

## МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ФІНАНСОВОЇ КРИЗИ В РЕАЛЬНИЙ СЕКТОР ЕКОНОМІКИ

© 2018 ПОЛЯКОВА О. Ю., БУЛКІН С. М.

УДК 330.142

JEL Classification: C63; E69; G01

Полякова О. Ю., Булкін С. М.

### Модель підтримки прийняття рішень для попередження розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор економіки

Метою статті є формування комплексної моделі прогнозування, ідентифікації фінансової кризи, а також мінімізації її розповсюдження в реальний сектор економіки. Наведено концептуальну схему дослідження поширення фінансової кризи в реальний сектор економіки, в основі якої лежить гіпотеза про те, що розвиток кризи у фінансовому секторі економіки передуює кризі в реальному секторі економіки, але існує можливість компенсації її наслідків і часткова керуваність кризи в реальному секторі економіки шляхом впливу на канали поширення кризи на різних фазах її проникнення. Доведено, що найбільш прийнятним для формування комплексної моделі розповсюдження фінансової кризи є використання імітаційних моделей, оскільки такі моделі дозволяють перевірити можливість попередження розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор економіки. В основу побудови плану експериментів для розробленої імітаційної моделі покладено методологію греко-латинського квадрата, що обумовлено ефективністю такого інструменту для обмеження величини досліджуваних діапазонів даних. Для оцінки результатів проведених експериментів і вибору ефективної моделі управління, яка відповідає оптимальному варіанту попередження кризи, обрано функцію бажаності Харрінгтона, в основі якої лежить ідея перетворення натуральних значень часткових відгуків на безрозмірну шкалу бажаності або переваги. Зазначену функцію покладено в основу сформованого підходу до визначення оптимальних та субоптимальних рішень щодо мінімізації розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор економіки. В результаті проведеного дослідження визначено, що лише 20 % варіантів (25 рішень) можливого управління можуть мати позитивний результат. Сформовано блок моделей підтримки прийняття рішень, що є важливою складовою комплексної моделі, дозволяє моделювати процес розповсюдження фінансової кризи від розриву бульбашки в фінансовому секторі до впливу на окремі частини реального сектора економіки.

**Ключові слова:** фінансова криза, реальний сектор, імітаційна модель, оптимальне рішення.

**Рис.:** 4. **Табл.:** 5. **Формул.:** 1. **Бібл.:** 15.

**Полякова Ольга Юріївна** – кандидат економічних наук, доцент, завідувач сектора макроекономічного аналізу та прогнозування, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** polya\_o@ukr.net

**ORCID:** 0000-0001-8207-3198

**Researcher ID:** F-3460-2015

**Scopus:** 5449-6644

**Булкін Станіслав Михайлович** – аспірант, кафедра економічної кібернетики, Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця (просп. Науки, 9а, Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** bulikstasmagn@gmail.com

**ORCID:** 0000-0003-3743-1501

УДК 330.142

JEL Classification: C63; E69; G01

### Полякова О. Ю., Булкін С. М. Модель поддержки принятия решений для предупреждения распространения финансового кризиса в реальный сектор экономики

Целью статьи является формирование комплексной модели прогнозирования, идентификации финансового кризиса, а также минимизации ее распространения в реальный сектор экономики. Представлена концептуальная схема исследования распространения финансового кризиса в реальный сектор экономики, в основе которой лежит гипотеза о том, что развитие кризиса в финансовом секторе экономики предшествует кризису в реальном секторе, но существует возможность компенсации его последствий и частичная управляемость кризиса в реальном секторе экономики путем воздействия на каналы его распространения на разных фазах проникновения. Доказано, что наиболее приемлемым для формирования комплексной модели распространения финансового кризиса является использование имитационных моделей, поскольку такие модели позволяют проверить возможность предупреждения распространения финансового кризиса

UDC 330.142

JEL Classification: C63; E69; G01

### Poliakova O. Yu., Bulkin S. M. The Model of Decision Support to Prevent the Transmission of a Financial Crisis to the Real Economy

The aim of the article is to form an integrated model to forecast, identify a financial crisis and minimize its spread to the real economy. The conceptual scheme reflecting the investigation of the transmission of a financial crisis to the real economy is presented. It is based on the hypothesis that the development of a crisis in the financial sector of the economy precedes a crisis in the real economy, but it is possible to mitigate the consequences of the former and partially manage the crisis in the real economy by influencing the channels of its transmission at different stages of penetration. It is proved that the most appropriate for forming an integrated model of the transmission of a financial crisis is the use of simulation models, since such models allow testing the possibility of preventing the transmission of a financial crisis to the real economy. Building a plan of experiments for the simulation model is based on the Graeco-Latin square methodology, which is due to the effectiveness of this tool in limiting the studied data ranges. In order to evaluate the results

в реальный сектор экономики. В основу построения плана экспериментов для имитационной модели положена методология греко-латинского квадрата, что обусловлено эффективностью такого инструмента для ограничения исследуемых диапазонов данных. Для оценки результатов проведенных экспериментов и выбора эффективной модели управления, которая будет соответствовать оптимальному варианту предупреждения кризиса, выбрана функция желательности Харрингтона, в основе которой лежит идея преобразования натуральных значений частных отзывов в безразмерную шкалу желательности или предпочтения. Построенная функция является основой сформированного подхода к определению оптимальных и субоптимальных решений по минимизации распространения финансового кризиса в реальный сектор экономики. В результате проведения исследования определено, что лишь 20 % вариантов (25 решений) возможного управления могут иметь положительный результат. Сформированный блок моделей поддержки принятия решений, является важной составляющей разработанной комплексной модели, позволяет моделировать процесс распространения финансового кризиса от разрыва пузыря в финансовом секторе до влияния на отдельные части реального сектора экономики.

