

Розробка інформаційної технології моделювання та оцінювання фінансово-економічних ризиків із врахуванням невизначеностей різної природи (на основі байєсівських моделей)

Разработка информационной технологии моделирования и оценивания финансово-экономических рисков с учетом неопределенностей различной природы (на основе байесовских моделей)

The development of information technology for modeling and evaluating the financial and economic risks with accounting of the uncertainties of different nature (based on Bayesian models)

1. **Номер державної реєстрації** 0113U000650, номер реєстрації в університеті 2622п.
2. **Науковий керівник** – д.т.н., проф. Бідюк П. І., Бідюк П. И., Bidyuk P. I.
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр)

Запропонована методика інтелектуального аналізу даних, що ґрунтується на об'єднанні математичного апарату причинно-наслідкових мереж довіри та методів оцінювання ризиків у вигляді моделей стохастичної волатильності. Методика включає розв'язання таких задач: (1) визначення та класифікація критичних елементів процесу, що досліджується, з метою виявлення та опису факторів ризику; (2) побудова ймовірнісної математичної моделі у вигляді причинно-наслідкових мереж довіри; (3) створення набору кандидатів-сценаріїв розвитку подій процесу; (4) моделювання та оцінювання ризиків реалізації виявлених критичних факторів на основі байєсівської моделі стохастичної волатильності з використанням методів оптимальної фільтрації.

Розроблену методику реалізовано у вигляді комп'ютерної програми для коректного оцінювання параметрів нелінійних моделей стохастичної волатильності, а також для оптимального оцінювання стану фінансових процесів, прогнозування умовної дисперсії та обчислення параметрів фінансових ризиків. Розроблені алгоритми апробовано на прикладах оптимізаційного прогнозування волатильності фактичних фінансових процесів, представлених статистичними даними обмінних курсів різних валют, а також для прогнозування міри ризику, пов'язаної із реалізацією цих процесів.

Для оцінювання параметрів моделі стохастичної волатильності та величини VaR створена специфікація у середовищі OpenBUGS, яке представляє ефективний інструмент для виконання байєсівського аналізу даних. Запропонована специфікація відрізняється високою гнучкістю практичного використання та можливістю функціонального розширення.

На основі розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення створено інформаційну систему обробки даних в реальному часі, яка відрізняється від відомих можливістю використання у будь-якій операційній системі та надає можливість будувати математичні моделі нелінійних нестационарних фінансових процесів з метою оцінювання прогнозів змінних та їх умовної дисперсії, а також визначення рівня можливих втрат.

(рос)

Предложена методика интеллектуального анализа данных, основанная на объединении математического аппарата причинно-следственных сетей доверия и методов оценки рисков в виде моделей стохастической волатильности. Методика включает решение следующих задач: (1) определение и классификация критических элементов процесса, исследуется с целью выявления и описания факторов риска; (2) построение вероятностной математической модели в виде причинно-следственных сетей доверия; (3) создание набора кандидатов-сценариев развития событий процесса; (4) моделирование и оценки рисков реализации выявленных критических факторов на основе байесовской модели стохастической волатильности с использованием методов оптимальной фильтрации. Разработанная методика реализована в виде компьютерной программы для корректного оценивания параметров нелинейных моделей стохастической волатильности,

а также для оптимального оценивания состояния финансовых процессов, прогнозирования условной дисперсии и вычисления параметров финансовых рисков.

Разработанные алгоритмы апробированы на примерах оптимизационного прогнозирования волатильности фактических финансовых процессов, представленных статистическим данным обменных курсов различных валют, а также для прогнозирования степени риска, связанной с реализацией этих процессов.

Для оценки параметров модели стохастической волатильности и величины VaR создана спецификация в среде OpenBUGS, представляющее эффективный инструмент для выполнения байесовского анализа данных. Предложенная спецификация отличается высокой гибкостью практического использования и возможностью функционального расширения.

На основе разработанного программно-алгоритмического обеспечения создана информационная система обработки данных в реальном времени, которая отличается от известных возможностью использования в любой операционной системе и позволяет строить математические модели нелинейных нестационарных финансовых процессов для оценки прогнозов переменных и их условной дисперсии, а также определение уровня возможных потерь.

(англ.)

A new technique of the data mining was proposed that combines the causal networks and methods for risk assessment in the form of stochastic volatility models. The approach includes the following stages: (1) definition and classification process critical elements under study, in order to identify and characterize risk factors; (2) constructing causal model in the form of believe Bayesian networks; (3) create a set of candidates scenarios process; (4) modeling and evaluating the risks of the critical factors based on Bayesian stochastic volatility models using methods of optimal filtering. Method is implemented as a computer program for correct parameter estimation of nonlinear stochastic volatility models and optimal estimation for state financial processes, forecasting the conditional variance and calculation of parameters of financial risks.

The algorithms tested on examples of actual volatility forecasting optimization of financial processes, presented statistics of exchange rates of various currencies as well as for predicting the degree of risk associated with the implementation of these processes.

