

УДК 519.866:332.14

СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ КРИТЕРІЯМИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ СОЦІАЛЬНО - ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

В.Б. Артеменко

*Львівська комерційна академія
victor.artemenko@gmail.com*

Розглядаються підходи до структурного моделювання зв'язків між явними та латентними змінними. Вони характеризують критерії ефективності регіональних соціально-економічних систем у контексті критеріїв якості життя населення. Запропонована комп'ютерна технологія для оцінювання зв'язків у критеріях якості життя населення регіонів України.

Ключові слова: система регіональних критеріїв ефективності або показників-індикаторів якості життя населення, моделювання структурними рівняннями.

Approaches to structural modeling links between overt and latent variables. They describe the performance criteria of regional socio-economic systems in the context of criteria of quality of life. Computer technology proposed for the evaluation criteria connexion in quality of life the population of regions of Ukraine.

Keywords: system of regional performance criterias or indicators of quality of life, structural equation modeling.

Рассматриваются подходы к структурному моделированию взаимосвязей между явными и латентными переменными. Они характеризуют критерии эффективности региональных социально-экономических систем в контексте критериев качества жизни населения. Предложена компьютерная технология для оценки связей между критериями качества жизни населения регионов Украины.

Ключевые слова: система региональных критериев эффективности или показателей-индикаторов качества жизни населения, моделирование структурными уравнениями.

Вступ. Поглиблення диференціації регіональних соціально-економічних систем України відбувається на фоні наростання впливу процесів глобалізації. Отож активізація глобалізаційних тенденцій обумовлює важливість адаптації державної політики розвитку регіональних соціально-економічних систем до специфіки їх середовища та системи забезпечення життєдіяльності населення. З огляду на це актуальним є таке питання: “Які нові теми і напрями повинні бути досліджені для того, щоб підсилити вимірювання ефективності та забезпечити адекватними знаннями розробку нових політик і програм розвитку соціально-економічних систем на рівні країни, регіонів і міст у нових умовах?”.

У відповідності з науковими положеннями, що містяться в книзі Богдана Гаврилишина “Дороговкази в майбутнє”, до основних компонентів суспільного ладу, на яких базується будь-яка нація-держава, належать система цінностей, політичне правління та економічна система [1]. Ефективність держави або її регіональних соціально-економічних систем може оцінюватися відповідно до економічного, політичного або соціального критерію. Всі вони, безумовно, взаємозв'язані і взаємозалежні. Тому бажано мати порівняно невелику кількість узагальнюючих критеріїв (або ще краще – єдиний інтегральний критерій), на

основі яких можна вимірювати ефективність націй-держав і регіонів у ракурсі сукупної ефективності суспільств, але пошук таких показників триває.

Аналіз підходів до вирішення цієї проблеми показує, нині пріоритетним напрямом у дослідженні та вимірюванні ефективності суспільств і регіональних соціально-економічних систем є підхід, який ґрунтується на *концепції якості життя*. Її формування розпочалося наприкінці 60-х років ХХ століття, коли у високорозвинутих країнах світу спостерігається перехід до постіндустріальної стадії економічного розвитку. Вимірювання ефективності постіндустріального суспільства, на відміну від індустріального, висуває на передній план людський вимір, включаючи насамперед освіту, науку, культуру, інформаційні технології тощо. На специфіку такого розвитку вказує Д. Белл. На його думку, “якщо індустріальне суспільство визначається кількістю товарів, що свідчить про рівень життя, то постіндустріальне суспільство визначається якістю життя, що вимірюється послугами та зручностями – охороною здоров'я, освітою, організацією відпочинку, розвитком мистецтв, які зараз вважаються бажаними і можливими для всіх” [2, с. 367].

Нині концепція якості життя активно розробляється та використовується в дослідженнях багатьох зарубіжних учених і міжнародних організацій (див., наприклад, [3–7]). Зокрема, фахівці ООН проводять комплексне оцінювання соціально-економічного стану країн з обчисленням індексу розвитку людського потенціалу та призначенням міжнародного рейтингу кожній країні. Так, у 2013 році Україна в рейтингу серед 187 держав, які ввійшли до щорічної доповіді ООН “Про людський розвиток”, посіла 83-є місце [6]. Щорічний моніторинг соціально-економічного розвитку майже 50-и країн світу проводиться на базі Міжнародного інституту управління розвитком (IMD International, Лозанна, Швейцарія). Результати також публікуються в інтернеті [7] та обговорюються спеціалістами в Давосі на Всесвітньому економічному форумі. Серед основних показників, які відслідковуються нині, є показник “якість життя” (“*Quality of Life*”), вимірюваний спеціалістами-експертами в десятибальній шкалі.

