

Р. И. Остапенко

Особенности моделирования латентных изменений с помощью AMOS SPSS

В работе проводится сравнительный анализ между традиционными методами анализа продольных данных и методом моделирования латентных изменений. Рассмотрены преимущества применения метода моделирования латентных изменений в лонгитюдном исследовании с помощью компьютерной программы AMOS SPSS. Приводится наглядный пример обработки искусственно сконструированных данных с помощью моделирования латентных изменений в программе AMOS SPSS.

Ключевые слова: моделирование, латентные изменения, SPSS, анализ данных, лонгитюд, методы анализ данных, продольный анализ данных, структурные уравнения, структурное моделирование, продольный анализ данных.

R. I. Ostapenko

Features of modeling latent changes using AMOS SPSS

The paper deals with a comparative analysis between the traditional methods of the analysis of longitudinal data and latent growth curve modeling. Advantages application of latent growth curve modeling in longitudinal study using a computer program AMOS SPSS. Is an illustrative example of processing the artificially constructed data by modeling the latent changes in the program AMOS SPSS.

Keywords: modeling, latent changes, SPSS, data analysis, longitudinal study, methods of data analysis, longitudinal data analysis, structural equations, structural equation modeling, longitudinal data analysis.

Актуальность темы обусловлена растущим интересом к применению методов моделирования структурными уравнениями в психологии, педагогике и других социо-гуманитарных науках [1, 3, 7, 10]. В связи с бурным развитием информационных технологий произошел значительный скачок в развитии не только математических методов анализа данных, но и соответствующего программного обеспечения [2].

В настоящей работе показана эффективность метода моделирования латентных изменений (Latent Growth Curve Modeling) в лонгитюдных (панельных) исследованиях. Гибкость этого метода в сочетании с объектно-ориентированным интерфейсом программы AMOS SPSS позволяет оперативно корректировать модели, усложнять их, добавляя новые переменные, с целью более адекватного представления данных, и оценивать их качество.

Метод моделирования латентных изменений (далее ММЛИ) отличается от традиционных методов анализа продольных данных (L-Пейджа, χ^2 -Фридмана, дисперсионный анализ и т.д.) по ряду преимуществ:

- а) возможность оперировать не только наблюдаемыми переменными, но и ненаблюдаемыми, т.е. латентными;
- б) возможность моделировать сложные явления;
- в) учет погрешности измерений;
- г) возможность проверки модели на соответствие исходным данным [30].

Также этот метод, в отличие от традиционных, делает акцент не только на анализе групповых изменений, но и на индивидуальных изменениях с течением времени, а также межличностных различиях в отдельных срезах.

Цель статьи: рассмотреть особенности и преимущества применения ММЛИ в лонгитюдных исследованиях с помощью программы AMOS SPSS.

Объектно-ориентированный интерфейс программы AMOS SPSS, позволяет трансформировать модели без обращения к сложным матричным вычислениям, что, однако, не отменяет наличия определенного уровня информационно-математической компетентности [5, 6, 12] у исследователя: знания основ математической статистики (среднее, дисперсия и т.д.) и традиционных методов анализа данных (корреляция,

регрессия, факторный анализ и т.д.). В отличие от факторного анализа [11, 15], где латентные факторы операционализируются на основе наблюдаемых переменных и степень их идентификации зависит от факторных нагрузок, в ММЛИ используются два других типа переменных:

Intercept – параметр обозначающий начальный уровень какого-либо признака (или *Начало*).

Slope – параметр обозначающий изменение уровня какого-либо признака с течением заданных периодов времени (или *Наклон*).

Модель линейных латентных изменений для трех временных срезов может быть представлена как с помощью модуля AMOS (см. рис.1.), так и в матричном виде (см. формулы 1 и 2).