For estimation of the model parameters of stochastic volatility and VaR values established specification among OpenBUGS, which represents an effective tool for performing Bayesian analysis. The proposed specification is highly flexible and practical use possibility of functional expansion.

Based on the developed software and algorithmic support an information processing system of data in real time, which is different from the known possibility of using any operating system and allows you to build mathematical models of nonlinear nonstationary financial processes to assess whether variables and their conditional variance and determine the level of potential losses.

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

– Пат. 28751 У України, МПК G 06 F 17 / 17, F 17/18, F 17/30 . Пристрій для обробки слабоструктурованих даних на основі мереж Байеса / Терентьев О.М., Бідюк П.І., Коршевиюк Л.О. (Україна). – № u200707506 ; заявл. 04.07.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. “Промислова власність” № 21.

– Авторське свідоцтво № 20853 України Комп'ютерна програма “Інформаційна система підтримки прийняття рішень для інтелектуального аналізу даних на основі Байєсових мереж” / О. М. Терентьев – № 20918; заявл. 16.04.2007; опуб. 11.06.2007.

– Авторське свідоцтво № 34443 України Комп'ютерна програма “Bayesian Network Master BNetMaster” / О. М. Терентьев, Д. В. Трофименко, В. І. Давиденко. – № 34657; заявл. 09.06.2010; опуб. 09.08.2010.

– Авторське свідоцтво № 34191 України Комп'ютерна програма “Alpha” / О. М. Терентьєв, Д. А. Колбасюк, А. О. Дегтярьов. – № 34419; заявл. 21.05.2010; опуб. 21.07.2010.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Розроблена методика інтелектуального аналізу даних та комп'ютерна програма VarOpenBugs на основі використання причинно-наслідкових мереж довіри та методів оцінювання ризиків у вигляді моделей стохастичної волатильності не має аналогів у світі. Розроблена методика інтелектуального аналізу даних на основі використання байєсівського підходу стосовно оцінювання моделі стохастичної волатильності знайдуть широке використання при побудові математичних моделей для вирішення задач моделювання та оцінювання фінансово-економічних ризиків із врахуванням невизначеностей різної природи. Запропоновані методи та алгоритми будуть використані при створенні статистичного аналітичного програмного забезпечення та у багатьох інших напрямках.

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

Застосування розробленої методики інтелектуального аналізу даних та програмного модуля надають можливість значно підвищити точність оцінювання дисперсійної складової економетричного процесу та загалом робить модель більш робастною, як наслідок підвищується точність прогнозування завдяки використанню у промисловій експлуатації нових математичних моделей за рахунок:

- підвищення на 15-25% точності виявлення клієнтів, схильних до відтоку (банки, торгівля);
- точність прогнозування зниження продажу товарів на рівні 75% (банки, торгівля);
- скорочення втраченого попиту (дефіциту) товарів на 42% (торгівля, міністерства державного планування);
- зменшення на 25% витрат часу працівників аналітичних служб для побудови математичних моделей (ІТ, банки, торгівля, державні установи та міністерства);
- підвищення на 20% об'ємів продаж для систем поведінкового таргетингу (торгівля);
- розроблена комп'ютерна програма відповідає світовим аналогам; вартість аналогічних бізнес-версій програмних засобів складає від 10 000 до 250 000 €, залежно від типу ліцензії та комплектації. Наприклад, британської FICO, американської SPSS або російської Prognoz.

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

Розроблена методика інтелектуального аналізу даних та програмне забезпечення VarOpenBugs можуть використовуватися як на комерційних підприємствах, банках та торговельних компаніях, так і в органах державної статистики і планування, інститутах та міністерствах для формування та реалізації інженерії знань, з метою виявлення статистично значущих причинно-наслідкових закономірностей та побудови адекватних сценаріїв і прогнозів розвитку подій.

Одним із перспективних прикладних напрямів використання результатів виконання НДР є впровадження результатів в рамках державних проектів, щодо автоматизації органів влади та державних підприємств.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Розробку реалізовано у вигляді модуля комп'ютерної програми VarOpenBugs, призначеного побудови структури причинно-наслідкової мережі та подальшої побудови

моделі стохастичної волатильності. Розробка готова для впровадження у практичні системи загального та спеціалізованого використання.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи впроваджено в Академії фінансового управління Міністерства фінансів України та ТОВ «САС Інстїт्यूт Ел.Ел.Сі. у вигляді модуля системи підтримки прийняття рішень при оцінюванні волатильності курсів національних валют. Результати роботи впроваджено у навчальний процес Херсонського національного технічного університету, Херсонського морського інституту та Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут».

За матеріалами роботи захищено кандидатські дисертації за темами: “Інформаційна технологія для оцінювання і прогнозування нелінійних нестационарних фінансових процесів” та “Інформаційна технологія виконання операцій на біржі з використанням торгових роботів”.