**Ключевые слова:** финансовый кризис, реальный сектор, имитационная модель, оптимальное решение.

**Рис.:** 4. **Табл.:** 5. **Формул.:** 1. **Библ.:** 15.

**Полякова Ольга Юрьевна** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий сектором макроэкономического анализа и прогнозирования, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина)

**E-mail:** polya\_o@ukr.net

**ORCID:** 0000-0001-8207-3198

**Researcher ID:** F-3460-2015

**Spin:** 5449-6644

**Булкин Станислав Михайлович** – аспирант, кафедра экономической кибернетики, Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнецца (просп. Науки, 9а, Харьков, 61166, Украина)

**E-mail:** bulikstasmagn@gmail.com

**ORCID:** 0000-0003-3743-1501

of the conducted experiments and choose an effective management model that will correspond to an optimal variant of crisis prevention, Harrington's desirability function is chosen, which is based on the idea of converting the natural values of private responses into a dimensionless scale of desirability or preference. The function built is the basis for the formed approach to determining optimal and suboptimal solutions for minimizing the transmission of a financial crisis to the real economy. As a result of the study, it was determined that only 20 % of the options (25 decisions) of possible management ones can have a positive result. The formed block of decision support models is an important component of the developed integrated model, which allows modeling the process of the transmission of a financial crisis from the burst of a bubble in the financial sector to the impact on certain parts of the real economy.

**Keywords:** financial crisis, real economy, simulation model, optimal solution.

**Fig.:** 4. **Tbl.:** 5. **Formulae:** 1. **Bibl.:** 15.

**Poliakova Olga Yu.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Head of Sector of Macroeconomic Analysis and Forecasting, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** polya\_o@ukr.net

**ORCID:** 0000-0001-8207-3198

**Researcher ID:** F-3460-2015

**Spin:** 5449-6644

**Bulkin Stanislav M.** – Postgraduate Student, Department of Economic Cybernetics, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** bulikstasmagn@gmail.com

**ORCID:** 0000-0003-3743-1501

**Вступ.** Історія розвитку суспільства безпосередньо пов'язана з історією економічних криз. Як не парадоксально, але історія економічних криз може бути більш давньою за капіталістичну систему господарювання, проте саме за цієї системи останні набули системного та циклічного характеру.

В сучасних умовах проблема попередження і зниження наслідків кризових явищ у всіх сферах економіки є глобальною. Це пов'язано з посиленням глобалізації світової економіки, а також ролі транснаціональних корпорацій у всіх видах економічної діяльності. Вивчення питань зародження, ідентифікації і розгортання фінансових криз займалися такі зарубіжні вчені, як: К. Мюльдер [2], М. Тойванен, Л. Маурін [3], М. Коуз [4], Л. Камінські, С. Лізондо, К. Рейнхард [5], Ф. Девіс, Д. Карім [6] та ін. Однак в Україні такі розробки не проводилися на регулярній основі. Окрім того, питання взаємодії криз у фінансовому та реальному секторі висвітлюються в літературі не часто.

**Метою статті** є формування комплексної моделі підтримки прийняття рішень щодо попередження розповсюдження фінансової кризи в реальному секторі економіки.

Проведений аналіз існуючого теоретичного і методичного базису механізмів поширення фінансової кризи свідчить про те, що ця предметна область характеризується великою кількістю підходів, методів і методик. Ця обставина свідчить про необхідність формулювання концептуальних положень дослідження (рис. 1), в основі яких лежить гіпотеза про те, що розвиток кризи в фінансовому секторі економіки передуює кризі в реальному секторі економіки, але існує можливість компенсації її наслідків і часткова керуваність кризи в реальному секторі економіки шляхом впливу на канали поширення кризи на різних фазах її протікання [7].

Попередніми дослідженнями визначено, що взаємодія між реальним і фінансовим секторами має причинно-наслідковий характер та явну лагову залежність, що свідчить про можливість виявлення не тільки критичних подій, які стали причиною настання кризи, а й параметрів такої залежності [1].

Важливим етапом моделювання процесів настання та розповсюдження криз є визначення їх можливих проявів і критеріїв настання. Аналіз наукової літератури з цих

