ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА»

Хохлов Володимир Володимирович

УДК 336:519.2

ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЛОРАТОРНОГО ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Спеціальність 08.00.11 - Математичні методи, моделі
та інформаційні технології в економіці

Автореферат
Дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора економічних наук

Київ - 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Фінанси та кредит» Севастопольського національного технічного університету Міністерства освіти та науки України, м. Севастополь

Науковий консультант: доктор економічних наук, професор
Черняк Олександр Іванович,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри економічної кібернетики

Офіційні опоненти:

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Перед **с**вітовою економікою в даний момент стоять дуже серйозні виклики. Світова економічна й фінансова криза затяглася настільки, що створюється враження її непереборності. Стагнація стає буденним явищем не тільки для економік країн з нестійким характером розвитку, але й для держав, чиє економічне домінування до недавніх пор не викликало сумнівів. Глобальна криза, що почалася кілька років тому назад, готова спалахнути з новою силою, і цьому, багато в чому, сприяє відсутність чітких наукових суджень про механізми її зародження, розвитку й, головне, подолання.

Економічна система повинна неухильно розвиватися для збільшення відтворених нею благ, не тільки для задоволення зростаючих потреб споживачів продуктів системи, але й для того, щоб самій перебувати в нормальному стані. Однак визначити напрямок розвитку, виробити керуючі впливи для коректування руху системи неможливо без передбачення траєкторії її розвитку. Значимість наукового прогнозування багаторазово зростає для вироблення мір подолання кризи.

Проведення дослідження задач аналізу й прогнозування динаміки економічних систем, розробки методології економічного моделювання базується на роботах вітчизняних учених: В.М. Гейця, В.М. Глушкова, В.В. Вітлінського, В.М. Вовка, В.І. Єлейка, В.Я. Заруби М.О. Кизима, Т.С. Клебанової, І.Г. Лук'яненко, Ю.Г. Лисенка, І.М. Ляшенка, Н.К. Максишко, О.М. Мозенкова, О.В. Раєвневої, В.О. Перепелиці, М.І. Скрипниченко, Л.Н. Сергєєвої, В.М. Соловйова, В.О. Точиліна, О.І. Черняка та ін.; російських учених: С.А. Айвазяна, Л.Е. Басовського, Т.А. Дубової, І.В. Зубова, М.Д. Кондратьєва, А.М. Колмогорова, І.Д. Мандель; закордонних учених Т. Андерсона, П.М. Бентлера, П. Двайера, Дж. Бокса, П. Бікела, Д. Брилінджера, М. Кендела, Д. Лоулі, Р.П. Макдональда, А. Максвела, К.Д. Льюіса, Р.К. Мертона, К. Пірсона, С. Спірмена, Л. Турстоуна, Г. Хармана, Е. Хеннана, Г. Хоттелінга та інших.

Повна інформація про складний економічний об'єкт може перебувати винятково в масивах статистичних даних про величини для різних моментів часу дуже великої кількості показників. Ці масиви являють собою багатовимірні часові ряди, для яких характерним є наявність двох видів кореляції. Перший вид - кореляція між змінними, другий - залежність значення окремої змінної в даний момент часу від її величини в попередні моменти часу, тобто авторегресійна залежність. Аналіз робіт згаданих дослідників показав те, що всі існуючі на цей момент часу методи дослідження багатовимірних часових рядів у недостатній мірі враховують наявність цих видів залежностей, що з неминучістю позначається на якості висновків і прогнозів. Актуальність і практична значимість зазначених проблем обумовили вибір теми дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові результати, теоретичні положення та висновки були використані при виконанні бюджетних науково-дослідних робіт у Севастопольському національному технічному університеті – «Моделювання фінансового механізму для забезпечення інтенсивного й збалансованого росту в Україні» − номер державної реєстрації 0100U005188 (автором запропоновано факторну модель механізму формування фінансових ресурсів, оцінено спільності змінних, що характеризують економічне зростання, з експлораторними факторами), «Фінансовий механізм стимулювання стійкого й збалансованого економічного росту в Україні» − номер державної реєстрації 0102U005170 (автором отримано оцінки максимальної правдоподібності навантажень експлораторних факторів на показники стійкого росту), «Архітектоніка фінансового механізму забезпечення й регулювання стійкого й збалансованого економічного росту в Україні» - номер державної реєстрації 0110U002177 (автором проведено моделювання динаміки депозитів домашніх господарств за допомогою експлораторного факторного аналізу, досліджено тенденції надходжень на банківських депозитах домашніх господарств), «Організація фінансової діяльності та ризики банків у процесі стимулювання інтенсивного економічного росту в Україні» – номер державної реєстрації 00113U001018 (автором знайдено залежність валового внутрішнього продукту від значень експлораторних факторів).

Мета та задачі дослідження. *Метою дослідження* є розробка теоретико-методологічних положень і математичного інструментарію прогнозування динаміки економічних систем на основі моделей та методів експлораторного факторного аналізу багатовимірних часових рядів, а також застосування цього інструмента до вивчення особливостей динаміки економічних систем з метою підвищення точності прогнозування.

Для досягнення мети в дисертації поставлені й вирішені наступні *задачі*:

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку економічної теорії, економічного аналізу й проблем керування економічними системами для обґрунтування необхідності прогнозування динаміки таких систем на основі багатовимірних часових рядів показників їхньої діяльності;
- розробити концепцію експлораторного факторного аналізу розвитку економічних систем, на основі якої створити модель багатовимірного часового ряду, що враховує як авторегресійні залежності між спостереженнями в різні моменти часу, так і кореляційні зв'язки між змінними;
- розробити метод оцінювання значень спільностей змінних з сукупністю інших змінних багатовимірного часового ряду й одержати оцінки спільностей;

- розробити й обґрунтувати методологію та процедуру, що дозволяє домогтися однозначного факторного рішення по відношенню до структури багатовимірного часового ряду;
- розробити метод ітераційного оцінювання коефіцієнтів структури моделі та знайти оцінки максимальної правдоподібності параметрів ортогонального факторного рішення;
- розробити метод оцінювання ортонормованих значень експлораторних факторів;
- дослідити властивості всіх елементів факторної моделі багатовимірного часового ряду;
- розробити метод оцінювання матриці переходів − основного параметра рівняння динаміки експлораторного факторів;
- розробити модель авторегресії експлораторних факторів довільного порядку та метод оцінювання її параметри;
- розробити процедуру одержання прогнозу багатовимірного часового ряду;
- побудувати міру ризику економічної системи в цілому на основі експлораторного факторного аналізу;
- розробити метод оцінювання параметрів системи симультанних рівнянь із взаємозалежними екзогенними змінними;
- проаналізувати стан економічної системи України за допомогою експлораторної факторної моделі;
- побудувати прогноз стохастичних факторів і макроекономічних показників економічної системи країни;
- побудувати модель симультанних рівнянь економічної системи України й визначити основні показники її поступального розвитку.

Об'єкт дослідження – динаміка економічних систем.

Предмет дослідження – математичні моделі й методи аналізу й прогнозування динаміки економічних систем з використанням експлораторного факторного аналізу багатовимірних часових рядів.

Методами дослідження є теорія ймовірностей та математична статистика, експлораторний факторний аналіз, комбінаторний факторний аналіз, теорія множинної регресії, теорія ланцюгів Маркова, моделі й методи аналізу часових рядів, теорія фільтра Калмана, як основа для формування інструментарію прогнозування динаміки економічних систем. Вирішення поставлених завдань базувалося на фундаментальних основах теорії економічного аналізу, системного аналізу, теорії керування, економічної кібернетики, методів аналізу й синтезу, індукції й дедукції. При одержанні оцінок параметрів прогностичних моделей використовувалися методи й прийоми матричного диференціювання.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:
вперше:

- розроблено й обґрунтовано концепцію експлораторного факторного аналізу розвитку економічних систем, на основі якої створено систему моделей і методів аналізу та прогнозування економічних процесів;
- отримано нові оцінки значень спільності між кожною окремою змінною й сукупністю інших змінних багатовимірного часового ряду, які описують стан економічної системи, а також розроблено процедуру, що дозволяє одержати оцінки ортонормованих значень експлораторних факторів;
- побудовано модель багатовимірного часового ряду, що враховує як авторегресійні залежності між спостереженнями в різні моменти часу, так і кореляційні зв'язки між змінними багатовимірного часового ряду, а також побудовано модель авторегресії експлораторних факторів довільного порядку й знайдено оцінки її параметрів; отримано прогноз значень експлораторних факторів, що визначають динаміку економічної системи;
- розроблено метод факторизації системи симультанних рівнянь і отримано оцінки її параметрів у випадку взаємозалежних екзогенних змінних, доведено незміщеність і ефективність цих оцінок;

удосконалено:

- підхід, який дозволяє одержати однозначну експлораторну факторну структуру множини змінних багатовимірного часового ряду, що описує економічну систему;
- оцінки максимальної правдоподібності навантажень експлораторних факторів, які відтворюють матрицю кореляцій між змінними багатовимірного часового ряду;
- процедуру одержання прогнозу значень компонент багатовимірного часового ряду;
- інструментарій техніки фільтра Калмана в частині одержання оцінки вагової матриці;

дістали подальший розвиток:

- методологія досягнення мети прогнозу динаміки економічної системи;
- способи аналізу структури й динаміки часових рядів економічної інформації;
- підходи до одержання статистичних оцінок параметрів математичних моделей економічних систем у частині використання теорії інформації;
- термінологія моделі так званої «системи одночасних рівнянь»;
- методи аналізу станів економічних систем за допомогою наведеної форми системи симультанних рівнянь.

Практичне значення отриманих результатів складається в створенні методології й інструментарію аналізу й прогнозування багатовимірних часових рядів. Розроблений інструментарій може бути використаний для прогнозування сукупності макроекономічних показників, оцінки й прогнозування системного ризику не тільки на загальнодержавному рівні, але на будь-якому регіональному рівні, виявлення «вузьких» місць у

розвитку економіки регіону й вироблення рекомендацій для поліпшення економічної ситуації. Зокрема, запропонована концепція була використана для аналізу й прогнозування основних показників соціально-економічного розвитку Ленінського району в м. Севастополі (довідка Ленінської районної державної адміністрації м. Севастополь № 1348/39-2.04 від 12.04.2013 р.) . Причому використання інструментарію прогнозу показників і його аналіз дозволив зайняти Ленінському району перше місце в м. Севастополь за 2012 р. за результатами моніторингу показників, затверджених Кабінетом Міністрів України. Розроблена концепція аналізу й прогнозування багатовимірних часових рядів була використана й у Нахімовському районі м. Севастополь (довідка Нахімовської районної державної адміністрації м. Севастополь № 1385/31-13 від 18.04.2013 р.).

Розроблені моделі дозволяють оцінити ризик інвестицій і підвищити надійність прийняття управлінських рішень у сфері інвестування, а також підвищити якість розробки інвестиційних проектів (довідка Кримського регіонального центра по інвестиціях і розвитку Державного агентства по інвестиціях і керуванню національними проектами України № 17/ап-1 від 15.04.2013 р., довідка Неприбуткової організації «Агентство регіонального розвитку» № 11-4/вн. від 11.04.2013 р.).

Окремі результати досліджень використовуються при викладанні дисциплін кафедри фінансів та кредиту Севастопольського національного технічного університету та кафедри економіки Севастопольської філії Кримського інституту економіки й господарського права: «Ризикологія», «Керування фінансовими ризиками», «Статистика фінансів». «Центральні банки й грошово-кредитна політика», «Економетрія», «Оптимізаційні моделі й методи», «Проектний аналіз», а також при виконанні дипломних та магістерських робіт.

