

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 004.67

П.П. Маслянюк, Ю.Р. Землянський,  
А.В. Рябушенко

### СИСТЕМНА ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ДАНИХ

#### Вступ

Залежно від природи об'єкта прогнозування прогноз можна розділити на кілька типів: соціальний, науково-технічний, економічний, екологічний, кожен з яких має свої особливості.

Прогнозування на основі моделей, побудованих за статистичними даними, – один із найпопулярніших методів прогнозування динаміки процесів тої чи іншої природи. До основних сфер застосування прогнозування можна віднести екологію, науку та техніку, економіку, географію, медицину, соціологію тощо, тобто прогнозування широко застосовується в найрізноманітніших галузях та сферах людської діяльності.

Статистичне прогнозування базується на відтворенні певних властивостей даних часових рядів з метою їх використання для ймовірного визначення майбутньої поведінки ряду. Кожен із методів прогнозування має свою методику “відтворення” поведінки ряду та свої властивості. Тому важливою проблемою є підбір методу прогнозування. В одиничному випадку це не суттєво, але в сферах, де прогнозування використовується постійно і у великих обсягах, воно вимагає великої затрати ресурсів або спрощення алгоритму підбору методу прогнозування. Тому для вирішення таких проблем необхідно використовувати систему прогнозування, яка може автоматично визначати необхідні та доцільні методи прогнозування.

На базі міжнародних стандартів та рекомендацій OMG (Object Management Group) і INCOSE (International Council of System Engineering), згідно з теоретичними положеннями та рекомендаціями [1–3] застосовується новий вдосконалений метод реалізації процесів системної інженерії проектів інформатизації організаційних систем. При цьому поділ об'єктів інформатизації на частини ґрунтується на використанні загальносистемних ознак та застосуванні компонентного процесу розробки [4–6].

Це дає можливість упорядкувати процес та вести розробку кожного компонента паралельно.

У статтях [7–9] запропоновано модель системи керування фінансово-інвестиційною діяльністю. Система спрямована на використання інституційними інвесторами для керування великими портфелями цінних паперів. Основне призначення системи – надати інвестиційним компаніям інтегровану систему керування, що дає змогу проводити моделювання інвестиційного портфеля для підвищення доходності, прискорення прийняття інвестиційного рішення, ідентифікації та оцінки ризиків. Одним із компонентів даної системи є компонент прогнозування [10]. Тому актуальною є проблема створення моделі уніфікованої системи прогнозування різноманітного призначення, в тому числі і для прогнозування фінансових даних.

#### Постановка задачі

Мета статті – створення моделі системної інженерії систем прогнозування та системна інженерія компонента прогнозування для системи керування фінансово-інвестиційною діяльністю.

Об'єкт дослідження – задачі, методи та засоби прогнозування.

Предмет дослідження – модель системної інженерії систем прогнозування та система прогнозування фінансових даних.

#### Принципи системного аналізу процесів прогнозування

Процеси прогнозування утворюють клас, який складається з різноманітних моделей аналізу, фільтрації, керування, прогнозування тощо з певними властивостями та операціями. Визначення множини таких процесів та моделей для створення систем прогнозування в умовах невизначеності, ризиків, конфліктності інтересів потребує системного підходу і вивчення міждисциплінарної взаємодії в будь-яких сферах діяльності людини.

В основу створення моделі системи прогнозування часових рядів покладено такі принципи системного аналізу.

1. Системна спорідненість – здатність моделей і компонентів системи прогнозування надати реалізацію забезпечених і затребуваних інтерфейсів в інформаційно-комунікаційній системі із заданою специфікацією.

2. Динамічна ієрархія – вибір та адаптивна зміна послідовності застосування методів прогнозування залежно від зміни умов проведення прогнозування чи вимог до оцінювання точності прогнозу.

3. Максимальна ефективність застосування моделей прогнозування для конкретної предметної області.

### Системні сутності задачі прогнозування

Автори пропонують модель системної інженерії систем прогнозування, що виконують автоматизований прогноз на основі різноманітних математичних методів, які використовують часовий ряд однієї або кількох змінних (вектор, матриці). Найпоширенішими математичними методами прогнозування є: лінійні моделі авторегресії (АР, АРКС), моделі процесів з одиничним коренем (АРІКС), моделі гетероскедастичних процесів (УАРУГ) [11, 12], моделі, які використовують фрактальну природу рядів (АРЧІКС, ЧІУАРУГ, МПМ, МВБ) [13–15], моделі коінтегрованих процесів, нейронні мережі. Оскільки у нас використовуються часові ряди, які є вхідною інформацією для отримання прогнозу, тому ми повинні попередньо аналізувати їх властивості. Для цього необхідно передбачити механізм забезпечення методів та моделей підтримки прогнозування. Зокрема, це можуть бути методи:

- для аналізу на стаціонарність (тест Квіатковськвій–Філіпс–Шмідт–Шіна) [16];
- для аналізу на гетероскедастичність (Уайт-тест, Парк-тест, тест Бреуш–Пагана та ін.);
- для аналізу на одиничні корені (тест Філіпса–Перрона, тест Дікі–Фуллера та ін.) [17–19];
- для аналізу на коінтегрованість (тест Йогансена, тест Інга–Грейнджера) [20, 21] і т.п.

Крім аналізу самого часового ряду, необхідно забезпечити механізм аналізу точності прогнозування, механізм фільтрації часових рядів, калібрування моделей прогнозування. Ефективність прогнозування системи можна підвищити також за рахунок застосування алгоритмів аналізу накопиченої статистичної інформації результатів роботи методів прогнозування в ході роботи системи.

Множина методів прогнозування, фільтрації, аналізу даних, оцінки методів прогнозування та алгоритмів керування процесом на різних етапах утворює необхідний та достатній інструментарій для виконання прогнозу часового ряду. Маючи достатню множину перерахованих методів, можна створити уніфіковану систему

прогнозування часових рядів, в якій для кожної конкретної області застосування передбачено свій набір математичних методів прогнозування та підтримки прогнозування.

При прогнозуванні необхідно виконати велику кількість різноманітних дій: аналіз параметрів, фільтрацію вхідних даних, вибір методики прогнозування, вибір методик налаштування моделі, оцінку точності прогнозу та безпосередньо саме прогнозування [11, 12]. При автоматизації процесів прогнозування з'являються додаткові дії, що мають бути враховані: керування обчислювальними ресурсами, керування процесами прогнозування, збір та аналіз статистичної інформації та ін.

