

Д. С. РЕВЕНКО

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ"

МЕТОД ДІАГНОСТИКИ СТРУКТУРНОЇ СТІЙКОСТІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

У статті наведено методичні підходи до діагностики структурної стійкості соціально-економічних систем. Запропоновано методичний підхід до побудови структури соціально-економічних систем, заснований на каузальних моделях. Надано опис основних особливостей побудови каузальних моделей, приведено класифікацію каузальних моделей. Приділено увагу латентним та «неспостережуваним» змінним у каузальних моделях. Запропоновано метод діагностики структурної стійкості соціально-економічної системи, який містить вісім етапів.

Ключові слова: *стійкість, структура соціально-економічної системи, діагностика, моніторинг, моделювання.*

Постановка проблеми, її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Вступ. Управління структурною стійкістю соціально-економічних систем представляє собою набір взаємозв'язаних дій, спрямованих на досягнення максимального економічного ефекту і можливості переходу в якісно новий стан шляхом формування та регулювання відносин з внутрішнім і зовнішнім середовищами.

Таким чином, управління структурною стійкістю, як цілісною системою, необхідно здійснювати на основі конкретизації факторів зовнішнього та внутрішнього середовища функціонування систем, враховуючи принципи економічної стійкості розвитку, постановки цілей, проведення комплексної оцінки рівня стійкості. На підставі цього можна розробляти ефективні управлінські рішення, спрямовані на підвищення рівня структурної стійкості соціально-економічних систем [1].

Аналіз останніх публікацій. Дослідженням теоретичних і практичних аспектів стійкості функціонування соціально-економічних систем

будь-якого масштабу займались багато вітчизняних та іноземних вчених, таких, як В. Гросул, В. Іванова, М. Кизим, Г. Козаченко, Л. Костирко, В. Кочетков, Л. Сергеева, С. Тхор, Л. Храмова та ін. Більшість робіт присвячено питанням удосконалення поняття «стійкості соціально-економічних систем», виділенню факторів, які впливають на стійке функціонування, а також формуванню методичних підходів до визначення її рівня. Крім цього слід зазначити, що недостатньо уваги приділяється методам оцінювання, аналізу та управлінню факторами структурної стійкості економічних систем, які оснований на каузальних моделях дослідження структурних зв'язків між елементами цих систем, що і формує актуальність даного дослідження.

Формулювання цілей дослідження. Виходячи з вищесказаного, метою даної статті є розробка методу діагностики структурної стійкості соціально-економічної системи на основі каузальних моделей.

Викладення основних результатів дослідження. Структурна стійкість соціально-економічних систем може бути досліджена за допомогою моделей причинно-наслідкових зв'язків (каузальних моделях). Каузальні моделі посідають вищий рівень в ієрархії емпіричних моделей. Адекватність і точність каузальної моделі детермінується двома складовими (компонентами). Перша складова – це базові процедури аналізу даних і тестування умовних незалежностей. Друга складова, яка і є предметом розгляду – «логічний» аналіз та синтез статистичних відношень, ідентифікованих першою компонентою [2].

Елементами синтаксису моделі є: вершина (змінна), дуга $X \rightarrow Y$ і ребро $X-Y$. Ребро – це дуга, орієнтація (спрямування) якої невідома або несуттєва в цьому контексті.

Якщо всі ребра моделі адекватно відображують топологію безпосередніх зв'язків (залежностей) між змінними (відношення суміжності), модель називають протокаузальною. Якщо при цьому орієнтовані дуги адекватно відображують автентичні напрямки залежностей (впливів) між змінними, тоді модель називають субкаузальною. При цьому зв'язок змінних $X \rightarrow Y$ інтерпретується так: або змінна, або якась асоційована з нею N має каузальний вплив на Y , а змінна Y певно не має каузального впливу на X . Нарешті, якщо пред'явлено переконливі аргументи, що змінна X каузаль-

но впливає на Y , то модель називають каузальною (у цій частині моделі).

