

УДК 303.7

ББК 72.5

Р. И. Остапенко
Кандидат педагогических наук

КРАТКИЙ ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКЕ И ПРАКТИКЕ

В статье дается краткий анализ работ отечественных и зарубежных исследователей работающих в области гуманитарных наук и использующих методы структурного моделирования. Исходя из анализа работ, вытекает необходимость в повышении информационно-математической компетентности студентов и аспирантов различных гуманитарных специальностей. Отмечается дефицит учебных пособий и методических разработок на русском языке по преподаванию методов структурного моделирования.

Ключевые слова: структурное моделирование, математические методы, математическая компетентность, математическая подготовка студентов, статистический анализ данных, многомерные методы исследования, моделирование структурными уравнениями.

R. I. Ostapenko
PhD in pedagogy

SUMMARY AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF METHODS OF STRUCTURAL MODELING IN THE RUSSIAN SCIENCE AND PRACTICE

The article provides a brief analysis of the works of Russian and foreign researchers working in the field of humanities and using methods of structural modeling. Based on an analysis of work flows need to improve the information and mathematical competence of students and graduate students of various humanities. A deficit of textbooks and teaching materials in Russian on the teaching methods of structural modeling.

Key words: structural modeling, mathematical methods, mathematical competence, mathematical training of students, statistical data analysis, multivariate methods of research, structural equation modeling.

Аktivизация системных исследований, делающих акцент на рассмотрении явлений как сложных, динамических, самоорганизующихся систем, указывает на необходимость разработки и освоения соответствующего математического аппарата. Такие исследования опираются на современные математические методы изучения нелинейных динамических систем: нейронные сети, имитационное моделирование, структурное моделирование и т.д.

Структурное моделирование (Structural Equation Modeling) – это мощный статистический метод проверки и оценки причинно-следственных связей между структурами

данных, исходя из их качественной причинности. SEM позволяет не только проверять и подтверждать гипотетические модели и структуры, но и развивать теории, разрабатывать методики исследования.

Одним из преимуществ структурного моделирования является возможность построения латентных переменных (скрытых, непосредственно не измеряемых, но оцениваемых в модели с помощью нескольких измеренных величин). Здесь методы факторного, регрессионного и дисперсионного анализа выступают как частные случаи SEM и получают свое естественное развитие и объединение. Структурное моделирование в настоя-

щее время включает в себя путьевой анализ (Path Analysis), конфирматорный факторный анализ (Confirmatory Factor Analysis), моделирование латентных изменений (Latent Growth Modeling) и другие методы.

Методы структурного моделирования применяются в различных научных областях: психологии [1, 2, 3], социологии [4, 5], биологии [6], экологии [7], образовании [8] и т.д.

Для создания моделей и их анализа существует специальное программное обеспечение, среди которого наиболее популярны: AMOS на базе SPSS [9], EQS [10], Lisrel [11], Mplus [12], SAS [13], Statistica, а также свободно распространяемые программы работающие на базе среды R: Lavaan и OpenMx.

Из учебной литературы следует особо отметить работы R. E. Schumacker, R. G. Lomax [14] и R. B. Kline [15], написанные доступным языком.

В отечественных научных исследованиях методы структурного моделирования используются фрагментарно, в частности в работах психологов [16, 17, 18] и социологов [19, 20]. Следует отметить дефицит, как учебных пособий, так и методических разработок на русском языке по преподаванию методов структурного моделирования [21, 22, 23]. Однако стоит сказать, что проблема формирования и развития математической компетентности специалистов гуманитарного профиля поднималась не раз [24, 25, 26].

Развитие методологии структурного моделирования в отечественной науке, по нашему мнению, состоит в создании научных сообществ внутри каждой дисциплины, актуализирующих подготовку специалистов, которые владели бы соответствующими компетенциями по математическому моделированию и

анализу данных. Отсюда вытекает и необходимость введения соответствующих специализаций на факультетах вузов, повышение квалификации преподавателей, разработка учебных и методических пособий, совершенствование материально-технической базы и специального программного обеспечения.

Бурное развитие программных средств обработки информации (в том числе он-лайн в сети Интернет), систематизация знаний и совершенствование методики преподавания математических дисциплин студентам различных специальностей в дальнейшем позволит осуществить более эффективное знакомство с многомерными методами анализа данных и структурного моделирования. Это позволит усилить методологическое и диагностическое значение проводимых ими исследований, актуализирует развитие исследовательской логики студентов и расширит их познавательные способности в изучении научной картины мира, действительности.

