

# ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПОТОКІВ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*У доповіді досліджено підходи до динамічного моделювання управлінських потоків даних в сучасних інформаційних системах. Проаналізовано методи оцінки ефективності обробки інформаційних потоків та запропоновано алгоритм оптимізації управлінських рішень на основі їх динаміки.*

**Ключові слова:** інформаційні системи, управлінські потоки даних, динамічне моделювання, автоматизація, прийняття рішень.

## Abstract

*The report examines approaches to dynamic modeling of management data flows in modern information systems. Methods for evaluating the efficiency of information flow processing are analyzed, and an algorithm for optimizing management decisions based on their dynamics is proposed.*

**Keywords:** information systems, management data flows, dynamic modeling, automation, decision-making.

## Вступ

В умовах стрімкої цифрової трансформації підприємств ефективність функціонування інформаційних систем (ІС) безпосередньо залежить від швидкості та якості обробки управлінських потоків даних. Традиційні статичні моделі управління часто не враховують імовірнісний характер надходження інформації та динамічні зміни в бізнес-середовищі, що призводить до затримок у прийнятті рішень. Тому розробка методів динамічного моделювання управлінських потоків даних є критично важливим завданням для сучасних ІС.

Актуальність динамічного моделювання полягає у переході до парадигми адаптивного управління. Сучасні ІС потребують механізмів, що здатні до самоналаштування в режимі реального часу. Це дозволяє уникнути вузьких місць («bottlenecks») у каналах передачі даних, запобігти перевантаженню серверних потужностей та мінімізувати затримки (latency) у критично важливих управлінських процесах, що безпосередньо впливає на конкурентоспроможність організації.

## Математичне моделювання потоків

Для опису динаміки управлінських потоків пропонується використання апарату теорії марковських процесів. Нехай  $I(t)$  - функція інтенсивності вхідного потоку даних у момент часу  $t$ , а  $S(t)$  - пропускна здатність системи. Динамічну зміну обсягу нерозподілених даних  $Q(t)$  можна описати диференціальним рівнянням:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = I(t) - \mu(t)S(t)$$

де  $\mu(t)$  - коефіцієнт ефективності обробки потоку. Дана модель дозволяє прогнозувати критичні навантаження на систему та заздалегідь перерозподіляти обчислювальні ресурси. Як показано на рис. 1, впровадження динамічного моніторингу дозволяє скоротити час відгуку системи.