Особистий внесок здобувача. Запропоновані математичні моделі й методи аналізу й прогнозування динаміки економічних систем. з використанням експлораторного факторного аналізу багатовимірних часових рядів належать авторові дисертації. Всі наукові результати, викладені в дисертації, отримані автором самостійно, з наукових праць, виконаних у співавторстві, використані тільки ті матеріали, які є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація теми дисертації

Основні положення й результати досліджень по темі докторської дисертації доповідалися й обговорювалися на наступних конференціях:
I, II, III, IV, V Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем» (м. Харків, квітень 2009 р., квітень 2010 р., квітень 2011 р., квітень 2012 р., квітень 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЕП-2010 та ПСЕП-2012) (м. Бердянськ, червень 2010 р., червень 2012 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Методи й моделі фінансового забезпечення стійкого економічного

розвитку» (м. Севастополь, вересень 2013 р., вересень 2012 р.), XVI Всеукраїнській науково-методичній конференції «Проблеми економічної кібернетики» (м. Одеса, вересень 2011 р.), II Міжнародній науково-методичній конференції «Моделювання економіки: проблемі, тенденції, досвід» (м. Тернопіль, жовтень 2011 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Методи фінансового забезпечення стійкого економічного розвитку» (м. Севастополь, вересень 2010 р., вересень 2011 р.), IV Міжнародній школі-симпозіуму «Аналіз, моделювання, керування, розвиток економічних систем» (АМУР-2010) (м. Севастополь, вересень 2010 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Методи фінансового забезпечення стійкого економічного розвитку» (м. Севастополь, вересень 2009 р.), Науковій конференції з міжнародною участю «Становлення сучасної економіки: науково-практичні аспекти» (м. Севастополь, грудень 2008 р.), Науково-практичній конференції з міжнародною участю «Пізнання, утворення, творчість: філософські, методологічні, соціальні, економічні, правові, психолого-педагогічні й гуманітарні аспекти» (м. Севастополь, грудень 2007 р.), Всеукраїнській науково-методичній конференції «Сучасні аспекти фінансового керування економічними процесами» (м. Севастополь, вересень 2007 р.), III Міжнародній науково-теоретичній конференції «Актуальні проблеми економічного й соціального розвитку виробничої сфери» (м. Донецьк, червень 2006 р.), Всеукраїнській науково-методичній конференції «Сучасні аспекти фінансового керування економічними процесами» (м. Севастополь, вересень 2003 р., вересень 2004 р., вересень 2005 р., вересень 2006 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми становлення ринкової економіки: інформаційне й фінансове забезпечення діяльності підприємницьких структур» (м., Севастополь, вересень 2000 р., вересень 1998 р.), II Всесоюзній конференції «Перспективні методи планування й аналізу експериментів при дослідженні випадкових полів і процесів» (м. Москва, травень 1985 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано в 53 друкованих наукових працях, серед яких 6 монографій (2 - одноособові), 23 статті у фахових виданнях, 2 навчальних посібника, 22 публікацій в інших виданнях. Загальний обсяг публікацій становить 135,3 друк. арк., з яких особисто авторові належить 66,5 друк. арк.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновку, списку використаних джерел, додатків. Дисертація викладена на 308 сторінках машинописного тексту, містить 10 рисунків на 10 сторінках і 18 таблиць на 19 сторінках. Список використаних джерел налічує 399 найменувань на 42 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету дослідження, сформульовано завдання, предмет і об’єкт дослідження, а також розкрито наукову новизну, теоретичну та практичну

цінність роботи. Також наведені відомості про особистий внесок здобувача, апробацію й впровадження результатів дисертаційної роботи, публікації. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами й темами.

У розділі 1 «Концепція експлораторного факторного аналізу розвитку економічних систем» відзначено, що дослідження розвитку економічних систем тісно пов'язане з його прогнозуванням. Відзначено, що ефективний прогностичний інструмент може бути побудований при глибокому вивченню механізму функціонування економічної системи.

У розділі розглянута суть понять «дослідження наукове», «аналіз економічний», «прогноз», «прогнозування економіки», «система», «економічний процес», «економічна система», їх значення у сучасній економічній теорії, визначені місце й значення завдань прогнозування станів і динаміки економічних систем в аналізі та управлінні сучасною економікою.

Економічна система може бути визначена як сукупність усіх економічних процесів, що відбуваються в суспільстві на основі сформованих у ньому відносин власності й господарського механізму. У будь-якій економічній системі первинну роль відіграє виробництво в сукупності з розподілом, обміном і споживанням. Характерною рисою будь-якої економічної системи є її розвиток, що відбувається внаслідок, як внутрішніх механізмів самоорганізації, так і зовнішніх впливів навколишнього середовища, до якого відносяться інші економічні системи й соціум. З часом змінюється стан системи й характер її поведінки, що найчастіше може бути представлено у вигляді часового ряду спостережень або реєстрацій значень економічних показників. Це те, що поєднує економічні системи. У той же час, в економічних системах є елементи, якими вони відрізняються одна від одної, зокрема: соціально-економічні відносини; організаційно-правові форми господарської діяльності; господарський механізм; система стимулів і мотивацій учасників; економічні зв'язки між підприємствами й організаціями. Все це повинно знайти своє відображення при побудові моделі економічної системи. Досягти це можна за допомогою адекватних методологічних підходів до дослідження надскладних систем.

Метою методології прогнозування є розробка й обґрунтування програми дій органів управління по формуванню й підтримці діючого господарського механізму в економічній системі, стимулювання відтворювальної й інноваційної діяльності економічних суб'єктів - елементів економічної системи. У роботі сформульовані основні методологічні позиції процедури прогнозування динаміки економічної системи, і відзначено, що в даний момент існує велика кількість різних методів і моделей аналізу й прогнозування економічних систем. Однак жоден із цих методів повною мірою не відповідає сформульованим принципам методології прогнозування. Тому створення методу більшою мірою задовольняючій цій методології є актуальним.

У розділі проаналізовані структура й динаміка часових рядів економічної інформації. Структура часового ряду складається із двох елементів. Перший елемент - це період часу, протягом якого формувався підсумок змінної величини (економічного показника), або наприкінці якого виміряли змінну величину. Другий елемент - саме значення змінної величини, яке називається рівнем ряду, а саме, її підсумок або моментна величина. Динаміка часового ряду може характеризуватися трьома основними тенденціями: трендом, циклічними й сезонними коливаннями. При цьому самі часові ряди діляться на одномірні й багатовимірні ряди, між якими існують істотні розходження. А саме, структура багатовимірного ряду є набагато складнішою, ніж структура одномірного ряду. По-перше, кожний компонент багатовимірного ряду - змінна - являє собою одномірний ряд зі своїм трендом, періодичними складовими й випадковим відхиленням. По-друге, змінні, спостереження за якими становлять багатовимірний часовий ряд, є взаємозалежними випадковими величинами, природа взаємодій яких є об'єктивною й особливо характерною для економічних систем.

Проаналізовано сучасні методи дослідження багатовимірних часових рядів і зазначено на те, що ці методи не повною мірою відбивають особливості таких рядів. Зроблено висновок, що створення моделі, яка враховує авторегресійні залежності й кореляційні зв'язки між змінними, а також розробка методів одержання оцінок параметрів такої моделі, що відображає процеси нестійкої динаміки, є актуальними.

У першому розділі обґрунтовано використання експлораторного факторного аналізу для дослідження динаміки багатовимірного часового ряду, за допомогою якого описуються стани економічної системи, як альтернативи існуючим методам статистичного оцінювання. При цьому експлораторний факторний аналіз опираються на перевірку статистичної гіпотези про істинність моделі, сконструйованої на підставі інтуїції дослідника.

У спробі систематизувати інтуїцію експлораторний факторний аналіз являє собою крок уперед у порівнянні з методом статистичного оцінювання. Експлораторний факторний аналіз є методикою, що сама є джерелом виникнення гіпотез. Вихідною передумовою експлораторного факторного аналізу служить те, що деякі вимірювані змінні сильно корелюють між собою. Це означає, що або вони взаємно впливають одна на одну, або зв'язок між цими змінними обумовлюється деякою третьою величиною, яку безпосередньо виміряти не можна. Модель експлораторного факторного аналізу завжди пов'язана з останнім припущенням, тобто вимірювана величина є лише формою прояву величини, що залишається на задньому плані й не піддається безпосередньому виміру. Виникає питання, чи можна по даним змінним виділити величину, так званий «експлораторний фактор», що пояснила б спостережувані зв'язки. При цьому з'являється ряд проблем: яка структура цієї величини, що ховається за взаємозалежними змінними? Скільки потрібно гіпотетичних величин, або факторів, і яких, щоб найбільше

точно відтворити й пояснити спостережувані зв'язки між змінними? Яким чином звести велику кількість даних до можливо більш простої концепції з мінімальною втратою інформації.

Для вирішення цих проблем призначений експлораторний факторний аналіз. Цей метод дозволяє виявити приховані механізми того, що виміряється безпосередньо, і визначити істині функціональні величини, що лежать в основі даного явища. Таким чином, експлораторний факторний аналіз є методом, що впорядковує хаотичність, властивій динаміці станів економічної системи, та конструює нові гіпотези.

У розділі розглянута особливість опису динаміки економічної системи. Зокрема, зазначено, що динаміка економічної системи визначається двома видами залежностей. Перша задається закономірностями руху факторів, що визначають поведінку економічної системи, а друга - відображенням факторів на множину значень спостережуваних змінних. Ці залежності повинні стати основою для математичної моделі економічної системи.

У розділі 2 «Методи оцінювання параметрів багатовимірної факторної моделі» запропоновано модель експлораторного факторного аналізу економічної системи, відповідно до якої стан економічної системи описується n змінними. Окрема змінна під номером j позначається X_j. Значення змінної X_j в момент часу t позначимо X_{tj} ($t = 1,2,3, ..., N$; N – число спостережень).

Для моменту часу t випадкова величина X_{tj} має математичне сподівання, яке позначимо μ_{tj}, а його оцінку − $\overline{X}_{tj}$. Зокрема, коли економічні процеси нестаціонарні та спостережувана змінна має лінійний тренд, оцінка математичного сподівання визначається за допомогою лінійної регресії на час t: $\overline{X}_{tj} = a_{0j} + a_{1j}t$; де a_{0j}; a_{1j} − коефіцієнти лінійної регресії для змінної X_j. Оскільки економічні показники мають різні одиниці виміру й різні порядки величин, перейдемо до стандартної форми подання змінних. Для цього позначимо відхилення змінної від оцінки її математичного сподівання як $x_{tj} = X_{tj} - \overline{X}_{tj}$. Незміщена оцінка дисперсії змінної X_j знаходиться за формулою $s_j^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N} x_{tj}^2$. Тепер визначимо нормоване значення змінної X_j для спостереження t: $z_{tj} = \frac{x_{tj}}{s_j}$. Множина значень z_{tj}, $(t = 1,2,...,N)$ називається стандартною формою зображення змінної X_j, і позначається як Z_j.

Оцінкою коваріації між довільними змінними X_j і X_k визначимо як $s_{jk} = \frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N} x_{tj}\, x_{tk}$.

