

УДК 378.147

Л. Ф. Панченко

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРНИМИ РІВНЯННЯМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Системний опис явищ у психолого-педагогічних дослідженнях викликає необхідність застосування відповідного математичного апарату. Багатовимірність та багатоаспектність психолого-педагогічних феноменів вимагає використання методів багатовимірного аналізу, які призначені для виявлення причинних зв'язків, латентних факторів тощо. Однією з вершин в галузі багатовимірного прикладного аналізу є структурне моделювання або моделювання структурними рівняннями, яке стає все більш популярним інструментом дослідників в галузі педагогіки, психології та соціальних наук [1 – 4].

Методологія структурного моделювання отримала широкого визнання на Заході. Навчання основам структурного моделювання стало складовою фахової підготовки студентів, які спеціалізуються в галузі соціальних наук [1; 15]. В Росії популяризаторами ідей структурного моделювання стосовно психології є науковці О. Мітіна [3] і А. Наследов [4]. Цей інструмент включено до фахової підготовки майбутніх психологів у Московському університеті, вчені проводять семінари і тренінги з використання SEM. Питанням використання SEM з акцентом на економічні дослідження присвячені роботи українського дослідника А. Чорного [5]. На жаль, в Україні засоби структурного моделювання недостатньо використовуються у психолого-педагогічних дослідженнях.

Мета статті – дослідити можливості сучасних засобів моделювання структурними рівняннями, описати їх властивості, обґрунтувати необхідність включення цих засобів у відповідні курси з аналізу даних для студентів-соціологів, психологів, магістрантів педагогічних спеціальностей українських ВНЗ.

Моделювання структурними рівняннями (structural equation modeling, скорочено SEM) дозволяє співвідносити змінні, які вимірюються в ході експерименту із гіпотетичними, латентними факторами, які були створені дослідником на стадії проектування експерименту. Ці методи дозволяють виділити різні типи зв'язку між змінними, оцінити їх статистичну значущість. Наочно структурні рівняння представляються у вигляді спеціальних діаграм шляхів (див. рис. 1).

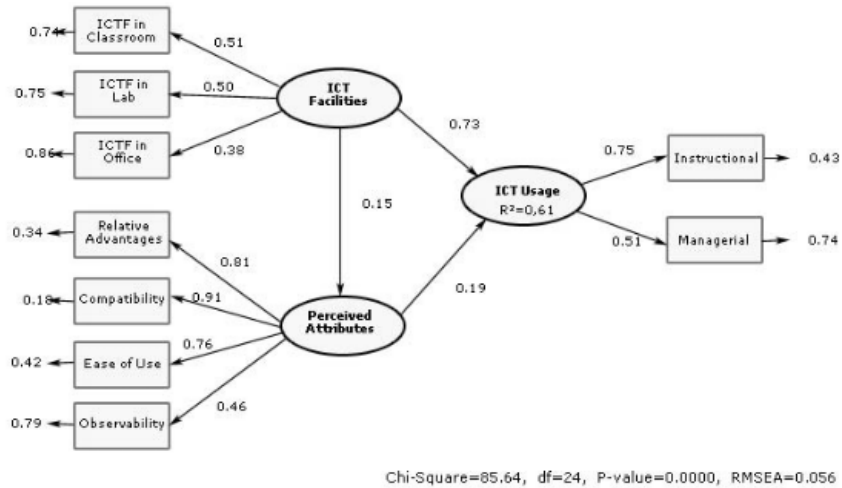


Рис. 1. Модель SEM використання ІКТ у вищій освіті [17]

Про популярність методології SEM свідчить проведений нами експеримент. За запитом „structural equation modeling” для пошуку книг на Amazon.com (на 16.03.2013 р.) ми здобули 59 найменувань, граф яких наочно представлений на рисунку 2.

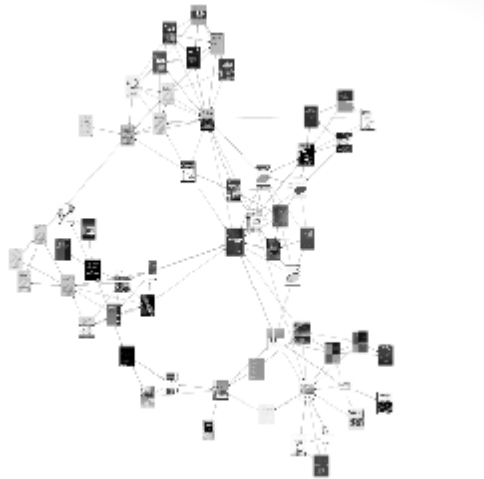


Рис. 2. Книги за запитом „structural equation modeling” на Amazon.com

В центрі графа (див. рис. 2), на якому можна спостерігати 5 підграфів, знаходиться третє видання бестселера „Принципи та практика моделювання структурними рівняннями” (Rex B. Kline „Principles and

Practice of Structural Equation Modeling”). Сайт-компаньйон цього видання забезпечує методичний супровід і пропонує завантажити синтаксис, дані та вихідні файли для всіх прикладів книги для виконання в трьох середовищах EQS, LISREL та Mplus та порівняння результатів моделювання.