У працях [8, 9] розглядаються підходи до побудови комплексних оцінок ефективності регіональних соціально-економічних систем України на підставі критеріїв якості життя населення. Тут висвітлюються напрями використання факторного аналізу, спрямовані на згортання визначеного набору статистичних показників у неспостережувані або латентні (приховані) змінні.

Ми ж маємо на меті розглянути багатоваріантний підхід до цих даних, який передбачає безліч альтернативних експериментів, з одного боку, та безліч альтернативних заходів, з іншого. Головна наша увага буде спрямована на те, що відповідно до Дж. Лохліна називається аналіз латентної змінної [10]. Цей підхід успішно реалізується на основі *моделювання структурними рівняннями* (*Structural Equation Modeling – SEM*). Йдеться про графічні моделі, моделі підтверджувального факторного аналізу та моделі структурних рівнянь. Вони описують зв'язки між явними і латентними змінними, враховуючи припущення, що латентні змінні можуть бути зв'язані між собою. Структура цих зв'язків

може бути достатньо складною, проте тип її має апріорне припущення щодо лінійності зв'язків – вони описуються лінійними рівняннями.

1. Базова ідея моделювання структурними рівняннями (SEM)

На рис. 1 відображена загальна схема, що висвітлює матричний підхід до структурного моделювання (джерело: адаптовано автором на основі [11]).