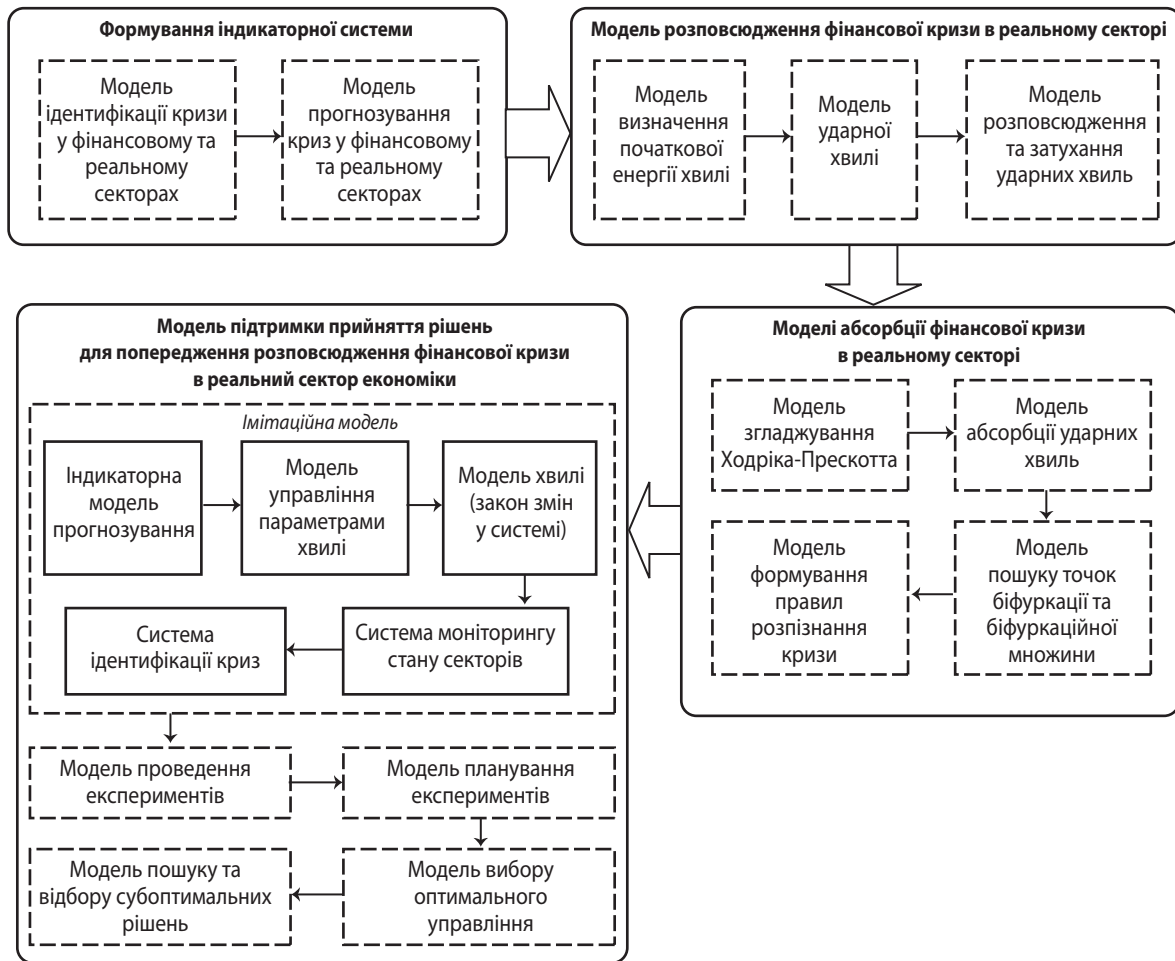


Рис. 1. Концептуальна схема попередження поширення фінансової кризи в реальний сектор економіки

питань свідчить, що найбільш розповсюдженим підходом щодо прогнозування настання криз є метод побудови індикаторних систем. Водночас існує і альтернативний підхід, в якому зроблено акцент на напрям руху економіки (вгору / вниз, зростання / падіння) чи його швидкості (швидше / повільніше, прискорення / гальмування). На думку авторів, найбільш прийнятним з точки зору формування системи можливих проявів і критеріїв настання фінансової кризи є комбінований підхід, який ґрунтується як на індикаторному, так і на альтернативному підходах [13].

Моделювання фінансової кризи передбачає не тільки процеси її ідентифікації, а й визначення закономірностей розповсюдження в реальний сектор економіки. З огляду на таке, авторами сформовано гіпотезу про можливість моделювання розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор економіки як ударної хвилі, яку було підтверджено [14].

Зазначена гіпотеза включає в себе визначення початкової енергії ударної хвилі, що ґрунтується на гіпотезі про наявність протиріч між реальною та номінальною вартістю ринкових активів, а також розв'язання цих протиріч (зростання та розрив бульбашки активів). Саме в момент розриву бульбашки і формується початкова енергія, яка прямо залежить від розміру бульбашки (її маси, тобто характеристики, що визначають розміри бульбашок) до та після роз-

риву. Ці закономірності було підтверджено результатами спостережень на прикладі економіки України [15].

Для формування комплексної моделі підтримки прийняття рішень щодо розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор економіки, яка включає усі висвітлені етапи та відповідні моделі, найбільш доцільним, на думку авторів, є використання імітаційного моделювання. Така модель дозволяє перевірити можливість попередження розповсюдження фінансової кризи в реальний сектор. У цій роботі показано результати реалізації останнього блоку моделей підтримки прийняття рішень щодо попередження кризи.

При побудові імітаційної моделі, яка реалізує концептуальну схему дослідження, було визначено 4 керувані фактори для кожного з проявів фінансової кризи (табл. 1). Крім того, ще один фактор керує швидкісними характеристиками поширення фінансової кризи – ставка рефінансування. Таким чином, отримано 5 показників, управління якими дозволить впливати на поширення ударних хвиль від фінансового до реального сектора економіки. Це означає, що управління змінами цих показників потенційно може відстрочити настання кризи в реальному секторі або взагалі нівелювати її наступ. Однак настання кризи залежить від комбінації хвильових впливів, тому для визначення оптимального (або прийнятого) варіанта

Показники управління процесами поширення ударних хвиль від фінансового до реального сектора економіки

Прояв кризи	Показник	Підстава визначення	Межі коливань
Банківська	Обсяг кредитів	медіана 2007–2014 рр.	1,5 середньоквадратичного відхилення
Валютна	M1	медіана 2007–2014 рр.	1,5 середньоквадратичного відхилення
Боргова	Сукупний борг	медіана 2007–2014 рр.	1,5 середньоквадратичного відхилення
Фондова	Обсяг торгів	медіана 2007–2014 рр.	2 середньоквадратичного відхилення
Усі прояви	Ставка рефінансування	медіана 2007–2014 рр.	4 середньоквадратичного відхилення

управління необхідним є план експериментів зі зміни керованих показників.