Загальну множину сутностей задачі прогнозування, які є необхідними і достатніми для розв'язання задачі прогнозування в будь-якій області, наведено на рис. 1. Тим не менше, цей пакет є відкритим і може бути доповнений та модифікований відповідно до принципів системного аналізу процесів прогнозування.

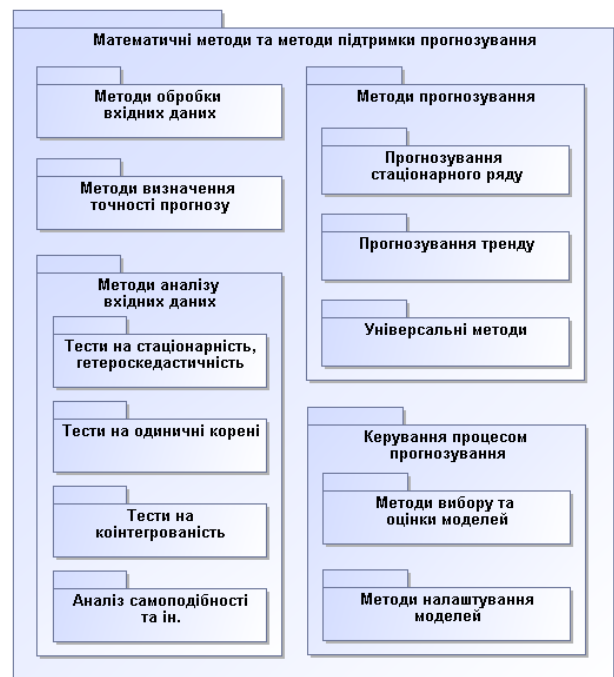


Рис. 1. Сутності задачі прогнозування. Діаграма пакетів у нотатції UML

### Модель системної інженерії систем прогнозування

При створенні моделі систем прогнозування проводиться системний аналіз, використовуються теорія систем та системна інженерія для визначення загальносистемного критерію поділу

проекту на частини не за функціональною ознакою, а за загальносистемними ознаками, та застосовується компонентний процес розробки [4–6].

Згідно з результатами аналізу сутностей задачі прогнозування на основі метамоделі системного проектування інформаційно-комунікаційних систем, яка базується на розширеній моделі Еріксона–Пенкера [22], пропонується така модель системної інженерії систем прогнозування, яка наведена на рис. 2.

Модель системної інженерії систем прогнозування враховує всі класи сутностей задач прогнозування та відношення між ними. Застосування моделі для створення конкретної системи прогнозування дає можливість отримати структурне і динамічне представлення, представлення використання та представлення керування.

Автори застосовують ітеративний процес із загальносистемним критерієм поділу систем прогнозування на частини, що забезпечує: по-

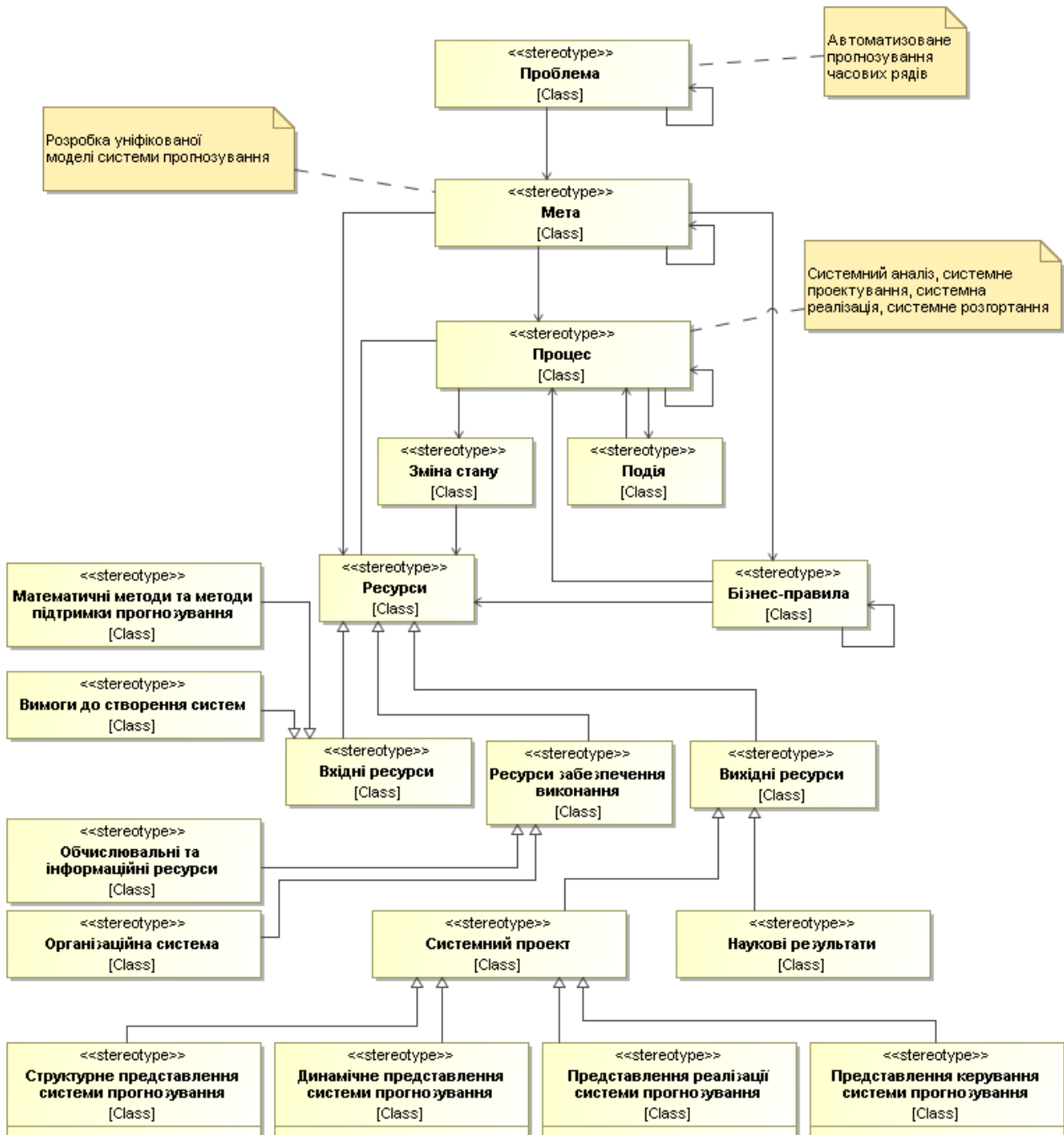


Рис. 2. Модель системної інженерії систем прогнозування. Діаграма класів у нотатції UML

