглянути за кнопкою «Итоги моделей».

Итоги моделей (Массив для нейро сетей)								
N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность.	Тест. производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	A
1	MLP 2-6-1	0,303175	0,319714	0,661972	169,5411	217,1194	78,6007	
2	MLP 2-6-1	0,313088	0,297762	0,654239	165,6971	235,1982	84,2301	
3	MLP 2-8-1	0,280427	0,348116	0,713589	174,2768	242,8099	107,0384	
4	MLP 2-3-1	0,311822	0,302441	0,657484	165,0435	238,8258	85,0952	
5	MLP 2-9-1	0,304581	0,315933	0,659066	165,8288	234,0729	80,1166	

Тут, «Производительность» - це коефіцієнт детермінації моделі. Чим він ближче до одиниці, тим краща модель.

Якщо натиснути «Наблюдения пользователя-Значения пользователя» і вказати «Кол-во наблюдений прогноза», програма показує таблицю з пустими клітинками куди можна ввести додаткові дані, які не увійшли до вибірки, і побачити прогноз, який видає кожна із розрахованих нами нейронних мереж (Y1, Y2, Y3, Y4, Y5). За цими розрахунками можна додатково оцінити якість моделей, які були збережені для подальшого аналізу.



Далі ми маємо обрати ті мережі, що дали найкращу якість апроксимації та прогнозування. Для цього натискаємо кнопку «Вибрати/знять сети», відмічаємо ті, що нам найбільше підійшли і натискаємо «ОК».

Система збереже файл з моделями, у імені якого буде вказано також ім'я файлу, звідкіля ці дані було взято.

Тепер, якщо у нас з'явилися нові дані за тими ж параметрами, достатньо увести ці дані за описаним вище порядком, досттньо знову обрати пункт «Нейронные сети -Регресия-Загрузить модели из предыдущих заданий», натиснути «ОК» і ми отримаємо для тієї ж моделі перераховані коефіцієнти.

І якщо необхідно розрахувати параметри вихідного фактору (Y) для нових значень вхідних (X1, X2), знову натискаємо кнопку «Значения пользователя» і отримуємо результат прогнозу.

Загалом, у програмі Statistica є безліч інших можливостей покращити моделі, але їх за описом зверніться до інструкцій.

2.6. Індивідуальне завдання № 4

Тема: Синтез моделі бізнес-процесу із застосування нейронних сіток

Завдання: синтезувати статистичну бізнес-модель, використовуючи пакет прикладних програм Statistica Portable v.10 .

Порядок виконання: для визначення свого варіанту студент використовує останню цифру номеру залікової книжки N_3 та номер за списком навчальної групи N_2 .

Методичні вказівки: 1) за допомогою функції Excel

$$=\text{RANDBETWEEN}((N_3+1)*N_2; (N_3+2)*(N_2+1))/341$$

згенерувати чотири стовпці по 25 чисел. Три перших стовпці позначити як X_1 , X_1 , X_3 а четвертий – як Y (вихідний фактор). Відмітьте цей масив даних,

натисніть Ctrl + C, а потім виконайте операцію через головне меню «Основне – Вставити – Тільки значення»;

2) застосувати методику синтезу статистичних моделей методом нейронних сіток, використовуючи різні функції перетворення за програмою Statistica;

3) Обрати найкращу модель і за нею передбачити можливі значення Y для нових згенерованих значень X_1, X_2, X_3 .

4) Звіт ілюструвати вікнами роботи програми Statistica.

2.7. Синтез моделей бізнес-процесів на формальній мові (нечіткі моделі)

Існують описові моделі на звичайній мові, які дозволяють зрозуміти якісні характеристики соціально-економічної системи. Але такі моделі не дозволяють отримати потрібні для їх вивчення, прогнозування і керування числові характеристики. В такому випадку варто застосувати синтез нечітких моделей, який базується на уявленні групи експертів про функціональну діяльність системи.

Нечіткі моделі базуються на поняттях нечітких множин, які представляють собою множину можливих значень нечіткої величини у формі функції приналежності виду $A = \{x/\mu_A(x)>0\}$.

Хай E - універсальна множина, x - елемент E , а R – певна властивість. Звичайна (чітка) підмножина A універсальної множини E , елементи якої задовольняють властивість R , визначається як множина впорядкованої пари $A = \{\mu_A(x)/x\}$, де $\mu_A(x)$ – характеристична функція, що приймає значення 1, коли x задовольняє властивості R , і 0 – в іншому випадку.

Нечітка підмножина відрізняється від звичайної тим, що для елементів x з E немає однозначної відповіді "ні" щодо властивості R . У зв'язку з цим, нечітка підмножина A універсальної множини E визначається як множина впорядкованою парі $A = \{\mu_A(x)/x\}$, де $\mu_A(x)$ - характеристична функція приналежності (або

просто функція приналежності), що приймає значення в деякій впорядкованій множині M (наприклад, $M = [0,1]$).

Розглянемо множину X всіх чисел від 0 до 10. Визначимо підмножину A множини X всіх дійсних чисел від 5 до 8. $A = [5,8]$

Покажемо функцію приналежності множині A , ця функція ставить у відповідність число 1 або 0 кожному елементу в X , залежно від того, належить даний елемент підмножині A чи ні. Результат представлений на рис. 4.9.

Тепер опишемо множину молодих людей. Формально можна записати так

$$B = \{ \text{множина молодих людей} \}.$$

Оскільки, взагалі, вік починається з 0, то нижня межа цієї множини повинна бути нулем. Верхню межу визначити складніше. Спочатку встановимо верхню межу, скажімо, рівну 20 рокам. Таким чином, маємо B як чітко обмежений інтервал, буквально: $B = [0,20]$. Виникає питання: чому хтось в свій двадцятирічний ювілей – молодий, а відразу наступного дня вже не молодий? Очевидно, це структурна проблема, і якщо пересунути верхню межу в іншу точку, то можна поставити таке ж питання.

Природніший шлях створення множини B полягає в ослабленні строгого ділення на молодих і не молодих. Зробимо це, виносячи не тільки чіткі думки "Так, він належить множині молодих людей" чи ні, вона не належить множині молодих людей", але і гнучкі формулювання "Так, він належить до досить молодих людей" чи ні, він не дуже молодий".

Розглянемо як за допомогою нечіткої множини визначити вираз "він ще молодий".

У першому прикладі ми кодували всі елементи множини за допомогою 0 чи 1. Простим способом узагальнити дану концепцію є введення значень між 0 і 1. Реально можна навіть допустити нескінченне число значень між 0 і 1, в одиничному інтервалі $I = [0, 1]$.

Для наочності приведемо характеристичну функцію множини молодих людей, як і в першому прикладі.

Хай $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, $M = [0,1]$; A – нечітка множина, для якої

$$\mu_A(x_1)=0,3; \mu_A(x_2)=0; \mu_A(x_3)=1; \mu_A(x_4)=0,5; \mu_A(x_5)=0,9$$

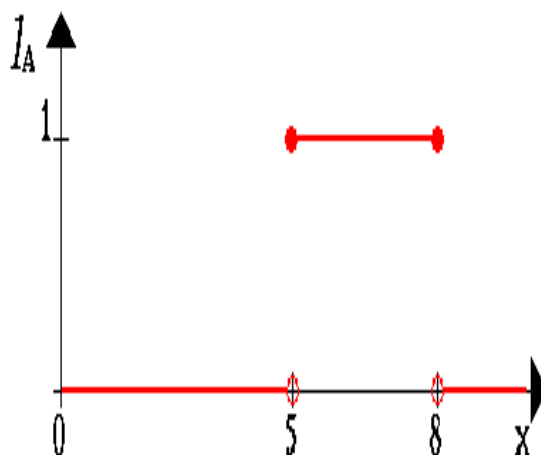
Тоді A можна представити у вигляді:

$$A = \{0,3/x_1; 0/x_2; 1/x_3; 0,5/x_4; 0,9/x_5\} \text{ або}$$

$$A = 0,3/x_1 + 0/x_2 + 1/x_3 + 0,5/x_4 + 0,9/x_5$$

(знак "+" є операцією не складання, а об'єднання) або

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
$A =$	0,3	0	1	0,5	0,9



2.8. Зображення приналежності
звичайної (чіткої) множини

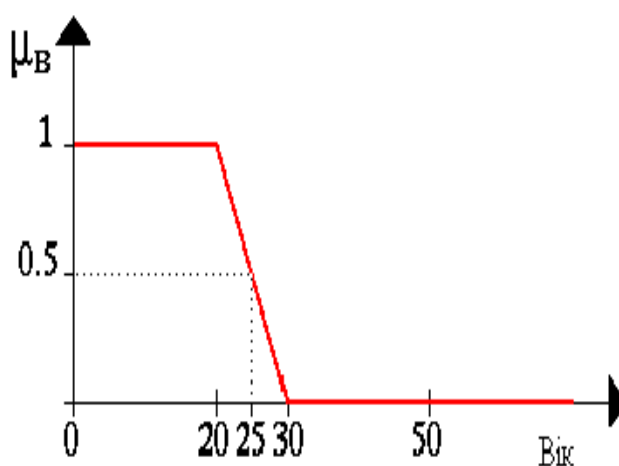


Рис. 2.9. Характеристична функція
множини молодих людей

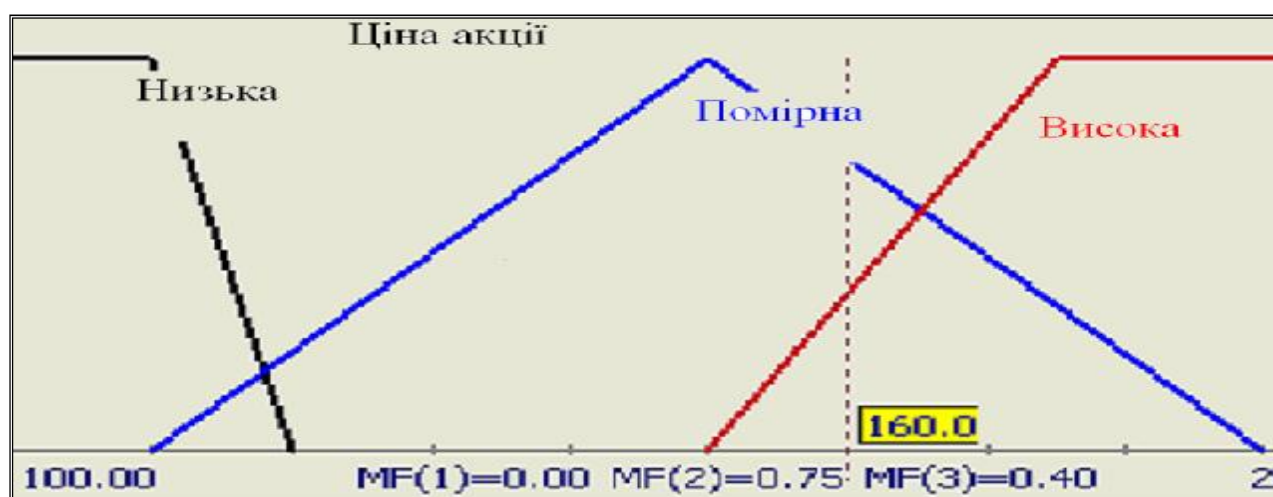


Рис. 2.10. Опис лінгвістичних змінних для категорії «Ціна акції»: «низька», «помірна» та «висока».

Сукупність функцій приналежності для кожного терма з базової терм-множини T зазвичай зображуються разом на одному графіку. На рис. 4.11 приведений приклад описаної вище лінгвістичної змінної «Ціна акції».

Непрямі методи визначення значень функції приналежності використовуються у випадках, коли немає елементарних вимірних властивостей для визначення нечіткої множини. Як правило, це методи попарних порівнянь. Якби значення функцій приналежності були відомі, наприклад, $\mu A(x_i) = w_i, i=1,2,\dots,n$, тоді попарні порівняння можна представити матрицею відносин $A = \{a_{ij}\}$, де $a_{ij}=w_i/w_j$ (операція ділення).

Простіше всього створення таких функцій приналежності проводити з групою експертів, які для кожної функції приналежності виражають власну думку щодо приналежності, наприклад, ціни акції до категорії «низька». Нехай їх було 10. Коли запитали про ціну в 100 одиниць – всі 10 сказали, що ціна низька. Тут $\mu A(100)=10/10 = 1,0$. Коли запитали про ціну 110 одиниць – тільки дев'ятеро сказали, що ціна ще низька, отже $\mu A(110)=9/10 = 0,9$. Коли їх було запропоновано ціну в 115 грошових одиниць – п'ятеро сказали, що ціна ще низька, тобто $\mu A(115)=5/10 = 0,5$. А для ціни в 120 – ніхто з експертів не погодився, що ціна є низькою, отже $\mu A(120)=0/10 = 0,0$.

Такий алгоритм дозволяє побудувати функцію приналежності до певної характеристики соціально-економічної системи. Особливо актуальним є не чітке визначення критеріальних значень коефіцієнтів, що характеризують роботу підприємства, оскільки рекомендовані їх значення завжди подаються в певному діапазоні.

Існує понад десяток типових форм кривих для завдання функцій приналежності. Найбільшого поширення набули: трикутна, трапецеїдальна функції та функція приналежності Гауса.

Трикутна функція приналежності визначається трійкою чисел (a,b,c) , і її значення в точці x обчислюється згідно виразу:

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-c}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}, \quad (2.15)$$

При $(b-a)=(c-b)$ маємо випадок симетричної трикутної функції приналежності, яка може бути однозначно задана двома параметрами з трійки (a, b, c) .

Аналогічно для завдання трапецеїдальній функції приналежності необхідна четвірка

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (2.16)$$

При $(b-a)=(d-c)$ трапецеїдальна функція приналежності приймає симетричний вигляд.

Функція приналежності гауссова типу описується формулою

$$MF(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right], \quad (2.17)$$

і оперує двома параметрами. Параметр c позначає центр нечіткої множини, а параметр σ відповідає за крутизну функції.

Інколи застосовують кругову функцію виду

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \frac{(x-a)^2}{b}} \quad \text{або} \quad \mu(x) = a \sqrt{\frac{x}{x_{\max}} \left(1 - \frac{x}{x_{\max}} \right)}, \quad (2.18)$$

Де a, b – діапазон значень x , в межах якого зображується півколо, $x_{\max}$ – найбільше значення аргументу, до якого сягає чверть кола. На рис. 4.12 представлені деякі з описаних функцій.

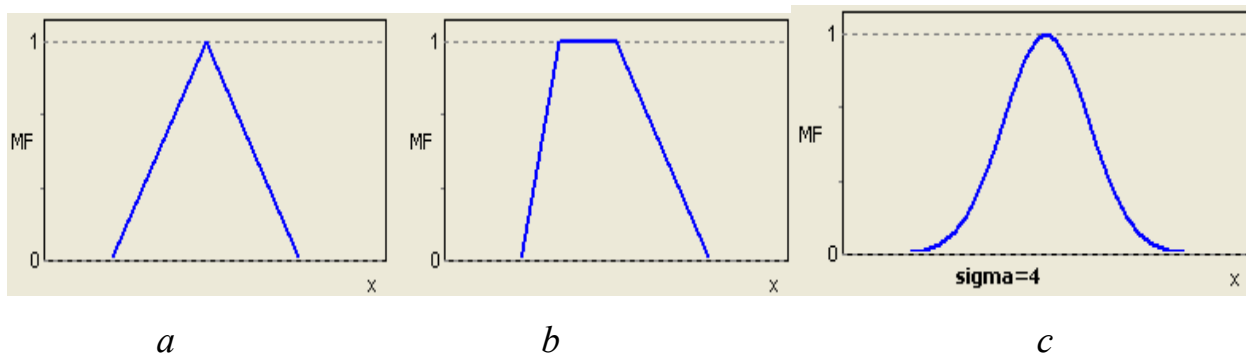


Рис. 2.11.. Типові кусочно-лінійні функції приналежності;
трикутна (a) та трапецеїдальна (b), Гауса (c).