Для кожного з показників відповідно до закону розподілу визначено межі змін, у рамках яких будуть проведені експерименти. Діапазон коливань повинен бути не меншим, ніж ті, що вже спостерігалися в минулому [8; 9]. Результати проведеного аналізу для кожного з показників і визначення їх меж наведено у табл. 1.

В рамках виділених діапазонів величина приймає безліч значень, кількість яких повинна бути обмежена, оскільки кожне додаткове значення збільшує кількість експериментів в 5 разів. Ефективним інструментом для такого обмеження є застосування методів латинського або греко-латинського квадратів [10]. Метод латинського квадрата використовується при трьох незалежних змінних із декількома значеннями кожної з них. Принцип методу полягає у тому, що кожна пара значень (кодованих латинськими літерами) реалізується тільки один раз. Практично будується таблиця, де колонки відповідають одній змінній, рядки – другій, а кожна колонка і рядок включають усі значення третьої незалежної змінної. Виявити взаємодію змінних тут вельми складно. Але можна нейтралізувати вплив цієї взаємодії, збільшуючи число різновидів планів, змінивши в рядках і колонках порядок літер. У такому разі повний набір варіантів повторює комбінацію сполучень за факторним планом.

Метод греко-латинського квадрата дозволяє ввести четверту змінну. До кожної латинської літери плану додається грецька літера, що відповідає значенням четвертої змінної. Розподіл грецьких літер підпорядковується тим же законом, що і латинських: він повинен бути повним в кожному рядку і колонці і таким, щоб 3-тя змінна (латинська літера) з'являлася в кожному випадку тільки один раз при появі 4-ї незалежної змінної (грецької літери). Отриманий план включає 9 ситуацій. Аналогічний варіант за факторним планом складався б з  $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$  ситуації.

З огляду на зазначену методологію для того, щоб план експериментів можливо було реалізувати, кількість значень кожного з показників повинна дорівнювати 5. За такої кількості значень для кожної з керованих змінних, застосовуючи методологію греко-латинського квадрата, отримано план експериментів, що складається з  $5^3 = 125$  експериментів.

Побудова куба експериментів відбувається в чотири основні етапи. На першому етапі сформовано дві осі квадрата з показників для банківського сектора (обсягу кредитів) та валютного (грошового агрегату  $M_1$ ). На другому

етапі внесено в план експерименту «латинську» складову, а саме змінну, що характеризує борговий прояв фінансової кризи – сукупний борг. Таким чином було заповнено «клітини» між осями.

На третьому етапі внесено «грецьку» складову греко-латинського квадрата, якою виступає характеристика фондового прояву фінансової кризи – обсяг торгів на валютній біржі. Поєднуючи латинські і грецькі складові, сформовано греко-латинський квадрат. На останньому, четвертому, етапі додано «об'ємну» складову куба, яка відповідає швидкісній характеристиці поширення кризи – ставці рефінансування (рис. 2).

Банківська криза (обсяг кредитів)	Ставка рефінансування				
	Валютна криза ( $M_1$ )				
	Боргова криза (сукупний борг) & Фондова криза (обсяг торгів на валютній біржі)				

Рис. 2. Шаблон побудови греко-латинського куба для формування плану експериментів

Для наповнення кожної частини куба діапазон змінних (рис. 2) розділено на п'ять частин з рівним кроком. В рамках кожної з частин випадковим чином відібрано значення. Далі греко-латинський куб експериментів «розсічено» на п'ять «шарів» за показником ставки рефінансування. В рамках кожного з «шарів» на основі методу «нескінченного конвеєра» сформовано наповнення елементів квадрата. В результаті застосування цього методу отримано елементи, які не повторюються, після чого розділені шари повернено в попередню форму і тим самим отримано греко-латинський куб.

Для проведення експериментів визначено було тестовий відрізок, на якому можна ідентифікувати всі прояви фінансової кризи та кризи в реальному секторі економіки. Такому періоду повинен передувати безкризовий період, що дозволяє проводити чистий експеримент, без необхідності урахування впливів та накладення інших ударних хвиль (рис. 3).