Через ρ_{jk} позначимо коефіцієнт кореляції між змінними X_j і X_k, а його вибіркову оцінку позначимо через $r_{jk} = \frac{s_{jk}}{s_j s_k}$. Сукупність значень коефіцієнтів ρ_{jk} визначає матрицю $\boldsymbol{P}$, а сукупність значень коефіцієнтів r_{jk} – матрицю $\boldsymbol{R}$.

Задача експлораторного факторного аналізу полягає в тому, щоб виразити параметр Z_j у термінах прихованих експлораторних факторів, які діляться на загальні F_p ($p=1,...m$, m - число загальних факторів) та характерні U_j. Значення цих факторів в момент часу t позначається як $F_{t\,p}, U_{t\,j}$.

Загальні фактори враховують кореляцію між змінними, характерні фактори враховують іншу частину дисперсії (у тому числі й пов'язану з різними похибками). Коефіцієнти при факторах називаються навантаженнями, і позначаються відповідно a_{jp} й d_j. Якщо ввести матриці: значень стандартизованих змінних $\boldsymbol{Z}$, величин загальних факторів і характерних – відповідно $\boldsymbol{F}, \boldsymbol{U}$ для всіх моментів часу, а також усіх коефіцієнтів факторних навантажень – $\boldsymbol{A}, \boldsymbol{D}$ (при цьому матриці $\boldsymbol{U}$ й $\boldsymbol{D}$ діагональні), то основна модель експлораторного факторного аналізу має вигляд $\boldsymbol{Z} = \boldsymbol{F}\boldsymbol{A}^T + \boldsymbol{U}\boldsymbol{D}$.

Параметри моделі повинні задовольняти таким властивостям: матриці значень загальних і характерних факторів повинні бути ортогональними й незалежними; матриця кореляцій між змінними $\boldsymbol{P}$ задається за допомогою коефіцієнтів факторних навантажень у вигляді $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{A}^{\boldsymbol{T}} + \boldsymbol{D}^{\boldsymbol{2}}$ (фундаментальна теорема експлораторного факторного аналізу, де $\hat{\boldsymbol{A}}$ - оцінка матриці факторних навантажень). У роботі показано, що жоден з існуючих методів оцінювання параметрів моделі експлораторного факторного аналізу не дає оцінок, що задовольняють цим властивостям. У розділі запропоновані методи оцінювання параметрів, що задовольняють зазначеним властивостям.

Квадрат добутку навантажень $\boldsymbol{D}^{\boldsymbol{2}}$ характерних факторів називається характерністю, яку необхідно оцінити найбільше точно. На діагоналі матриці $\boldsymbol{A}\boldsymbol{A}^{\boldsymbol{T}}$ стоять величини (названі спільністю), які характеризують внесок в одиничну дисперсію нормованої змінної інших змінних і позначається $\boldsymbol{H}^{\boldsymbol{2}}$. Саме цей параметр оцінити простіше, оскільки в багатовимірному часовому ряді інформації більше, ніж у його одномірному компоненті. Оскільки на діагоналі кореляційної матриці стоять одиниці, то оцінка характерності знаходиться як $\boldsymbol{D}^{\boldsymbol{2}} = \boldsymbol{I} - \boldsymbol{H}^{\boldsymbol{2}}$.

Обґрунтовано, що існуючі методи не в повній мірі використовують всю інформацію, яка міститься у багатовимірному часовому ряді. У роботі запропоновано метод оцінювання спільності, який використовує властивості інформації, що міститься у вибіркових даних. Надалі кількість інформації,

що міститься в появі деякої події відносно іншої події, будемо позначати як $I(x_k, y_i) = \log \frac{p(x_k \mid y_i)}{p(x_k)}$.

Імовірності визначаються на підставі функції сумісного розподілу елементів вибіркової кореляційної матриці $\boldsymbol{R}$, відомої як розподіл Уішарта. Доведено, що інформація про всі змінні в кореляційній матриці має вигляд $I(\boldsymbol{Z}, \boldsymbol{R}) = -\ln\left(|\boldsymbol{R}|^{(N-1)/2}\right) = -\frac{N-1}{2}\ln|\boldsymbol{R}|$. А інформація про j − ту змінну - $I(Z_j, \boldsymbol{R}) = -\frac{N-1}{2}\ln|\boldsymbol{R}| + \frac{N-1}{2}\ln|\boldsymbol{R}_{-j}|$, де $\boldsymbol{R}_{-\boldsymbol{j}}$ − кореляційна матриця, у якої елементи рядка й стовпця з номером j замінено нулями. Тепер, якщо цю інформацію виключити з інформації про кореляції всіх змінних, то відносна частка такої зміни дасть вимір тієї частини дисперсії, яка припадає на дану змінну з боку інших, що й становить спільність змінної. Таким чином, значення спільності змінної визначається за формулою $h_j^2 = \frac{I(\boldsymbol{Z}, \boldsymbol{R}) - I(Z_j, \boldsymbol{R})}{I(\boldsymbol{Z}, \boldsymbol{R})}$. Підсумковий вираз для оцінки спільності має вигляд $h_j^2 = \frac{\ln|\boldsymbol{R}_{-\boldsymbol{j}}|}{\ln|\boldsymbol{R}|}$, $(j = 1,2,...n)$.

Після того, як отримані оцінки характерностей за формулою $d_j^2 = 1 - h_j^2$, $(j = 1,2,...n)$, можна переходити до оцінки факторних навантажень.

Центральною проблемою експлораторного факторного аналізу є проблема оцінки параметрів факторної структури. Саме її вирішення дозволяє продуктивно використовувати факторний аналіз для розв'язання різних економічних задач. У роботі відзначено, що жоден з існуючих методів оцінювання параметрів факторної моделі не дає результатів, які могли б відтворити вихідну кореляційну матрицю, а так звані «максимально правдоподібні оцінки» в існуючому вигляді представляють собою не збіжну ітераційну процедуру.

Для одержання оцінок факторних навантажень у роботі запропоновано шукати таку оцінку, яка доставляла б максимум функції правдоподібності, але при цьому відтворювала вихідну кореляційну матрицю. Таким чином, запропоновано шукати максимум матричної функції Лагранжа: $g = -(\ln|\boldsymbol{P}| + tr(\boldsymbol{P}^{-1}\boldsymbol{R}) + tr(\Lambda(\boldsymbol{A}\boldsymbol{A}^{\boldsymbol{T}} - \boldsymbol{R}))$, де $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{A}^{\boldsymbol{T}} + \boldsymbol{D}^{\boldsymbol{2}}$ − матриця істинних (невідомих) значень кореляцій, Λ − матриця Лагранжа.

Теорема 1. Ітераційна процедура

$$\begin{cases} \hat{\boldsymbol{P}}_{\boldsymbol{k}} = \hat{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{k}}\hat{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{T}} + \hat{\boldsymbol{D}}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{2}}; \\ \hat{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{k}+1} = \boldsymbol{R}\hat{\boldsymbol{P}}_{\boldsymbol{k}}^{-\boldsymbol{1}}\hat{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{k}}; \end{cases} \quad (k = 0,1,2...)$$

є оцінкою максимальної правдоподібності матриці факторних навантажень експлораторного факторного аналізу, причому ця оцінка відтворює вибіркові кореляції змінних економічної системи.

Наступною невирішеною проблемою в експлораторному факторному аналізі є одержання ортонормованих значень експлораторних факторів для часового інтервалу, протягом якого спостерігалися економічні змінні. Показано, що всі відомі методи одержання значень факторів дають оцінки не відповідні вказаним властивостям експлораторних факторів.

Розв'язання цієї проблеми зводиться до мінімізації суми квадратів відхилень спостережуваних значень змінних від значень, відтворених моделлю експлораторного факторного аналізу, причому розв'язок повинен мати ортонормовані значення факторів. Для цього складена матрична функція Лагранжа $g = tr((\boldsymbol{Z} - \boldsymbol{FA^T})^T(\boldsymbol{Z} - \boldsymbol{FA^T})) + tr(\Lambda(\boldsymbol{F^T F} - \boldsymbol{I}))$. Після її диференціювання була знайдена оцінка значень експлораторних факторів, яка була перевірена на незміщеність і ортонормованість.

Теорема 2. Оцінка значень факторів експлораторної факторної моделі $\hat{\boldsymbol{F}} = \boldsymbol{ZA}(\boldsymbol{A^T RA})^{-1/2}$ є незміщеною, а самі значення факторів – ортогональні з одиничною дисперсією.

Ортонормовані оцінки є найкращими оцінками серед всіх інших оцінок, оскільки ортогональність припускає взаємну незалежність факторів, що відбиває основне вихідне положення експлораторного факторного аналізу - незалежність причин, що викликають взаємодії між змінними. Нормованість уможливлює одержання на підставі значень факторів таких же нормованих значень змінних.

У розділі 3 «Експлораторний факторний аналіз багатовимірних часових рядів» розглянуті існуючі в цей час методи й моделі аналізу таких рядів. А саме, для одномірних рядів: модель лінійного фільтра, моделі авторегресії, моделі ковзного середнього, змішаної моделі авторегресії - ковзного середнього, нестаціонарні моделі; для багатовимірних часових рядів: параметричні моделі, спектральний аналіз, а також фільтр Калмана.

Практичне використання методів багатовимірних часових рядів для аналізу економічних проблем не знайшло достатнього поширення з ряду причин. Важливою умовою застосування цих методів є припущення про інваріантність стосовно часових зсувів: частка значень аналізованої ознаки, що потрапили в деякий часовий інтервал, повинна бути приблизно такою же для іншого часового інтервалу тієї ж довжини, але при цьому має деякий часовий зсув, відносно початкового інтервалу.

Однак часові ряди, що описують поведінку соціально-економічних процесів, не мають властивості інваріантності відносно часу. Поясненням цього може бути досить очевидним: люди використовують уроки з минулого й відповідно міняють свою поведінку. Тому ряди, що мають відношення до людської діяльності, не мають часову інваріантність. Таким чином, як частотні й часові, так і змішані підходи до моделювання багатовимірних

часових рядів спостережень економічних систем, у силу невідомості статистичних характеристик випадкових складових і параметрів цих моделей, мають обмежене практичне значення. Більш того, жоден із цих методів не дозволяє пояснити взаємну кореляцію змінних.

Головною невирішеною проблемою аналізу багатовимірних часових рядів є неможливість окремого обліку впливу часових зрушень і впливу інших змінних. В роботі запропонований альтернативний підхід до моделювання багатовимірного часового ряду з використанням наступного постулату.

Нехай є множина змінних, спостереження для кожної з яких утворять часовий ряд. Значення величини змінної в момент часу безпосередньо не залежить від її значень у моменти $t-1, t-2, \ldots$ Але поведінка сукупності змінних, як і в експлораторному факторному аналізі, визначається поведінкою факторів. Саме фактори піддаються впливу часових зрушень. Величина окремого значення фактору для даного моменту часу залежить тільки від того, які значення фактор приймав у попередні моменти часу, і не залежить від значень інших факторів, оскільки в ортогональній факторній моделі фактори є незалежними один від одного змінними. Саме поведінку кожного фактору можна розглядати як авторегресійний процес. Таким чином, авторегресійна модель багатовимірного часового ряду складається із двох рівнянь: рівняння авторегресії факторів і рівняння залежності спостережуваних змінних від факторів

$$\begin{cases} \boldsymbol{f_t} = \boldsymbol{f_{t-1}}\boldsymbol{\Phi_{t-1,t}} + \boldsymbol{a_t}; \\ \boldsymbol{z_t} = \boldsymbol{f_t}\boldsymbol{A^T} + \boldsymbol{v_t}; \end{cases} (t = 1,2,\ldots)$$

де $\boldsymbol{f_t}$ – вектор значень експлораторних факторів у момент часу *t*, $\boldsymbol{\Phi_{t-1,t}}$ – матриця переходу значень факторів від моменту часу *(t–1)* до *t*; $\boldsymbol{a_t}$ – вектор «білого шуму»; $\boldsymbol{z_t}$ – вектор значень нормованих спостережуваних змінних; $\boldsymbol{A}$ – матриця факторних навантажень, що не міняється з часом, $\boldsymbol{v_t}$ – значення добутку характерних факторів на відповідні навантаження в момент часу *t*, розглядаються як похибки факторного пояснення спостережуваних змінних.