Визначимо деякі поняття нечітких множин. Хай $M = [0,1]$ і A – нечітка множина з елементами з універсальної множини E і з множиною визначення M

- Величина $\mu_A(x) = \sup_{x \in E} \mu_A(x)$ називається висотою нечіткої множини A . Нечітка множина A є нормальною, якщо її висота дорівнює 1, тобто верхня межа її функції приналежності дорівнює 1 ($\sup_{x \in E} \mu_A(x) = 1$). При $\mu_A(x) < 1$ нечітка множина називається субнормальною.

- Нечітка множина є порожньою, якщо $\forall x \in E \mu_A(x) = 0$. Не порожню субнормальну множину можна нормалізувати за формулою $\mu_A(x) := \frac{\mu_a(x)}{\sup_{x \in E} \mu_a(x)}$

- Нечітка множина є унімодальною, якщо $\mu_A(x) = 1$ лише для одного x з E .

- Носієм нечіткої множини A є звичайна підмножина з властивістю $\mu_A(x) > 0$, тобто носій $A = \{x / \mu_A(x) > 0\} \forall x \in E$

- Елементи $x \in E$, для яких $\mu_A(x) = 0,5$ називаються точками переходу множини A .

Основні операції з функціями приналежності зводяться до операцій з їх інтервалами достовірності. А операції з інтервалами, у свою чергу, виражаються через операції з дійсними числами - межами інтервалів:

- операція "складання":

$$[a_1, a_2] (+) [b_1, b_2] = [a_1 + b_1, a_2 + b_2] \quad (2.19)$$

- операція "віднімання":

$$[a_1, a_2] (-) [b_1, b_2] = [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \quad (2.20)$$

- операція "множення":

$$[a_1, a_2] (\times) [b_1, b_2] = [a_1 \times b_1, a_2 \times b_2], \quad (2.21)$$

- операція "ділення":

$$[a_1, a_2] (/) [b_1, b_2] = [a_1 / b_2, a_2 / b_1], \quad (2.22)$$

- операція "піднесення до ступеня":

$$[a_1, a_2] (^) i = [a_1^i, a_2^i]. \quad (2.23)$$

Аналізуючи властивості нелінійних операцій з нечіткими числами (наприклад, ділення), дослідники приходять до висновку, що форма функцій приналежності результуючих нечітких чисел часто близька до трикутної. Тобто, якщо ми вводимо опис трикутного числа набором абсцис вершин (a, b, c) , то можна записати

$$(a_1, b_1, c_1) + (a_2, b_2, c_2) \equiv (a_1 + a_2; b_1 + b_2; c_1 + c_2) \quad (2.24)$$

На такому ж принципі базується і синтез моделі управління соціально-економічними системами.

Основою для синтезу нечіткого логічного управління є база правил, що містить нечіткі вислови у формі «Якщо-то» і функції приналежності для відповідних лінгвістичних термів (тобто, нечітких множин, які визначають лінгвістичну змінну). При цьому повинні дотримуватися наступні умови:

1. Існує хоч би одне правило для кожного лінгвістичного терма вихідний змінної.
2. Для будь-якого терма вхідної змінної є хоча б одне правило, в якому цей терм використовується як передумова (ліва частина правила).

Інакше має місце неповна база нечітких правил.

Приклад. Групі експертів з 8 осіб було запропоновано визначити дії керівництва щодо прийнятного рівень коефіцієнтів швидкої ліквідності та

платоспроможності, нижче якого робота підприємства вважається незадовільною. Такими діями було визнано збільшення статутного капіталу пропорційно величині зменшення означених показників. Тобто, потрібно синтезувати модель управління статутним капіталом підприємства.

Вирішення задачі почнемо з визначення діапазону значень аргументів x для трьох нечітких множин: A_1 – множина значень коефіцієнта швидкої ліквідності, A_2 – множина значень коефіцієнта платоспроможності, B – множина значень збільшення статутного капіталу на 10% відносно рівня зменшення суми двох означених коефіцієнтів. В спеціальній літературі було означено прийнятний рівень першого коефіцієнта 0.6 - 0.8, а для другого – більше 0.5. Тому діапазон можливих значень для обох коефіцієнтів було обрано 0,2 - 0,8. Діапазон можливих значень x для множини B – 0,4 – 1,6.

Потім було проведено опитування експертів щодо незадовільних значень обох коефіцієнтів. Результати опитування наведені в наведеній нижче таблиці.

Коефіцієнт	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Кількість експертів, які вважають такий рівень коефіцієнту незадовільним						
швидкої ліквідності	8	8	8	7	4	1	0
платоспроможності	8	8	7	6	2	0	0

За цією таблицею можна побудувати нечіткі множини, розрахувавши ступінь приналежності як результат ділення числа згодних експертів на їх загальну кількість:

$$A_1 = \{1,0/0,2; 1,0/0,3; 1,0/0,4; 0,875/0,5; 0,5/0,6; 0,125/0,7; 0/0,8\}.$$

$$A_2 = \{1,0/0,2; 1,0/0,3; 0,875/0,4; 0,75/0,5; 0,25/0,6; 0/0,7; 0/0,8\}.$$

Визначимо тепер прийнятний рівень збільшення рівня статутного капіталу в залежності від суми коефіцієнтів. Результати опитування наведені в наступній таблиці.

Сума кое- фіцієнтів	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
	Кількість експертів, які вважають, що при такому значенні суми двох кое-фіцієнтів, статутний капітал потрібно збільшити на 10%.						
швидкої лік- відності	8	7	5	1	0	0	0

За цією таблицею можна побудувати нечітку множину рішень збільшення статутного капіталу, розрахувавши степінь приналежності як результат ділення числа згодних експертів на їх загальну кількість:

$$B = \{1,0/0,4; 0,875/0,6; 0,625/0,8; 0,125/1,0; 0/1,2; 0/1,4; 0/1,6\}.$$

Визначення числових характеристик трьох нечітких множин дозволяє синтезувати структуру управління соціально-економічної системи, яка складається з двох коефіцієнтів у вигляді: **ЯКЩО x_1 це A_1 . І . x_2 це A_2 , ТО y це B .**

2.7.1. Приклад застосування моделі нечіткої логіки для логістичних операцій

Призначення і планування руху вантажівок від дверей до дверей стали важливими рішеннями в терміналі крос-докінгу, так як це диктує дві третини основних щоденних операцій в крос-докінгу, які є входними та вихідними. Пріоритетна координація в'їжджаючих і виїжджаючих вантажівок забезпечить безперебійну роботу стикувального комплексу.

Були зібрані дані логістичної компанії – ТОВ «Мікробор Україна», яка займається наданням крос–докінг послуг.

Зібрані дані включали в себе всю необхідну інформацію, яка стосується входної операції. Ці дані включали в себе детальну інформацію про час прибуття вантажного автомобіля, час початку обслуговування вантажного автомобіля біля дверей дока, час, що витрачається на розвантаження вантажу і час виїзду вантажівки з доку. Час розвантаження в даному дослідженні відноситься до загального часу, витраченому на перевантаження вантажу з вантажного автомобіля на вантажний відсік, а також часу, витраченому на перевірку правильності продукції.

Крім того, з інформації, написаної в примірниках замовлень на поставку, була отримана інформація про різновиди товарів і кількості коробок. Вхідні дані для п'яти вантажівок наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Вхідні данні для п'яти вантажівок

Truck	PO	I	B	AT	ST	DT	AUT(min)
1	1	3	11	11:44	11:45	11:55	10
2	21	54	59	8:51	9:11	10:46	94
3	42	211	314	9:56	11:12	14:27	185
4	77	345	694	8:09	9:06	14:17	310
5	120	382	728	13:25	15:02	20:16	296

де PO – Purchase order (кількість замовлень); I – Item (кількість товару); B –Boxes (кількість коробок); AT – Actual time (дійсний час); ST – Start time (час старту операції); DT – Departure time (час відправлення); AUT – Actual unloading time (дійсний час на перевантаження); Min – Minures (хвилини).

В даному дослідженні використовувався підхід нечіткої логіки для оцінки часу розвантаження вантажівок при в'їзді в стикувальний вузол роздрібної торгівлі. Оцінка часу розвантаження була визначена шляхом вимірювання трьох основних критеріїв, а саме: кількість замовлень на поставку, перевезених вантажівкою, варіативність позицій, перелічених у кожному замовленні на поставку, і кількість ящиків, завантажених у вантажівку. Ці критерії розглядалися в даному дослідженні, так як це була доступна інформація, яку можна було отримати на підставі замовлень на поставку, представлених вантажівкою в пункті реєстрації. При оцінці часу розвантаження з використанням нечіткої логіки необхідно було виконати декілька етапів:

Етап 1: Визначення вхідних і вихідних змінних: В даному дослідженні були визначені три вхідних і одна вихідна змінні. Вхідними змінними були –

кількість замовлень на поставку (*Purchase order – PO*), різновиди товарів (*Item – I*) і кількість коробок (*Boxes – B*), в той час як вихідною змінною було очікуваний час розвантаження (*Unloading time – UT*), числове значення цього показника означає –кількість хвилин. Для кожної лінгвістичної змінної відповідне лінгвістичне значення і діапазон приналежності представлені в табл. 2.2.

Діапазон був класифікований на основі проаналізованих даних, в той час як функція приналежності до відповідних вхідних і вихідних змінних була запропонована на основі цього аналізу даних і схвалена експертами компанії.

Таблиця.2.2

Лінгвістичні змінні, лінгвістичні значення та діапазон приналежності до нечітких множин

Лінгвістична змінна	Лінгвістичне значення	Діапазон
Вхідні змінні		
Кількість замовлень (PO)	Very few (VF)	[0,17]
	Few (F)	[14,52]
	Moderate (M)	[49,102]
	High (H)	[99,152]
	Very High (VH)	[149,252]
Кількість товару (I)	Very few (VF)	[0,50]
	Few (F)	[30,150]
	Moderate (M)	[120,250]
	High (H)	[200,400]
	Very High (VH)	[300,900]
Кількість коробок (B)	Very few (VF)	[0,100]
	Few (F)	[60,400]
	Moderate (M)	[200,800]
	High (H)	[500,1500]
	Very High (VH)	[900,4500]

Лінгвістична змінна	Лінгвістичне значення	Діапазон
Вихідні змінні		
Час перевантаження – Unloading time (UT)	Extremely short (ES)	[0,30]
	Very short (VS)	[20,45]
	Short (S)	[35,90]
	Moderate (M)	[60,120]
	Long (L)	[100,360]
	Very long (VL)	[240, 480]
	Extremely long (EL)	[400,600]

Етап 2: Вхідна фазифікація. Була використана трапецієвидна функція для процесу перетворення чітких значень, тому що вона краще підходить для таких властивостей множин, які характеризують невизначеність типу: "приблизно до-рівнює", "середнє значення", "розташований в інтервалі ", " подібний до об'єкту ", " схожий на предмет "і ін. Також служить, для подання нечітких чисел і інтервалів.

Етап 3: Об'єднання нечітких значень отриманих на етапі 3 з правилами на базі нечітких правил (FRB), отриманими на етапі 2, для отримання нечіткого виведення. На рисунку 2.12 приведено вікно візуалізації нечіткого виведення. Вікно активізується командою Rules меню View. В полі Input вказуються значення вхідних змінних, для яких виконується нечіткий логічний висновок.

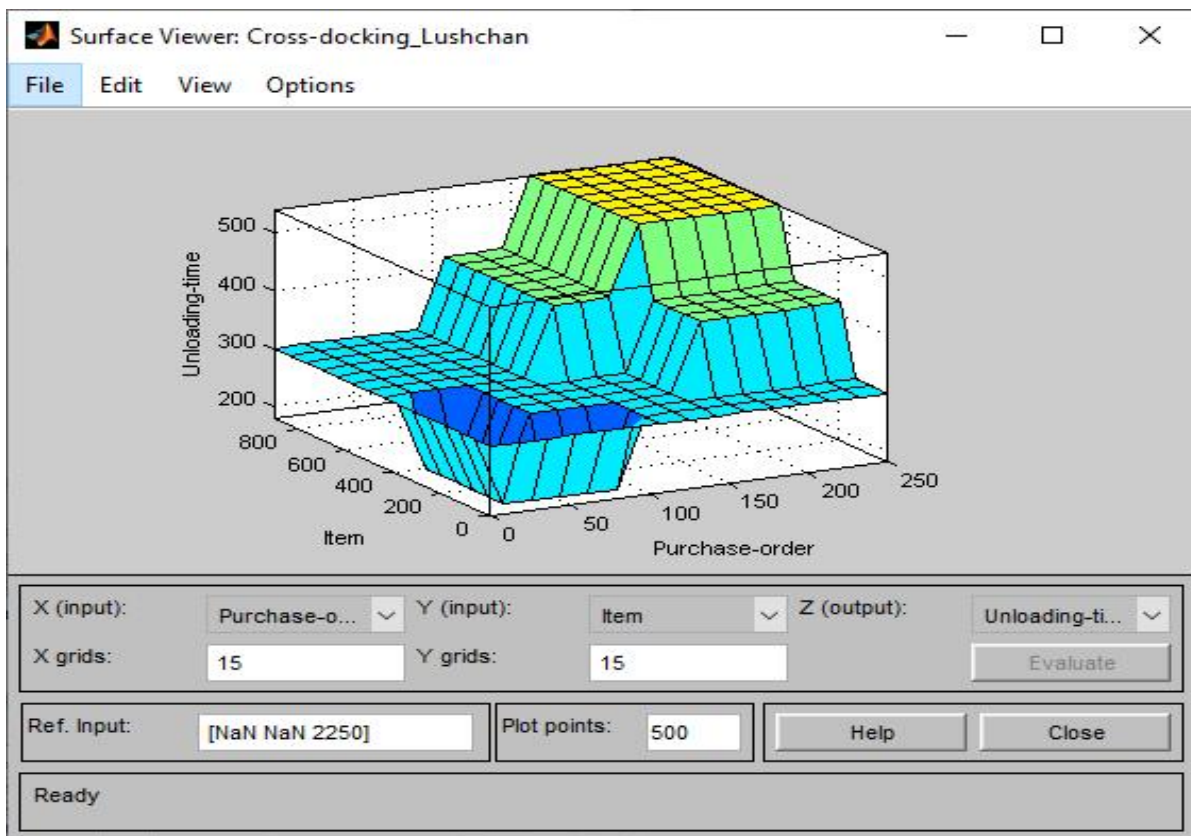


Рис. 2.12. Графічний аналог створеної системи розрахунку

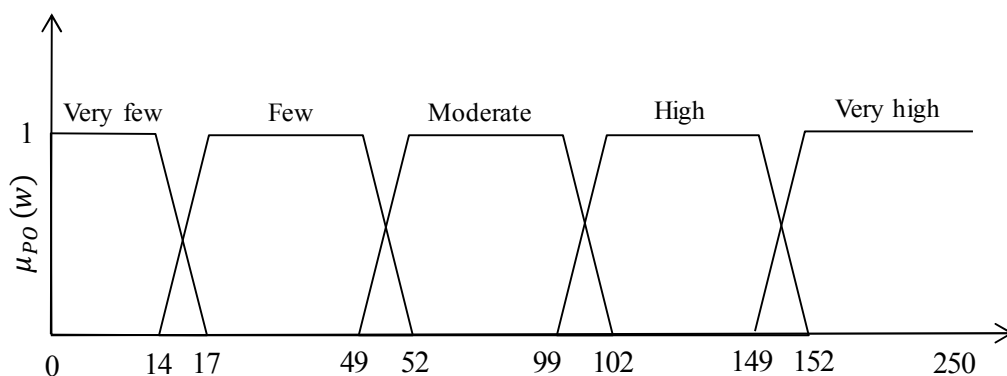


Рис. 2.13. Трапецієвидна функція приналежності для РО

Етап 4: Об'єднання вихідних даних: Агрегація являє собою процес об'єднання всіх окремих нечітких виходів в одну нечітку множину.