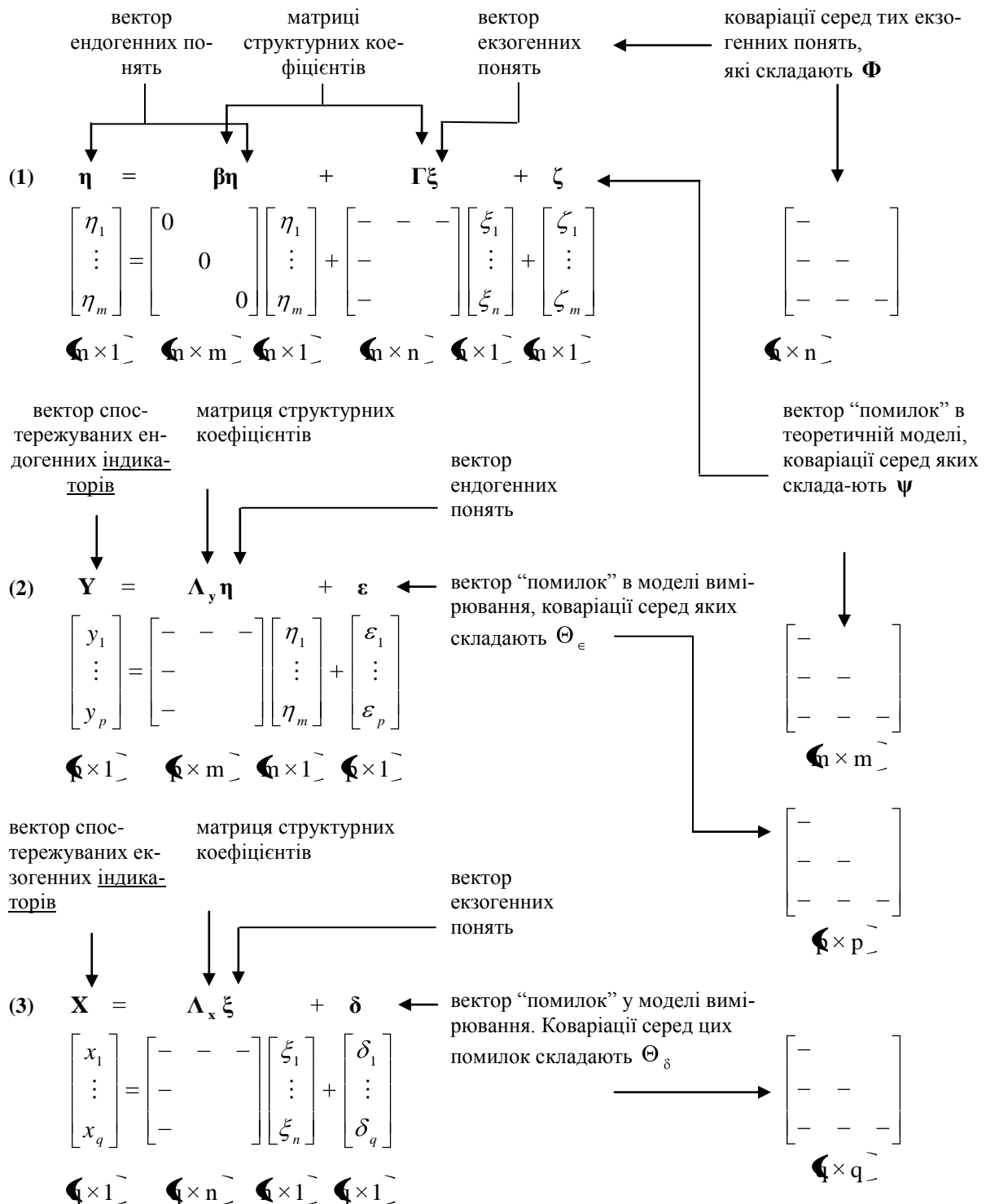


Рис. 1. Схема загальної моделі структурних рівнянь.

З рис. 1 видно, що загальна модель у матричному форматі складається з трьох рівнянь:

- (1) $\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$ – модель структурних рівнянь;
- (2) $Y = \Lambda_y \eta + \epsilon$ – моделі вимірювання для прихованих залежних змінних;
- (3) $X = \Lambda_x \xi + \delta$ – моделі вимірювання для прихованих незалежних змінних.

Базова ідея SEM аналізу полягає в моделюванні причинних зв'язків між аналізованими змінними для перевірки різних гіпотез щодо цих зв'язків або, інакше кажучи, визначення ступеня, відповідно до якого теоретична модель підтримується типовими даними. Якщо типові дані відповідають теоретичній моделі, то ці моделі можуть бути вірогідними щодо практичних застосувань. Якщо типові дані не підтримують теоретичну модель, то або первинна модель може бути змінена та перевірена, або ж інші теоретичні моделі мають бути розвинені та перевірені.

Отже SEM, використовуючи науковий метод вірогідної перевірки, може забезпечити перевірку нашого розуміння складних зв'язків у сконструйованих критеріях ефективності регіональних соціально-економічних систем (у нашому випадку – системи показників-індикаторів якості життя), що імовірно, можуть бути зв'язані декількома способами.

2. Комп'ютерна технологія SEM для оцінювання зв'язків у критеріях якості життя населення регіонів України

Одним із підходів до конструювання критеріїв ефективності українських регіональних соціально-економічних систем є побудова і використання системи показників-індикаторів якості життя населення регіонів України за допомогою синтетичних компонентів категорії “якість життя” [4, 8, 9]. Серед них:

(III) *якість соціальної сфери* (чи *соціальна безпека*), що відображає в собі рівень умов праці населення, його зайнятості, соціального захисту, фізичної та майнової безпеки, рівень корумпованості власних структур та інше;

(V) *якість фінансового забезпечення* – дані про доходи і витрати місцевих бюджетів, офіційні трансферти від органів державного управління та ін.

Враховуючи у своєму підході визначену систему показників-індикаторів якості компонентів (III) та (V), ми намагаємося на засадах ідей SEM аналізу перевірити теоретичну модель щодо залежності якості соціальної сфери (або соціальної безпеки) регіонів України від якості фінансового забезпечення.

У загальному вигляді постановка задачі структурного моделювання при оцінюванні зв'язків між регіональними показниками-індикаторами якості життя виглядає таким чином. Нехай ми спостерігаємо статистичні змінні, для яких є матриця вибірових коефіцієнтів кореляції або коваріації. Аналізовані змінні характеризують деякі ознаки якості життя населення регіонів та називаються явними. Реальні зв'язки між явними змінними можуть бути складними, проте ми маємо гіпотезу про те, що є деяке число прихованих або латентних змінних

(регіональних синтетичних індикаторів якості життя), які з відомим ступенем точності пояснюють структуру цих зв'язків.