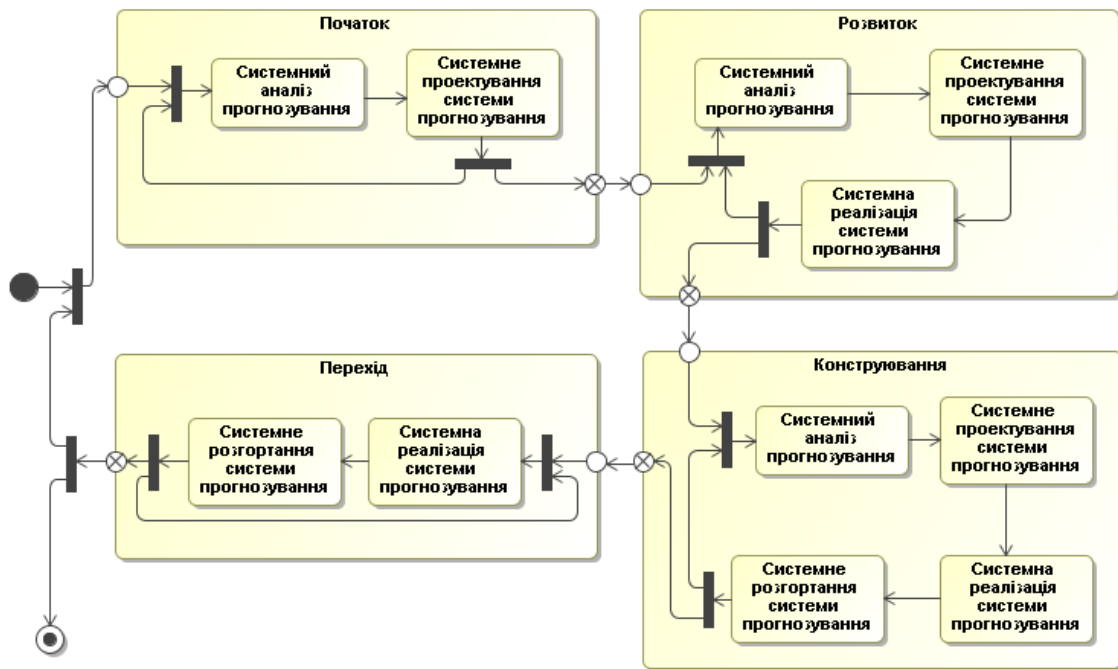


Рис. 3. Фази, стадії та ітерації системної інженерії системи прогнозування. Діаграма станів у нотації UML

діл проекту на частини, які реалізують визначені групи функцій; враховує всі сутності проекту інформатизації, забезпечує масштабованість та розширюваність проекту; незалежність процесів розробки та паралельну розробку окремих частин проекту. Стадії, ітерації і послідовність їх виконання забезпечують реалізацію кожної фази. Ітеративно-інкрементний процес складається з чотирьох основних етапів (рис. 3): початок, розвиток, конструювання та перехід [6].

Подальшим напрямком роботи є створення власне системи прогнозування, зокрема, системи прогнозування фінансових часових рядів на основі запропонованої моделі системної інженерії.

### Система прогнозування фінансових часових рядів

Застосування моделі системної інженерії дає можливість розробити модель системи прогнозування фінансових даних. Специфікація моделі системи прогнозування задається на системному рівні за допомогою діаграм структурного та динамічного представлень та представлення керування [23].

**Структурне представлення.** Структурне представлення моделі системи прогнозування

фінансових часових рядів формується у вигляді діаграми компонентів та діаграми представлення використання.

**Діаграма компонентів.** Компонентна модель системи прогнозування фінансових часових рядів зображена на рис. 4. Вона складається з компонентів прогнозування, керування, аналізу методів, аналізу даних, аналізу результатів, фільтрації методів, локальної БД, а також із внутрішніх інтерфейсів взаємодії компонентів IFC, IFLD. Для взаємодії із системою прогнозування використовуються зовнішні інтерфейси IFSm, IFAdv, IFD.

Система спрямована на функціонування як уніфікована система прогнозування та може застосовуватися як компонента в різноманітних системах, в яких необхідне прогнозування і які задовольняють затребувані інтерфейси.

**Представлення використання.** Із системою прогнозування можуть взаємодіяти два види користувачів: "аналітик" та "інженер". "Аналітик" використовує спрощений інтерфейс IFSm, який дає змогу отримувати прогноз на основі статистичної інформації системи прогнозування для заданого часового ряду та параметрів прогнозу. "Інженер" використовує інтерфейс IFAdv. Загальну діаграму ролей наведено на рис. 5.

Більш детальну інформацію по взаємодії з системою можна бачити на рис. 6. Так, "аналітик" може вибирати тип та дані, які необхідно спрогнозувати, встановлювати пріоритет прогнозу та отримувати адекватний прогноз системи. Під "адекватним прогнозом" ми розуміємо прогноз, який найбільш точний із можливих доступних методів прогнозування для заданих даних. "Інженер" має розширені можливості порівняно з "аналітиком". Він може виконувати всі ті самі операції із системою, а також може призупинити певні прогнози, виконувати прогноз на вимогу – це прогнозування за допомогою системи прогнозування на основі заданого методу прогнозування та процесу прогнозування. Також він може керувати блокуванням, активацією, тестуванням і налаштуванням методів, керувати статистикою та фільтрацією даних тощо.

Використання окремого інтерфейсу IFSm дає можливість надати "аналітику" простий інтерфейс користувача та зробити максимально простим його спілкування із системою прогнозування. Впровадження ж додаткового інтерфейсу IFAdv, в свою чергу, дасть можливість керувати роботою та функціональністю системи прогнозування при потребі, а також проводити необхідні тестування та зміни в процесах, які використовує система, без необхідності призупинити систему та переробляти її.