В ННК ПСА на основі розроблених методів та підходів розроблено серію комп’ютерних практикумів з навчальної дисципліни “Байєсівські мережі та дерева рішень”, “Моделювання економіки перехідного періоду”, “Аналіз часових рядів”, “Прикладна статистика” та “Проектування комп’ютерних інформаційних систем” для бакалаврів та магістрів за спеціальністю Системний аналіз і управління. Видано 4 навчальні посібники, 2 монографії, опубліковано 27 статей, 32 тез доповідей.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», Тел.: (044) 406-8359, E-mail: pbidyuke@gmail.com

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

Дисертації

1. Коновалюк М.М. Інформаційна технологія для оцінювання і прогнозування нелінійних нестационарних фінансових процесів. – 2013. – 229 с.

(під керівництвом Бідюка П.І.)

2. Федорова А.В. Інформаційна технологія виконання операцій на біржі з використанням торгових роботів. – 2013. – 164 с.

(під керівництвом Бідюка П.І.)

Монографії

1. Pankratova N.D., Bidyuk P.I., Selin Yu.M. et al (п’ять авторів). Foresight and forecast for prevention, mitigation and recovering after social, technical and environmental disasters // in Monograph: Improving disaster resilience and mitigation – IT means tools / Ed. by Teodorescu H.-N. et al. – Berlin: Springer Verlag, 2014, pp. 119 – 134.

2. Терентьев О.М. Инструментальная платформа SAS як основа Business Intelligence організації [Текст] : монографія / О. М. Терентьев, Т. І. Просьянкіна-Жарова // Шляхи підвищення конкурентоспроможності підприємства в умовах глобалізації та інтернаціоналізації виробництва: [колективна наукова монографія / наук. ред. Дякон Л. Л. та ін.]. – Умань : Видавничо-поліграфічний центр “Візаві”, 2013. – с. 110-119. – ISBN 978-966-304-042-4

Підручники та навчальні посібники

1. Бідюк П.І., Романенко В.Д., Тимошук О.Л. Аналіз часових рядів (навчальний посібник). – Київ: Політехніка, 2013. – 607 с.

2. Бідюк П.І., Терентьев О.М., Просьянкіна-Жарова Т.І. Прикладна статистика (навчальний посібник). – Вінниця : ПП “ТД Едельвейс і К”, 2013. – 288 с. – ISBN 978-966-2462-21-0

3. Терентьев А.Н., Домрачев В.Н., Костецкий Р.И. SAS BASE: Основы программирования (научное издание). – К: Эдельвейс, 2014. – 304 с. – ISBN 978-966-2748-49-9

4. Згуровський М.З., Бідюк П.І., Терентьев О.М., Просьянкіна-Жарова Т.І. Байєсівські мережі у системах підтримки прийняття рішень. – Вінниця : ПП “ТД Едельвейс і К”, 2014. – 320 с.

Статті

1. Бідюк П.І., Кузнецова Н.В. Прогнозирование волатильности финансовых процессов с помощью модели условной дисперсии // Проблемы управления и информатики, 2014, № 4, с.

2. Бідюк П.І., Кожухівська О.А., Загірська І.О. Методика построения и применения вероятностных сетевых моделей // Кибернетика и вычислительная техника, 2013, Вып. 171, с. 20-36.

3. Matsuki Y., Bidyuk P.I. Theory, algorithm and condition for aggregating economic benefit and health damages of coal fuel consumption // System Research and Information Technologies, 2013, No. 3, pp. 19-29

4. Бідюк П.І., Гасанов А.С., Вавилов С.Е. Анализ качества оценок прогнозов с использованием метода комплексирования // Системні дослідження та інформаційні технології, 2013, № 4, с. 7-16.

5. Бідюк П.І., Трухан С.В., Кожухівська О.А. Проектування і застосування ІАС для аналізу і прогнозування ФЕП // Системні науки і кібернетика (НТУУ «КПІ»), 2013, № 1, с. 10-25.

6. Лозова О.Б., Бідюк П.І. Класифікація у страхуванні і байєсівський підхід до їх аналізу // Системні науки і кібернетика (НТУУ «КПІ»), 2013, № 1, с. 26-37.

7. Бідюк П.І., Гожий О.П., Коновалюк М.М. Прогнозування волатильності валютного ринку за нелінійними моделями // Вісник національного університету «Львівська політехніка», 2013, № 751, с. 257-265.

8. Бідюк П.І., Гожий О.П., Коновалюк М.М. Прогнозування волатильності валютного ринку за нелінійними моделями // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», 2013, № 1, с. 257-265.

9. Бідюк П.І., Мацукі Й., Козирев В. Empirical investigation of the production function with the data of alloy production in Ukraine // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» (Комп’ютерні науки та інформаційні технології), 2013, № 2, с. 333-342.

10. Бідюк П.І., Кожухівська О.А. Model based decision support system for forecasting financial processes // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» (Комп’ютерні науки та інформаційні технології), 2014, № 1, с. 176-183.