Для моделювання структурними рівняннями використовують прикладні програми, представлені у сучасних статистичних пакетах. Серед них найбільш відомими є LISREL (SPSS), EQS (BMDP), CALIS (SAS), EzPATH (SYSTAT), SEPATH (STATISTICA). Програми AMOS і COSAN є доступними на версії мови ФОРТРАНА. Структурне моделювання під час оцінки зв'язків у регіональних показниках-індикаторах якості життя можна забезпечувати інструментальними засобами системи STATISTICA.

Комп'ютерна технологія структурного моделювання під час оцінювання зв'язків у системі регіональних показників-індикаторів якості життя передбачає такі етапи:

- відображається у вигляді діаграми шляхів (графу) модель, яка описує наше розуміння зв'язків між показниками-індикаторами (III) і (V);
- визначаються з використанням методів системи STATISTICA дисперсії та коваріації змінних, значення яких одержуються в аналізованій моделі на базі вхідних даних;
- STATISTICA перевіряє, наскільки добре отримані дисперсії і коваріації задовольняють нашій моделі;
- система STATISTICA виводить результати статистичних випробувань, оцінки параметрів і стандартні помилки для коефіцієнтів у лінійних рівняннях, а також додаткову діагностичну інформацію;
- на основі цієї інформації можна вирішувати, чи добре поточна модель узгоджується з аналізованими даними.

Розглянемо реалізацію указаних етапів на прикладі вірогідної перевірки нашого розуміння зв'язків між сконструйованими синтетичними індикаторами якості соціальної сфери (або соціальної безпеки) та фінансового забезпечення регіонів України, а також наборами редукованих статистичних показників за 1999-2013 рр., відображених у табл. 1.

Таблиця 1

Набори показників-індикаторів якості соціальної сфери та фінансового забезпечення регіонів України

Показники-індикатори	Код
<i>III.1. Показники зайнятості та умов праці:</i>	
рівень зайнятості населення	xIII102
частка працівників, які перебували в умовах вимушеної неповної зайнятості	xIII105
<i>III.2. Показники соціального напруження:</i>	
заборгованість з виплати заробітної плати у розрахунку на одного зайнятого в галузях економіки	xIII201
кількість загиблих від травматизму, пов'язаного з виробництвом, на 1000 працюючих	xIII204

Продовження табл. 1

III.3. Показники територіальної рухливості населення:	
сальдо міграції за всіма потоками на 1000 населення	xIII303
V.1. Показники державної фінансової підтримки:	
офіційні трансферти від органів державного управління в місцеві бюджети на 1 особу	xV101
V.2. Показники фінансової підтримки місцевої влади:	
видатки місцевих бюджетів на освіту в розрахунку на 1 особу	xV201
видатки місцевих бюджетів на охорону здоров'я в розрахунку на 1 особу	xV202
видатки місцевих бюджетів на соціальний захист та соціальне забезпечення на 1 особу	xV203
Регіональні синтетичні та групові індикатори якості компонентів (III) і (V):	
регіональні синтетичні індикатори якості соціальної сфери	YIII
групові індикатори державної фінансової підтримки	yV1
групові індикатори фінансової підтримки місцевої влади	yV2

У табл. 1 застосовуються такі кодові позначення: $x(q.s.j)$ – редукований показник j групи s ознаки q ($q = III$ - якість соціальної сфери, $q = V$ - якість фінансового забезпечення регіонів).

Зазначимо, що в модулі SEPATH системи STATISTICA розрізняють такі чотири типи змінних: *manifest endogenous* – явні ендогенні; *manifest exogenous* – явні екзогенні; *latent endogenous* – приховані ендогенні; *latent exogenous* – приховані екзогенні. Тому на першому етапі структурного моделювання зв'язки між цими змінними формалізуються за допомогою діаграми шляхів, яка будується на підставі низки правил.

На рис. 2 наведена діаграма, яка описує наше розуміння зв'язків у системі показників-індикаторів якості компонентів (III) і (V). Вона багато в чому схожа з блок-схемою, що використовується у програмуванні, дуже проста для читання і дозволяє ясно уявити модель. На цій діаграмі шляхів (графі або сітці) явні змінні відображаються прямокутниками, а латентні – овалами. Залишкові змінні відображаються також овалами. Прямі зв'язки між двома змінними відображаються стрілками. Непрямі зв'язки – тільки дугами (завжди без стрілки). Номери вільних параметрів, що оцінюються системою, розміщуються біля стрілок або дуг на їх середині. Два параметри, що мають один і той же номер, мають одне і те ж числове значення. Якщо для латентних екзогенних змінних дисперсії і коваріації не наведені на діаграмі шляхів явно, то дисперсії вважаються рівними 1, а коваріації рівними 0.