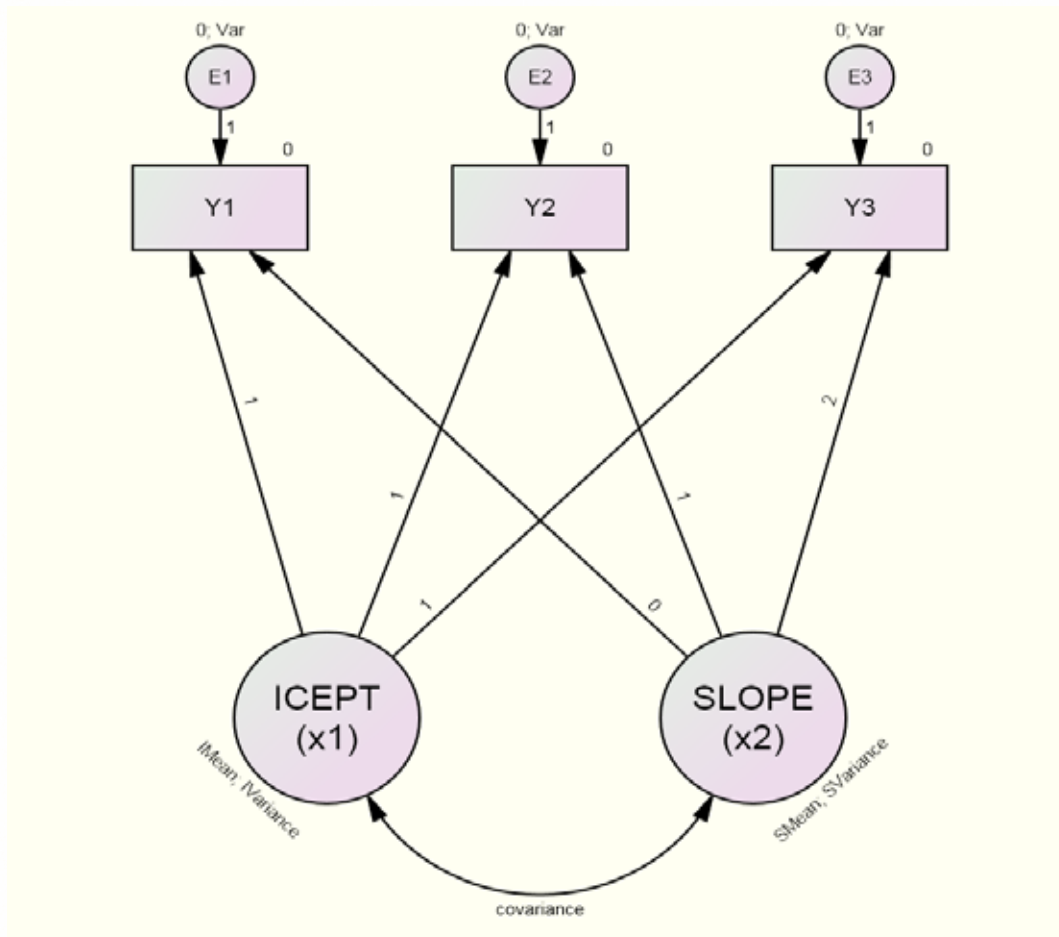


Рис. 1. Модель латентных изменений для трех срезов

Параметры модели могут быть описаны в общем виде:

$$y = \Delta x + e \quad (1)$$

где y – вектор наблюдаемых переменных в каждом срезе; Δ – матрица фиксированных коэффициентов нагрузок представляющих время; x – вектор скрытых факторов; e – вектор остатков.

