

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Рязанский государственный университет
имени С.А. Есенина»

А.Н. Козлов,
В.А. Шелонцев,
Д.В. Денисов,
Л.Н. Шелонцева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МНОГОМЕРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Научно-методическое пособие

Рязань 2010

ББК 24я73
К59

Печатается по решению учебно-методического совета государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина» в соответствии с планом изданий на 2010 год.

Рецензенты:

О.И. Курдюмова, д-р пед. наук, проф. (Омский гос. пед. ун-т);

И.В. Скворцова, канд. хим. наук, доц. (Омский гос. пед. ун-т)

Козлов А.Н.

К59

Использование многомерных методов анализа в педагогических исследованиях : научно-методическое пособие / А.Н. Козлов, В.А. Шелонцев, Д.В. Денисов, Л.Н. Шелонцева ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. — Рязань, 2010. — 88 с.

ISBN 978-5-88006-642-1

Рассмотрено применение многомерных методов анализа для описания, объяснения и прогнозирования педагогических явлений. Выявлена типология и виды исследовательских педагогических задач для их оптимального решения многомерными методами анализа, проведено экспериментальное исследование по построению педагогических моделей с использованием кластерного, многомерного дисперсионного и множественного регрессионного анализа, представлены методические рекомендации по применению пакетов прикладных программных средств.

Материалы работы могут быть полезны аспирантам и магистрантам педагогических специальностей.

Ключевые слова: педагогическое исследование, педагогические исследовательские задачи, модели педагогического эксперимента, многомерные методы анализа, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ.

ББК 24я73

© Козлов А.Н., Шелонцев В.А., Денисов Д.В., Шелонцева Л.Н., 2010

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», 2010

ISBN 978-5-88006-642-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1	
Теоретическое обоснование использования многомерных методов анализа в педагогических исследованиях.....	7
1.1. Методология и логическая структура педагогического исследования.....	7
1.2. Основные методы педагогического исследования.....	14
1.3. Типология и виды исследовательских педагогических задач.....	21
1.4. Назначение и теоретические основы многомерных методов анализа.....	25
Глава 2.	
Практическое использование многомерных методов анализа при решении экспериментальных исследовательских задач по методике обучения химии.....	36
2.1. Методика проведения экспериментального исследования.....	36
2.2. Построение модели влияния различных переменных на результативность запоминания учебного материала методом множественного регрессионного анализа.....	38
2.3. Построение модели влияния различных факторов на запоминание учебного материала в процессе решения школьниками познавательных задач.....	41
2.4. Распределение студентов на группы по результатам выполнения контрольных заданий методом кластерного анализа.....	44
2.5. Методические рекомендации по применению прикладных программных средств для анализа результатов исследования многомерными методами анализа.....	52
Заключение.....	54
Список рекомендуемой литературы.....	58
Приложение 1. Экспериментальный материал	62

к исследовательским задачам 1 и 2.....	
Приложение 2. Варианты контрольных заданий.....	62
Приложение 3. Метод множественного регрессионного анализа (расчет в программе SPSS).....	63
Приложение 4. Критерий t-Стьюдента для зависимых выборок (расчет в программе SPSS).....	65
Приложение 5. Метод множественного дисперсионного анализа (расчет в программе SPSS).....	66
Приложение 6. Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS).....	68
Приложение 7. Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS).....	69
Приложение 8. Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS).....	70
Приложение 9. Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS).....	71
Приложение 10. Методические рекомендации по применению прикладных программных средств для анализа результатов исследования многомерными методами анализа.....	72

ВВЕДЕНИЕ

Педагогический процесс представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов целей, содержания, методов, средств, организационных форм, результатов деятельности педагога и обучающихся. Любой из этих элементов в свою очередь также можно рассматривать как сложную систему, включающую множество компонентов, каждый из которых и все вместе влияют не только на течение педагогического процесса, но и на его результат.

Одна из основных задач современной педагогики — выявление и изучение различных факторов, способствующих оптимизации образовательного процесса и приводящих к заранее планируемым результатам, то есть одно из центральных мест в развитии педагогики и частных методик занимает научное педагогическое исследование.

В современных условиях развития образования происходят такие изменения, которые вовлекают в исследовательскую деятельность (от опытно-экспериментальной работы до магистерских и кандидатских диссертаций) большинство педагогов общеобразовательных и профессиональных учебных заведений.

Каждое научное исследование преследует разные цели, решает различные задачи. Однако все они направлены на выявление каких-либо закономерностей, описание и объяснение происходящих педагогических явлений, определение возможности прогнозирования результатов педагогического воздействия.

Любые явления окружающего мира, в том числе педагогические, всегда имеют две стороны — качественную и количественную. Традиционно сложилось так, что проведение педагогических исследований ориентировалось преимущественно на качественную сторону. Изучение

педагогических процессов с качественной точки зрения, несомненно, является важным, поскольку выявляет всю совокупность свойств тех или иных педагогических объектов и явлений. Однако количественная сторона не менее важна, потому что, как считает И.П. Подласый, именно «количество определяет размеры и величину этого качества»¹.

К сожалению, использование количественных методов очень часто ограничивается нахождением средних показателей, вычислением процентов или долей. Как известно, все явления и процессы, протекающие в социальных системах, в том числе и в образовательной, носят статистический, вероятностный характер. Поэтому важным является использование статистических методов анализа, которые позволяют оценить значимость полученных количественных показателей и отделить случайные явления и процессы от закономерных.

«Необходимо различать, — пишет И.П. Подласый, — два основных направления использования количественных методов в педагогике: 1) для обработки результатов наблюдений и экспериментов, 2) для моделирования, диагностики, прогнозирования...»². К первой группе методов относятся, в частности, методы статистического анализа, которые достаточно широко известны и применяются в педагогических исследованиях. Во вторую группу входят многомерные методы анализа, наиболее важные из которых — множественный дисперсионный и регрессионный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, многомерное шкалирование.

Эти и другие методы многомерного анализа достаточно широко применяются в экономических, психологических и социологических исследованиях³, однако в педагогических работах они практически не используются.

Таким образом, актуальность данного пособия определяется явным противоречием между возможностью использования многомерных методов анализа для системного изучения закономерностей педагогического процесса, их описания, объяснения, прогнозирования и отсутствием методических рекомендаций по практическому применению этих методов.

¹ Подласый И. П. Педагогика : учеб. М. : Высшее образование, 2006. С. 160.

² Подласый И.П. Педагогика. С. 161.

³ Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ : в 2 кн. Кн. 1. М. : Финансы и статистика, 1986 ; Дронов С.В. Многомерный статистический анализ : учеб. пособие. Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003 ; Дюран Б., Одделл П. Кластерный анализ / пер. с англ. Е.З. Демиденко ; под ред. А.Я. Боярского ; предисл. А.Я. Боярского. М. : Статистика, 1977 ; Калинина В.Н., Соловьев В.И. Введение в многомерный статистический анализ : учеб. пособие / ГУУ. М., 2003 ; Мандель И.Д. Кластерный анализ. М. : Финансы и статистика, 1988 ; Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М. : Наука, 1980.

ГЛАВА 1

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОМЕРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

1.1. Методология и логическая структура педагогического исследования

Проведение любого исследования объектов и явлений окружающей действительности основывается на общенаучной и специальной методологии. В Философском энциклопедическом словаре дается следующее определение данного понятия: «Методология — это система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности»¹. В.И. Загвязинский выделяет в методологии педагогики следующие основные принципы:

- «1. Учение о структуре и функциях педагогического знания.
2. Исходные, ключевые, фундаментальные педагогические положения (теории, концепции, гипотезы), имеющие общенаучный смысл.
3. Учение о логике и методах педагогического исследования.
4. Учение о способах использования полученных знаний для совершенствования практики»².

Общепризнанным является то, что методологическую основу любой науки, любой отрасли знания составляет системный подход. Системный подход основан на том, что любой изучаемый объект окружающей действительности представляет собой сложное образование — систему³. Любая система состоит из определенной совокупности составных частей — элементов, которые взаимосвязаны между собой.

Любой изучаемый объект, представляемый в виде системы, в реальных условиях не изолирован, а находится во взаимодействии с другими объектами окружающей среды. Таким образом, основными понятиями общей теории систем являются: система, элемент системы, связь системы, структура, взаимодействие, внешняя среда⁴. Все эти понятия в зависимости от цели изучения систем определяются по-разному.

¹ Философский энциклопедический словарь. М. : Советская энциклопедия, 1983. С. 365.

² Загвязинский В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., стер. М. : Академия, 2005. С. 40.

³ Карташов В.А. Система систем. Очерки общей теории и методологии. М. : Прогресс-академия, 1995 ; Месарович М., Маго Д., Тахара И. Теория иерархических многоуровневых систем : пер. с англ. М. : Мир, 1973 ; Садовский В.Н. Основы общей теории систем. М. : Наука, 1974 ; Уёмов А.И. Системный подход и общая теория систем. М. : Мысль, 1978.

⁴ Мухин В.И. Исследование систем управления : учеб. для вузов. М. : Экзамен, 2003.

Например, В.И. Мухин эти понятия рассматривает с позиций теории систем управления ¹.

Дадим наиболее общие определения указанным понятиям:

— система — совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, обладающая целостностью;

— элемент системы — составная часть системы, обладающая самостоятельностью, которая в данных условиях рассматривается как неделимая;

— связь системы — отношение между ее элементами, которые связывают их по какому-либо свойству;

— структура системы — упорядоченная совокупность элементов и связей между ними;

— внешняя среда — совокупность объектов, которые не входят в систему, но оказывают на нее определенное воздействие;

— взаимодействие — совокупность факторов, определяющих взаимное влияние системы и внешней среды ².

Взаимосвязь между указанными выше понятиями можно представить в виде схемы (рис. 1). Все сказанное позволяет дать следующее определение системному подходу. Системный подход — это общенаучный подход к исследованию объектов окружающей действительности как систем, в которых выделяют элементы, внутренние и внешние связи, наиболее существенным образом влияющие на результат их функционирования ³.

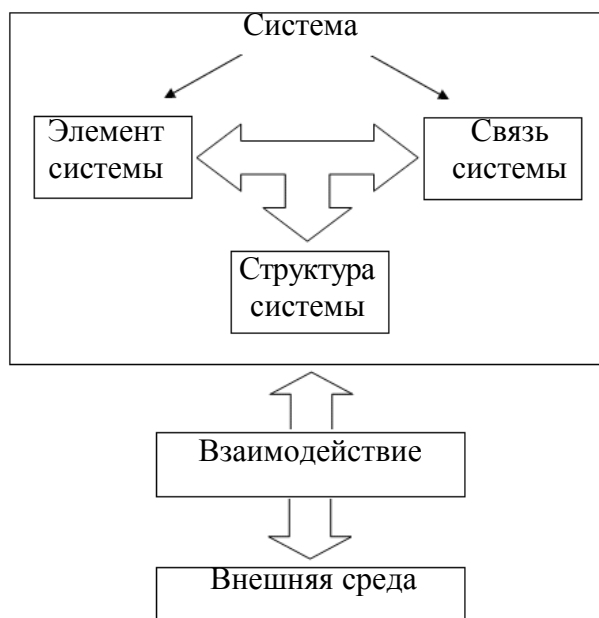


Рис. 1. Взаимосвязь между основными понятиями общей теории систем

¹ Острейковский В.А. Теория систем : учеб. для вузов. М. : Высшая школа, 1997.

² Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н. Технология проектирования и использование систем учебных задач в обучении (схемы-конспекты) : учеб. пособие. Омск : Альфа и Омега, 2009. 25 с.

³ Мухин В.И. Исследование систем управления ; Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н. Технология проектирования и использование систем учебных задач в обучении (схемы-конспекты).

Главная цель системного подхода — системное изучение объектов и создание систем с заданными свойствами. Первая часть указанной цели реализуется в системном анализе, вторая — в системном синтезе. На основании анализа работ ¹ сущность системного подхода нами изображена на рисунке 2, из которого следует, что научное исследование представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов, в ходе которого изучаемое педагогическое явление должно познаваться с помощью реализации системного анализа и синтеза, о чем подробнее будет сказано ниже.



Рис. 2. Сущность системного подхода в решении задач системного анализа и системного синтеза

¹ Карташов В.А. Система систем ; Мухин В.И. Исследование систем управления ; Уёмов А.И. Системный подход и общая теория систем ; Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н. Технология проектирования и использование систем учебных задач в обучении (схемы-конспекты).

В педагогике и частных методиках другим важным методологическим основанием выступает деятельностный подход. Детальный философский анализ понятия деятельности с позиций диалектической логики дан в теории развивающего обучения В.В. Давыдова ¹. Данный подход нашел отражение также в психологической теории деятельности ². «Сущность деятельностного подхода, — пишет В.И. Загвязинский, — заключается в том, что исследуется реальный процесс взаимодействия человека с окружающим миром, который обеспечивает решение определенных важных задач ³. Этот процесс взаимодействия человека с предметами реального мира не может протекать вне деятельности. Поэтому важнейшим понятием деятельностного подхода является понятие деятельности, под которой понимается форма активности человека, вызванная и обусловленная различными мотивами и направленная на удовлетворение потребности.

Научное исследование по педагогике и частным методикам всегда направлено на изучение деятельности участников образовательного процесса — учителя и обучающегося. Согласно психологической теории деятельности А.Н. Леонтьева, основным структурным элементом деятельности является действие, которое представляет собой «процесс, мотив которого не совпадает с его предметом (т.е. с тем, на что оно направлено), а лежит в той деятельности, в которую данное действие включено» ⁴. Следовательно, действие представляет собой составную часть деятельности, ее основной структурный элемент, цель которого не разлагается на более простые цели.

Одна и та же цель в зависимости от условий, в которых выполняется действие, может быть достигнута разными способами. Способом выполнения действия, его составной частью является операция. Таким образом, условия определяют операционный состав действий. Структурную модель деятельности можно представить в виде схемы (рис. 3).



Рис. 3. Структурная модель деятельности

¹ Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М. : ИНТОР, 1996.

² Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М. : Политиздат, 1975 ; Рубинштейн С.Л. Проблемы общей психологии. М. : Педагогика, 1976.

³ Загвязинский В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования. С. 48.

⁴ Зимняя И.А. Педагогическая психология : учеб. пособие. Ростов н/Д : Феникс, 1997. С. 271.

Проиллюстрируем представленную модель следующим примером. Проведение педагогического эксперимента представляет собой сложную деятельность, состоящую из системы последовательных действий. Одно из действий направлено на статистическую обработку экспериментальных данных. Предположим, что изучалось влияние какого-либо фактора на продуктивность решения школьниками познавательных задач.

Эксперимент проводится с контрольной и экспериментальной группами обучающихся, то есть на несвязанных выборках. Статистическую обработку данных, полученных в ходе двух замеров (в начале и конце педагогического эксперимента), можно осуществлять с помощью различных статистических критериев. Наиболее простыми из них являются критерий Розенбаума и критерий Манна — Уитни. Рассмотрим операционный состав действия статистического анализа для двух указанных критериев ¹.

Операционный состав по критерию Розенбаума:

1. Упорядочить в выборке 1 значения признака по мере его возрастания.

2. Упорядочить в выборке 2 значение признака по мере его возрастания.

3. Определить в выборке 2 максимальное значение признака и подсчитать число значений в выборке 1, превышающих максимальное значение в выборке 2 (S_1).

4. Определить в выборке 2 минимальное значение признака в выборке 1 и подсчитать число значений, которое в выборке 1 меньше минимального значения (S_2).

5. Вычислить эмпирическое значение критерия Розенбаума:
 $Q_{эмп.} = S_1 + S_2$.

6. Определить критическое значение критерия Розенбаума ($Q_{кр.}$) и сравнить его с эмпирическим значением ($Q_{эмп.}$).

7. Если $Q_{эмп.} \geq Q_{кр.}$, то принимается альтернативная статистическая гипотеза (H_1), в противном случае — нулевая гипотеза (H_0).

Операционный состав по критерию Манна — Уитни:

1. Объединить выборку 1 и выборку 2 в единую выборку 1.2.

2. Провести ранжирование значений признака в выборке 1.2.

3. Полученные ранги значений признака распределить по первоначальным выборкам.

4. Подсчитать суммы рангов отдельно для выборки 1 и выборки 2.

¹ Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб. : Речь, 2007 ; Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н., Ольхович И.П. Анализ результатов педагогического эксперимента : учеб. пособие. Омск : Альфа и Омега. 2008.

5. Определить большую из двух ранговых сумм (T_x).
6. Вычислить эмпирическое значение критерия Манна — Уитни:

$$U_{эмп.} = (n_1 n_2) + [n_x(n_x + 1)/2] - T_x.$$

7. Определить критическое значение критерия Манна — Уитни ($U_{кр.}$) и сравнить с $U_{эмп.}$.

8. Если $U_{эмп.} \geq U_{кр.}$, то принимается статистическая гипотеза H_0 , в противном случае — H_1 .

Как было отмечено выше, для статистической обработки данных, полученных в указанном педагогическом эксперименте, можно использовать любой из этих критериев. Однако выбор критерия, а следовательно и операционного состава, определяется рядом условий, главное из которых — численность выборки. Нижний предел численности каждой выборки (n) для критерия Розенбаума составляет $n \geq 11$, а для критерия Манна — Уитни составляет $n \geq 3$. Поэтому, если в условиях эксперимента число школьников в каждой выборке не превышало 10, то критерий Розенбаума применять нельзя. В этом случае действия статической обработки экспериментальных данных будут иметь операционный состав в соответствии с вычислительным алгоритмом критерия Манна — Уитни.

Таким образом, системный и деятельностный подходы, являясь методологической основой научного исследования, позволяют представить систему, структура которой включает различные действия и операции.

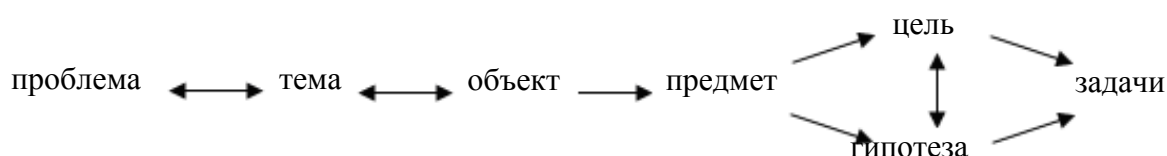
В.И. Загвязинский отмечает, что эффективность педагогического исследования «...во многом обуславливается последовательностью исследовательских планов, которые должны привести к истинным результатам, т.е. логикой исследования»¹. Анализ работ по методологии и логике исследований² дает основание для представления логической структуры научного исследования в виде трех взаимосвязанных этапов.

Первый этап — постановочно-моделирующий. На этом этапе строится общая модель от определения проблемы исследования до по-

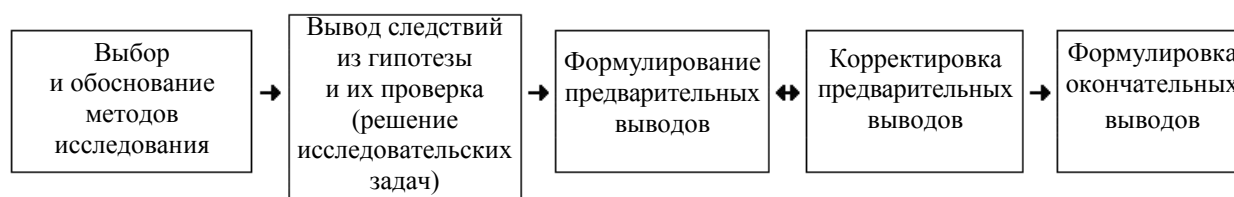
¹ Загвязинский В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования. С. 50.

² Загвязинский В.И. Методология и методика дидактического исследования. М. : Педагогика, 1982 ; Загвязинский В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования ; Краевский В.В. Методология педагогического исследования : пособие для педагога-исследователя. Самара : Изд-во СамГПИ, 1994 ; Маслак А.А. Основы планирования и анализа эксперимента в педагогике и психологии. Курск : РОСИ, 1998 ; Методология педагогических исследований / под ред. А.И. Пискунова, Г.В. Воробьева ; НИИ ОП АПН СССР. М, 1980 ; Методы системного педагогического исследования / под ред. Н.В. Кузьминой. Л. : Изд-во ЛГУ, 1980 ; Скаткин М.Н. Методология и методика педагогических исследований. М. : Педагогика, 1986 ; Сохор А.М. Логическая структура учебного материала. М. : Педагогика, 1974.

становки задач. В.И. Загвязинский логику этого этапа представляет следующим образом: проблема — тема — объект — предмет — полученные факты — исходная концепция — ведущая идея и замысел — гипотеза — задачи исследования ¹. Указанная логическая последовательность в основном отражает состав и структуру данного этапа. Однако более целесообразно, на наш взгляд, представить структуру этого этапа в виде следующей логической схемы:



Второй этап — собственно исследовательский, или поисково-преобразующий, — направлен на решение поставленных задач и проверку гипотезы. Логическая структура этого этапа обладает большей неопределенностью и вариативностью, определяется поставленными задачами, последовательность решения которых в каждом конкретном случае строго индивидуальна. Однако важными элементами этой структуры являются: выбор методов исследования, вывод следствий из гипотезы и их проверка посредством решения поставленных задач, формулировка предварительных выводов, анализ, уточнение, их корректировка, а также формулировка окончательных выводов. Таким образом, один из возможных вариантов логической структуры этого этапа можно представить следующим образом:



Третий этап — оформительско-внедренческий, который более логично структурирован. Он включает: апробацию, оформление работы, внедрение результатов в педагогическую практику.

Таким образом логическую структуру научного исследования можно представить в виде обобщенной модели (рис. 4).

¹ Загвязинский В.И. Методология и методика дидактического исследования ; Загвязинский В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования.

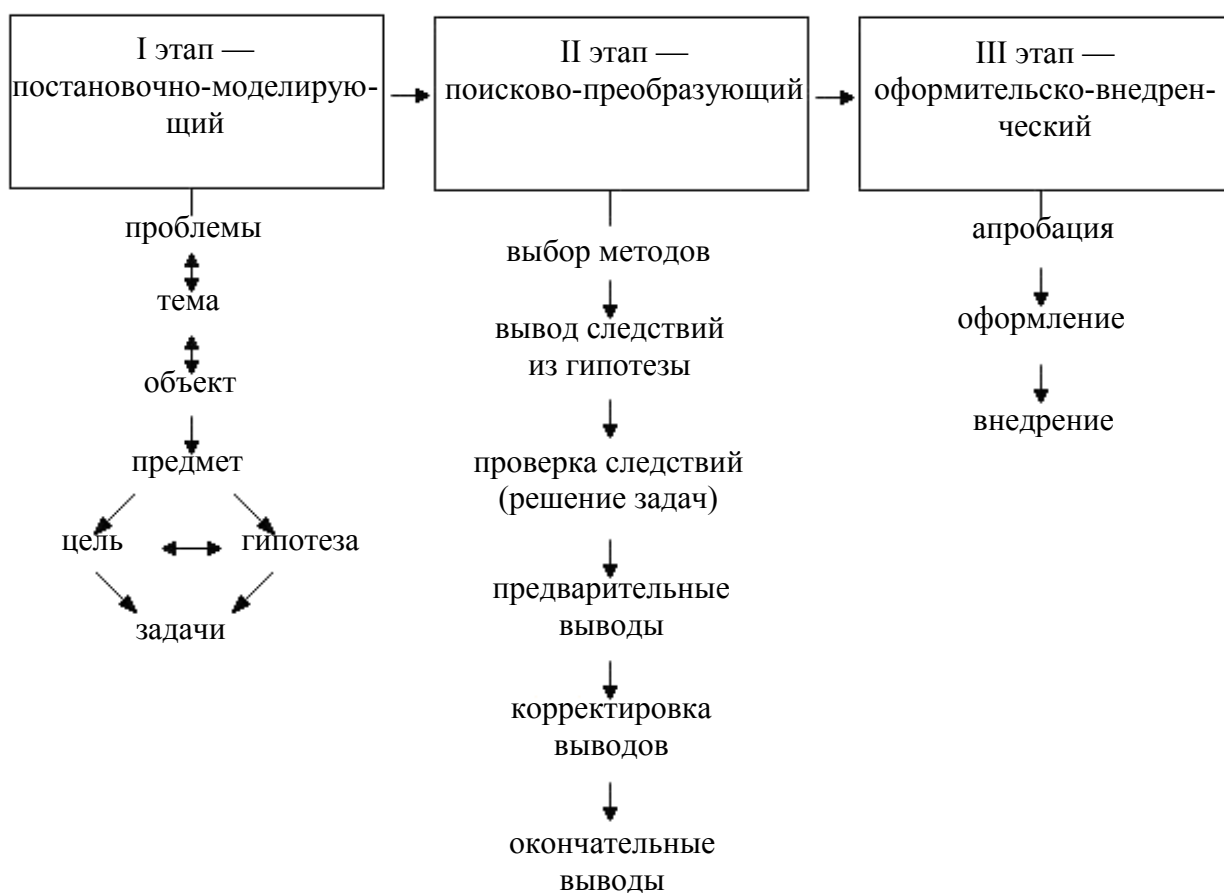


Рис. 4. Обобщенная модель логической структуры научного исследования

Главным структурным элементом второго этапа является обоснованный выбор методов исследования, поэтому остановимся на этом вопросе более подробно.

1.2. Основные методы педагогического исследования

Общее понятие методов познания дает философия. «Метод (от греч. *methodos* — путь, способ исследования, обучения, изложения) — совокупность приемов и операций познания и практического преобразования действительности; способ достижения определенных результатов в познании и практике»¹. Использование методов в научном исследовании направлено на получение информации об изучаемом объекте, на обработку полученных данных, на анализ, интерпретацию полученных результатов, включение их в систему знаний об изучаемом объекте. Из

¹ Горский Д.П., Ивин А.А., Никифоров А.Л. Краткий словарь по логике / под. ред. Д.П. Горского. М. : Просвещение, 1991. С. 105.

этого следует, что методы научного исследования всегда тесно связаны с объектами познания.

Существуют различные подходы к классификации методов познания¹. В соответствии с целью и задачами нашей работы мы будем придерживаться классификации Е.К. Войшвилло, М.Т. Дегтярева и В.Р. Загвязинского, согласно которой выделяются теоретические и эмпирические методы исследования². Такое деление основано на уровне проникновения в сущность познаваемого, на различении эмпирического и теоретического познания, эмпирического и теоретического мышления.

К теоретическим методам исследования относятся методы теоретического анализа и синтеза, абстрагирования и конкретизации, восхождения от абстрактного к конкретному, обобщения и классификации, сходства и различия, моделирования и другие. Эти методы являются общенаучными и используются в любом исследовании, в различных науках.

К категории общенаучных методов относятся такие методы эмпирического исследования, как наблюдение и эксперимент. В педагогических исследованиях они считаются основными³. Однако специфические особенности педагогического исследования предполагают использование и других эмпирических методов: изучение различных источников информации (литературы, школьной документации, нормативных документов и других), изучение результатов деятельности, опрос (интервью, анкетирование), метод экспертных оценок, статистические методы и другие.

Использование эмпирических методов в педагогическом исследовании связано с рядом особенностей.

Первая особенность заключается в том, что некоторые методы исследования предполагают одновременное применение других эмпирических методов, обладающих функцией интегративности. Одним из таких методов является эксперимент.

Проведение педагогического эксперимента всегда сопряжено с использованием других эмпирических методов, которые входят в него в качестве составляющих элементов. К ним относятся наблюдение, опрос, изучение школьной документации, тестирование, статистическая обработка полученных данных и другие. Например, если экспериментальной задачей является изучение влияния химических задач на развитие логического мыш-

¹ Войшвилло Е.К., Дегтярев М.Г. Логика : учеб. для вузов. М. : Владос, 1998 ; Горский Д.П., Ивин А.А., Никифоров А.Л. Краткий словарь по логике ; Горский Д.П. Логика. М. : Гос. учеб.-пед. изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1963 ; Фрейдина Е.В. Исследование систем управлений : учеб. пособие / под ред. Ю.В. Гусева. М. : Омега-Л, 2008.