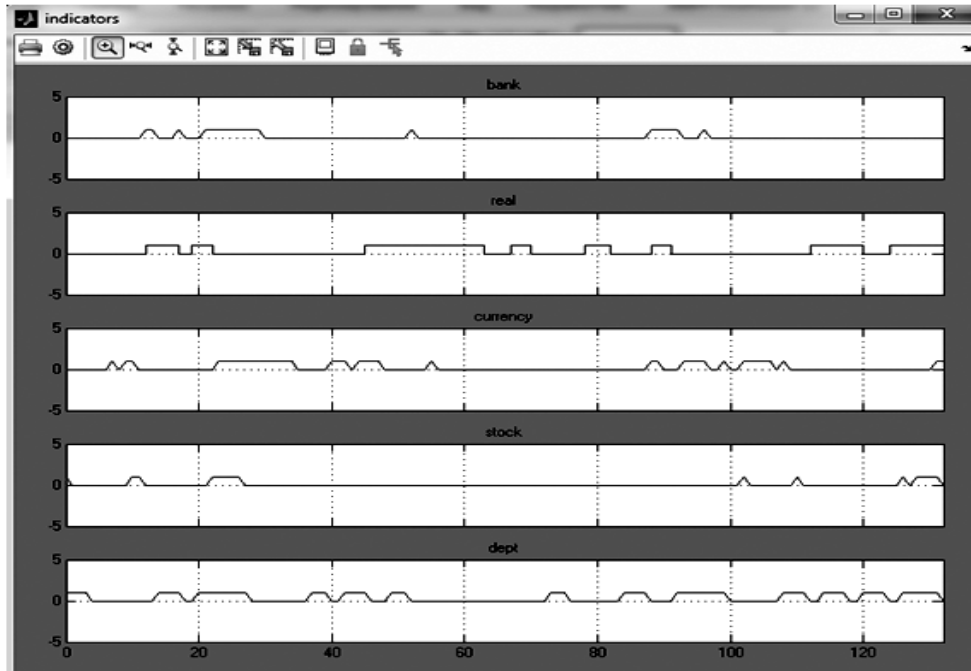


Рис. 3. Ідентифікація періодів настання криз у середовищі MATLAB

*Примітка.* Кожна з величин приймає значення 0 або 1, де 0 – означає відсутність криз, 1 – наявність кризи у відповідному періоді, для кожного сектора фінансового ринку та для реального сектора. Розглянуто період 01.2007–12.2017 в помісячному розрізі, що становить 132 модельні періоди

На рис. 3 видно, що безкризовий період спостерігався з квітня 2013 р. до грудня 2013 р. (з 76 по 84 модельні періоди). Він закінчується ідентифікацією кризи в борговому сегменті фінансового ринку, тому експерименти проведено, починаючи з 84 періоду – початку боргової кризи. Зауважимо, що на наступному часовому відрізку (у 88 періоді) ідентифікується валютна та банківська кризи і в 102 періоді – фондова кризи, тобто одночасно присутні усі прояви фінансової кризи.

У кожному з періодів у процесі імітації згідно з планом імітаційного експерименту відбувається зміна маси відповідного фінансового сектора. Крім того, починаючи з кризи в борговому секторі, змінюється і значення ставки рефінансування. З огляду на таке, для проведення експериментів було створено спеціальний шаблон експерименту, який дозволяє у напівавтоматичному режимі змінювати масу і ставку рефінансування у відповідні періоди. Результати ідентифікації настання кризи на основі вбудованих підмоделей розповсюдження та абсорбції (рис. 1) заносяться в спеціальну частину шаблону, а конкретний експеримент вважається проведеним та відбувається перехід до наступного експерименту.

Виділення відповідної закономірності відбувається в автоматичному режимі. Результати ідентифікації настання кризи за однієї з трьох закономірностей порівнюються із результатами моделювання без змін у керованих параметрах (базового експерименту з відтворення реальних даних). Результати визначаються як за основним показником (індексом промислового виробництва), так і за всіма одночасними факторами [13].

Для оцінки результатів проведених експериментів і вибору ефективної моделі управління, яка буде від-

повідати оптимальному варіанту попередження кризи, необхідна система побудови узагальненого відгуку. Одним із найбільш зручних способів для цього є узагальнена функція бажаності Харрінгтона [11]. В основі побудови цієї функції лежить ідея перетворення натуральних значень часткових відгуків у безрозмірну шкалу бажаності або переваги.

Для формування шкали бажаності використано запропоновані у літературі таблиці відповідностей між відношенням переваги в емпіричній і числовій (психологічній) системах [11]. Побудовано п'ять можливих груп відгуків за шкалою бажаності.

За результатами проведення серії експериментів було побудовано «карту» результатів (відгуків моделі) (табл. 2), які перетворені відповідно до функції бажаності Харрінгтона.

Узагальнена функція відгуку приймає значення в діапазоні від 0,36 до 0,81, тобто результати експериментів можна інтерпретувати від поганих до дуже хороших. Групування результатів за діапазонами функції бажаності відображено у табл. 3.

На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки :

- 1) існує певний ефект від змін керованих параметрів фінансового ринку, що підтверджує різноманітність отриманих результатів;
- 2) в жодному з експериментів не було отримано «дуже поганий» результат, що говорить про те, що запропоновані впливи не призводять до посилення кризи. Поганий результат отримано лише у 3 % випадків, що говорить про те, що є тільки незначна кількість комбінацій керованих факторів, які при-

Фрагмент карти результатів експериментів

Показник	1	2	3	4	5	...	125
Індекс промислового виробництва	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4		-0,4
Вантажообіг автотранспорту, млн ткм	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	4,0		-0,4
Вантажообіг залізничного транспорту, млн ткм	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4		-0,4
Загальний обсяг вантажоперевезень, млн т	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0		4,0
Обсяг вантажоперевезень автотранспортом, млн т	4,0	-0,4	4,0	4,0	4,0		4,0
Обсяг вантажоперевезень залізничним транспортом, млн т	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		4,0
Обсяг роздрібно́ї торгівлі, млн грн	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4		-0,4

*Примітка.* Кодування результатів:

1 ситуація (код «-6») – «криза настала раніше» – ідентифікується у разі, якщо криза в реальному секторі після проведення експерименту настає раніше, ніж у варіанті без змін;

2 ситуація (код «-0,4») – «аналогічний результат» – реалізується, якщо, незважаючи на зміни, кризи в реальному секторі наступають в тому ж періоді;

3 ситуація (код «4») – «неоднозначний результат» – ідентифікується, якщо виділені кризи в реальному секторі в експериментальних даних у деяких випадках відкладаються або не ідентифікуються, а у деяких відбуваються в той же період, що і у варіанті без змін;

4 ситуація (код «5») – «криза відкладена» – відбувається, якщо всі ідентифіковані кризи в реальному секторі в експериментах відкладені;

5 ситуація (код «6») – «криза не настає» – визначається відсутністю криз у реальному секторі у відповідних експериментах.