Оцінка матриці переходів $\boldsymbol{\Phi_{t-1,t}}$ визначається як розв'язок екстремальної задачі пошуку мінімуму суми квадратів відхилень матриці переходів значень змінних від матриці переходів, що задаються переходами значень факторів з урахуванням властивості ортогональності матриці переходів. Тобто відшукується мінімум матричної функції Лагранжа (нижні індекси переходів опущені) $g = tr((\boldsymbol{M} - \boldsymbol{A\Phi^T A})^{\boldsymbol{T}}(\boldsymbol{M} - \boldsymbol{A\Phi^T A})) + tr(\Lambda(\boldsymbol{\Phi^T\Phi} - \boldsymbol{I}))$, де $\boldsymbol{M} = \boldsymbol{M_{t-1,t}} = \boldsymbol{z_{t-1}^T z_t}$

Розв'язання пошуку мінімуму функції Лагранжа дало наступний результат: $\boldsymbol{\Phi} = (\boldsymbol{A^T MAA^T M^T A})^{-1/2}\boldsymbol{A^T MA}$.

Щоб побудувати достовірний прогноз для системи із сильними внутрішніми взаємозв'язками, особливо характерними для економіки,

необхідно пояснити два аспекти: перший − динамічний розвиток системи, другий – взаємодія різних змінних. Тому, для вирішення питань, пов'язаних із прогнозуванням багатовимірних часових рядів використовується модель, що містить два рівняння, перше – рівняння переходів факторів, що визначають динаміку системи; друге – рівняння визначення значень економічних показників на основі значень факторів, що пояснюють взаємозв'язки змінних. При цьому в цих рівняннях відсутні вектора випадкових відхилень. Тому оцінка значень факторів повинна бути уточнена на підставі отриманого прогнозного значення вектора змінних у момент часу у майбутньому й оцінки значення експлораторних факторів на той же момент. Робиться це з використанням техніки фільтра Калмана, відповідно до якої основні прогнозні рівняння мають вигляд: $\hat{\boldsymbol{f}}_t = \hat{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{\Phi} + (\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)\boldsymbol{K}_{t-1}$ і $\hat{\boldsymbol{z}}_t = \hat{\boldsymbol{f}}_t\boldsymbol{A}^T$ де $\tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}$ – останній рядок матриці $\hat{\boldsymbol{Z}}\boldsymbol{A}(\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{R}\boldsymbol{A})^{-1/2}$, ($\hat{\boldsymbol{Z}}$ − матриця вихідних значень змінних, але до якої додавалися прогнозні значення); $\boldsymbol{K}_{t-1}$ − вагова матриця.

Невідому вагову матрицю $\boldsymbol{K}_{t-1}$ знайдемо так, щоб мінімізувати суму квадратів відхилень:

$$(\hat{\boldsymbol{f}}_t - \hat{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{\Phi} - (\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)\boldsymbol{K}_{t-1})(\hat{\boldsymbol{f}}_t - \hat{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{\Phi} - (\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)\boldsymbol{K}_{t-1})^T.$$

У підсумку вагова матриця має вигляд:

$$\boldsymbol{K}_{t-1} = ((\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)^T(\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T))^{-1}(\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)^T(\hat{\boldsymbol{f}}_{t-1} - \hat{\boldsymbol{f}}_{t-2}\boldsymbol{\Phi}).$$

Тоді алгоритм прогнозу для прогнозних моментів часу $t = 1, 2, ..., N_p$ має вигляд:

$$\begin{cases} \hat{\boldsymbol{f}}_t = \hat{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{\Phi} + (\hat{\boldsymbol{z}}_{t-1} - \tilde{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{A}^T)\boldsymbol{K}_{t-1}; \\ \hat{\boldsymbol{z}}_t = \hat{\boldsymbol{f}}_t\boldsymbol{A}^T; \\ \boldsymbol{Z}_t = \begin{pmatrix} \boldsymbol{Z}_{t-1} \\ \hat{\boldsymbol{z}}_t \end{pmatrix}; \\ \tilde{\boldsymbol{f}}_t = \hat{\boldsymbol{z}}_t\boldsymbol{A}(\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{Z}_t^T\boldsymbol{Z}_t\boldsymbol{A})^{-1/2}; \\ \boldsymbol{K}_t = ((\hat{\boldsymbol{z}}_t - \tilde{\boldsymbol{f}}_t\boldsymbol{A}^T)^T(\hat{\boldsymbol{z}}_t - \tilde{\boldsymbol{f}}_t\boldsymbol{A}^T))^{-1}(\hat{\boldsymbol{z}}_t - \tilde{\boldsymbol{f}}_t\boldsymbol{A}^T)^T(\hat{\boldsymbol{f}}_t - \hat{\boldsymbol{f}}_{t-1}\boldsymbol{\Phi}). \end{cases}$$

У блочній матриці $\boldsymbol{Z}_{N_p}$, одержаної на останньому етапі обчислень, перші N рядків – значення змінних, отримані в результаті спостережень, останні N_p рядків – це прогнозні значення змінних. Ці значення – центровані й нормовані. Щоб одержати значення економічних змінних у вихідному виді, необхідно перетворити центровано-нормовані значення за формулою $\hat{x}_{ti} = \bar{x}_{ti} + \hat{z}_{ti}\sigma_{ti}$, де $\hat{x}_{ti}$ − прогнозне значення i-й економічної змінної в реальної одиницях виміру для прогнозного моменту часу t; $\bar{x}_{ti}$ – значення i-ї економічної змінної в реальної одиницях виміру, одержане на підставі тренда змінної для прогнозного моменту часу t; $\hat{z}_{ti}$ − прогнозне значення i-ї економічної змінної в безрозмірних одиницях виміру для прогнозного

моменту часу t ; σ_{ti} – середньоквадратичне відхилення i-ї змінної для прогнозного моменту часу t.

У розділі 4 «Дослідження економічного ризику за допомогою експлораторного факторного аналізу» ризики розглянуті як економічна категорія. Проаналізовано різні підходи до визначення економічного ризику, розглянуті різні види ризиків.

Сучасні методи оцінки економічних ризиків прямо пов'язні зі специфікою сфери діяльності, на яку поширюється конкретний вид ризику. Традиційно міри ризику діляться на підставі двох аспектів ризику: перший - мінливість або волатільність економічних індикаторів, частота подій або їхня ймовірність; другий - чутливість або залежність стратегії підприємницької діяльності, критеріїв прийняття рішень до їхніх наслідків. Відповідно міри ризику діляться на дві основні категорії: 1) імовірнісні або статистичні показники; 2) величини, що характеризують чутливість. Але при цьому жоден підхід не дає можливість оцінити рівень ризику стосовно всієї економічної системи.

У роботі запропонований альтернативний підхід до виміру економічного ризику, заснований на наступних позиціях. На будь-яку економічну систему впливають різноманітні експлораторні фактори. Серед них можна виділити фактори, що враховують макроекономічні тенденції, державну політику, фінансові аспекти, ринкові й інші відносини, а також національні особливості, і, зокрема, людський фактор. Кожний з них має безпосереднє відношення до рівня ризикованості, що проявляється в численних сферах економічного життя. Кожний експлораторний фактор може сприяти стабільності розвитку економічної системи, а може бути причиною порушень у її поведінці. Для виміру рівня ризику конкретної економічної системи необхідно враховувати значення всіх експлораторних факторів, що визначають поведінку цієї системи. Мірою її сукупного ризику служить функція декількох аргументів, що представляють собою числові величини цих факторів, а також одним з аргументів є часовий інтервал або момент часу t. Якщо функцію вибрати таким чином, щоб її величина могла бути інтерпретована як імовірність деякої події, тобто нульове значення відповідає відсутності яких-небудь ризикованих явищ і рівень ризику дорівнює нулю, близькість до одиниці повинна говорити про те, що рівень ризику катастрофічний, то такою функцією обрано наступну:

$$Mr_t = \frac{m - \sum_{j=1}^{m} f_{t,j}}{2m}$$

. У випадку, коли всі експлораторні фактори приймають найменше значення − мінус одиниця, те їхня сума дорівнює $-m$, і міра ризику стає рівній одиниці; коли фактори найбільшою мірою сприяють розвитку економічної системи, сума їхніх значень – максимальна й дорівнює m, величина міри ризику дорівнює нулю.

Якщо всі експлораторні фактори не роблять ніякого впливу на систему, тобто мають нульові значення, або, коли їхня сума дорівнює нулю, тобто негативний вплив одних факторів компенсується позитивним впливом інших, то міра ризику дорівнює 0,5, але не нулю. Тим самим, відсутність активності в механізмі розвитку системи, або рівність нулю рівнодіючої всіх причин розвитку системи не приводить до відсутності ризику як такого.

Для прогнозу рівня ризику економічної системи в розділі розглянута авторегресійна модель для експлораторних факторів довільного порядку p виду: $\boldsymbol{F}_t = \Xi_{t-p}\Theta + \boldsymbol{U}_t$, де $\boldsymbol{F_t}$ – матриця значень факторів для моменту часу t, $\Xi_{t-p} = \left(\boldsymbol{F}_{t-1} \mid \boldsymbol{F}_{t-2} \mid \ldots \mid \boldsymbol{F}_{t-p}\right)$ – блокова матриця лагових значень факторів, Θ – блокова матриця коефіцієнтів авторегресії й $\boldsymbol{U_t}$ – матриця випадкових відхилень.

Задача оцінювання формулюється таким чином: знайти Θ так, щоб мінімізувати $tr\{(\boldsymbol{F} - \Xi_{-p}\Theta)^T(\boldsymbol{F} - \Xi_{-p}\Theta)\}$ за умови, що $\boldsymbol{F}^T\boldsymbol{F} = \boldsymbol{I}$ або $(\Xi_{-p}\Theta)^T\Xi_{-p}\Theta = \boldsymbol{I}$, де $\boldsymbol{F} = \boldsymbol{F_N}, \Xi_{-p} = \Xi_{N-p}$, тобто знайти в класі ортогональних оцінок такі, які мінімізували б функцію втрат. Для цього складемо матричну функцію Лагранжа: $g = tr\left\{(\boldsymbol{F} - \Xi_{-p}\Theta)^T(\boldsymbol{F} - \Xi_{-p}\Theta)\right\} + tr\left\{\Lambda\left((\Xi_{-p}\Theta)^T\Xi_{-p}\Theta - \boldsymbol{I}\right)\right\}$. Розв'язок задачі оцінювання має вигляд $\hat{\Theta} = \left(\Xi_{-p}^T\Xi_{-p}\right)^{-1}\Xi_{-p}^T\boldsymbol{F}\left(\boldsymbol{F}^T\Xi_{-p}(\Xi_{-p}^T\Xi_{-p})^{-1}\Xi_{-p}^T\boldsymbol{F}\right)^{-\frac{1}{2}}$.