Етап 5: дефазифікація об'єданого виходу: Метою дефазифікації було перетворення агрегованого нечіткого виходу в чітку величину.

В даному дослідженні було використано інструментарій Matlab для роботи з нечіткою логікою для визначення розрахункового часу вантажівки постачальника.

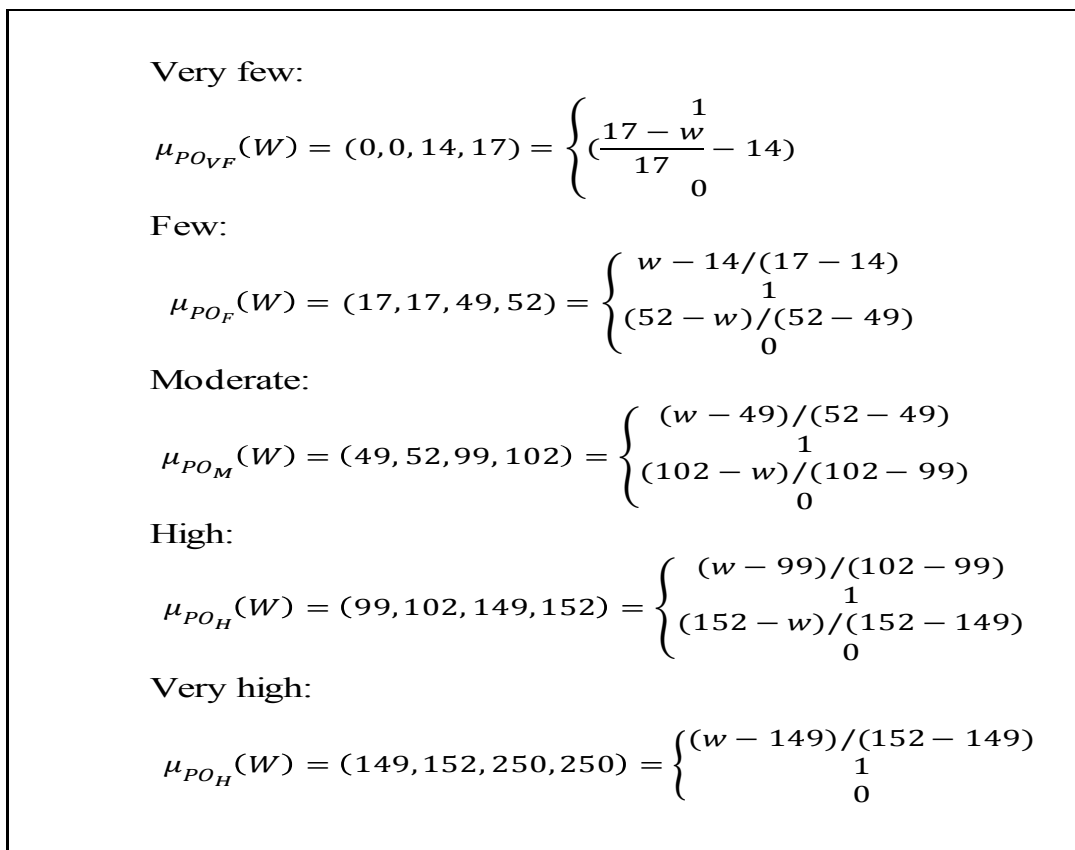


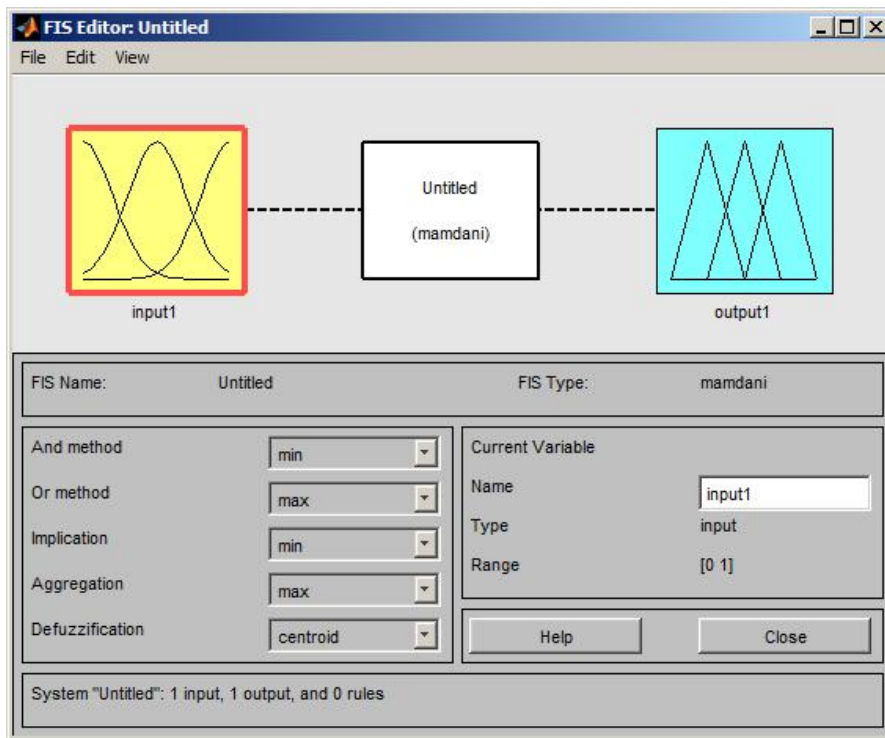
Рис. 2.14. Функція приналежності для кількості замовлень (W)

2.7.2. Використання програмного комплексу MatLab для побудови нечіткої моделі

Після відкриття програми, потрібно увести в командний рядок слово «fuzzy» для налаштування на розробку нечіткої моделі. Вікно, що з'явиться, є редактором нечітких моделей.

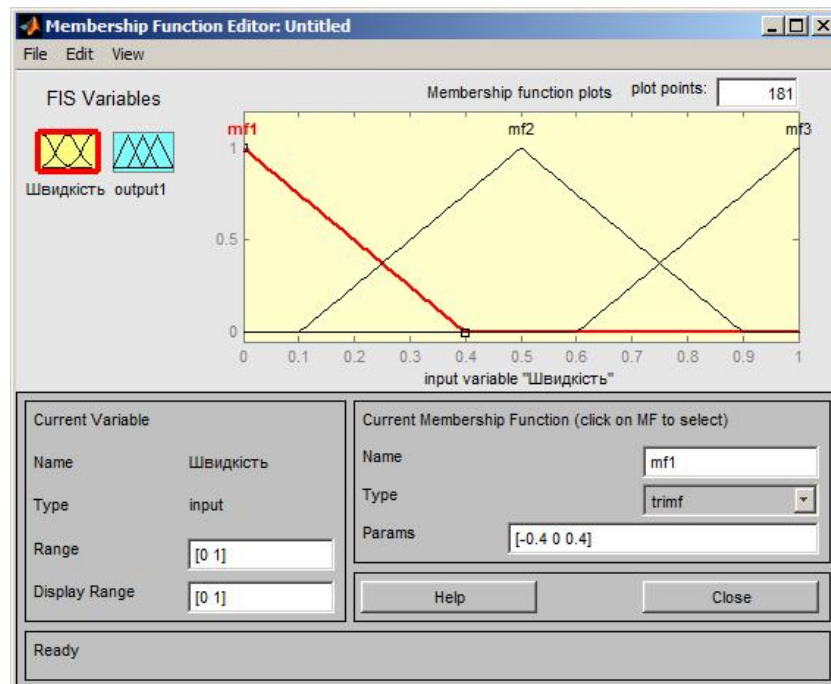
Перед початком роботи необхідно визначити всі діапазони існування логічних змінних, маючи на увазі, що в системі MatLab для кожної змінної визначається завжди три типи. Наприклад для змінної «близько» – «дуже близько», «близько», «не дуже близько».

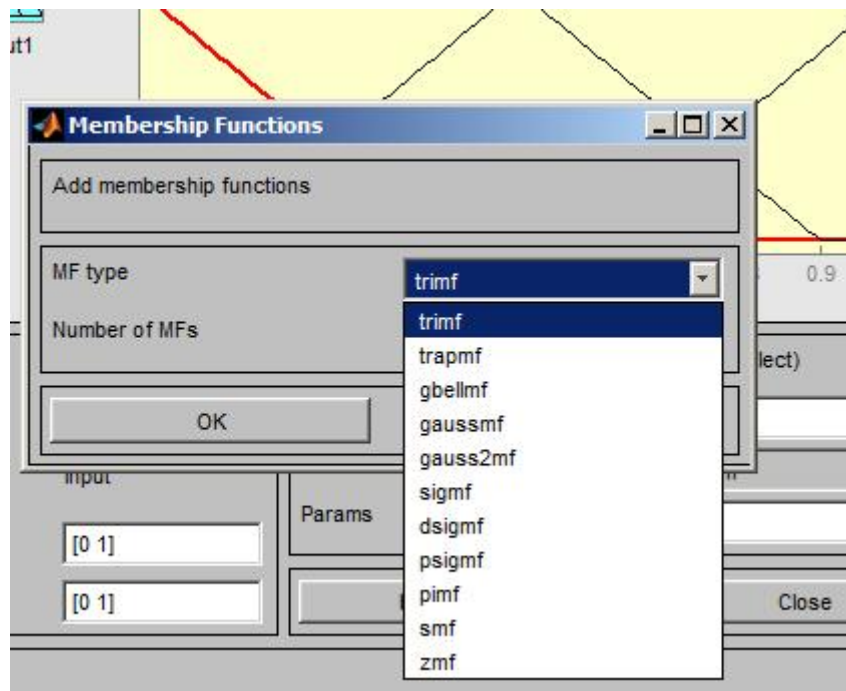
Також необхідно визначитися з видом функцій для кожної змінної – трапецевидна, Гаусіана чи трикутна.



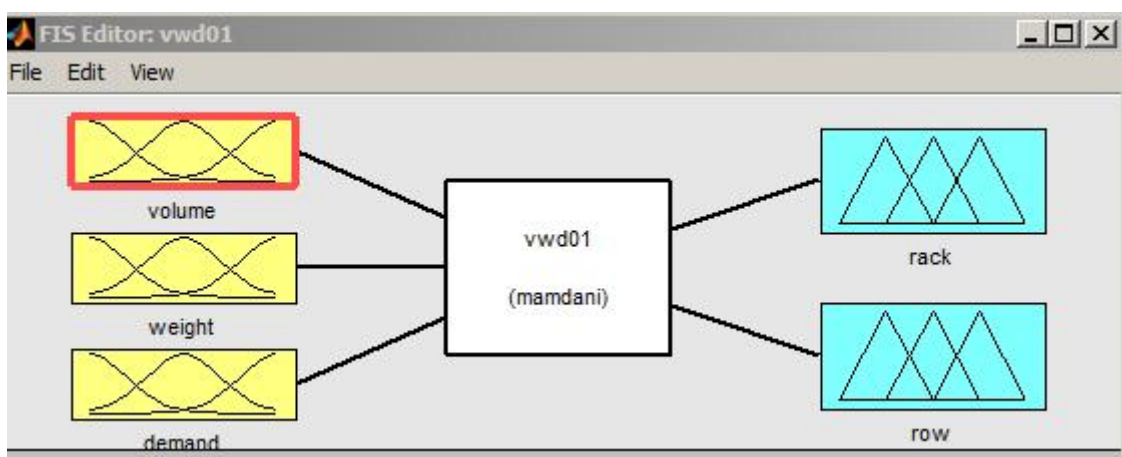
Потім клацаємо по піктограмі вхідного параметра і задаємо числові значення характерних точок.

Обравши у цьому вікні пункт «File-Add Mfs...» можна обрати одну з численних функцій пертворення.

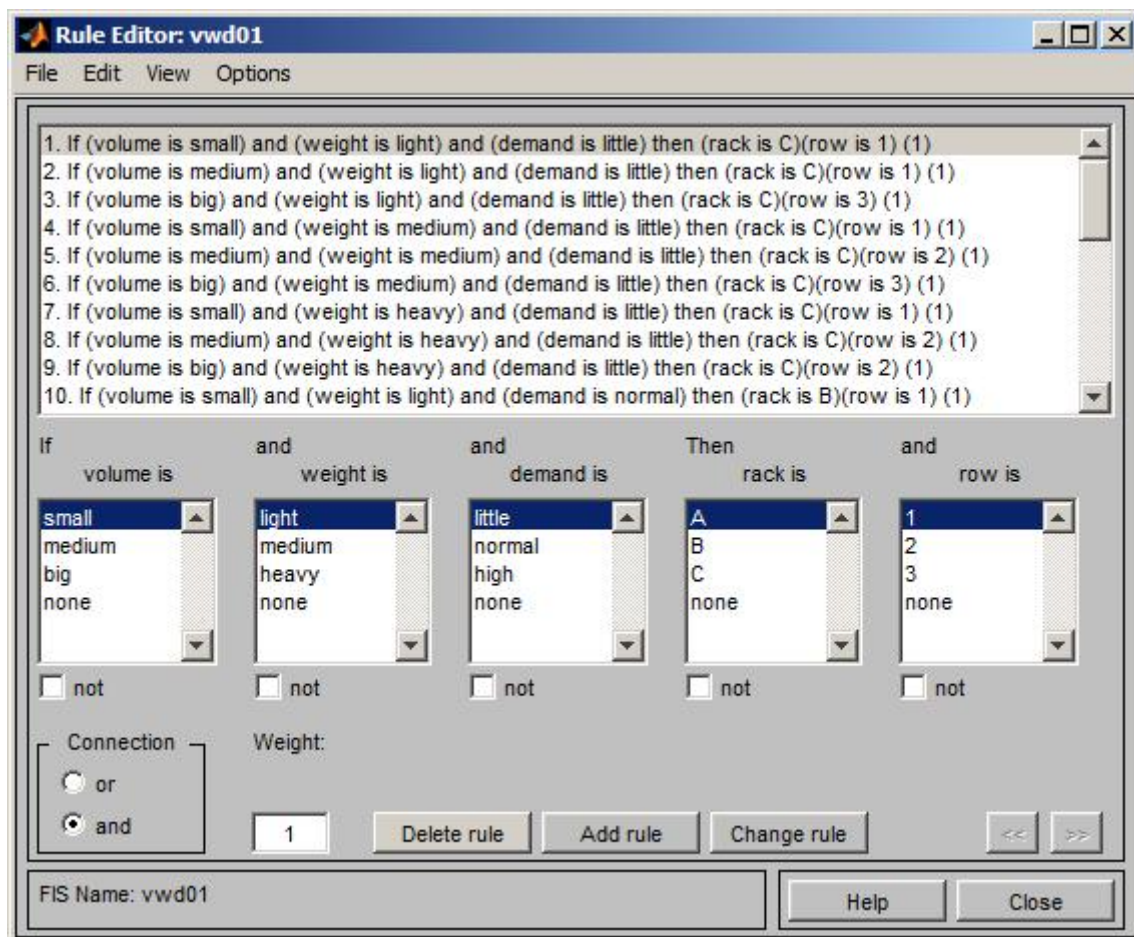




Якщо потрібно додати вхідних параметрів, необхідно обрати пункт меню «File-Add variable» та обрати їх тип «input» або «@output». Кожну з цих змінних необхідно так само визначити.



Окрім того, треба увести нечіткі логічні правила, які ви створили. Для цього треба клацнути по центральному білому квадратику схеми.