зводять до негативних результатів, і відповідного ризику при застосуванні запропонованої моделі;

- 3) у 18 % експериментів отримано «дуже хороший» результат, тому, з одного боку, є можливість значно вплинути на поширення кризи, а з іншого – діапазон цих впливів досить широкий, а отже, на практиці є достатньо широкий діапазон для реалізації запропонованої методики.

Найбільш ефективним з точки зору функції бажаності є конкретне рішення, яке передбачає високий рівень ставки рефінансування, збереження рівня з незначним зростанням банківського кредитування, незначне зростання сукупного боргу в розмірі 0,5 %, зниження обсягів грошової маси практично на 2 % та одночасно допускається значне зниження на фондовому ринку. Зміни в масах за цим варіантом вирішення наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Зміни мас керованих показників фінансової кризи за оптимальним рішенням

Банківська криза (обсяг кредитів)	Валютна крига (M <sub>1</sub> )	Боргова криза (сукупний борг)	Фондова криза (обсяг торгів)	Ставка рефінансування
0,37 %	-1,99 %	0,53 %	-1,54 %	13,68 %

В реальній ситуації оптимальне рішення не завжди можна застосувати, оскільки завжди існують певні перепони щодо можливих впливів на конкретні сектори економіки. Такими обмеженнями можуть виступати зобов'язання перед міжнародними організаціями, необхідність фінансування соціальних програм, програм підтримки державного сектора економіки тощо. Крім того, для реалізації будь-яких заходів необхідний час, тому брак часу для реалізації заходів також може виступати як обмеження. Тому виникає необхідність у розбудові алгоритму вибору субоптимальних, тобто близьких до оптимальних, прийнятних рішень (рис. 4).

Відповідно до запропонованого алгоритму першим критерієм, за яким здійснюється вибір субоптимального рішення, є вибір секторів, на які принципово неможливо впливати. З множини рішень, що залишилися, відбираються рішення за групами бажаності. Ієрархічний перехід від групи до групи можливий лише у разі, коли в більш бажаній групі знаходиться порожня множина відібраних елементів.

Рішення з груп «погано» і «дуже погано» не розглядаються, оскільки ці рішення беззмістовні.

В реальній ситуації оптимальне рішення не завжди можна застосувати, оскільки завжди існують певні перепони щодо можливих впливів на конкретні сектори економіки. Такими обмеженнями можуть виступати зобов'язання перед міжнародними організаціями, необхідність фінансування соціальних програм, програм підтримки державного сектора економіки тощо. Крім того, для реалізації будь-яких заходів необхідний час, тому брак часу для реалізації заходів також може виступати як обмеження. Тому виникає необхідність у розбудові алгоритму вибору субоптимальних, тобто близьких до оптимальних, прийнятних рішень (рис. 4).

Відповідно до запропонованого алгоритму першим критерієм, за яким здійснюється вибір субоптимального рішення, є вибір секторів, на які принципово неможливо впливати. З множини рішень, що залишилися, відбираються рішення за групами бажаності. Ієрархічний перехід від