Казуальна модель залежностей визначена як (G, θ) , де G – каузальна діаграма (мережа), причому кожній змінній відповідає своя вершина графу, а θ – сукупність локально заданих параметрів. Параметри задано у формі $p(X|F(X))$, де $F(X)$ – множина всіх «батьків» для X , тобто тих вершин Z , від яких прямує дуга $Z \rightarrow X$. Якщо є орієнтований шлях $R \rightarrow \dots \rightarrow W$, то змінна R називається «пращур» для W , а W – «нащадком» для R . Прийнято відокремлювати три випадки (різновиди) каузальних моделей. Коли модель визначена на дискретних (номінальних) змінних, її називають баєсовою мережею. Гаусові мережі визначено на дійсних змінних і лінійних залежностях (за нормально-розподілених відхилень). Подекуди їх називають також рекурсивними системами лінійних структуральних рівнянь. Гібридні мережі включають змінні різних типів. Для відображення каузальних відношень реальних систем потрібно враховувати можливість латентних змінних. При існуванні латентних змінних модель формально виходить за межі каузальних моделей і стає певним розширенням, зокрема, класом моделей на основі анцестральних графів. Латентна змінна відображується у моделі біорієнтованим ребром $X \leftrightarrow Y$ [2].

Ідентифікувати каузальну модель – означає відтворити з наявних даних генеративну модель (з точністю до класу еквівалентності). Оскільки нас цікавить відкриття якісних відношень («знань»), доцільно спиратися на сепараційний підхід до ідентифікації структур моделі. Цей підхід базується на тестах умовної незалежності і дає обґрунтування кожного фрагменту моделі. Методи сепараційного підходу виводять модель у три етапи. На першому етапі ідентифікують усі ребра моделі, на другому – визначають орієнтації (спрямування) ребер, на третьому – обчислюють параметри.

Протокаузальна модель має адекватно відображати топологію безпосередніх залежностей (інформаційних зв'язків) між змінними в системі ймовірнісних залежностей, тобто сукупність ребер моделі. Ідентифікація ребер ґрунтується на виявленні відношень умовної незалежності. Умовну незалежність X від Y за фіксації набору змінних Z позначатимемо формулою $\text{Ind}(X; Z; Y)$, де $X, Y \notin Z$. Така незалежність означає, що $p(Y|X, Z) = p(Y|Z)$, або еквівалентно $p(XY|Z) = p(X|Z)p(Y|Z)$. Для систем

лінійних залежностей умовну незалежність зазвичай виражають через коефіцієнт кореляції $\rho_{XY|Z} = 0$.

Коли всі відношення умовної незалежності репрезентовано в моделі графічно, модель задовольняє принципу структурно-поведінкової адекватності. Утім, для коректного виведення всіх ребер моделі, з даних можна навіть послабити припущення необманливості: безпосередній зв'язок (ребро) між X та Y має бути наявний у моделі тоді і тільки тоді, коли змінні X та Y взаємозалежні в усіх контекстах (умовах). Але навіть таке послаблене припущення іноді порушується. Це трапляється за певних «маскувальних» властивостей співвідношень параметрів. Інші обставини також можуть перешкоджати виведенню адекватних протокаузальних моделей. Причинами помилок можуть бути: недостатній обсяг даних, латентні змінні, невдалий вибір функціональної форми залежності.

Можна виділити такі форми неадекватності протокаузальної моделі: зайві (псевдокаузальні) ребра та шляхи; втрачені ребра та шляхи; невідображення часткового суміщення шляхів; неадекватне відображення емпіричної умовної незалежності (комбінація названих вище випадків).

У багатьох реальних дослідженнях задача виведення моделі з даних потерпає від нестачі релевантних змінних (факторів), тобто через відсутність деяких змінних у даних. Змінну, яка не репрезентована в даних, не у всіх випадках називають латентною, її можна назвати: прихованою, оминутою або неспостережуваною.