Отримані оцінки дозволяють на підставі авторегресійної моделі довільного порядку й значень факторів у p попередніх моментів часу зробити прогноз динаміки факторів. Прогноз значень експлораторних факторів дозволить визначити в якій зоні ризику буде перебувати економічна система в прогнозний момент часу, і за значеннями факторів відновити якими будуть безпосередньо спостережувані економічні показники.

У розділі 5 «Дослідження економічних систем за допомогою моделей симультанних рівнянь» розглянута природа виникнення ефекту симультанности (одночасності), проаналізовані сучасні методи оцінювання параметрів цих моделей, а також даний аналіз проблемам ідентифікації симультанних рівнянь.

Аналіз показав, що існуючі методи оцінювання вирішують проблему подолання взаємозалежності з випадковими відхиленнями лише для ендогенних змінних. У той час як для економічних систем поняття «екзогенність» є умовним, оскільки всі змінні корелюють між собою в тому числі й «передвизначені». Показано, що ефект симультанності властивий і екзогенному рівнянню, а в цьому випадку широко використовувані в цей час методи оцінювання параметрів симультанних рівнянь не можуть застосовуватися на практиці.

У роботі запропоновано сформувати модель симультанних рівнянь за допомогою експлораторного факторного аналізу. Якщо число факторів

покласти рівним числу ендогенних змінних, то структура експлораторного факторного аналізу може вказати на структуру моделі симультанних рівнянь. Ця структура може бути сформована по ступені близькості змінної до даного фактору. Факторну групу повинні скласти змінні зі значимими коефіцієнтами факторних навантажень. У неї ввійдуть як ендогенні, так і екзогенні стохастичні величини, при цьому та з ендогенних змінних, яка має найбільше навантаження даного фактору, і буде змінної, що пояснюється іншими, що потрапили в дану факторну групу.

У розділі розглянуті проблеми оцінювання параметрів моделі симультанних рівнянь. Розглянутий двокроковий метод найменших квадратів оцінювання параметрів моделі симультанних рівнянь.

У **теоремі 3** доведено, що оцінки двокрокового методу найменших квадратів параметрів моделі симультанних рівнянь є зміщеними у випадку стохастичності екзогенних змінних.

У роботі запропонований метод оцінювання параметрів моделі симультанних рівнянь, заснований на розкладанні симультанних змінних на експлораторні фактори (метод факторизації симультанних рівнянь). Саме розкладання для *i*-ї ендогенної змінної *i*-го рівняння $\boldsymbol{y}_i = (\boldsymbol{Y}_i \mid \boldsymbol{X}_i)\begin{pmatrix}\boldsymbol{\beta}_i \\ \hline \boldsymbol{\gamma}_i\end{pmatrix} + \boldsymbol{u}_i$ має вигляд $(\boldsymbol{Y}_i \mid \boldsymbol{X}_i) = \boldsymbol{F}\cdot(\boldsymbol{A}_{Y_i}^T \mid \boldsymbol{A}_{X_i}^T) + \boldsymbol{\Sigma}_i$, де $\boldsymbol{y}_i$ − вектор значень ендогенної змінної *i*-го рівняння (*i*=1,2,…*m*), *m*–число симультанних рівнянь; $\boldsymbol{Y}_i$ − матриця значень пояснюючих ендогенних змінних *i*-го рівняння; $\boldsymbol{X}_i$ − матриця значень пояснюючих екзогенних змінних *i*-го рівняння; $\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix}\boldsymbol{A}_{Y_i} \\ \hline \boldsymbol{A}_{X_i}\end{pmatrix}$ − матриця факторних навантажень (її блоки відповідають пояснюючої ендогенним і екзогенним змінним); − матриця випадкових відхилень факторної моделі для змінних $(\boldsymbol{Y}_i \mid \boldsymbol{X}_i)$.

У роботі доведена

Теорема 4. Оцінка $\begin{pmatrix}\hat{\boldsymbol{\beta}}_i \\ \hline \hat{\boldsymbol{\gamma}}_i\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\boldsymbol{A}_{Y_i}\boldsymbol{A}_{Y_i}^T & \boldsymbol{A}_{Y_i}\boldsymbol{A}_{X_i}^T \\ \boldsymbol{A}_{X_i}\boldsymbol{A}_{Y_i}^T & \boldsymbol{A}_{X_i}\boldsymbol{A}_{X_i}^T\end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix}\boldsymbol{A}_{Y_i}\boldsymbol{F}^T\boldsymbol{y}_i \\ \boldsymbol{A}_{X_i}\boldsymbol{F}^T\boldsymbol{y}_i\end{pmatrix}$ коефіцієнтів *i*-го симультанного рівняння, отримана за допомогою методу факторизації симультанних рівнянь, є незміщеною.

Для того, щоб показати ефективність оцінки методу факторизації симультанних рівнянь, доведена лема.

Лема. Якщо екзогенні змінні системи симультанних рівнянь є стохастичні, то $\mathrm{E}\{\boldsymbol{X}^T\boldsymbol{u}_i\boldsymbol{u}_i^T\boldsymbol{X}\} = \sigma_i^2\boldsymbol{A}_X\boldsymbol{A}_X^T + \sigma_{Xu_i}^2$, де σ_i^2 − дисперсія випадкових відхилень *i-го* симультанного рівняння, $\sigma_{Xu_i}^2$ − квадрат коефіцієнта коваріації всіх екзогенних змінних з випадковими відхиленнями *i*-го симультанного рівняння.

Оскільки двокроковий метод найменших квадратів залишається практично безальтернативним методом оцінювання параметрів моделі симультанних рівнянь, саме в порівнянні з ним отримані кращі властивості оцінки методу факторизації.

Теорема 5. У випадку стохастичності екзогенних змінних оцінка коефіцієнтів симультанного рівняння, отримана за допомогою методу факторизації симультанних рівнянь має меншу дисперсії, ніж дисперсія оцінки цих коефіцієнтів двокроковим методом найменших квадратів.

У розділі 6 «Використання інструментарію експлораторного факторного аналізу в прогнозуванні динаміки економічної системи» для аналізу й прогнозування на основі концепції, методів і моделей експлораторного факторного аналізу обрана економічна система України. За допомогою експлораторного факторного аналізу проаналізований стан економіки України з 2005 р. до середини 2013 р. Протягом розглянутого періоду стан системи визначали чотири експлораторних фактори: 1) соціально-економічний, 2) монетарний, 3) зовнішньоекономічний і 4) фактор стримування кризових явищ. Розглянуто особливості динаміки кожного фактору, які вказують на те, що початок кризи доводиться на третій квартал 2008 р. Побудовані факторні структури для п'яти часових проміжків від 2005 р. по 2013 р., на кожному з яких експлораторні фактори мали різні навантаження на змінні. Виявлено, що посилення кризових явищ відбувалося тоді, коли один експлораторний фактор у рівній переважній мері навантажував показники безробіття й інфляції.

Порядок авторегресії p був обраний на підставі точності прогнозу для різних значень p. Точність оцінювалася за критеріями MAPE і RMSPE (відповідно, середньоквадратичні й абсолютного відхилення прогнозних значень показників від фактичних). Для цього параметри прогностичної моделі оцінювалися по вибірці, зменшеної на величину тестової множини (p+2). Точність прогнозу по двох критеріях виявилася високою (погрішність менш 10%).

Прогноз динаміки експлораторних факторів показав, що три (2, 3 та 4-ї) з них будуть сприяти розвитку економіки України в найближчі півтора року. Перший експлораторний фактор з початків 2014 р. буде мати тенденцію до зниження. Рівень загальносистемного ризику піде на спад з початку 2014 р.

Прогноз макроекономічних показників показав, що номінальний валовий внутрішній продукт України до кінця 2014 р. у порівнянні із серединою 2013 р. зростуть на 12%. Узгоджено з таким темпом зростання буде відбуватися зростання кінцевого споживання домашніх господарств - на 12%, державних витрат - на 11,7%, доходів населення - на 13,1%. Також виростуть експорт - на 13% та імпорт - на 13,3%. Однак імпорт, як і раніше буде випереджати експорт, причому скорочення негативного зовнішньоекономічного сальдо буде незначним. Меншими темпами будуть зростати інвестиції, їхнє зростання складе 7,3%, і витрати на виконання наукових праць: 9,5%. Облікова процентна ставка буде на одному рівні з

нестійкою тенденцією до зниження. Досягти зниження безробіття за півтора року не вдасться, але її зростання буде незначним - усього 2% за півтора року.

У період до кінця 2014 р. зовнішній борг продовжить зростати, що складе 11,2%. При цьому найбільш характерною тенденцією є те, що зростання інвестицій, вимірюваних у національній валюті, є меншим стосовно зростання зовнішнього боргу, вимірюваного в доларах США. А для того, щоб економіка розвивалася поступально, необхідна інша тенденція: зовнішній борг повинен скорочуватися, а інвестиції - зростати.

За допомогою експлораторного факторного аналізу було побудовано систему симультанних рівнянь. Оцінка коефіцієнтів системи методом факторизації симультанних рівнянь дала наступні кількісні залежності:

$$Y_1 = -0{,}288Y_2 + 0{,}638Y_3 + 1{,}063Y_4 + 9{,}2865Y_6 + 0{,}0{,}218X_4 + U_1;$$

$$Y_2 = 0{,}215Y_1 - 0{,}421Y_3 + 0{,}446Y_4 + 12{,}856X_1 + 0{,}232X_2 + 0{,}486X_3 + U_2;$$

$$Y_3 = 0{,}117Y_1 + 0{,}703X_3 + U_3;$$

$$Y_4 = 9439{,}7 + 3{,}479X_2 - 0{,}032X_4 + U_4;$$

$$Y_5 = -1{,}317X_1 + 0{,}092X_5 + U_5;$$

$$Y_6 = -0{,}014Y_2 + 21{,}721Y_5 + 529{,}71 + 0{,}002X_4 - 0{,}151X_5 - 4{,}205X_6 + U_6,$$

де ендогенні змінні: Y_1 – валовий внутрішній продукт (млн. грн.); Y_2 – кінцеве споживання домашніх господарств (млн. грн.); Y_3 – експорт (млн. доларів США); Y_4 – доходи населення (млн. грн.); Y_5 – інфляція (%, до грудня 2004 р.); Y_6 – безробіття (тис. чіл.); і екзогенні змінні: X_1 – дисконтна ставка Національного банку України (%);X_2 – державні витрати (млн. грн.); X_3 – імпорт (млн. доларів США); X_4 – інвестиції (млн. грн.); X_5 – витрати на виконання наукових праць (млн. грн.); X_6 – зовнішній борг (млн. доларів США).

Також отримані оцінки коефіцієнтів цих рівнянь за допомогою звичайного методу найменших квадратів і двокрокового МНК. Відзначено, що оцінені цими методами деякі співвідношення між змінними не мають економічного змісту.

Аналіз наведеної форми системи симультанних рівнянь показав наступне. Щоб відбулося подвоєння основних макроекономічних показників, але при цьому інфляція й рівень безробіття мали соціально нейтральні значення, дисконтна ставка НБУ повинна бути нульовий, державні витрати повинні зрости в три рази й скласти 183441 млн. грн., імпорт, практично повинен залишитися без змін у порівнянні із серединою 2013 р., інвестиції необхідно збільшити в п'ять із половиною раз і довести до рівня 257 млрд. грн., витрати на наукові розробки потрібно збільшити до двох з половиною мільярдів гривень, але зовнішній борг повинен бути погашений повністю.