Структурне моделювання оформилося як напрям прикладного аналізу в 70-80-ті роки минулого сторіччя, розвинувши ідеї багатомірного регресійного та факторного аналізу. Його становлення пов'язано з іменами P.Bentler, B.Byrne, G.Dunn, J.Ullman.

На рис.3 ми можемо спостерігати динаміку росту вживання терміну „Structural Equation Modeling” за допомогою сервісу Google Books Ngram Viewer, починаючи з 80-х років минулого століття по теперішній час (2008 р.)



Рис. 3. Динаміка росту вживання терміну „Structural Equation Modeling” (Google Books Ngram Viewer)

Динаміку популярності пошукового запиту „structural equation modeling” за період з 2004 по 2012 рр. за допомогою Google Trend представлено на рис.4. Аналіз графіку свідчить про стійкий інтерес до цієї тематики, яка кваліфікована як зверх популярна, хоча й дещо зменшилась порівняно з 2004 роком. Пов'язані запити стосуються аналізу путей, програмного забезпечення структурного моделювання Lisrel, Mplus, EQS.

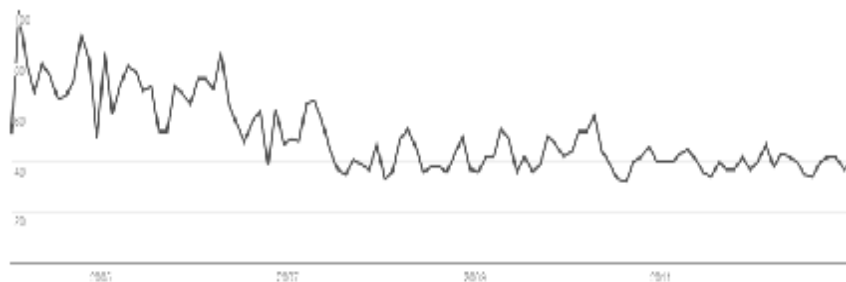


Рис. 4. Динаміка популярності запиту „structural equation modeling”

Моделювання структурними рівняннями (SEM) в липні 2012 р.

використовувалося і в рамках національного опитування для перевірки факторів, які впливають на інформаційну поведінку учнів 12-тих класів США (Modeling the impact of individuals' characteristics and library service levels on high school students' public library usage: A national analysis) [14]. В ході національного репрезентативного опитування 13000 учнів 12-х класів США і аналізу статистики державних бібліотек було побудовано модель інформаційної поведінки та виявлено фактори, що впливають на частоту користування бібліотекою учнями.

До складу найбільш відомих комерційних комп'ютерних інструментів моделювання структурними рівняннями належать наступні: AMOS (в SPSS), EQS, Mplus, LISREL, SEM (в Stata), модуль SEPATH (в STATISTICA). До вільного програмного забезпечення структурного моделювання можна віднести відкриті пакети в R: lavaan, OpenMx, sem2; а також вільні пакети Ωпyx та SmartPLS. В таблиці 1 ми узагальнили використання різних програмних засобів SEM в курсах і програмах провідних університетів світу та наукових джерелах.

Таблиця 1

Використання програмного забезпечення моделювання структурними рівняннями

Посилання	Програмний засіб				
	AMOS SPSS	EQS	Mplus	Lis-rel	Open Mx
Kit Tai Hau. Structural Equation Model and its Applications [9]				+	
Магістерська програма „Сучасний соціальний аналіз” ВШЕ, Санкт-Петербург [2]			+		
Магістерська програма в Амстердамському університеті „Structural equation modelling in educational research” [15]			+	+	+
Мітіна О.В. [3]		+	+		
Наследов А.Д. [4; 6]	+				
Usluel Y. K. Structural Equation Model for ICT Usage in Higher Education. Educational Technology [17]				+	
Rex B. Kline „Principles and Practice of Structural Equation Modeling” [10]		+	+	+	

На рисунку 5 представлено порівняльний аналіз популярності пошукових запитів щодо програмного забезпечення SEM: AMOS SPSS, Lisrel, Mplus, EQS з 2004 по 2012 р.