З наведеної діаграми видно, що структурна модель складається з двох моделей вимірювання: однофакторної моделі з 5-ма явними змінними і одним загальним фактором YIII, і двохфакторної моделі з загальними факторами yV1 та yV2.

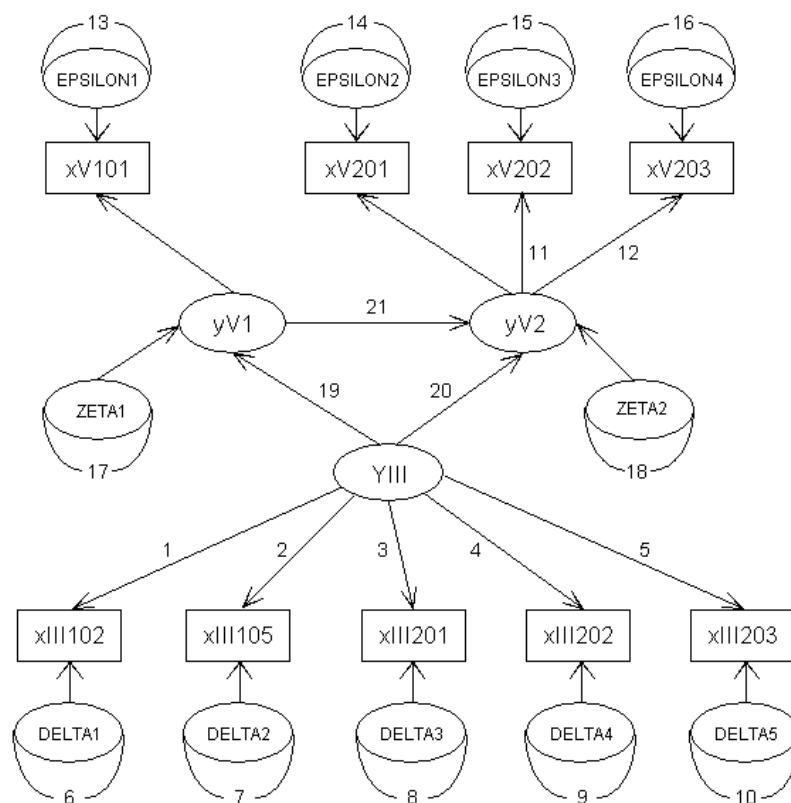


Рис. 2. Діаграма зв'язків між показниками-індикаторами якості компонентів (III) і (V).

Поряд з цим у середній частині діаграми латентні фактори Y_{III} , y_{V1} , y_{V2} зв'язані між собою регресійною залежністю, яка відображається відповідними рівняннями (4) - (5):

$$y_{V1} = a_{19} * Y_{III} + ZETA1, \quad (4)$$

$$y_{V2} = a_{20} * Y_{III} + a_{21} * y_{V1} + ZETA 2, \quad (5)$$

де a_{19} , a_{20} , a_{21} – невідомі коефіцієнти моделі; $ZETA1$, $ZETA2$ – похибки, дисперсії яких також є вільними параметрами.

Для підтримки комп'ютерного аналізу структурна модель, наведена на рис. 2, описується з допомогою конструктора шляхів на мові *PATH1*. Запис побудованої моделі на мові *PATH1* подається на рис. 3.

Для визначення невідомих параметрів моделі застосовувалася *Generalized Least Square (GLS)* – процедура узагальненого методу найменших квадратів. Результати моделювання відображені на рис. 4 і рис. 5. Проаналізуємо критерії оцінювання, що подаються на рис. 4 у верхній інформаційній частині вікна:

– побудована структурна модель є інваріантною відносно зміни шкали на основі значень двох критеріїв ICSF Criterion – Критерій ICSF і ICS Criterion – Критерій ICS (чим ближче будь-який з цих індексів до 0, тим більший ступінь інваріантності побудованої моделі до зміни шкали, тобто модель не змінюється при множенні даних на однакову константу чи зсуві на фіксовану величину);

- статистика Chi-square Statistic не буде мати стандартного розподілу – спеціальний параметр Boundary Conditions (Граничні значення) не дорівнює 0;
- прагнення до 0 індексу якості підгонки Steiger-Lind RMSEA (Індекс Стейгера-Лінда RMSEA) вказує на недостатню підгонку з урахуванням аналізу нижньої та верхньої границі довірчого інтервалу;
- значення індексу RMS Stand. Residual (Root Mean Square Standardized Residual), який також визначає якість підгонки структурної моделі, сигналізує про неадекватний опис даних моделлю (значення більше 0,1);
- гіпотеза про відповідність даних аналізованій теоретичній моделі, що описує наше розуміння зв'язків у показниках-індикаторах якості фінансового забезпечення і якості соціальної сфери регіонів, не може бути прийнята.