ВИСНОВКИ

У дисертації проведено теоретичне узагальнення й запропоновано нове вирішення наукової проблеми розробки теоретико-методологічних положень

і гнучкого інструментарію аналізу й прогнозування динаміки економічних систем на основі моделей і методів експлораторного факторного аналізу для підвищення точності прогнозів і обґрунтування управлінських рішень. Проведене наукове дослідження дозволило сформулювати наступні висновки:

1. Проведений аналіз сучасних наукових досліджень в області методології передбачення й прогнозування показав, що дослідження й прогнозування економічних процесів здобувають на нинішньому етапі розвитку економіки й соціальних відносин особливу значимість і важливість. Яскравою рисою даного етапу є глибока глобалізація економіки, що несе не тільки переваги міжнародного поділу праці, але й істотні економічні ризики. Криза, що з'являється в одній країні, поширюється далеко за її межі, і стає великою проблемою для країн з незміцнілою економікою. Все це істотно позначається не тільки на кількісних характеристиках динаміки економічних систем, але й на їх якісний характер. Оцінка передбачуваності й прогностичності ставить проблему обліку особливостей розвитку сучасних економічних процесів і вимагає науково обґрунтованих методів аналізу й прогнозування.

2. Сучасна концепція методології прогнозування припускає розгляд комплексу методів, прийомів, підходів, спрямованих на підвищення ефективності й конкурентоспроможності суб'єктів економічної системи. Однак існуючі методи прогнозування не в достатній мірі відповідають методичній постановці процедури прогнозування динамічних відхилень і випадкових факторів при функціонуванні економічної системи, що повинна виходити з основних законів прогнозування: системності, онтогенезу, композиції й економічній доцільності. Аналіз найбільше відомих методів прогнозування показав, що створення моделі, яка враховує авторегресійні залежності й кореляційні зв'язки між змінними, а також розробка методів оцінювання параметрів такої моделі є актуальними.

3. Обґрунтовано доцільність використання експлораторного факторного аналізу. Саме факторна модель дозволяє розглянути як структуру взаємозв'язків між самими спостережуваними змінними, так і між окремими елементами економічної системи. Динаміка економічної системи визначається двома видами залежностей. Перша задається закономірностями руху факторів, що визначають поведінку економічної системи, а друга - відображенням факторів на множину значень спостережуваних змінних. Ці залежності повинні стати основою для математичної моделі економічної системи.

4. Сучасні методи оцінки спільності окремого показника з усіма іншими, що описують економічну систему, засновані на використанні коефіцієнта множинної кореляції, що є мірою дисперсії даної змінної, загальної з іншими змінними досліджуваної множини. У той час як спільність є мірою дисперсії даної змінної, обумовленої спільними для декількох змінних експлораторними факторами. Тому значення квадратів

коефіцієнтів множинної кореляції не є оцінками спільності. Запропоновано підхід до оцінки спільності, заснований на властивостях інформації, що міститься у вибіркових даних, і отримані оцінки спільностей стохастичних факторів на основі інформаційного підходу. З погляду статистичних критеріїв близькості оцінки до істинних значень запропонована оцінка є кращою за оцінку, яка на цей час використовується.

5. Загальна проблема, що зв'язує всі існуючі методи оцінювання факторних навантажень, складається у відсутності однозначного вирішення задачі одержання оцінок, при цьому ітераційні процедури оцінювання не є однозначно збіжними й не відтворюють матрицю кореляцій між змінними. У результаті рішення оптимізаційної задачі пошуку максимуму функції правдоподібності при наявності обмежень, що накладаються на параметри факторної моделі, знайдені оцінки максимальної правдоподібні факторних навантажень, що відтворюють матрицю кореляцій між змінними.

6. Розгляд методів аналізу багатовимірних часових рядів показав, що традиційні підходи припускають вплив на дану змінну в поточний момент часу як її значень у попередні моменти, так і значень інших змінних, і в поточний момент, і в попередні моменти часу. Для цього вводиться поняття крос-кореляції між різними змінними. У спектральної щільності крос-спектра для двох рядів поряд з дійсною частиною з'являється й уявна частина, і в зв'язку з цим виникають ще дві характеристики: когерентність і «посилення». Слабка інтерпретабельність отриманих при такому аналізі результатів, або її повна неможливість, роблять аналіз багатовимірних часових рядів непривабливим і мало розповсюдженим.

7. Використання експлораторного факторного аналізу дозволяє одночасно розглянути й авторегресійні закономірності, і кореляції між досліджуваними змінними. Запропоновано модель, що складається із двох матричних рівнянь: динаміки факторів і факторної структури, яка дозволяє перебороти основні недоліки традиційних методів аналізу багатовимірних часових рядів. Отримано оцінку матриці переходів рівняння динаміки експлораторних факторів. Обґрунтовано процедуру прогнозу компонент багатовимірного часового ряду.

8. Розглядаючи ризик, як економічну категорію, проведений аналіз мір ризику показав, що існуючі на цей момент часу системи показників мало пристосовані до того, щоб оцінити економічний ризик у цілому з позиції комплексної оцінки ризику. Проаналізовані методи вимірювання економічного ризику припускають використання лише одного економічного показника як носій інформації про ризик і ніяк не враховують причини або зовнішні фактори, що впливають на рівень ризикованості. Тому актуальним є створення методу, заснованого на дослідженні інформації широкого кола економічних змінних, з метою одержання комплексної оцінки економічного ризику. Запропоновано розглядати m-мірний простір експлораторних факторів як простір ризику, і запропонована, певна на цьому просторі комплексна оцінка ризику.

9. Для прогнозу рівня ризикованості економічної системи розроблена авторегресійна модель довільного порядку для експлораторних факторів, і отримані оцінки параметрів цієї моделі. Прогноз значень експлораторних факторів на підставі цієї моделі дозволить визначити, у якій зоні ризику буде перебувати економічна система в прогнозний момент часу.

10. Дослідження природи симультанності змінних системи економетричних рівнянь показало, що в такій системі взаємозалежними можуть бути не тільки ендогенні змінні, але й екзогенні. Всі існуючі на сьогодні методи оцінювання параметрів системи симультанних рівнянь цей факт ігнорують, що приводить до зміщених оцінок, отриманих за допомогою цих методів. Розроблено метод факторизації системи симультанних рівнянь, котрий дає незміщені оцінки її параметрів, причому ці оцінки є більше ефективними в порівнянні із двокроковим методом найменших квадратів оцінювання коефіцієнтів рівнянь системи.

11. Динаміка соціально-економічного фактору вказувала на те, що елементи кризових явищ проявлялися ще в 2006 і 2007 роках. Наприкінці 2008 року відбувається різке падіння цього фактору, що вказує на початок економічної кризи. Але якщо в 2006 і 2007 роках інфляція й безробіття обумовлювалися різними факторами, то з кінця 2008 року ці показники стали визначатися одним, що стає характерним моментом для кризових періодів.

12. Прогноз значень експлораторних факторів указує на те, що із другої половини 2013 року намітиться тенденція до зростання соціально-економічного фактору, однак з початку 2014 року його динаміка піде на спад, і із середини цього року значення фактору перейдуть у негативну область. З початку 2014 року експлораторний фактор монетарної політики придбає стійку тенденцію до зростання, як і зовнішньоекономічний фактор. Четвертий експлораторний фактор - стримування кризисних тенденцій - не буде відзначений зростанням своїх значень, але буде залишатися в позитивній області. Таким чином, три експлораторних фактори будуть сприяти розвитку економіки України в наступні півтора року. Причому загальносистемний ризик піде на спад з початку 2014 року.

13. Прогноз макроекономічних показників показав наступне: номінальний валовий внутрішній продукт України до кінця 2014 року у порівнянні із серединою 2013 рроку зросте на 12% як і кінцеве споживання домашніх господарств - на 12%, державні витрати - на 11,7% і доходи населення - на 13,1%. Зростуть експорт - на 13% і імпорт - на 13,3%. Однак імпорт як і раніше буде випереджати експорт, причому скорочення негативного зовнішньоекономічного сальдо буде незначним - на рівні 0,3%. Меншими темпами будуть зростати інвестиції, їхнє зростання складе 7,3%, і витрати на виконання наукових праць: 9,5%. Облікова процентна ставка буде на одному рівні з нестійкою тенденцією до зниження. Досягти зниження безробіття за півтора року не вдасться, але її зростання буде незначним - усього 2% за півтора року.

14. У період до кінця 2014 року зовнішній борг продовжить зростати, що складе 11,2%. При цьому темпи зростання інвестицій, вимірюваних у національній валюті, є меншими стосовно темпів зростання зовнішнього боргу, вимірюваного в доларах США, що для розвитку економіки є вкрай негативним явищем. Негативним моментом є й те, що продовжиться зростання інфляції, причому воно складе 12%, таким чином, всі позитивні тенденції динаміки показників нівелюються очікуваним ростом інфляції.

15. Побудова моделі симультанних рівнянь і проведений на її основі аналіз показав, що найбільш пріоритетного напрямку зміни економічної ситуації до кращого є стимулювання наукових досліджень і скорочення зовнішнього боргу. Для подвоєння валового внутрішнього продукту, споживання домашніх господарств і доходів населення, при незмінному рівні інфляції й нульового безробіття необхідно, щоб дисконтна ставка НБУ була нульовий, державні витрати повинні зрости в три рази, інвестиції необхідно збільшити в п'ять з половиною разів, і зовнішній борг повинен бути повністю погашений.

16. Проведене дослідження відкриває нові обрії для дослідження надскладних економічних систем в умовах нестабільності глобальних процесів, що описуються великою кількістю взаємозалежних змінних; і дозволяє побудувати прогностичні моделі, які можуть стати основою для вибору оптимального шляху розвитку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Хохлов В.В. Исследование и прогнозирование экономических процессов с использованием эксплораторного факторного анализа многомерных временных рядов: монография. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012.− 160 с. (20,4 друк. арк.).
2. Хохлов В.В. Многомерный факторный анализ временных рядов банковских депозитов: Монография. – Севастополь: изд-во СевНТУ, 2009.− 204 с. (12,75 друк. арк.).
3. Хохлов В.В. Прогнозування макроекономічних показників із застосуванням рекурсивної авторегресійної моделі эксплораторного факторного аналізу / В.В. Хохлов, О.І. Черняк. − Сучасні проблеми прогнозування соціально-економічних процесів: концепції, моделі, прикладні аспекти: монографія / За ред. О.І. Черняка, П.В. Захарченка. – Бердянськ: Видавець Ткачук О.В., 2012. – Розділ 1.15. – с. 164-174.(0,69 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,35 друк. арк., розроблено рекурсивна авторегресійна модель эксплораторного факторного аналізу).