Структурное моделирование как инструмент проверки, модификации и сравнения статистических гипотез, несомненно, является уникальным методом, открывающим новые возможности по продуктивному анализу данных. Он позволяет справляться с теми задачами, решение которых было принципиально невозможно в рамках традиционного многомерного подхода. Использование методов структурного моделирования в сочетании с высококачественным программным обеспечением, имеющим интуитивно понятный интерфейс для статистического анализа данных, позволяет специалисту сконцентрироваться на наиболее важной стороне своей исследовательской работы – содержательной интерпретации полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hoyle R.H. Introduction to the special section: structural equation modeling in clinical research // *Journal of consulting and clinical psychology*, 1994. 62 (3) – P.427-428.
2. MacCallum R.C., Austin J.T. Applications of structural equation modeling in psychological research // *Annual review of psychology*, 2000. 51. – P.201-226.
3. Martens M.P. The use of structural equation modeling in counseling psychology research // *The counseling psychologist*, 2005. 33. – P.269-298.
4. Liu A.. Building structural equation models in social science. – RM Institute, 2009. – P.75.
5. Stevens J. Applied multivariate statistics for the social sciences. – Lawrence Erlbaum Associates, Inc., USA., 1996.
6. Pugsek B.H., Tomer A., A. von Eye. Structural equation modeling: applications in ecological and evolutionary biology. – Cambridge University Press; Cambridge, UK, 2003.
7. Grace J.B., Youngblood A., Scheiner S.M. Structural equation modeling and ecological experiments in real world ecology: large-scale and long-term case studies and methods, S. L. Miao, S. Carstenn, and M. Nungesser, Eds. // Springer. – N.Y., 2009. – P.19-46.
8. Cuttance P. Ecob R. Structural modeling by example: Applications in educational, sociological, and behavioral research. – Cambridge, England: Cambridge University Press., 2009.
9. Byrne B.M. Structural equation modeling with AMOS – basic concepts, applications, and programming, 2001.
10. Byrne B.M. Structural equation modeling with EQS: basic concepts, applications, and programming (2nd ed.). – Mahwah; NJ: Erlbaum., 2006.
11. Byrne B.M. Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming. – Mahwah; NJ: Erlbaum., 1998.

12. Muthen L.K., Muthen B.O. Mplus users guide (version 2.0). – Los Angeles, CA: Muthen & Muthen., 1999.
13. Hatcher L. A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modeling. – Cary; N.C.: SAS Institute., 1994.
14. Schumacker R.E., Lomax, R.G. A beginner's guide to structural equation modeling. – Hillsdale; NJ: Erlbaum., 1996.
15. Kline R.B. Principles and practice of structural equation modeling. – The Guilford Press., 2005.
16. Воробьев А.В., Баркова Т.Ю. Латентно-структурная математическая модель влияния психосоциальных факторов на психосоматическое состояние подростков // Естественные и технические науки. 2011. № 3.
17. Остапенко Р.И. О корректности применения количественных методов в психолого-педагогических исследованиях [Электронный ресурс] // Перспективы науки и образования, 2013. № 3. URL: <http://pnojournal.wordpress.com/archive> (дата обращения: 9.09.2013).
18. Остапенко Р.И. Структурные связи ценностных ориентаций и поведенческого стиля в конфликтной ситуации работников организации [Электронный ресурс] // Перспективы науки и образования, 2013. № 1. URL: <http://pnojournal.wordpress.com/archive> (дата обращения: 9.09.2013).
19. Девятко И.Ф. Диагностическая процедура в социологии: очерк истории и теории. М., 1993.
20. Остапенко Р.И. Структурное моделирование в психологии и педагогике [Электронный ресурс] // Перспективы науки и образования, 2013. № 2. URL: <http://pnojournal.wordpress.com/archive> (дата обращения: 9.09.2013).
21. Крамер Д., Математическая обработка данных в социальных науках: Современные методы: Учебное пособие для вузов. – М., 2007. – 288 с.
22. Наследов А.Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных. – СПб: Питер, 2013. – 416 с.
23. Остапенко Р.И. Основы структурного моделирования в психологии и педагогике: учебно-методическое пособие для студентов психолого-педагогического факультета. – Воронеж.: ВГПУ, 2012. – 128 с.
24. Остапенко Р.И. Формирование информационно-математической компетентности студентов гуманитарных специальностей: методические аспекты [Электронный ресурс] // Перспективы науки и образования, 2013. № 4. URL: <http://pnojournal.wordpress.com/archive> (дата обращения: 9.09.2013).
25. Остапенко Р.И. Методические аспекты формирования информационно-математической компетентности студентов гуманитарных специальностей. // Современные научные исследования и инновации. – Май, 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/05/24148>
26. Остапенко Р.И. О формировании математической компетентности студентов-экономистов. // Современные научные исследования и инновации. – Февраль, 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/02/21092>