² Войшвилло Е.К., Дегтярев М.Г. Логика ; Загвязинский В.И. Методология и методика дидактического исследования.

³ Загвязинский В.И. Методология и методика дидактического исследования.

ления учащихся, то для ее решения в ходе педагогического эксперимента могут быть использованы следующие эмпирические методы:

1. Наблюдение за процессом решения школьниками задач по химии.
2. Психологическое тестирование с целью выяснения особенностей интеллекта учащихся.
3. Беседа с учениками для выявления затруднений, которые возникают у них при решении той или иной задачи.
4. Химическое тестирование, направленное на установление уровня владения школьниками действием, лежащим в основе логического мышления: сравнение, подведение под понятие, обобщение, классификация и другие.
5. Математические методы анализа для систематизации, описания полученных экспериментальных результатов и выявления закономерностей изучаемого процесса.

Кроме указанных, могут быть использованы и другие эмпирические методы.

Подобная интеграция в педагогическом эксперименте различных эмпирических методов наблюдается при решении и иных исследовательских задач. Таким образом, интегративный характер эксперимента можно представить в виде схемы (рис. 5.).

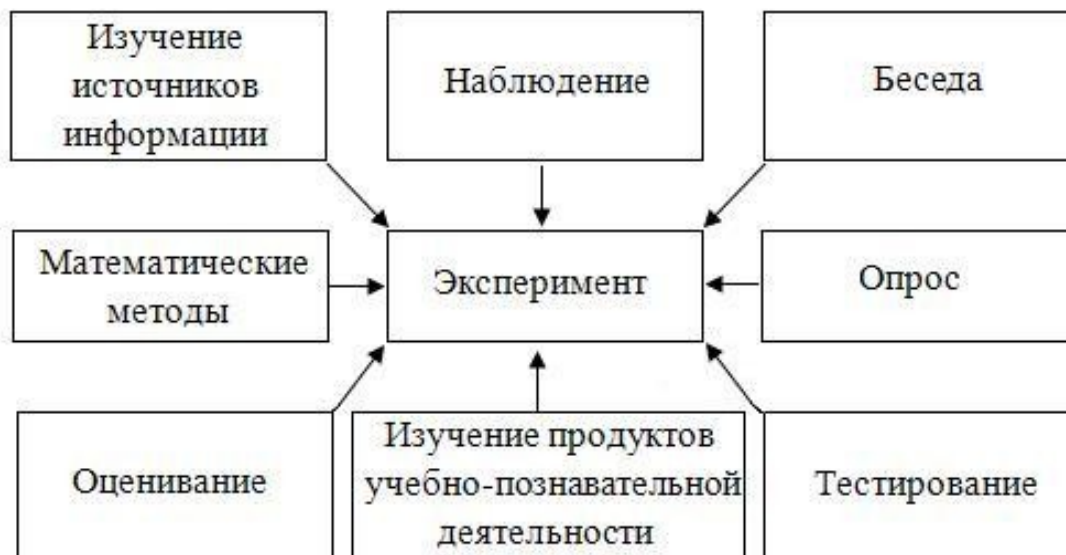


Рис. 5. Интеграция различных эмпирических методов педагогического исследования.

Вторая особенность, по нашему мнению, заключается в том, что некоторые эмпирические методы обладают свойством входить в обязательное взаимодействие с другими методами. К ним, в частности, относятся математические методы анализа. При использовании, например,

анкетирования, тестирования, изучения школьной документации исследователь получает данные, которые не могут быть использованы в своем первоначальном виде, и, чтобы получить значимую информацию, необходимо первичные результаты обработать соответствующим образом: вычислить средние показатели, сгруппировать, ранжировать, выполнить другие вычислительные процедуры.

Для выявления значимости полученных разными эмпирическими методами данных следует провести их статистическую обработку, которая позволит сформулировать гипотезу ¹. Таким образом, математические методы являются неотъемлемой частью педагогического исследования при использовании различных эмпирических методов. Сказанное выше можно представить в виде схемы (рис. 6).

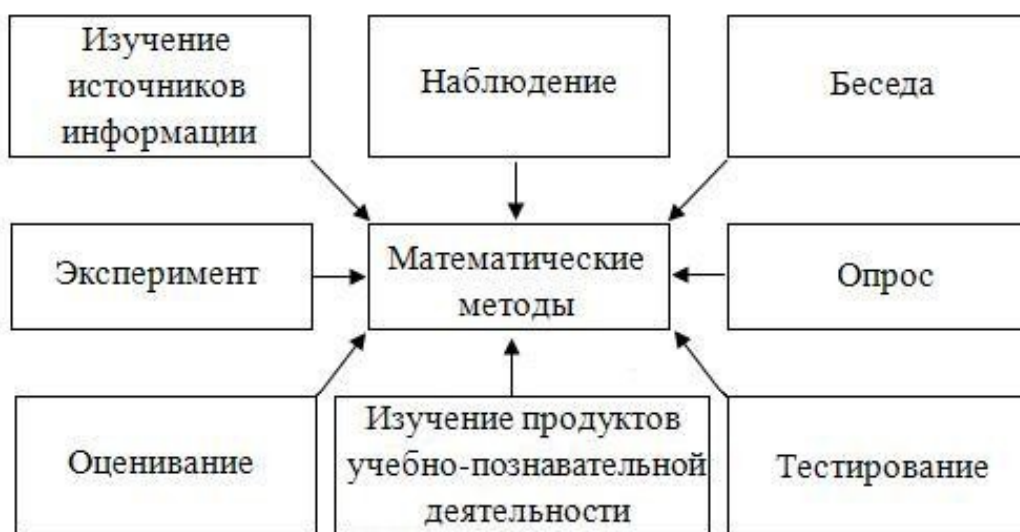


Рис. 6. Взаимосвязь математических методов с другими эмпирическими методами научного исследования

Особое место среди указанных видов взаимодействия математических методов занимает их взаимосвязь с методом наблюдения. «Под научным наблюдением, — пишет И.П. Подласый, — понимается специально организованное восприятие исследуемого объекта, процесса или явления в естественных условиях» ². Другое определение дает В.А. Сластенин: «Наблюдение — целенаправленное восприятие какого-либо педагогического явления, в процессе которого исследователь получает конкретный фактический материал» ³.

¹ Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов : учеб. М. : Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та. М. : Флинта, 2002 ; Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : Речь, 2006 ; Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб. : Речь, 2007 ; Суходольский Г.В. Основы математической статистики для психологов. Л. : Изд-во ЛГУ, 1972.

² Подласый И. П. Педагогика. С. 145.

Если формально подойти к рассмотрению сути метода наблюдения, то его можно свести только к непосредственному наблюдению. Однако очень часто исследователь может наблюдать тот или иной объект, явление не непосредственно, а опосредованно. Такое опосредованное наблюдение реализуется, например, при взаимосвязи его со статистическим методом анализа, или методом «статистического наблюдения», представляющего собой «планомерный научно обоснованный сбор данных или сведений», характеризующих педагогическое явление или процесс¹.

К статистическому наблюдению предъявляются следующие требования:

1. Полнота статистических данных.
2. Достоверность и точность данных.
3. Сопоставимость и единообразие данных².

Важным вопросом, раскрывающим метод статистического наблюдения, является вопрос о его видах. Типология видов статистического наблюдения по различным классификационным признакам представлена нами в виде схемы (рис. 7.).



Рис. 7. Типология видов статистического наблюдения

Таким образом, метод статистического наблюдения так же, как и педагогический эксперимент, включает в себя различные методы эмпирического исследования, то есть является интегративным.

Взаимосвязь и взаимозависимость различных методов научного исследования представлена на рисунке 8. Получение информации о педагогической системе, тех или иных ее свойствах, функциях, показателях происходит с помощью различных эмпирических методов. Затем

³ Сластенин В.А. Педагогика и психология : учеб. пособие / В.А. Сластенин, В.П. Каширин. 4-е изд. М. : Академия, 2006. С. 157.

¹ Сидоренко М.Г. Статистика : учеб. пособие. М. : ФОРУМ, 2007. С. 16.

² Там же.

вся полученная информация с помощью теоретических методов анализируется, систематизируется, представляется в виде различных моделей с целью познания изучаемого явления.

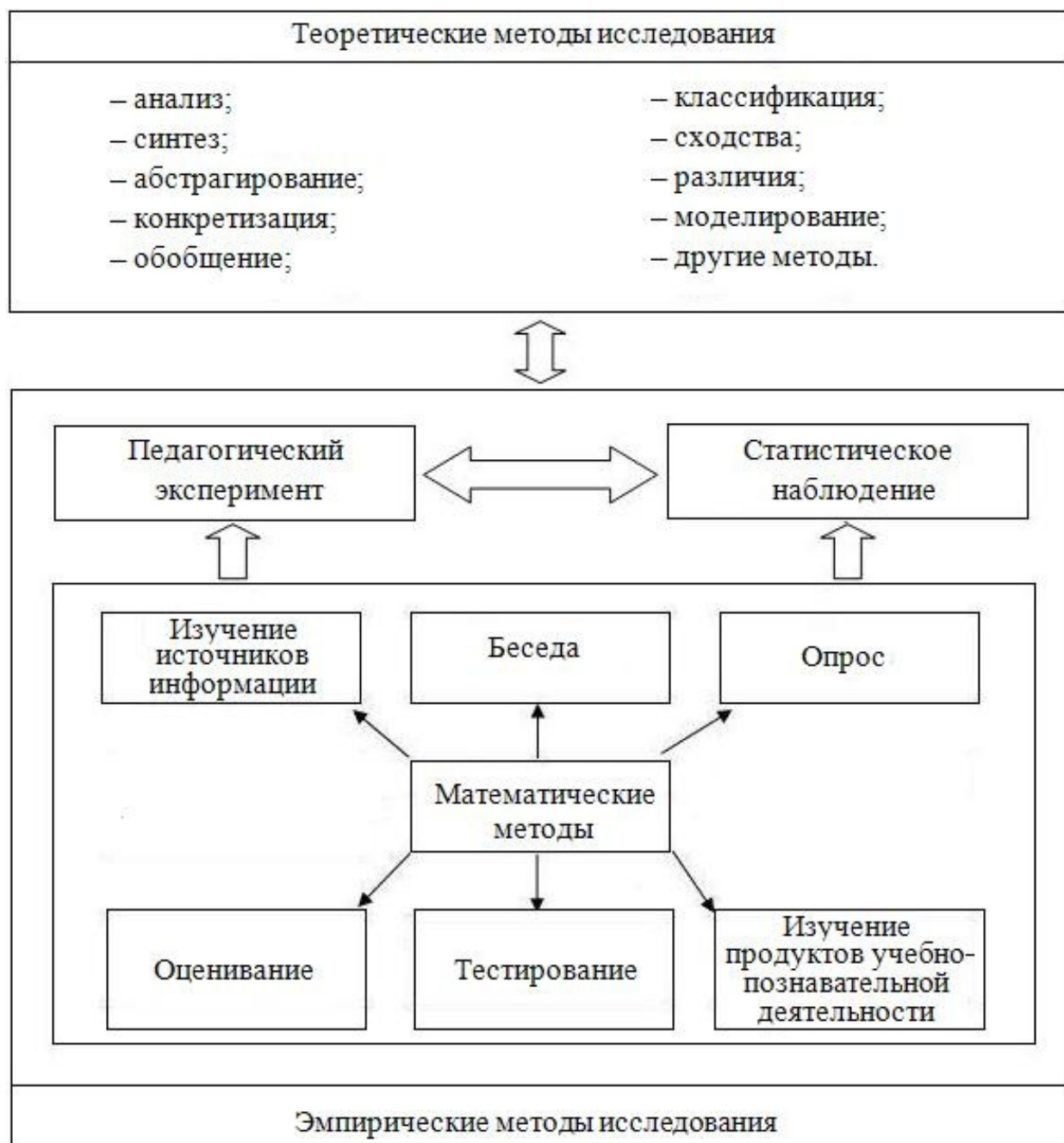


Рис. 8. Модель взаимосвязи и взаимозависимости методов научного исследования

Познание окружающей действительности может осуществляться на двух уровнях: на уровне обыденного познания и на уровне научного познания. Эти два вида познания не исключают, а дополняют друг друга. Результаты сравнительного анализа этих двух видов познания действительности представлены нами в виде схемы, разработанной А.Д. Наследовым (рис. 9).

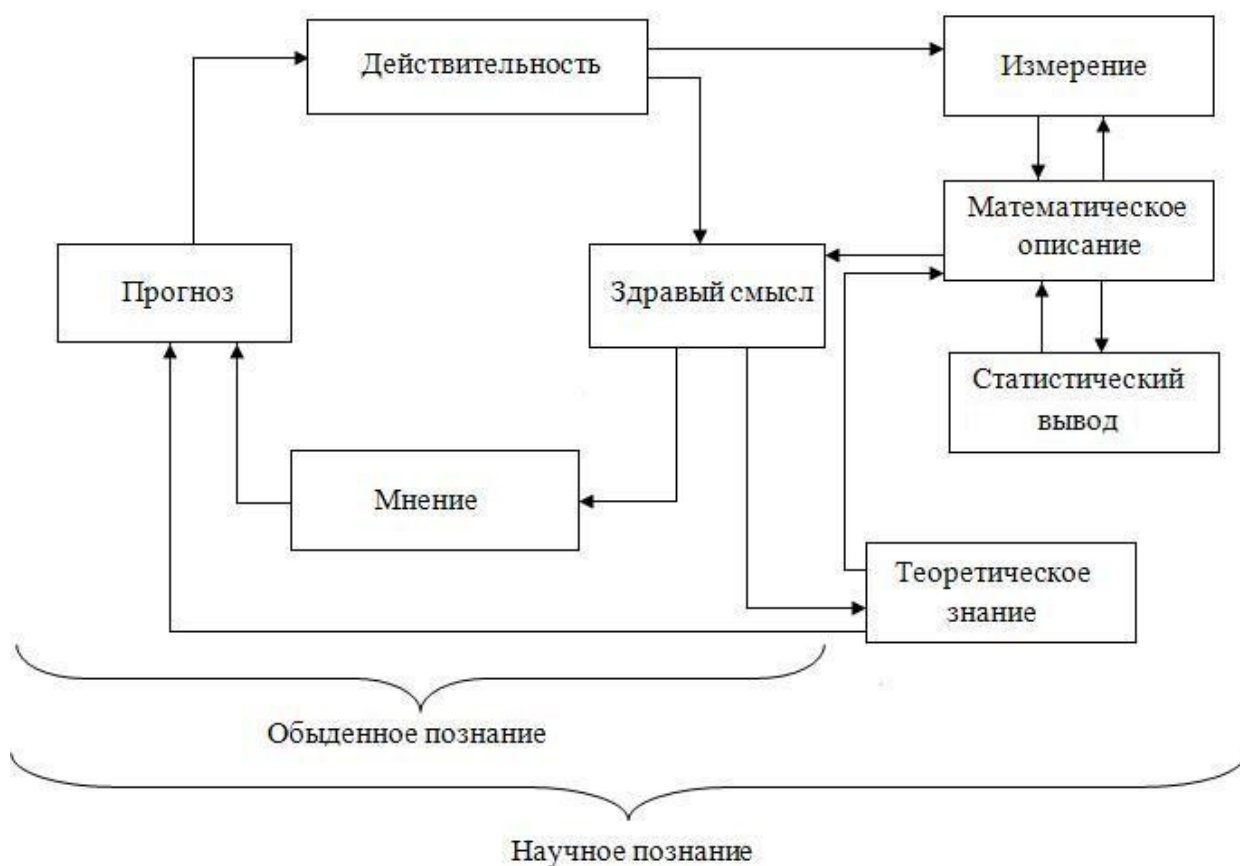


Рис. 9. Взаимосвязь обыденного и научного познания

Из этой схемы следует, что главными особенностями, которые отличают обыденное познание, осуществляемое только на уровне здравого смысла, от научного, являются:

1. Измерение показателей, признаков, характеризующих педагогическое явление.
2. Математическое описание полученных результатов исследования.
3. Формирование статистического вывода о педагогическом явлении.

Именно эти компоненты позволяют выходить здравому смыслу на уровень научного познания педагогических объектов и явлений. Наличие в структуре научного познания этих компонентов предполагает обязательное применение математических методов анализа для изучения педагогических явлений, решения разнообразных исследовательских задач. Поэтому представляет интерес более подробное рассмотрение типологии исследовательских педагогических задач в соотношении с математическими методами их решения.

1.3. Типология и виды исследовательских педагогических задач

Как было показано в предыдущем параграфе, отличие научного познания от обыденного заключается, прежде всего, в том, что научное познание предполагает проведение измерений показателей, характеризующих процесс обучения, их математическое описание и получение статистических выводов. В связи с этим решение исследовательских задач по методике обучения химии практически невозможно без применения математических методов.

Общая типология экспериментальных исследовательских задач представлена в ряде работ ¹, авторы которых выделяют следующие типы экспериментальных психолого-педагогических задач:

1. Выявление различий в уровне изучаемого признака. Этот тип задач чаще всего реализуется при организации педагогического эксперимента в контрольной и экспериментальной группах.

2. Оценка сдвига значений изучаемого признака. Данный тип задач решается, как правило, в так называемом «вертикальном» педагогическом эксперименте. Чаще всего измерение проводят в экспериментальной группе в начале и конце педагогического воздействия.

3. Выявление различий в распределении изучаемого признака. Такие задачи в большинстве случаев предполагают статистическую оценку эмпирического и равномерного теоретического распределения показателей, характеризующих процесс обучения.

4. Выявление степени согласованности изучаемых признаков. Данный тип задач направлен на выявление корреляционных связей между какими-либо двумя показателями. Множественный корреляционный анализ в педагогических исследованиях практически не используется.

5. Анализ изменений изучаемого признака под влиянием контролируемых условий. Этот тип задач решается факторным дисперсионным анализом. Чаще всего используется однофакторный анализ, реже — двухфакторный. Многофакторный анализ практически не применяется.

Для решения экспериментальных педагогических задач указанных типов эффективными методами могут быть непараметрические статистические методы ². Несомненно, для проведения большинства педаго-

¹ Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов ; Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии ; Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н., Ольхович И.П. Анализ результатов педагогического эксперимента ; и др.

² Гублер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л. : Медицина 1973 ; Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов ; Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике : современный подход / пер. с англ. Е.З. Демиденко ; предисл. Ю.Н. Тюрина. М. : Финансы и статистика, 1982 ; Сидоренко Е.В. Методы матема-

гических экспериментов, организованных по классическим моделям, применение непараметрических методов статистики оказывается оптимальным и эффективным.

Тем не менее, как отмечается во многих работах, педагогический процесс очень сложен. На его протекание и особенно на конечный результат оказывает влияние множество разнообразных факторов. Даже незначительное изменение одного-двух факторов, которые исследователем не принимаются во внимание, может привести к совершенно противоположным результатам. Поэтому возникает задача изучения влияния большого числа факторов на процесс обучения, выявления наиболее значимых из них для дальнейшего, более глубокого исследования. Решение такой задачи обычными статистическими методами невозможно или в значительной степени затруднено. Для этой цели необходимо применять многомерные методы анализа¹.

Рассмотрим пример экспериментальной исследовательской задачи, где изучалась взаимосвязь различных подструктур интеллекта школьников на их способность запоминать учебный химический материал. Была установлена взаимосвязь между показателем IQ, характеризующим отдельную подструктуру интеллекта, и продуктивностью запоминания. Согласно полученному результату уровень IQ каждой подструктуры влияет на эффективность запоминания.

Однако можно предположить, что влияние интеллектуальных способностей обучающихся на качество запоминаемого учебного материала не является локальным, а носит комплексный характер. Возможно, что наибольший вклад в продуктивность запоминания химического материала вносит не отдельно взятый фактор, а одновременное влияние нескольких факторов, то есть может проявляться синергетический эффект. Чтобы проверить данное предположение, недостаточно применить методы ранговой корреляции, необходимо использовать для этого многомерный регрессионный анализ или множественный дисперсионный анализ, которые позволят получить количественную или качественную модель продуктивности запоми-

тической обработки в психологии ; Холлендер М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики / пер. с англ. Д.С. Шмерлинга ; под ред. Ю.П. Адлера и Ю.Н. Тюрина ; предисл. Ю.П. Адлера, Ю.Н. Тюрина, Д.С. Шмерлинга. М. : Финансы и статистика, 1983 ; Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н., Ольхович И.П. Анализ результатов педагогического эксперимента.

¹ Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Машалкин Л.Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности : справ. изд. / под ред. С.А. Айвазяна. М. : Финансы и статистика, 1989 ; Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ ; Дронов, С.В. Многомерный статистический анализ ; Калинина В.Н., Соловьев В.И. Введение в многомерный статистический анализ ; Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М. : Наука, 1976 ; Мандель И.Д. Кластерный анализ ; Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии ; Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / пер. с англ. Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. ; под ред. И.С. Енюкова. М. : Финансы и статистика, 1989 ; Шеффе Г. Дисперсионный анализ.

ния учебного химического материала от интеллектуальных особенностей школьников, описать не только изученное явление, но, что не менее важно, объяснить его и сделать прогноз на протекание этого процесса у различных школьников.

Другой пример. В педагогических исследованиях часто используют метод опроса в форме анкетирования. Результаты, полученные этим методом, как правило, обрабатывают в двух вариантах. Первый вариант представляет собой решение задачи на выявление различий в распределении признака с помощью критерия Пирсона (χ^2); второй вариант — на выявление различий в уровне изучаемого признака по критериям Розенбаума (Q), Манна — Уитни (U), углового преобразования Фишера (ϕ^*) и других.

Тем не менее, полученные результаты анкетирования могут быть использованы для решения более сложной, более информативной задачи — распределения школьников на группы по комплексной оценке ответов на все вопросы анкеты, то есть решить классификационную задачу. Но для этого необходимо использовать такие, например, многомерные методы анализа, как дискриминантный анализ или кластерный анализ¹. С помощью этих же методов можно проводить распределение обучающихся на группы по результатам комплексных наблюдений, выполнения учебных тестов. Классификационные группы школьников могут быть получены на основе, например, кластерного анализа большого числа факторов: учебной успеваемости, учебных предпочтений, интеллектуальных особенностей, учебной мотивации, выбора профиля обучения и других факторов.

Рассмотрим еще один пример. На продуктивность процесса обучения оказывают влияние различные причины, которые группируются в факторы различного уровня. Принципиальная модель влияния различных факторов показана нами на рисунке 10.

¹ Дюран Б., Одделл П. Кластерный анализ ; Мандель И.Д. Кластерный анализ ; Факторный, дискриминантный и кластерный анализ.

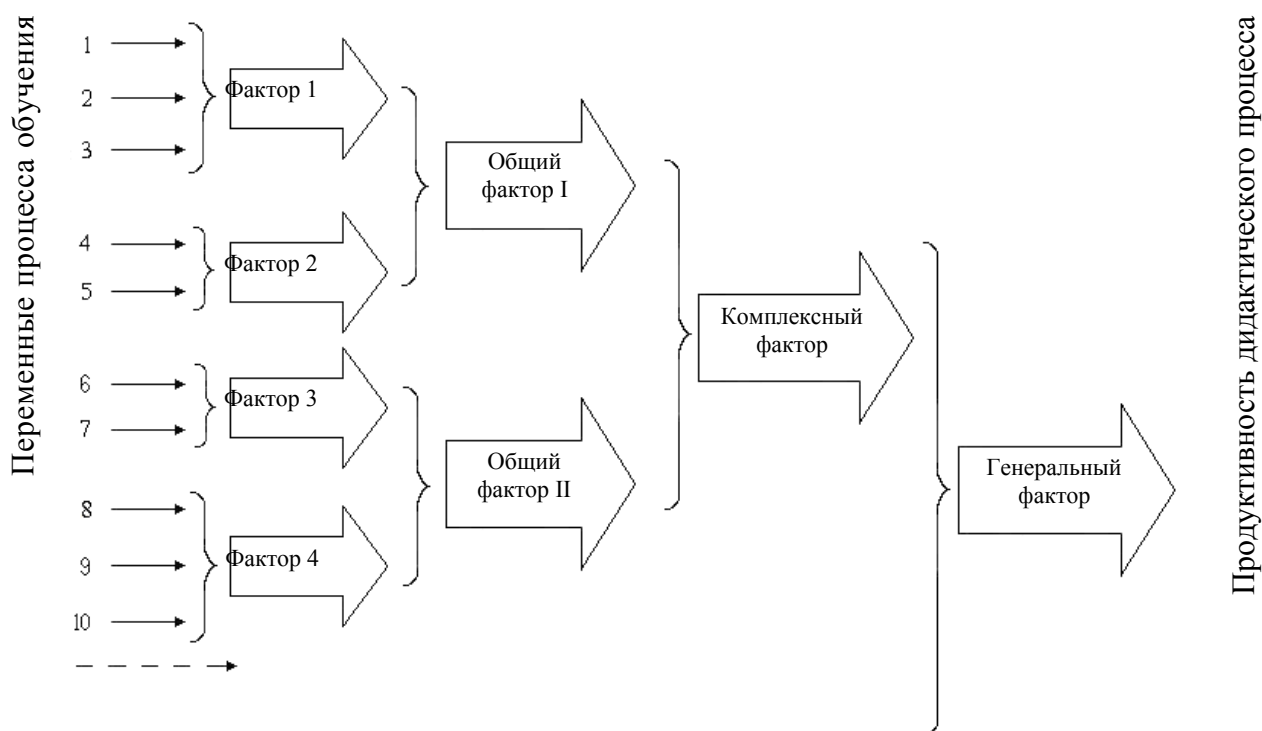


Рис. 10. Модель влияния факторов на продуктивность дидактического процесса

Приведенные выше примеры позволяют предложить типологию сложных исследовательских педагогических задач в сопоставлении с методами их решения (табл. 1).

Таблица 1

Типология исследовательских задач по методике обучения химии, примеры их видового состава и многомерные методы их решения

<i>Типы сложных исследовательских задач</i>	<i>Примеры видового состава исследовательских задач</i>	<i>Соответствующие многомерные методы анализа</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Моделирование влияния нескольких переменных показателей на изменение изучаемого признака	1. Изучение влияния содержания, времени, сложности и других переменных на результативность выполнения учебных тестов. 2. Прогнозирование итоговой успеваемости по результатам текущего контроля. 3. Изучение влияния различных средств наглядности на уровень сформированности предметных умений.	а) переменные измерены в метрических шкалах: – множественный анализ; – регрессионный анализ; б) переменные измерены в номинативной шкале: – дискриминантный анализ; – многомерный дисперсионный анализ.

<i>Окончание таблицы</i>		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
2. Моделирование классификационных групп испытуемых или изучаемых признаков	<ol style="list-style-type: none"> 1. Распределение обучающихся на группы по совокупности изучаемых признаков. 2. Распределение расчетных задач по содержанию материала, сложности структур решения, трудности решения, выполняемым функциям. 	дискриминантный анализ; кластерный анализ.
3. Моделирование структуры факторов, оказывающих влияние на изучаемый показатель	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выявление причин низкой успеваемости учащихся по учебному предмету. 2. Выявление причин ошибок школьников при решении расчетных задач. 	факторный анализ; многомерное шкалирование.

Из данных таблицы 1 видно, что эффективными методами решения сложных исследовательских задач, результаты которых заключаются в создании разных видов педагогических моделей, являются многомерные методы анализа. В связи с этим представляет интерес рассмотреть более подробно назначение и теоретические основы этих математических методов.