Для любого наблюдаемого признака модель имеет два латентных фактора, которые представляют траекторию изменений:

1. ICEPT x_1 (*Начало*) – исходный уровень признака в начале исследования.

2. SLOPE x_2 (*Наклон*) – изменение признака за указанный период времени. Индивидуальные траектории изменений оцениваются на основе вектора x . Расширенная модель с тремя временными срезами представлена в уравнении 2.

$$\begin{pmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ y_{i3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 \\ 11 \\ 12 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_{i1} \\ e_{i2} \\ e_{i3} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Таким образом, мы видим, что, в отличие от структурного моделирования, факторные нагрузки в ММЛИ не только имеют фиксированные значения, но и могут устанавливаться исследователем в зависимости от временных интервалов между сборами данных. Факторные нагрузки от *Начала* (ICEPT) к наблюдаемым переменным y_i устанавливаются равными 1, что означает одинаковое влияние фактора на показатели всех наблюдаемых срезов. Факторные нагрузки от *Наклона* (SLOPE) к наблюдаемым переменным y_i устанавливаются пропорционально времени между срезами, начиная с нуля. На рис.1 были установлены равные временные интервалы: $\Delta_i = 0, 1, 2$.

Рассмотрим наглядный пример. Исследователем были получены данные эмпатических способностей студентов за 4 года их обучения в вузе, и им была выдвинута гипотеза о том, что

будет происходить линейный рост этих способностей из года в год (см. табл.1 и рис.2).

На графике 2 у большинства студентов произошли изменения в показателях эмпатических

Таблица 1

Результаты эмпатических способностей студентов за 4 года обучения

№ п/п	Эмпатические способности			
	I курс	II курс	III курс	IV курс
1	10	12	14	16
2	11	14	12	17
3	12	11	13	18
4	13	14	11	12
5	14	13	10	15
6	15	16	17	19
7	16	18	20	16
8	17	18	21	22
9	18	20	22	22
10	19	18	17	19
Среднее ар.	14,50	15,40	15,70	17,60
Дисперсия	9,17	9,16	18,68	9,60

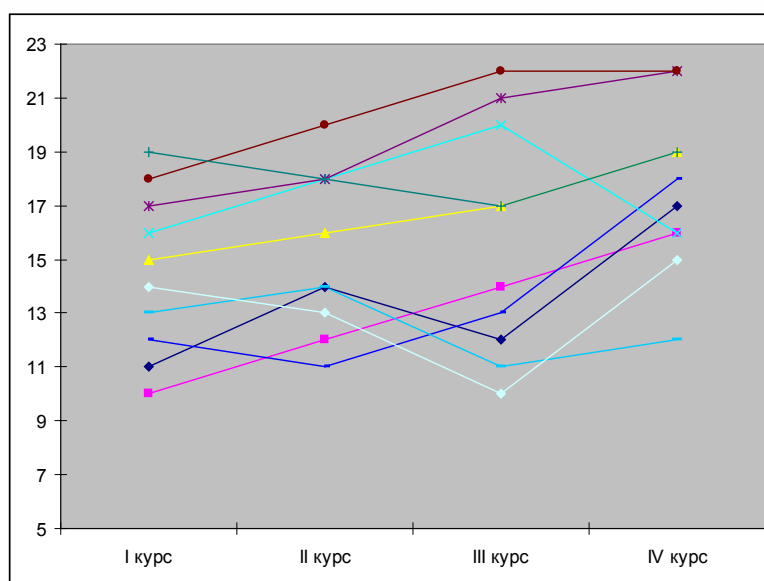


Рис. 2. Динамика эмпатических способностей студентов в течение 4-х лет обучения в вузе

способностей в положительную сторону. На графике средних значений это показано нагляднее (см. рис.3)

Статистический анализ данных с помощью дисперсионного анализа не позволил выявить значимых различий между выборками ($F = 1,459$; $p = 0,242$). В качестве причины здесь может быть небольшой объем выборки и как следствие отсутствие нормального распределения в данных, а также большая внутригрупповая дисперсия. Статистически значимая динамика была получена в результате применения непараметрического критерия Л-Пейджа ($L = 275,5$; $p < 0,01$). В результате были подтверждены статистически значимые изменения в по-

казателях эмпатических способностей студентов.

Решим эту же задачу с помощью ММЛИ. Модель для четырех временных срезов представили с помощью модуля AMOS (см. рис.4.).