Апарат каузальних моделей розраховано на ситуацію, коли кожна «неспостережувана» змінна H_i впливає тільки на одну наявну змінну X і є незалежною від неприсутніх змінних H_j , які діють на інші модельні змінні. Такі неприсутні змінні не вважаються латентними. Латентна змінна – це неприсутня змінна, яка накладає суттєвий, якісний відбиток на розподіл ймовірностей наявних змінних. Латентна змінна мусить впливати принаймні на деякі дві спостережувані змінні (тобто надходити до моделі двома дугами).

Можна виділити спеціальні випадки «неспостережувальної» змінної згідно зі схемою її «контакту» з моделлю: «проміжна», коренева, комбінована змінна. Проміжна прихована змінна H у наведених прикладах

(рис. 1 а, 1 (в)) не тягне ніяких змін марківських властивостей моделі. Але в багатьох випадках дуже бажано, аби змінна у проміжній позиції була наявна в даних.

Власне, латентною змінною зазвичай вважають таку «невидиму» змінну, яка є кореневою та впливає на дві (чи більше) явних змінних моделі (рис. 1 (б), 1 (г)). Для випадку рис. 1 (г) латентна змінна ідентифікується на підставі нетранзитивності емпіричної залежності через ребро $X - Y$ в обох напрямках, тобто на підставі такої комбінації статистичних фактів: залежність пар змінних (X,R) , (X,Y) та (Y,Z) і незалежність пар змінних (X,Z) , (R,Y) та (R,Z) .

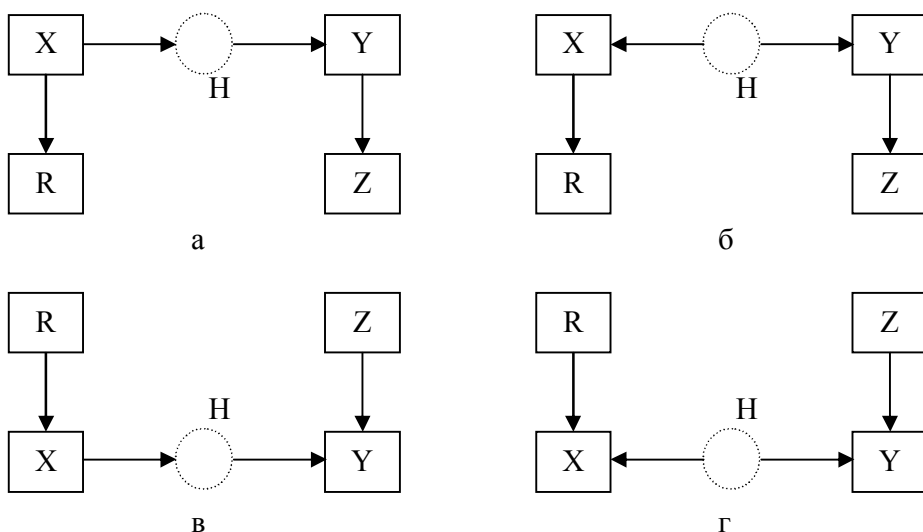


Рис. 1. Випадки прихованих змінних

Латентна змінна з комбінованою роллю, навіть у простому варіанті (рис. 2 (а)), породжує складності відображення відношень у моделі. Двореберна структура (рис. 2 (б)) для такої ситуації є неадекватною, тому що тягне умовну незалежність $\text{Ind}(Y; X; Z)$, що не узгоджується з даними і чого немає в генеративній моделі. Триреберна структура (рис. 2 (в)) є неадекватною у тому, що залучає «нестандартне» (біорієнтоване) ребро і не відображає часткового суміщення шляхів. Крім того, є певні складності для параметризації такої моделі.

