

УДК 159.9.075

Р. И. Остапенко

ББК 60.6

*Кандидат педагогических наук***СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПСИХОЛОГИИ И ПЕДАГОГИКЕ: ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

На основе анализа работ отечественных и зарубежных исследователей в области гуманитарных наук, использующих в своих исследованиях методы математической статистики, автор приходит к выводу о необходимости студентов и аспирантов психологических и педагогических специальностей к повышению их собственной информационно-математической компетентности: изучению как классических методов математической статистики и многомерного анализа данных, так и методов структурного моделирования. Автором представлено учебно-методическое пособие на русском языке по основам структурного моделирования для студентов и аспирантов гуманитарных специальностей, проявляющих интерес к данной методологии.

Ключевые слова: структурное моделирование, математические методы, психология, педагогика, научные исследования, обучение.

R. I. Ostapenko

*Ph.D. in Pedagogy***STRUCTURAL EQUATION MODELING IN PSYCHOLOGY AND PEDAGOGY: PROBLEMS OF SCIENCE AND EDUCATION**

Based on analysis of works of Russian and foreign researchers in the field of humanitarian sciences, which use in their research methods of mathematical statistics, author comes to a conclusion about the necessity of students and post-graduate students of the psychological and pedagogical specialties to develop their own information and mathematical competence: the study of the classical methods of mathematical statistics and multivariate analysis of data, and the structural equation modeling. The author presented the educational manual in the Russian language on the basics of structural equation modeling for students and post-graduate students of humanitarian specialties, with an interest in the methodology.

Key words: structural equation modeling, mathematical methods, psychology, pedagogy, scientific research, training.

Бурное развитие образовательных и информационных технологий, интеграция психологии, физиологии и других наук о человеке в процесс обучения и воспитания, существенно расширяют спектр педагогического

воздействия в преподавании дисциплин различного цикла. Результаты внедряемых инноваций отслеживаются экспериментально с помощью тестирования, анкетирования и других видов проверочных работ. В исследованиях используются методы математической статистики для получения более объективной картины внедряемых мероприятий: статистические критерии различий между группами, дисперсионный анализ и т.д. Фактически одномерный статистический анализ полученных экспериментальных данных сводится к сравнению частотных распределений или средних величин между группами, и исследователь теряет возможность изучения и контроля тех процессов, влияние которых было как явно, так и опосредованно (психологические, возрастные и другие факторы). Отсюда вытекает необходимость комплексного подхода к изучению механизмов процесса обучения, в том числе и с помощью математических методов анализа данных.

Исследования в области психолого-педагогических наук, делающих акцент на рассмотрении явлений как сложных, динамических, самоорганизующихся систем, указывают на необходимость осваивания и дальнейшую разработку соответствующего математического аппарата: структурное моделирование, логистические модели и т.д. Одним из современных математических методов является структурное моделирование или моделирование структурными уравнениями (structural equation modeling). Структурное моделирование, базирующееся на корреляционно-регрессионном, путевом и факторном анализе, как метод моделирования причинно-следственных связей и латентных структур является популярным инструментом в работе психологов (Т. В. Корнилова [5], О. В. Митина [7], А. Д. Наследов [8], Р. М. Bentler [5], К. А. Bollen [13] и др.), социологов (И. Ф. Девятко [4], Ю. Н. Толстова [10], Н. М. Blalock [12], О. D. Dunkan [15], Р. F. Lazarsfeld [18] и др.) и других специалистов (А. А. Маслак [6], К. G. Joereskog & D. Soerbom [16] и др.).