Отметим, что в программе AMOS можно построить исходную модель, не прибегая к использованию панели инструментов, а вызвать ее автоматически через верхнее раскрывающееся меню Plugins > Growth Curve Model и задать нужное число срезов.

Временные интервалы между срезами в этой задаче равны и составляют 1 год: начальный параметр оценивается как ноль и является базовым, 1 — это наблюдение через 1 год (II курс),

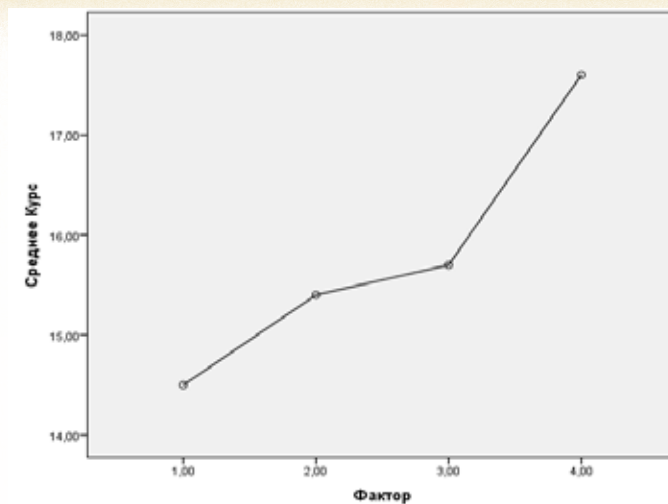


Рис. 3. График средних значений

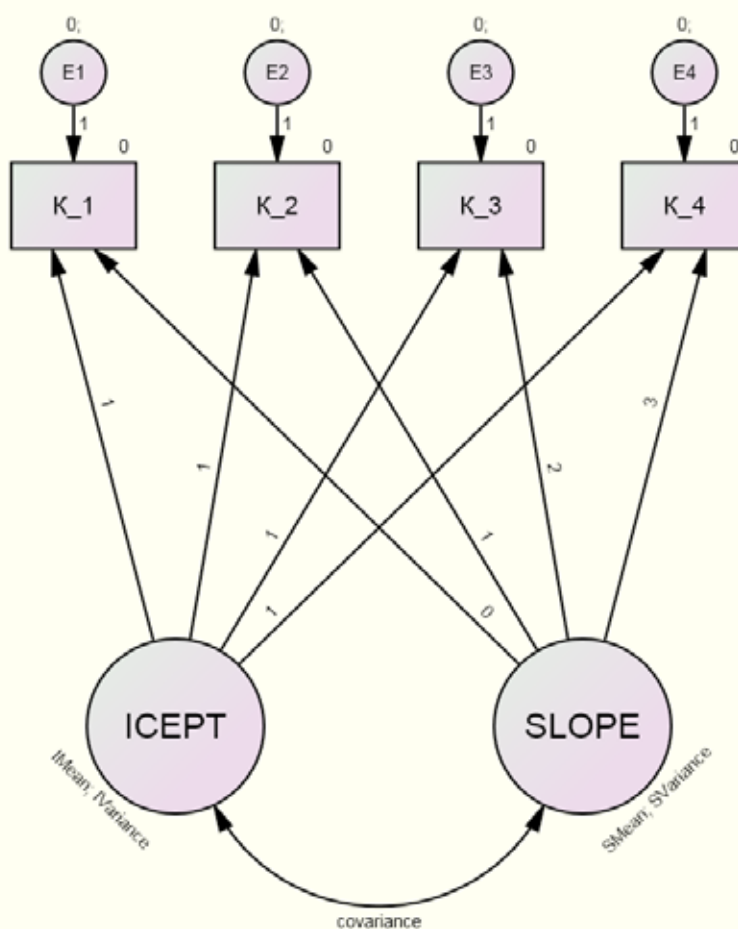


Рис.4. Модель латентных изменений для четырех срезов

2 – через 2 года (III курс), 3 – через 3 года (IV курс).