1.4. Назначение и теоретические основы многомерных методов анализа

Идея применения многомерных методов анализа возникла в конце XIX века. В начале XX столетия эта идея была реализована Ч. Спирменом в однофакторном анализе для обоснования модели общего интеллекта. В 1930-е годы другой психолог, Л. Терстоун, предложил многофакторную математическую модель интеллекта и процедуру факторного анализа для ее верификации. В 1950-е годы с появлением ЭВМ расширение применения факторного анализа в психологии сопровождается совершенствованием его математического аппарата и выходом за пределы психологии. С 1960-х годов в связи с компьютеризацией появляются новые методы многомерного анализа данных. Однако широкое применение становится возможным к концу 1980-х годов с распространением персональных компьютеров. Как отмечается в работе А.Д. Наследова «Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация», «рань-

ше корректная реализация многомерного метода, например факторного анализа, требовала недель работы группы специалистов: предметника (психолога), статистика, программиста, оператора и др. Далеко не каждая исследовательская лаборатория могла себе это позволить»¹.

В настоящее время с появлением мощных и простых в применении программных средств сам исследователь может реализовать весь процесс многомерного анализа данных. В этом случае, как считает А.Д. Наследов, нет необходимости глубоко вникать в вычислительные процедуры, а «достаточно знать общий смысл метода, требования к исходным данным и основные показатели для интерпретации получаемых результатов»². Для этого необходимо рассмотреть различные подходы к классификации многомерных методов анализа.

Многомерные методы анализа в работах ряда авторов³ предлагается классифицировать по следующим основаниям: по назначению метода; по способу сопоставления экспериментальных данных; по виду исходных эмпирических данных. Сравнительный анализ многомерных методов показывает, что некоторые из них, в частности дискриминантный анализ, могут одновременно относиться к нескольким классификационным группам. Поэтому целесообразно говорить не о классификации многомерных методов анализа, а об их типологии, оставив указанные выше классификационные основания в качестве признаков для выделения типологических групп.

Анализ показывает, что многомерные методы можно распределить на три типологические группы: 1) по назначению методов; 2) способу сопоставления экспериментальных данных; 3) виду исходных эмпирических данных.

В первой типологической группе выделяются три подгруппы: прогностические методы (подгруппа 1.1), классификационные методы (подгруппа 1.2) и структурные методы (подгруппа 1.3). Вторая типологическая группа включает две подгруппы: методы, основанные на корреляционной модели (подгруппа 2.1), и методы, основанные на дистантной модели (подгруппа 2.2). Третью типологическую группу составляют две подгруппы методов: методы, в которых исходными данными являются признаки, измеренные у группы объектов (подгруппа 3.1), и ме-

¹ Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : Речь, 2006. С. 237.

² Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования.

³ Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Машалкин Л.Д. Прикладная статистика ; Гублер Е.В., Генкин, А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л. : Медицина, 1973 ; Дронов С.В. Многомерный статистический анализ ; Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования.

тоды, исходными данными для которых выступают попарные сходства или различия между объектами (подгруппа 3.2) ⁴.

На основании вышесказанного обобщенную типологическую модель многомерных методов анализа можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке 11. Данная типологическая модель отражает обобщенное представление о назначении важнейших многомерных методов анализа.

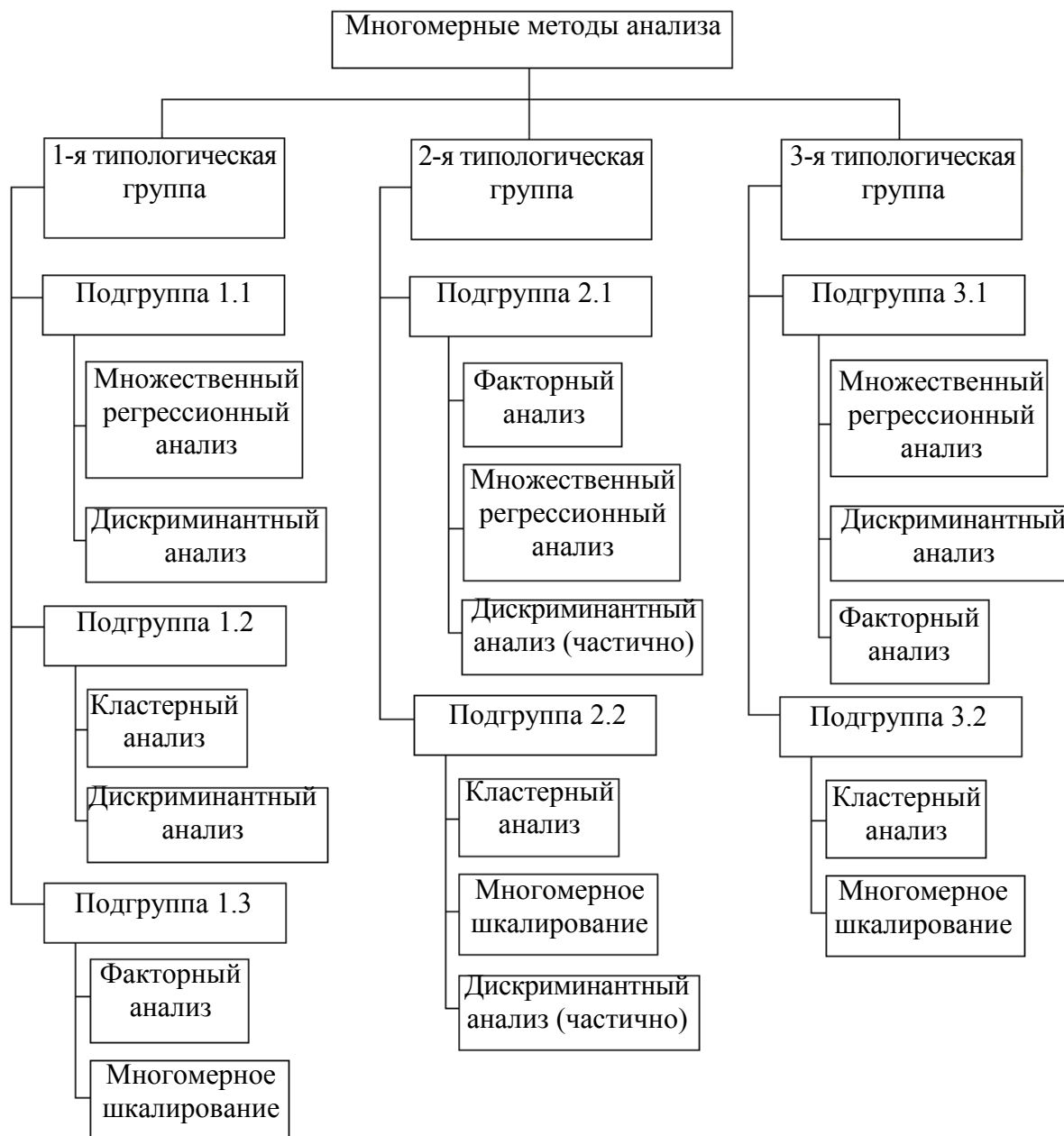


Рис. 11. Типология многомерных методов анализа

Множественный регрессионный анализ позволяет предсказать значения того или иного показателя (зависимая переменная), измерен-

⁴ Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования.

ного в метрической шкале, по множеству известных значений независимых переменных, измеренных так же в метрической шкале.

Этот метод основан на корреляционной модели и использует в качестве исходных данных только показатели, измеренные у группы объектов.

Дискриминантный анализ так же, как и множественный регрессионный анализ, относится к подгруппе прогностических методов. Он предсказывает принадлежность изучаемых объектов к одному из известных классов, то есть дает номинативное распределение объектов, однако исходные данные должны быть метрическими.

Таким образом, дискриминантный анализ, с одной стороны, может быть отнесен к подгруппе прогностических методов, а с другой — к классификационным методам. В основе этого метода лежат как корреляционная, так и дистантная модели. Экспериментальными данными в дискриминантном анализе являются только измеренные у группы объектов признаки.

Другим классификационным методом является *кластерный анализ*. Этот метод в отличие от дискриминантного анализа позволяет распределять объекты по группам в том случае, когда исследователь не имеет представления ни о числе групп, ни об их качественной характеристике.

Этот метод основан на дистантной модели, то есть описывает различия между объектами (испытуемыми) как расстояния между ними. Исходными данными для кластерного анализа служат попарные сходства (различия) между изучаемыми объектами.

Факторный анализ способствует выявлению структуры признаков, оказывающих влияние на тот или иной педагогический процесс, как некоторую совокупность факторов. В основе факторного анализа лежит корреляционная модель. Исходными данными для проведения факторного анализа выступают только отдельные признаки, измеренные

у группы объектов (испытуемых).

Метод многомерного шкалирования позволяет выявить шкалы в качестве критериев, по которым различаются объекты при их попарном сравнении. В основе данного многомерного метода лежит дистантная модель, предполагающая, что различия между изучаемыми объектами представляются как расстояния между ними. Этот метод может быть достаточно эффективным при использовании его вместе с другим эмпирическим методом — методом экспертных оценок.

Некоторые авторы ¹ к многомерным методам относят метод множественного корреляционного анализа, что, по нашему мнению, вполне обоснованно, поскольку он помогает выявить корреляционную связь между каким-либо показателем, выступающим в качестве зависимой переменной, и несколькими (множеством) независимыми переменными. Этот метод хорошо «вписывается» в представленную выше типологию многомерных методов анализа.

Очевидно, к многомерным методам следует отнести и метод множественного дисперсионного анализа ², который, как и регрессионный, и дискриминантный анализ, обладает прогностической силой. С помощью этого метода можно выявить (оценить) влияние нескольких переменных на изучаемый результирующий признак, причем можно оценить не только влияние каждого отдельного фактора, но и их совместное влияние на зависимую переменную. В данной работе мы будем рассматривать этот метод как многомерный метод анализа.

Рассмотрим более подробно назначение и сущность трех многомерных методов, которые будут использованы в практической части работы.

Множественный регрессионный анализ предназначен для изучения взаимосвязи между одной переменной (зависимой, результирующей) и несколькими другими переменными (независимыми, исходными). Множественный регрессионный анализ может применяться как для решения прикладных задач, так и в исследовательских целях. Обычно он используется для изучения возможности предсказания некоторого результата (обучения, деятельности) по ряду предварительно измеренных характеристик. При этом предполагается, что связь одной зависимой переменной (Y) с несколькими переменными (X) можно выразить линейным уравнением:

$$Y = b + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p + e,$$

где Y — зависимая переменная; x_1, \dots, x_p — независимые переменные; b, b_1, \dots, b_p — параметры модели; e — ошибка предположения. Помимо предположения и определения степени его точности, множественный регрессионный анализ позволяет определить и то, какие показатели

¹ Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной регрессионный анализ / пер. с болг. Ю.П. Адлера. М. : Финансы и статистика, 1987 ; Кутейников А.Н. Математические методы в психологии : учеб. пособие. СПб. : Речь, 2008.

² Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования ; Шеффе Г. Дисперсионный анализ.

(«независимые переменные») наиболее существенны, а какими переменными можно пренебречь, исключить из анализа ¹.

Важными показателями уравнения регрессии являются коэффициенты b_i , стоящие перед независимыми переменными x_i . Физический смысл коэффициента b_i состоит в том, что он показывает измерение результативного признака (y) при изменении независимого признака на единицу ². Коэффициенты регрессии (b_i) могут принимать положительные значения, если между y и x_i наблюдается прямая связь, и отрицательные значения — при обратной связи. Геометрический смысл коэффициентов регрессии состоит в том, что они характеризуются тангенсом угла наклона прямой $y = f(x_i)$.

Параметры линейной модели регрессии определяют, как правило, методом наименьших квадратов, то есть сущность метода множественного регрессионного анализа заключается в нахождении таких значений b и b_i , при которых сумма квадратов отклонений эмпирических значений зависимой переменной (y) от ее теоретических значений будет минимальной.

Многомерный дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ (от лат. *Dispersio* — рассеивание) является статистическим методом, позволяющим анализировать влияние различных факторов на исследуемую переменную. Метод был разработан биологом Р. Фишером в 1925 году и применялся первоначально для оценки экспериментов в растениеводстве. В дальнейшем выяснилась общенаучная значимость данного анализа для экспериментов в психологии, педагогике, медицине и других науках. Цель дисперсионного анализа — проверка значимости различия между средними значениями с помощью сравнения дисперсий. Дисперсию измеряемого признака разлагают на независимые слагаемые, каждое из которых характеризует влияние того или иного фактора или их взаимодействие. Последующее сравнение таких слагаемых позволяет оценить значимость каждого изучаемого фактора, а также их комбинации. При истинности нулевой гипотезы (о равенстве средних значений в нескольких группах наблюдений, выбранных из генеральной совокупности) оценка дисперсии, связанной с внутригрупповой изменчивостью, должна быть близкой к оценке межгрупповой дисперсии ³.

¹ Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной регрессионный анализ ; Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ ; Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования.

² Сидоренко М.Г. Статистика.

³ Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования ; Шеффе Г. Дисперсионный анализ.

Следует отметить, что принципиальной разницы между многофакторным и однофакторным дисперсионным анализом нет. Многофакторный анализ не меняет общую логику дисперсионного анализа, а лишь несколько усложняет ее, поскольку, кроме учета влияния на зависимую переменную каждого из факторов по отдельности, следует оценивать и их совместное действие. Таким образом, то новое, что вносит в анализ данных многофакторный дисперсионный анализ, касается в основном возможности оценить межфакторное взаимодействие. Тем не менее, по-прежнему остается возможность оценивать влияние каждого фактора в отдельности. В этом смысле процедура многофакторного дисперсионного анализа (в варианте ее компьютерного использования), несомненно, более экономична, поскольку всего за один запуск решает сразу две задачи: оценивается влияние каждого из факторов и их взаимодействие¹.

Если в качестве примера рассмотреть трехфакторный дисперсионный анализ, то конечный результат можно представить в виде модели

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{123}x_1x_2x_3.$$

Математическая процедура сводится к оценке значимости коэффициентов a_i . Незначимые коэффициенты дают основание для исключения одного или нескольких слагаемых в указанной модели, что приводит к упрощению последней.

Следует отметить, что получаемая зависимость переменной y от независимых переменных x_i не является функциональной, как в регрессионной модели. В результате дисперсионного анализа получается факторная модель, показывающая только значимость влияния отдельного фактора или их совместное влияние на изучаемый показатель (y).

Кластерный анализ представляет собой такой математический метод, задачей которого является разбиение заданной выборки объектов (ситуаций) на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались². Давая характеристику данному методу, А.Д. Наследов пишет: «Кластерный анализ решает задачу построения классификации, то есть разделения исходного множества объектов на группы (классы, кластеры). При этом предполагается, что у исследователя нет исходных допущений ни о составе классов, ни об их

¹ Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования ; Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии.

² Дюран Б., Одделл П. Кластерный анализ ; Мандель И.Д. Кластерный анализ ; Факторный, дискриминантный и кластерный анализ.

отличии друг от друга. Приступая к кластерному анализу, исследователь располагает лишь информацией о характеристиках (признаках) для объектов, позволяющей судить о сходстве (различии). В литературе часто встречаются синонимы кластерного анализа: автоматическая классификация, таксономический анализ, анализ образов (без обучения)»¹.

Таким образом, кластер представляет собой группу объектов, которые характеризуются повышенной плотностью, дисперсией, однородностью внутри этой группы. Однородность, например, двух объектов характеризуется величиной $P(x_i, x_j)$, которую рассчитывают по формуле²

$$P(x_i, x_j) = \sqrt{\sum (x_i x_j)^2}.$$

Эти объекты будут считаться однородными, то есть относиться к одной группе, одному кластеру, если будет наблюдаться соотношение:

$$P(x_i, x_j) < P_{\text{предельное}}.$$

Рассмотрим суть данного метода на примере, приведенном в учебном пособии А.Н. Кутейникова «Математические методы в психологии»³. У 7 учащихся были определены три показателя: осведомленность, средний показатель IQ и средняя отметка по учебному предмету. Эти данные приведены в таблице 2. Ставится задача: объединить учеников в однородные группы по указанным показателям.

Таблица 2

Код ученика	Осведомленность	Средний IQ	Средняя отметка
1	12	10,3	3,93
2	10	10,7	4,27
3	11	10,0	3,87
4	14	11,6	4,57
5	12	9,27	4,14
6	10	10,5	4,93
7	9	7,0	3,71

Для решения поставленной задачи необходимо выполнить следующие процедуры.

1) Найти расстояние между учениками 1 и 2 ($P_{1,2}$) по формуле

$$P_{1,2} = \sqrt{(12 - 10)^2 + (10,3 - 10,7)^2 + (3,93 - 4,27)^2} = 2,07.$$

¹ Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования.

² Кутейников А.Н. Математические методы в психологии : учеб. пособие. СПб. : Речь, 2008.

³ Там же. С. 139—143.

2) Рассчитать подобным образом все значения (P_{ij}) и занести их в таблицу 3.

Таблица 3

Код ученика	1	2	3	4	5	6	7
1	0	2,07	1,05	2,47	1,05	2,24	4,47
2	2,07	0	1,28	4,11	2,46	0,69	3,87
3	1,05	1,28	0	3,47	1,27	1,54	3,61
4	2,47	4,11	3,47	0	3,1	4,16	6,85
5	1,05	2,46	1,27	3,1	0	2,48	3,79
6	2,24	0,69	1,54	4,16	2,48	0	3,84
7	4,47	3,87	3,61	6,85	—	3,84	0

3) Найти наименьшее значение P_{ij} (в данном примере 0,69) и объединить в одну группу учеников 2 и 6. В объединенных ячейках заменить большее значение на меньшее. В результате получим таблицу 4.

Таблица 4

Код ученика	1	2—6	3	4	5	7
1	0	2,07 2,24	1,05	2,47	1,05	4,47
2—6	2,07 2,24	0 0,69	1,28 1,54	4,11 4,16	2,46 2,48	3,87 3,84
3	1,05	1,28 1,54	0	3,47	1,27	3,61
4	2,47	4,11 4,16	3,47	0	3,1	6,85
5	1,05	2,46 2,48	1,27	3,1	0	3,79
7	4,47	3,87 3,84	3,61	6,85	3,79	0

Полученное минимальное значение 1,05 в таблице 4 позволяет объединить в однородную группу учеников 1, 3, 5. Далее необходимо выполнить эту же процедуру последовательно несколько раз, что позволит объединить всех учеников в несколько однородных групп. Результаты проведения данной процедуры приведены в таблицах 5—7.

Таблица 5

Код ученика	1, 3, 5	2—6	4	7
1	2	3	4	5
1, 3, 5	0 1,05	2,07 1,28	2,47 3,47	4,47 3,61

	1,05	2,46	3,1	3,79
<i>Окончание таблицы</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
2—6	2,07 1,28 2,46	0	4,11	3,84
4	2,47 3,47 3,1	4,11	0	6,85
7	4,47 3,61 3,79	3,84	6,85	0

Объединение: 1, 2, 3, 5, 6.

Таблица 6

<i>Код ученика</i>	<i>1—3—5—2—6</i>	<i>4</i>	<i>7</i>
1—3—5—2—6	0 1,28	2,47 4,11	3,61 3,84
4	2,47 4,11	0	6,85
7	3,61 6,84	6,85	—

Объединение: (1—3—5) — (2—6) — 4.

Таблица 7

<i>Код ученика</i>	<i>1—3—5—2—6—4</i>	<i>7</i>
1—3—5—2—6—4	0 2,47	3,61 6,85
7	3,61 6,85	0

Объединение: [(1—3—5) — (2—6) — 4] — 7.

Полученные в ходе анализа результаты можно представить в виде дендрограммы (рис. 12).

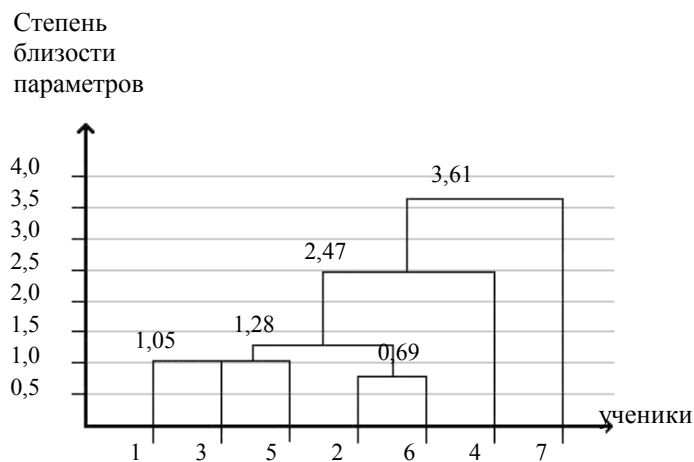


Рис. 12. Дендрограмма 7 учеников

Рассмотренный пример показывает, что всех учащихся можно распределить на четыре однородные группы: 1-я группа — ученики 2, 6; 2-я группа — ученики 1, 3, 5; 3-я группа — ученик 4; 4-я группа — ученик 7. Следовательно, используя метод кластерного анализа, можно проводить распределение объектов, например учащихся, на однородные группы по тем или иным показателям.

Таким образом, анализ сущности многомерных методов свидетельствует о том, что с их помощью можно решать разнообразные исследовательские задачи. Однако вычислительная процедура достаточно трудоемка и без использования вычислительной техники в значительной степени затруднена.

В настоящее время известны различные пакеты прикладных программных средств (ППС), с помощью которых можно оптимизировать вычислительную деятельность. В качестве основных для проведения практической части работы нами были выбраны программные средства SPSS и Statistica.

В следующей главе рассмотрим методику использования программных средств для решения некоторых видов экспериментальных исследовательских педагогических задач.

ГЛАВА 2

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ РЕШЕНИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ ПО МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

2.1. Методика проведения экспериментального исследования

Целью экспериментального исследования является изучение возможностей многомерных методов анализа при решении некоторых видов экспериментальных исследовательских задач. В ходе эксперимента решались следующие задачи:

1. Выявление функциональной зависимости между интеллектуальными особенностями школьников и их способностью запоминать учебный материал при решении классификационных задач (метод множественного регрессионного анализа).

2. Выявление влияния различных условий запоминания учебного материала на его продуктивность (метод многомерного дисперсионного анализа).

3. Распределение обучающихся на группы по результатам выполнения ими контрольных заданий по химии (кластерный анализ).

Эксперимент по решению задач 1 и 2 был проведен со школьниками 8-х и 11-х классов на базе МОУ «СОШ № 113» города Омска совместно с учителем химии Н.Ю. Синяевой. Эксперимент по решению задачи 3 проведен со студентами 1 курса направления «Естественнонаучное образование» ГОУ ВПО «Омский государственный педагогический университет».

Экспериментальный материал для решения исследовательских задач 1 и 2 представлял собой набор карточек размером 9x6 см. На каждой карточке была напечатана одна единица учебного материала (формула химического соединения), которую необходимо было запомнить в том или ином виде познавательной деятельности.

Выбор содержания экспериментального материала обусловлен необходимостью сравнительного анализа результатов, полученных в нашем исследовании. Весь экспериментальный материал при оценке продуктивности запоминания приведен в приложении 1.

Для решения экспериментальной задачи 1, кроме указанного материала, применялся психологический тест Амтхауэра, методика которого была взята из диссертационной работы И.В. Герасимова «Использование алгоритмического подхода в обучении химии при

решении задач интеллектуального развития учащихся»¹. Данный тест состоит из 9 субтестов для оценки следующих особенностей структуры интеллекта:

1. ME — сохранение в памяти выученных слов.
2. WA — охват языковых значений, чувство языка, индивидуальное языковое мышление, скорость образования языковых понятий.
3. AN — комбинационные способности, подвижность и способность мышления к перестановкам, охват и перенос отношений, ясность и познавательность мышления, сопротивляемость приблизительным результатам.
4. GE — языковая способность к абстрагированию, языково-логическое мышление, глубина образования понятий.
5. SE — формирование суждений, чувство действительности, самостоятельность мышления.
6. RA — практико-математическое мышление, индивидуальное мышление числами, подвижность и способность мышления к перестановкам, ритмические компоненты.
7. ZR — теоретико-математическое мышление, умение находить закономерности.
8. FA — способность к воображению, наглядно-целостное мышление, образно-конструктивные компоненты.
9. WU — способность к пространственному представлению, технико-конструктивные компоненты.

С помощью данного теста можно определить как общий IQ по всему тесту, так и IQ_i по отдельным субтестам. Для сопоставительного анализа нами выбраны три субтеста: 2, 3, 4. Анализ их содержания показывает, что субтест 2 (AN) сочетается с познавательной задачей на исключение «лишнего» химического объекта из совокупности (комбинаторные способности в мышлении). Субтест 3 (GE) соотносится с познавательной деятельностью, лежащей в основе классификационной деятельности, то есть сочетается с познавательной задачей на классификацию химических объектов (глубина образовательных понятий). Субтест 4 (SE) согласуется с познавательной задачей на выявление и установление различных видов отношений между объектами, образующими пары (способность к формированию суждений).

Таким образом, применение данных субтестов психологического теста Амтхауэра, по нашему мнению, позволяет объективно оценить влияние некоторых интеллектуальных особенностей личности школьников на продуктивность запоминания ими учебного материала в различных видах познавательной деятельности.

При проведении эксперимента по решению исследовательской задачи 2 варьировались условия, влияющие на продуктивность запоми-

¹ Герасимова И.В. Использование алгоритмического подхода в обучении химии при решении задач интеллектуального развития учащихся : дис. ... канд. пед. наук / Ом. гос. пед. ун-т. Омск, 1999. 175 с.

ния школьниками учебного материала, в частности: объем учебного материала, время запоминания, форма запоминания.

Влияние первого условия — объем учебного материала — оценивалось при наличии минимального объема учебного материала — 8 химических формул, и максимального — 20 формул, то есть в пределах от 8 до 20 химических формул. Влияние времени запоминания оценивалось при двух значениях: минимальное — 3 минуты, максимальное — 10 минут. Влияние третьего фактора осуществлялось в двух формах запоминания: произвольном и совмещенном.

При произвольном запоминании ставилась цель — решить познавательную задачу на классификацию, разложив карточки с формулами химических соединений на группы: оксиды, основания, кислоты, соли. После выполнения задания перед школьниками ставилась задача: вспомнить и записать как можно больше химических формул, которые были на карточках. Таким образом, цель в этом задании была только познавательная.

При совмещенном запоминании ставилась цель — запомнить как можно больше химических формул, изображенных на карточках, предварительно проведя их классификацию по основным классам неорганических соединений, то есть в данном случае ставилась мнемическая цель и одновременно давался познавательный прием запоминания (прием классификации).

Экспериментальным материалом для решения исследовательской задачи 3 послужили контрольные задания по разным темам курса химии: номенклатура и свойства классов неорганических соединений, реакции ионного обмена, окислительно-восстановительные реакции и другие. Варианты заданий приведены в приложении 2.

Для решения исследовательской задачи 1 использовался метод многомерного регрессионного анализа, экспериментальная задача 2 решалась методом дисперсионного анализа, задача 3 — методом кластерного анализа. Теоретические основы этих методов рассмотрены в параграфе 1.4 главы 1.

Рассмотрим подробно полученные результаты экспериментальных исследований.

2.2. Построение модели влияния различных переменных на результативность запоминания учебного материала методом множественного регрессионного анализа

Исследовательская задача 1. Выявление существования зависимости между продуктивностью запоминания (ПЗ) школьниками хими-

ческого материала в процессе решения познавательных задач по классификации неорганических соединений в форме произвольного запоминания и баллами трех субтестов теста Амтхауэра.

В результате исследования были получены экспериментальные данные, представленные в таблице 8.