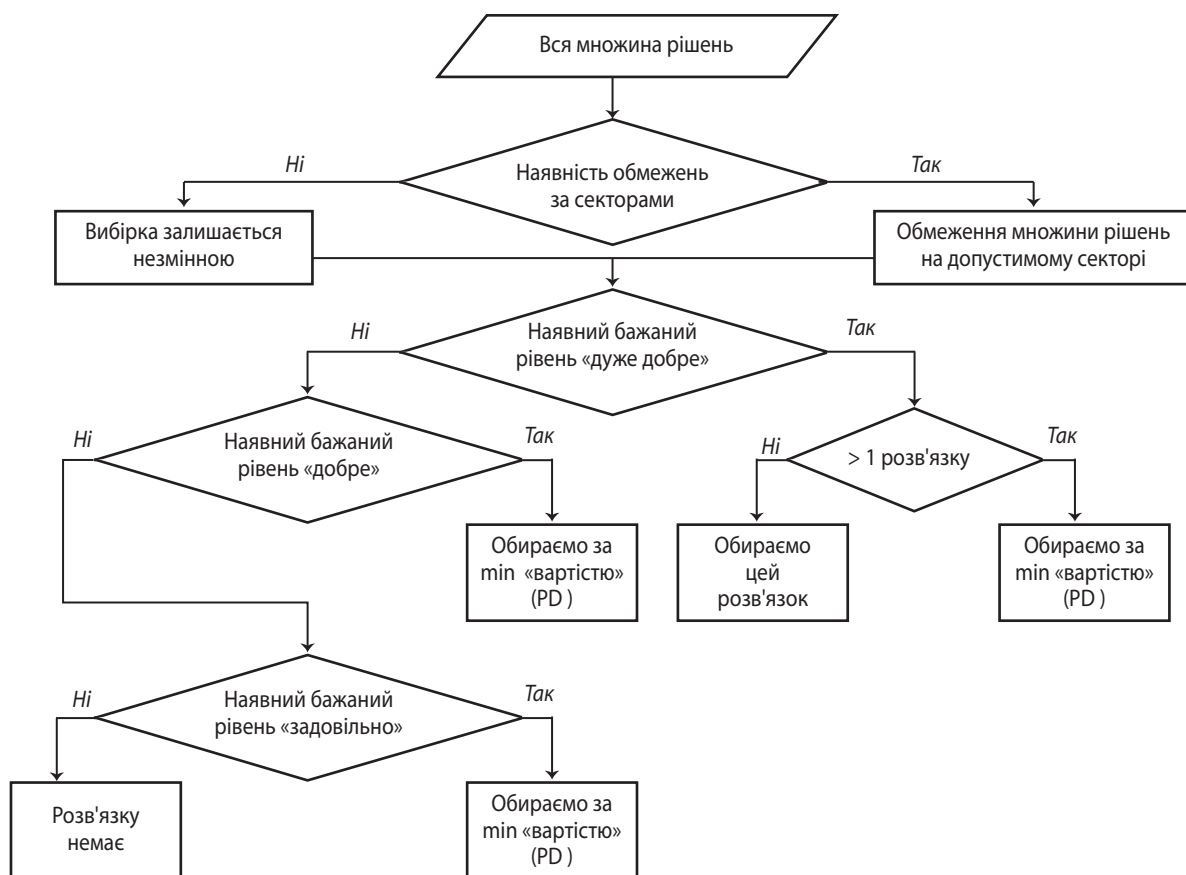


Рис. 4. Алгоритм прийняття рішень у процесі управління фінансовими кризами

групи до групи можливий лише у разі, коли в більш бажаній групі знаходиться порожня множина відібраних елементів. Рішення з груп «погано» і «дуже погано» не розглядаються, оскільки ці рішення беззмістовні.

Якщо в одній групі бажаності знаходиться кілька рішень, то обирається рішення, «вартість» якого найменша. За методологію розрахунку «вартості грошей» [12], що використовується в комерційних компаніях для розрахунку економічної ефективності інвестицій, вартість рішення розраховується на підставі суми змін і норми прибутковості.

$$PD = \sum_{k=1}^n |\Delta M_k \times i|, \quad (1)$$

де  $PD$  – вартість конкретного рішення;  
 $n$  – кількість секторів, у яких має відбутися зміна маси, що приймає значення від 1 до 4;  
 $\Delta M_k$  – зміна маси в  $k$ -му секторі фінансового ринку;  
 $i$  – ставка рефінансування (в рамках дослідження виступає як норма прибутковості).

Після оцінки вартості кожного з рішень обирається те, для якого значення показника мінімальне. Таким чи-

ном, навіть за наявності обмежень і неможливості застосування оптимального рішення, запропонований алгоритм дозволяє обрати субоптимальне рішення.

Наприклад, за умови неможливості впливу на валютний ринок субоптимальним рішенням є рішення, що відповідає експерименту 121 (табл. 3), оскільки воно передбачає наявність 25 рішень (4 з них потрапляють у групу «дуже добре»), за яких валютний сектор є незмінним. Для кожного з 25 рішень було розраховано його «вартість» та обрано рішення з найнижчою з них (407,4 млн грн), відповідні зміни мас секторів наведені у табл. 5.

**Висновки.** Таким чином, блок моделей підтримки прийняття рішень, що є важливою складовою сформованої комплексної моделі, дозволяє моделювати процес розповсюдження фінансової кризи від розриву бульбашки в фінансовому секторі до впливу на окремі частини реального сектора економіки. У якості інструменту, який дозволяє змінювати керовані параметри ринку та слідкувати за наслідками, запропоновано використання імітаційної моделі. Окрім того, з метою керування наслідками сформовано модель проведення експериментів, яку покладено в основу

Таблиця 5

Зміни мас керованих показників фінансової кризи за субоптимальним рішенням

Банківська криза (обсяг кредитів)	Валютна криза ( $M_1$ )	Боргова криза (сукупний борг)	Фондова криза (обсяг торгів)	Ставка рефінансування
0,10 %	0 %	0,18 %	3,37 %	13,68 %

моделі побудови оптимального управління. Для випадків, коли реалізація оптимального управління неможлива, побудовано модель вибору субоптимальних рішень.