В отличие от факторного анализа, в ММЛИ интерпретируются не факторные нагрузки, а средние значения и дисперсии *Начала* (ICEPT) и *Наклона* (SLOPE), а также ковариация между ними. Для проверки соответствия модели данным чаще всего используются индексы пригодности: критерий хи-квадрат, сравнительный индекс CFI и ошибка аппроксимации RMSEA.

В программе AMOS все полученные результаты можно вывести нажатием клавиши F10, с помощью панели инструментов нажав на кнопку View Text или через верхнее меню View > Text Output. Результаты, полученные после обработки, отражены в таблице 2.

В таблице Means среднее значение *Начала* (ICEPT) равно 14,465 ($p < 0,001$) и это говорит, о том, что начальное (базовое) среднее значение статистически значительно отличается от нуля. Наиболее важная характеристика, *Наклон*

Таблица 2

Результаты обработки

Means: (Средние)					
	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ICEPT	14,465	,934	15,494	***	IMean
SLOPE	,937	,282	3,322	***	SMean
Variances: (Дисперсии)					
	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ICEPT	7,903	3,928	2,012	,044	IVariance
SLOPE	,381	,484	,787	,431	SVariance
Covariances: (Ковариация)					
	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
ICEPT <-> SLOPE	-,557	,997	-,559	,576	covariance

(SLOPE), равна 0,937 ($p < 0,001$). Это значение показывает, что в среднем показатели студентов увеличиваются на 0,937 единиц в год (или скорость изменения ≈ 1 балл/год).

В таблице Variances дисперсия *Начала* (ICEPT) равна 7,903 ($p = 0,04 < 0,05$). Это означает, что на первом курсе между показателями студентов существуют значимые индивидуальные различия. Дисперсия *Наклона* (SLOPE), равна 0,381 ($p = 0,431 > 0,05$). Значит, скорость изменчивости показателей студентов составляет 0,381 единицы в год, однако этот результат статистически не значим.

В таблице Covariances между *Началом* (ICEPT) и *Наклоном* (SLOPE) ковариация равна -0,557 ($p = 0,576 > 0,05$) и статистически не значима. В случае статистической значимости мы бы интерпретировали результат двумя способами:

1) положительная значимая ковариация — чем выше показатель имел студент в начале обучения, тем с большей скоростью изменятся его показатели эмпатии за 4 среза.

2) отрицательная значимая ковариация — низкую скорость в изменении показателей, как правило, имели студенты с более низким исходным уровнем эмпатии.

Проверка модели на соответствие исходным данным, как и в структурном моделировании, осуществляется с использованием многочисленных индексов соответствия, которые оценивают величину расхождения между исходными данными и тем, что предсказывает модель. В

ММЛИ чаще всего применяют критерий правдоподобия χ^2 , сравнительный индекс согласия CFI и ошибку аппроксимации RMSEA. Для детального ознакомления с особенностями применения индексов в ММЛИ следует обратиться к литературе, например [30].

В исходном примере получили следующие результаты: $\chi^2 = 1,812$ ($p < 0,107$); CFI = 0,856; RMSEA = 0,144. Уровень значимости 0,107 для критерия правдоподобия χ^2 больше 0,05, что говорит о хорошем согласии данных с моделью. CFI < 0,9 и RMSEA > 0,1 — отсутствие согласия данных с моделью. Следовательно, исходя из полученных индексов, мы можем сделать вывод о неудовлетворительном согласии исходных данных с предложено моделью. В таких случаях модель нуждается в коррекции: увеличении объема выборки, изменении числа срезов, усложнении или упрощении модели и т.д.