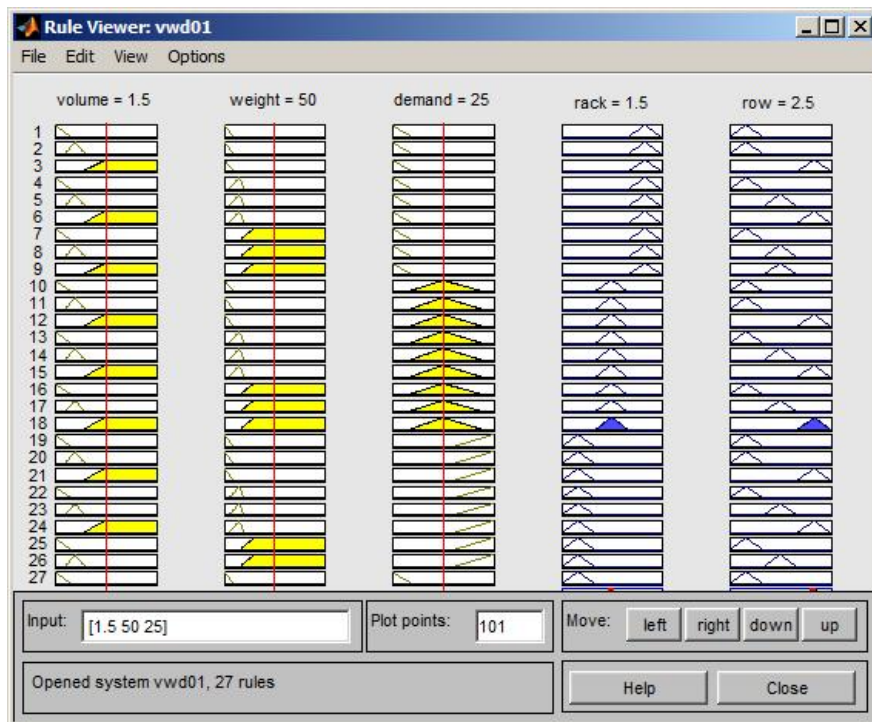


Потім натискаємо кнопку «Add rule» і визначаємо умову, для якої характерні певні нечіткі правила. Наприклад, якщо це стосується керування автомобіля, ми можемо дати наступне правило «Якщо швидкість **висока** і відстань до переднього автомобіля **мала**, то треба **дуже зменшити** натискання на педаль газу». Тут нечіткі лігвістичні змінні підкреслено.

Натиснувши кнопку «Ctrl+5», ми отримаємо графічне зображення всіх правил.

Вертикальна червона лінія на показує значення вхідних нечітких факторів. Над рисунком для кожної змінної подано її числове значення.

«Узявши» мишкою за червону лінію, можна змінити значення вхідного фактору. Тоді, над стовпчиками, що зображають вихідні фактори, з'явиться їх числове значення після дефазифікації. На рисунку угорі це – два лівих стовпця.



2.8. Індивідуальне завдання № 5

Тема: Синтез моделі бізнес-процесу із застосуванням методики розробки моделей для нечітких висловлювань.

Завдання: синтезувати статистичну бізнес-модель, використовуючи пакет прикладних програм MatLab.

Порядок виконання: для визначення свого варіанту студент використовує останню цифру номеру залікової книжки N_3 та номер за списком навчальної групи N_2 .

Методичні вказівки:

- 1) З таблиці 2.3 за останньою цифрою залікової книжки обрати варіант бізнес-процесу.
- 2) Створити набір нечітких умов.
- 3) Визначити лінгвістичні змінні та розробити для них граничні показники
- 4) Застосувати отримані дані для розробки алгоритму фазифікації-дефазифікації у програмі MatLab.

- 5) С творити таблицю відповідності чітких значень вхідних факторів чітким значенням вихідних.
- 6) Апроксимували цю таблицю лінійною або нелінійною формулою за допомогою Excel-Regression.
- 7) У звіті мають бути фрагменти вікон MatLab, формула апроксимації, файл MatLab з нечіткою моделлю та висновки.

Таблиця 2.3

Варіанти бізнес-процесів		
№ п/п	Об'єкт управління	Бізнес-процес
0	Відділ кадрів	Прийом на роботу нового співробітника
1	Відділ постачання	Пошук потрібних запчастин
2	Бухгалтерія	Нарахування заробітної платні
3	Відділ збуту	Пошук клієнтів для власної продукції.
4	Керівник	Прийняття рішень в умовах нестачі клієнтури
5	Керівник виробничого підрозділу	Прийняття рішення в умовах аварії на виробництві
6	Психолог	Вироблення узгоджених умов діяльності співробітників в умовах конфліктів
7	Декан	Розробка заходів при пропусках занять студентами
8	Фінансовий відділ	Залучення ресурсів в разі нестачі оборотних коштів.
9	Конструкторське бюро	Розробка нових і модифікація наявних продуктів

2.9. Імітаційне моделювання (метод Монте-Карло)

Імітаційне моделювання – це метод, що дозволяє будувати моделі процесів, що описують, як ці процеси проходили б насправді.

Таку модель можна «програти» в часі як для одного випробування, так і заданої їх кількості. При цьому результати визначатимуться випадковим характером процесів. За цими даними можна отримати достатньо стійку статистику.

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, заснований на тому, що система, яка вивчається, замінюється імітатором і з ним проводяться експерименти з метою отримання інформації про цю систему. Експериментування з імітатором називають імітацією (імітація – це збагнення суті явища, не вдаючись до експериментів на реальному об'єкті).

Імітаційне моделювання – це окремий випадок математичного моделювання. Існує клас об'єктів, для яких з різних причин не розроблені аналітичні моделі або не розроблені методи розв'язування задач про такі моделі. В цьому випадку математична модель замінюється імітатором або імітаційною моделлю.

Імітаційна модель – (у вузькому значенні) логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері в цілях проектування, аналізу і оцінки функціонування об'єкта.

Метод Монте-Карло (за назвою міста Монте-Карло, Монако, яке відоме своїми казино) – загальна назва групи числових методів, заснованих на одержанні великої кількості реалізацій стохастичного (випадкового) процесу, який формується у той спосіб, щоб його ймовірнісні характеристики збігалися з аналогічними величинами задачі, яку потрібно розв'язати. Використовується для розв'язування задач у фізиці, математиці, економіці, оптимізації, теорії управління тощо.

Метод Монте-Карло – це метод імітації для приблизного відтворення реальних явищ. Він об'єднує аналіз чутливості (сприйнятливості) і аналіз розподілу ймовірностей вхідних змінних. Цей метод дає змогу побудувати модель, мінімізуючи дані, а також максимізувати значення даних, які використовуються в моделі. Побудова моделі починається з визначення функціональних залежностей у

реальній системі. Після чого можна одержати кількісний розв'язок, використовуючи теорію ймовірності й таблиці випадкових чисел.

Метод Монте-Карло широко використовується у всіх випадках симуляції на ЕОМ.

Метод Монте-Карло застосовується для апроксимації значення π . Після розміщення 30000 випадкових точок, оцінка для π знаходиться в межах 0,07 % від фактичного значення.

Не існує єдиного методу Монте-Карло, цей термін описує великий і широко використовуваний клас підходів. Проте ці підходи використовують в своїй основі єдиний шаблон:

1. Визначити область можливих вхідних даних.
2. Випадковим чином згенерувати вхідні дані із визначеної вище області за допомогою деякого заданого розподілу ймовірностей.
3. Виконати детерміновані обчислення над вхідними даними.
4. Проміжні результати окремих розрахунків звести у кінцевий результат.

Використання методів Монте-Карло вимагає великої кількості випадкових чисел, їх використання стимулювало розвиток багатьох генераторів псевдовипадкових чисел, які є набагато швидшими в використанні, ніж таблиці випадкових чисел, що раніше використовувалися для статистичної вибірки.

Перед тим як метод Монте-Карло був розроблений, тестування випробуванням раніше розумілося як детермінована задача, і статистична вибірка була використана для оцінки невизначеностей в моделюванні. Моделювання за методом Монте-Карло змінило цей підхід до вирішення задач з використанням детермінованих ймовірнісних аналогів.

Фізики з Лос-Аламоської наукової лабораторії досліджували радіаційний захист та відстань, яку нейтрони проходять через різні матеріали. Зважаючи на велику кількість необхідних даних, таких як середня відстань, яку нейтрони проходять в речовині до зіткнення з атомним ядром або скільки енергії нейтрони мають віддати, щоб зіткнутися з ядром, задача не могла бути розв'язана за допомогою аналітичних розрахунків.

Джон фон Нейман і Станіслав Улам запропонували розв'язати її на основі моделювання експерименту на комп'ютері за допомогою випадку. Будучи засекреченою, їхня робота потребувала кодової назви. Фон Нейман вибрав назву «Монте-Карло». Назва запозичена від казино Монте-Карло в Монако, для гри в якому дядько Улама позичав гроші.

Не існує єдиної думки про те, як визначити метод Монте-Карло. Наприклад, Ріплі визначає найбільш ймовірне моделювання як стохастичне моделювання, з використанням методу Монте-Карло для інтеграції і статистичних випробувань Монте-Карло. Савіловський розрізняє моделювання, метод Монте-Карло і моделювання по методу Монте-Карло: моделювання є фіктивним уявленням дійсності, метод Монте-Карло є методом, який може бути використаний для вирішення математичних або статистичних задач, і моделювання методом Монте-Карло використовує повторний відбір для визначення властивостей якогось явища (або поведінки). Приклади:

- Моделювання: Зображення однієї псевдо-випадкової однорідної змінної з інтервалу $[0,1]$ може бути використане для імітації кидання монети: Якщо значення менше або дорівнює 0,50 вважають, що результат — орел, якщо значення більше ніж 0,50 позначають результат, як решка.
- Метод Монте-Карло: висипають коробку монет на столі, а потім обчислюють співвідношення монет, які приземляються різними сторонами.
- Моделювання Монте-Карло: Накреслюється велика кількість псевдовипадкових однорідних змінних з інтервалу $[0,1]$, а також присвоюють значення менше або рівне 0,50 — моделювання методом Монте-Карло для поведінки повторних підкидань монет.

Методи моделювання Монте-Карло не завжди вимагають дійсно випадкових чисел для того, щоб бути корисними (хоча, для деяких додатків, таких як тестування на простоту, непередбачуваність є необхідною ознакою). Більшість найбільш корисних методів використовують детерміновані, псевдовипадкові послідовності, що роблять їх легкими для тестування і повторного запуску.

Все залежить від програми, але, як правило, вони повинні пройти ряд статистичних тестів. Тестування того чи іншого числа рівномірно розподілені або

слідують іншому бажаному розподілу, коли визначена досить велика кількість елементів послідовності, вважається одним з найпростіших і найбільш поширених з цих методів. Слабкість кореляції між послідовними вибірками є часто бажаною або необхідною.

Характеристики високоякісного моделювання методом Монте-Карло:

- (Псевдо-випадковий) генератор чисел має певні характеристики (наприклад, довгий «період» до того, як послідовність повторюється)
- (Псевдо-випадковий) генератор чисел генерує значення, які проходять випробування на випадковість
 - є достатня кількість зразків для забезпечення точних результатів
 - використовується належний метод вибірки
 - алгоритм, який використовується, є дієвим для ситуації, що моделюється
- він імітує явища.

Методи Монте-Карло особливо корисні для моделювання явищ зі значною невизначеністю вхідних даних і систем з великим числом пов'язаних ступенів вільності. Області застосування:

Методи Монте Карло дуже важливі в розрахунковій області фізики, фізичної хімії і пов'язаних з ними прикладних областях, а також в різноманітних додатках від розрахунків квантової хромодинаміки до проектування теплових екранів. У статистичній фізиці молекулярне моделювання Монте-Карло є альтернативою обчислювальній молекулярній динаміці, а також методи Монте-Карло використовуються для обчислення теорії статистичних полів елементарних частинок і полімерних систем^[1]. У радіаційному матеріалознавстві бінарне наближення зіткнень для моделювання іонної імплантації, відбувається, як правило, на основі підходу Монте-Карло для вибору наступного атома при зіткненні. У експериментальній фізиці елементарних частинок методи Монте-Карло використовуються для розробки детекторів, розуміння їх поведінки і порівняння експериментальних даних з теорією. Методи Монте-Карло також використовуються для моделей, які складають основу сучасного прогнозування погоди.

Методи Монте-Карло широко використовується в техніці для аналізу чутливості та кількісного ймовірнісного аналізу в процесі проектування. Наприклад,

- У геостатистиці методи Монте-Карло лежать в основі проектування технологічних схем збагачення корисних копалин.
- При аналізі використання енергії вітру.
- Вплив забруднення при використанні дизельного палива в порівнянні з бензином.
- В динаміці рідин, зокрема, динаміці розрідженого газу.
- В автономних роботів, локалізацією Монте-Карло можна визначити положення робота. Це часто застосовується до стохастичних фільтрів, таких як фільтр Кальмана, який формує основу SLAM (одночасне відображення локалізації і алгоритму).
- В області телекомунікацій, при плануванні бездротової мережі, конструкція повинна працювати для широкого спектра сценаріїв, які залежать головним чином від кількості користувачів, їх місць і послуг, які вони хочуть використовувати. Продуктивність мережі потім оцінюється і, якщо результати не є задовільними, конструкція мережі підлягає процесу оптимізації.
- Для дослідження надійності техніки можна використовувати метод Монте-Карло, щоб генерувати середній час між виникненням несправностей і середній час ремонту компонентів.

Методи Монте-Карло також ефективні в рішеннях, пов'язаних з інтегральними рівняннями для радіаційних полів і перенесення енергії, і, таким чином, ці методи були використані в глобальних обчисленнях освітлення, які створюють фотореалістичні зображення віртуальних 3D-моделей, з застосуванням в відеоіграх, архітектурі, дизайні і кінематографічних спецефектах.

Методи Монте-Карло у фінансах часто використовуються для оцінки інвестицій в проектах на корпоративному рівні або для оцінки похідних фінансових інструментів. Вони можуть бути використані для моделювання графіків проекту, де використовуються агреговані оцінки для найгіршого випадку та найкращого варіанту, і найбільш ймовірна тривалість для кожного завдання, щоб визначити результати для всього проекту.

2.9.1. Віднесення випадкової величини до певного закону розподілу

Знати закон розподілу випадкової величини потрібно, щоб вірно задати потік вхідних значень імітаційної моделі.

Для визначення того, якому закону підлягає випадкова величина, необхідно вибрати цей закон (чи рівномірний, чи експоненціальний, чи нормальний, чи ще який) і висунути так звану «**нуль-гіпотезу**» про те, що математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення (чи дисперсія) для цього закону дорівнюють оцінкам цих величин, отриманих з результатів розрахунку за вибіркою випадкової величини з певною довірчою ймовірністю p .

Далі, розбиваємо область існування випадкової величини на діапазони з урахуванням і знаходимо відносні частоти k_i . Для кожного діапазону знаходимо ймовірності попадання випадкової величини в конкретний діапазон за відомою вже формулою

$$P(x_i < x < x_{i+1}) = F(x_{i+1}) - F(x_i), \quad (2.24)$$

де x_i, x_{i+1} – значення випадкової величини на верхній і нижній межах i -го діапазону, $F(x)$ – прийнята ними як нуль-гіпотеза, функція розподілу, у якій параметрами математичного сподівання та дисперсії використовуються їхні оцінки, розраховані з експериментальної вибірки.

Нуль-гіпотеза приймається, якщо критерій узгодження Пірсона (або «хі-квадрат»)

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^d \frac{(p_i - k_i)^2}{p_i}, \quad (2.25)$$

буде менший або дорівнювати табличному значенню цього критерію при достатньо великому значенні довірчої ймовірності.. Тут n – розмір вибірки, k_i – частоти на відповідних діапазонах; p_i – імовірності попадання випадкової величини в той же діапазон, по якому розраховані і відносні частоти, розраховані за

формулою (4.13): d – загальна кількість діапазонів, на які розбита область існування випадкової величини. $r = d - s - 1$ – число ступенів свободи, де s – число параметрів закону розподілу випадкової величини. Так, для рівномірного, експоненціального закону і закону Пуассона $s=1$, бо для цих законів треба знати тільки математичне сподівання (дисперсія жорстко пов'язана з математичним сподіванням простою формулою), а для нормального $s=2$, тому що для визначення цього закону потрібно знати вже два параметри m та σ .