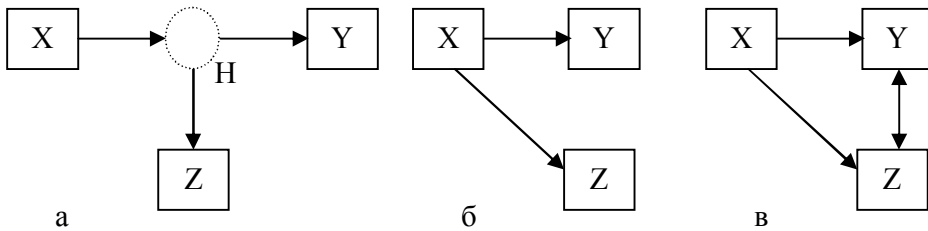


Рис. 2. «Нестандартна» латентна змінна

Для трактовки моделі, як каузальної чи субкаузальної необхідно, щоб модель адекватно відтворювала не тільки множину ребер, а також і адекватні (автентичні) орієнтації цих ребер. Фундаментом для ідентифікації каузальних моделей є постулат, відомий як принцип Рейхенбаха. Статистична асоційованість (взаємозалежність) змінних X та Y може пояснюватися трьома схемами механізму виникнення: X є причиною для Y , це означає, що від X до Y веде строго орієнтований шлях $X \rightarrow \dots \rightarrow Y$; Y є причиною для X , тобто в моделі має бути шлях $X \leftarrow \dots \leftarrow Y$; існує деяка спільна причина U для змінних X та Y , тобто в моделі має бути шлях $X \leftarrow \dots \leftarrow U \rightarrow \dots \rightarrow Y$ (змінна U може бути латентною).

Третя схема може співіснувати з першою або другою.

Задача ідентифікації спрямованості впливу повною мірою постає, коли відсутня темпоральна інформація про змінні моделі. Розпізнання справжніх орієнтацій ребер базується на властивості колізорів. Колізор – це фрагмент орграфу вигляду $X \rightarrow Y \leftarrow Z$. Цей колізор називається шунтованим (екранованим), якщо у графі є ребро $X \rightarrow Z$, інакше – нешунтованим. Змінну Y , яка входить до складу нешунтованого колізора $\rightarrow Y \leftarrow$, назвемо колізорною.

Неколізорні ребра теж можуть бути однозначно орієнтовані, а саме тоді, коли їх орієнтація логічно випливає з вимог орациклічності та уникнення несанкціонованих колізорів. Дійсно, якщо колізорне правило вже не вдається застосовувати і маємо дугу $X \rightarrow Z$, а також ребро $Y - Q$, причому Q не суміжна до X , то ребро $Y - Q$ має бути орієнтоване як $Y \rightarrow Q$. Отже, ребро, яке дотичне до стрілки, але не задовольняє ознакам нешунтованого колізора, має бути орієнтоване так, щоб запобігти виникненню необґрунтованого колізора.

Деякі скептики заперечують каузальну інтерпретацію моделей, виведених виключно статистичними засобами з даних спостережень. Обґрунтовану концепцію індуктивної каузальності першими запропонували Дж. Перл і Т. Верма. Як передумову для каузальної інтерпретації моделей вони сформулювали два загальних принципи (або вимоги до моделі): мінімальність та стабільність моделі. За умови адекватності простіша модель має перевагу, тому що легше піддається поясненню та верифікації. Друга вимога забезпечує стійкість виведеної структури до варіювання параметрів [2].

Стійкість структури системи передбачає незмінність її структурних параметрів та зв'язків між її складовими. Тобто оцінювання структурної стійкості системи передбачає порівняння каузальних моделей структури системи, її параметрів та зв'язків на моменти часу t та $t + 1$ [3, 4].

Загальна схема методу оцінювання структурної стійкості можна представити з наступних етапів:

1. Формування вибірки даних про розвиток соціально-економічної системи. Вибірку, для зручності та аналізованості краще представляти у вигляді таблиці «витрати-випуск».

2. Проведення кроскореляційного аналізу для ідентифікації зв'язків між складовими системи.

3. Розрахунок сили системного зв'язку між проциклічними та ациклічними складовими системи на основі розрахунку коефіцієнтів кореляції r_n .

4. Відбір системних складових.