11. Бідюк П.І., Кожухівська О.А. DSS Development for estimation of financial risks // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» (Комп’ютерні науки та інформаційні технології), 2014, № 2 (772).

12. Бідюк П.І., Загірська І.О. Сценарне моделювання динаміки Тихоокеанської плями сміття // Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2013, № 1, с.

13. Бідюк П.І., Кузнецова Н.В., Коновалюк М.М., Пудло І.В. Adaptive short-term forecasting of selected financial processes // Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2014, № 1, с. 35-41.

14. Бідюк П.І., Трухан С.В. Прогнозування актуарних процесів за допомогою узагальнених лінійних моделей // Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2014, № 2, с. 44-51.

15. Бідюк П.І., Коршевнюк Л.О., Касіцький О.В. Effective implementation of EM-algorithm using GPGPU // Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2013, № 5, с. 35-39.

16. Бідюк П.І., Коршевнюк Л.О. Постановка задачі керування ризиками в системах різної природи // Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2013, № 6, с. 49-54.

17. Бідюк П.І., Гожий О.П., Торовець Т.А. Байєсівське оцінювання параметрів узагальнених лінійних моделей // Наукові праці Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, 2013, Вип. 201, Том 213, с. 6-12.
18. Бідюк П.І., Загірська І.О. Особливості топології динамічних мереж Байєса // Наукові праці Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, 2013, Вип. 201, Том 213, с. 35-42.
19. Бідюк П.І., Коршевнюк Л.О. ІАС для адаптивного прогнозування фінансових процесів та оцінювання ризиків // Наукові праці Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, 2013, Вип. 201, Том 213, с. 56-62.
20. Бідюк П.І., Касіцький О.В., Гожий О.П. Application of expectation maximization theory to solving the problem of Gaussian mixture separation // Системні технології, 2013, № 6, с. 63-71.
21. Бідюк П.І., Кожухівська О.Д. Estimation of market risk in Ukraine using VaR methodology // Радіоелектроніка, Інформатика, Управління, 2013, № 2, с. 81-87.
22. Бідюк П.І., Терентьев О.М., Жиров О.Л., Гавриленко О.В. Побудова і застосування байєсівських мереж // Економіка: теорія і практика, 2014, № 3, с. 89-99.
23. Терентьев А. Н., Просянкина-Жарова Т. И. Исследование привлечения сбережений населения для активизации инвестиционной деятельности на основе использования модели прогнозирования оттока депозитов физических лиц // Фундаментальные исследования. – №11. – часть 3. – Пенза: Издательский дом “Академия естествознания”, 2013. – С. 507-511.

Конференції

1. Коршевнюк Л.О., Терентьев О.М., Бідюк П.І. Методика побудови математичних моделей динамічних процесів / Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013, Київ, 27–31 травня 2013 р. / ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2013. – С. 288-289.
2. Бідюк П.І., Даниляк О.Ю. СППР для прогнозування фінансових процесів / Шестая международная научно-практическая конференция «Информационные процессы и технологии», г. Севастополь, 22-26 апреля 2013 г., с. 41-42.
3. Бідюк П.І., Базалий О.Ю. Обзор интеллектуальных методов анализа данных в оценивании кредитоспособности физических лиц / Шестая международная научно-практическая конференция «Информационные процессы и технологии», г. Севастополь, 22-26 апреля 2013 г., с.55.
4. Бідюк П.І., Трухан С.В. СППР для моделювання та менеджменту актуарних процесів / Шестая международная научно-практическая конференция «Информационные процессы и технологии», г. Севастополь, 22-26 апреля 2013 г., с.225-226.
5. Бідюк П.І., Гожий О.П., Коновалюк М.М. Прогнозування волатильності валютного ринку за нелінійними моделями / Вісник Національного університету «Львівська політехніка», 2013, № 751, с. 257-265.
6. Бідюк П.І., Загірська І.О. Сценарне моделювання динаміки Тихоокеанської плями сміття / Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2013, № 1, с. 40 – 50.
7. Бідюк П.І., Загорская И.А. Методика построения и применения вероятностных сетевых моделей / Кибернетика и вычислительная техника, 2013, Выпуск 171, с. 20-36.
8. Bidyuk P.I., Matsuki Y. Theory, algorithm and condition for aggregating economic benefit and health damages of coal fuel / 15-а Міжнародна конференція SAIT-2013, Київ, 27-31 травня, 2013, с. 36.
9. Bidyuk P.I., Shelvinskyj I.M. Detection of massive fraud attack cases in financial institutions using change point analysis / 15-а Міжнародна конференція SAIT-2013, Київ, 27-31 травня, 2013, с. 231.