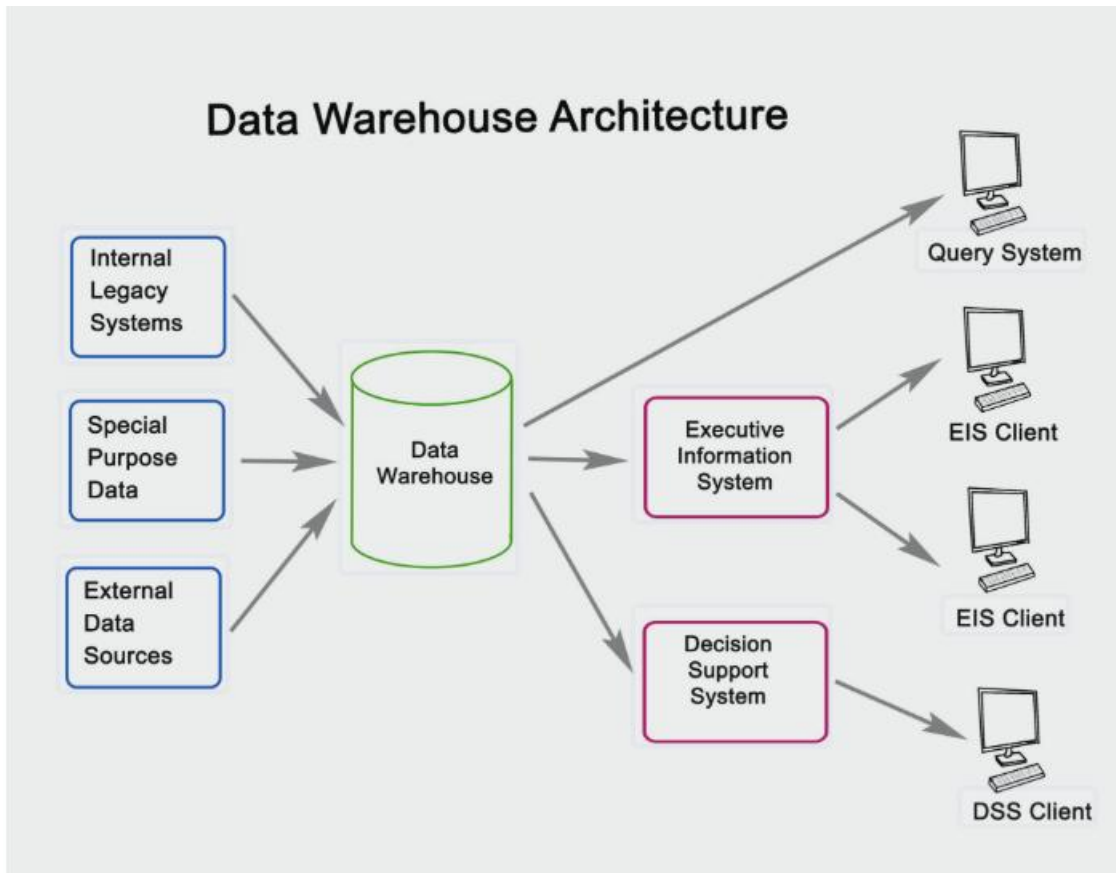


Рис. 1. Схема динамічної обробки потоків даних в інформаційній системі

### Аналіз результатів

Порівняльний аналіз роботи системи в статичному та динамічному режимах наведено у табл. 1.

Параметр системи	Статична модель	Динамічна модель
Час реакції, с	4.5	1.9
Ймовірність втрати даних	0.05	0.002
Ефективність, %	85	98

Табл.1 -. Порівняльні показники ефективності ІС

Як свідчать дані табл. 1, застосування динамічного моделювання дозволяє суттєво мінімізувати ймовірність втрати даних та підвищити загальну продуктивність інформаційної системи на 13%.

### Опис підходу

Динамічне моделювання управлінських потоків даних ґрунтується на концепції інтелектуального зворотного зв'язку. Замість лінійних алгоритмів обробки, пропонується багаторівнева система, що включає:

- **Рівень моніторингу та детекції:** збір телеметрії потоків (швидкість, обсяг, тип запитів) з використанням високорівневих інтерфейсів.
- **Аналітичне ядро (Предиктивний модуль):** використання методів машинного навчання (наприклад, рекурентних нейронних мереж або моделей ARIMA) для прогнозування поведінки системи на коротких часових інтервалах.
- **Рівень адаптивного керування:** динамічний розподіл ресурсів (CPU, RAM, пропускна здатність мережі) на основі результатів прогнозу.

Ключовою особливістю такого підходу є інтеграція «функції вартості» обробки, де система автоматично обирає між пріоритетністю завдань та швидкістю їх виконання, що дозволяє оптимізувати операційні витрати на утримання хмарної чи локальної інфраструктури. Принципову схему динамічної взаємодії управлінських потоків та механізм зворотного зв'язку представлено на рис. 2