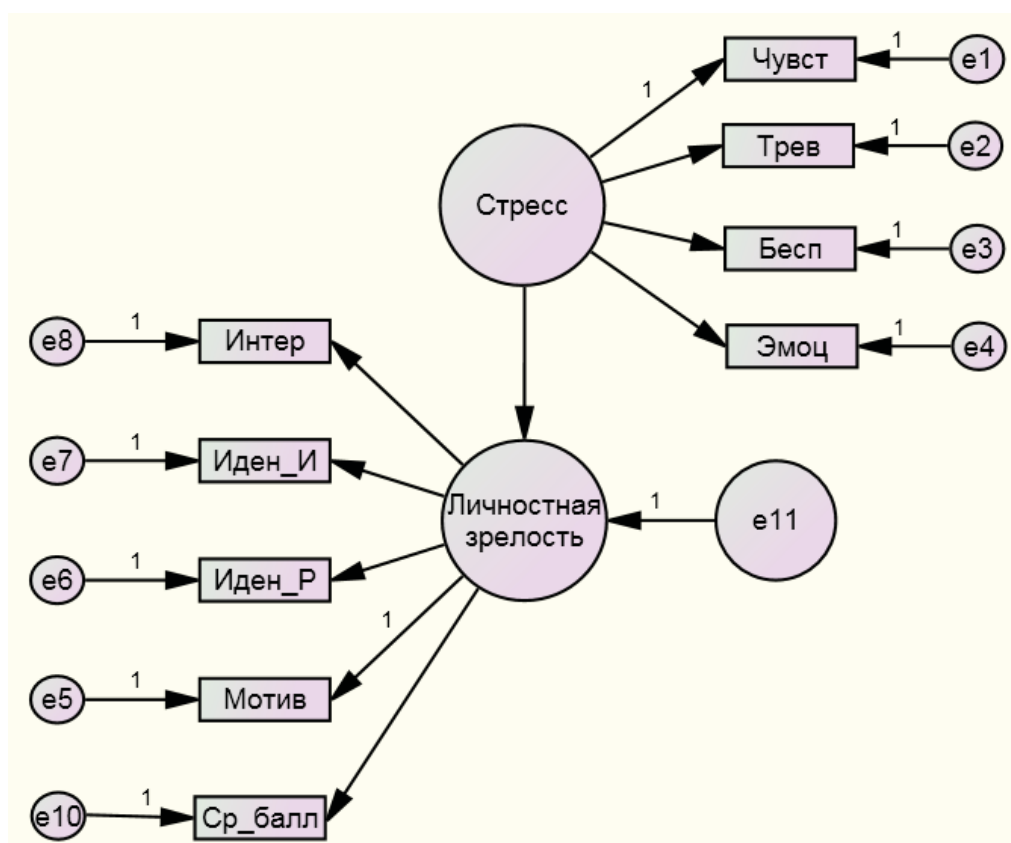
Для создания моделей и их анализа существует специальное программное обеспечение, среди которого наиболее популярны: AMOS на базе SPSS, EQS, Lisrel, Mplus, SAS, Statistica, а также свободно распространяемые программы работающие на базе среды R: Lavaan и OpenMx.

По данным Р. F. Tremblay и R. C. Gardner [20] период с 1973 по 1994 характеризуется значительным ростом публикаций в которых используется структурное моделирование при плавном снижении числа работ с применением факторного и регрессионного анализа. С 1994 по 2001

S. L. Hershberger [17] отмечает дальнейший рост популярности структурного моделирования как исследовательского метода.

Применение методов структурного моделирования в России пока не получило такого широкого распространения как в зарубежной науке несмотря на широкий круг решаемых ими задач, особенно характерных для естественных и гуманитарных областей знаний.

Далее приведем примеры структурных моделей полученных автором статьи в рамках психолого-педагогических исследований.



Обозначения: Чувст – чувствительность; Трев – тревожность; Бесп – беспокойство; Эмоц – эмоциональность; Интер – интернальность; Иден_И – идентификация с учебно-профессиональной деятельностью (идеальное); Иден_Р – идентификация с учебно-профессиональной деятельностью (реальное); Мотив – мотивация; Ср_балл – средний балл за экзамены в конце сессии.