10. Бідюк П.І., Гуз Т.С. Оцінювання та прогнозування волатильності фінансового ринку / 15-а Міжнародна конференція SAIT-2013, Київ, 27-31 травня, 2013, с. 252.
11. Бідюк П.І., Сіленко В.В. Автоматизований вибір прогнозуючих моделей в СППР / 15-а Міжнародна конференція SAIT-2013, Київ, 27-31 травня, 2013, с. 253.
12. Бідюк П.І., Кожухівська О.А. Моделювання і короткострокове прогнозування гетероскедастичних процесів / Індуктивне моделювання, 2012, № 4, с. 48–63.
13. Бідюк П.І., Лозова О.Б., Гасанов А.С., Кожухівська О.А. Байєсівський підхід до аналізу страхових ризиків / 21-а Міжнародна конференція «Проблеми прийняття рішень в умовах невизначеності», 13-17 травня, 2013, Східниця, с. 89.
14. Бідюк П.І., Кожухівська О.А., Фефелов А.О., Литвиненко В.І. Методологія синтеза адаптивних критиків в СППР / International conference ISDMCI-2013, 20-24 травня, Євпаторія, с. 344-345.
15. Бідюк П.І., Гасанов А.С., Подладчиков В.Н. Интегрированная система для моделирования и прогнозирования нестационарных нелинейных процессов / Міжнародна наукова конференція «Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку», Київ, 12-13 вересня, 2013 року, с. 135-137.
16. Бідюк П.І., Коршевнюк Л.О. Інформаційно-аналітична система для адаптивного прогнозування / Міжнародна наукова конференція «Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку», Київ, 12-13 вересня, 2013 року, с. 151-152.
17. Бідюк П.І., Кузнєцова Н.В. Інтегрований підхід до аналізу фінансових ризиків / Міжнародна наукова конференція «Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку», Київ, 12-13 вересня, 2013 року, с. 153-155.
18. Бідюк П.І., Кордзадзе Т., Бідюк А.П. Байєсовский подход к вероятностному моделированию актуарных рисков в страховании / Международная научно-практическая конференція «Современные проблемы социально-экономического развития и информатизации», Кутаиси, 26-27 октября, 2013 г.
19. Бідюк П.І., Іванців Т.В. Дослідження фінансових ризиків методами VaR і CVaR / VII-а Міжнародна НПК «Інформаційні процеси і технології», Севастополь, 22-26 квітня, 2014, с. 171–172.
20. Бідюк П.І., Некрасов О.С. Дослідження фінансових ризиків банкрутства підприємств статистичними методами / VII-а Міжнародна НПК «Інформаційні процеси і технології», Севастополь, 22-26 квітня, 2014, с. 176–177.
21. Бідюк П.І., Трухан С.В. Імітаційне моделювання як інструмент генерування модельних даних для СППР / VII-а Міжнародна НПК «Інформаційні процеси і технології», Севастополь, 22-26 квітня, 2014, с. 178–179.
22. Bidiuk P.I., Matsuki Y., Kozyrev V. Empirical investigation of the production function theory with the data of alloy production in Ukraine / 16-а Міжнародна НТК SAIT-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 40.
23. Бідюк П.І., Головатюк А.О. Оценивание рыночных финансовых рисков альтернативными методами / 16-а Міжнародна НТК SAIT-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 55.
24. Бідюк П.І., Низовий Д.Ю. Дослідження нелінійних нестационарних процесів в економіці та фінансах статистичними методами / 16-а Міжнародна НТК SAIT-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 56.
25. Бідюк П.І., Сіленко В.В. Автоматизований вибір прогнозуючих моделей в СППР / 16-а Міжнародна НТК SAIT-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 194-195.
26. Бідюк П.І., Караюз І.В. Сучасні методи аналізу кредитоспроможності позичальників кредиту / 16-а Міжнародна НТК SAIT-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 219.

27. Бідюк П.І., Карпенко С.О. Сучасні методи аналізу кредитоспроможності позичальників кредиту / 16-а Міжнародна НТК САІТ-2014, Київ, НТУУ «КПІ», 26-30 травня 2014 року, с. 219.

28. Бідюк П.І., Караюз І.В. Прогнозування продуктових балансів України з використанням адаптивного фільтра Калмана / Міжнародна конференція: Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті, MINTT-2014, Херсон, 27-29 травня 2014 року, с. 193.

29. Бідюк П.І., Фефелов А.А. К выбору архитектуры СППР для прогнозирования нестационарных финансовых процессов / Міжнародна конференція: Інтелектуальні системи прийняття рішень і обчислювальний інтелект (ISDMCI-2014), Залізний Порт, 27-29 травня, с. 207-208.

30. Бідюк П.І., Карпенко С. Сучасні методи аналізу кредитоспроможності позичальників кредиту / Міжнародна конференція: Інтелектуальні системи прийняття рішень і обчислювальний інтелект (ISDMCI-2014), Залізний Порт, 27-29 травня, с. 38-39.

31. Бідюк П.І., Кузнецова Н.В. Прогнозирование волатильности финансовых процессов с помощью моделей условной дисперсии / Проблемы управления и информатики, 2014, № 5, с. 47 – 54.

32. Бідюк П.І., Кожухівська О.А. Optimization of some reinsurance strategies / VII-а Міжнародна конференція: Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій, Запоріжжя, 17–19 вересня, 2014, с. 114-115.