4. Хохлов В.В. Управление инновационной деятельностью производственно-экономических систем: оценка, анализ, прогнозирование: монография / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун, Т.С. Клебанова, О.В. Мозенков. − Бердянск: Издатель Ткачук А.В., 2013. - 226 с. (8,74 друк. арк., особистий внесок здобувача: 3,48 друк. арк., запропоновано концепцію експлораторного факторного аналізу для аналізу й прогнозу інноваційної діяльності виробничо-економічних систем).
5. Хохлов В.В. Модели оценки и анализа инновационной деятельности производственно-экономических систем / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун, Т.С. Клебанова // Теоретичні і прикладні проблеми моделювання сталого розвитку економічних систем: монографія / під загальною редакцією Т.В. Орєхової; відп. ред. О.Л. Некрасова. - Донецьк: "Сучасний друк", 2013. - 467 с. - с. 301-307. (0,9 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,3 друк. арк., знайдено залежність валового внутрішнього продукту від експлораторних факторів).
6. Хохлов В.В. Функционирование валютного рынка в условиях трансформации мировой валютной системы: монография / А.П. Вожжов, В.В. Хохлов, Л.А. Прудникова [и др.]. − Севастополь: СевНТУ, 2012. – 204 с. (26 друк. арк., особистий внесок здобувача: 5,2 друк. арк., розділи 1.2, 1.3, 2.3).

Публікації у фахових виданнях

7. Хохлов В.В. Анализ и прогнозирование результативности деятельности крупномасштабных экономических систем и экономики страны с помощью многомерной факторной авторегрессионной модели / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун. − Культура народов Причерноморья. Экономические науки, 2010. − № 178. – с. 190-193. (0,25 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,14 друк. арк., розроблено багатовимірна факторна авторегресійна модель).
8. Хохлов В.В. Вариационный метод определения норматива мгновенной ликвидности банков и его оптимизация / В.В. Хохлов, С.П. Вожжов. − Науковий вісник: Фінанси, банки, інвестиції. − № 4 (13), 2011. – с. 60-65. (0,38 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,19 друк. арк., знайдено максимально правдоподібна оцінка параметрів функції дефіциту ліквідності).
9. Хохлов В.В. Инновационная активность промышленных предприятий: методические аспекты / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Вісник Черкаського університету, 2012. − № 33 (246). − с. 38-43. (0,31 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,15 друк. арк., розроблено модель макроекономічного аналізу діяльності промислових підприємств).
10. Хохлов В.В. Информационный подход к оценке общностей показателей банковских депозитов / В.В. Хохлов. − Вестник СевНТУ. Вып.98:

Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009.− с.167-174. (0,44 друк. арк.).

11. Хохлов В.В. Исследование инвестиционного риска оцениванием ошибки второго рода статистической гипотезы / В.В. Хохлов // Вестник СевГТУ. Вып.44: Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2003.− с.57-62. (0,375 друк. арк.).
12. Хохлов В.В. Многомерный факторный анализ депозитов домашних хозяйств / В.В. Хохлов // Вестник СевНТУ. Вып.109: Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010.− с.163-168. (0,38 друк. арк.).
13. Хохлов В.В. Модель багатовимірного часового ряду з довільним порядком авторегресії / В.В. Хохлов, О.І. Черняк // Науковий журнал «Бізнес інформ». – № 4, 2012. – с. 31-34. (0,5 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,25 друк. арк., розроблено модель багатовимірного часового ряду).
14. Хохлов В.В. Модель експлораторного факторного аналізу прогнозу надходжень депозитів за різними секторами економіки / В.В. Хохлов // Економічний аналіз: зб. наук. праць, 2011. – Вип. 9. – Частина 3. – с. 328-334. (0,875 друк. арк.).
15. Хохлов В.В. Модель оценки стабильности банковских депозитов Украины и стран ЕС / Е.Л. Гринько, М.Г. Чиркова // Вестник СевНТУ. Вып.138: Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013.− с. 47-54. (1 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,3 друк. арк., розроблено модель оцінки стабільності банківських депозитів).
16. Хохлов В.В. Оптимизация инвестиционной деятельности на производственном предприятии путем оценки риска по коэффициенту Альтмана / В.В. Хохлов, Е.А. Волкова, А.В. Рясский // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр.: Севастополь, 2001, Вып.4. – с.190-195. (0,375 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,125 друк. арк., запропоновано модель залежності суми кредиту, що повертається, з урахуванням інвестиційного ризику).
17. Хохлов В.В. Оценка инновационного риска интегрированных структур на основе эксплораторного факторного анализа / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Формування ринкової економіки України: зб. наук. праць, 2011. – Вип. 25. – с. 181-185. (0,31 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,15 друк. арк., розроблено міра ризику на основі експлораторного факторного аналізу).
18. Хохлов В.В. Оптимізація резерву ліквідності банку як фактор економічної доцільності її регулювання / В.В. Хохлов, С.П. Вожжов // Світ фінансів. − Вип. 3, 2010. – с. 14-17. (0,25 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,14 друк. арк., знайдено залежність витрат банку для підтримки ліквідності від часу).

19. Хохлов В.В. Оценка влияния инновационной деятельности на экономику Украины методом факторизации симультанных переменных / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Науковий журнал «Бізнес інформ».− № 5(1), 2011.− с. 62-65. (0,25 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,14 друк. арк., розроблено метод факторизації симультанних змінних).
20. Хохлов В.В. Оценка развития предприятий, входящих в крупномасштабную экономическую систему / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Науковий журнал «Бізнес інформ».− № 4(2), 2010.− с. 78-81. (0,25 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,14 друк. арк., оцінено ступінь розвитку групи підприємств по положенню в просторі експлораторних факторів).
21. Хохлов В.В. Оценка страхового риска как ошибки второго рода проверки гипотезы о банкротстве страховой компании / В.В. Хохлов, С.В. Прозор // Вестник СевГТУ. Вып.44: Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2007.− с.130-134. (0,31 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,16 друк. арк., запропоновано міру ризику як помилки другого роду перевірки гіпотези про банкрутство).
22. Хохлов В.В. Прогнозирование ресурсов банковских учреждений. / В.В.Хохлов, Е.Л.Гринько // Вестник НБУ. − № 8(148), 2008.− с.112-118. (0,5 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,16 друк. арк., за допомогою багатовимірного аналізу часових рядів виконано прогноз ресурсів банку).
23. Хохлов В.В. Прогнозирование финансового состояния предприятия на основе многомерного факторного анализа временных рядов / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Науковий журнал «Бізнес інформ».− № 2(1), 2009.− с. 82-87. (0,38 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,19 друк. арк., розроблено модель авто регресії багатовимірного часового ряду, та оцінена матриця переходів).
24. Хохлов В.В. Распределение величины текущих пассивов коммерческого банка как совокупности депозитов до востребования / В.В. Хохлов, А.П. Вожжов, О.А.Грищенко // Вестник СевГТУ. Вып.53: Экономика и финансы: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2004.− с.126-136. (0,69 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,23 друк. арк., знайдено максимально правдоподібна оцінка інтенсивності припливу та відтоку поточних пасивів банку).
25. Хохлов В.В. Стабілізація змінний частини поточних пасивів короткостроковими запозиченнями на міжбанківському ринку / В.В. Хохлов, А.П.Вожжов // Вісник ДДФЕИ. − 2002. - № 1(7). – с. 124-129. (0,375 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,18 друк. арк., знайдено залежність інвестиційних доходів банку від стабілізації змінної частини поточних пасивів).
26. Хохлов В.В. Структурные уравнения развития экономики региона // Вестник СевГТУ. Вып. 33: Экономика и финансы: Севастополь, 2001.– с. 48-51. (0,25 друк. арк.).

27. Хохлов В.В. Управление кредитным риском банка на основе метода диверсификации / В.В. Хохлов, Е.Л. Гринько, А.С. Корягина // Світ фінансів. − № 3(16), 2008.− с. 99-106. (0,5 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,16 друк. арк., запропоновано модель кредитного ризику надмірної диверсифікованості й оцінені її параметри).
28. Хохлов В.В. Факторная оценка функционирования структурного подразделения сложной производственной системы / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Науковий журнал «Бізнес інформ».− № 5(2), 2010.− с.36-40. (0,31 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,15 друк. арк., запропоновано метод спільного оцінювання значень факторів і факторних навантажень).
29. Хохлов В.В. Факторно-кореляційний аналіз депозитів домашніх господарств / В.В. Хохлов // Вісник НБУ. − №7 (185), 2011. – с.33-37. (0,31 друк. арк.).

Навчальні посібники

30. Хохлов В.В. Валютные операции коммерческих банков в Украине: учеб. пособ. / В.В. Хохлов, Л.М. Алексеева, А.П. Вожжов. − Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2000. – 136 с. (8,5 друк. арк., особистий внесок здобувача: 2,8 друк. арк., розділи 1.3, 2.3).
31. Хохлов В.В. Валютный рынок и валютные операции коммерческих банков: учеб. пособ. / В.В. Хохлов, А.П. Вожжов, Ю.А. Блащук [и др.]. − Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005.− 282 с. (17,6 друк. арк., особистий внесок здобувача: 3,5 друк. арк., розділи 1.2, 2.2, 2.3).

Публікації в інших виданнях

32. Khokhlov V. Estimation of transition matrices in multidimensional Markovian chains and dynamic systems / V. Khokhlov, S. Holm, I. Isaksson // University of Goteborg. − Research rep. No 2, 1987.− ISSN 0349-8034.− 14 p. (1,75 друк. арк., особистий внесок здобувача: 075 друк. арк., запропоновано метод оцінки матриці переходів ланцюгів Маркова для будь-якого моменту часу, якщо відома кінцева матриця).
33. Khokhlov V. Generalized least squares estimation with estimated covariance matrix / V. Khokhlov, S. Holm // Chalmers University of technology. − Preprint No 13, 1987. − ISSN 0347-2809. − 8 p. (1 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,5 друк. арк., знайдено оцінку коваріації спостережень й уточнені значення регресійних коефіцієнтів).
34. Хохлов В.В. Методология оценки риска страховщика на рынке финансовых услуг / В.В. Хохлов // Познание, образование, творчество: философские, методологические, социальные, экономические, правовые, психолого-педагогические и гуманитарные аспекты: Сборник статей,

зарег. в УкрИНТЭИ, свид. №253 от 07.05.2007г. –Севастополь, 2007.− с.58-60. (0,4 друк. арк.).

35. Хохлов В.В. Проблемы факторного анализа в исследовании экономических процессов / В.В. Хохлов // Становление современной экономики: научно-технические аспекты: Сборник статей, зарег. В УкрИНТЭИ, свид. № 232 от 06.06.2008. – с. 139-142. (0,5 друк. арк.)
36. Хохлов В.В. Задачи и методы факторного анализа при моделировании сложных систем / В.В. Хохлов // Рукопись.– Деп. В УкрНИИНТИ 25.02.93.– Севастополь, 1993.– № 273-Ук93.– 24 с. (3 друк. арк.)
37. Хохлов В.В. Идентификация регрессионных моделей с нестационарным шумом в условиях неопределенности / В.В. Хохлов, М.А. Литвинов // II ВК «Перспективные методы планирования и анализа экспериментов при исследовании случайных полей и процессов», М.: 1985, Часть 1.– с. 152-154. (0,19 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,1 друк. арк., запропоновано підхід до одержання оцінок параметрів регресії на основі факторного розкладання матриці коваріації спостережень).
38. Хохлов В.В. Многомерная факторная авторегрессионная модель прогнозирования экономических процессов / В.В. Хохлов // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЕП-2010), Бердянськ, 3-5 червня 2010 р.− К.: КВІЦ. – с. 50-52 (0,19 друк. арк.).
39. Хохлов В.В. Многомерные факторные авторегрессионные модели как инструмент анализа и прогноза тенденций развития крупномасштабных экономических систем / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сборник научных трудов IV Международной школы-симпозиума АМУР-2010 (Севастополь, 13-19 сентября 2010). – Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2010. – с. 392-399. (0,5 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,25 друк. арк., багатовимірні факторні авторегресійні моделі).
40. Хохлов В.В. Моделирование налично-денежного оборота Марковскими цепями / В.В. Хохлов, А.П. Вожжов // Сб. тез. докладов 1-й междунар. науч.-прак. конф. «Проблемы становления рыночной экономики: информационное и финансовое обеспечение деятельности предпринимательских структур». − Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1998. – с.44-52. (0,56 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,28 друк. арк., обґрунтовано модель ланцюгів Маркова для аналізу грошових потоків).
41. Хохлов В.В. Моделирование экономики региона системой одновременных уравнений / В.В. Хохлов // Сб. тез. докл. Крым. Рег. науч.-прак. конф. «Финансовые аспекты экономического развития региона». − Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999.− с. 58-62. (0,32 друк. арк.).
42. Хохлов В.В. Моделирование денежных потоков с использованием цепей Маркова / В.В. Хохлов // Сб. тез. докладов науч.-прак. семинара

«Банковские услуги: зарубежный и отечественный опыт». − Севастополь: Изд-во СФ КИЭХП, 1998. – с.24-28. (0,32 друк. арк.).