Рис. 5. Діаграма ролей при роботі із системою. Діаграма взаємодії в нотатції UML

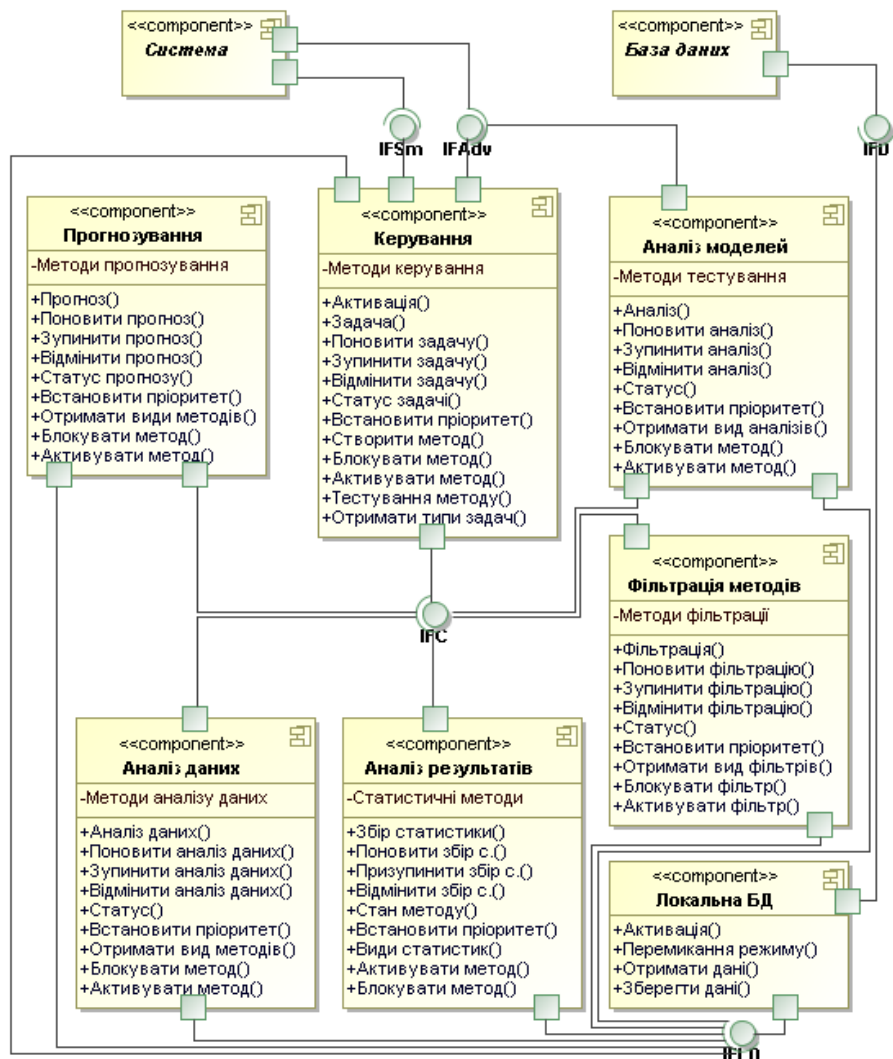


Рис. 4. Модель системи прогнозування. Діаграма компонентів у нотатції UML

**Динамічне представлення.** Динамічне представлення системи прогнозування фінансових

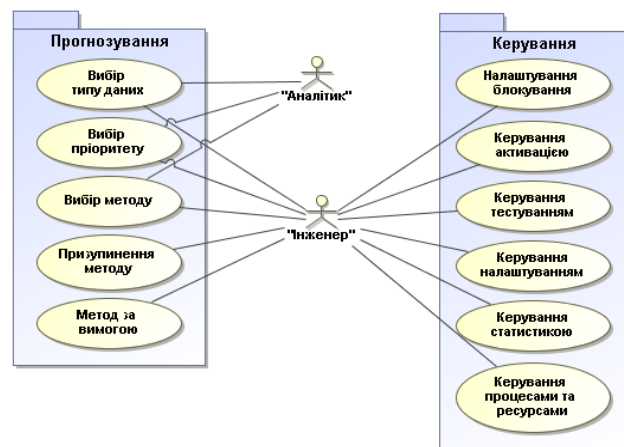


Рис. 6. Діаграма взаємодії із системою. Діаграма взаємодії в нотатції UML

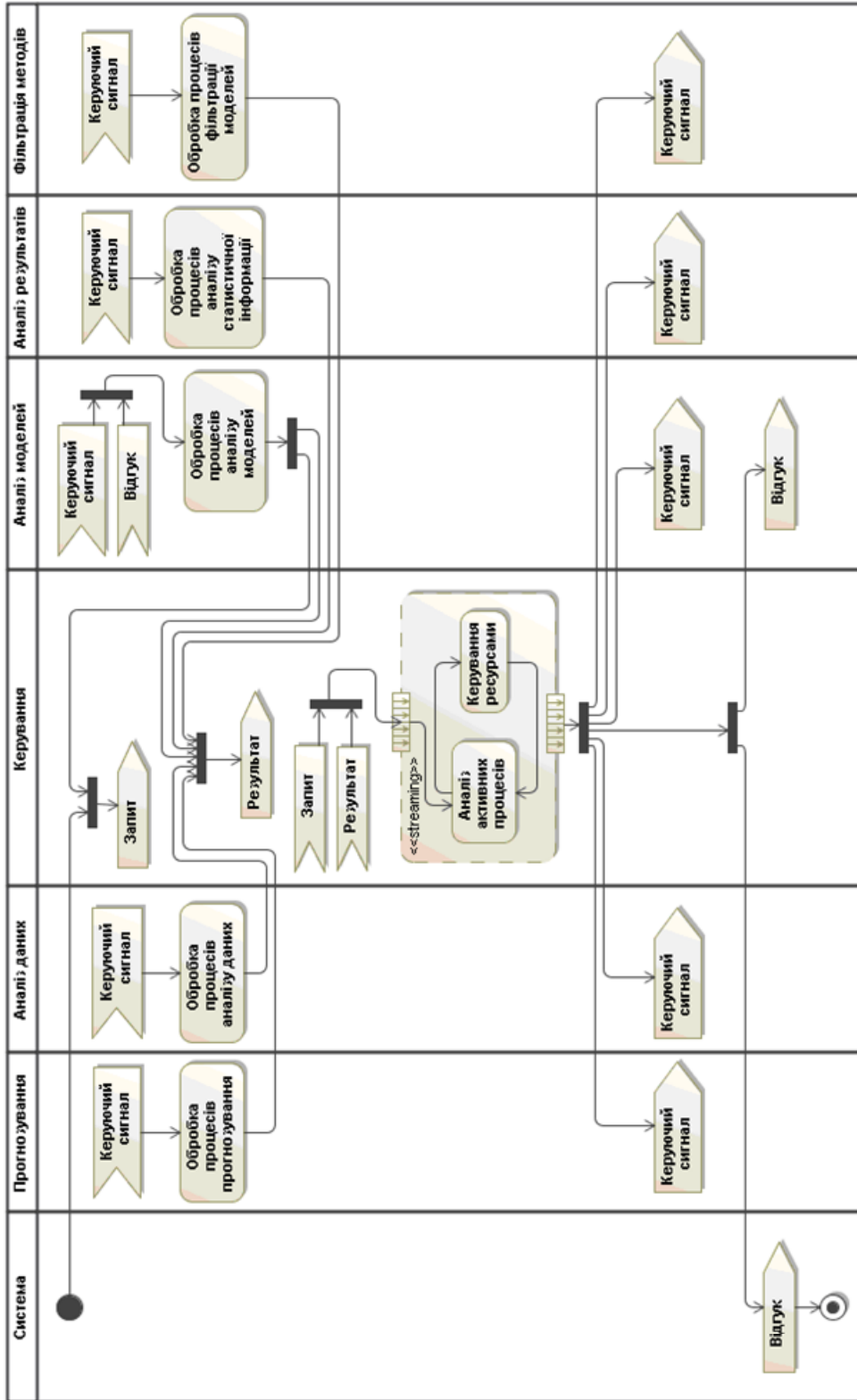


Рис. 7. Діаграма діяльності системи прогнозування в нотатції UML

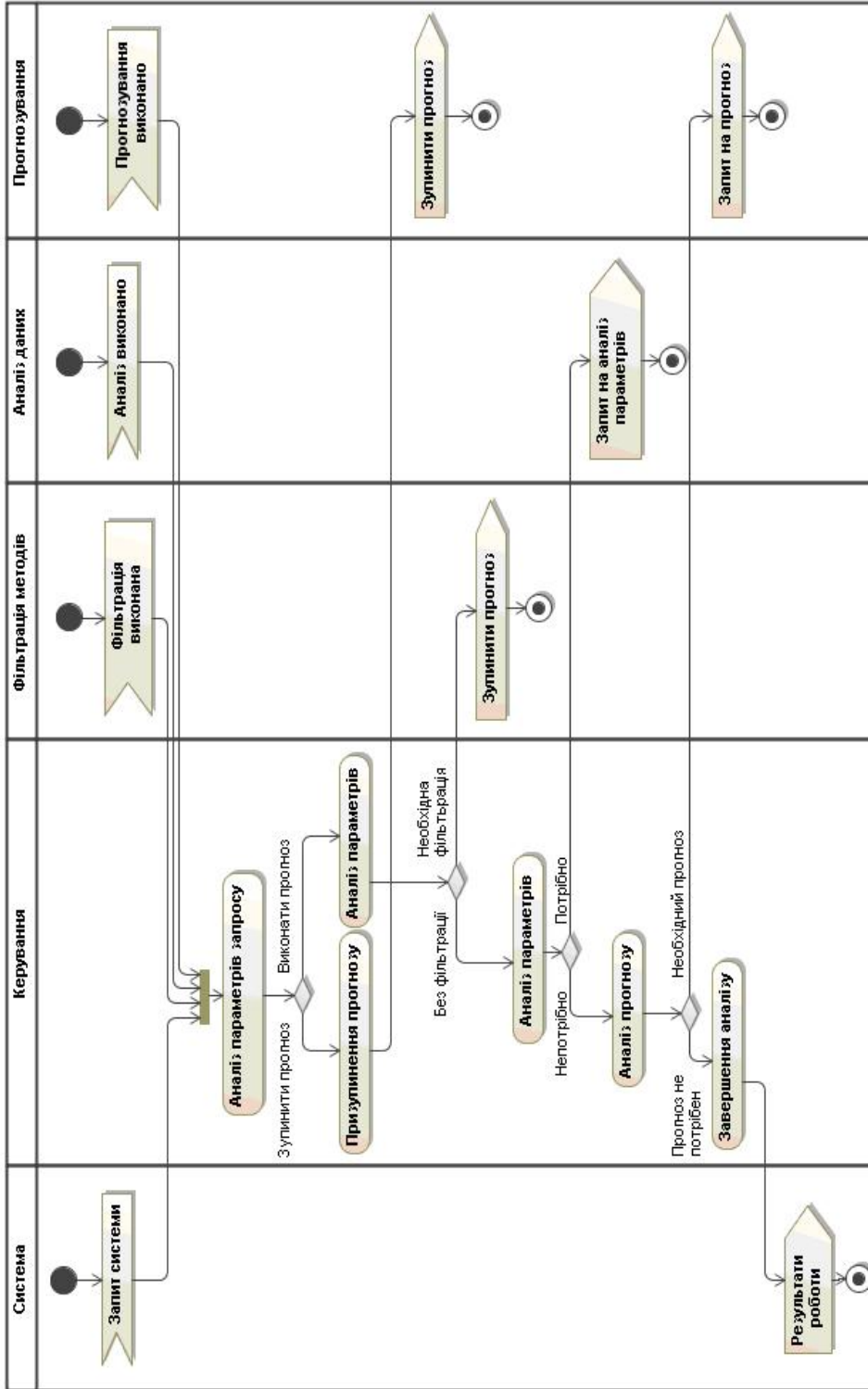


Рис. 8. Метод керування прогнозуванням фінансових даних. Діаграма діяльності в нотатції UML

даних складається з діаграми діяльності та діаграми станів.

**Діаграма діяльності.** В момент отримання сигналу запиту на прогноз за певним алгоритмом або за базовим алгоритмом керування алгоритм керування починає обробляти параметри прогнозу, реєструє його в системі прогнозування та приймає рішення, які необхідні, вносить додаткові дані. Якщо необхідна фільтрація, то запит відправляється на фільтрацію. Якщо необхідна аналітична інформація, то запит відправляється на аналіз даних і т.п. Якщо даних вистачає, щоб прийняти рішення, яким методом отримати необхідний прогноз, то компонент посилає сигнал запиту на виконання прогнозу. При отриманні результатів прогнозу алгоритм керування вирішує питання про необхідність збереження цих даних у системі та видачі результатів. Загальну діаграму діяльності системи прогнозування наведено на рис. 7.

Під час роботи компонент “керування” може взаємодіяти із всіма компонентами: “фільтрації методів” – інтерфейс IFC; “аналізу даних” – інтерфейс IFC; “аналізу результатів” – інтерфейс IFC; “аналізу моделей” – інтерфейс IFC; “прогнозування” – інтерфейс IFC; “локальної БД” – інтерфейс IFLD.

Компонент керування через зовнішні інтерфейси IFSm, IFAdv взаємодіє із зовнішньою системою.

Для застосування в системі керування фінансово-інвестиційною діяльністю система прогнозування повинна підтримувати алгоритми прогнозування фінансових даних (волатильності, доходності та ін.). Для цього пропонуємо застосовувати такий метод керування процесом прогнозування, який наведено на рис. 8.