Рис. 1. Предполагаемая измеряемая модель связи стрессоустойчивости и личностной зрелости

Тема исследования: «Влияние стресса на формирование личностной зрелости студентов». Цель работы заключалась в выявлении связи между

стрессоустойчивостью и личностными особенностями студентов. В качестве гипотезы выступило предположение, что высокая склонность к стрессу оказывает негативное влияние на уровень сформированности личностной зрелости студентов. В исследовании приняли участие студенты четвертых и пятых курсов психолого-педагогического факультета Воронежского госпедуниверситета (182 человека: 174 девушки и 8 юношей) в возрасте 20-22 лет.

На основе теоретического анализа была выделена комплексная характеристика «личностная зрелость студента», обеспечивающая сознательное принятие студентом профессионально значимых ценностей и его стремление реализовать себя в процессе учебной и профессиональной деятельности. Таким образом, показателями личностной зрелости выступили: уровень интернальности, идентификацией с учебно-профессиональной ролью, мотивация к учению и успеваемость. Стрессоустойчивость характеризовалась такими параметрами как: чувствительность, тревожность, беспокойство, эмоциональность.

Между двумя латентными переменными «Стресс» и «Личностная зрелость» установлена причинно-следственная связь (см. рис.1).

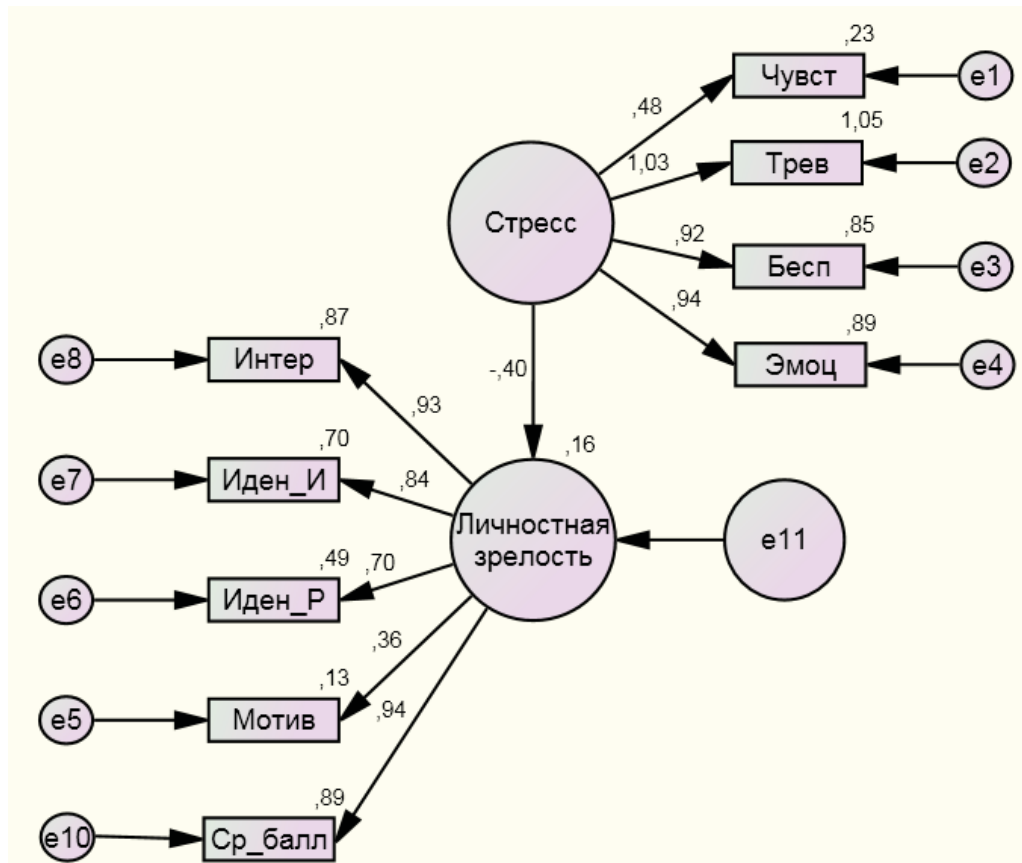
Модель представлена и оценена методом максимального правдоподобия с помощью модуля AMOS на базе SPSS 18.0.