Функція Excel, яка дозволяє знайти теоретичне значення

ХИ2ОБР(довірча ймовірність; число степенів свободи)

B18		fx =ХИ2ОБР(B17;B16)				
	A	B	C	D	E	F
7	мін=	9	маж=	43		
8	k=	4	del=	8,5		
9	Діапазони		K	k	P	(k-P)^2 /P
10	мін	маж				
11	9	17,5	3	0,3	0,1866	0,0689
12	17,5	26	1	0,1	0,1391	0,011
13	26	34,5	1	0,1	0,1036	0,0001
14	34,5	43	5	0,5	0,0772	2,3144
15					Xi-кв.=	23,944
16	r=	2				
17	P=	0,95				
18	Xi таб=	0,10259				

Інколи цю задачу вирішують через визначення рівня довірчої ймовірності. Тобто, за розрахованим значенням χ^2 та за числом степенів свободи знаходять, якій ймовірності вони відповідають. А потім приймають рішення, чи можна довіряти отриманим результатам з такою ймовірністю. Для таких розрахунків існує функція Excel

ХИ2РАСП(розраховане значення χ^2 ;число степенів свободи)

2.9.2. Приклади застосування методу Монте-Карло для ідентифікації бізнес-процесу

Приклад 1. Імітаційна модель оптимізації запасів

Концептуальна модель:

1. Моделюється однопродуктова система керування запасами. Кількість продукту, яка вивозиться щоденно зі складу, визначається поточним попитом. Використовується стратегія фіксованого розміру замовлення (H, q): коли рівень поточного запасу у надає нижче від заданої позначки H , керівництво складу замовляє поставку товару в кількості q . По закінченні терміну виконання замовлення ця продукція надходить на склад і доповнює запас, що вже є там у даний момент. Система постачання функціонує T днів.

2. Щодня виникає попит на предмет зберігання, причому дорівнює цей попит величині X — випадковій величині з відомим законом розподілу ймовірностей.

3. Установлюється такий порядок виконання операцій на складі протягом кожного дня:

1) визначаються обсяги замовлень на поповнення запасу, які будуть реалізовані протягом поточного дня;

2) товар поставляється споживачеві, тобто задовольняється попит;

3) оцінюється запас, що залишився, і при потребі (якщо поточний запас досягає порогового рівня) оформлюється замовлення на поповнення запасу.

4. Затримка поставки λ (кількість днів між моментами часу подачі замовлення на поставку та її прибуттям) тлумачиться як випадкова величини з відомим законом розподілу ймовірностей.

5. Незадоволені замовлення споживачів товару анулюються, тобто переносити дефіцит на наступний день не дозволяється.

6. Заявка на поповнення запасу приймається до виконання лише в тому разі, коли подана раніше заявка реалізована, тобто в кожний момент часу на стадії реалізації не може перебувати більш як одна заявка.

7. За цільову функцію для вибору оптимальних значень змінних ке-

рування беруть сумарні витрати (вартість зберігання і поставки, штраф) за період T .

$$L(q, h) = L_z + L_p + L_D \rightarrow \min.$$

Оскільки щоденний попит і затримка поставок — випадкові величини, то й сума витрат системи постачання $L(q, h)$ також є випадковою величиною, закон розподілу ймовірностей якої в загальному випадку невідомий. Тому цільова функція являє собою математичне сподівання витрат $M[L(q, h)]$.

8. Математичне сподівання витрат при фіксованих значеннях змінних керування q, h оцінюється з допомогою вибіркового середнього

$$\bar{L}(q, h) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N L_j(q, h)$$

де N — число циклів прогонів (дублювань) імітаційної моделі при фіксованих значеннях змінних керування q, h і незмінних факторах моделі (у разі машинної реалізації імітаційної моделі беруть 1000 циклів прогонів); $L_j(q, h)$ — значення сумарних витрат у j -му прогоні.

9. Вартість поставки — стала величина, що не залежить від обсягу поставки і дорівнює g :

$$L_p = g = \text{const}.$$

10. Вартість зберігання пропорційна до величини залишку продукту на кінець дня, коефіцієнт пропорційності дорівнює s .

11. Витрати на штрафи пропорційні до залишкової величини дефіциту на кінець дня, коефіцієнт пропорційності дорівнює p .

12. Ендогенна змінна системи (відгук): L — сумарні витрати.

13. Змінні, що визначають стан системи в довільний момент часу:

L_z — витрати на зберігати;

L_p — вартість поставки;

L_D — витрати на штрафи;

t — поточний (системний, модельний) час;

t' — момент Часу(день). коли реалізується поставка;

y — поточне значенні запасу [у разі дефіциту— від'ємне];

j — індекс циклів роботи імітаційної моделі.

14. Змінні керування:

q — обсяг (партія) замовленої поставки;

h — нижній (пороговий) рівень запасу.

15. Не керовані параметри

s — витрати на зберігання одиниці продукції на кінець дня;

p — витрати через дефіцит, пов'язані з нестачею одиниці продукції;

g — витрати організацію однієї поставки;

z — початковий рівень запасу;

T — тривалість (кількість днів) функціонування системи постачання.

16. Екзогенні (вхідні) змінні:

X — щоденний попит на продукт;

λ — час затримки поставки.

17. Характеристики функціонування системи:

$F(X)$ — функція розподілу ймовірності попиту;

$F(\lambda)$ — функції розподілу ймовірності затримки поставки.

18. За допомогою методу імітаційного моделювання потрібно знайти оптимальні значення h і q , при яких сумарні витрати на організацію постачання протягом T днів будуть мінімальні.

Імітаційна модель задачі пошуку оптимальної стратегії керування запасами складається з двох контурів — зовнішнього і внутрішнього. Зовнішній контур реалізує схему проведення експериментів за методом Бокса-Уїлсона, тобто на цьому рівні визначаються точки факторного простору, в яких відбувається імітаційний експеримент для визначення цільової функції — сумарних витрат на постачання.

На вхід до внутрішнього контуру надходить пара чисел (вектор) (q, h) , визначених згідно з процедурою руху в напрямі антиградієнта або в околі базової точки факторного простору. Після проведення машинного експерименту в

точці (q_k, h_k) і статистичної обробки результат моделювання дістаємо значення цільової функції $\bar{L}(q_k, h_k)$, яке відсилається на зовнішній контур моделі для прийняття рішення щодо подальшого проведення експериментів.

Логічна структурна схема (блок-схема) внутрішнього контуру імітаційної моделі, що реалізує N повторів спроби при фіксованих значеннях параметрів системи і змінних керування (q, h) , зображено на рис. 2.16.

Початком роботи імітаційної моделі (внутрішнього контуру) є увід до ЕОМ конкретних числових значень некерованих параметрів (s, g, p, z, T) , керуючих змінних (q, h) , а також числа циклів N . Далі в комірки пам'яті машини, які призначені для записування змінних стану системи L_z, L_p, L_D, t, t' , засилаються нулі. Оператори 2, 13 і 14 організують зовнішній цикл роботи алгоритму, що забезпечує N -кратний прогін спроби за однакових умов. Початкове значення поточного запасу (оператор 4) дорівнює величині z .

Оператори моделі 5 і 6 призначені для організації еволюційного процесу (тут використовується однорідне градування часу, крок руху по часовій осі дорівнює одному дню).

Якщо поточне значення системного часу f перевищує заданий термін планування T , то блок 12 обчислює сумарні витрати системи постачання L за даний j -й прогін моделі ($j = 1, 2, \dots, N$). Потім здобуті значення L_j обробляються у блоці 23: відшукуються середнє арифметичне значення $\bar{L}(q, h)$, яке беруть за статистичну оцінку математичного сподівання витрат, та вибіркова дисперсія $\bar{\sigma}_L^2$ за допомогою якої визначаються надійний інтервал оцінки L і необхідна кількість дублювань спроби N :

$$\bar{L} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N L_j;$$

$$\bar{\sigma}_L^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (L_j - \bar{L})^2.$$

Оператор 7 перевіряє, чи надходить у поточний момент часу замовлена раніше поставка. Якщо поставка надходить, то поточний рівень запасу збільшується на партію поставки q . Попит X і затримка поставки A , генеруються з допомогою методу Монте-Карло згідно із заданими розподілами $F(X)$ (оператор 9) і $F(\lambda)$ (оператор 16).

Оператор 10 реалізує поставку товару споживачам, тобто задовольняється попит. При цьому, якщо попит задовольняється повністю (оператор 19, позиція "Ні"), то оператор 22 обчислює вартість зберігання. У противному разі обчислюється величина штрафу (оператор 20) і виключається можливість перенести дефіцит на наступний день (оператор 21).

Логічні оператори 11 і 15 імітують організацію замовлення на поставку, яка здійснюється за умови, що поточний рівень запасу досягає рівня h і момент часу реалізації попередньої заявки на поставку не перевищує системного часу. Якщо замовлення на поставку сформоване, то оператор 17 імітує час надходження чергової поставки, а оператор 18 ураховує пов'язані з цим витрати.

Результати реалізації описаної імітаційної моделі керування запасами на ЕОМ унаочнює рис.2.15.

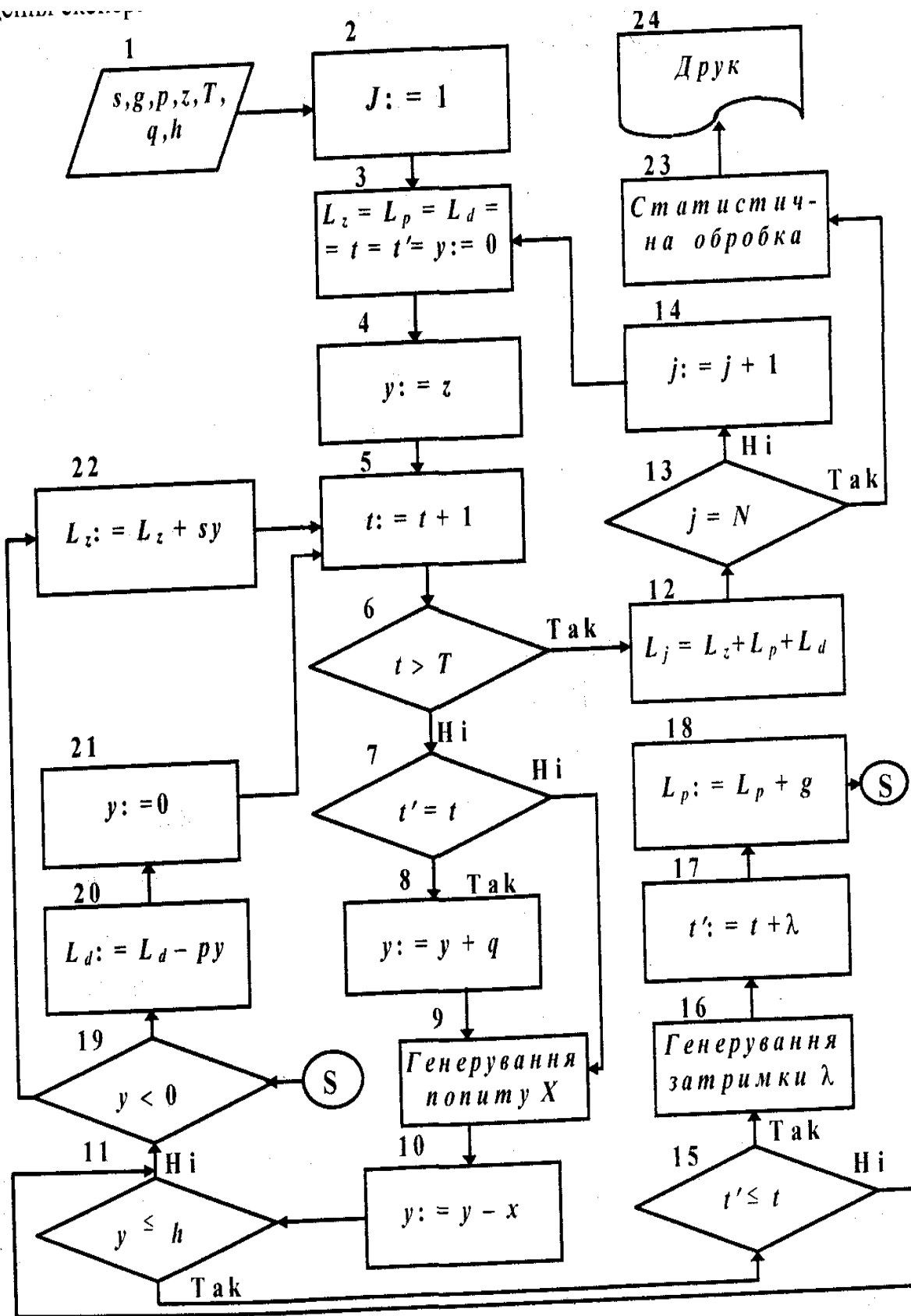


Рис. 2.15. Блок-схема імітаційної моделі керування запасами

Поверхню відгуку зображено лініями однакового рівня $L = 11, 13, 15, \dots$. Для їх побудови з метою проілюструвати специфіку застосування методики

планування експериментів виконувалися спеціальні імітаційні спроби в точках факторного простору з кроком руху по координаті q — 10 кг, по h — 5 кг.

Зауважимо, що функція відгуку — багатоекстремальна (рис. 2.16).

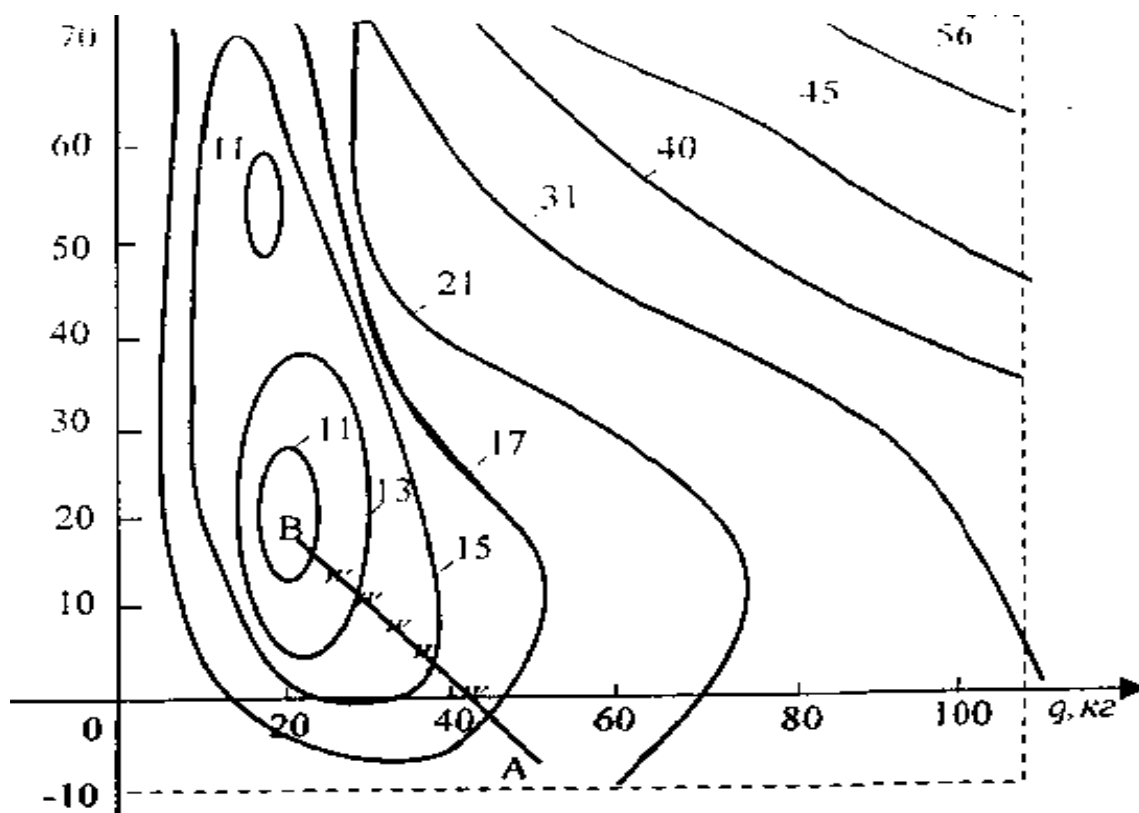


Рис. 2.16. Зображення функції відгуку лініями однакового рівня

Приклад 2. Визначення залежності енергоспоживання рудної дробарки від інтервалу завантаження та класу руди.