#### Алгоритм вибору адекватної моделі прогнозування з використанням статистичних даних

Автори пропонують алгоритм вибору адекватної моделі прогнозування, наведений на рис. 9. Основна його ідея полягає в тому, що система виконує аналіз даних для всіх можливих моделей прогнозування в пониженому пріоритеті і коли система не зайнята. Зокрема, наприклад, торги на фондовій біржі ПФТС проводяться з 10:00 до 17:00, тобто система прогнозування для даного ринку за добу (24 год) працює лише ~29% часу на ринку, в інші періоди часу система не зайнята. У ході “фонового” аналізу збирається статистика за методами прогнозування та моделями. Для зменшення накладних витрат на розрахунки

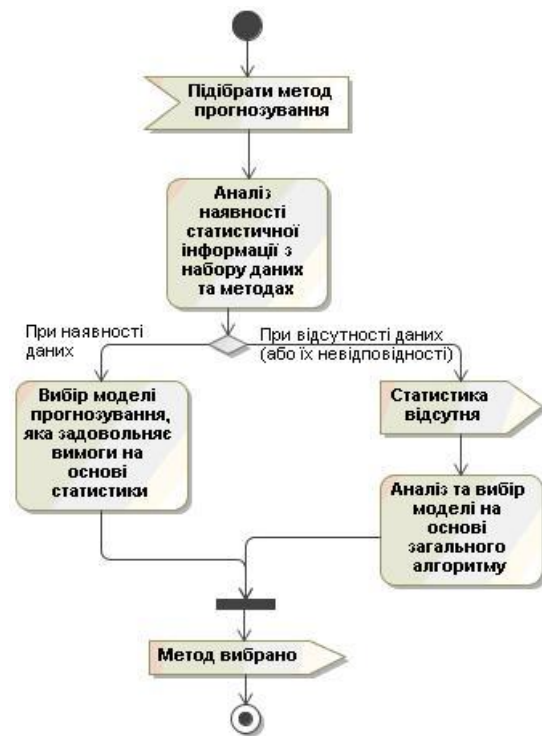


Рис. 9. Алгоритм вибору моделі прогнозування з використанням статистичних даних. Діаграма діяльності в нотатції UML

вибору адекватної моделі можна використати зібрану статистику та на основі вибраних критеріїв вибрати потрібну модель прогнозування. Такий підхід, з одного боку, дає можливість краще оцінити метод прогнозування, тому що підрахунок статистики ведеться весь час в міру появи нових значень котирувань. З іншого боку, такий підхід може накопичувати похибку в результаті того, що характер ринку може змінитися, а статистика буде продовжуватись від “старого” ринку. Тому необхідно уважно підійти до методики накопичення статистики та її використання.

Автори пропонують два підходи. В обох система постійно накопичує статистику по кожному котируванню цінного паперу, товару тощо на біржі з необхідним ступенем дискретизації. Однак методика збору статистики різна.

Перший підхід базується на такому алгоритмі. Для кожного числового ряду, який характеризує вартість цінного паперу, система буде прогнозувати для проміжку  $n-k$ , де  $k$  – кількість необхідних кроків назад,  $n$  – останнє значення ряду. Система буде прогнозувати всіма активними методами прогнозування та для кожного з прогнозів підраховує формальну статистику, яка характеризує точність прогнозів, і зберігає їх. При появі нових котирувань цінного паперу на ринку сис-



тема оновлює значення формальних статистик. Поява нових даних може бути при денному закритті ринку або в реальному часі.

Другий підхід відрізняється від першого вибором проміжку, на якому буде проводитись прогноз. Для вибору проміжку спочатку аналізуються дані на  $k$  кроків назад. Для цих даних розраховуються математичне сподівання, дисперсія, спред та ін. Далі на основі зібраних даних шукається проміжок ряду, який має близькі із заданим ступенем параметри в даному часовому ряду або в наборі часових даних, які входять у той самий клас рядів. При знаходженні цього проміжку будується прогноз за допомогою всіх активних методів прогнозування в системі на задану кількість кроків та визначаються формальні статистики для кожного з методів прогнозування і зберігаються в системі. Дані перераховуються в міру необхідності, як і в першому підході.

Таким чином, у системі завжди є статистичні характеристики для кожного методу прогнозування для кожного цінного паперу. Далі, при запиті на прогнозування система не проводить аналіз різних методів прогнозування, а бере результати із статистичних даних, які знаходяться в локальній БД та приймає рішення: який метод прогнозування буде доцільний у даному випадку. Перший підхід по збору статистики потребує меншої кількості обчислювальних ресурсів, ніж другий, однак другий метод точніший. Кожен із підходів не виключає один одного, тому що система здатна використовувати різні підходи по збору статистики одночасно.

**Діаграма станів.** На діаграмі станів відображаємо стани основних об'єктів системи. Це — об'єкт "прогноз", який створюється при запиті на прогнозування часового ряду (рис. 10), та об'єкт "метод", який є будь-яким математичним методом, що функціонує в системі та належить до певної компоненти системи.

При запиті на прогноз створюється новий об'єкт "прогноз" із заданими параметрами. Далі, після створення він отримує статус "аналіз параметрів" — на цьому етапі об'єкт "прогноз" обробляється компонентою "керування" системи прогнозування. Як тільки проаналізовано параметри прогнозу, приймається рішення, що з ним робити. Це може бути збір необхідних аналітичних

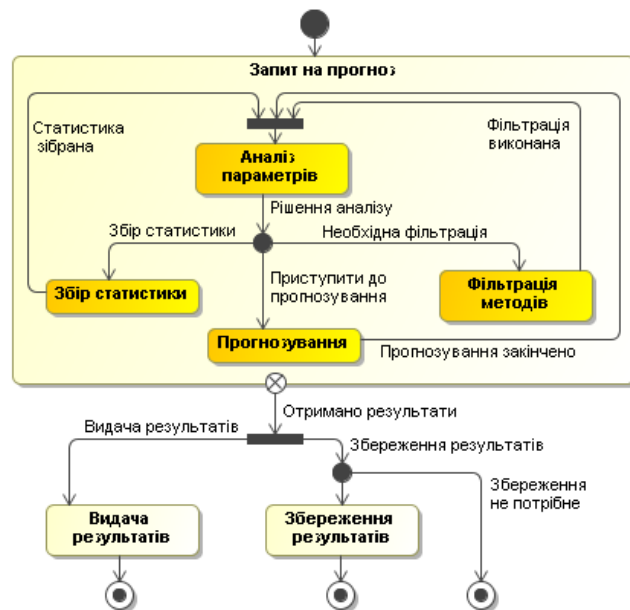


Рис. 10. Діаграма станів для об'єкта "прогноз" у нотатції UML

даних за даними, які потрібно спрогнозувати, чи фільтрація методів прогнозування, чи безпосереднє виконання самого прогнозу і т.д. Згідно з тим, яка з цих операцій виконується над об'єктом "прогноз", він відповідно змінює свої стани. Як тільки прогноз виконано, об'єкт змінює свій глобальний стан "запит на прогноз" на стан "видача результатів", при якому система за допомогою зовнішнього інтерфейсу видає результати прогнозу. При отриманні результатів система також приймає рішення, чи потрібне збереження результатів; якщо так, то об'єкт "прогноз" змінює стан на "збереження результатів", при якому система проводить збереження результатів та метаданих прогнозу.