На рисунке 2 латентная переменная «стресс» манифестируются наблюдаемыми переменными «чувствительность» (0,48), «тревожность» (1,03), «беспокойство» (0,92) и «эмоциональность» (0,94). Латентная переменная «личностная зрелость» манифестируются наблюдаемыми переменными «интернальность» (0,93), «идентификация-идеальное» (0,84), «идентификация-реальное» (0,70), «мотивация» (0,36) и успеваемость (0,94).

Между латентными переменными «Стресс» и «Личностная зрелость» установлена связь, величина которой оценена с помощью коэффициента регрессии (- 0,40).

Проверка модели с помощью следующих индексов: значения критерия $\chi^2/df = 1,189$ ($p = 0,232$), сравнительного индекса пригодности $CFI = 0,978 > 0,90$ и среднеквадратичной ошибки приближения $RMSEA = 0,087 < 0,1$ говорит о ее хорошем соответствии исходным данным.

По результатам исследования был сделан вывод, что высокая склонность к стрессу, повышенный уровень тревожности оказывает негативное влияние на уровень сформированности личностной зрелости студентов, способствует снижению мотивации и является препятствием проявления их компетентности.



$$\chi^2/df = 1,189; p = 0,232; CFI = 0,978; RMSEA = 0,087.$$

Рис.2. Рассчитанная модель связи стрессоустойчивости и личностной зрелости

Приведем другой пример структурного моделирования. Тема исследования: «Взаимосвязь конфликтности спортсменов и стажа их деятельности». Цель экспериментальной работы заключалась в выявлении связи между показателями конфликтности спортсменов их возрастом, разрядом и стажем спортивной деятельности. В исследовании принимало участие 198 спортсменов-легкоатлетов различной категории.

В результате эксплораторного факторного анализа (методом главных компонент) шкал «возраст» (извлеченная общность – 0,728), «стаж» (0,822), «разряд» (0,144), «соперничество» (0,656), «агрессивность» (0,470) и «конфликтность» (0,478) было выделено два фактора: первый фактор объяснял 28% дисперсии, второй фактор – 27% дисперсии переменных. Остальные извлеченные факторы имели собственные значения ниже единицы. После варимакс-вращения (см. табл.1) первый фактор стал иметь максимальные нагрузки по переменным «возраст» и «стаж», а второй фактор

по переменным «соперничество», «агрессивность» и «конфликтность». Первый фактор интерпретировался как «спортивный опыт», а второй фактор – «спортивное соперничество».

Таблица 1

Матрица компонент после варимакс-вращения

	1 компонента	2 компонента
Возраст	,848	-,090
Стаж	,903	-,083
Разряд	,340	,167
Соперничество	,048	,808
Агрессивность	-,061	,683
Конфликтность	,067	,688

Факторы представлены в виде комбинаций: F1 – «Спортивный опыт» = $0,903 \cdot \text{«Стаж»} + 0,848 \cdot \text{«Возраст»}$; F2 – «Спортивное соперничество» = $0,808 \cdot \text{«Соперничество»} + 0,688 \cdot \text{«Конфликтность»} + 0,683 \cdot \text{«Агрессивность»}$.

Связи между наблюдаемыми переменными и факторами представили графически в виде диаграммы путей с помощью инструментов модуля AMOS (см. рис.3). В модель не вошла переменная «стаж» имеющая низкую общность с извлеченными факторами и возможно имеющая связь с другими переменными, не учтенными в исследовании.