REFERENCES

1. Hoyle R.H. Introduction to the special section: structural equation modeling in clinical research // Journal of consulting and clinical psychology, 1994. 62 (3) – P.427-428.
2. MacCallum R.C., Austin J.T. Applications of structural equation modeling in psychological research // Annual review of psychology, 2000. 51. – P.201-226.
3. Martens M.P. The use of structural equation modeling in counseling psychology research // The counseling psychologist, 2005. 33. – P.269-298.
4. Liu A.. Building structural equation models in social science. – RM Institute, 2009. – P.75.
5. Stevens J. Applied multivariate statistics for the social sciences. – Lawrence Erlbaum Associates, Inc., USA., 1996.
6. Pugsek B.H., Tomer A., A. von Eye. Structural equation modeling: applications in ecological and evolutionary biology. – Cambridge University Press; Cambridge, UK, 2003.
7. Grace J.B., Youngblood A., Scheiner S.M. Structural equation modeling and ecological experiments in real world ecology: large-scale and long-term case studies and methods, S. L. Miao, S. Carstenn, and M. Nungesser, Eds. // Springer. – N.Y., 2009. – P.19-46.
8. Cuttance P. Ecob R. Structural modeling by example: Applications in educational, sociological, and behavioral research. – Cambridge, England: Cambridge University Press., 2009.
9. Byrne B.M. Structural equation modeling with AMOS – basic concepts, applications, and programming, 2001.
10. Byrne B.M. Structural equation modeling with EQS: basic concepts, applications, and programming (2nd ed.). – Mahwah; NJ: Erlbaum., 2006.
11. Byrne B.M. Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming. – Mahwah; NJ: Erlbaum., 1998.
12. Muthen L.K., Muthen B.O. Mplus users guide (version 2.0). – Los Angeles, CA: Muthen & Muthen., 1999.
13. Hatcher L. A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modeling. – Cary; N.C.: SAS Institute., 1994.

14. Schumacker R.E., Lomax, R.G. A beginner's guide to structural equation modeling. – Hillsdale; NJ: Erlbaum., 1996.
15. Kline R.B. Principles and practice of structural equation modeling. – The Guilford Press., 2005.
16. Vorob'ev A.V., Barkova T.Iu. Latent-structural mathematical model of the influence of psychosocial factors on the psychosomatic condition of adolescents. *Estestvennyye i tekhnicheskie nauki – Natural and technical Sciences*, 2011. no.3. (in Russian).
17. Ostapenko R.I. About the correctness of the application of quantitative methods in psychological and pedagogical research. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii – Modern scientific research and innovation*, 2011, no.3. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2011/07/1375> (accessed 25 September 2013).
18. Ostapenko R.I. Communication values and behavioral styles in conflict situations of workers organization. *Perspektivy nauki i obrazovaniia – Perspectives of science and education*. Available at: <http://psejournal.wordpress.com/archive/> (Accessed 28 September 2013).
19. Deviatko I.F. *Diagnosticheskaya protsedura v sotsiologii: ocherk istorii i teorii* [The diagnostic procedure in the sociology: an essay on the history and theory]. Moscow, Science., 1993. 175 p.
20. Ostapenko R.I. Structural modeling in psychology and pedagogics. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of science and education*, 2013. no.2. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive> (accessed 25 August 2013).
21. Kramer D. Mathematical processing of data in the social sciences: Modern Methods: A manual for schools. Moscow, 2007. 288 p.
22. Nasledov A.D. IBM SPSS Statistics 20 and AMOS: professional statistical analysis of the data. Saint. Petersburg, Piter, 2013. 416 p.
23. Ostapenko R.I. *Osnovy strukturnogo modelirovaniya v psihologii i pedagogike: uchebno-metodicheskoe posobie dlja studentov psihologo-pedagogicheskogo fakul'teta* [Basics of structural modeling in psychology and pedagogics: textbook for the students of psychological-pedagogical faculty]. Voronezh., 2012. 122 p.
24. Ostapenko R.I. Formation of information-mathematical competence of students of humanitarian specialties: methodical aspects. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of science and education*, 2013. no.2. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive> (accessed 25 September 2013).
25. Ostapenko R.I. Methodical aspects of forming of information and mathematical competence of students of humanitarian specialties. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii – Modern scientific researches and innovations*, 2013. March. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/05/24148> (accessed 25 September 2013).
26. Ostapenko R.I. Formation of mathematical competence of students-economists. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii – Modern scientific researches and innovations*, 2013. February. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/02/21092> (accessed 25 September 2013).

Информация об авторе

Остапенко Роман Иванович (Россия, г. Воронеж) – Кандидат педагогических наук, преподаватель кафедры математики. Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (Воронеж). E-mail: ramiro@list.ru

Information about the author

Ostapenko Roman Ivanovich (Russia, Voronezh) – Ph.D. in pedagogy, Lecturer of the department of mathematics. Zhukovsky–Gagarin Air Force Academy. E-mail: ramiro@list.ru