Об'єкт "метод" починає свій життєвий цикл з етапу створення і закінчує його при видаленні "методу" із системи. Діаграму станів об'єкта "метод" наведено на рис. 11.

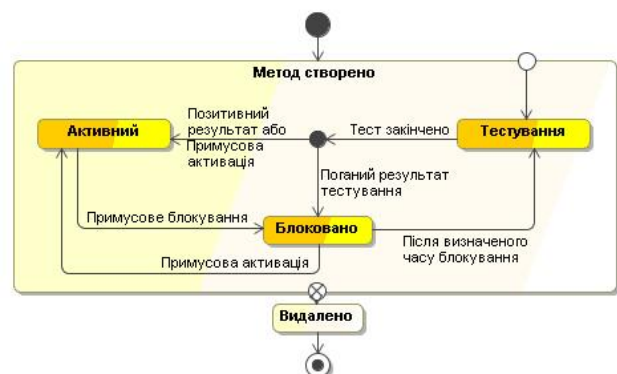


Рис. 11. Діаграма станів для об'єкта "метод прогнозування" в нотатції UML

Об'єкт "метод" створюється при виконанні відповідного запиту до компонента "керування". При цьому об'єкт знаходиться в стані "тестування". У цьому стані система проводить тестування методу на основі методів тестування, які є в системі, у фоновому режимі (низький пріоритет) на різних вибірках даних та визначає його ефективність. Як тільки тестування буде закінчено з позитивним результатом або при примусовій активації, об'єкт "метод" змінює свій стан на "активний". У цьому стані система має право використовувати цей метод автоматично для виконання прогнозу та інших автоматизованих операцій, а також може використовувати метадані цього методу, які накопичилися в період тестування для фільтрації методів для прогнозування та ін. При примусовому блокуванні активного методу він змінює свій стан на "блоковано". В цьому стані метод знаходиться в блокованому стані певний період, визначений системою, або доки не буде примусово активований або видалений. При закінченні періоду блокування, якщо метод не було активовано чи видалено, він змінює свій стан на початковий стан "тестування".

**Представлення керування.** На рис. 12 наведено діаграму пакетів, на якій зображено основні етапи реалізації та керування моделлю системи прогнозування фінансових часових рядів.

**Специфікація системи прогнозування.** Призначення системи – надати гнучкий інструмент

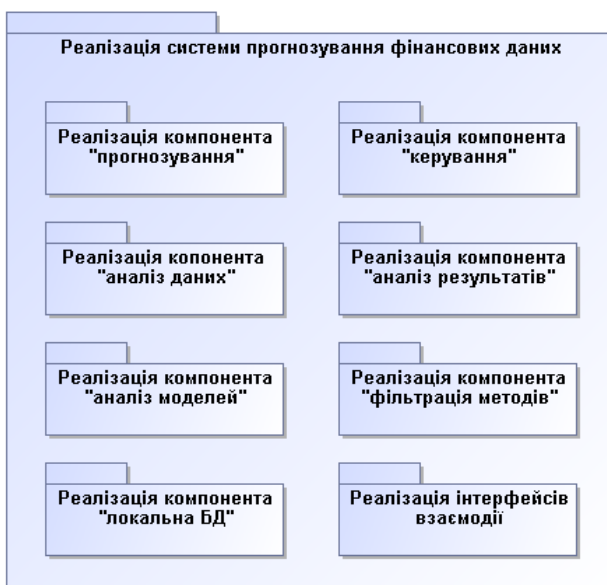


Рис. 12. Загальне представлення керування моделлю системи прогнозування фінансових даних. Діаграма пакетів у нотатції UML

прогнозування фінансових даних, який можна застосовувати в різноманітних системах, які реалізують затребуваний інтерфейс.

**Формат специфікації компонентної моделі системи прогнозування** формується за основними загальносистемними ознаками – властивостями та операціями.

**Назва:** система прогнозування фінансових часових рядів.

**Призначення:** прогнозування фінансових даних. За заданими критеріями процесу прогнозування, горизонту прогнозу та ступеня дискретизації даних та ін.

**Виробник:** лабораторія прикладної математики факультету прикладної математики НТУУ "КПІ".

**Функціональність:** функціональність системи визначається властивостями її компонентів, їх складом та операціями.

**Властивості:** режим функціонування – реальний перебіг часу.

**Склад:**

- компонент для підтримки різних алгоритмів керування етапами прогнозу, ресурсами та діяльністю всієї компоненти прогнозування;
- компонент підтримки різних алгоритмів прогнозування, який дає можливість прогнозувати необхідні дані за необхідним критерієм заданим методом прогнозування;
- компонент підтримки алгоритмів аналізу різних моделей та їх тестування;
- компонент підтримки різних алгоритмів фільтрації методів прогнозування, вибору адекватних моделей прогнозування серед множини можливих;
- компонент підтримки алгоритмів обчислення різних показників часових рядів та визначення їх природи, наявності тренду і т.п.;
- компонент підтримки алгоритмів збору та аналізу статистичних даних по роботі методів та системи прогнозування;
- компонент підтримки роботи з локальною БД та забезпечення інтерфейсу для взаємодії із зовнішньою БД відносно системи прогнозування.

**Операції** – множина методів прогнозування, керування, фільтрації, аналізу, що забезпечують прогнозування необхідних даних, визначення адекватності моделей прогнозування, точності прогнозу, характеристик та параметрів часового ряду, тестування та налаштування різноманітних методів.

**Інтерфейси:** система прогнозування використовує такі інтерфейси:

- IFC (Interface Forecast Control);
- IFLD (Interface Forecast Local Data).

**Інтеграція:** інтеграція системи здійснюється через такі інтерфейси:

- IFSm (Interface Forecast Simple);
- IFAdv (Interface Forecast Advance);
- IFD (Interface Forecast Database).