На основі апріорної інформації було визначено залежність енергетичної складової собівартості продукції від параметрів рудопотоку. На основі виявлених взаємозв'язків та формування собівартості продукції було побудовано схему імітаційної економіко-математичної моделі дослідження залежності собівартості продукції дробарної фабрики від параметрів рудопотоку з врахуванням багатозонального тарифу на електроенергію (рис. 2.17).

Потім у цю модель, реалізовану на Excel, подавалися на вхід різні значення інтервалів постачання руди та розміру грудок руди (їх класу).

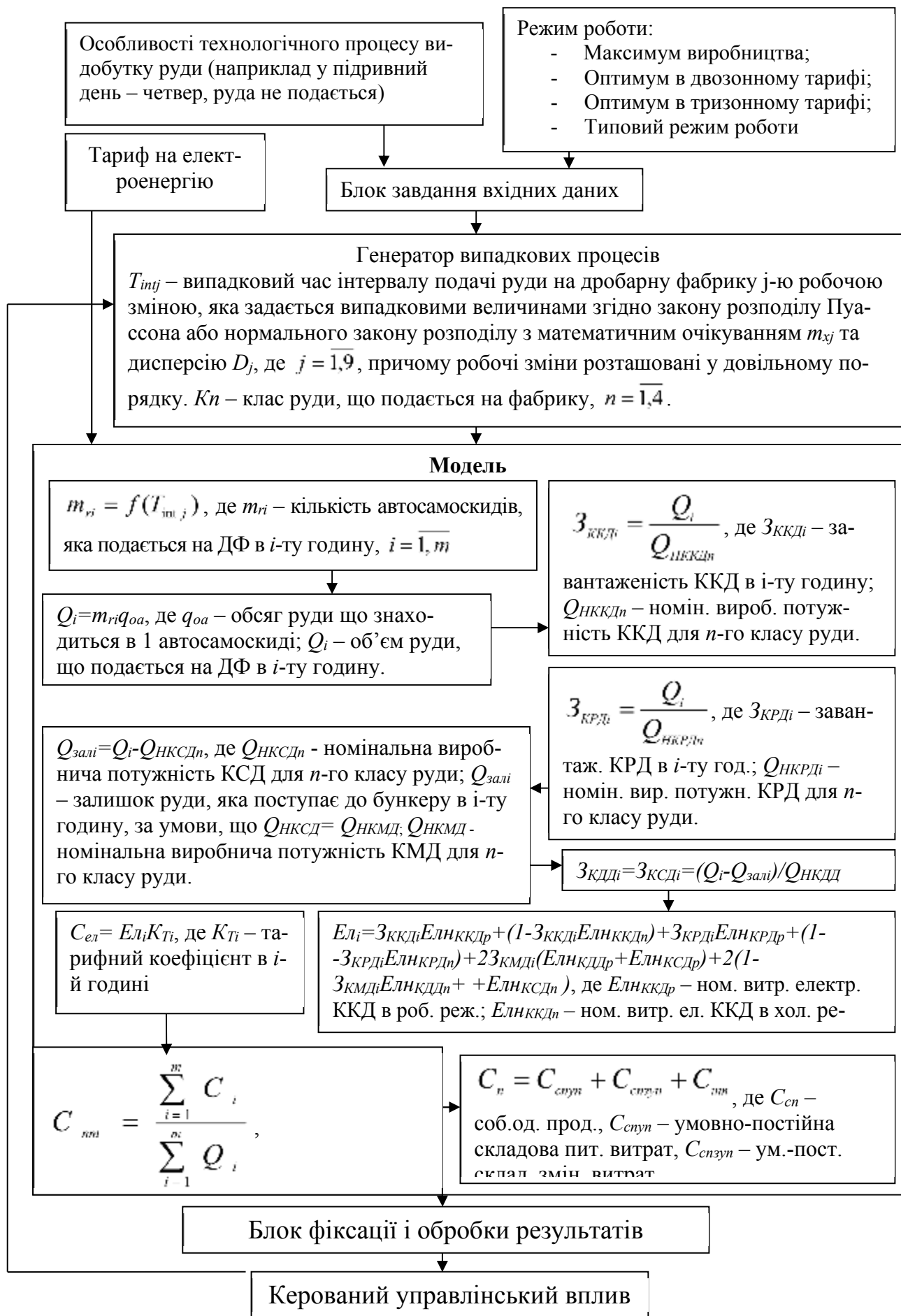


Рис. 2.17. Схема імітаційної економіко-математичної моделі

В результаті були отримані дані собівартості енерговитрат від цих параметрів, представлені на рис. 2.19. Важливим результатом даного дослідження є дрейф залежності собівартості продукції від інтервалу подачі руди на підприємство (рис. 2.18б.), що обумовлюється зміною класу руди, що поступає на підприємство. Це значить, що отримані закономірності коректні за будь-яких значень фізико-механічних характеристик руди, що подається на фабрику.

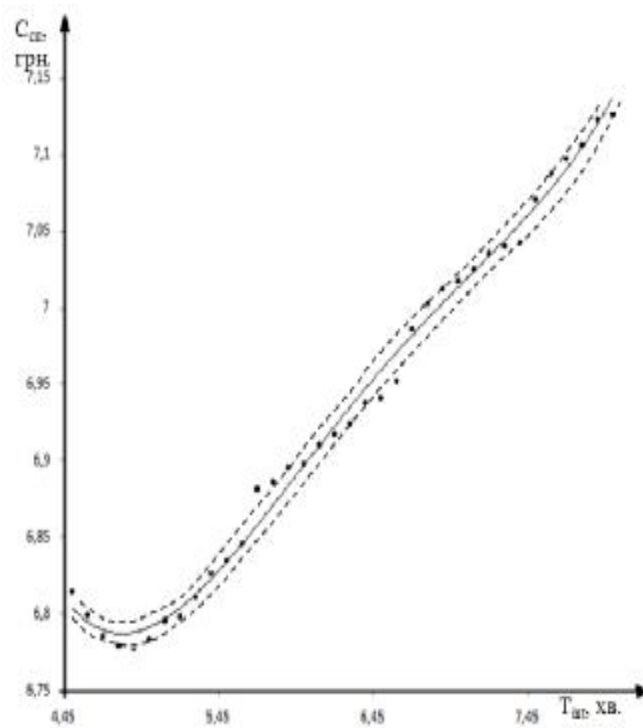


Рис. 2.18а. Залежність собівартості продукції від інтервалу подачі руди в умовах двозонного тарифу на електроенергію

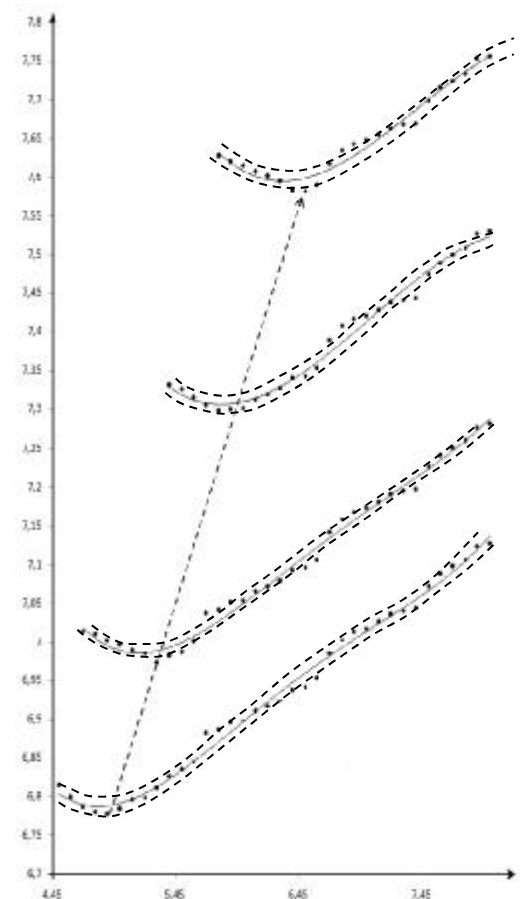


Рис. 2.18б. Дрейф залежності собівартості продукції від інтервалу подачі руди на підприємство при подачі руди різного класу

Дані закономірності коректні для періодичної подачі руди на фабрику. Для режиму роботи дробарок першої стадії дроблення під завалом, закономірність має дещо інший вигляд – мінімум досягається за умови, коли інтервал подачі руди T_{int} менше або дорівнює часу, необхідному для обробки руди.

2.9.3. Використання електронних таблиць Microsoft Excel за методом Монте-Карло

В електронних таблицях Excel існує генератор випадкових послідовностей з різними законами розподілу. Для його використання потрібно звернутися за командами головного меню «Дані- Аналіз даних (Data Analysis) – Генератор випадкових чисел (Random Number Generation)».

На рис. 2.15. показано вікно цієї функції

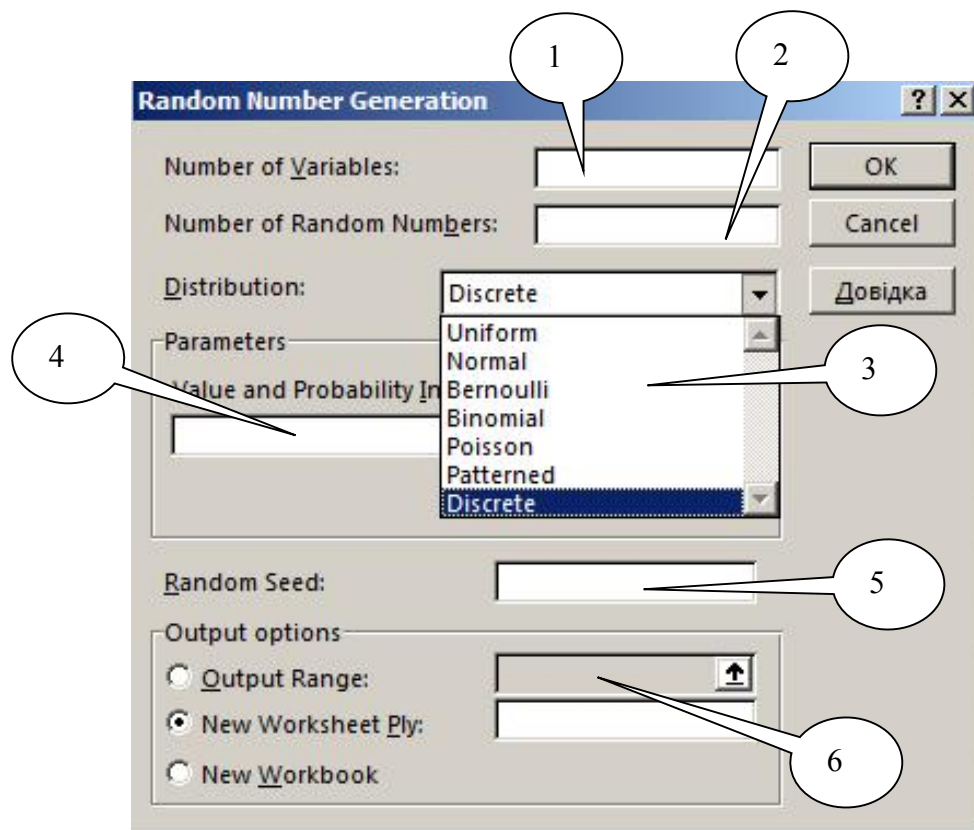


Рис. 2.15. Вікно генератора випадкових чисел

1 – Кількість змінних, що будуть входними параметрами у імітаційній моделі. 2 – Кількість значень змінних. 3 – Закон розподілу змінних. Він задається один для всіх змінних водночас, тому, для генерації входних значень параметрів з різними законами розподілу змінних потрібно використовувати цей генератор окремо для кожної. 4 – Параметри змінних для обраного закону. Після вибору конкретного закону, необхідно ввести власні параметри цього закону. Частіше за

все, середнє та дисперсію. 5 – Будь який набір чисел для початку генерації. 6 – Вихідний інтервал для набору чисел.

Для прикладу, у табл. 2. 4 наведено використання генератора випадкових чисел для трьох різних законів розподілу.

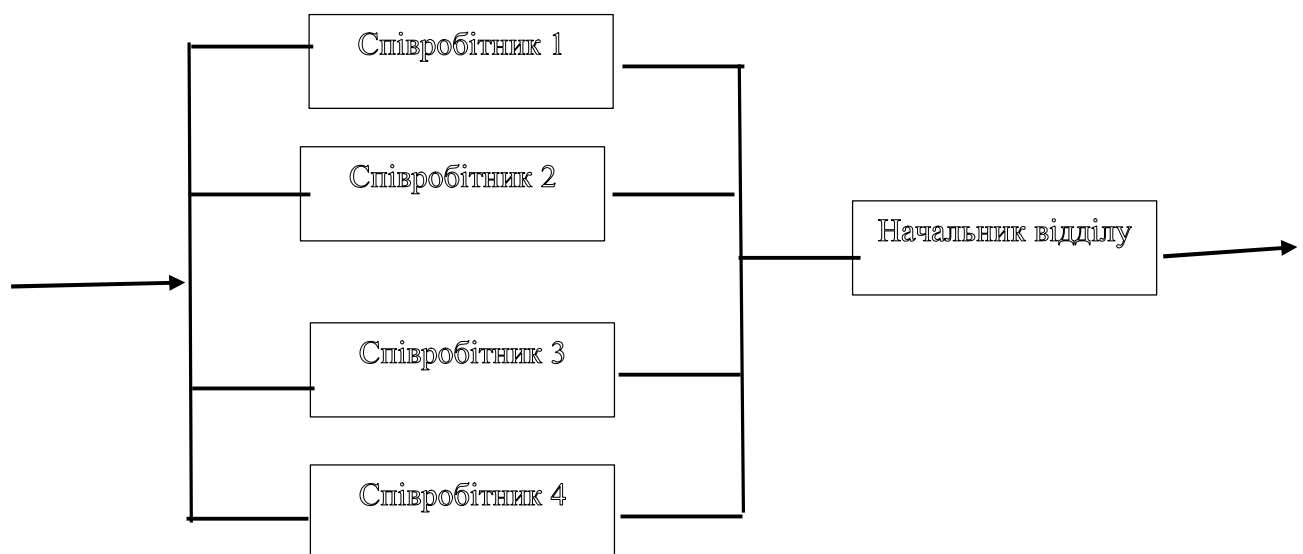
Таблиця 2.4

Приклад генерації випадкових чисел з різними законами розподілу

Біноміальний $p = 0.5, n = 10$	Нормальний $Mx = 50, \sigma x = 25$	Пуассона $\lambda = 0.5$
6	5,34002412	1
2	55,14134513	0
4	63,41402367	0
5	43,66079351	1
3	106,1676643	2
3	17,91029844	0
7	88,53983799	0
4	119,5054041	1
4	36,73592927	0
6	76,61499821	0

Розглянемо тепер приклад моделювання бізнес-процесу, в якому моделюється процес узгодження рішення у плановому відділі за певний час.

В ньому пропозиції розглядають спочатку один з чотирьох співробітників відділу, а потім його висновок надходить до начальника відділу, який приймає остаточне рішення. Схема проходження пропозиції показана нижче.



Імовірність того, що співробітники вчасно розглянуть пропозицію коливається за нормальним законом з параметрами складає $Mr_1 = 0,89$, $6_{p1} = 0,05$; $Mr_2 = 0,92$, $6_{p2} = 0,02$; $Mr_3 = 0,68$, $6_{p3} = 0,12$; $Mr_4 = 0,88$, $6_{p4} = 0,06$. Паралельність співробітників на схемі показує, що кожну пропозицію може розглянути будь хто з вільних працівників. Імовірність того, що керівник вчасно розгляне висновок свого співробітника і теж розподілена за нормальним законом, складає $Mr_{нач} = 0,94$, $6_{рнач} = 0,012$. Окрім того, якщо кількість пропозицій начальнику перебільшує їх середнє значення, начальник обмежується розглядом тільки середньої кількості пропозицій.

