

Розробка і дослідження методів адаптивного прогнозування та статистичної ідентифікації нелінійних динамічних моделей фізичних та економічних процесів

*Науковий керівник — д.т.н., проф. Романенко В.Д.*

Розроблено метод синтезу моделей GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) для прогнозування максимальних вибірових умовних дисперсій вихідних координат багатовимірних гетероскедастичних процесів з різнотемповою дискретизацією. Для досягнення оптимальної точності прогнозування розроблено алгоритм адаптивної настройки коефіцієнтів моделі GARCH. Розроблена методика прогнозування векторів стану та вихідних вимірювань на основі моделі динаміки процесу у просторі стану з різнотемповою дискретизацією шляхом застосування діофантових рівнянь у матричних поліномах при вимірюваних і невимірюваних збуреннях, що забезпечує мінімізацію дисперсії помилки прогнозування. Розроблено алгоритм мінімізації узагальненої дисперсії вихідної координти фінансово-економічного процесу. Запропоновано новий підхід до формування адаптивних нелінійних стохастичних моделей короткострокового і середньострокового прогнозування, що дозволяє ефективно враховувати невизначеність і непередбачуваність розвитку різнотипових динамічних процесів у майбутньому. Запропоновано модифікацію алгоритмів ідентифікації апріорно невідомих статистичних характеристик збурень стану моделі нелінійної динамічної системи за даними несинхронізованих різнорідних вимірів.

На основі розробленої адаптивної нелінійної стохастичної моделі запропонована комплексна методика обробки даних моніторингу артеріального тиску, що дозволило виявляти відтворені закономірності його хронобіологічного змінення для різних вікових груп, виконувати середньострокове прогнозування артеріального тиску і вчасно приймати рішення для надання ефективної лікарської допомоги конкретному пацієнту. В умовах обмеженої експериментальної інформації запропоновано обробку експериментальних об'єднувати з процедурою імітаційного моделювання, що імітує продовження експерименту в тих же умовах. Це дало можливість підвищити ефективність процедури оцінювання показника ступеня розподілу енергії сонячних спалахів за даними супутника.

Результати роботи впроваджено в «Альфа-Банк» у вигляді програмного забезпечення для мінімізації дисперсії умовно-стабільних залишків коштів клієнтів у банку, які вони вносять на невизначений термін і можуть зняти з розрахунків в любий момент за вимогою. Мінімізація коливань залишків дає можливість мінімізувати ризики ліквідності (Акт впровадження).

Застосування синтезованих адаптивних моделей GARCH для прогнозування максимальних вибірових умовних дисперсій дозволяє:

— значно підвищити точність прогнозування за рахунок згладжування коливань при збільшенні обсягу вибірки для визначення максимальних вибірових умовних дисперсій в процесі синтезу моделей GARCH в порівнянні з класичними моделями GARCH;

— значно збільшити інтервал прогнозування дисперсій, який визначається періодом різнотемпової дискретизації  $h = mT_0$ , де  $T_0$  — період однотемпової дискретизації, а  $m > 1$ .

### **Існуючі результати впровадження**

Результати роботи впроваджено в ПАТ «Альфа-Банк» у вигляді програмного забезпечення для мінімізації дисперсії умовно-стабільних залишків коштів клієнтів у банку. Мінімізація коливань залишків дає можливість мінімізувати ризики ліквідності в банку. За результатами роботи готуються дві кандидатські дисертації аспірантів ННК «ІІСА». Теоретичні методи, які представлені в роботі, використані для підготовки нових розділів в навчальному курсі «Адаптивні системи прогнозування і управління», та в новому навчальному посібнику «Аналіз часових рядів», який подано до друку.

**Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання :**

1. Редько Е. Повышение эффективности оценивания параметров распределения в условиях ограниченной экспериментальной информации / Е.Редько, В.Н.Подладчиков, Т.В.Подладчикова // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2010.
2. Методы автоматического детектирования крупномасштабных событий на Солнце на основе кластерного анализа [Фабричева Е.В., Киян М.А., Подладчиков В.Н., Подладчикова Т.В.] // Нові технології. — 2010. — № 2. — С. 149—153.
3. Фабричева Е.В. Применение метода разностного группирования для детектирования крупномасштабных событий на Солнце / Е.В.Фабричева, В.Н.Подладчиков // Наука і молодь. — 2010. — № 3. — С. 46—52.
4. Алексеенко А.А. Исследования авторегрессионных моделей со случайными коэффициентами / А.А.Алексеенко, В.Н.Подладчиков // Нові технології. — 2010. — № 3. — С. 52—57.
5. Вуец А.В. Алгоритм фильтрации пространственных изображений солнечного ветра / А.В. Вуец, П.С.Леонтьев, В.Н.Подладчиков // Нові технології. 2009. — № 1. — С. 73—80.
6. Поляновский Н.А. Прогнозирование валютных курсов на основе идентификации статистических параметров математической модели / Н.А.Полновский, В.Н.Подладчиков // Нові технології. — 2009. — № 1. — С. 122—127.
7. Кудрявцев Ю.В. Анализ эффективности адаптивного фильтра Калмана на основе тестовых рядов Брауна / Ю.В.Кудрявцев, Р.А.Шмалько, В.Н.Подладчиков // Нові технології. — 2009. — № 3. — С. 41—48.
8. Панкратова Н.Д. Квазиоптимальное сглаживание как инструментальный анализ сложных слабоструктурированных динамических процессов / Н.Д.Панкратова, Т.В.Подладчикова, Д.Г.Стрелков // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 6. — С. 79—87.
9. Влияние геомагнитной возмущенности на состояние сердечно-сосудистой системы человека / [Самсонов С.Н., Манькина В.И., Скрябин Н.Г., Крымский Г.Ф., Петрова П.Г., Вигневский В.В., Григорьев П.Е., Подладчикова Т.В., Рагульская М.В.] // Вестник новых медицинских технологий. — 2009. — № 1. — С. 246—248.
10. Podladchikova T.V. The storm-time Dst index prediction based on the measurements on the solar wind and the interplanetary magnetic field / Podladchikova T.V., Petrukovach A.A. // Proceeding of the 9th Ukrainian Conference on Space Research (August 31—September 5, Yevpatoriya). — 2009. — P. 9.
11. Podladchikova T.V. Magnetic Storm Strength Forecast with Increased prediction Time / Podladchikova T.V., Petrukovach A.A. // Proceeding of the 6th European Space Weather Week (November 16—20, Bruges). — 2009. — P. 60.
12. Podladchikova T.V. Van Der Linden. Peak Sunspot Number for Solar Cycle 24 // Proceeding of the 6th European Space Weather Week (November 16—20, Bruges). — 2009. — P. 49.
13. Leontiev P. NEMO operational development / Leontiev P., Vuiets A., Podladchikov V.N., Podladchikova E.V. // Proceeding of the 6th European Space Weather Week (November 16—20, Bruges). — 2009. — P. 55.
14. Панкратова Н.Д. Адаптивные стохастические модели в трудноформализуемых естественнонаучных задачах / Н.Д.Панкратова, Т.В.Подладчикова // Доклады Национальной академии наук Украины. — 2008. — № 12. — С. 55—61.
15. Подладчикова Т.В. К разработке адаптивных моделей оценивания параметров движущегося объекта в условиях неопределенности // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2008. — № 2. — С. 115—127.
16. Романенко В.Д. Минимизация дисперсий многомерных процессов с разнотемповой дискретизацией для моделей в пространстве состояний с запаздыванием / В.Д.Романенко, А.А.Реутов // Проблемы управления и информатики. — 2010. — № 5. — С. 18—26.
17. Романенко В.Д. Синтез функций прогнозирования динамических процессов для моделей в пространстве состояний на основе диофантовых уравнений / В.Д.Романенко,

А.А.Реутов // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2010. — № 1. — С. 110—122.

18. Романенко В.Д. Синтез разнотемпових дискретних систем среднесрочного прогнозирования с оцениванием переменных состояния процессов /В.Д.Романенко, А.А.Реутов // 16 міжн. конф. з автомат.упр. «Автоматика-2009» [тези доповідей], (Чернівці, 22-25 верес. 2009 р.). — Чернівці: Книги-XXI, 2009. — С. 94—95.

19. Романенко В.Д. Прогнозирование максимальных условных дисперсий многомерных процессов с разнотемповой дискретизацией на основе адаптивных моделей GARCH // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2009. — № 4. — С. 92 — 108.