

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

Разработка и исследование методов адаптивного прогнозирования и статистической идентификации нелинейных динамических моделей физических и экономических процессов

Development and investigation of the methods for adaptive forecasting and statistical identification based on non-linear dynamic models of physical and economic processes

1. Номер державної реєстрації, 0109U000428.

2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання)

Д.т.н., проф. Романенко В.Д., Д.т.н., проф. Романенко В.Д. Doctor of Sciences, Professor Romanenko V.D.

3. Суть розробки, основні результати

Розроблено метод синтезу моделей GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) для прогнозування максимальних вибірових умовних дисперсій вихідних координат багатовимірних гетероскедастичних процесів з різномпвою 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 різномпвою 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).

(русс.)

Разработан метод синтеза моделей GARCH (Generalized Autoregressive conditional Geteroskedasticity) для прогнозирования максимальных выборочных условных дисперсий выходных координат многомерных гетероскедастических процессов с разномпвовой дискретизацией. Для достижения оптимальной точности прогнозирования разработант алгоритм адаптивной настройки коэффициентов модели GARCH. Разработана методика прогнозирования векторов состояния и выходных измерений на основе модели динамики процесса в пространстве состояний с разномпвовой дискретизацией путем применения диофантовых уравнений в матричных полиномах при измеряемых и неизмеряемых

возмущениях, что обеспечивает минимизацию дисперсии ошибки прогнозирования. Разработан алгоритм минимизации обобщенной дисперсии выходной координаты финансово-экономических процессов. Предложен новый подход для формирования адаптивных нелинейных стохастических моделей краткосрочного и среднесрочного прогнозирования, что позволяет эффективно учитывать неопределенность и непредвиденность развития разнотипных динамических процессов в будущем. Предложена модификация алгоритмов идентификации априорно неизвестных статистических характеристик возмущений состояния модели нелинейной динамической системы по данным несинхронизированных разнородных измерений.

На основе разработанной адаптивной нелинейной стохастической модели предложена комплексная методика обработки данных мониторинга артериального давления, что позволило выявить закономерности его хронобиологического изменения для разных возрастных групп, выполнять среднесрочное прогнозирование артериального давления и своевременно принимать решения о предоставлении эффективной врачебной помощи конкретному пациенту. В условиях ограниченной экспериментальной информации предложена обработка экспериментальных данных объединять с процедурой имитационного моделирования, что имитирует продолжение эксперимента в тех же условиях. Это дало возможность повысить эффективность процедуры оценивания показателя степени распределения энергии солнечных вспышек по данным спутника.

Результаты работы внедрены в «Альфа-Банк» в виде программного обеспечения для минимизации дисперсии условно-стабильных остатков вкладов клиентов в банке, которые они внесли на неопределенный срок и могут снять со счетов в любой момент по требованию. Минимизация колебаний остатков дает возможность минимизировать риски ликвидности (Акт внедрения).

The method of GARCH model synthesis (Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity) was developed for prediction of maximal sample conditional variances of output coordinates of multidimensional heteroscedastic processes with multirate discretization. To achieve maximal prediction accuracy the algorithm of adaptive adjustment of GARCH model coefficients was devised. The prediction technique of state vectors and output measurements was developed by means of applying Diophantine equations in matrix polynomials in conditions of measurable and non-measurable disturbances providing minimization of prediction error variance. The algorithm was developed to minimize generalized variance of output coordinate of financial — economical processes. New approach to create adaptive nonlinear stochastic models of short and medium term prediction was proposed that allows effectively taking into account uncertainty and unpredictability of different type dynamical processes development in future. Modification of identification algorithms of a priori unknown noise statistic of state disturbances of nonlinear dynamical system model according to heterogeneous and non synchronized measurements was proposed.

The complex technique of treatment of arterial pressure monitoring data on basis of developed adaptive nonlinear stochastic model was proposed that allowed revealing regularities of its chronobiological change for different age groups and fulfillment of medium term prediction of arterial pressure and timely decision-making about giving of effective medical assistance to concrete patient. Experimental data treatment in the conditions of limited experimental information was proposed to combine with procedure of imitating modeling that simulates continuation of experiment in the same conditions. This gave opportunity to increase effectiveness of exponent estimation procedure of energy distribution of solar flares according to satellite data.

Research results were implemented in Alpha-bank as software to minimize variances of conditionally stable residuals of client's deposits to the bank, which they contributed on indefinite time and will be able to withdraw from accounts in any moment on request. Minimization of residuals fluctuation gives opportunity to minimize liquidity risks (certificate of implementation).

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право)

Немає

5. Порівняння зі світовими аналогами

Результати відповідають світовому рівню щодо прогнозування максимальних вибірових умовних дисперсій вихідних координат багатовимірних гетероскедастичних процесів з різнотемповою дискретизацією на основі синтезованих моделей GARCH.

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники)

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 $m > 1$.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації)

Методика проектування адаптивних моделей GARCH для прогнозування максимальних вибірових умовних дисперсій та методика прогнозування змінних стану та вихідних вимірювань із застосуванням матричних діофантових рівнянь може застосовуватися в фінансово-економічних організаціях. Методика прогнозування артеріального тиску може використовуватися у медицині.

8. Стан готовності розробки.

Розроблено програмне забезпечення для прогнозування і мінімізації дисперсій вихідних координат гетероскедастичних процесів з різнотемповою дискретизацією. Проведено дослідження ефективності прогнозування і мінімізації дисперсій на реальних даних фінансових координат шляхом цифрового моделювання.

9. 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. 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.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail

Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ»,
Телефон: 236-39-87, E-mail: ipsa@ntu-kpi.kiev.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання : (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації)

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., Petrukovich 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., Petrukovich 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 разнотемповых дискретных 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.