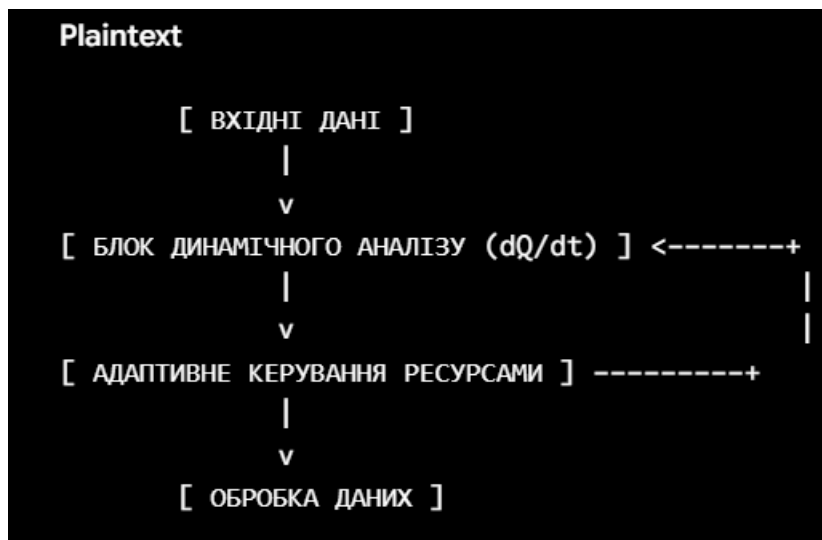


Рис. 2 – Структурно-функціональна схема контуру адаптивного управління потоками даних

### Аналоги та порівняльний аналіз

Аналіз наявних методик дозволяє виділити три фундаментальні підходи, що використовуються в сучасних ІС. Наведено у табл. 2

Метод	Переваги	Недоліки
Статичне планування	Простота реалізації, передбачуваність витрат.	Неефективність при зміні навантаження (простоті або дефіцит).
Класична теорія черг (М/М/1)	Математична строгість, надійність для стаціонарних процесів.	Неефективність при раптових стрибках («burst traffic»).
Динамічне адаптивне моделювання	Максимальна адаптивність, прогнозування криз.	Висока складність розробки, потреба в обчислювальних ресурсах для моделі.

Табл.2 - аналоги та порівняльний аналіз

Порівнюючи ці підходи, слід зазначити, що класична теорія масового обслуговування (ТМО) не враховує «інтелектуальну» природу даних в управлінських ІС. У той час як динамічне моделювання розглядає систему як **адаптивний агент**, здатний вивчати патерни поведінки користувачів та бізнес-циклів, що робить його ключовим інструментом для інтелектуальних систем нового покоління. Порівняльну залежність часу реакції системи від рівня навантаження для статичної та динамічної моделей наведено на рис.3



Рис.3 – Порівняльна ефективність статичної та динамічної моделей управління потоками даних

## Практична значущість

Впровадження даної моделі дозволяє досягти наступних результатів:

1. **Підвищення відмовостійкості:** система автоматично перемикається в режим обмеженої функціональності при екстремальних навантаженнях, запобігаючи повному краху.
2. **Оптимізація енергоспоживання:** автоматичне відключення або масштабування неактивних вузлів обробки даних у періоди низької активності.
3. **Покращення якості прийняття рішень:** за рахунок скорочення часу доставки актуальних даних до аналітичних модулів.

Ці кроки роблять запропоновану модель не просто теоретичною конструкцією, а інструментом, що готовий до впровадження у корпоративні ERP або CRM-системи. Порівняльні показники споживання обчислювальних ресурсів за різних моделей управління потоками даних відображено на Рис.4



Рис. 4 – Оптимізація використання серверних ресурсів при впровадженні динамічного моделювання

## Висновок

Динамічне моделювання управлінських потоків даних забезпечує гнучкість ІС до зовнішніх коливань. Запропонований підхід до оцінки стану системи на основі диференціальних рівнянь дозволяє автоматизувати процес прийняття рішень та оптимізувати навантаження на серверну інфраструктуру. Подальші дослідження будуть спрямовані на впровадження нейронних мереж для прогнозування інтенсивності потоків  $I(t)$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петренко В. І. Методи моделювання інформаційних процесів / В. І. Петренко. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 150 с.
2. Smith J. Dynamic Data Flow Analysis in Enterprise Systems. – New York : TechPress, 2023. – 210 p.

**Олянишена Валерія Ігорівна** - студентка групи 2ПКТ-246, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [olianishenavale@gmail.com](mailto:olianishenavale@gmail.com)

Науковий керівник: **Юхимчук Марія Сергіївна** - д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [umcmasha@gmail.com](mailto:umcmasha@gmail.com).

**Olianyshena Valeriia Ihorivna** – student of group 2PKT-24b, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [olianishenavale@gmail.com](mailto:olianishenavale@gmail.com).

Supervisor: **Mariia Serhiivna Yukhymchuk** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [umcmasha@gmail.com](mailto:umcmasha@gmail.com).