Таблица 8

Баллы IQ по трем субтестам и продуктивность запоминания химических формул школьниками 11 класса

<i>Код ученика</i>	<i>IQ₂ балл (x₂)</i>	<i>IQ₃ балл (x₃)</i>	<i>IQ₄ балл (x₄)</i>	<i>ПЗ_{эксп.} — продуктивность запоминания (кол-во формул — y)</i>
1	95	101	92	10
2	99	98	100	9
3	95	98	92	8
4	88	101	97	10
5	102	103	95	13
6	95	106	102	11
7	95	106	102	14
8	95	98	100	12
9	102	101	97	12
10	92	96	92	8
11	95	93	95	9
12	95	96	100	10
13	106	96	100	10
14	95	101	92	11
15	92	98	95	8
16	95	101	97	11
17	99	106	102	13
18	92	103	97	8

Согласно полученным данным, полное уравнение регрессии должно иметь следующий вид:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{1,2}x_1x_2 + a_{2,3}x_2x_3 + a_{1,3}x_1x_3 + a_{1,2,3}x_1x_2x_3.$$

Экспериментальные данные были обработаны при использовании статистического пакета SPSS. Результаты вычислений приведены в таблицах приложения 3. Из данных таблиц следует, что не все коэффициенты уравнения регрессии обладают статистической значимостью. Значимыми оказались коэффициенты только перед переменными x_2 (IQ_2) и x_3 (IQ_3).

Таким образом, уравнение регрессии после исключения незначимых коэффициентов принимает следующий вид:

$$y = -37,266 + 0,175 x_2 + 0,308 x_3.$$

Замена переменных x_2 и x_3 на фактические показатели приводит к уравнению регрессии в явном виде:

$$ПЗ = -37,266 + 0,175 IQ_2 + 0,308 IQ_3.$$

Полученное уравнение регрессии показывает, что на продуктивность запоминания школьниками химических формул основных классов неорганических соединений существенное влияние оказывают два показателя интеллектуальных способностей: комбинаторные способности мышления, подвижность и способность мышления к перестановкам; способность мышления к глубокому и полному образованию понятий.

Представляет интерес проведение расчета продуктивности запоминания учебных формул по полученному уравнению ($ПЗ_{расч.}$) и сравнение этих значений ($ПЗ_{эксп.}$). Указанные величины приведены в таблице 9.

Таблица 9

Код ученика	$ПЗ_{эксп.}$	$ПЗ_{расч.}$
1	10	10,47
2	9	10,24
3	8	9,54
4	10	9,24
5	13	12,31
6	11	12,01
7	14	12,01
8	12	9,54
9	12	11,69
10	8	8,40
11	9	8,00
12	10	8,93
13	10	10,85
14	11	10,47
15	8	9,02
16	11	10,47
17	13	12,71
18	8	10,56
Средняя продуктивность запоминания	10,38	10,36

Для оценки адекватности уравнения регрессии, достоверности полученных расчетных величин продуктивности запоминания был проведен статистический анализ средних значений $PZ_{\text{эксп.}}$ и $PZ_{\text{расч.}}$ по t -критерию Стьюдента с использованием пакета SPSS. Результаты расчетов приведены в приложении 4.

Полученные данные показывают, что между средними значениями продуктивности запоминания, рассчитанными по уравнению регрессии (68,9), и экспериментальными (69,3) нет статистически значимых различий на уровне $p \leq 0,01$. Это свидетельствует о том, что данное регрессионное уравнение с высокой степенью точности подтверждает экспериментальные результаты.

Следовательно, метод множественного регрессионного анализа позволяет получить функциональную зависимость влияния нескольких зависимых переменных на независимую переменную, выраженную уравнением линейной регрессии. С помощью этого уравнения можно не только описать педагогическое явление, но и осуществить прогноз. В частности, если известны баллы, полученные учениками по психологическому тесту, то можно с достаточной степенью точности предсказать их способность к запоминанию химического материала в произвольной форме.

2.3. Построение модели влияния различных факторов на запоминание учебного материала в процессе решения школьниками познавательных задач

Исследовательская задача 2. Выявление влияния различных условий запоминания учебного материала на его продуктивность.

В данной исследовательской задаче проведено экспериментальное изучение влияния трех факторов на запоминание учебного материала по химии при решении школьниками 8 класса познавательной задачи на классификацию химических объектов. Методика проведения эксперимента описана в параграфе 2.1. Введем обозначение факторов:

Фактор А — объем запоминаемых химических формул (минимальный — 8 формул, максимальный — 20 формул).

Фактор В — время запоминания (минимальный — 3 минуты, максимальный — 10 минут).

Фактор С — форма запоминания (произвольное запоминание — НЗ, совмещенное — СЗ).

Экспериментально полученные данные при решении этой исследовательской задачи приведены в таблице 10.

Таблица 10

Доля химических формул, которые запомнили школьники 8 класса
в разных условиях решения классификационной задачи

Условия эксперимента	Порядковые номера испытуемых						Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	
Непроизвольное запоминание							
8 формул, 3 минуты	0,375	0,750	0,875	1,000	0,625	0,750	0,73
20 формул, 3 минуты	0,100	0,100	0,200	0,200	0,150	0,400	0,19
8 формул, 10 минут	0,750	0,375	0,750	0,875	1,000	1,000	0,79
20 формул, 10 минут	0,200	0,300	0,500	0,200	0,300	0,350	0,31
Совмещенное запоминание							
8 формул, 3 минуты	0,625	0,750	0,875	0,500	0,500	0,625	0,65
20 формул, 3 минуты	0,200	0,150	0,250	0,400	0,200	0,150	0,26
8 формул, 10 минут	1,000	0,625	0,125	0,625	0,875	0,625	0,65
20 формул, 10 минут	0,350	0,450	0,400	0,500	0,450	0,700	0,48

Для решения данной экспериментальной задачи применялся метод множественного дисперсионного анализа. В таблице 11 экспериментальные данные представлены в виде, необходимом для расчета по программе SPSS, значения факторов А, В, С приведены по номинативной шкале, откуда следует, что полная модель влияния трех факторов представляется в следующем виде:

$$Y = A + B + C + AB + BC + AC + ABC.$$

Таблица 12

Данные расчета по программе SPSS
для дисперсионного анализа

Код ученика	Доля формул, которые запомнили ученики	Фактор А	Фактор В	Фактор С
1	2	3	4	5
1	0,100	2	1	1
2	0,100	2	1	1
3	0,200	2	1	1
4	0,200	2	1	1
<i>Окончание таблицы</i>				
1	2	3	4	5
5	0,150	2	1	1

6	0,400	2	1	1
7	0,200	2	1	2
8	0,150	2	1	2
9	0,250	2	1	2
10	0,400	2	1	2
11	0,250	2	1	2
12	0,300	2	1	2
13	0,375	1	1	1
14	0,750	1	1	1
15	0,875	1	1	1
16	1,000	1	1	1
17	0,625	1	1	1
18	0,750	1	1	1
19	0,625	1	1	2
20	0,750	1	1	2
21	0,875	1	1	2
22	0,500	1	1	2
23	0,500	1	1	2
24	0,625	1	1	2
25	0,200	2	2	1
26	0,300	2	2	1
27	0,500	2	2	1
28	0,200	2	2	1
29	0,300	2	2	1
30	0,350	2	2	1
31	0,350	2	2	2
32	0,450	2	2	2
33	0,400	2	2	2
34	0,500	2	2	2
35	0,450	2	2	2
36	0,700	2	2	2
37	0,750	1	2	1
38	0,375	1	2	1
39	0,750	1	2	1
40	0,875	1	2	1
41	1,000	1	2	1
42	1,000	1	2	1
43	1,000	1	2	2
44	0,625	1	2	2
45	0,125	1	2	2
46	0,625	1	2	2
47	0,875	1	2	2
48	0,625	1	2	2

Результаты расчета приведены в таблицах приложения 5. Анализ полученных результатов свидетельствует о неодинаковом вкладе всех

изученных факторов. На уровне значимости 0,01 индивидуальное влияние оказывает только фактор А — объем учебного материала (в нашем случае это число химических формул). Этот фактор в значительной степени влияет на продуктивность запоминания, если число единиц информации варьировать от 8 до 20.

Время и форма запоминания как самостоятельные факторы не имеют решающего значения, однако одновременное влияние объема материала и формы запоминания оказывается значимым для запоминания химического материала, осуществляемого в процессе решения школьниками познавательной задачи на классификацию веществ по основным классам неорганических соединений. Таким образом, модель значимого влияния факторов имеет вид

$$Y = A + AC.$$

Следовательно, эмпирическую модель влияния факторов можно записать как

$$ПЗ = \Phi_A + \Phi_A \Phi_C.$$

Из полученных результатов следует, что на продуктивность запоминания школьниками химического материала существенное влияние оказывает объем учебного материала, включенного в содержание познавательной задачи, а также совместное влияние объема материала и вида запоминания.

2.4. Распределение студентов на группы по результатам выполнения контрольных заданий методом кластерного анализа

Исследовательская задача 3. Распределение студентов на группы по результатам выполнения ими контрольных заданий по химии.

Постановка данного эксперимента обусловлена следующими причинами. В 2008/09 учебном году со студентами 1 курса, обучающимися по направлению «Естественнонаучное образование», в 1 семестре проводился практикум по решению химических задач. Для оптимального планирования и организации обучения по этому практикуму выполнялась «входная» контрольная работа, включавшая качественные и расчетные задачи.

В таблице 12 приведены экспериментальные данные, полученные в ходе выполнения студентами одной из учебных групп заданий

контрольной работы. Поясним принятые в таблице обозначения этих контрольных заданий:

- 1 — определение степени окисления атомов в сложных веществах;
- 2 — составление уравнений окислительно-восстановительных реакций (ОВР);
- 3 — номенклатура основных классов неорганических соединений;
- 4 — цепочки превращений на основные классы неорганических соединений;
- 5 — составление уравнений ионно-обменных реакций (ИОР);
- 6 — составление молекулярных и ионных уравнений гидролиза солей.

Таблица 12

Экспериментальные данные по результатам выполнения контрольных заданий (качественных задач) по химии

Код студента	Обозначения контрольных заданий						Содержательные блоки	
	1	2	3	4	5	6	ОВР	ИОР
1	11,0	5,0	4,0	3,0	3,0	0,0	16,0	3,0
2	8,0	5,0	2,0	1,0	0,0	0,0	13,0	0,0
3	10,0	3,0	0,0	3,0	3,0	1,0	13,0	4,0
4	0,0	2,0	4,0	3,0	2,0	0,0	2,0	2,0
5	4,0	2,0	4,0	2,0	3,0	2,0	6,0	5,0
6	8,0	5,0	3,0	1,0	3,0	1,0	13,0	4,0
7	11,0	5,0	3,0	3,0	4,0	4,0	16,0	8,0
8	4,0	2,0	3,0	1,0	4,0	0,0	6,0	4,0
9	10,0	2,0	0,0	1,0	3,0	0,0	12,0	3,0
10	9,0	2,0	4,0	1,0	3,0	0,0	11,0	3,0
11	11,0	5,0	3,0	2,0	3,0	0,0	16,0	3,0
12	11,0	5,0	3,0	2,0	3,0	0,0	16,0	3,0
13	11,0	3,0	4,0	2,0	2,0	0,0	14,0	2,0
14	10,0	3,0	3,0	3,0	4,0	0,0	13,0	4,0

Рассмотрим подробно результаты кластерного анализа. Было проведено несколько вариантов распределений студентов на группы по успешности выполнения ими заданий, соответствующих различным разделам школьного курса химии.

Вариант 1. Окислительно-восстановительные реакции.

Результаты расчетов приведены в таблицах приложения 6, на дендрограмме (рис. 13) и точечной диаграмме (рис. 14).

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

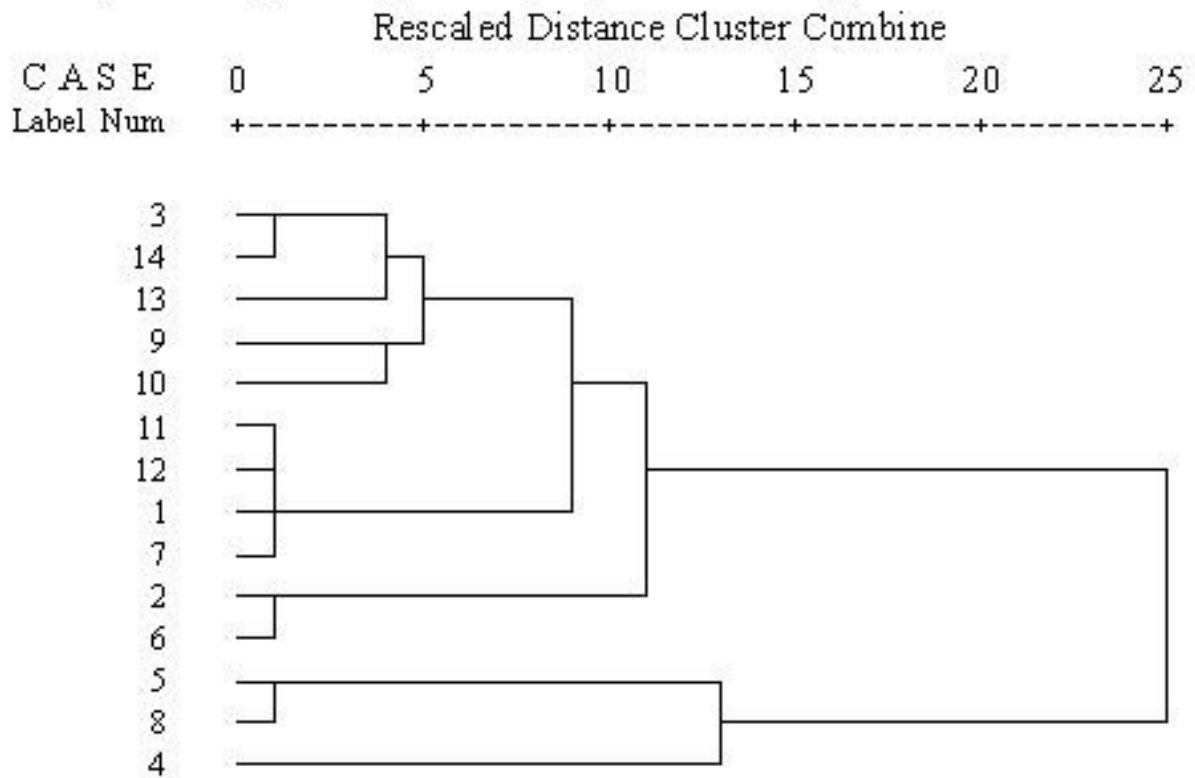


Рис. 13. Дендрограмма объединения кластеров (вариант 1)

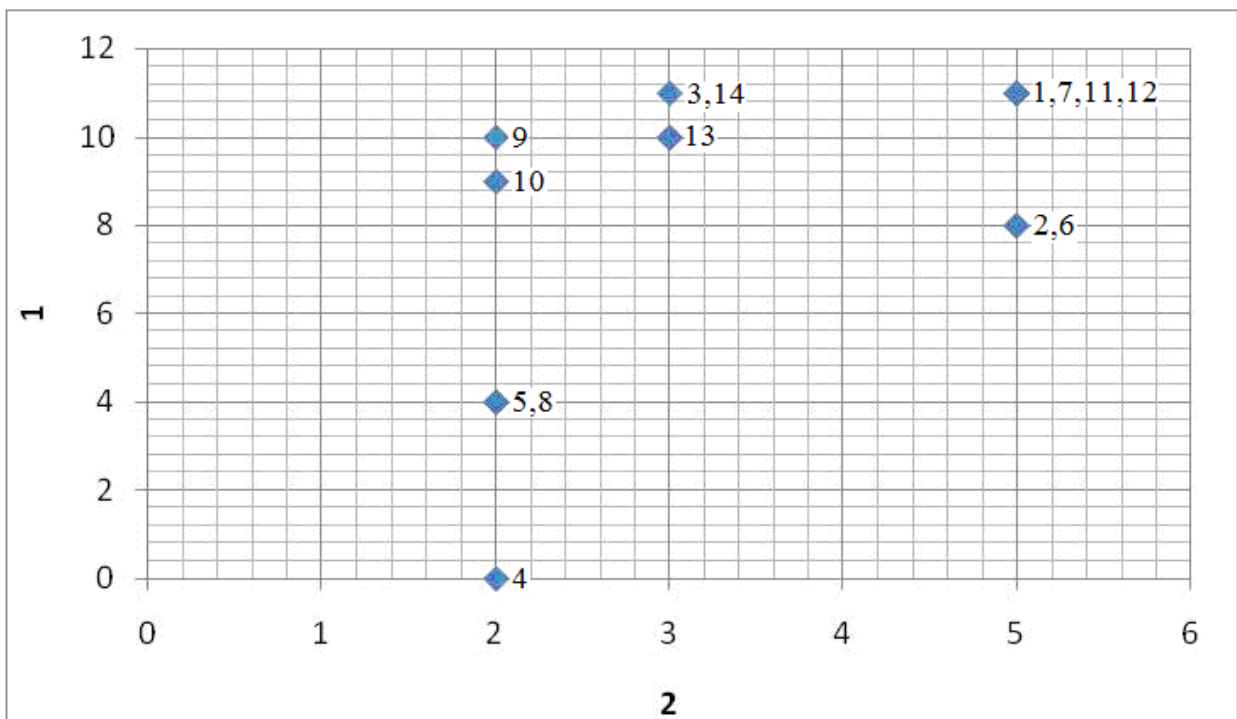


Рис. 14. Точечная диаграмма распределения студентов на группы по результатам кластеризации (вариант 1)

Полученные данные показывают, что по умению студентов определять степень окисления (СО) атомов в сложных веществах и составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций выделяются 6 групп:

1 группа (студенты 1, 7, 11, 12) характеризуется высоким уровнем выполнения заданий;

2 группа (студенты 3, 13, 14) характеризуется высоким уровнем умения определять степень окисления и средним уровнем умения составлять уравнения окислительно-восстановительных реакций;

3 группа (студенты 9, 10) характеризуется достаточно хорошим уровнем умения определять степень окисления и низким уровнем умения составлять окислительно-восстановительные реакции;

4 группа (студенты 2, 6) допускает ошибки в определении степени окисления, но безошибочно составила уравнения окислительно-восстановительных реакций;

5 группа (студенты 5, 8) характеризуется низким уровнем владения указанными умениями;

6 группа (студент 4) умения проявляет на низком и очень низком уровне.

Вариант 2. Номенклатура и свойства основных классов неорганических соединений.

Результаты расчета показаны в таблицах приложения 7, на дендрограмме (рис. 15) и точечной диаграмме (рис. 16).

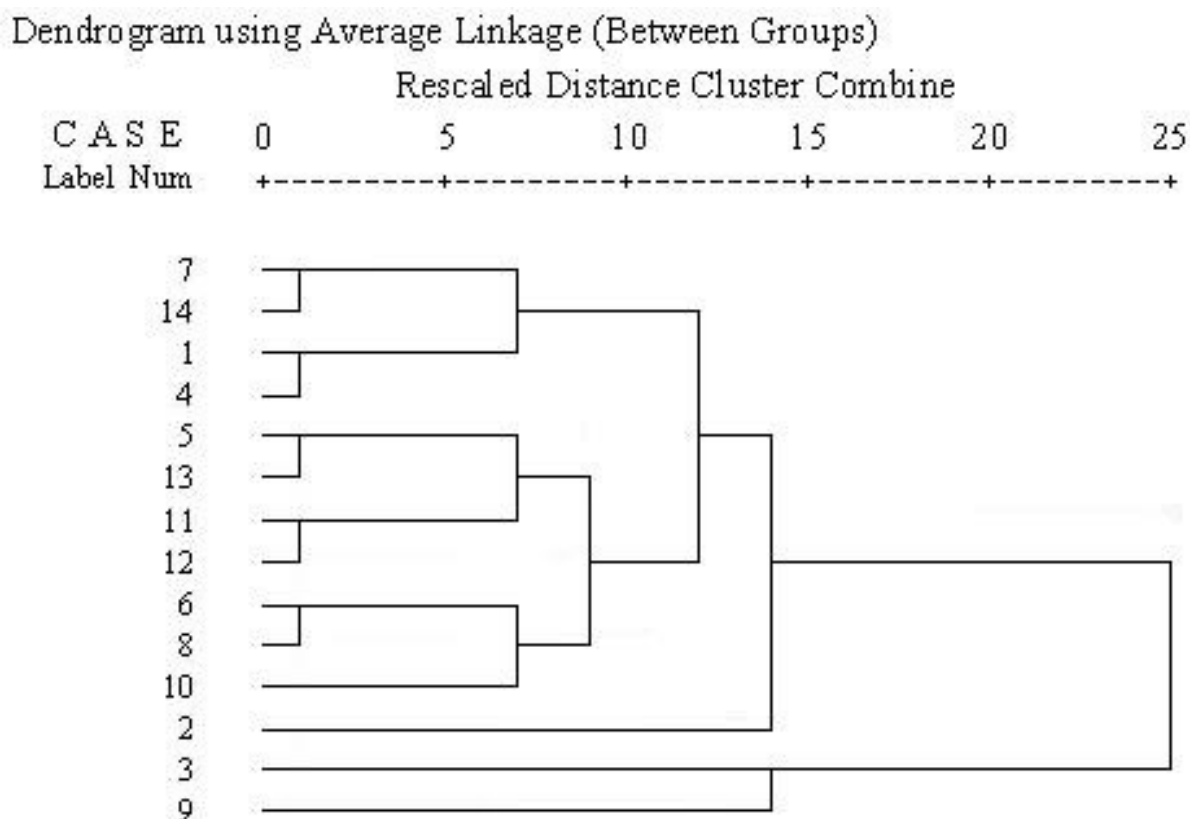


Рис. 15. Дендрограмма объединения кластеров (вариант 2)

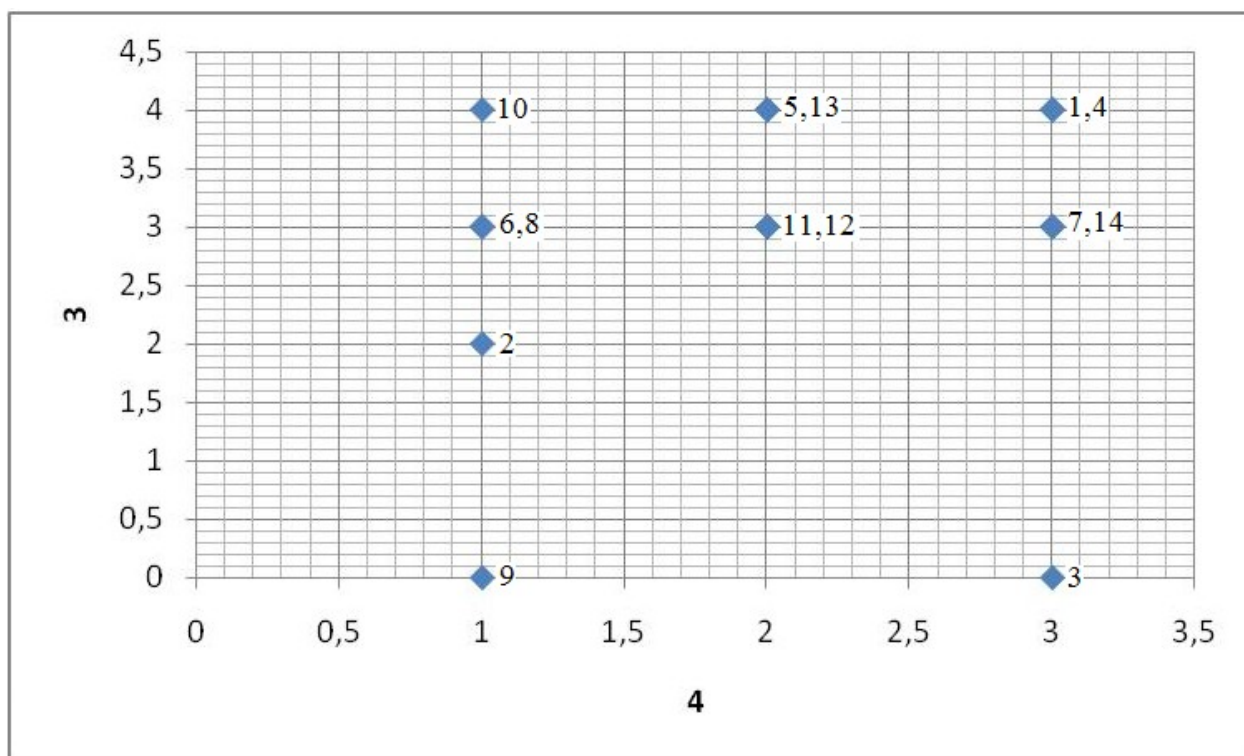


Рис. 16. Точечная диаграмма распределения студентов на группы по результатам кластеризации (вариант 2)

В соответствии с полученными данными студенты распределились на 6 групп:

1 группа (студенты 1, 4, 7, 14), студенты которой в хорошей степени владеют номенклатурными умениями и умеют составлять уравнения реакций, характеризующие свойства основных классов неорганических веществ;

2 группа (студенты 5, 11, 12, 13) характеризуется хорошим уровнем номенклатурных умений, но обладает низким уровнем знаний свойств классов неорганических веществ;

3 группа (студенты 6, 8, 10) обладает также достаточным уровнем развития умений давать названия основным классам неорганических соединений, но низким уровнем знаний по свойствам основных классов веществ;

4 группа состоит из одного студента (3), умеющего составлять уравнения реакций по свойствам основных классов неорганических веществ, но не владеющего номенклатурными умениями;

5 группа включает студента (2), имеющего низкий уровень номенклатурных умений и очень низкий уровень знаний химических свойств неорганических соединений.

6 группа включает студента (9), очень слабо владеющего номенклатурными умениями и знаниями по свойствам основных классов неорганических соединений.

Вариант 3. Ионно-обменные реакции и гидролиз солей.

Результаты вычислений приведены в таблицах приложения 8, на дендрограмме (рис. 17) и диаграмме (рис. 18).