Вхідний потік пропозицій розподілено за нормальним законом з параметрами $M_x = 7,4$; $6_x = 1,94$.

Розглянути ситуацію, коли до планового відділу протягом місяця надійде 25 пропозицій. Визначити статистичні характеристики результативності роботи відділу.

Рішення:

Оскільки працівники можуть обробляти пропозиції незалежно один від одного, ймовірність того, що за певний час вони оброблять одну пропозицію складе

$$P_{співроб} = 1 - \prod_{i=1}^n p_i,$$

тоді, якщо надійде X пропозицій, вони оброблять їх у кількості N

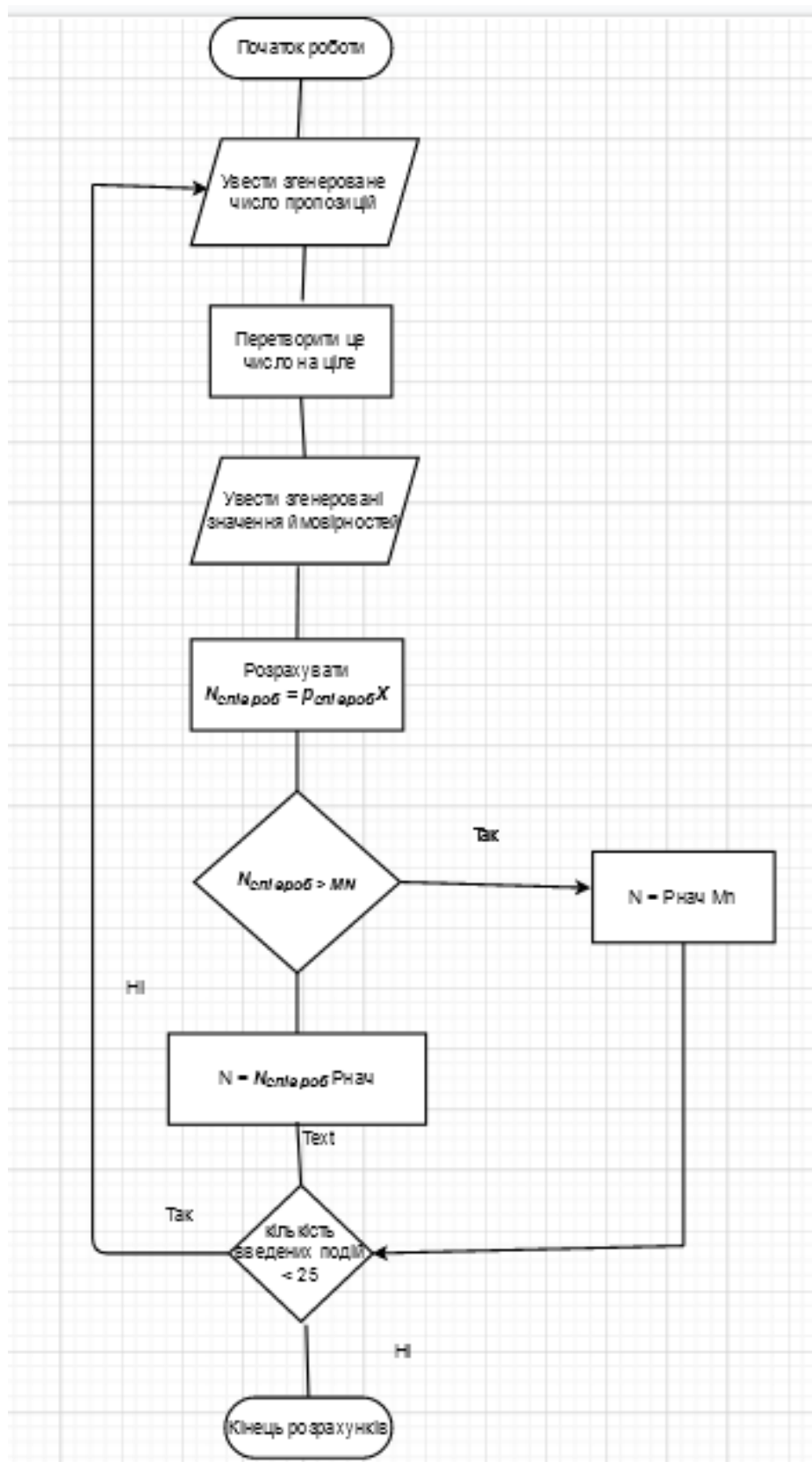
$$N_{співроб} = P_{співроб} X.$$

Ці $N_{співроб}$ надійдуть до начальника, який зможе обробити тільки N пропозицій

$$N = N_{співроб} p_{нач}$$

що і буде результатом обробки вхідних пропозицій плановим відділом.

Блок схема алгоритму представлена на наступному рисунку.



Розрахунки показано в наступній таблиці. Формула для виконання умов начальника мала вигляд

$$=IF(J2>7,4;7,4;J2*G2)$$

№ п/п	X	P1	P2	P3	P4	Pнач	Рспівр	Хокругл	Нспівр	N
1	4,483	0,823	0,887	0,4911	0,8	0,9159	0,998	4	3,991854	3,656226
2	8,755	0,886	0,927	0,5874	0,877	0,9248	1	9	8,996189	7,4
3	5,698	0,912	0,906	0,7649	0,768	0,9489	1	6	5,997272	5,690517
4	6,61	0,93	0,901	0,6659	0,893	0,9398	1	7	6,99828	6,576651
5	5,248	0,906	0,903	0,7602	0,908	0,9343	1	5	4,998991	4,670573
6	8,599	0,942	0,955	0,6192	0,879	0,9544	1	9	8,998913	7,4
7	6,783	0,885	0,931	0,5338	0,823	0,9396	0,999	7	6,995375	6,572914
8	7,699	0,943	0,91	0,6283	0,81	0,9606	1	8	7,997062	7,4
9	9,544	0,865	0,932	0,4481	0,93	0,9446	1	10	9,996481	7,4
10	5,954	0,907	0,902	0,6955	0,829	0,9626	1	6	5,997168	5,773016
11	5,945	0,834	0,958	0,7165	0,816	0,9306	1	6	5,997816	5,581686
12	8,628	0,814	0,921	0,7166	0,786	0,9272	0,999	9	8,991949	7,4
13	9,817	0,816	0,916	0,5354	0,777	0,959	0,998	10	9,983989	7,4
14	6,081	0,973	0,95	0,623	0,871	0,9419	1	6	5,999606	5,651182
15	7,639	0,831	0,937	0,7192	0,799	0,9542	0,999	8	7,995214	7,4
16	7,537	0,827	0,905	0,6785	0,882	0,9294	0,999	8	7,995016	7,4
17	7,496	0,877	0,919	0,6229	0,974	0,9429	1	7	6,999305	6,599862
18	7,604	0,844	0,934	0,7174	0,879	0,9421	1	8	7,997196	7,4
19	8,043	0,849	0,916	0,7684	0,774	0,9687	0,999	8	7,994654	7,4
20	10,92	0,88	0,92	0,6819	0,842	0,9358	1	11	10,99472	7,4
21	7,285	0,834	0,971	0,5645	0,798	0,9521	1	7	6,997067	6,662035
22	10,58	0,924	0,975	0,8029	0,854	0,9431	1	11	10,99939	7,4
23	6,569	0,913	0,932	0,6708	0,85	0,9323	1	7	6,997966	6,524297
24	8,974	0,934	0,918	0,5643	0,822	0,9366	1	9	8,996245	7,4
25	3,273	0,865	0,919	0,5973	0,995	0,9396	1	3	2,999931	2,818688

Потім, значення вихідного параметра N було статистично оброблено.

Як видно з результатів, представлених у наступній таблиці, середня кількість пропозицій буде 6,519105875 при стандартному відхиленні 1,263301758.

З цих результатів можна зробити висновок, що плановий відділ в середньому буде обробляти за одиницю часу на 0,9 пропозиції менше і потребує реорганізації.

N	
Mean	6,519105875
Standard Error	0,252660352
Median	7,4
Mode	7,4
Standard Deviation	1,263301758
Sample Variance	1,595931332
Kurtosis	2,391382401
Skewness	-1,662821757
Range	4,581311551
Minimum	2,818688449

Maximum	7,4
Sum	162,9776469
Count	25

2.10. Індивідуальне завдання № 6

Тема: Імітаційне моделювання бізнес-процесу

Завдання: синтезувати бізнес-модель та визначити статистичні характеристики діяльності планового відділу, що пройшов реорганізацію.

Порядок виконання: для визначення свого варіанту студент використовує останню цифру номеру залікової книжки N_3 та номер за списком навчальної групи N_2 .

Методичні вказівки:

Моделюємо бізнес-процес узгодження рішення у плановому відділі за певний час, при умові, що структура проходження пропозицій змінилася. Схема структури обирається за останньою цифрою номеру залікової книжки N_3 .

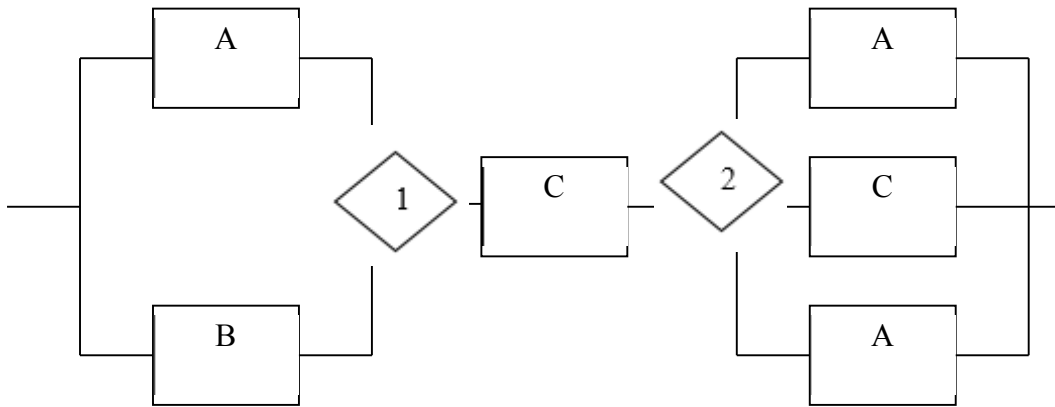
Кількість співробітників теж змінилася, але їх характеристики мають тільки три відмінності і позначені на схемах буквами А, В, С.

Окрім того, у схемах показані ромби з цифрами. Це умовні оператори, які означають, що у випадку, коли $N_{співр} > Mx + bx$, то подальні розрахунки ведуться з величини $Mx + bx$. Якщо у вашому варіанті випаде 1, то умовний оператор з цифрою 2 ігнорується, і навпаки.

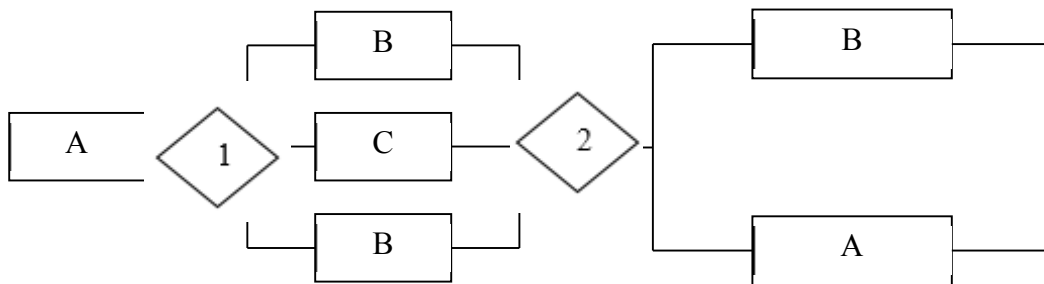
Розглянути ситуацію, коли до планового відділу протягом місяця надійде 100 пропозицій. Визначити статистичні характеристики результативності роботи відділу.

Варіанти завдань

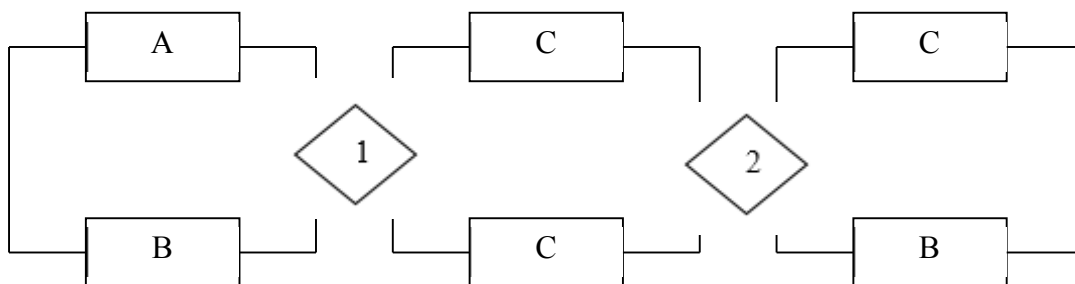
Варіант 0



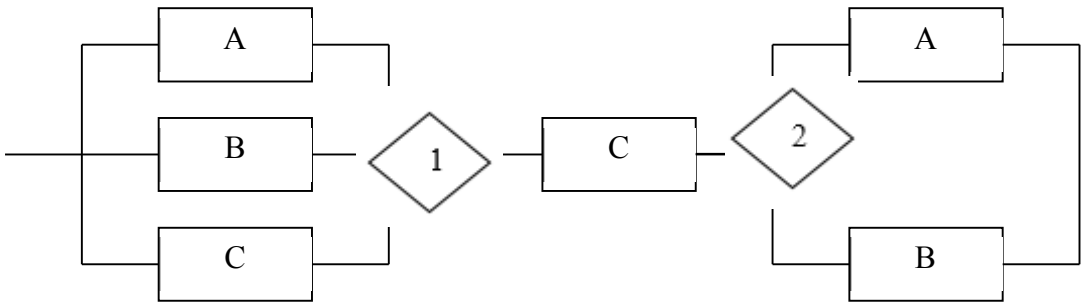
Варіант 1.



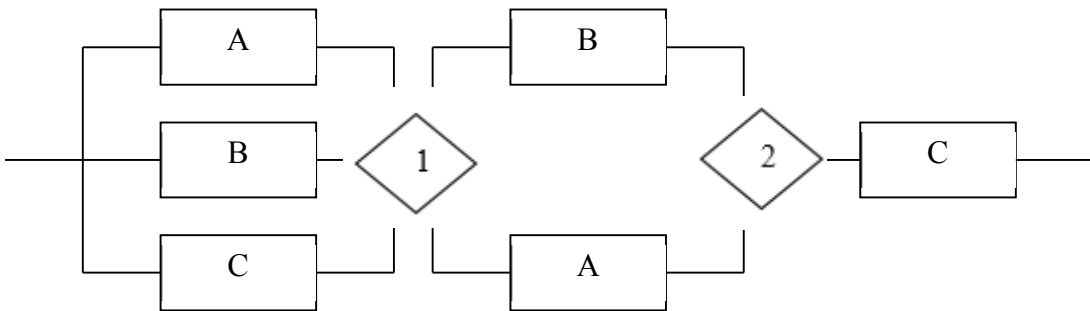
Варіант 2.