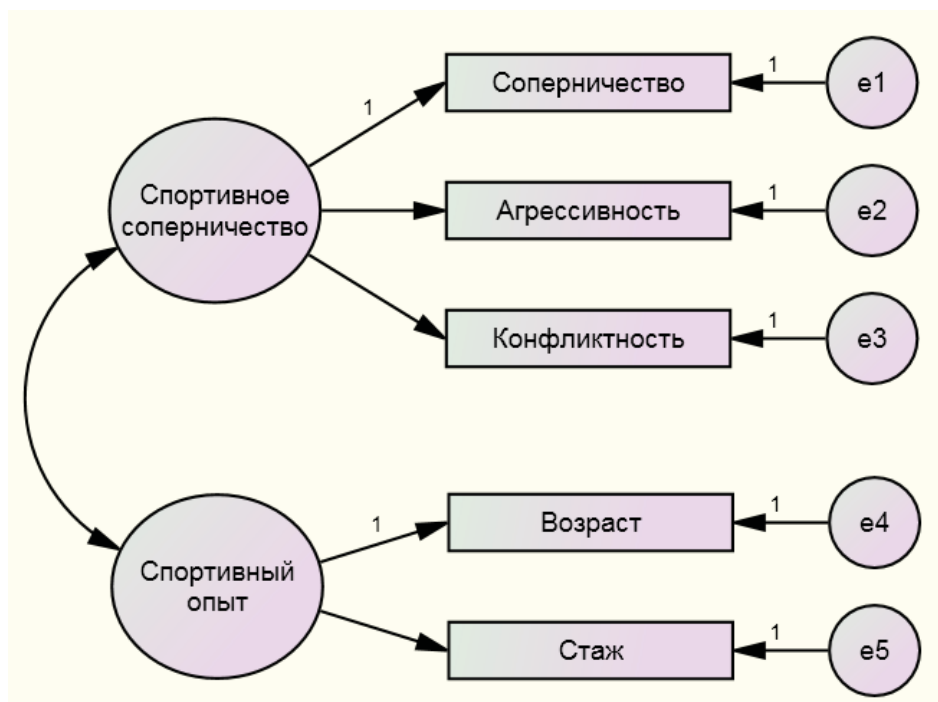
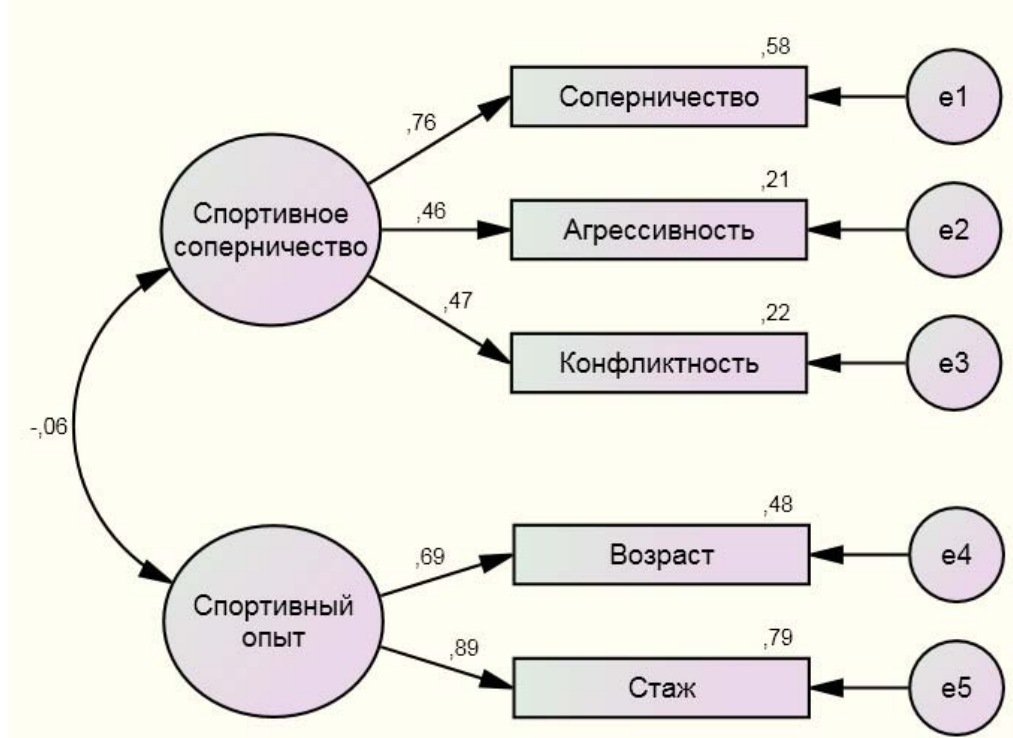