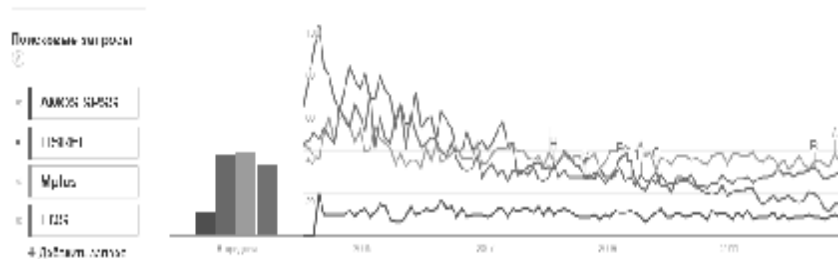


Рис. 5. Аналіз популярності пошукових запитів програмного забезпечення SEM: AMOS SPSS, Lisrel, Mplus, EQS

Як можна спостерігати з рисунку 4, у 2004 році лідирує Lisrel, популярність якого дещо знизилася, в той же час Mplus та EQS практично демонструють стабільність. Усі вищезазначені засоби є комерційними продуктами, хоча деякі з них і мають вільну студентську версію, але з досить обмеженими можливостями. Привертає увагу вільний програмний засіб OpenMx, який розвивається зусиллями лабораторії Human Dynamics Lab психологічного факультету університету Вірджинія в рамках наукового гранту [13]. Розвиток OpenMx підтримується спільнотою OpenSEM, матеріали якої призначені для користувачів усіх типів програмного забезпечення.

Аналіз наукових джерел [3; 6; 10; 16], навчальних програм провідних університетів світу, зокрема магістерської програми в Амстердамського університету „Structural equation modelling in educational research” на 2012-2013 рр., сілабусу масового он-лайн відкритого курсу китайського університету Гонконгу, присвяченого моделюванню структурними рівняннями та його застосуванням (Kit Tai Hau. Structural Equation Model and its Applications) [9] дозволили виокремити зміст підготовки майбутнього фахівця в галузі освіти до використання SEM. Це знання про методологію моделювання структурними рівняннями. Студенти також повинні вивчати, як застосовувати SEM для багатьох груп, для лонгітюдних даних, нормально не розподілених даних та даних іншого типу. Студенти мають розуміти як застосовувати методи SEM для відповідей на дослідницькі питання в поведінкових науках, соціальних науках, освіті. Курс спрямований на формування в студентів вміння читати, розуміти, критично оцінювати та інтерпретувати наукові статті, в яких застосовується методологія SEM. Мета практичних занять – формування вмінь підготовки та обробки даних за допомогою комп’ютерних програм для моделювання структурними рівняннями (LISREL, M-PLUS, AMOS, OpenMx). Вимоги до попередньої підготовки студентів до опанування методології SEM стосуються знайомства з традиційними статистичними методами, зокрема з регресійним та факторним аналізом, вміннями працювати з сучасними

статистичними пакетами SAS, SPSS.

Вимірювання, які використовуються в сучасних педагогічних дослідженнях стає все більш і більш складним. Використання методології SEM допомагає науковцям визначати ефективність навчальних інновацій у різних освітніх контекстах. моделювати і вивчати явища у їх взаємозв'язку; розуміти вплив латентних факторів, розвивають системне та критичне мислення. У результаті дослідження було обґрунтовано необхідність включення засобів SEM у відповідні курси з аналізу даних для студентів-соціологів, психологів, магістрантів педагогічних спеціальностей українських ВНЗ, виокремлено зміст навчання методології SEM, проаналізовано динаміку популярності програмних засобів методології SEM: AMOS, Lisrel, EQX, Mplus.

Подальший розвиток роботи в цьому напрямі – створення навчально-методичного забезпечення моделювання структурними рівняннями для навчання майбутніх дослідників в галузі педагогіки та соціальних наук у вигляді мультимедійних лекцій, лабораторного практикуму в середовищах відомих комп'ютерних засобів Amos, Lisrel, Open MX.