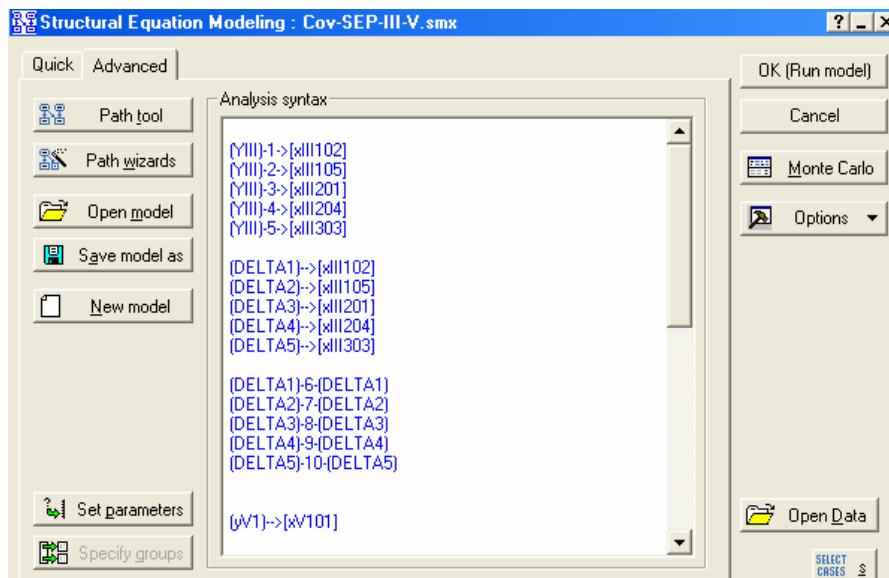
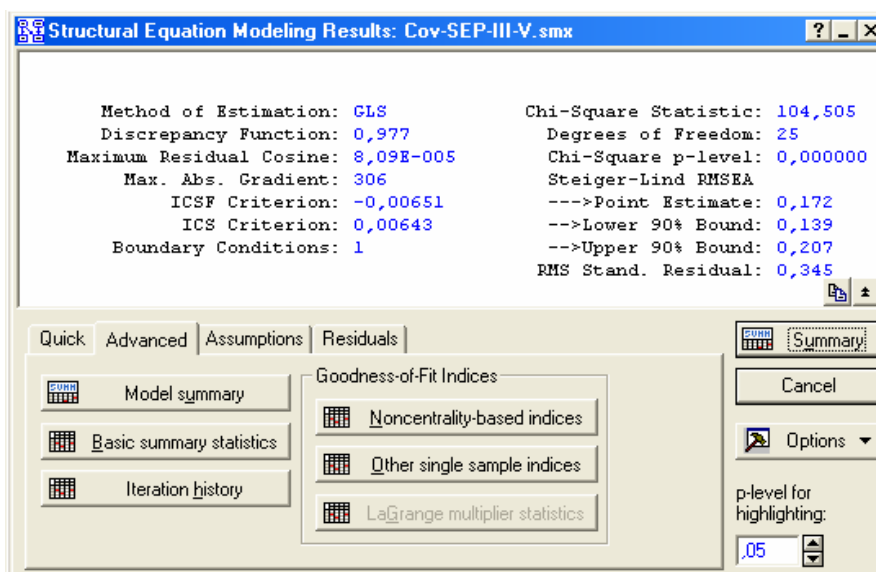
Рис. 3. Запис побудованої моделі на мові *PATH1*.

Рис. 4. Вікно результатів структурного моделювання.