Таким образом, возможность установить значимую изменчивость среди наблюдений через скорость изменения — одно из важных преимуществ ММЛИ перед другими методами. Например, исследователь, в случае обнаружения значимого межгруппового фактора в лонгитюдном исследовании, может выявить изменения с течением времени, но ничего не может сказать об изменчивости внутри отдельной группы. В ММЛИ определив скорость изменения среднего и изменчивости, исследователь может дополнительно включать дополнительные экзогенные переменные, которые могли бы объяснить эту изменчивость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митина О.В. Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений // Экспериментальная психология. 2008. №1. — С. 131-148.
2. Наследов А. Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS. Профессиональный статистический анализ данных. — СПб: Питер, 2013. — 416 с.
3. 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://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013).
4. Остапенко Р.И. Структурное моделирование в психологии и педагогике [Электронный ресурс] // Перспективы науки и образования, 2013. № 2. URL: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013).
5. Остапенко Р.И. О корректности применения количественных методов в психолого-педагогических исследованиях //

- Перспективы науки и образования, 2013. – №3. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013)
6. Остапенко Р.И. Формирование информационно-математической компетентности студентов гуманитарных специальностей: методические аспекты // Перспективы науки и образования, 2013. – №4. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013)
 7. Остапенко Р.И. Краткий обзор и перспективы развития методов структурного моделирования в отечественной науке и практике // Перспективы науки и образования, 2013. – №5. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013)
 8. Остапенко Р.И. Формирование математической компетентности студентов-психологов в условиях самодиагностики по курсу «Математические основы психологии» // Перспективы науки и образования, 2013. – №6. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive/> (дата обращения: 18.12.2013).
 9. Остапенко Р.И. Самодиагностика как условие формирования математической компетентности студентов психологических специальностей // Современные научные исследования и инновации. – Октябрь 2013. – № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/10/28172> (дата обращения: 27.12.2013).
 10. Остапенко Р.И. Структурное моделирование в науке и образовании: краткий обзор и перспективы развития // Современные научные исследования и инновации. – Сентябрь 2013. – № 9 [Электронный ресурс]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/09/26311> (дата обращения: 28.12.2013).
 11. Остапенко Р.И. Латентное в социо-гуманитарном знании: понятие и классификация [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. – Июль 2012. – № 7 – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15845> (дата обращения: 19.12.2014).
 12. Остапенко Р.И. Методические аспекты формирования информационно-математической компетентности студентов гуманитарных специальностей // Современные научные исследования и инновации. – Май 2013. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/05/24148> (дата обращения: 27.12.2013).
 13. Остапенко Р.И. Использование структурных уравнений в моделировании процессов управления образованием // Управление образованием: теория и практика, 2013. №4. С.1-9.
 14. Остапенко Р.И., Остапенко А.И. Использование методов моделирования структурными уравнениями в области управления образованием [Электронный ресурс]// Государственный советник, 2013. №4. – URL: <http://госсоветник.рф> (дата обращения: 27.12.2013).
 15. Остапенко Р.И. Основы структурного моделирования в психологии и педагогике: учебно-методическое пособие для студентов психолого-педагогического факультета. – Воронеж., 2012. – 116 с.
 16. Остапенко Р.И. Формирование математической компетентности будущих педагогов-психологов: Дис. ...канд. пед. наук. [Текст] / Р. И. Остапенко. – Воронеж, 2009 – 199 с.
 17. Bollen, K. (2002). Latent Variables in Psychology and the Social Sciences. *Annual Review of Psychology*, 53, 605-634.
 18. Curran, P.J., Muthén, B.: The application of latent curve analysis to testing developmental theories in intervention research. *Am. J. Community Psychol.* 27, 567-595 (1999)
 19. DeRoche K.K. (2009) The Functioning of Global Fit Statistics in Latent Growth Curve Modeling: University of Northern Colorado. 308 p.
 20. Duncan, T.E., Duncan, S.C., Strycker, L.A.: An Introduction to Latent Variable Growth Curve Modeling. Concepts, Issues and Applications, 2nd edn. Lawrence Erlbaum, Mahwah (2006)
 21. Kline (2005) Principles and Practice of Structural Equation Modeling. (2nd Edition) Guilford Press.
 22. Muthén, B.: Latent variable modeling with longitudinal and multilevel data. *Sociol. Method.* 27, 453-480 (1997)
 23. Muthén, B.: Beyond SEM: general latent variable modeling. *Behaviormetrika* 29(1), 81-117 (2002)
 24. Preacher K.J., Wichman A.L., MacCallum R.C., Briggs N.E. Latent Growth Curve Modeling. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences. Volume 157. 2008. 112 p.
 25. Reinecke J., Seddig D. Growth mixture models in longitudinal research. *ASTA Advances in Statistical Analysis*. Volume 95, Issue 4, pp.415-434. DOI: 10.1007/s10182-011-0171-4
 26. Rao, C.R.: Some statistical methods for comparison of growth curves. *Biometrics* 14, 1-17 (1958)
 27. Schumacker, Randall E. A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling / Randall E. Schumacker, Richard G. Lomax. – 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates, 2004. 519 p.
 28. Tucker, L.R.: Determination of parameters of a functional relation by factor analysis. *Psychometrika* 23, 19-23 (1958)
 29. Voelcle M.C. Latent growth curve modeling as an integrative approach to the analysis of change // *Psychology Science*, Volume 49, 2007 (4), p. 375-414
 30. Welch G.W. Model Fit and Interpretation of Non-Linear Latent Growth Curve Models. University of Pittsburgh, 2007. 94 p.
 31. Willet, J.B., Sayer, A.G.: Using covariance structure analysis to detect correlates and predictors of individual change over time. *Psychol. Bull.* 116(2), 363-381 (1994)