Список використаної літератури

- 1. Крамер Д.** Математическая обработка данных в социальных науках: современные методы / Дункан Крамер. – М.: Изд. центр „Академия”, 2007. – 288 с.
- 2. Магистерская программа „Современный социальный анализ”** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://spb.hse.ru/sociology/magsoc/>
- 3. Митина О. В.** Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений / О. В. Митина // Экспериментальная психология. – 2008. – № 1. – С. 131 – 148.
- 4. Наследов А. Д.** IBM SPSS STATISTICS 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. – СПб.: Питер, 2013. – 416 с.
- 5. Чорний А.** Моделювання латентних змінних: розвиток, сучасний стан та перспективи // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. – Сер. Економіка. – 2011. – С. 41 – 43.
- 6. AMOS:** Моделирование структурными уравнениями в квалификационных, практических и академических исследованиях <http://www.psy.spbu.ru/qualification-test/742-mosstructuralequationmodeling>
- 7. Byrne B. M.** Structural Equation Modelling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- 8. EQS – Structural Equation Modeling Software** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mvsoft.com/eqs60.htm>
- 9. Kit Tai Hau.** Structural Equation Model and its Applications [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.coursera.org/course/sem>
- 10. Kline R.** Principles and Practice of Structural Equation Modeling / Rex B. Kline. – N.-Y.: The Guilford Press., 2010. – 427 p.
- 11. Mels G.** LISREL for

Windows: Getting Started Guide / Gerhard Mels [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://analysis3.com/LISREL-for-Windows-Getting-Started-Guide-Gerhard-Mels-pdf-e3871.pdf>. **12. Mplus** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.statmodel.com/> **13. OpenMx** – Advanced Structural Equation Model [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://openmx.psyc.virginia.edu/> **14. Sei-Ching Joanna Sin.** Modeling the impact of individuals' characteristics and library service levels on high school students' public library usage: A national analysis // Library & Information Science Research. – Vol. 34. – Issue 3. – July 2012. – P. 228 – 237. **15. Structural equation modelling in educational research** [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://studiegids.uva.nl/web/sgs/nl/c/8529.html> **16. Teo T.** Structural Equation Modeling in Educational Research / Timothy Teo, Myint Swe Khine. Rotterdam/Boston/Taipei : Sense Publishers, 2009. – P. 3 – 10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.sensepublishers.com/media/985-structural-equation-modeling-in-educational-research.pdf> **17. Usluel Y. K.** A Structural Equation Model for ICT Usage in Higher Education / Usluel Y. K., Akar, P., & Baş, T // Educational Technology & Society. – 2008. – №11 (2). – P. 262–273.

Панченко Л. Ф. Моделювання структурними рівняннями як інструмент педагогічного дослідження

Стаття присвячена питанням моделювання структурними рівняннями. Виявлено зміст навчання моделювання структурними рівняннями майбутніх фахівців в галузі освіти. Аналізується динаміка популярності програмного забезпечення моделювання структурними рівняннями. Обґрунтовується необхідність включення цих засобів в курси для студентів та магістрантів ВНЗ України, які спеціалізуються в галузі освіти та соціальних наук.

Ключові слова: моделювання структурними рівняннями, SEM, освіта, програмне забезпечення моделювання структурними рівняннями, Lisrel, Amos, OpenMx

Панченко Л. Ф. Моделювання структурними уравнениями как инструмент педагогического исследования

В статье обсуждаются вопросы моделирования структурными уравнениями. Определено содержание обучения моделированию будущих специалистов в области образования. Анализируется динамика популярности программного обеспечения моделирования структурными уравнениями, обосновывается необходимость включения этих средств в курсы для студентов и магистрантов ВНЗ Украины, которые специализируются в области образования и социальных наук.

Ключевые слова: моделювання структурними рівняннями, SEM, освіта, програмне забезпечення моделювання структурними рівняннями, Lisrel, Amos, OpenMx

Panchenko L. F. Structural Equation Modeling as Educational Research Tool

The article discussed the questions of structural equation modeling. Learning content of structural equation modeling is defined: knowledge special varieties of structural equations modeling methodology – paths analysis and factor analysis; learning how to use SEM to many groups, panel data, not normally distributed data and another type data; understanding how to apply SEM techniques to answer research questions in behavioral sciences, social sciences, education; developing students' ability to read, understand, critically evaluate and interpret scientific articles that apply methodology SEM; using computer programs for modeling structural equations (LISREL, M-PLUS, AMOS, OpenMx); knowledge traditional statistical methods, including regression and factor analysis, ability to use the modern statistical package SAS, SPSS.

The possibilities of the SEM software are analysed. The necessity of including structural equation modeling in the courses of data analysis for high school students of Ukraine, who specialize in the field of education and social sciences are founded.

Key words: structural equation modeling, education, software, structural equation modeling, Lisrel, Amos, OpenMx.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2013.

Прийнято до друку 26.06.2013.

Рецензент – д. п. н., проф. Адаменко О. В.

УДК [378.016 : 004.65] : 378.018.43

С. О. Переяславська

**ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ НА
ПРИКЛАДІ КУРСУ „БАЗИ ДАНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ”**

Застосування мультимедійних технологій дистанційного навчання у підготовці майбутніх фахівців потребує нових підходів у методиці викладання дисциплін. Це пов'язано зі змінами у джерелах, формах подання