5. Зважування зв'язків між складовими системи на основі формули

$$\alpha = \frac{r_n}{\sum_{i=1}^n r_n} . \quad (1)$$

6. Зважування складових системи (w_m) в загальному продукті соціально-економічної системи на основі формули

$$W_m = \frac{w_m}{\sum_{i=1}^p w_m} . \quad (2)$$

7. Побудова каузальної моделі.

8. Визначення показника структурної стійкості моделі за формулою

$$SS = \frac{\sum_{i=1}^p (W_{l_t} + W_{p_t}) \cdot \alpha_{nt}}{p \cdot \sum_{i=1}^p (W_{l_{t+1}} + W_{p_{t+1}}) \cdot \alpha_{n_{t+1}}}, \quad (3)$$

где p - кількість дуг (ребер) у каузальній моделі. Нормативним значенням цього показника слід вважати значення $0,9 \leq SS \leq \pm 1,1$.

Відхиленням від цих меж показника слід вважати зміну структури чи структурну нестійкість соціально-економічної системи.

Для розрахунку цього показника у часі більше за $t+1$ береться середнє значення цих показників.

Використання цього методу допоможе діагностувати системні кризи у структурі соціально-економічних систем та запроваджувати управлінські заходи щодо протидії цим кризовим явищам.

Висновки. Таким чином, процес розробки управлінських рішень, спрямованих на забезпечення стійкості структури соціально-економічної системи, починається з оцінки структурних перетворень цих систем, що дозволяє виявити слабкі місця, після чого, відповідно до цілей і етапам життєвого циклу системи, вибираються пріоритетні напрямки подальшого розвитку, розробляються заходи щодо забезпечення стійкості розвитку щодо корегування конкретної складової системи.

Література

1. Мерзликina, Г. С. Принятие управленческих решений на основании оценки экономической устойчивости развития предпринимательской структуры [Текст] / Г. С. Мерзликina, А. В. Коняшова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2013. – Вып. 5 (17). – С. 62 – 71.

2. Балабанов, О. С. Від коваріацій до казуальності. Відкриття структур залежностей у даних [Текст] / О. С. Балабанов // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2011. – Вып. 4. – С. 104 – 117.

3. Семененко, І. М. Економічна стійкість підприємства: сутність і поняття [Текст] / І. М. Семененко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2010. – № 2 (144) Ч. 2. – С. 102-105.

4. Герасимов, Б. Н. Экономическая устойчивость в деятельности предприятия [Текст] / Б. Н. Герасимов, М. Н. Рубцова // Вестник ОГУ : сб. науч. тр. – Вып. 8. – 2006. – С. 108-111.

Надійшла до редакції 4.08.2014, розглянута на редколегії 17.09.2014

Рецензент: д-р екон. наук, доц., проф. кафедри міжнародної економіки
Т. В. Шталь, Харківський державний університет харчування і торгівлі.

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Д. С. Ревенко

В статье приведены методические подходы к диагностике структурной устойчивости социально-экономических систем. Предложен методический подход к построению структуры социально-экономических систем, основанный на каузальных моделях. Предоставлено описание основных особенностей построения каузальных моделей, приведена классификация каузальных моделей. Уделено внимание латентным и «ненаблюдаемым» переменным в каузальных моделях. Предложен метод диагностики структурной устойчивости социально-экономической системы, который содержит восемь этапов.

Ключевые слова: устойчивость, структура социально-экономической системы, диагностика, мониторинг, моделирование.

METHODS OF DIAGNOSIS OF THE STRUCTURAL STABILITY OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

D. S. Revenko

The article presents the methodological approaches to the diagnosis of the structural stability of the socio-economic systems. The methodical approach to the construction of the structure of the socio-economic system based on casual models. Given the description of the main features of the construction of casual models, provides a classification of casual models. Paying attention to the latent and "unobservable" variables in casual models. We propose a method for diagnosis of the structural stability of the socio-economic system, which contains eight stages.

Keywords: stability, structure, socio-economic system, diagnostics, monitoring, modelling.

Ревенко Данііл Сергійович – канд. екон. наук, доцент кафедри економіки та маркетингу, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків, e-mail: revenko_dan@ukr.net