12. Фото або слайди (декілька з фото) презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

Навчально-науковий комплекс
«Інститут прикладного системного аналізу»

Розробка інформаційної технології моделювання та оцінювання фінансово-економічних ризиків із врахуванням невизначеностей різної природи (на основі байєсівських моделей)
2622-п

Номер державної реєстрації теми: 0113U000650

Науковий керівник:
д.т.н., проф. каф. "ММСА"
Бідюк П.І.,

Виконавці проекту:
с.н.с. Селін Ю.М., к.т.н.
м.н.с. Терентьев О.М., к.т.н.
ст. викладач Кузнецова Н.В., к.т.н.

Київ - 2014

Головною метою проекту є

- 1) розробка нових методів побудови моделей динаміки фінансово-економічних процесів,
- 2) розробка моделей стохастичної волатильності, на основі байєсівського підходу
- 3) розробка підходів до побудови причинно-наслідкових мереж довіри
- 4) створення пакету прикладних програм, призначеного для обробки профілів баз даних, що зберігають як структуровану так і неструктуровану інформацію

Розроблена методика побудови моделей стохастичної волатильності на основі байєсівського підходу, складається з таких етапів:

- Етап 1.** Ідентифікація невизначеностей стосовно структури і параметрів завдяки побудові причинно наслідкових мережі довіри;
- Етап 2.** Створення наборів кандидатів-сценаріїв розвитку процесу;
- Етап 3.** Побудова моделі стохастичної волатильності та оцінювання на її основі ризиків кожного із можливих сценаріїв.

Байєсівські методи і моделі аналізу даних (БАД)

- Статистичний аналіз даних - оцінювання структури і параметрів (псевдо-) лінійних моделей та розподілів
- Узагальнені лінійні моделі (оцінюв. структури і парам.)
- Нелінійні структурні моделі (НСМ), дворівневі НСМ із змінними змішаного типу (напр., дискретний вибір)
- Оцінювання і прогнозування дисперсії (ЕУАРУГ, модель стохастичної волатильності – за методом МКМЛ)
- Виявлення прихованих змінних, заповнення пропусків
- Ймовірнісна фільтрація даних (точковий фільтр)
- Статичні байєсівські мережі (дискретні і неперерв. зм.)
- Динамічні байєсівські мережі

Основним предметом дослідження і розробки є:

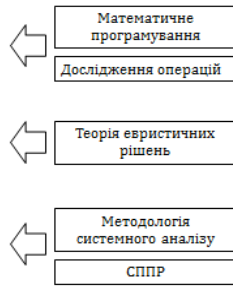
- 1) сучасна математична теорія фінансово-економічних ризиків, насамперед актуарних.
- 2) методологія математичного та імітаційного моделювання складних систем
- 3) методи адаптивного прогнозування

Проект спрямований на вирішення проблем

математичного моделювання і прогнозування розвитку фінансово-економічних, технічних та соціальних процесів із врахуванням невизначеностей різноманітної природи, що виникають при їх функціонуванні.

Типи задач системного аналізу

- **Структуровані** (*well-structured*) – істотні залежності встановлені, наявна необхідна інформація
- **Неструктуровані** (*unstructured*) – містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими невідомі
- **Слабкоструктуровані** (*ill-structured*) – містять якісні та кількісні елементи з неповною інформацією



Переваги байєсівського оцінювання

- Не висувається вимога стосовно багатовимірного нормального розподілу параметрів (щоб були однаково розподілені незалежні нормальні величини)
- Приховані змінні (і виміри) розглядаються як пропуски з подальшим відновленням за спеціальними статистичними методами (ЕМ)
- Гнучкість стосовно використання апріорної інформації (числова та експертні оцінки, у т.ч. стосовно прихованих змінних)
- Використання неінформативних розподілів у випадку неточної апріорної інформації (*рівномірний*)
- Асимптотичні властивості оцінок за ММП гарантуються для довгих вибірок, а байєсівські методи гарантують прийнятний результат і на коротких вибірках
- Оцінювання параметрів моделі виконується за різними методами Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ)
- Оцінки параметрів і прихованих змінних формуються як вибіркові середні відповідних апостеріорних розподілів
- Для аналізу якості результату існують додаткові критерії (напр. фактор Байєса)

Побудова моделі стохастичної волатильності та оцінювання на її основі ризиків кожного із можливих сценаріїв.

Моделі із змінною волатильністю можна поділити на два типи: спостережувані моделі та параметричні моделі.

Найпростішим прикладом моделей подібного типу є моделі АРУГ, вони описують дисперсію як лінійну функцію квадратів минулих спостережень:

$$\sigma_t^2 = a_0 + a_1 y_{t-1}^2 + \dots + a_p y_{t-p}^2$$

тобто модель визначається щільністю умовного розподілу.