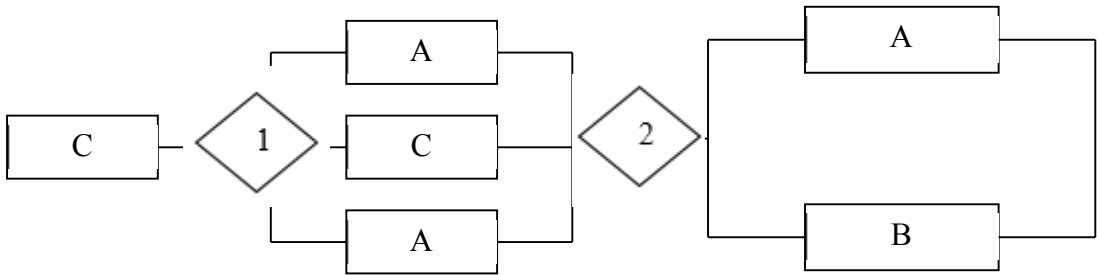
Варіант 3



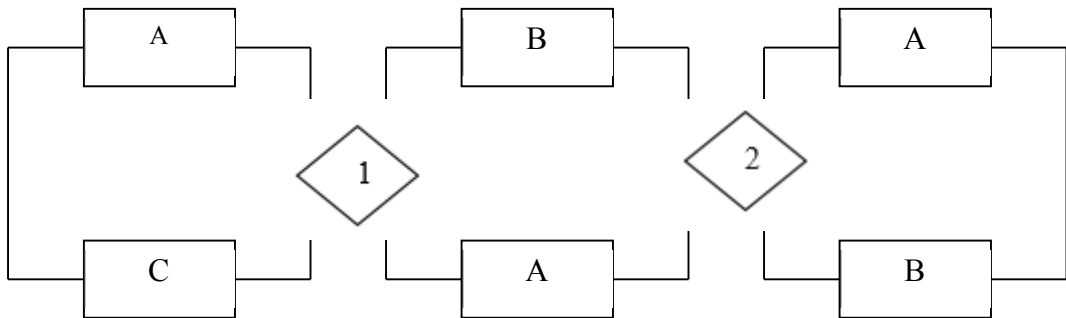
Варіант 4.



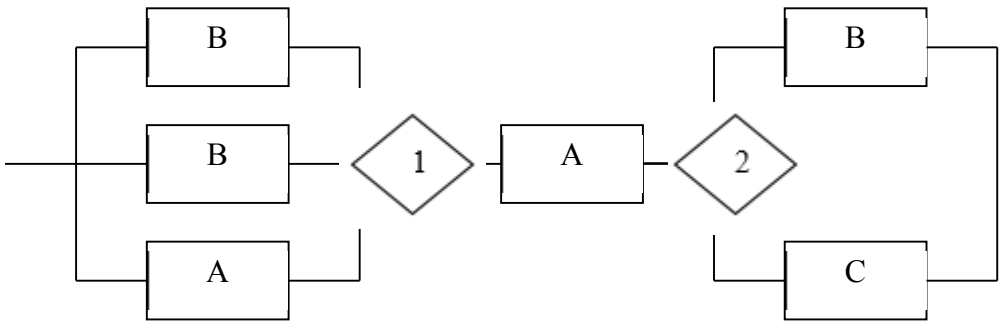
Варіант 5.



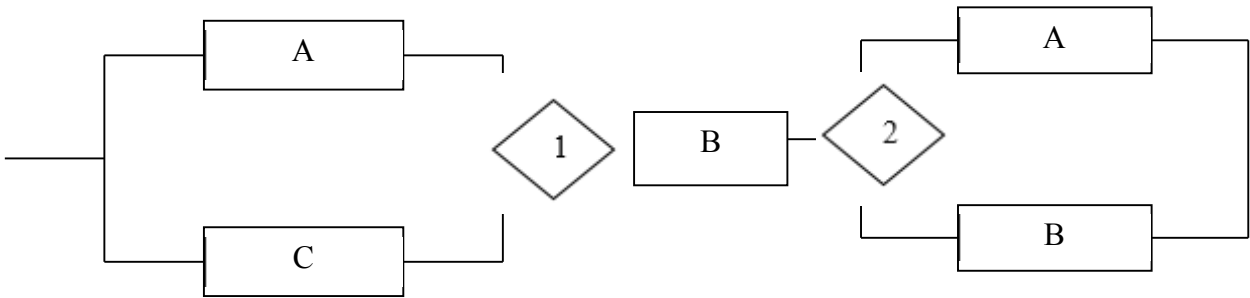
Варіант 6.



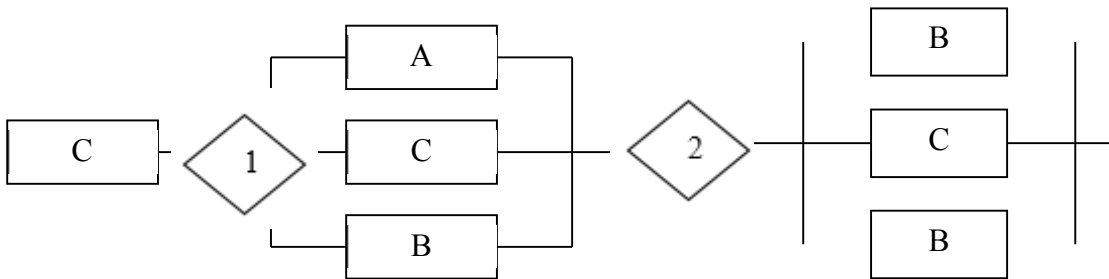
Варіант 7.



Варіант 8



Варіант 9



Таблиця 2.5

Числові значення параметрів імітаційної моделі

№ п/п	Mx	bx	M_{pA}	b_{pA}	M_{pB}	b_{pB}	M_{pC}	b_{pC}	Номер логічного блоку
1	0,026	0,067	0,88	0,083	0,77	0,06	58,2	6,45	2
2	0,58	0,068	0,75	0,083	0,94	0,088	47,4	6,37	1
3	0,61	0,079	0,74	0,099	0,86	0,074	68,8	5,72	1
4	0,96	0,061	0,74	0,073	0,63	0,08	50,8	5,7	1
5	0,65	0,072	0,77	0,086	0,99	0,088	68	6,85	1
6	0,62	0,073	0,63	0,062	0,99	0,093	69,3	5,01	2
7	0,58	0,075	0,91	0,088	0,98	0,073	47,2	5,43	2
8	0,59	0,092	0,78	0,058	0,6	0,087	46,9	6,66	2
9	0,67	0,093	0,61	0,091	0,7	0,076	49,9	5,27	2
10	0,78	0,099	0,81	0,083	0,72	0,089	69	5,52	1
11	0,6	0,078	0,7	0,07	0,62	0,058	59,6	6,87	2
12	0,61	0,086	0,67	0,079	0,99	0,078	56,3	6,8	1
13	0,79	0,096	0,8	0,095	0,61	0,087	49,1	5,43	2
14	0,68	0,079	0,83	0,07	0,76	0,092	65,3	6,9	2
15	0,87	0,082	0,98	0,094	0,74	0,096	55,4	4,95	1
16	0,86	0,083	0,9	0,076	0,94	0,092	56,2	6,88	2
17	0,67	0,061	0,86	0,069	0,82	0,067	46,7	4,85	2
18	0,59	0,08	0,84	0,089	0,89	0,081	55,5	6,8	2
19	0,87	0,096	0,6	0,065	0,6	0,065	69,8	6,91	1
20	0,86	0,085	0,61	0,076	0,99	0,078	59	6,49	1
21	0,69	0,085	0,93	0,092	0,75	0,092	65,2	6,61	1
22	0,78	0,099	0,93	0,095	0,99	0,088	62,8	6,08	2
23	0,69	0,079	0,76	0,074	0,87	0,085	50,8	6,31	2
24	0,83	0,086	0,74	0,063	0,59	0,083	48,9	4,61	1
25	0,99	0,072	0,77	0,064	0,69	0,061	62,6	4,99	1
26	0,6	0,06	0,89	0,068	0,87	0,059	51,8	5,57	2
27	0,99	0,088	0,83	0,099	0,73	0,088	65,9	4,64	2
28	0,94	0,079	0,61	0,08	0,69	0,091	61,4	5,87	2
29	0,78	0,072	0,94	0,072	0,75	0,09	52,2	5,8	1
30	0,87	0,092	0,6	0,091	0,86	0,061	65,9	5,65	2

Контрольні запитання

1. Що таке математичне моделювання?
2. Як математичне моделювання сприяє моделюванню бізнес-процесів?
3. Які методи моделювання соціально-економічних процесів і явищ ви знаєте?
4. Що таке математичне програмування?
5. Як теорія графів допомагає моделюванню бізнес-процесів?
6. Що таке синтез з точки зору моделювання бізнес-процесів?
7. Які періодичні процеси в економіці ви знаєте?
8. Для чого потрібне математичне програмування при визначенні параметрів трансцендентної моделі?
9. У чому полягає ідея нейронних сіток?
10. Що таке перцепторн?
11. Що таке активуюча функція?
12. Які активуючі функції ви знаєте?
13. Опишіть порядок роботи з програмним пакетом Statistica при моделюванні бізнес-процесів нейронними сітками.
14. Як у програмному пакеті Statistica прогнозувати можливі значення за відомою нейронною моделлю?
15. Що таке нечітка логіка?
16. Як синтезувати моделі бізнес-процесів на формальній мові?
17. Які функції описують нечіткі змінні?
18. Як використовувати програмний комплекс MatLab для побудови нечіткої моделі?
19. Що таке нечітке логічне виведення?
20. Дайте поняття фазифікації та дефазифікації?
21. Що таке імітаційне моделювання?
22. Як метод Монте-Карло допомагає знайти числові характеристики моделі бізнес-процесу?

23. Опишіть процедуру віднесення випадкової величини до певного закону розподілу.
24. Як електронні таблиці Excel дозволяють імітувати бізнес-процес?
25. Опишіть типи бізнес-процесів, які можна імітувати?

У даному розділі студенти ознайомилися з поняттям математичного моделювання бізнес-процесів для періодичних та не періодичних явищ. Вивчили порядок роботи з програмними пакетами Matlab, Statistica та Excel для побудови нечітких, нейромережевих та імітаційних моделей.

ВИСНОВКИ

В посібнику було розглянуто два аспекти моделювання бізнес-процесів: графічний та математичний.

Графічний метод базується на створенні системи графів, які нагадують блок-схему обчислювального процесу, але мають значно більше функцій та, відповідно, позначень.

Тому в посібнику спочатку пропонується засвоїти складання блок схем, а вже потім – змодельовати бізнес процес.

Описано моделювання із застосуванням додатку Draw.io.

Математичне моделювання бізнес-процесів має широкий спектр застосування, що і підтверджується численними прикладами, наведеними у посібнику. Воно сприяє глибшому розумінню і більш точному реагуванню на проблеми, що постають перед бізнесменами.

У другий розділ включені такі аспекти математичного моделювання як моделювання періодичних процесів, нейронні сітки, нечіткі моделі та імітаційне моделювання.

Для застосування цих сучасних перспективних математичних методів наведено опис таких програмних комплексів як: Microsoft Excel, Statistica та MatLab.

Засвоєння всіх аспектів моделювання бізнес-процесів – графічного та математичного – розширить рівень знань студентів та покращить якість керування бізнесом у майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пістунов І.М. Економічна кібернетика [Електронний ресурс]: навч. посіб. / І.М. Пістунов ; Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Видання друге, виправлене й доповнене. – Д. : НГУ, 2014. – 215 с.
2. Пістунов І.М. Електронний менеджмент [Електронний ресурс]: Навч. посібник/ І.М.Пістунов. – Дніпро: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 135 с.
3. Пістунов І.М., Луцан А.М. Підвищення ефективності управління вантажними роботами на базі алгоритмів нечіткої логіки. Економіка та суспільство. 2020. № 22. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/54> DOI: 10.32782/2524-0072/2020-22-8.
4. Моделювання бізнес-процесів. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B1%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%96%D0%B2.
5. Бізнес-процес. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81>
6. BPMN. <https://uk.wikipedia.org/wiki/BPMN>
7. Бенчмаркінг. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D1%87%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%96%D0%BD%D0%B3>
8. Найкраща практика. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%89%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0
9. Business Process Model And Notation (BPMN). Архів [оригіналу](#) за 2013-01-27. Процитовано 2013-02-09.
10. Process Modeling Notations and Workflow Patterns [Архівовано](#) 6 липень 2010 у [Wayback Machine](#)., paper by Stephen A. White of IBM Corporation (2006)
11. Silver, Bruce (2011). BPMN Method and Style, 2nd Edition. Cody-Cassidy Press. ISBN 0982368119.
12. Кращі програми для створення блок-схем.
13. <http://smartandyoung.com.ua/krashhi-programi-dlja-stvorennja-blok-shem>
14. BPEL <https://uk.wikipedia.org/wiki/BPEL>
15. Вебслужба. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B1%D1%81%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B1%D0%B0>

16. Web Services Activity. <https://www.w3.org/2002/ws/>
17. Блок-схема.
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%BE%D0%BA-%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0>
18. [Мала гірнича енциклопедія](#): у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д.: Східний видавничий дім, 2004—2013.
19. ДСТУ ISO 5807:2016 Оброблення інформації. Символи та угоди щодо документації стосовно даних, програм та системних блок-схем, схем мережевих програм та схем системних ресурсів (ISO 5807:1985, IDT)
20. ISO 5807:1985 (1985). [Information processing -- Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts](#). International Organization for Standardization. ISO 5807:1985. — міжнародний стандарт блок-схем.
21. [DIN 66001 – Sinnbilder für Datenfluss- und Programmablaufpläne](#) (файл PDF; 1,14 MB) — німецький стандарт блок-схем.
22. Елена Гайдукова. Нотация BPMN 2.0: ключевые элементы и описание. <https://www.comindware.com/ru/blog-%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-bpmn-2-0-%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B-%D0%B8-%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5/>
23. Анатолий Белайчук. BPMN-процессы: основы моделирования и примеры бизнес-процессов. <https://www.comindware.com/ru/blog-bpmn-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D1%8B-%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F/>

24. Эрик Р. Пизковски Перспективы ВРЕЛ.
http://www.ccc.ru/magazine/depot/07_10/read.html?0201.htm
25. Пономаренко В. С. Теорія та практика моделювання бізнес-процесів : монографія / В. С. Пономаренко, С. В. Мінухін, С. В. Знахур. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 244 с.
26. Статистичні та Монте-Карло алгоритми моделювання випадкових процесів у макро- і мікросистемах у MathCAD: монографія / П. С. Кособуцький ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 412 с. : іл. — Тит. арк. парал. англ. — Бібліогр. в кінці розділів. — [ISBN 978-617-607-611-7](https://doi.org/10.1007/978-617-607-611-7)
27. *Соболь И. М.* Численные методы Монте-Карло. — М. : Наука, 1973. — 312 с.
28. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: практикум / Ю. В. Жерновий. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007.
29. Метод Монте-Карло.
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5-%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%BE
30. Чуріканова О.Ю. Оптимізація розподілу інвестицій на вугільній шахті за їх видами. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук зі спеціальності 08.00.11. – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці/ Київ: Ін-т кібернетики – 2011 – 21 с.
31. Нейронные сети. http://statlab.kubsu.ru/sites/project_bank/nural.pdf
32. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. - М.: Горячая шния – Телеком, 2007. – 288 с.
33. Пістунов І.М., Луцян А.М. Підвищення ефективності управління вантажними роботами на базі алгоритмів нечіткої логіки. Економіка та суспільство. 2020. № 22. URL:

34. Гаренко А.А. Розробка моделей процесу формування собівартості продукції дробарних фабрик для підтримки прийняття управлінських рішень. Автореферат дисертації. – Черкаси: ДІЕП. – 2017. – 22 с.
35. Імітаційне моделювання.
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BC%D1%96%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F
36. Пістунов І.М. Лобова Н.В. Теорія ймовірності та математична статистика для економістів. З елементами електронних таблиць: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2005. – 110с.
37. Ситник В.Ф., Орленко Н.С., "Імітаційне моделювання" Навчальний посібник, Київ, КНЕУ, 1998, 464с.

Навчальне видання

Пістунов Ігор Миколайович

МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Навчальний посібник
Електронне видання

Редактор: О.Н. Ільченко

Підписано до друку 01.02.2021. Формат 30 × 42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 7,3.
Обл.-вид. арк. 1,2. Тираж 100 прим. Зам._____.

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
4960050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19