Рис.3. Предполагаемая измеряемая модель связи «спортивного соперничества» и «спортивного опыта»

Оценка соответствующей факторной структуры производилась методом максимального правдоподобия с помощью AMOS SPSS 18.0.



$$\chi^2 = 0,104, p = 0,981; GFI = 0,998; RMSEA = 0,000.$$

Рис.4. Расчетная модель «спортивного соперничества» и «спортивного опыта»

В нашем случае (см. рис.4) показатель $\chi^2 = 0,104$ ($p = 0,981$) статистически не значим, что указывает на хорошую согласованность модели с данными. Показатели $GFI = 0,998 > 0,95$ и $RMSEA = 0,000 < 0,1$. Таким образом, предложенная факторная модель обеспечивает хорошее согласие с экспериментальными данными.

Несмотря все на достоинства метода структурного моделирования: наглядность; возможность работы с данными, не соответствующими нормальному распределению, с пропущенными данными; возможность допущений о связях между ошибками; возможность модификации модели до наилучшего соответствия данных предложенной исследователем теоретической модели следует учитывать ряд описанных Е. Л. Григоренко [3] предостережений. Прежде всего, это: учет причинно-следственных связей, являющихся следствием теоретических представлений исследователя; качество собираемых данных; необходимость большой

выборки в исследовании; дальнейшая возможность содержательной интерпретации результатов моделирования.

Развитию методологии структурного моделирования в отечественной науке во многом способствует работа научных сообществ (в том числе интернет-сообществ) математиков, информатиков и специалистов в областях гуманитарных и общественных наук актуализирующих подготовку специалистов, которые владели бы соответствующими компетенциями по математическому моделированию и анализу данных. Отсюда вытекает необходимость введения соответствующих специализаций и спецкурсов на факультетах вузов, повышение квалификации научно-педагогических кадров, разработка учебных и методических пособий, совершенствование материально-технической базы и специального программного обеспечения.

В настоящее время следует констатировать большой разрыв между необходимостью освоения многомерных методов (в том числе и структурного моделирования) студентами психолого-педагогических специальностей и их уровнем базовой математической подготовки и учебной мотивации, наличием навыков систематической самостоятельной работы. Для кафедр вузов преподавание математических дисциплин студентам гуманитарных специальностей выступает сложной задачей как при выборе методов и форм обучения, отборе содержания материала и уровня строгости его изложения, так и в повышении квалификации самих преподавателей.

Разработка научно-методического обеспечения образовательного процесса вуза технологиями профессионально-прикладной, практико-ориентированной математической подготовки студентов гуманитарных специальностей и поиск стимулирующих методов и средств обеспечения развития и учебного процесса относится к числу актуальных задач.

В рамках вышеуказанной проблемы нами было установлено, что процесс формирования математической компетентности студентов гуманитарного профиля, в частности студентов психолого-педагогических специальностей, будет эффективен при соблюдении психолого-педагогических, педагогических и социально-педагогических условиях условий. Кратко их охарактеризуем.

Психолого-педагогические условия

- активизация познавательной мыслительной деятельности студентов в условиях самодиагностики и самореализации;
- ориентация на развитие логического мышления студентов;
- формирование потребности в познании и совместной деятельности с использованием поисковых и проблемных методов обучения.

Социально-педагогические условия

- система процесса обучения в контексте будущей профессиональной деятельности с включением студентов в реальные психолого-педагогические исследования;

- использование в образовательном процессе информационных технологий (различных визуальных материалов и программных средств).

Педагогические условия

- организация опосредованного усвоения компетенций, приобретающих личностный смысл через активные технологии обучения (ролевые, деловые игры и т.д.).

Разработанное методическое обеспечение дисциплин «Математические основы психологии», «Математические методы в психологии», «Методы математической статистики в психологии и педагогике» обладающее свойствами вариативности, интерактивности, адаптивности позволяет преподавателю и студентам переключаться с самопознавательной деятельности на познавательную, а затем научно-исследовательскую, с коллективных форм работы на групповые и индивидуальные.