43. Хохлов В.В. Моделирование экосистем структурными уравнениями с адаптацией / В.В. Хохлов // «Мягкие оболочки и экология»: сборник статей, – Севастополь, 1990.−с. 96-98. (0,19 друк. арк.).
44. Хохлов В.В. Оценка значений факторов экономических процессов / В.В. Хохлов // Материалы Всеукраинской научно-практической конференции «Методы финансового обеспечения устойчивого экономического развития», Севастополь, 3-6 сентября 2009 г.– Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – с. 82-85. (0,25 друк. арк.).
45. Хохлов В.В. Оценка и прогноз риска сложной экономической системы с помощью эксплораторного стохастического факторного анализа // В.В. Хохлов, Е.И. Пивскун // Тези доповідей XVI Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми економічної кібер-ики», Одеса, 14–16 вересня 2011 р. – Том II. – с. 42-43. (0,125 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,06 друк. арк., спрогнозовано системний ризик).
46. Хохлов В.В. Оценка страхового риска банкротстве страховой компании / В.В. Хохлов, С.В. Прозор // Материалы Всеукраинской научно-методической конференции, Севастополь, 6-9 сентября 2006 г.– Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2006. – с.125-128. (0,25 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,13 друк. арк., оцінено граничне значення банкрутства компанії).
47. Хохлов В.В. Подходы к оценке инновационного риска интегрированных структур / В.В. Хохлов, Е.И. Пискун // II Міжнародна науково-методична конференція «Моделювання економіки: проблемі, тенденції, досвід», Тернопіль, 06-08 жовтня 2011 р. – с. 71-72. (0,125 друк. арк., особистий внесок здобувача: 0,06 друк. арк., факторна міра ризику).
48. Хохлов В.В. Прогнозирование макроэкономических показателей системы с помощью фильтра Калмана / В.В. Хохлов // Тез. 2-й междунар. научн.-практ. конф., Севастополь: Изд-во СевГТУ, 2000. – с. 88-91. (0,25 друк. арк.).
49. Хохлов В.В. Регрессионно-факторная модель развития экономических процессов / В.В. Хохлов // Материалы 3-й международной научно-теоретической конференции «Актуальные проблемы экономического и социального развития производственной сферы», Донецк, 7-8 июня 2006 г. –Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2006.− с.266-268. (0,25 друк. арк.).
50. Хохлов В.В. Статистический подход к оценке риска валютный операций / В.В. Хохлов // Сб. тез. докладов науч.-прак. семинара «Банковские услуги: зарубежный и отечественный опыт», Севастополь: Изд-во СФ КИЭХП, 1998 г. – с. 24-35. (0,25 друк. арк.).
51. Хохлов В.В. Стохастический факторный анализ депозитов домашних хозяйств / В.В. Хохлов // «Методы финансового обеспечения устойчивого экономического развития»: Материалы Всеукраинской

научно-практической конференции, г. Севастополь, 06-09 сентября 2011. − с. 243-245. (0,125 друк. арк.).
52. Хохлов В.В. Факторная авторегрессионная модель прогнозирования депозитов домашних хозяйств / В.В. Хохлов // «Методы и модели финансового обеспечения устойчивого экономического развития»: Материалы Всеукраинской научно-практической конференции, г. Севастополь, 05-08 сентября 2012 г., − с.179-181. (0,19 друк. арк.).
53. Хохлов В.В. Эксплораторный факторный анализ динамики срочных депозитов / В.В. Хохлов // «Финансовый механизм и учетно-аналитическое обеспечение устойчивого экономического развития»: Материалы Всеукраинской научно-практической конференции, г. Севастополь, 04-07 сентября 2013 г., − с.94-96. (0,19 друк. арк.).

АНОТАЦІЯ

Хохлов В.В. Прогнозування динаміки економічних систем з використанням експлораторного факторного аналізу багатовимірних часових рядів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економці. – ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», Київ, 2013.

Аналіз сучасних методів прогнозування виявив необхідність створення моделі, що враховує особливості багатовимірного часового ряду, а також необхідність розробки методів отримання оцінок параметрів такої моделі.

Розроблено методологічні положення і математичний інструментарій прогнозування динаміки економічних систем на основі моделей та методів експлораторного факторного аналізу багатовимірних часових рядів. Запропоновано підхід до оцінки спільності, заснований на властивостях інформації, що міститься у вибіркових даних, і отримані оцінки спільностей стохастичних факторів на основі інформаційного підходу. Знайдено максимально правдоподібні оцінки факторних навантажень, які відтворюють матрицю кореляцій між змінними. Отримано оцінки значень експлораторних факторів, що мають властивість ортогональності. Створено модель багатовимірного часового ряду, що враховує як авторегресійні залежності між спостереженнями в різні моменти часу, так і кореляційні зв'язки між змінними багатовимірного часового ряду, та запропоновано методи оцінювання параметрів цієї моделі. Запропоновано міра ризику економічної системи в цілому. Розроблено метод факторизації симультанних рівнянь. Проаналізовано динаміку експлораторного факторів економіки України,

зроблено прогноз основних макроекономічних показників, проведений сценарний аналіз розвитку української економічної системи.

Ключові слова: прогнозування, економічна система, експлораторний факторний аналіз, багатовимірні часові ряди, спільність, факторні навантаження, ортогональні експлораторні фактори, авторегресія, ризик економічної системи в цілому, симультанні рівняння, динаміка економіки України .

АННОТАЦИЯ

Хохлов В.В. Прогнозирование динамики экономических систем с использованием эксплораторного факторного анализа многомерных временных рядов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 08.00.11 – Математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – ГВУЗ «Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана», Киев, 2013.

Диссертационная работа посвящена разработке теоретико-методологических положений и экономико-математического инструментария анализа и прогнозирования динамики экономических систем на основе моделей и методов эксплораторного факторного анализа для повышения точности прогнозов и обоснования управленческих решений.

Проведенный анализ современных научных исследований в области методологии предвидения и прогнозирования показал, что исследование и прогнозирование экономических процессов приобретают на нынешнем этапе развития экономики и социальных отношений особую значимость и важность. Оценка предсказуемости и прогнозируемости ставит проблему учета особенностей развития современных экономических процессов и требует научно обоснованных методов анализа и прогнозирования.

Анализ наиболее широко используемых в настоящее время методов прогнозирования выявил необходимость создания модели, учитывающей авторегрессионные зависимости и корреляционные связи между переменными многомерного временного ряда, а также необходимость разработки методов получения оценок параметров такой модели, отображающей процессы неустоявшейся динамики. Обоснована целесообразность использования эксплораторного факторного анализа. Факторная модель позволяет рассмотреть как структуру взаимосвязей между

самими наблюдаемыми переменными, так и между отдельными элементами экономической системы.

Предложен подход к оценке общности, основанный на свойствах информации, содержащейся в выборочных данных, и получены оценки общностей стохастических факторов на основе информационного подхода. С точки зрения статистических критериев близости оценки к истинным значениям предложенная оценка является лучше традиционно используемой.

Найдены максимально правдоподобные оценки факторных нагрузок, воспроизводящие матрицу корреляций между переменными, для чего решена оптимизационная задача поиска максимума функции правдоподобия при наличии ограничений, накладываемых на параметры факторной модели. Получены оценки значений эксплораторных факторов, обладающих свойством ортогональности.

Исследование динамики экономической системы показал, что она определяется двумя видами зависимостей. Первая задается закономерностями движения эксплораторных факторов, определяющих поведение экономической системы, а вторая – отображением факторов на множество значений наблюдаемых переменных. Эти зависимости являются основой математической модели, состоящей из двух матричных уравнений: динамики факторов и факторной структуры. Получена оценка матрицы переходов уравнения динамики эксплораторных факторов. Обоснована процедура прогноза компонент многомерного временного ряда.

Предложено рассматривать m-мерное пространство эксплораторных факторов в качестве пространства риска, и предложена, определенная на этом пространстве комплексная оценка риска. Для прогноза уровня рискованности экономической системы разработана автрегрессионная модель произвольного порядка для стохастических факторов, и получены оценки параметров этой модели.

Разработан метод факторизации системы симультанных уравнений, который дает несмещенные оценки ее параметров, причем эти оценки являются более эффективными по сравнению с двух шаговым методом наименьших квадратов оценивания коэффициентов уравнений системы.

Применение разработанной системы моделей и методов позволил провести анализ динамики эксплораторных факторов экономической системы Украины в период с 2005 по 2013 г.г. Сделан прогноз основных макроэкономических показателей. Построена модель симультанных уравнений, на основании которой проведен сценарный анализ развития экономики страны.

Ключевые слова: прогнозирование, экономическая система, эксплораторный факторный анализ, многомерные временные ряды, общность, факторные нагрузки, ортогональные эксплораторные факторы, авторегрессия, риск экономической системы в целом, симультанные уравнения, динамика экономики Украины.

SUMMARY

Khokhlov V.V. Predicting the dynamics of economic systems using exploratory factor analysis of multivariate time series. − Manuscript.

Thesis for the Degree of Doctor in Economics by Specialty 08.00.11 − Mathematical Methods, Models and Information Technologies in Economics. − SHEE "Vadym Hetman Kyiv National Economic University", Kiev, 2013.

Analysis of methods of forecasting identified the need to create a model that takes into account features of multidimensional time series, as well as the need to develop methods to obtain estimates of the parameters of such a model, representing processes unsettled dynamics.

It was developed the theoretical and methodological guidelines and mathematical tools of predict the dynamics of economic systems on the basis of exploratory factor analysis models of multidimensional time series. It was proposed an approach to the estimation of communality based on the properties of the information contained in the sample data. It was found the maximum likehood estimates of the factor loadings, which reproduce the correlation matrix between the variables. It was obtained estimates of the orthogonal values exploratory factors. It was created the model of multivariate time series, taking into account both autoregressive dependence between observations at different times, and correlations between variables of multivariate time series, and it was proposed methods for estimating the parameters of this model. It was recommended a measure of the risk of the economic system as a whole. The method of factorization of simultaneous equations was developed. The dynamics of exploratory factors of Ukraine economy was analyzed, the forecast of key macroeconomic indicators was made, and the scenario analysis of Ukrainian economic system was conducted.

Keywords: forecasting, economic system, exploratory factor analysis, multidimensional time series, the communalities, the factor loadings, orthogonal exploratory factors, autoregression, the risk of the economic system, simultaneous equations, the dynamics of the Ukrainian economy.