Проведене дослідження свідчить, що запропонований підхід дозволяє реалізувати завчасне прогнозування криз у фінансовому секторі, їх подальше розповсюдження в реальний сектор, а також обирати оптимальне рішення щодо зниження наслідків такого розповсюдження. Сформульованій моделі притаманна властивість робастності, оскільки за наявності фізичних і політичних обмежень модель дозволяє будувати задовільні субоптимальні рішення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Полякова О. Ю., Булкин С. М. Анализ взаимодействия финансового кризиса и кризиса в реальном секторе экономики // Актуальні проблеми емерджентної економіки Полякова в контексті мережної парадигми : монографія / за заг. ред. В. М. Соловйова. Черкаси : Брама-Україна, 2014. С. 111–131.
2. Mulder C., Perelli R, Rocha M. The role of corporate, legal and macroeconomic balance sheet indicators in crisis detection and prevention. *IMF Working Papers*. 2014. No. 02/59.
3. Maurin L., Toivanen M. Risk, capital buffer and bank lending a granular approach to the adjustment of euro area banks. *ECB Working Paper Series*. 2012. No. 1499.
4. Claessens S., Kose M. Financial Crises: Explanations, Types and Implications. *IMF Working Paper*. 2013. No. 13/28.
5. Kaminsky G., Lizondo S., Reinhart C. 1998. Leading Indicators of Currency Crisis. *IMF Staff Papers*. 1998. Vol. 45, No. 1.
6. Davis P., Karim D. Comparing Early Warning Systems for Banking Crises. URL: <http://www.ephilipdavis.com/earlywarning.pdf>
7. Булкин С. М. Концептуальный подход к идентификации фаз проникновения финансового кризиса в реальный сектор. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2014. № 2. С. 1317–1323.
8. Голубева Е. В. Планы экспериментов : учеб.-метод. пособие по курсу «Экспериментальная психология». Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 76 с.
9. Блохин А. В. Теория эксперимента. Курс лекций : в 2 ч. Ч. 1. Мн. : БГУ, 2002. 135 с.
10. Носов В. А., Панкратьев А. Е. Латинские квадраты над абелевыми группами. *Фундаментальная и прикладная математика*. 2006. Т. 12, № 3. С. 65–71.
11. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. М. : Мир, 1981. 520 с.
12. Ван Хорн Д., Вахович Д. Основы финансового менеджмента. М. : Вильямс, 2008. 1232 с.
13. Полякова О. Ю., Булкин С. М. Индикаторная система распространения финансового кризиса в реальный сектор экономики. *Моделювання регіональної економіки*. 2015. № 24. С. 72–84.
14. Булкин С. М. Ударно-хвильова модель поширення фінансової кризи. *Прометей : регіон. зб. наук. пр. з економіки*. 2016. Вип. 1 (46). С. 132–140.
15. Булкин С. М. Особливості вимірювання розриву бульбашок активів для різних секторів фінансового сектору. *Моделювання регіональної економіки*. 2017. № 2 (30). С. 128–142.

## REFERENCES

- Blokhin, A. V. *Teoriya eksperimenta. Kurs lektsiy* [The theory of experiment. Lecture course]. Part 1. Minsk: BGU, 2002.
- Bulkin, S. M. "Kontseptualnyy podkhod k identifikatsii faz proniknoveniya finansovogo krizisa v realnyy sektor" [A conceptual approach to identifying the phases of the penetration of the financial crisis into the real sector]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, no. 2 (2014): 1317-1323.
- Bulkin, S. M. "Osoblyvosti vymiryuvannya rozryvu bulbashok aktyviv dlia riznykh sektoriv finansovoho sektoru" [Features of measuring the bursting of asset bubbles for various sectors of the financial sector]. *Modeliuvannya rehionalnoi ekonomiky*, no. 2 (30) (2017): 128-142.
- Bulkin, S. M. "Udarno-khvylova model poshyrennia finansovoi kryzy" [Impact-wave model of the spread of the financial crisis]. *Prometei*, no. 1 (46) (2016): 132-140.
- Claessens, S., and Kose, M. "Financial Crises: Explanations, Types and Implications" *IMF Working Paper*, no. 13/28 (2013).
- Davis, P., and Karim, D. "Comparing Early Warning Systems for Banking Crises" <http://www.ephilipdavis.com/earlywarning.pdf>
- Dzhonson, N., and Lion, F. *Statistika i planirovaniye eksperimenta v tekhnike i nauke: Metody planirovaniya eksperimenta* [Statistics and planning of experiments in engineering and science: Methods of experiment planning]. Moscow: Mir, 1981.
- Golubeva, Ye. V. *Plany eksperimentov* [Plans for experiments]. Taganrog: Izd-vo TTI YuFU, 2009.
- Kaminsky, G., Lizondo, S., and Reinhart, C. "Leading Indicators of Currency Crisis" *IMF Staff Papers* vol. 45, no. 1 (1998).
- Maurin, L., and Toivanen, M. "Risk, capital buffer and bank lending a granular approach to the adjustment of euro area banks" *ECB Working Paper Series*, no. 1499 (2012).
- Mulder, C., Perelli, R., and Rocha, M. "The role of corporate, legal and macroeconomic balance sheet indicators in crisis detection and prevention" *IMF Working Papers*, no. 02/59 (2014).
- Nosov, V. A., and Pankratev, A. Ye. "Latinskiye kvadraty nad abelevymi gruppami" [Latin squares over abelian groups]. *Fundamentalnaya i prikladnaya matematika* vol. 12, no. 3 (2006): 65-71.
- Polyakova, O. Yu., and Bulkin, S. M. "Analiz vzaimodeystviya finansovogo krizisa i krizisa v realnom sektore ekonomiki" [Analysis of the interaction of the financial crisis and the crisis in the real sector of the economy]. In *Aktualni problemy emerdzhennoi ekonomiky v konteksti merezhnoi paradyhmy*, 111-131. Cherkasy: Brahma-Ukraine, 2014.
- Polyakova, O. Yu., and Bulkin, S. M. "Indikatornaya sistema rasprostraneniya finansovogo krizisa v realnyy sektor ekonomiki" [Indicative system of distribution of financial crisis in the real sector of the economy]. *Modeliuvannya rehionalnoi ekonomiky*, no. 24 (2015): 72-84.
- Van Khorn, D., and Vakhovich, D. *Osnovy finansovogo menedzhmenta* [Fundamentals of financial management]. Moscow: Vilyams, 2008.