	Model Estimates (Cov-SEP-III-V.smx)			
	Parameter Estimate	Standard Error	T Statistic	Prob. Level
(YIII)-1->[xIII102]	-0,002	0,004	-0,581	0,561
(YIII)-2->[xIII105]	0,035	0,005	6,798	0,000
(YIII)-3->[xIII201]	0,033	0,004	8,571	0,000
(YIII)-4->[xIII204]	0,009	0,002	4,047	0,000
(YIII)-5->[xIII303]	-0,006	0,003	-2,291	0,022
.....				
(YIII)-19->(yV1)	-0,055	0,006	-9,431	0,000
(YIII)-20->(yV2)	0,010	0,002	4,745	0,000
(yV1)-21->(yV2)	0,007	0,021	0,344	0,731

Рис. 5. Вікно з фрагментом оцінок параметрів аналізованої моделі.

Оцінки параметрів аналізованої моделі, наведені на рис. 5, вказують на незначущість зв'язків тільки між двома латентними змінними $yV1$ та $yV2$, інакше кажучи, гіпотеза про залежність якості фінансової підтримки соціально-економічного розвитку регіонів України між органами державної та місцевої влади не приймається.

Варто зазначити, що в процесі структурного моделювання ми не чекали ідеальної відповідності моделі та даних. Побудовані комп'ютерні моделі з лінійною залежністю є лише наближеннями реальних зв'язків між явними і прихованими змінними. Насправді ж природні залежності далекі від лінійних. Скоріш за все дійсні залежності між аналізованими показниками-індикаторами є не лійними. Більше того, істинність деяких статистичних припущень, які накладаються на моделі, що перевіряються, знаходиться під великим питанням та потребує подальших розробок.

Висновки. Аналіз результатів структурного моделювання зв'язків між досліджуваними критеріями ефективності регіональних соціально-економічних систем України дозволяє зробити такі узагальнення та висновки:

- важливим є не відповідь на питання чи «ідеально побудована модель узгоджується з даними?», а знання чи «узгоджується вона достатньо добре для того, щоб бути корисною для використання і розумного пояснення структури спостережуваних даних?»;

- якщо система лінійних рівнянь, ізоморфна діаграмі шляхів (графу), що аналізується, добре узгоджується з даними, це дозволяє залишити модель для подальшого аналізу чи практичного застосування, але не доводить її істинність;

- за умови підвищення ступеня відповідності побудованої структурної моделі типовим даним її можна використовувати для розробки компенсаційних механізмів у фінансовій підтримці соціально-економічного розвитку регіонів.

Перспективами подальших досліджень є спроби перевірити на засадах ідей SEM різні гіпотези щодо зв'язків у системі показників-індикаторів якості

життя населення регіонів України, відображені в роботі [8, 9]. Йдеться про такі синтетичні індикатори: якість населення, добробут населення, якість соціальної сфери, якість довкілля, якість фінансового забезпечення.

Література

1. Гаврилишин Б. Дороговкази в майбутнє. До ефективніших суспільств. Доповідь Римському клубові / Пер. з англ. Л.Л. Лещенко. – К.: Основи, 1993. – 238 с.
2. Bell D. Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. – New York: Basic Books, 1976. – 414 p.
3. Community and Quality of Life: Data Needs for Informed Decision Making. – National Academy Press, Washington, D.C., 2002. – 191 p.
4. Айвазян С.А. Анализ качества и образа жизни населения / Центральный экономико-математический ин-т РАН. – М.: Наука, 2012. – 432 с.
5. Качество жизни: сущность, оценка, стратегия формирования. – М.: ВНИИТЭ, 2000. – 124 с.
6. Human Development Report 2013 // Web site of the United Nations Development Programme (UNDP): <http://www.undp.org/hdr>.
7. World Competitiveness Yearbook 2015 // Web site of the Institute for Management Development International (Lausanne, Switzerland): <http://www.imd.org/wcc/>.
8. Артеменко В.Б. Моделювання комплексних оцінок ефективності соціально-економічного розвитку регіонів у контексті критеріїв якості життя населення // Вісник Львівського університету. Серія прикладна математика та інформатика. – 2005. – Вип. 10. – С.59-70.
9. Артеменко В.Б. Комплексне оцінювання ефективності соціально-економічного розвитку регіонів на основі критеріїв якості життя населення // Регіональна економіка. – 2005. – №3. – С.84-93.
10. Loehlin, J.C. Latent variable models: An introduction to factor, path, and structural equation analysis. – 4th ed. – Hillsdale, NJ: Erlbaum, 2004. – 292 p.
11. Hayduk L.A. Structural equation modelling with LISREL: Essentials and advances. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1987. – 271 p.