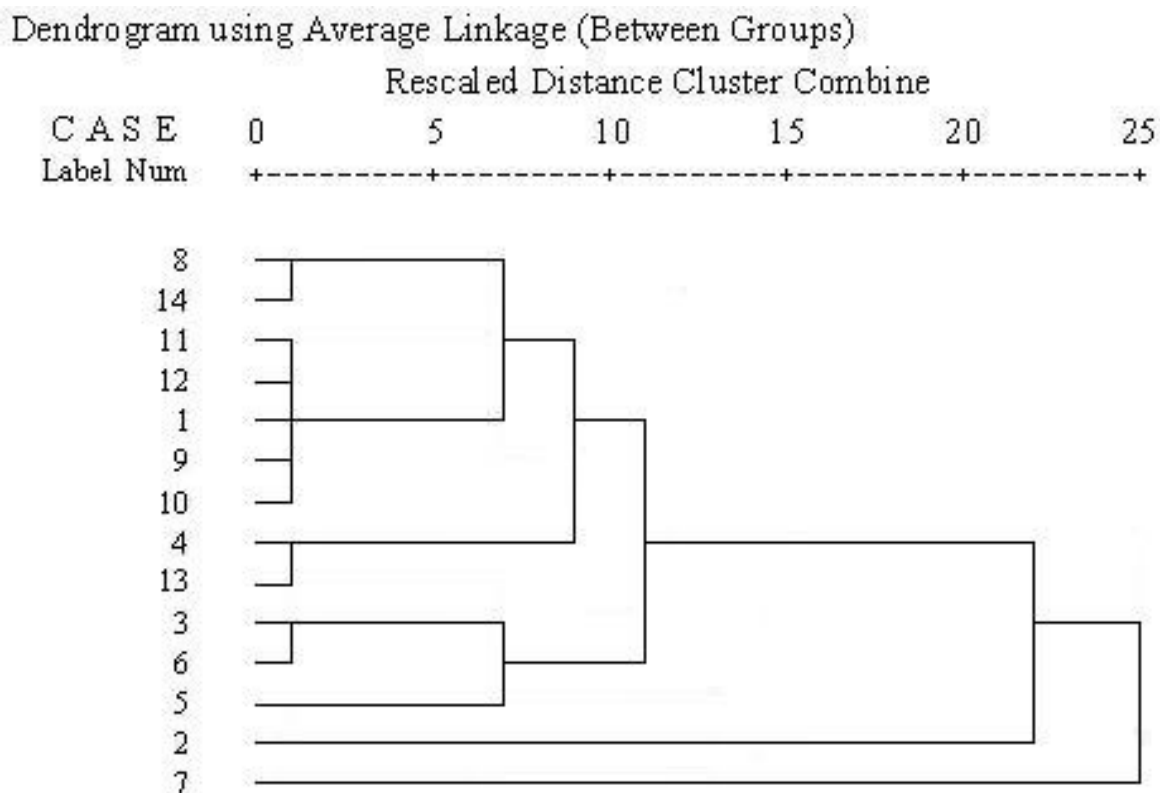


Рис. 17. Дендрограмма объединения кластеров (вариант 3)

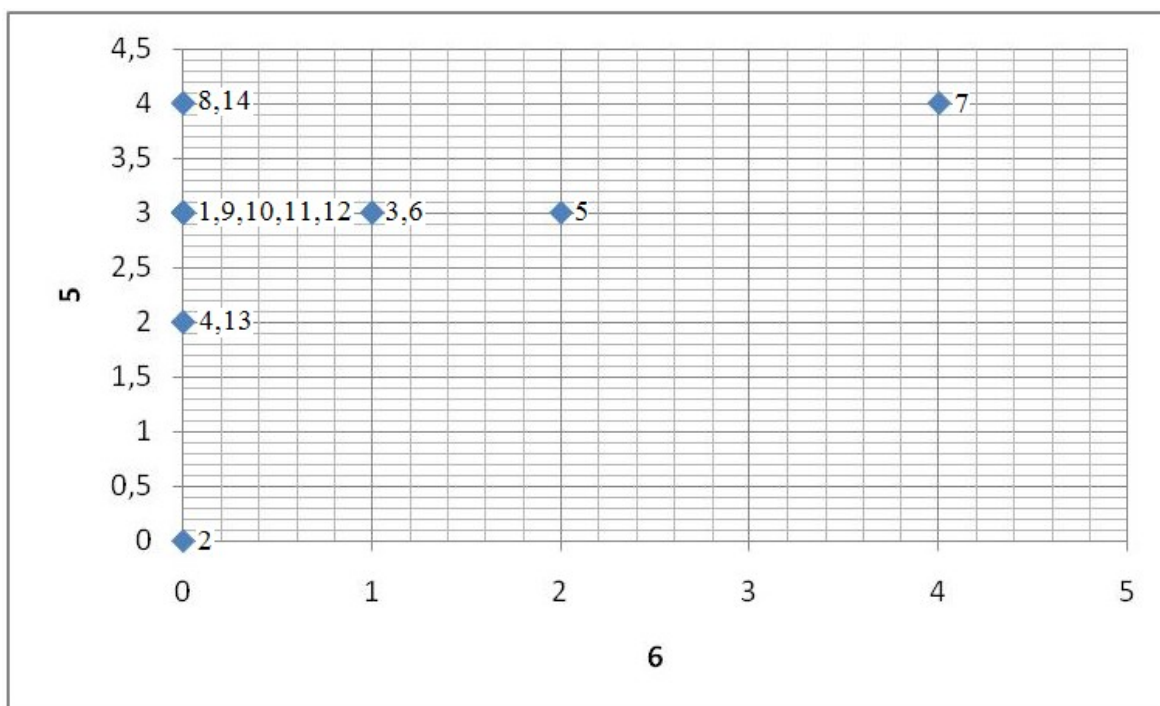


Рис. 18. Точечная диаграмма распределения студентов на группы по результатам кластеризации (вариант 3)
Согласно полученным данным было выделено 5 групп студентов:

1 группа (студент 7). Практически этот студент не допустил ошибок при составлении ионно-обменных реакций между представителями классов неорганических веществ и написании уравнений гидролиза.

2 группа (студент 2). Данный студент не написал ни одного уравнения реакции.

3 группа (студенты 1, 8, 9, 10, 11, 12, 14). Студенты этой группы неплохо справились с написанием ионно-обменных уравнений, но не написали ни одного уравнения гидролиза солей.

4 группа (студенты 3, 5, 6) характеризуется средним уровнем умений составлять ионные уравнения реакций по свойствам основных классов неорганических веществ и уравнения гидролиза солей.

5 группа (студенты 4, 13). Студенты этой группы не умеют составлять уравнения гидролиза солей и у них очень низкий уровень составления ионных уравнений.

Вариант 4. Окислительно-восстановительные и ионно-обменные реакции.

Результаты кластеризации по указанным темам курса химии представлены в таблицах приложения 9, на дендрограмме (рис. 19) и диаграмме (рис. 20).

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

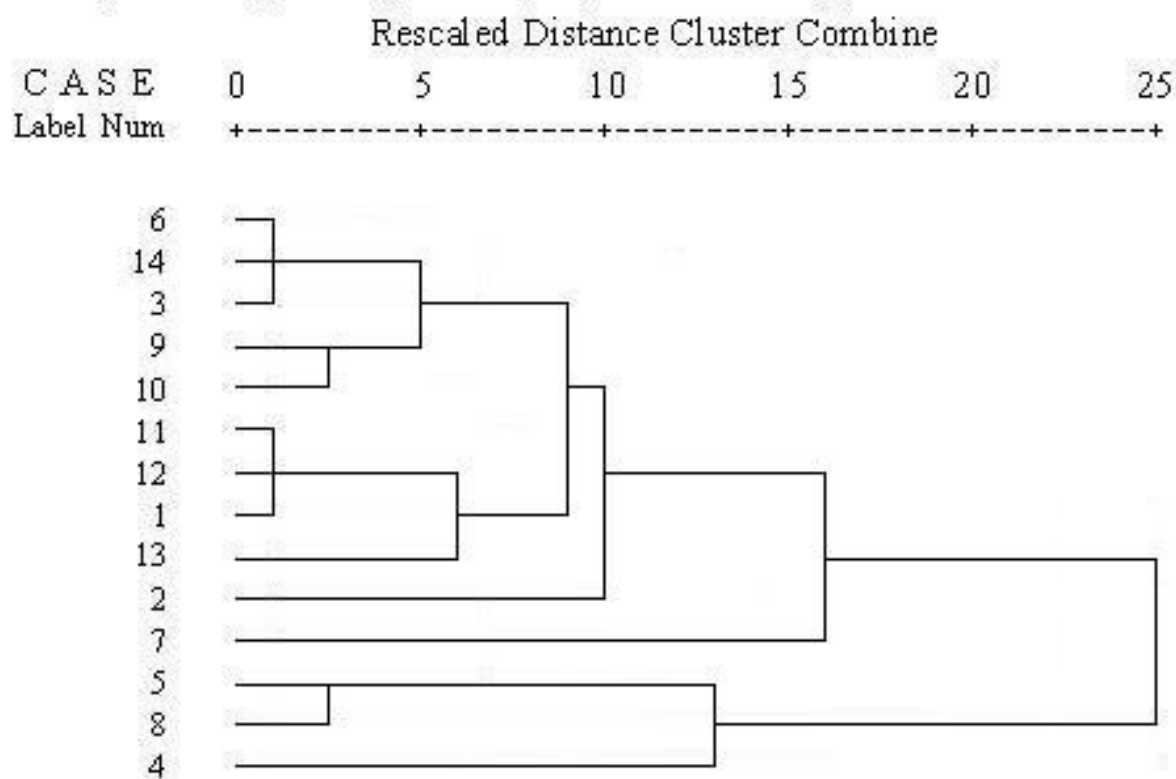


Рис. 19. Дендрограмма объединения кластеров (вариант 4)

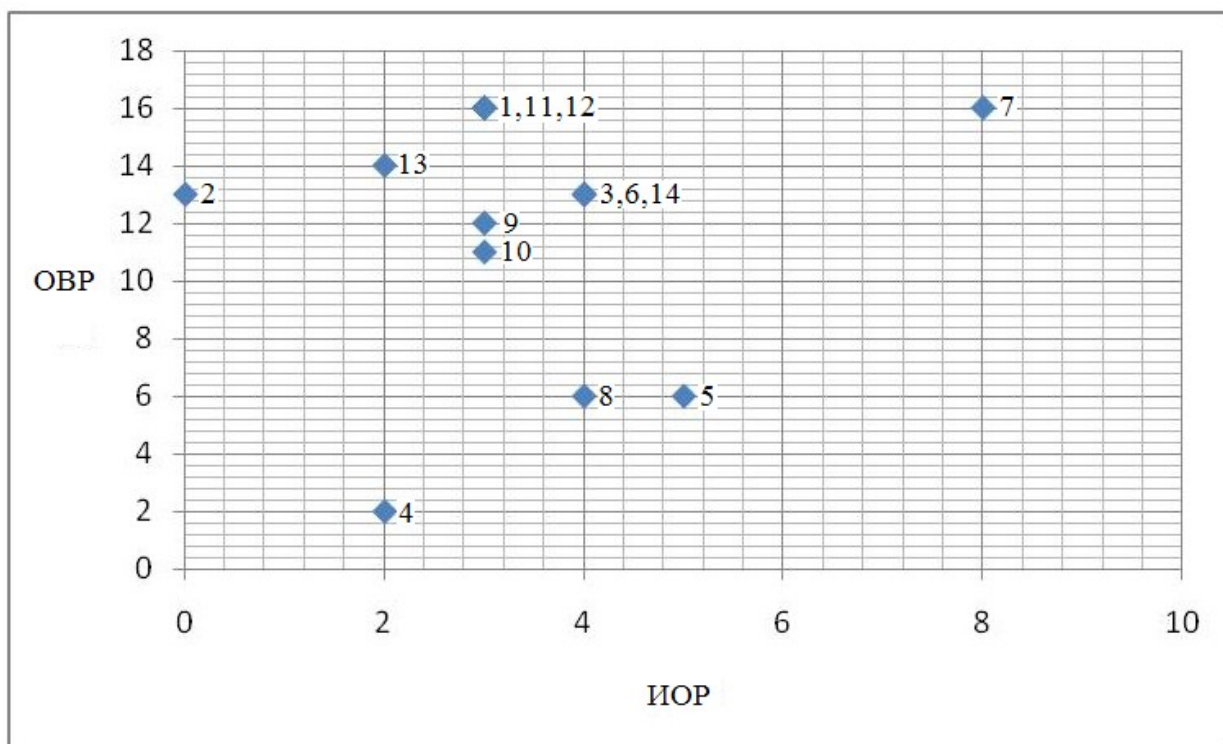


Рис. 20. Точечная диаграмма распределения студентов на группы по результатам кластеризации (вариант 4)

Как следует из полученных данных, в результате кластеризации выделяются 6 групп:

1 группа (студент 7). Этот студент на высоком уровне владеет умениями по указанным темам.

2 группа (студент 4). Этот студент владеет данными умениями на очень низком уровне.

3 группа (студент 2). У данного студента достаточны уровень умений по теме окислительно-восстановительных реакций и очень низкий уровень составления ионно-обменных реакций.

4 группа (студенты 1, 11, 12, 13). Эти студенты на хорошем уровне проявили умения, связанные с окислительно-восстановительными реакциями, но уровень составления ионно-обменных реакций у них на низком уровне.

5 группа (студенты 3, 6, 9, 10, 14). Студенты этой группы получили за задания по окислительно-восстановительным реакциям баллы выше среднего уровня, а по ионно-обменным реакциям — среднего уровня.

6 группа (студенты 5, 8). Эти два студента проявили средний уровень умений по обеим указанным темам.

Таким образом, применение кластерного анализа для решения исследовательской задачи 3 позволило провести распределение студентов на группы для оптимальной организации обучения во время практикума.

После завершения занятий практикума по решению задач по химии студентам были предложены для выполнения задания, в которых содержались вопросы, сходные с заданиями «входной» контрольной работы. Средний балл за выполнение качественных задач по указанным темам на «входе» составил 21,5, а аналогичный показатель на «выходе» оказался равным 26,5. Оценка по t -критерию Стьюдента для связанных выборок средних баллов в начале и в конце практикума показала значимые различия на уровне значимости $p \leq 0,002$.

Таким образом, проведенный кластерный анализ распределения студентов на группы позволил преподавателям оптимально организовать занятие с учетом уровня химической подготовки обучаемых, что положительно сказалось на результатах обучения.

2.5. Методические рекомендации по применению прикладных программных средств для анализа результатов исследования многомерными методами анализа

Результаты решения исследовательских задач, рассмотренные в параграфах 2.1—2.4, показали, что многомерные методы анализа позволяют организовать и проводить сложные экспериментальные педагогические исследования. Однако применение этих методов требует использования специальных прикладных программных средств. Сравнительный анализ трех пакетов программных средств (SPSS, Statistica, STADIA) показал, что оптимальным средством является пакет SPSS. Рассмотрим методику его использования на примерах многомерных методов анализа, которые мы применяли в практической части исследования.

Использование пакета SPSS состоит из двух блоков действий и операций: общего и специального (приложение 10).

Представленная методика использования прикладных программных средств для анализа экспериментальных результатов, полученных при проведении педагогического исследования, содержит как общие, так и особенные действия в вычислительной процедуре. Освоив эту процедуру, исследователь может самостоятельно выбирать необходимый многомерный метод анализа и проводить соответствующие вычисления.

Однако, очевидно, что многомерные методы анализа являются лишь одним из оптимальных средств решения исследовательских задач, а прикладные программные средства — инструментом для оптимизации вычислительных процедур. Поэтому их применение всегда должно основываться на правильном выборе методов, который определяется постановкой исследовательской задачи.

Следовательно, применение многомерных методов анализа предваряет постановочный этап. Не менее важным является этап интерпретации полученных результатов. Эффективность этого этапа зависит от умений исследователя проводить системный анализ результатов вычислений и исследовательской интуиции.

Таким образом, при использовании прикладных программных средств для применения многомерных методов анализа в педагогических исследованиях по методике обучения химии следует учитывать следующий алгоритм:

Первый этап — постановочный:

1. Формулировка исследовательской задачи.
2. Конкретизация экспериментальной исследовательской задачи.
3. Отнесение задачи к определенному типу.

Второй этап — операционно-деятельностный:

1. Выбор многомерного метода анализа для решения сформулированной экспериментальной исследовательской задачи.
2. Использование прикладных программных средств для оптимизации вычислительной процедуры.

Третий этап — аналитический:

1. Первичный анализ полученных результатов.
2. Выбор способа представления результатов.
3. Интерпретация результатов и формулировка содержательных выводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе теоретического анализа философской и психолого-педагогической литературы раскрыта сущность системного и деятельностного подходов как методологической основы педагогического научного исследования. Выявлены важнейшие элементы логической структуры научного исследования, которые объединяются в три взаимосвязанных этапа его проведения.

Показано, что одним из основных компонентов логической структуры является выбор научных методов, которые определяются спецификой исследовательских задач. Педагогический эксперимент и статистическое наблюдение выделяются среди других эмпирических методов тем, что проявляют интегративные функции. Их использование предполагает применение остальных эмпирических методов педагогического исследования.

Математические методы анализа носят многофункциональный характер, реализуют связи со всеми эмпирическими и теоретическими методами научного исследования. Важное место в системе математических методов занимают многомерные методы анализа: множественный регрессионный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, многомерный дисперсионный анализ, факторный анализ, многомерное шкалирование и другие. Многомерные методы позволяют решать экспериментальные педагогические задачи по комплексному описанию образовательного процесса, его моделированию и прогнозированию.

Научное педагогическое исследование по методике обучения химии практически всегда предполагает решение экспериментальных исследовательских задач. Очень часто их решение ограничивается рамками типичных моделей педагогического эксперимента. В то же время многие экспериментальные исследовательские задачи могут решаться посредством оптимального сочетания методов статистического наблюдения и многомерных методов анализа.

Выявлена типология экспериментальных педагогических исследовательских задач и оптимальных способов их решения многомерными методами анализа. Важное место среди этих задач занимают прогностические, классификационные и задачи оптимизации.

Показано назначение и раскрыты теоретические основы и сущность многомерных методов анализа, таких, как множественный регрессионный анализ, многомерный дисперсионный и кластерный. Они позволяют решать не только научные, но и прикладные экспериментальные задачи. Важным вопросом в использовании многомерных методов анализа является вопрос об их классификации. Подходы к классификации

многомерных методов анализа позволили обобщить и представить типологию многомерных методов, включающую три типологические группы и семь типологических подгрупп.

В практической части исследования были поставлены и решены указанными методами три экспериментальные задачи.

Решение первой задачи направлено на нахождение функциональной зависимости между интеллектуальными особенностями личности школьников и их способностью к запоминанию учебного материала в процессе решения познавательных задач. Полученное уравнение регрессии

$$ПЗ = -37,266 + 0,175 IQ_2 + 0,308 IQ_3,$$

позволяет не только количественно описать изучаемое явление, но осуществить прогноз — провести расчет на уровне $p \leq 0,01$ продуктивности запоминания школьниками учебного материала по значениям баллов IQ .

Целью второй экспериментальной исследовательской задачи является выявление факторов, оказывающих наибольшее влияние на продуктивность запоминания учебного материала по химии при его классификации. Эта задача решалась многомерным дисперсионным анализом. Получена эмпирическая модель вида

$$ПЗ = \Phi_A + \Phi_A \Phi_C,$$

где Φ_A — объем запоминаемых химических формул, Φ_C — форма запоминания.

Данная модель показывает, что на запоминание школьниками химического материала решающее влияние оказывает его объем (Φ_A) и совместное влияние объема и вида запоминания ($\Phi_A \Phi_C$).

Прогностическое значение этой модели состоит в том, что для эффективного запоминания учебного материала перед учениками необходимо ставить мнемическую цель в процессе классификации объектов (совмещенный вид запоминания) и вводить в содержание классификационных задач не более десяти объектов.

Третья экспериментальная задача относилась к типу классификационных и ее решение осуществлялось со студентами первого курса химико-биологического факультета. Эту исследовательскую задачу можно отнести к разряду прикладных, практико-ориентированных.

Для оптимизации проведения практикума по решению задач необходимо было распределить студентов на группы (провести внешнюю дифференциацию) по их уровню умений и знаний материала школьного курса химии. Наиболее адекватным методом решения данной задачи является метод кластерного анализа.

Результаты кластеризации позволили разделить студентов на группы по уровню умений решать качественные задачи по разным темам

(окислительно-восстановительные реакции, реакции ионного обмена, номенклатура и свойства основных классов неорганических соединений) школьного курса химии. Это распределение студентов легло в основу организации дифференцированного подхода к организации проведения практикума по решению задач.

Таким образом, проведение исследования по решению экспериментальных педагогических задач методами кластерного, многомерного дисперсионного и множественного регрессионного анализа позволило построить прогностические (метрическую и факторную) и классификационные модели изучаемых явлений.

Многомерные методы анализа при их использовании сопряжены с трудоемкостью вычислительных процедур. В связи этим в работе осуществлен поиск прикладных программных средств (ППС), которые бы способствовали оптимизации расчетов. Выявлено несколько пакетов ППС (SPSS, Statistica, STADIA и другие), проведено их освоение и апробация. Сравнительный анализ ППС позволяет рекомендовать пакет SPSS как инструмент для использования многомерных методов анализа в педагогических исследованиях.

В работе разработаны и представлены методические рекомендации по использованию ППС для оптимального применения многомерных методов анализа. Эти рекомендации затрагивают главным образом техническую сторону, раскрывают операционно-деятельностный компонент применения многомерных методов анализа при решении исследовательских задач. Центральное же место занимает сам исследователь. Разработанные рекомендации позволяют ему в значительной степени оптимизировать процедуру вычислений. Однако наиболее важными этапами, которые он должен реализовать, остаются этапы постановки экспериментальных задач, анализ и содержательная интерпретация результатов.

Таким образом, полученные при выполнении работы результаты свидетельствуют о том, что цель достигнута и поставленные задачи в целом решены.

Однако многие вопросы использования многомерных методов анализа в педагогических исследованиях требуют своего решения. Обозначим некоторые, наиболее, по нашему мнению, важные из них.

Необходимо сформулировать экспериментальные исследовательские задачи и провести изучение возможности применения других многомерных методов анализа, например, метода многомерного шкалирования и множественного корреляционного анализа.

Вторым направлением развития данной работы могло бы быть проведение сравнительного анализа многомерных методов, относящихся к одной типологической подгруппе по их назначению при решении

сходных (одинаковых) экспериментальных педагогических исследовательских задач, например, кластерный анализ, множественный регрессионный и многомерный дисперсионный анализ.

В качестве третьего возможного направления можно выделить решение проблемы моделирования психолого-педагогических явлений. В основу разработки моделей могут быть положены и многомерные методы анализа.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности [Текст] : справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Машалкин ; под ред. С.А. Айвазяна. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 607 с.
2. Боровиков, В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере [Текст] / В. Боровиков. — 2-е изд. — СПб. : Питер, 2003. — 688 с.
3. Войшвилло, Е.К. Логика [Текст] : учеб. для вузов / Е.К. Войшвилло, М.Г. Дегтярев. — М. : Владос, 1998. — 528 с.
4. Вучков, И. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / И. Вучков, Л. Бояджиева, Е. Солаков ; пер. с болг. Ю.П. Адлера. — М. : Финансы и статистика, 1987. — 239 с.
5. Герасимова, И.В. Использование алгоритмического подхода в обучении химии при решении задач интеллектуального развития учащихся [Текст] : дис. ... канд. пед. наук / И.В. Герасимова ; ОмГПУ. — Омск, 1999. — 175 с.
6. Гласс, Дж. Статистические методы в педагогике и психологии [Текст] / Дж. Гласс, Дж. Стенли. — М. : Прогресс, 1976. — 496 с.
7. Горский, Д.П. Краткий словарь по логике [Текст] / Д.П. Горский, А.А. Ивин, А.Л. Никифоров ; под ред. Д.П. Горского. — М. : Просвещение, 1991. — 208 с.
8. Горский, Д.П. Логика [Текст] / Д.П. Горский. — М. : Гос. учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1963. — 292 с.
9. Гублер, Е.В. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях [Текст] / Е.В. Гублер, А.А. Генкин. — Л. : Медицинов, 1973. — 141 с.
10. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения [Текст] / В.В. Давыдов. — М. : ИНТОР, 1996. — 544 с.
11. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] : в 2 кн. — Кн 1. / Н. Дрейпер, Г. Смит. — М. : Финансы и статистика, 1986. — 366 с.
12. Дронов, С.В. Многомерный статистический анализ [Текст] : учеб. пособие / С.В. Дронов. — Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003. — 213 с.
13. Дэйвисон, М. Многомерное шкалирование: методы наглядного представления данных [Текст] / М. Дейвисон ; пер. с англ. В.С. Каменского. — М. : Финансы и статистика, 1988. — 254 с.
14. Дюран, Б. Кластерный анализ [Текст] / Б. Дюран, П. Оделл ; пер. с англ. Е.З. Демиденко ; под ред. и предисл. А.Я. Боярского. — М. : Статистика, 1977. — 128 с.

15. Ермолаев, О.Ю. Математическая статистика для психологов [Текст] : учеб. / О.Ю. Ермолаев. — М. : Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та : Флинта, 2002. — 336 с.
16. Загвязинский, В.И. Методология и методика дидактического исследования [Текст] / В.И. Загвязинский. — М. : Педагогика, 1982. — 160 с.
17. Загвязинский, В.И. Методология и методы психолого-педагогического исследования [Текст] : учеб. пособие / В.И. Загвязинский. — 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2005. — 208 с.
18. Зимняя, И.А. Педагогическая психология [Текст] : учеб. пособие / И.А. Зимняя. — Ростов н/Д : Феникс, 1997. — 480 с.
19. Калинина, В.Н. Введение в многомерный статистический анализ [Текст] : учеб. пособие / В.Н. Калинина, В.И. Соловьев ; ГУУ. — М., 2003. — 66 с.
20. Карташов, В.А. Система систем. Очерки общей теории и методологии [Текст] / В.А. Карташов. — М. : Прогресс-академия, 1995. — 325с.
21. Кендалл, М. Статистические выводы и связи [Текст] / М. Кендалл, А. Стьюарт. — М. : Наука, 1973. — 899 с.
22. Кендалл, М. Многомерный статистический анализ и временные ряды [Текст] / М. Кендалл, А. Стьюарт. — М. : Наука, 1976. — 736 с.
23. Краевский, В.В. Методология педагогического исследования [Текст] : пособие для педагога-исследователя / В.В. Краевский. — Самара : Изд-во СамГПИ, 1994. — 63 с.
24. Кутейников, А.Н. Математические методы в психологии [Текст] : учеб. пособие / А.Н. Кутейников. — СПб. : Речь, 2008. — 172 с.
25. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность [Текст] / А.Н. Леонтьев. — М. : Политиздат, 1975.
26. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель. — М. : Финансы и статистика. 1988. — 176 с.
27. Маслак, А.А. Основы планирования и анализа эксперимента в педагогике и психологии [Текст] / А.А. Маслак. — Курск : РОСИ, 1998. — 167 с.
28. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] : пер. с англ. / М. Месарович, Д. Маго, И. Тахара. — М. : Мир, 1973. — 344 с.
29. Методология педагогических исследований [Текст] / под ред. А.И. Пискунова, Г.В. Воробьева ; НИИ ОП АПН СССР. — М., 1980. — 165 с.
30. Методы системного педагогического исследования [Текст] / под ред. Н.В. Кузьминой. — Л. : Изд-во ЛГУ, 1980. — 172 с.

31. Мухин, В.И. Исследование систем управления [Текст] : учеб. для вузов / В.И. Мухин. — М. : Экзамен, 2003. — 384 с.
32. Наследов, А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных [Текст] : учеб. пособие / А.Д. Наследов. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб. : Речь, 2006. — 392 с.
33. Острейковский, В.А. Теория систем [Текст] : учеб. для вузов / В.А. Острейковский. — М. : Высшая школа, 1997. — 240 с.
34. Подласый, И.П. Педагогика [Текст] : учеб. / И.П. Подласый. — М. : Высшее образование, 2006. — 540 с.
35. Рубинштейн, С.Л. Проблемы общей психологии [Текст] / С.Л. Рубинштейн. — М. : Педагогика, 1976. — 424 с.
36. Рунион, Р. Справочник по непараметрической статистике: современный подход [Текст] / Р. Рунион ; пер. с англ. Е.З. Демиденко ; предисл. Ю.Н. Тюрина. — М. : Финансы и статистика, 1982. — 198 с.
37. Садовский, В.Н. Основы общей теории систем [Текст] / В.Н. Садовский. — М. : Наука, 1974. — 279 с.
38. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии [Текст] / Е.В. Сидоренко. — СПб. : Речь, 2007. — 350 с.
39. Сидоренко, М.Г. Статистика [Текст] : учеб. пособие / М.Г. Сидоренко. — М. : ФОРУМ, 2007. — 160 с.
40. Скаткин, М.Н. Методология и методика педагогических исследований [Текст] / М.Н. Скаткин. — М. : Педагогика, 1986. — 152 с.
41. Сластенин, В.А. Педагогика и психология [Текст] : учеб. пособие / В.А. Сластенин, В.П. Каширин. — 4-е изд. — М. : Академия, 2006. — 480 с.
42. Сохор, А.М. Логическая структура учебного материала [Текст] / А.М. Сохор. — М. : Педагогика, 1974. — 113 с.
43. Справочник по прикладной статистике [Текст] : в 2 т. : пер. с англ. / под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина. — Т. 1. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 510 с.
44. Суходольский, Г.В. Основы математической статистики для психологов [Текст] / Г.В. Суходольский. — Л. : Изд-во ЛГУ, 1972. — 428 с.
45. Уёмов, А.И. Системный подход и общая теория систем [Текст] / А.И. Уёмов. — М. : Мысль, 1978. — 172 с.
46. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] : пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка [и др.] ; под ред. И.С. Енюкова. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 215 с.
47. Философский энциклопедический словарь [Текст]. — М. : Советская энциклопедия, 1983. — 840 с.

48. Фрейдина, Е.В. Исследование систем управления [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Фрейдина ; под ред. Ю.В. Гусева. — М. : Омега-Л, 2008. — 367 с.