**Інтероперабельність:** взаємодія системи з іншими системами, які використовують її, здійснюється через зовнішні інтерфейси. На вхід компоненти подаються дані, які необхідно спрогнозувати, та параметри прогнозу, метод керування та ін. На виході отримується результат роботи вибраного методу керування.

## Висновки

У статті запропоновано модель системної інженерії систем прогнозування, на основі якої можна реалізувати систему прогнозування для різноманітних галузей застосування.

Застосування компоненти ітеративно-інкрементного процесу до створення системи прогнозування дає можливість формалізувати та упорядкувати процес розробки. За таким підходом можна уніфікувати кожну компоненту системи і її використання в інших системах як окремих автономних компонентів, а також абстрагуватися від внутрішньої реалізації компонента, що сприяє внесенню зміни в компонент без необхідності переробки та адаптації всієї системи.

На основі цієї моделі розроблено модель системи прогнозування фінансових часових рядів та комплекс методів і алгоритмів, які можна використовувати для прогнозування фінансових даних.

Практична цінність моделі системної інженерії систем прогнозування полягає в тому, що така модель забезпечує уніфікований підхід до автоматизації різноманітних методів прогнозування, аналізу, фільтрації методів та даних.

Система, крім забезпечення механізму прогнозування, забезпечує можливість використання великої кількості різноманітних методів з аналізу даних, фільтрації, тестування, керування процесом прогнозування та ін. В моделі передбачено гнучкий механізм керування ресурсами. Це дає змогу отримати об'єктивний прогноз з необхідними алгоритмами з раціональним використанням ресурсів.

У статті запропоновано два алгоритми вибору моделей прогнозування фінансових даних на основі статистичної інформації для фінансово-інвестиційної діяльності. Ці алгоритми дають можливість оптимізувати процес прийняття рішення: "який метод прогнозування вибрати", що значно знижує кількість необхідних обчислювальних ресурсів при роботі в реальному часі.

Подальшими напрямками дослідження є реалізація складових системи та вирішення інших проблем задач автоматизації прогнозування даних.

П.П. Маслянюк, Ю.Р. Землянський,  
А.В. Рябушенко

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ДАННЫХ

Предложены модель системной инженерии систем прогнозирования и инженерия компонента прогнозирования для системы управления финансово-инвестиционной деятельностью. Разработаны модель системы прогнозирования финансовых временных рядов и комплекс методов и алгоритмов, которые можно использовать для прогнозирования финансовых данных. Предложены алгоритмы выбора моделей прогнозирования финансовых данных на основе статистической информации для финансово-инвестиционной деятельности.

P.P. Maslyanko, Yu.R. Zemlyansky,  
A.V. Riabushenko

FORECASTING SYSTEM ENGINEERING AND MODEL OF THE SYSTEM OF FINANCIAL DATA FORECASTING

The paper proposes the model of system engineering of forecasting systems and engineering of a forecasting component for the control system of financial-investment activity. We develop a model of the system of the financial time series forecasting as well as describe a range of methods and algorithms which can be used for financial data forecasting. In addition, we implement the algorithms of models choice of financial data forecasting based on the statistical information for the financial-investment activity.

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. — К.: Наук. думка, 2005. — 744 с.
2. OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, V2.1.2 November. — 2007. — <http://www.omg.org/docs/formal/07-11-02.pdf>
3. MDA Explained: The Model Driven Architecture-Practice and Promise 9780321194428 (032119442X), Addison Wesley, 2003.
4. Маслянюк П.П. Системне проектування процесів інформатизації // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. — 2008. — № 1. — С. 28–36.
5. Маслянюк П.П. Компонентні процеси системного проектування інформаційно-комунікаційних систем // Там же. — № 2. — С. 112–121.
6. Маслянюк П.П., Майстренко О.С. Системна інженерія проектів інформатизації організаційних систем // Там же. — № 6. — С. 34–42.
7. Маслянюк П.П., Рябушенко А.В. Компонентна модель інформаційно-аналітичної системи та генетичний алгоритм формування оптимального портфеля акцій // Там же. — 2009. — № 1. — С. 36–46.
8. Маслянюк П.П., Рябушенко А.В. Створення компонента стратегічного планування системи управління фінансово-інвестиційною діяльністю // Там же. — 2009. — № 4. — С. 53–65.
9. Маслянюк П.П., Рябушенко А.В. Підсистема управління ризиками фінансово-інвестиційної діяльності // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. — 2009. — 2, № 1. — С. 370–378.
10. Маслянюк П.П., Землянський Ю.Р. Компонентна модель системи прогнозування // Системний аналіз та інформаційні технології: Матер. XII Міжнар. наук.-техн. конф. SAIT2010. — К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2010. — С. 459.
11. Бідюк П.І., Меняйленко О.С., Половцев О.В. Методи прогнозування. — Луганськ: Альма-матер, 2008. — Т. 1. — 308 с.
12. Бідюк П.І., Меняйленко О.С., Половцев О.В. Методи прогнозування. — Луганськ: Альма-матер, 2008. — Т. 2. — 306 с.
13. Bollerslev T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity // J. of Econometrics. — 1986. — N 31. — P. 307–327.
14. Bacry E., Delour J., Muzy J.F. Multifractal random walks // Phys. Rev. E. — 2001. — 64, N 2. — 4 p.
15. Bacry E., Muzy J.F. Log-infinitely divisible multifractal process // Comm. in Math. Phys. — 2003. — 236. — P. 449–475.
16. Kwiatkowski D., Phillips P.C.B., Schmidt P., Shin Y. Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root // J. of Econometrics. — 1992. — N 54. — P. 159–178.
17. Said E., Dickey D. Testing for Unit Roots in Autoregressive Moving Average Models of Unknown Order // Biometrika. — 1984. — N 71. — P. 599–607.
18. Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root // J. of the American Statistical Association. — 1979. — N 74. — P. 427–431.
19. Phillips P.C.B., Perron P. Testing for a Unit Root in Time Series Regression // Biometrika. — 1988. — N 75. — P. 335–346.
20. Johansen S. Cointegration and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models // Econometrica. — 1991. — 59, N 6. — P. 1551–1580.
21. Engle R.F., Granger C.W.J. Co-integration and error-correction: Representation, estimation and testing // Econometrica. — 1987. — 55, N 2. — P. 251–276.
22. Ericsson H.-E., Penker M. Business Modeling with UML: Business Patterns at Work. — Wiley Computer Publishing, 2000. — 480 p.
23. Fowler M. UML distilled: a brief guide to standard object modeling language // Addison Wesley. — 1999. — 224 p.

Рекомендована Радою  
факультету прикладної математики  
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
17 грудня 2010 року