Другою інтерпретацією волатильності є представлення її як дискретної змінної величини, що описує режим, в якому працює фінансовий ринок. Марковські перехідні моделі, представленні Гамільтоном – найбільш популярний підхід до моделювання змін режиму фінансового ринку:

$$y_t = u_t \exp(\theta_t / 2),$$

$$\theta_t = \mu + \phi s_t$$

де s – ланцюг Маркова першого порядку з двома можливими станами, який може приймати значення 0 або 1 та незалежний від t . Значення часового ряду s для всіх t залежать тільки від останнього значення s

$$P(s_t = j | s_{t-1} = i, s_{t-2} = i, \dots) = P(s_t = j | s_{t-1} = i) = p_{ij}$$

Приклад оцінювання параметрів (1)

- Апостеріорний розподіл (Діріхле) для параметрів:

$$f(\theta) = \frac{\Gamma(\alpha_1 + \dots + \alpha_M)}{\Gamma(\alpha_1) \dots \Gamma(\alpha_M)} p_{M-1}^{\alpha_{M-1}-1} \dots p_{M-1}^{\alpha_{M-1}-1} \left(1 - \sum_{i=1}^{M-1} p_i\right)^{\alpha_M-1}$$

- Спільний розподіл вимірів і параметрів:

$$f(\theta, Z, \mathbf{X} | \mathbf{U}) \propto f(\theta, Z, \mathbf{X}, \mathbf{U}) = f(\theta) P(Z | \theta) f(\mathbf{X} | Z) I_{\mathbf{u}=\mathbf{g}(\mathbf{X})} =$$

$$= \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \theta^{\alpha-1} (1-\theta)^{\beta-1} \theta^z (1-\theta)^{1-z} \times$$

$$\times \prod_{i=1}^n \left[z \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-(x_i - \mu)^2 / 2\sigma^2} + (1-z) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-x_i^2 / 2\sigma^2} \right] \prod_{i=1}^n I_{U_i = \mathbf{g}(X_i)}$$

Послідовність оцінювання прогнозу з використанням методів БАД

- Збір апріорної інформації стосовно процесу (формування вектора стану, виявлення незалежних змінних і збурень)
- Оцінювання структури моделі
- Оцінювання параметрів моделі (різновиди МКМЛ)
- Формування (оцінювання) апостеріорного розподілу оцінок елементів вектора стану
- Аналіз моментів апостеріорного розподілу
- Формування оцінок багатокрокового прогнозу
- Аналіз якості прогнозу за множиною статистичних критеріїв

Кількісна міра ризику Value-at-Risk

Величина VaR (Value-at-Risk) – це така оцінка величини втрат по деякій фінансовій позиції, яка із заданою ймовірністю не перевищить втрати, обумовленні певними факторами ризику на протязі заданого часового горизонту. Іншими словами VaR – це максимально ймовірна втрата. VaR метод може бути застосований до різних типів вимірювання ризиків: ринкового, кредитний, операційного та товарного. Невизначеність стосовно майбутніх цін та доходностей фінансових активів обумовлена волатильністю курсів фінансових активів. Ця невизначеність – основний вид фінансового ризику, а саме – ринковий ризик, для оцінки якого використовується ринкова VaR.

Моделі стохастичної волатильності

Волатильність залежить від неспостережуваних компонент. Відомі дві інтерпретації прихованої волатильності .

Першою є представлення її як випадкового та нерівномірного потоку нової інформації. Наприклад, параметрична модель стохастичної волатильності запропонована Тейлором:

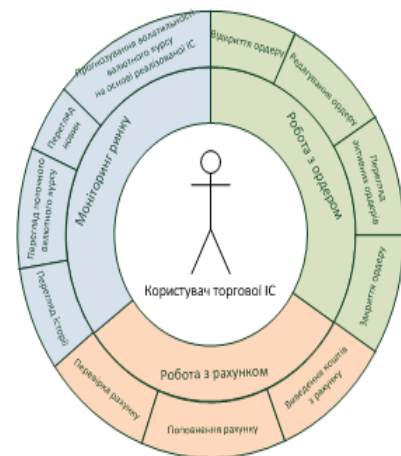
$$y_t = u_t \exp(\theta_t / 2)$$

$$\theta_t = \mu + \phi\theta_{t-1} + v_t$$

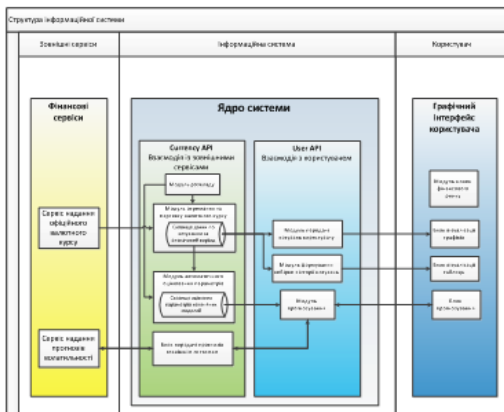
Веб-сторінка валютного курсу



Користувач інформаційної системи



Модульна архітектура інформаційно-аналітичної системи



Обчислення значення VaR у середовищі OpenBUGS

Аналіз статистичних даних щоденних курсів обміну валют (долар/гривня) за період з 24.10.2006 по 15.04.2011. Для отримання значень VaR використовуємо оцінки волатильності обмінних курсів (долар/гривня), отримані з відповідної моделі стохастичної волатильності. Специфікація моделі у середовищі OpenBUGS має такий вигляд:

```

OpenBUGS
model {
  mu ~ dnorm(0, 0.1)
  phiStar ~ dbeta(20, 1.5)
  rStar ~ dgamma(2.5, 0.005)
  phi ~ 2*phiStar-1

  theta0 ~ dnorm(mu, rStar)
  meantheta[1] <- mu + phi*(theta0 - mu)
  theta[1] ~ dnorm(meantheta[1], rStar)

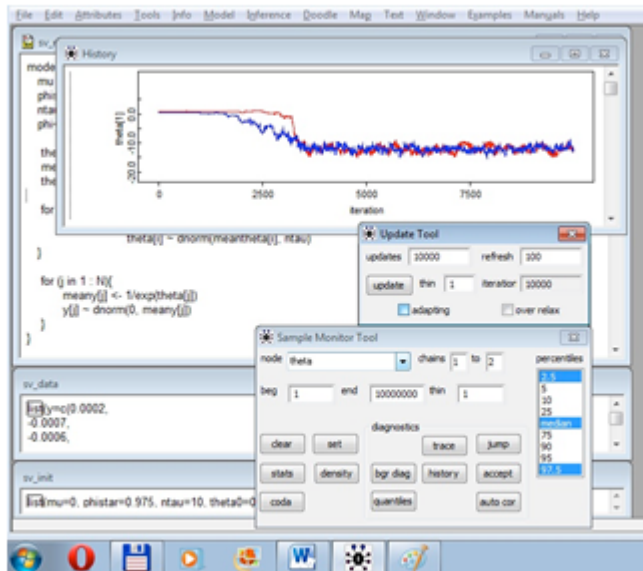
  for (i in 2:N) {
    meantheta[i] <- mu + phi*(theta[i-1] - mu)
    theta[i] ~ dnorm(meantheta[i], rStar)
  }

  for (j in 1:N) {
    mean[j] <- 1/length(theta[j])
    v[j] <- dnorm(mean[j])
  }
}
    
```

Отримані параметри моделі стохастичної волатильності:

	Середнє	Середньокв адрагичне відхилення	Значення помилки	2.5 %медіани
Mu	-7.84	5.125	0.3618	-12.35
phi	0.9659	0.02287	0.001527	0.9296
theta[1]	-8.306	5.555	0.3912	-13.86
theta[2]	-8.864	4.811	0.3377	-13.72
theta[3]	-9.158	4.092	0.286	-13.27
theta[4]	-9.096	3.333	0.2329	-12.13
theta[5]	-9.593	3.102	0.216	-12.36
theta[6]	-10.37	3.153	0.2187	-13.47
theta[7]	-10.85	3.106	0.2157	-13.87
theta[8]	-11.23	3.098	0.2146	-14.36
theta[9]	-11.34	2.981	0.2061	-14.28
theta[10]	-11.27	2.824	0.1955	-13.81

Результати моделювання у середовищіOpenBUGS.



Висновки

Наведені графіки обчислювальних експериментів свідчать про збіжність процесу оцінювання для всіх параметрів моделі стохастичної волатильності, тобто оцінки наближаються до фактичних значень.

В результаті виконаного моделювання встановлено, що отримані оцінки є цілком задовільними за точністю з прийнятними обчислювальними витратами, всі оцінки характеризуються збіжністю на заданому часовому інтервалі.

Практичні задачі, для вирішення яких використовуються результати проекту:

- 1) Аналіз, моделювання, оцінювання та прогнозування параметрів ризиків у фінансах та економіці.
Насамперед валютних ризиків, курсів акцій, національного обсягу виробництва, загального рівня цін, процентних ставок, зайнятості, індексу споживчих цін, настрою споживачів, торговельного балансу країни та інше.

- 2) Виявлення прихованих причинно-наслідкових зв'язків при вирішенні системних задач коеволюційної взаємодії країн на пострадянському просторі та представлення структури взаємодії у вигляді мереж довіри, що дозволятимуть моделювати різноманітні сценарії розвитку подій в залежності від зміни частоти та типів розподілів екзогенних факторів процесу.

Практичні задачі, на вирішення яких спрямовано проект:

- 3) Розробка методики комплексного використання моделей у вигляді причинно-наслідкових мереж довіри та методів визначення стохастичної волатильності, що надасть можливість створення множини альтернатив-сценаріїв та вибору найкращого управлінського рішення.

- 4) Створення пакету прикладних програм на основі використання сучасних кросплатформених принципів побудови інформаційних систем, що дасть можливість імплементувати реалізовані методи, підходи та математичні моделі в інших інформаційних системах обробки даних.

Дякую за увагу!