REFERENCES

1. Mitina O.V. Modeling latent changes using structural equation. *Экспериментальная психология - Experimental psychology*, 2008, no.1, pp. 131-148 (in Russian).
2. Nasledov A. D. *IBM SPSS Statistics 20 i AMOS. Professional'nyi statisticheskii analiz dannykh* [IBM SPSS Statistics 20 and AMOS. Professional statistical data analysis]. Saint Petersburg, Piter, 2013. 416 p.
3. Ostapenko R.I. Structural values and behavioral style in conflict situation of workers organization. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.1. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/> (accessed 13 February 2014).
4. Ostapenko R.I. Structural modeling in psychology and pedagogics *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.2. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/> (accessed 13 February 2014).
5. Ostapenko R.I. About the correctness of the application of quantitative methods in the psychological and pedagogical studies. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.3. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/> (accessed 13 February 2014).
6. Ostapenko R.I. Formation of information-mathematical competence of students of humanitarian specialties: methodological aspects. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.4. [Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/> (accessed 13 February 2014).
7. Ostapenko R.I. Overview and prospects of development of methods of structural modeling in science and practice. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.5. [Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/>

- (accessed 13 February 2014).
8. Ostapenko R.I. Formation of a mathematical competence of students-psychologists in conditions of self-diagnosis on the course «Mathematical foundations of psychology». *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.6. Available at: <http://pnojurnal.wordpress.com/archive13/> (accessed 13 February 2014).
 9. Ostapenko R.I. Self-test as a condition of forming of the mathematical competence of students of psychological specialties. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii - Modern scientific research and innovation*, 2013, no.10. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/10/28172> (accessed 13 February 2014).
 10. Ostapenko R.I. Structural modeling in science and education: overview and perspectives of development. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii - Modern scientific research and innovation*, 2013, no.9. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/09/26311> (accessed 13 February 2014).
 11. Ostapenko R.I. Latent in the socio-humanitarian knowledge: the concept and classification. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii - Modern scientific research and innovation*, 2012, no.7. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2012/07/15845> (accessed 13 February 2014).
 12. Ostapenko R.I. Methodical aspects of forming the information and mathematical competence of students of humanitarian specialties. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii - Modern scientific research and innovation*, 2013, no.5. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/05/24148> (accessed 13 February 2014).
 13. Ostapenko R.I. Using structural equation modelling of processes of management of education. *Upravlenie obrazovaniem: teoriia i praktika - Education management: theory and practice*, 2013, no.4, pp.1-9 (in Russian).