49. Холлендер, М. Непараметрические методы статистики [Текст] / М. Холлендер, Д. Вулф ; пер. с англ. Д.С. Шмерлинга ; под ред. Ю.П. Адлера и Ю.Н. Тюрина ; предисл. Ю.П. Адлера, Ю.Н. Тюрина, Д.С. Шмерлинга. — М. : Финансы и статистика, 1983. — 518 с.

50. Шелонцев, В.А. Изучение особенностей запоминания учебного материала при решении классификационных задач по химии [Текст] / В.А. Шелонцев, Н.Ю. Синяева // Омский научный вестник. — 2006. — № 3.

51. Шелонцев, В.А. Анализ результатов педагогического эксперимента [Текст] : учеб. пособие / В.А. Шелонцев, Л.Н. Шелонцева, И.П. Ольхович. — Омск : Альфа и Омега, 2008. — 32 с.

52. Шелонцев, В.А. Технология проектирования и использование систем учебных задач в обучении (схемы-конспекты) [Текст] : учеб. пособие / В.А. Шелонцев, Л.Н. Шелонцева. — Омск : Альфа и Омега, 2009. — 25 с.

53. Шефе, Г. Дисперсионный анализ [Текст] / Г. Шефе. — М. : Наука, 1980. — 512 с.

**Экспериментальный материал
к исследовательским задачам 1 и 2**

Экспериментальный материал к исследовательской задаче 1

Экспериментальный материал: карточки с химическими формулами неорганических соединений.

Оксиды: CO_2 , MgO , NO_2 , NO .

Основания: NaOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Кислоты: HNO_3 , HClO_4 , H_2CO_3 , H_3PO_4 .

Соли: CaCO_3 , Na_2SO_4 , KNO_3 , AlPO_4 .

Экспериментальный материал к исследовательской задаче 2

Экспериментальный материал: 20 карточек с химическими формулами основных классов неорганических соединений (по 5 карточек соединений каждого класса).

Оксиды: NO , CaO , MgO , CO_2 , P_2O_5 .

Основания: NaOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Кислоты: H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , H_2CO_3 , H_3PO_4 .

Соли: CaCO_3 , NaCl , Na_2SO_4 , KNO_3 , AlPO_4 .

Экспериментальный материал: 8 карточек с химическими формулами основных классов неорганических соединений (по 2 карточки соединений каждого класса).

Оксиды: NO , P_2O_5 .

Основания: $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

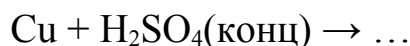
Кислоты: H_2CO_3 , H_3PO_4 .

Соли: CaCO_3 , AlPO_4 .

Варианты контрольных заданий

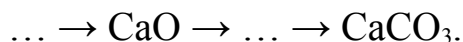
1. Определите степени окисления атомов в следующих веществах: Cr_2O_3 ; KNO_3 ; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; HClO_4 . Дайте название каждому веществу.

2. Составьте уравнения реакции методом электронного баланса:



3. Дайте название каждому веществу: Fe_2S_3 ; Na_2SO_3 ; $\text{Al}_3(\text{AsO}_4)_2$; H_2WO_4 .

4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



5. Напишите уравнения реакций между следующими веществами:

- а) хлорид цинка и гидроксид калия;
- б) азотная кислота и гидроксид натрия;
- в) гидроксид цинка и гидроксид калия;
- г) гидроксид цинка и серная кислота.

6. Напишите уравнения гидролиза следующих солей: NH_4NO_3 ; Na_2SO_3 .

Приложение 3

Метод множественного регрессионного анализа (расчет в программе SPSS)

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	x_4, x_2, x_3^a		Enter
2		x_4	Backward (criterion: Probability of F-to-remove $\geq ,100$).

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: y

Model Summary^c

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,759 ^a	,576	,485	1,35184
2	,737 ^b	,543	,482	1,35561

a. Predictors: (Constant), x4, x2, x3

b. Predictors: (Constant), x2, x3

c. Dependent Variable: y

ANOVA^c

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34,693	3	11,564	6,328	,006 ^a
	Residual	25,585	14	1,827		
	Total	60,278	17			
2	Regression	32,713	2	16,356	8,901	,003 ^b
	Residual	27,565	15	1,838		
	Total	60,278	17			

a. Predictors: (Constant), x4, x2, x3

b. Predictors: (Constant), x2, x3

c. Dependent Variable: y

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-41,491	12,073		-3,437	,004
	x2	,151	,080	,342	1,880	,081
	x3	,271	,094	,545	2,894	,012
	x4	,106	,102	,204	1,041	,316
2	(Constant)	-37,266	11,402		-3,268	,005
	x2	,175	,077	,397	2,274	,038
	x3	,308	,087	,620	3,553	,003

a. Dependent Variable: y

Excluded Variables^b

Model	Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics	
					Tolerance	
2	x4	,204 ^a	1,041	,316	,268	,792

a. Predictors in the Model: (Constant), x2, x3

b. Dependent Variable: y

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	8,0301	12,7397	10,3889	1,38718	18
Residual	-2,59057	2,42746	,00000	1,27337	18
Std. Predicted Value	-1,700	1,695	,000	1,000	18
Std. Residual	-1,911	1,791	,000	,939	18

a. Dependent Variable: y

Критерий *t*-Стьюдента для зависимых выборок (расчет в программе SPSS)

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Расч	10,3589	18	1,38735	,32700
Y	10,3889	18	1,88302	,44383

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Расч & Y	18	,737	,000

Paired Samples Test

	Paired Differences							
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 Расч - Y	-,03000	1,27332	,30012	-,66321	,60321	-,100	17	,922

Первая таблица содержит первичные статистики: каждой выборке соответствует своя строка. Во второй таблице дается корреляция Пирсона для пары переменных, соответствующих двум зависимым выборкам. В третьей таблице представлены результаты проверки гипотезы по критерию *t*-Стьюдента: средняя разность (*Mean*), стандартное отклонение разности (*Std. Deviation*), значение критерия (*t*), число степеней свободы (*df*), уровень значимости (*Sig.*).

Приложение 5

Метод множественного дисперсионного анализа (расчет в программе SPSS)

Between-Subjects Factors

		N
A	1,00	24
	2,00	24
B	1,00	24
	2,00	24
C	1,00	22
	2,00	26

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: Y

F	df1	df2	Sig.
1,086	7	40	,390

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + A + B + C + A * B + A * C + B * C + A * B * C

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Y

A	B	C	Mean	Std. Deviation	N
1,00	1,00	1,00	,8125	,16137	4
		2,00	,6250	,16366	8
		Total	,6875	,18075	12
	2,00	1,00	,7917	,23274	6
		2,00	,6458	,30017	6
		Total	,7188	,26717	12
	Total	1,00	,8000	,19720	10
		2,00	,6339	,22179	14
		Total	,7031	,22364	24

2,00	1,00	1,00	,1917	,11143	6
		2,00	,2583	,08612	6
		Total	,2250	,10113	12
	2,00	1,00	,3083	,11143	6
		2,00	,4750	,12145	6
		Total	,3917	,14115	12
	Total	1,00	,2500	,12247	12
		2,00	,3667	,15126	12
		Total	,3083	,14720	24
Total	1,00	1,00	,4400	,34404	10
		2,00	,4679	,22964	14
		Total	,4562	,27626	24
	2,00	1,00	,5500	,30656	12
		2,00	,5604	,23584	12
		Total	,5552	,26753	24
	Total	1,00	,5000	,32108	22
		2,00	,5106	,23261	26
		Total	,5057	,27363	48

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Y

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,297 ^a	7	,328	10,742	,000
Intercept	12,275	1	12,275	401,814	,000
A	1,960	1	1,960	64,160	,000
B	,081	1	,081	2,645	,112
C	,007	1	,007	,238	,628
A * B	,081	1	,081	2,645	,112
A * C	,234	1	,234	7,644	,009
B * C	,015	1	,015	,478	,493
A * B * C	,002	1	,002	,081	,777
Error	1,222	40	,031		
Total	15,796	48			
Corrected Total	3,519	47			

a. R Squared = ,653 (Adjusted R Squared = ,592)

**Метод кластерного анализа
(расчет в программе SPSS)**

Case Processing Summary^{a,b}

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
14	93,3	1	6,7	15	100,0

a. Euclidean Distance used

b. Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	14	,000	0	0	7
2	11	12	,000	0	0	3
3	1	11	,000	0	2	5
4	5	8	,000	0	0	12
5	1	7	,000	3	0	10
6	2	6	,000	0	0	11
7	3	13	1,000	1	0	9
8	9	10	1,000	0	0	9
9	3	9	1,413	7	8	10
10	1	3	2,648	5	9	11
11	1	2	3,114	10	6	13
12	4	5	4,000	0	4	13
13	1	4	7,704	11	12	0

Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS)

Case Processing Summary^{a,b}

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
14	93,3	1	6,7	15	100,0

a. Euclidean Distance used

b. Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	7	14	,000	0	0	8
2	5	13	,000	0	0	6
3	11	12	,000	0	0	6
4	6	8	,000	0	0	7
5	1	4	,000	0	0	8
6	5	11	1,000	2	3	9
7	6	10	1,000	4	0	9
8	1	7	1,000	5	1	10
9	5	6	1,207	6	7	10
10	1	5	1,598	8	9	11
11	1	2	1,948	10	0	13
12	3	9	2,000	0	0	13
13	1	3	3,575	11	12	0

Приложение 8

Метод кластерного анализа (расчет в программе SPSS)

Case Processing Summary^{a,b}

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
14	93,3	1	6,7	15	100,0

a. Euclidean Distance used

b. Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	8	14	,000	0	0	8
2	4	13	,000	0	0	10
3	11	12	,000	0	0	4
4	1	11	,000	0	3	6
5	9	10	,000	0	0	6
6	1	9	,000	4	5	8
7	3	6	,000	0	0	9
8	1	8	1,000	6	1	10
9	3	5	1,000	7	0	11
10	1	4	1,286	8	2	11
11	1	3	1,491	10	9	12
12	1	2	3,078	11	0	13
13	1	7	3,983	12	0	0

Приложение 9

Метод кластерного анализа

(расчет в программе SPSS)

Case Processing Summary^{a,b}

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
14	100,0	0	,0	14	100,0

a. Euclidean Distance used

b. Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	6	14	,000	0	0	4
2	11	12	,000	0	0	3
3	1	11	,000	0	2	8
4	3	6	,000	0	1	7
5	9	10	1,000	0	0	7
6	5	8	1,000	0	0	11
7	3	9	1,825	4	5	9
8	1	13	2,236	3	0	9
9	1	3	3,378	8	7	10
10	1	2	3,748	9	0	12
11	4	5	4,736	0	6	13
12	1	7	5,834	10	0	13
13	1	4	9,505	12	11	0

Приложение 10

**Методические рекомендации
по применению прикладных программных средств**

для анализа результатов исследования многомерными методами анализа

Общий блок включает определенные действия.

I. Скачка бесплатной демо-версии программного обеспечения SPSS

Чтобы скачать программу, необходимо воспользоваться следующими интернет-ссылками:

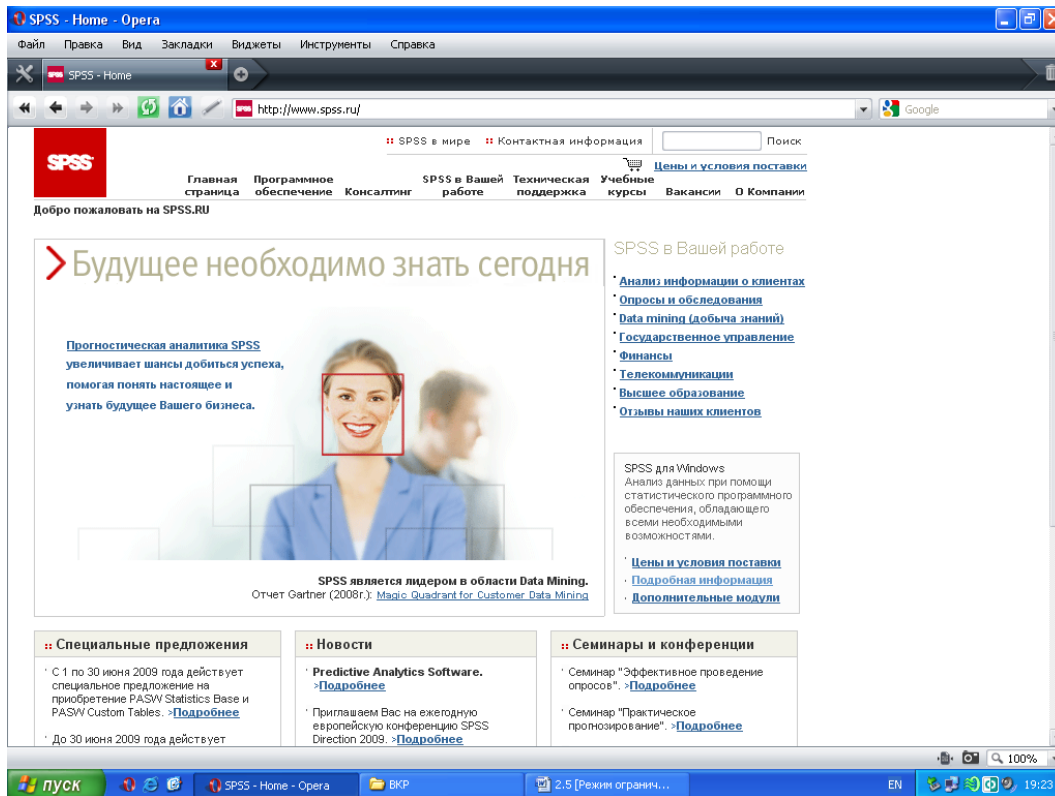
<http://www.spss.ru/> (официальный сайт);

<http://www.spss.ru/products/spss/index.htm> (непосредственно для скачивания программы SPSS);

http://www.spss.com/downloads/Papers.cfm?ProductID=00035&Name=SPSS_Base&DLType=Demo (непосредственно для скачивания программы SPSS).

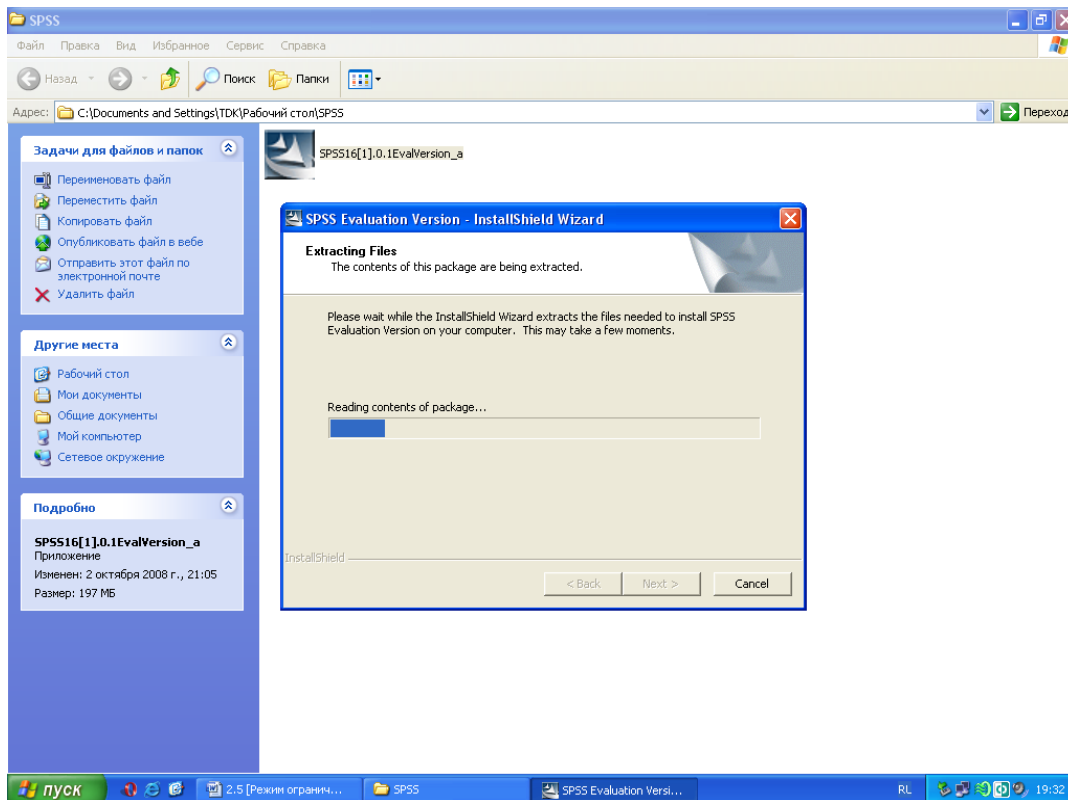
Программа SPSS постоянно совершенствуется, выходят все новые и новые версии программы, поэтому возможна незначительная разница в версиях.

Наши методические рекомендации изложены по версии SPSS16[1].0.1EvalVersion_a. Демо-версию программы можно использовать всего 14 дней. После истечения этого срока она перестает работать и выдает ошибку при запуске. Удаление программы и повторная ее установка не исправят эту проблему. Необходима переустановка либо самой операционной системы, либо следует воспользоваться операционной системой, на которой не была установлена SPSS.

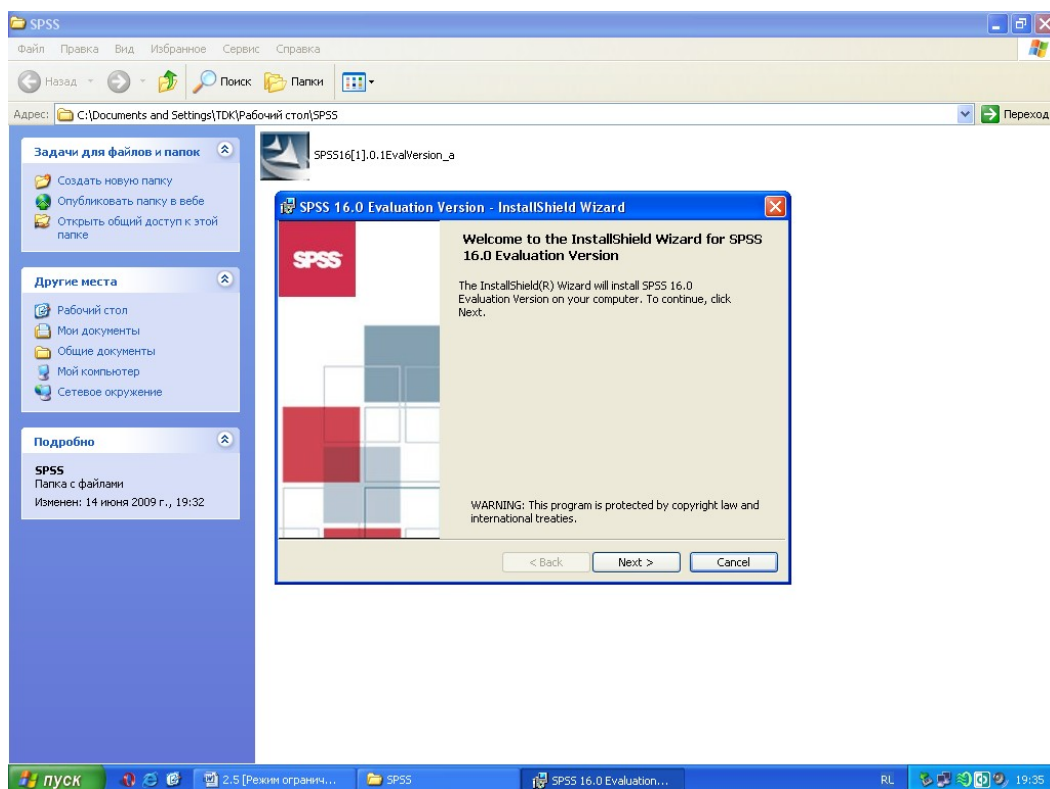


III. Установка программы

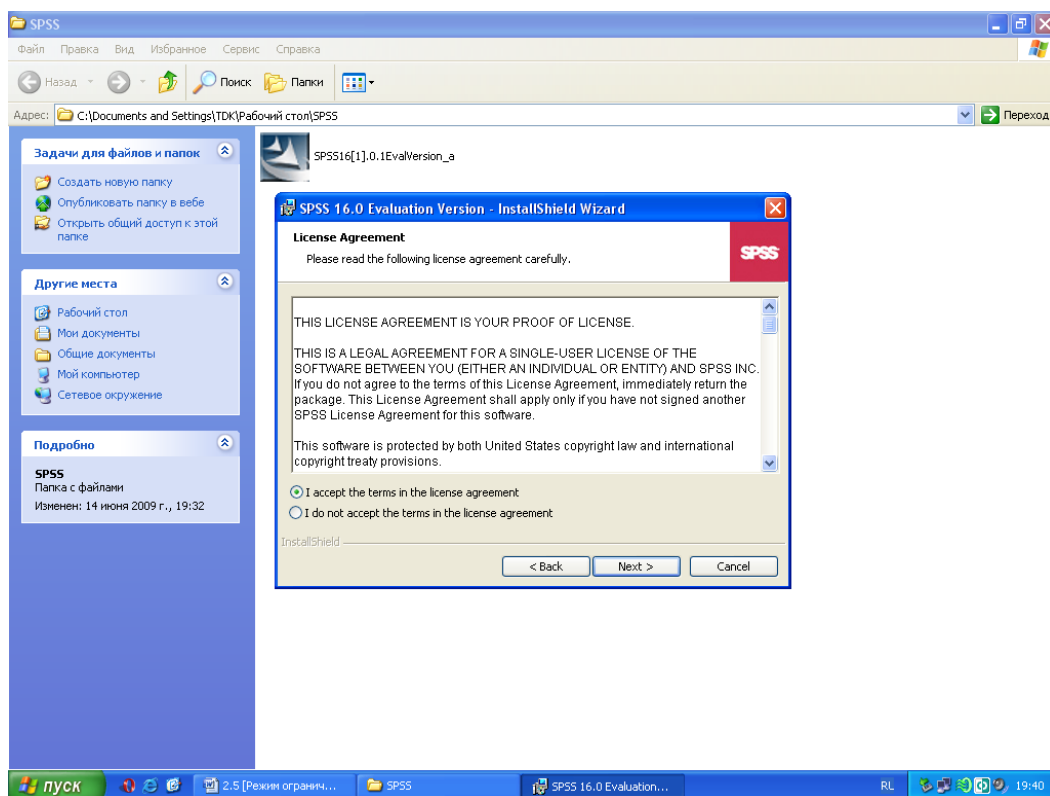
Запускаем SPSS16[1].0.1EvalVersion_a.exe и начинаем установку.



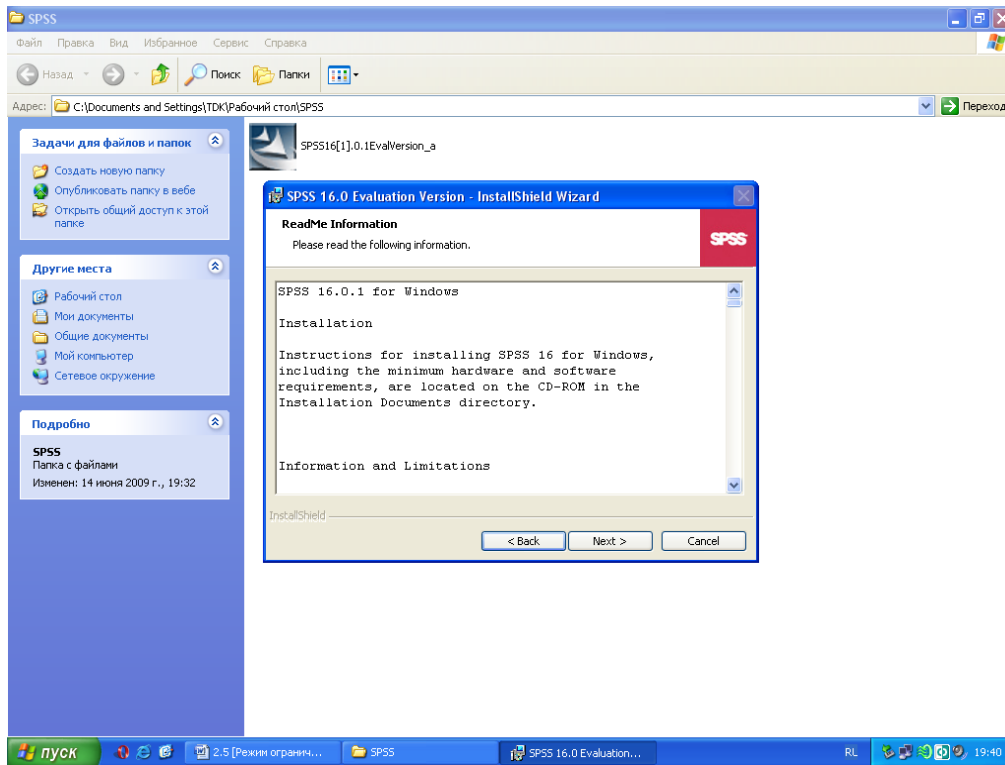
Далее процесс идет автоматически до появления окна SPSS 16.0 Evaluation Version — InstallShield Wizard. Нажимаем Next.



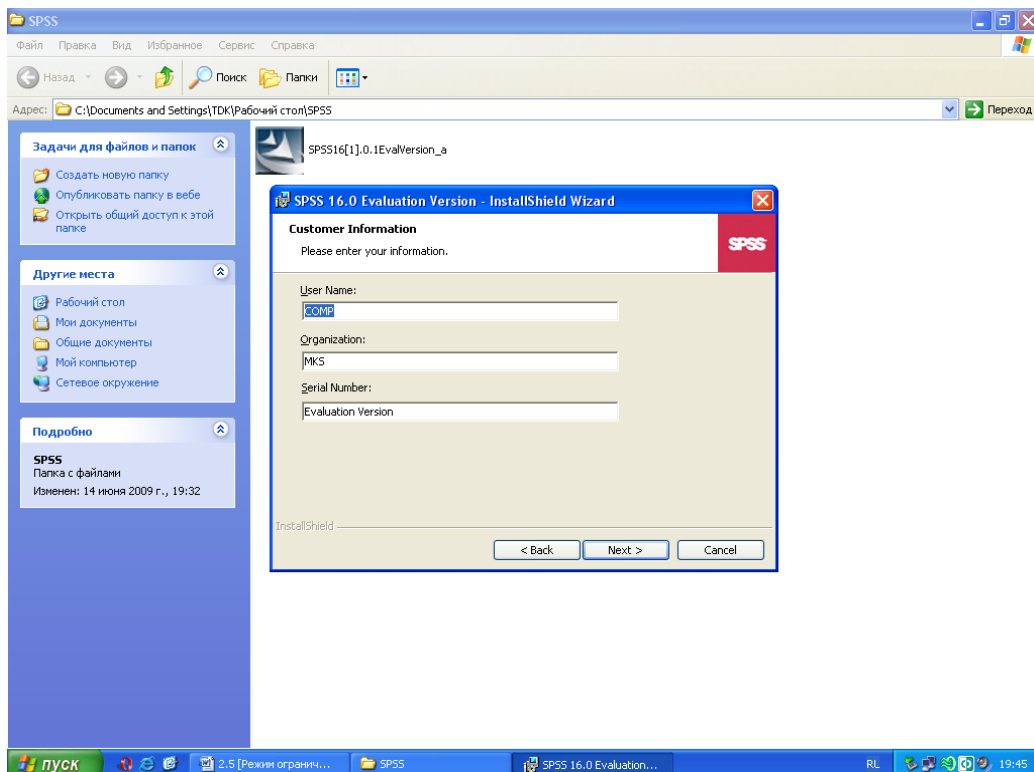
Появляется окно с лицензионным соглашением, принимаем его и нажимаем Next.



Далее появляется окно с информацией по установке, нажимаем Next.