В процессе решения вышеуказанных задач на базе Воронежского государственного педагогического университета под руководством д.ф.м.н., профессора В. М. Зеленева автором настоящей статьи было разработано и внедрено в учебный процесс учебно-методическое пособие «Основы структурного моделирования в психологии и педагогике», предназначенное для студентов и аспирантов психологических и педагогических специальностей вузов. На основе результатов серий экспериментов полученных лично автором в книге представлены фундаментальные знания математической статистики (корреляционно-регрессионный анализ, эксплораторный метод главных компонент), методы являющиеся основой структурного моделирования (путевой, конфирматорный факторный анализ), а также описаны способы компьютерной обработки данных с помощью специального модуля AMOS SPSS 18.0.

Таким образом, бурное развитие программных средств обработки информации (в том числе он-лайн в сети Интернет), систематизация знаний и совершенствование методики преподавания математических дисциплин студентам-гуманитариям позволяет осуществить более эффективное знакомство студентов и аспирантов психолого-педагогических специальностей с многомерными методами анализа данных и структурного моделирования. 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, качественной интерпретации полученных результатов. Все усиливает методологическое и диагностическое значение проводимых ими исследований, актуализирует развитие исследовательской логики студентов-гуманитариев и расширяет их познавательные способности в изучении научной картины мира, действительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А.В. Обзор применения математических методов при проведении психологических исследований [Электронный ресурс] // Психологические исследования: электрон. науч. журн. 2010. № 2(10). – URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 28.04.2013).
2. Воробьев А.В., Баркова Т.Ю. Латентно-структурная математическая модель влияния психосоциальных факторов на психосоматическое состояние подростков // Естественные и технические науки. 2011. – № 3.
3. Григоренко Е.Л. Применение статистического метода моделирования с помощью линейных структурных уравнений в психологии: за и против // Вопросы психологии. 1994. – № 4. – С.108-126.
4. Девятко И.Ф. Диагностическая процедура в социологии: очерк истории и теории. М.: Наука, 1993. – 175 с.
5. Корнилова Т.В. Основные тренды в развитии методов психологических исследований // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы, 2010. – С. 42-46.
6. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: теория и практика: Монография. – Славянск-на-Кубани: Издательский центр СГПИ, 2007. – 424 с.
7. Митина О.В. Моделирование латентных изменений с помощью структурных уравнений // Экспериментальная психология. 2008. №1. – С. 131-148.
8. 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: 28.04.2013).
9. Остапенко Р.И. Основы структурного моделирования в психологии и педагогике: учебно-методическое пособие для студентов психолого-педагогического факультета. – Воронеж., 2012. – 116 с.
10. Толстова Ю.Н. Социология и математика: Сборник избранных трудов. 2003.
11. Bentler P.M. EQS, Structural Equations, Program Manual. C.A., 1995.
12. Blalock H.M., Blalock A.B. Methodology in Social Research. N.Y., 1968.
13. Bollen K. Latent Variables in Psychology and the Social Sciences // Annual Review of Psychology. 2002. № 53.

14. Cuttance P., Ecob R. Structural Modeling by Example: Applications in Educational, Sociological, and Behavioral Research. N.Y., 1987.
15. Duncan O.D. Path Analysis: Sociological Examples // The American Journal of Sociology. 1966. Vol. 72. No. 1.
16. Joereskog K.G., Soerbom D. Advances in Factor Analysis and Structural Equation Models. Cambridge, 1979.
17. Hershberger S.L. The growth of structural equation modeling: 1994-2001 // Structural Equation Modeling, 2003.
18. Lazarsfeld P.F., Henry N.W. Latent Structure Analysis. N.Y., 1968.
19. Lee H.W. An Application of Latent Variable Structural Equation Modeling For Experimental Research in Educational Technology // TOJET. 2011. v.10.
20. Tremblay P.F., Gardner R.C. On the growth of structural equation modeling in psychological journals // Structural Equation Modeling. 1996. №3.
21. Usluel Y. K., Aşkar P., Baş T. A Structural Equation Model for ICT Usage in Higher Education. Educational Technology & Society. 2008. 11 (2).