 14. Ostapenko R.I., Ostapenko A.I. Use of methods of structural equation modeling in the field of management education. *Gosudarstvennyi sovetnik - the State Counsellor*, 2013. №4. URL: <http://gossovetnik.wordpress.com> (accessed 13 February 2014).
 15. Ostapenko R.I. *Osnovy strukturnogo modelirovaniia v psikhologii i pedagogike: uchebno-metodicheskoe posobie dlia studentov psikhologo-pedagogicheskogo fakul'teta* [Fundamentals of structural modeling in psychology and pedagogics: textbook for the students of psychological-pedagogical faculty]. Voronezh, 2012. 116 p.
 16. Ostapenko R.I. *Formirovanie matematicheskoi kompetentnosti budushchikh pedagogov-psikhologov: Diss. ...kand. ped. nauk.* [Formation of a mathematical competence of the future teachers-psychologists: Diss. ... PhD in Pedagogical sciences]. Voronezh, 2009. 199 p.
 17. Bollen, K. (2002). Latent Variables in Psychology and the Social Sciences. *Annual Review of Psychology*, 53, 605-634.
 18. Curran, P.J., Muthén, B.: The application of latent curve analysis to testing developmental theories in intervention research. *Am. J. Community Psychol.* 27, 567-595 (1999).
 19. DeRoche K.K. (2009) The Functioning of Global Fit Statistics in Latent Growth Curve Modeling: University of Northern Colorado. 308 p.
 20. Duncan, T.E., Duncan, S.C., Strycker, L.A.: An Introduction to Latent Variable Growth Curve Modeling. Concepts, Issues and Applications, 2nd edn. Lawrence Earlbaum, Mahwah (2006).
 21. Kline (2005) Principles and Practice of Structural Equation Modeling. (2nd Edition) Guilford Press.
 22. Muthén, B.: Latent variable modeling with longitudinal and multilevel data. *Sociol. Method.* 27, 453-480 (1997).
 23. Muthén, B.: Beyond SEM: general latent variable modeling. *Behaviormetrika* 29(1), 81-117 (2002).
 24. Preacher K.J., Wichman A.L., MacCallum R.C., Briggs N.E. *Latent Growth Curve Modeling. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences.* Volume 157. 2008. 112 p.
 25. Reinecke J., Seddig D. Growth mixture models in longitudinal research. *AStA Advances in Statistical Analysis.* Volume 95, Issue 4, pp.415-434. DOI: 10.1007/s10182-011-0171-4
 26. Rao, C.R.: Some statistical methods for comparison of growth curves. *Biometrics* 14, 1-17 (1958)
 27. Schumacker, Randall E. A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling / Randall E. Schumacker, Richard G. Lomax. – 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates, 2004. 519 p.
 28. Tucker, L.R.: Determination of parameters of a functional relation by factor analysis. *Psychometrika* 23, 19-23 (1958).
 29. Voelcle M.C. Latent growth curve modeling as an integrative approach to the analysis of change // *Psychology Science*, Volume 49, 2007 (4), p. 375-414.
 30. Welch G.W. Model Fit and Interpretation of Non-Linear Latent Growth Curve Models. University of Pittsburgh, 2007. 94 p.
 31. Willet, J.B., Sayer, A.G.: Using covariance structure analysis to detect correlates and predictors of individual change over time. *Psychol. Bull.* 116(2), 363-381 (1994).

Информация об авторе

Остапенко Роман Иванович

(Россия, г. Воронеж)

Кандидат педагогических наук, преподаватель кафедр математики. Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина
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