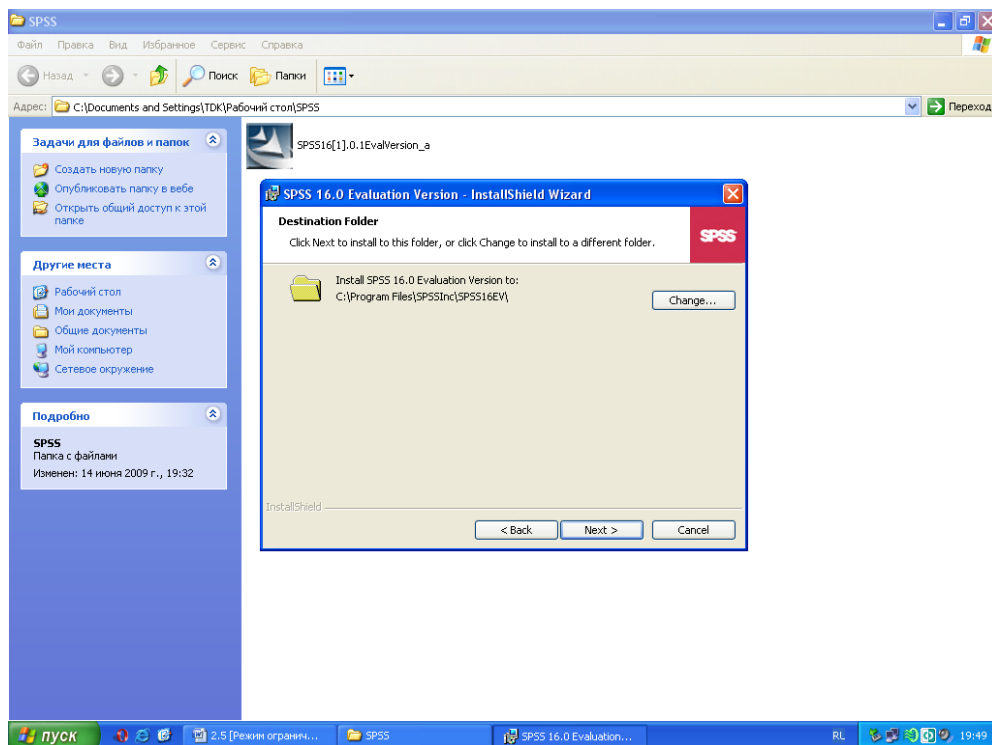


На данном этапе установки программа просит ввести имя юзера, организации и серийный номер. Имя юзера и организации стандартом прописывается с операционной системы, а серийный номер мы не вводим, так как у нас демо-версия. Нажимаем Next.

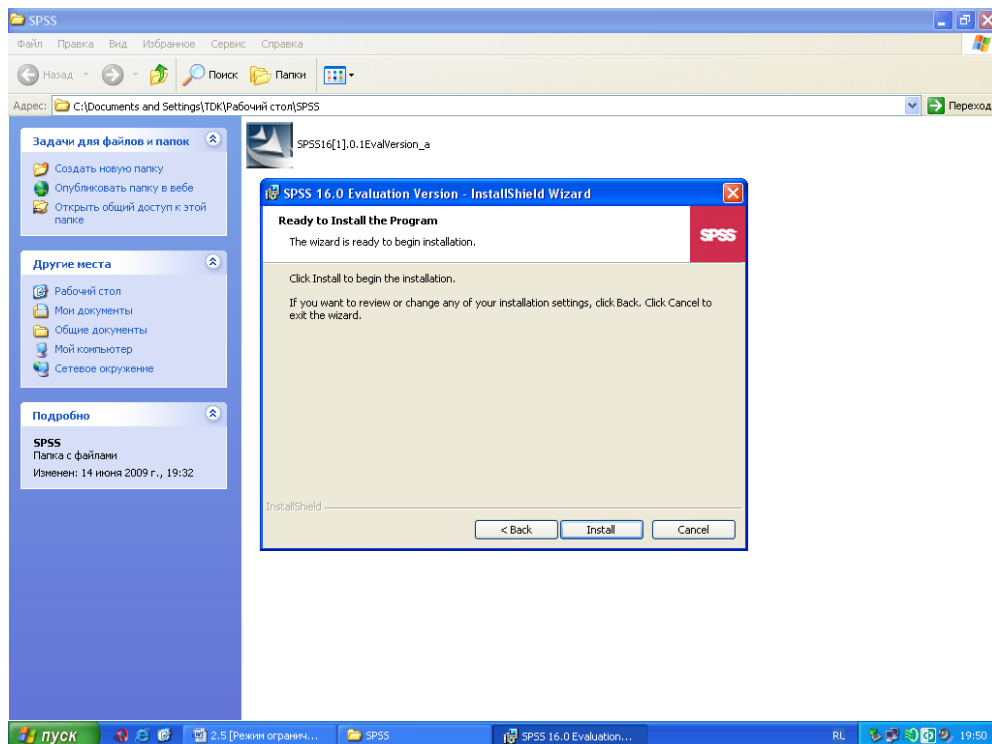


Далее программа спрашивает путь, в какую директорию установить программу SPSS. По стандарту это C:\Program Files\SPSSInc\SPSS16EV\,

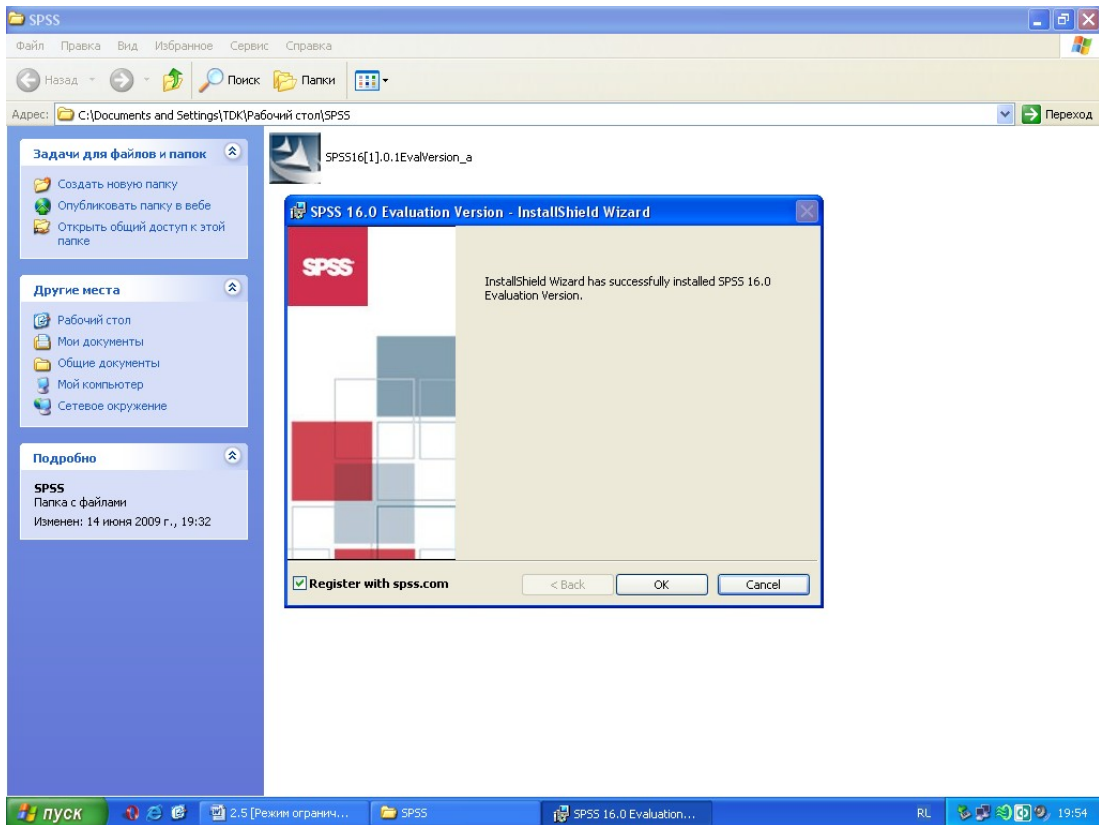
но можно изменить ее по своему усмотрению, нажав кнопку Change...
Нажимаем Next.



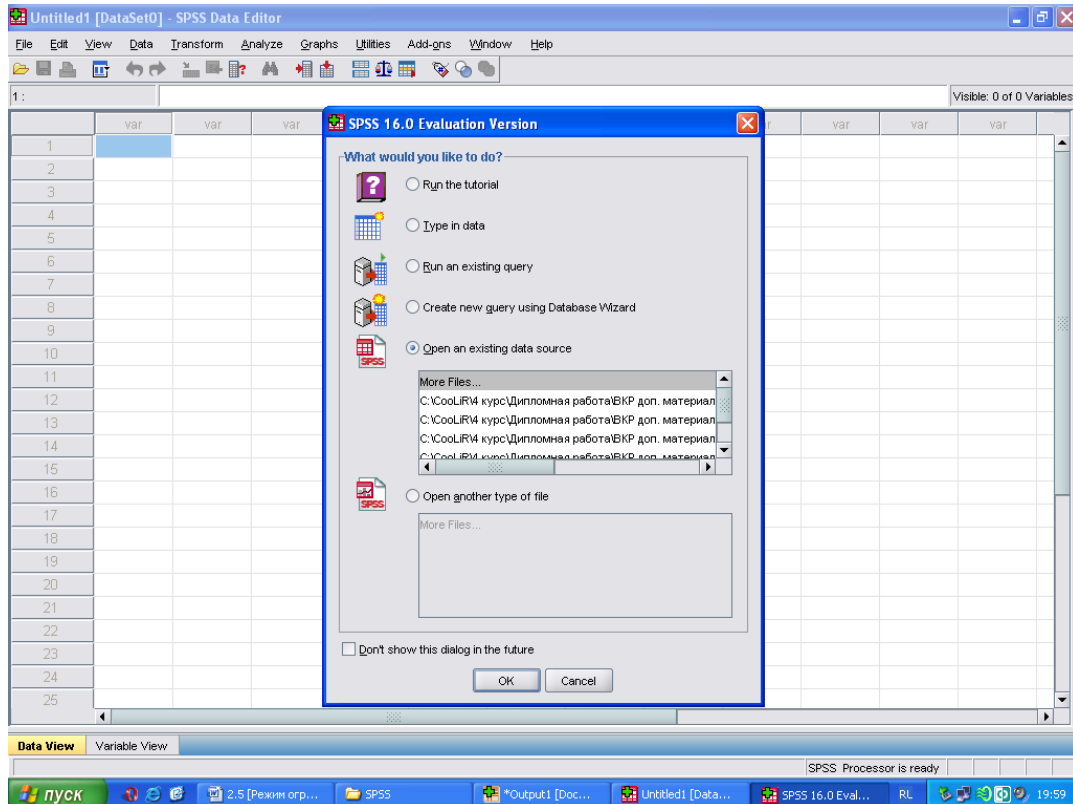
Для подтверждения выбранных параметров и продолжения установки. Нажимаем Install.



Установка завершена. Нажимаем ОК.



Далее заходим в пуск > SPSS Inc > SPSS 16.0 EV > SPSS 16.0 EV и запускаем программу.

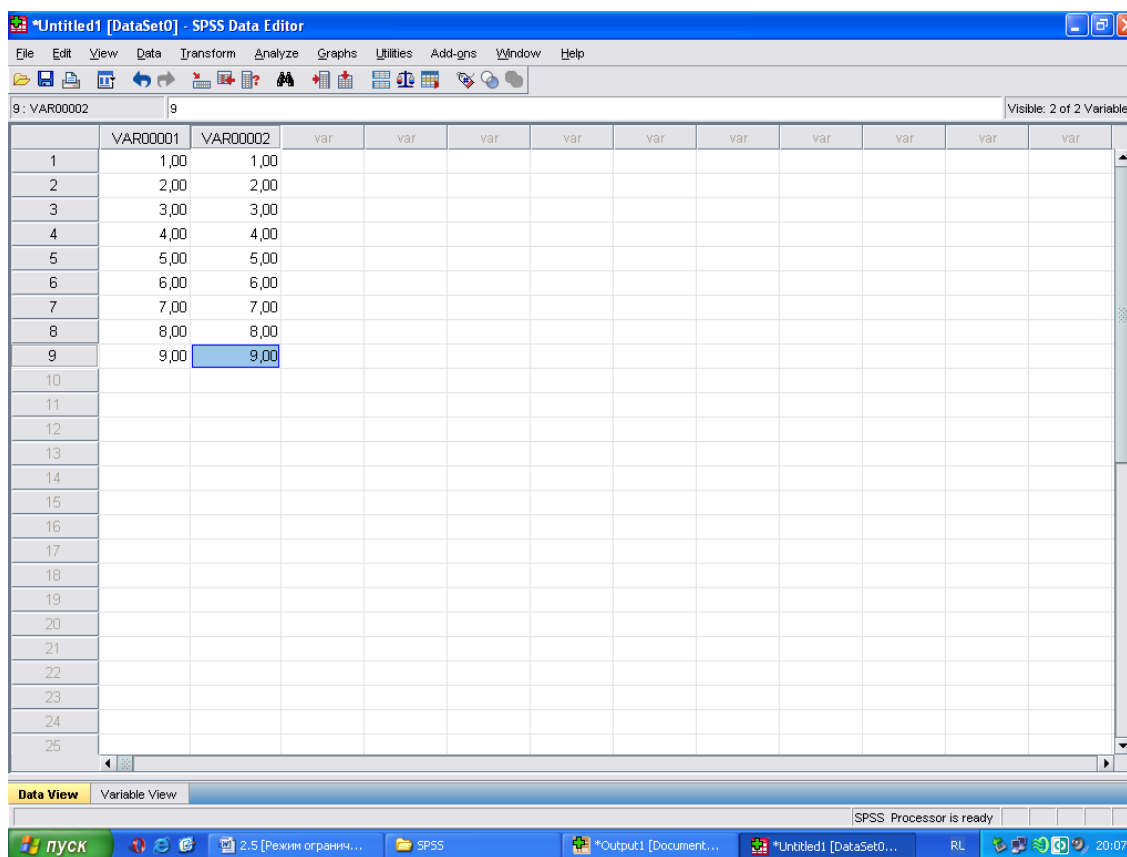


При запуске программы открываются три окна:

1. Окно SPSS 16.0 Evaluation Version; в нем программа просит открыть имеющиеся в сохранении файлы и т.д.
2. Окно Untitled1, — окно для ввода данных.
3. Окно *Output1, — окно для интерпретации полученных результатов.

III. Ввод данных

Ввод данных производится с клавиатуры. Нужно помнить, что сравниваются столбцы, которые расположены по горизонтали. Параметры VAR00001 и VAR00002 можно задавать любые имена, кроме арабских цифр.



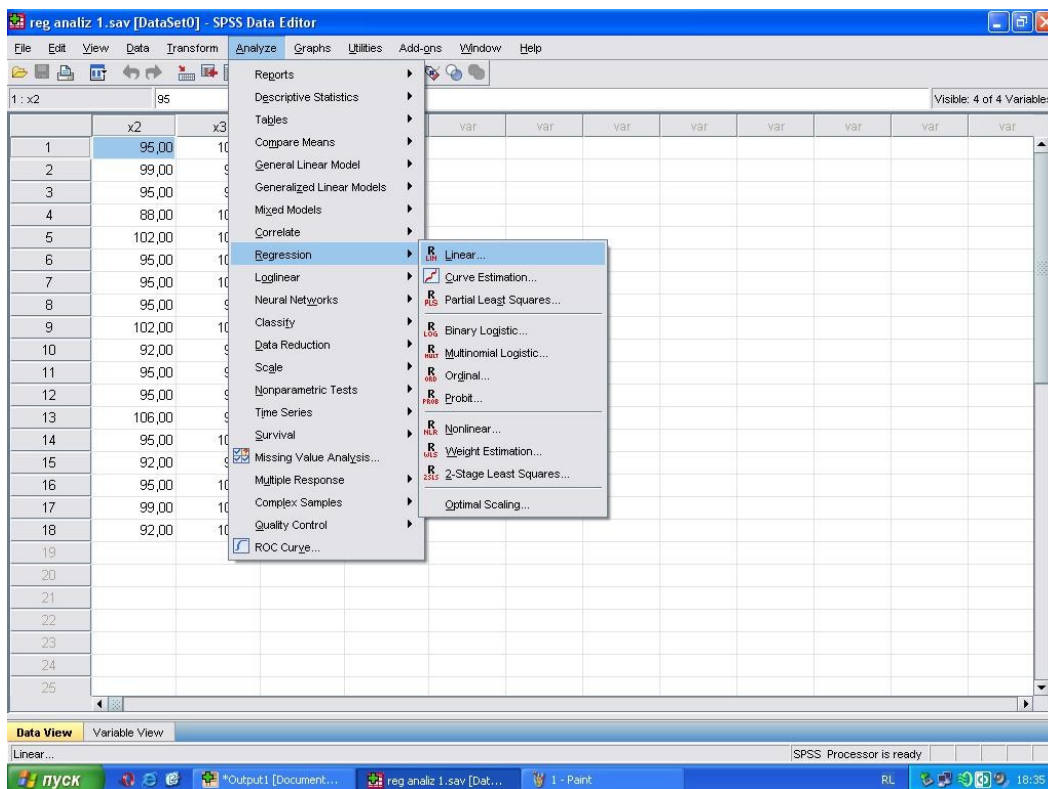
Описанная процедура инвариантна при использовании любого многомерного метода и других статистических методов. Специфика применения пакета SPSS проявляется в специальном блоке. Рассмотрим методику применения указанного прикладного программного средства для проведения расчетов при использовании следующих многомерных методов: метод множественного регрессионного анализа, метод множественного дисперсионного анализа, метод кластерного анализа.


Метод множественного регрессионного анализа:

1. Вводим данные.

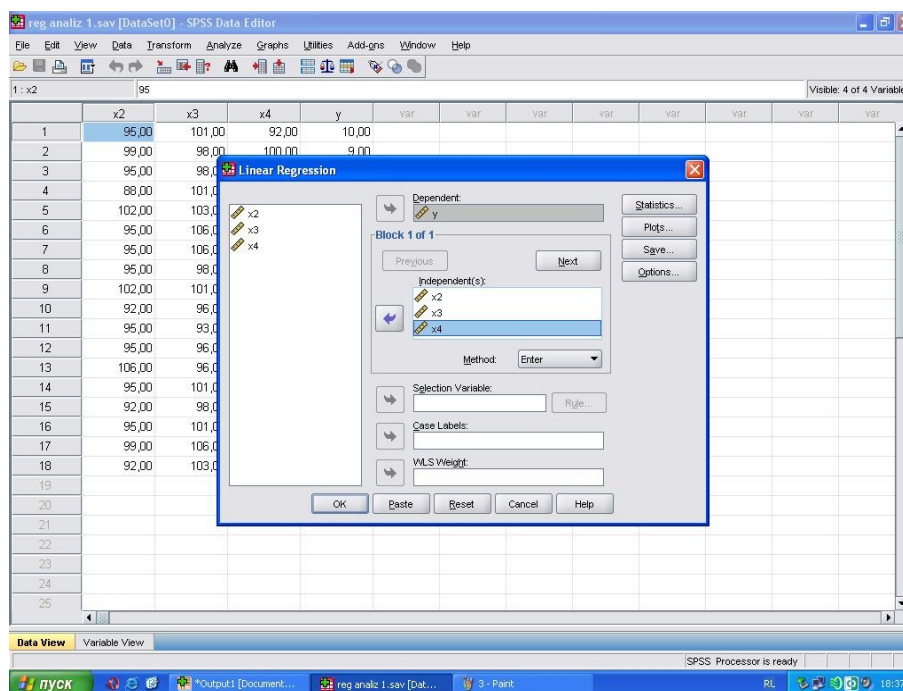
	x2	x3	x4	y
1	95,00	101,00	92,00	10,00
2	99,00	98,00	100,00	9,00
3	95,00	98,00	92,00	8,00
4	88,00	101,00	97,00	10,00
5	102,00	103,00	95,00	13,00
6	95,00	106,00	102,00	11,00
7	95,00	106,00	102,00	14,00
8	95,00	98,00	100,00	12,00
9	102,00	101,00	97,00	12,00
10	92,00	96,00	92,00	8,00
11	95,00	93,00	95,00	9,00
12	95,00	96,00	100,00	10,00
13	106,00	96,00	100,00	10,00
14	95,00	101,00	92,00	11,00
15	92,00	98,00	95,00	8,00
16	95,00	101,00	97,00	11,00
17	99,00	106,00	102,00	13,00
18	92,00	103,00	97,00	8,00

2. Выбираем Analyze > Regression (регрессионный) > Linear...(линейный).

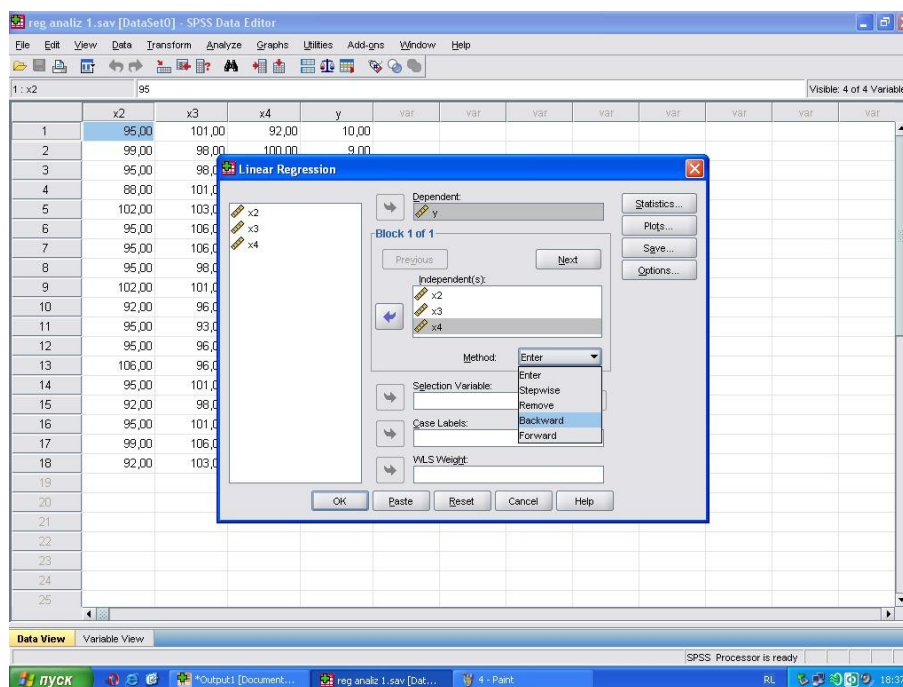


3. В открывшемся основном окне диалога Linear Regression (линейный регрессионный) выделяем и переносим из левого окна переменные при помощи кнопки  : зависимую переменную (y) — в правое

верхнее окно (Dependent), независимые переменные (x2, x3, x4) — в правое второе сверху окно (Independents).

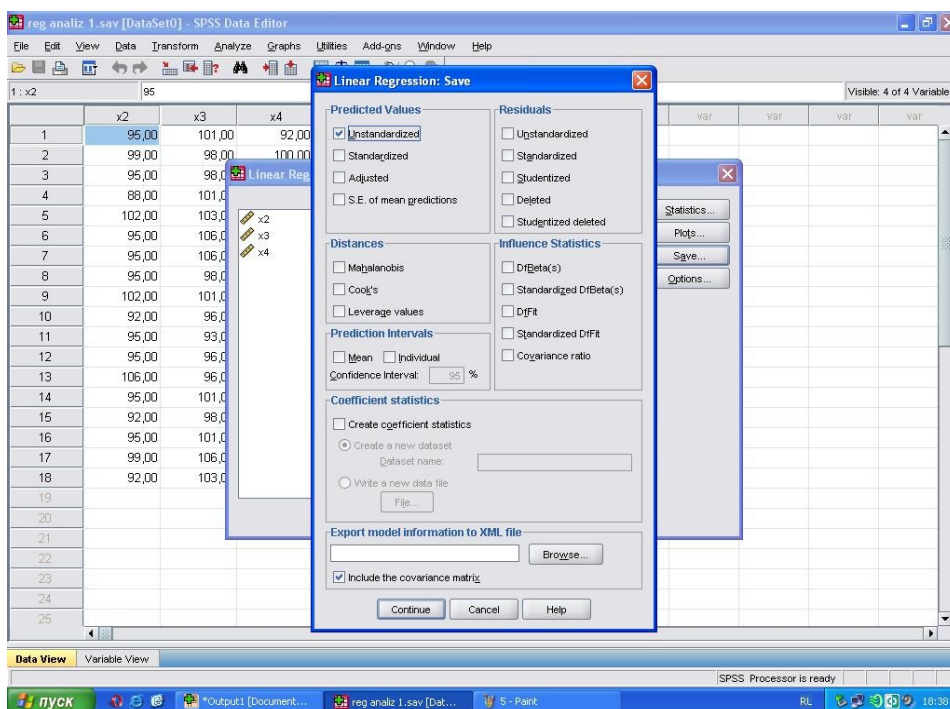


4. В том же окне диалога выбираем метод. Для этого в окне Method (Метод) вместо принятого по умолчанию стандартного метода (Enter) выбираем один из пошаговых методов, в данном случае — Backward (Обратный).

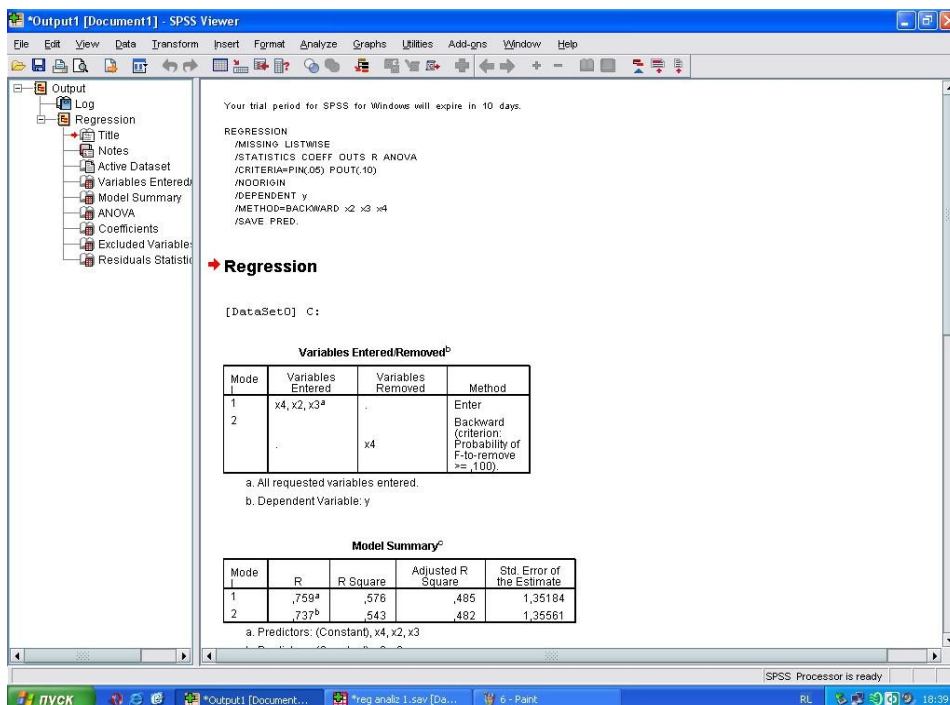


5. Для вычисления и сохранения оценок зависимой переменной в том же окне диалога нажимаем клавишу Save... (Сохранить). В появившемся окне диалога в разделе Predicted Values (Предсказанные

оценки) отмечаем флажком Unstandardized (Не стандартизированные). Нажимаем Continue (Продолжить).