REFERENCES

1. Vorob'ev A.V. The review of the application of mathematical methods in conducting psychological research. *Psikhologicheskie issledovaniia – Psychological research*, 2010, no.2(10). Available at : <http://psystudy.ru> (Accessed 28 April 2013).
2. Vorob'ev A.V., Barkova T.Iu. Latent-structural mathematical model of the influence of psychosocial factors on the psychosomatic condition of adolescents. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Natural and technical Sciences*, 2011. no.3. (in Russian).
3. Grigorenko E.L. The application of statistical methods of modelling with the help of linear structural equations in psychology: pro and contra. *Voprosy psikhologii – Questions of psychology*, 1994, no.4. pp.108-126 (in Russian).
4. Deviatko I.F. *Diagnosticheskaia 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.
5. Kornilova T.V. The main trends in the development of the methods of psychological research. *Ekspperimental'naia psikhologiya v Rossii: Traditsii i perspektivy – Experimental psychology in Russia: Traditions and perspectives*, 2010. pp.42-46 (in Russian).
6. Maslak A.A. *Izmerenie latentnykh peremennykh v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh: teoriia i praktika* [Measurement of latent variables in social and economic systems: theory and practice]. Slavyansk-on-Kuban: Publishing center of SGPI, 2007. 424 p.
7. Mitina O.V. Modeling of the latent changes with the help of the structural equations. *Ekspperimental'naia psikhologiya – Experimental psychology*, 2008. no.1. pp.131-148 (in Russian).
8. 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 April 2013).

9. Ostapenko R.I. *Osnovy strukturnogo modelirovaniia v psikhologii i pedagogike* [Basics of structural equation modeling in psychology and pedagogy]. Voronezh, VSPU., 2012. 116 p.
10. Tolstova Iu.N. *Sotsiologiya i matematika: Sbornik izbrannykh trudov* [Sociology and mathematics: a Collection of selected works]. Moscow., 2003.
11. Bentler P.M. EQS, Structural Equations, Program Manual. C.A., 1995.
12. Blalock H.M., Blalock A.B. *Methodology in Social Research*. N.Y., 1968.
13. Bollen K. Latent Variables in Psychology and the Social Sciences // *Annual Review of Psychology*. 2002. № 53.
14. Cuttance P., Ecob R. *Structural Modeling by Example: Applications in Educational, Sociological, and Behavioral Research*. N.Y., 1987.
15. Duncan O.D. Path Analysis: Sociological Examples // *The American Journal of Sociology*. 1966. Vol. 72. No. 1.
16. Joereskog K.G., Soerbom D. *Advances in Factor Analysis and Structural Equation Models*. Cambridge, 1979.
17. Hershberger S.L. The growth of structural equation modeling: 1994-2001 // *Structural Equation Modeling*, 2003.
18. Lazarsfeld P.F., Henry N.W. *Latent Structure Analysis*. N.Y., 1968.
19. Lee H.W. An Application of Latent Variable Structural Equation Modeling For Experimental Research in Educational Technology // *TOJET*. 2011. v.10.
20. Tremblay P.F., Gardner R.C. On the growth of structural equation modeling in psychological journals // *Structural Equation Modeling*. 1996. №3.
21. Usluel Y. K., Aşkar P., Baş T. A Structural Equation Model for ICT Usage in Higher Education. *Educational Technology & Society*. 2008. 11 (2).

Информация об авторе

Остапенко Роман Иванович (Россия, г. Воронеж) – Кандидат педагогических наук, заместитель директора по науке и инновациям ООО «Экологическая помощь». E-mail: ramiro@list.ru.

Information about the author

Ostapenko Roman Ivanovich (Russian Federation, Voronezh) – Ph.D. in Pedagogy, deputy director for science and innovation "Environmental care". E-mail: ramiro@list.ru.