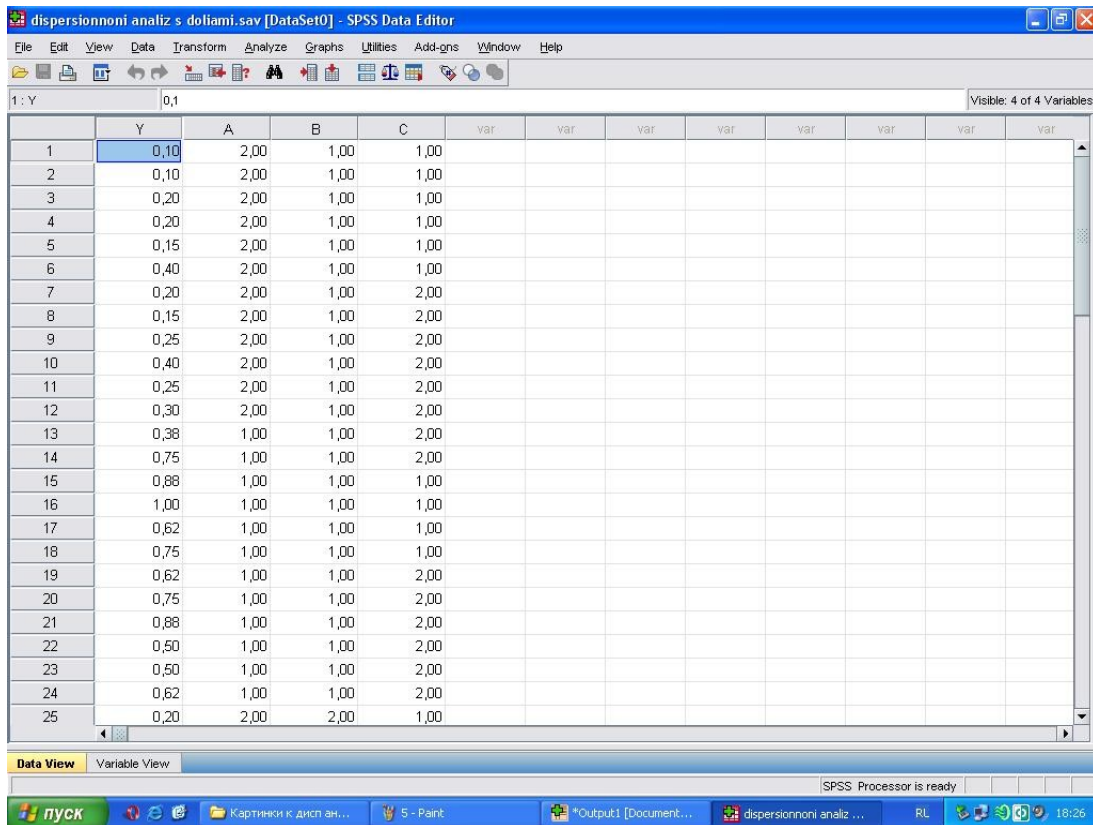


6. После указания всех установок в основном окне диалога Linear Regression (Линейный регрессионный) нажимаем ОК и получаем результаты.

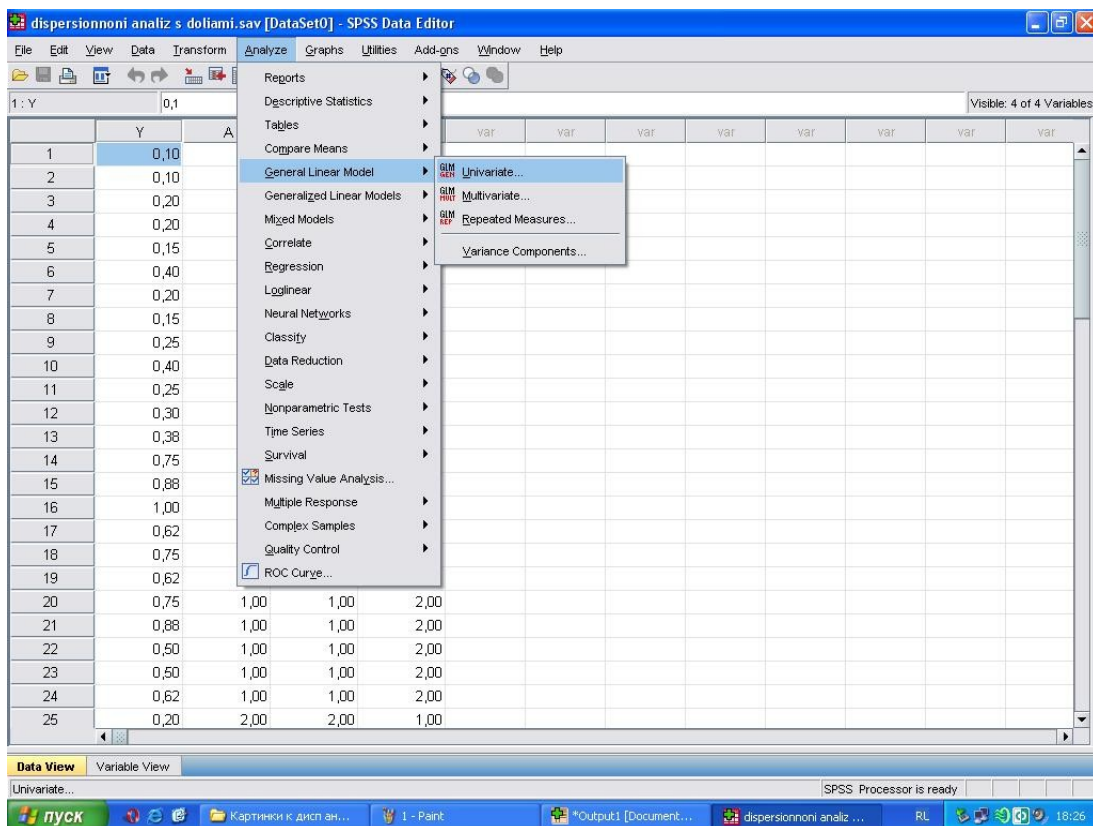



Метод множественного дисперсионного анализа:

1. Вводим данные.

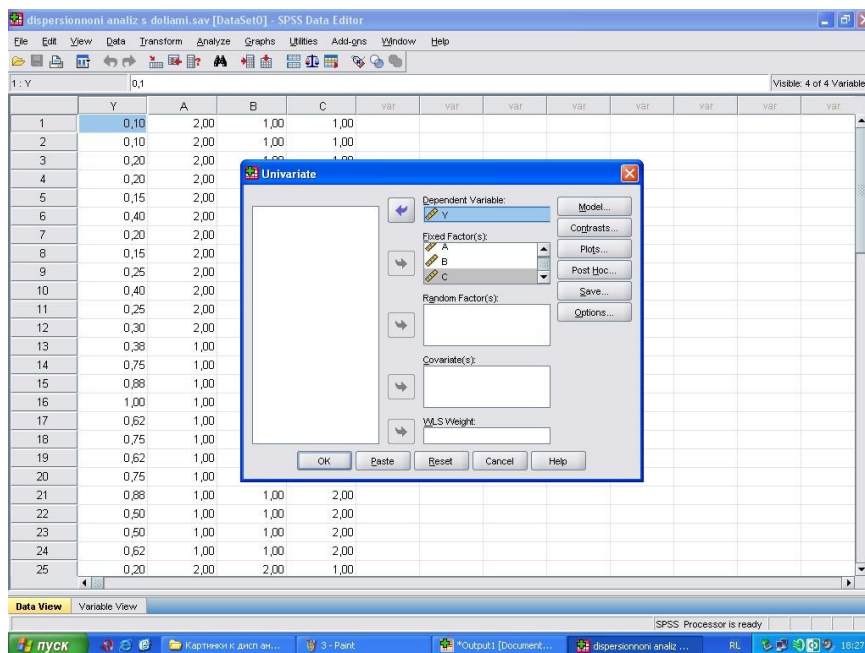


2. Выбираем Analyze > General Linear Model > Univariate...

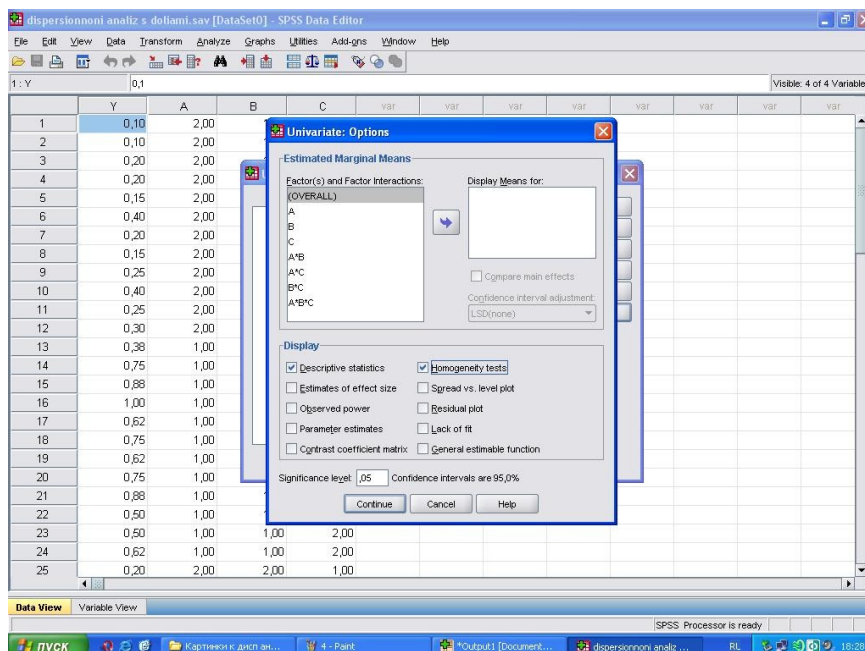


3. Задаем зависимую переменную и факторы. В отрывшемся окне диалога выделяем и переносим при помощи кнопки  из левого окна зависимую переменную в правое верхнее окно (Dependent Variables);

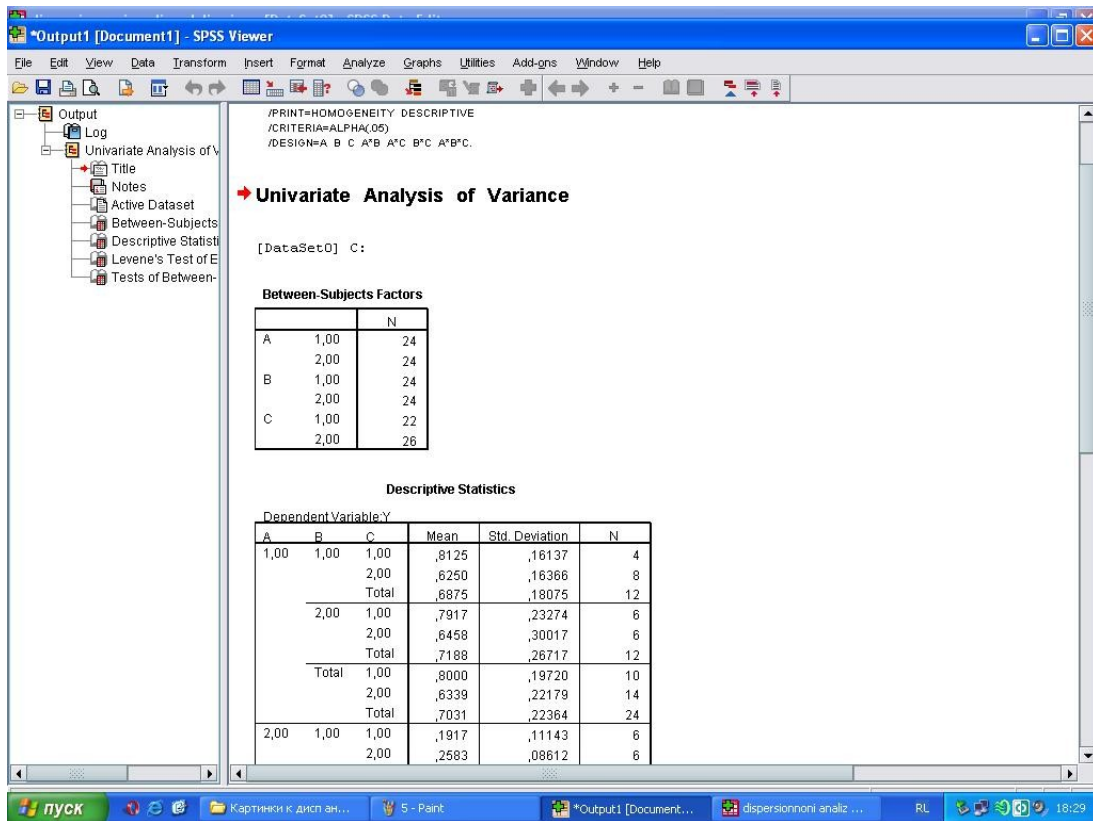
переменные, соответствующие факторам, — в правое второе сверху окно (Fixed Factor(s)).



4. Задаем дополнительные опции: описательные статистики и проверку однородности дисперсии. Нажимаем кнопку Options... (Опции) и в открывшемся окне отмечаем факторы флажком Descriptive Statistics (Описательные статистики), Homogeneity test (Тесты однородности дисперсии). Нажимаем Continue (Продолжить).

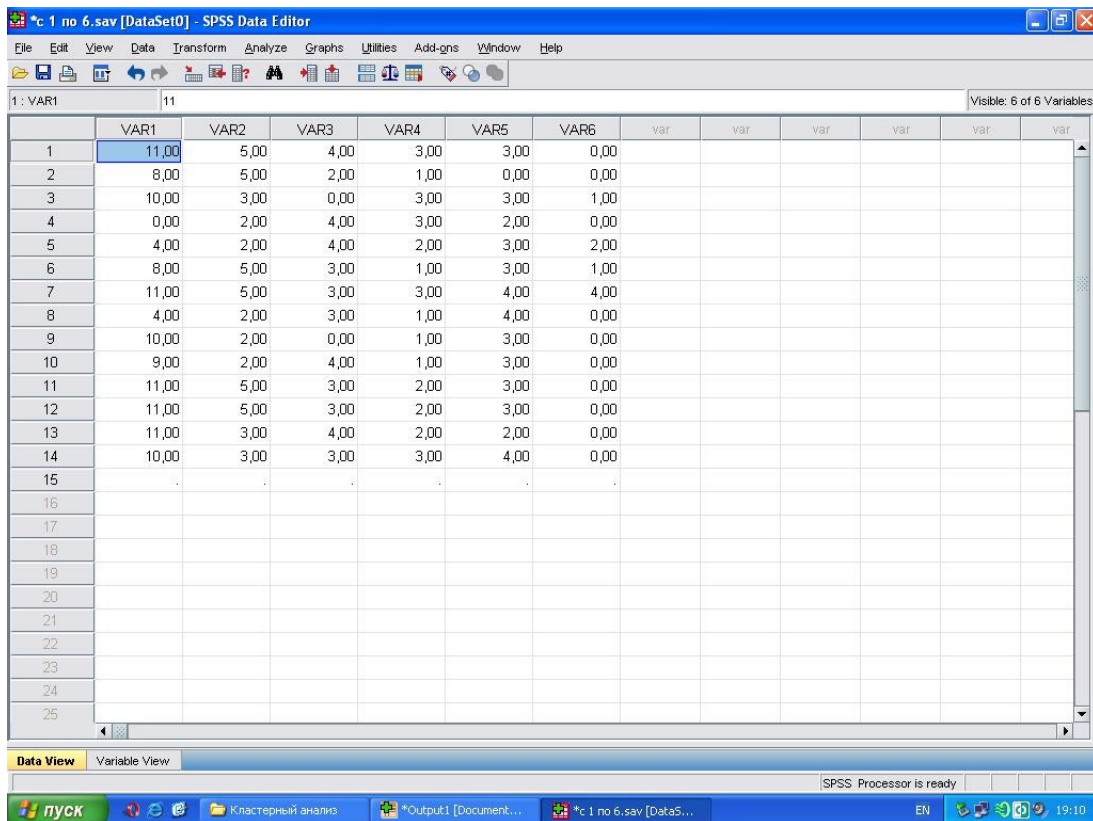


5. Получаем результаты.

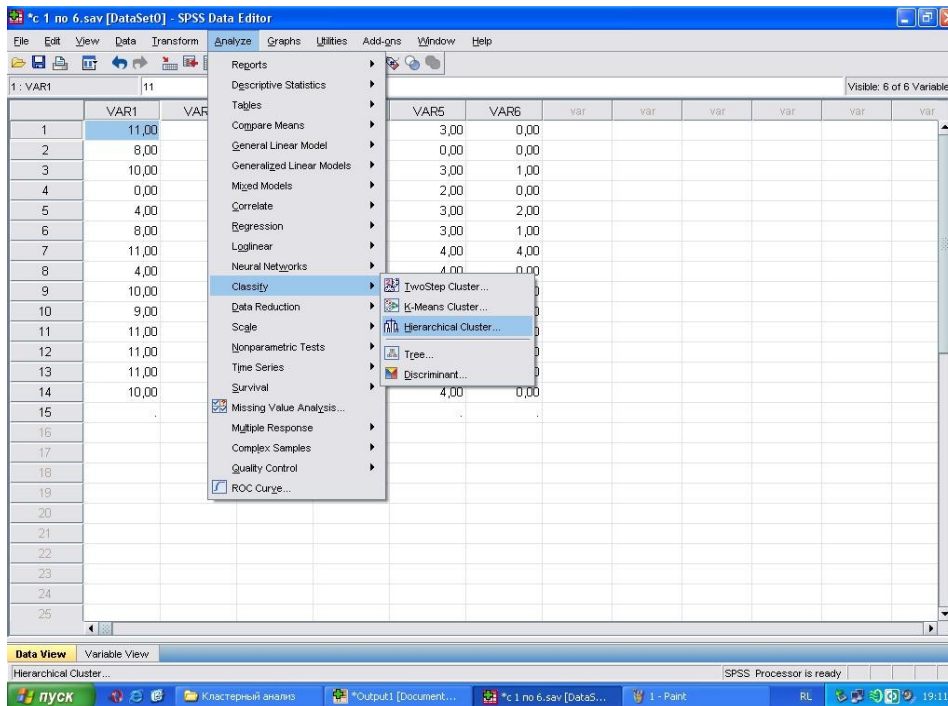


Метод кластерного анализа:

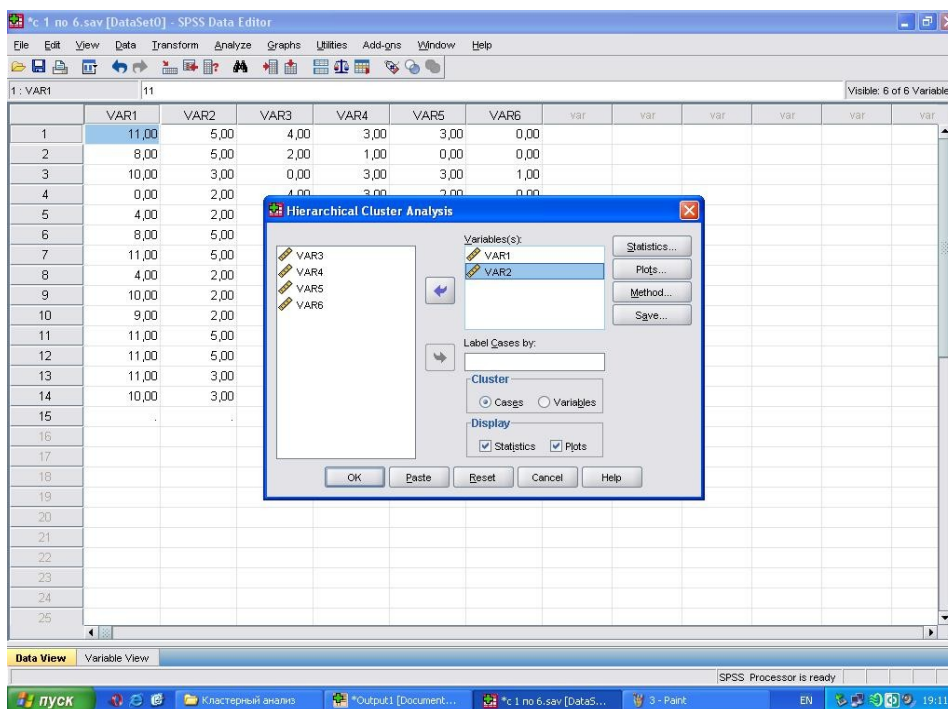
1. Вводим данные.



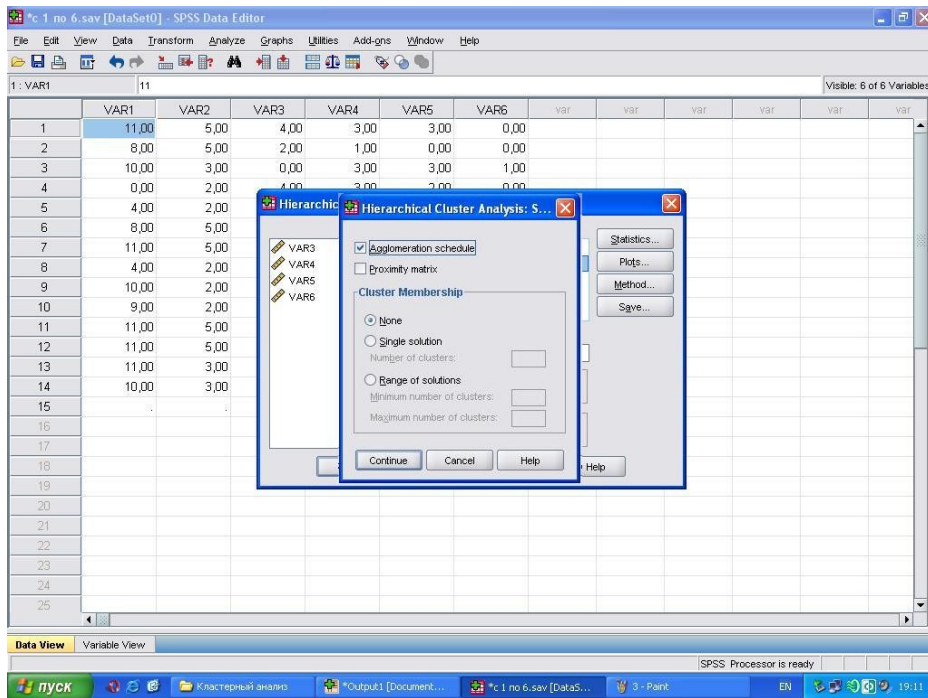
2. Выбираем Analyze > Classify (Классификация) > Hierarchical Cluster... (Иерархический кластерный).



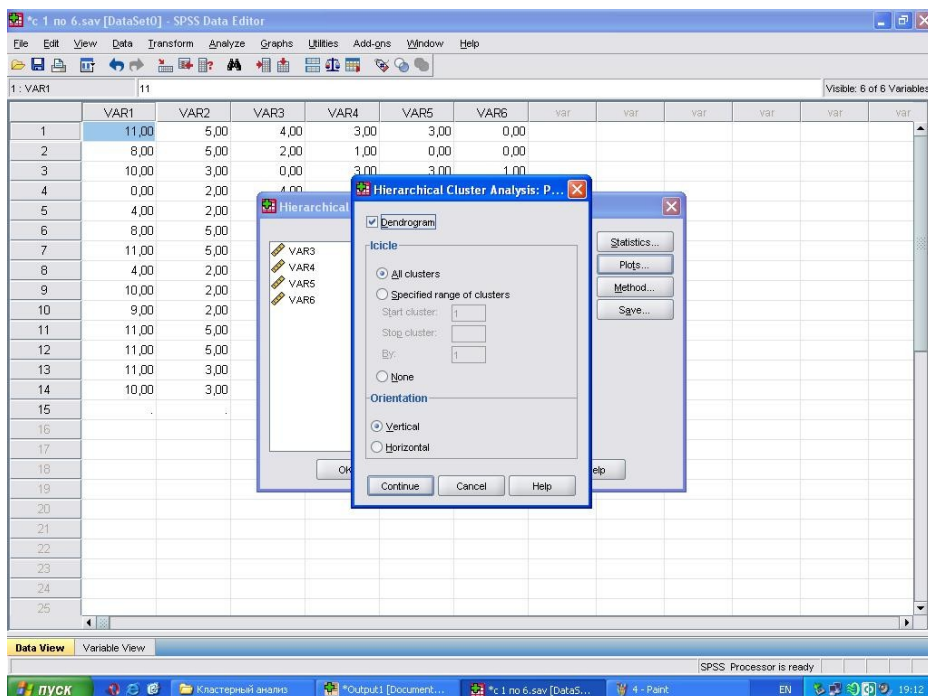
3. В открывшемся окне диалога переносим из левого в правое верхнее окно (Variables) переменные, необходимые для анализа (VAR1 и VAR2). Убеждаемся, что в поле Cluster точка установлена на Cases (Объекты), а не на Variables (Переменные). Эта установка задает то, что будет в поле Display (Выводить), флажки установлены на Statistics (Статистики), Plots (Графики).



4. Нажимаем клавишу Statistics... (Статистики...) и убеждаемся, что установлен флажок на Agglomeration schedule (Последовательность агломерации). Нажимаем Continue (Продолжить).



5. Нажимаем клавишу Plots... (Графики...). Отмечаем флажком Dendrogram (Дендрограмма). Здесь же можно выбрать ориентацию дендрограммы: вертикальную (Vertical) или горизонтальную (Horizontal). Оставляем установленную по умолчанию вертикальную ориентацию. Нажимаем Continue.



6. Нажимаем Method... (Метод...). Открывается окно главных установок кластерного анализа. В этом окне четыре поля установок метода кластеризации: Cluster Method (Метод кластеризации), Measure (Меры различия), Transform Valued (Преобразование значений призна-

ков), Transform Measures (Преобразование мер различия). В поле Cluster Method (Метод кластеризации) оставляем принятый по умолчанию Between-groups linkage (Метод средней связи). В поле Measure (Меры различия) выбираем Interval data: Euclidean distance (Интервальные данные: Евклидово расстояние). Остальные установки оставляем принятыми по умолчанию. Нажимаем Continue. Нажимаем ОК и получаем результаты.

The image shows two screenshots from SPSS. The top screenshot is the 'Hierarchical Cluster Analysis: Method' dialog box. The 'Cluster Method' is set to 'Between-groups linkage'. Under 'Measure', 'Interval' is selected, and 'Euclidean distance' is chosen from the list. Under 'Transform Variables', 'Standardize' is set to 'None', and 'By variable' is selected. The 'Continue' button is highlighted.

The bottom screenshot is the SPSS Viewer output window. It shows the following text and tables:

```

CLUSTER VAR1 VAR2
/METHOD BAVERAGE
/MEASURE=SEUCLID
/PRINT SCHEDULE
/PLOT VICICLE.
    
```

Cluster

[DataSet0] C:\CooliR\4 курс\Дипломная работа\ВКР доп. материал\Кластерный анализ\с 1 по 6.sav

Case Processing Summary^{a,b}

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
14	93,3	1	6,7	15	100,0

a. Squared Euclidean Distance used
b. Average Linkage (Between Groups)

Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	14	,000	0	0	7
2	11	12	,000	0	0	3
3	1	11	,000	0	2	5
4	5	8	,000	0	0	12
5	1	7	,000	3	0	10

Научное издание

Козлов Александр Николаевич
Шелонцев Владимир Александрович
Денисов Денис Валерьевич
Шелонцева Лариса Николаевна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МНОГОМЕРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Научно-методическое пособие

Редактор *Т.Н. Свитнева*
Технический редактор *А.Д. Польшкова*

Подписано в печать 9.08.10. Поз. № 028. Бумага офсетная. Формат 60x84¹/₁₆.
Гарнитура Times New Roman. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 150 экз. Заказ № 204

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»
390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46

Редакционно-издательский центр РГУ имени С.А. Есенина
390023, г. Рязань, ул. Урицкого, 22